

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22580175

研究課題名(和文)過去の土地利用が生態系の炭素、養分の蓄積及び植物の養分利用に与える影響

研究課題名(英文)Effects of past land use to the carbon, nutrient accumulation and nutrient use of plants

研究代表者

長谷川 元洋 (Hasegawa, Motohiro)

独立行政法人森林総合研究所・森林昆虫研究領域・主任研究員

研究者番号：70343811

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円、(間接経費) 1,020,000円

研究成果の概要(和文)：八ヶ岳南西麓において、明治初期からの森林の土壌は全て褐色森林土で、それ以降に森林になった場所では黒色土と褐色森林土の双方が見られた。常に草原の場所はほぼ黒色土であった。黒色土では褐色森林土に比して多くの炭素蓄積があると考えられる。カラマツ生葉の窒素濃度は森林の履歴が長くなるにつれて上昇し、草地利用による収奪が終了後、土壌窒素の蓄積が進んだと考えられた。ろ紙分解試験では、老齢な林の方が草地よりは分解が早くなった。以上の結果から、草地から森林への転換は、時間に伴う土壌特性、分解特性、窒素利用パターンの変化をもたらすことが示唆された。

研究成果の概要(英文)：On the slope of Mt. Yatsugatake, we investigated the effects of the past land use on the soil property and plant nutrient use. Past land use for each site was determined by the information of old maps, drawings and aerial pictures. We observed the brown forest soil on the forests already existed before Meiji era, black and brown forest soil on the forests changed from grassland after Meiji era, black soil on the sites used as continuously used as grassland. The black soil seemed to accumulate more carbon than the brown soil. Decomposition of filter paper was faster in older forests than in grasslands. Nitrogen concentration in fresh larch needles tended to be higher in the older forests probably because soil nitrogen continuously accumulated after stopping to take out the organic matter from the site. These results suggested that the conversion from grasslands to forests caused the change of soil property, decomposition process and nitrogen utilization pattern for the plants.

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：土地利用 土壌 養分 炭素 生態学

1. 研究開始当初の背景

山間部に近接した農村地帯では、近世以降、集落に近い斜面下部の森林や草原から、堆肥や燃料として利用するため、落ち葉や落枝などが長年にわたって収奪されるなど、山から里への物質の流出が見られた。現在では人為による有機物の収奪はなくなり、多くの場合そうした場所は人工造林地としての利用が行われている。本来、集落に近い斜面下部の土壌は炭素や養分に富んだ土壌を形成しているはずであるが、そのような土地利用が長く続いた場合、本来の地形から想定される土壌の特性とは異なったものとなる可能性がある。一方、小椋(2006)によると、現在の日本の草地面積は1%に満たないが、20世紀初頭には少なくとも13%程度、江戸時代にはそれ以上の面積を占めていた。江戸から明治にかけての里山の大部分は、灌木類を含む草原的な植生景観を示していたと考えられる。草地から森林に転換した場合でも、多くの地点の土壌型は草地環境下で形成される黒色土を示しており、過去に行われた土地利用の痕跡は長く土壌に残る事になる。その痕跡は、黒色土という土壌型に代表される炭素、ミネラルの蓄積度、物理化学的特性などの違いとして現れていると考えられる。これらの土壌の特性は、現在および将来の生態系における炭素の蓄積、養分循環に影響を与える可能性が高い。ひいてはそれが植物の養分利用効率にも影響を及ぼす可能性もある。しかし、上記のような、土地利用の長期の歴史的経緯を反映した生態系生態学的研究はほとんどなされていない。八ヶ岳の標高1200~1400m付近では、現在カラマツ林と草原的環境が混在しているが、少なくとも近世以降から昭和初期にかけて広い範囲が灌木類を含めた草地的環境として利用され続けていた。三澤(1929)によると、集落に近い標高1300mまでの付近は年2回以上草肥として草本・灌木類の収奪が行われ、それより標高の高い地域は年1回程度の草肥、あるいは薪としての収奪が行われていた。従って、八ヶ岳周辺は、過去の森林からの収奪の歴史及び、草地から森林への転換の生態系に及ぼす影響を解明するのに適した条件を備えている。

引用文献

三澤勝衛(1929) 地理学評論, 5: 790-821.
小椋純一(2006) 京都精華大学紀要, 30: 159-172.

2. 研究の目的

八ヶ岳山麓において、過去の森林からの収奪や草地の維持といった人的攪乱が、森林土壌にどのような痕跡を残しているかを調査して地図化し、現時点においてそうした攪乱の影響が土壌の炭素、養分蓄積及び植物の養分利用にどのような影響を与えているかを、明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 過去の土地利用に基づく調査地の区分
過去に行われた森林からの収奪の歴史及び、草地から森林への土地利用転換が生態系に及ぼす影響を解明するために、長野県と山梨県に位置する八ヶ岳南西麓(長野県茅野市、原村、富士見町)を対象にして、明治以降の植生および土地利用の変化を把握した。八ヶ岳山麓における明治初期の土地利用を記載した三澤(1929)を礎とし、地形図(国土地理院5万分の1地形図八ヶ岳)、空中写真と古写真、江戸・明治期の古文書、絵地図を基に、対象地域内の土地利用変遷を類型化した後に地図化した。

(2) 過去の土地利用が土壌に及ぼす影響

(1)で区分した過去の土地利用ごとに調査プロットを設定した。それらのプロットにおいて土壌断面調査を行った。掘削深度は、A層(腐植層)とB層とが観察できる深さまでとし、おおよそ20cm~80cm程度の深さとした。国有林野土壌調査方法書に従い土壌断面を記載し、林野土壌分類による区分に基づき土壌型を判定した。化学分析用の試料として、鉛直方向に5cm間隔で土壌を採取した。

(3) 過去の土地利用が分解に及ぼす影響

落葉および落枝の分解速度は、当該の調査地で得られた、落葉落枝をメッシュつきの袋に封入し、一定期間後に回収するリターバッグ法と呼ばれる方法で計測される事が多い。しかし、本研究では、各地点での植生の違いを反映させずに、一定の基質を使用し、各調査地間でセルロース分解のポテンシャルを比較することを目的とした。そこで、分解基質として、ろ紙(advantec toyo No.2, 直径110mm, 0.75-0.80g)を使用し、(1)で設定したそれぞれの調査地における分解速度を測定した。各地点において、30m X 30mのコドラートを設置した(但し、4)のうちの3サイトは10m X 90m)。各サイト内にランダムに5ポイントを選び、寒冷紗で作った袋内にろ紙を1枚ずつ封入したものを2個ずつ設置した。ろ紙1枚の乾燥重量は、それぞれ異なるので、72時間60℃で風乾した後、重量を測定し、番号付けすることで重量変化を測定する。11ヶ月、20ヶ月後に各ポイントより1個ずつこれらを回収し、乾燥機で風乾させた後、重量を測定した。

(4) 過去の土地利用が植物の養分利用に及ぼす影響

2011年度中に、研究(1)で4つに区分された土地利用履歴の異なる地点、17カ所(森林タイプ12カ所、草地タイプ5カ所)に固定プロットを設定し、林分概況の調査および植物の現存量の定量化を行った。森林タイプのプロットにおいては、30m四方の方形区を設定し、2012年7月に胸高直径5cm以上の高木種の樹種を同定した後、胸高周囲長および樹

高を測定した。また下層植生の現存量定量のため、各プロットのランダムに選択した9地点において、0.5m²の範囲内に生育する植物の地上部を刈り取り、大まかな分類群に分別後、乾燥して重量を測定した。草本タイプのプロットにおいては、10m四方の方形区を9個配置し、各方形区の中のランダムな地点において、森林タイプのプロットにおける下層植生と同様の手法で現存量の定量を行った。

土地利用履歴の違いがカラマツの栄養塩特性に与える影響を解明するために、カラマツ生葉の窒素濃度を指標として、土地利用区分間で比較した。2012年8月に森林タイプの調査地11カ所において、生育するカラマツの樹幹上部のシュートを採取し、枝・葉に分けたうえで一部サンプルの葉面積を測定した後、乾燥・重量を測定した。重量測定を終えた葉については、ボールミルで粉碎したうえで全窒素量をNCアナライザで定量した。

4. 研究成果

(1) 過去の土地利用に基づく調査地の区分
土地利用変遷を以下の4つの区分に類型化した。

区分1) 江戸時代から継続し、明治初期には成熟林であった森林帯(森林期間130年以上)。鎮守の森や御料林などの例外的な土地利用が大半を占める。調査地の抽出基準は1913年(大正2年)発行の地形図で成熟した針葉樹林(針葉樹3点)と記された地域ないしは古文書によって森林が存在した証左が得られた立地である。例えば富士見町小六集落神社は「諏訪藩主手元絵図」の高森村において該当する位置に森林が描かれている。

区分2) 明治から昭和初期に森林が成立した旧疎林帯(森林期間75年以上130年未満)。明治初期には瘠せたアカマツ疎林ないしは灌木林であった。旧疎林帯が大面積に広がる広原地区(現富士見町)では1904年からカラマツ植林が本格的に開始された(導入は1881年)。1913年の地形図では低木の針葉樹林(針葉樹2点)で記されるがアカマツ疎林かカラマツ若齢林かは判別できない。調査地は旧疎林帯のうち1947年の米軍航空写真および1961.11.14の林野航空写真で森林化が確認され、戦時中に皆伐されなかったことが証左された場所を選択した。

区分3) 昭和初期から第2次大戦以降に森林が成立した旧草野帯(森林期間75年以下)。明治初期の土地利用は草地。戦前まで草地ないしは疎林であったが戦後に植林されて森林化した。調査地は前述の米軍航空写真および林野航空写真で森林化が確認されなかった場所から選択した。

区分4) 現在まで常に草地として維持されてきた草地(森林期間なし)。面積は小さく、

牧草地や防火帯が該当する。以上の各類型から調査可能な立地を抽出して(2)~(4)の調査地とした。

(2) 過去の土地利用が土壌に及ぼす影響

調査プロットを、区分1~3がそれぞれ4カ所、区分4が5カ所、合計17カ所設定した。プロット内での土壌断面調査は、プロット内の2カ所で行い(プロット4-1を除く)、合計で33の断面が得られた。

土壌断面の特徴

区分1) プロット1-1、1-2、1-3の断面については、A層の土色は黒褐色を呈し、適潤性褐色森林土(B_b)に判定された。ただし、プロット1-2のA層の下層(A₂、A₃)は表層よりもやや黒みが強かった。プロット1-4は傾斜20度程度の斜面下部に位置し、厚いA層が認められ、A層とB層との層位の境界は漸変していた。粗しょうかつ断面中には小礫が散在していた。これらの特徴から、弱湿性褐色森林土(B_e)に判定された。

区分2)・3) 各プロットは傾斜10度以下の緩斜面に位置する。A層の厚さは断面によって異なり、約20~50cmの範囲であった。A層の土色は明度・彩度ともに2以下を呈した。多くの断面でA層の色は、表層(A₁)よりも下層(A₂、A₃)が黒く、彩度と明度が1.7/1を呈した。A層とB層との層位の境界は、明瞭もしくは判然としていた。これらの特徴から、いずれの断面も適潤性黒色土(B_l)に判定された。

区分4) 各プロットは傾斜10度以下の緩斜面に位置する。A層の厚さは断面によって異なり、約20~70cmの範囲であった。A層の土色は明度・彩度ともに2以下を呈した。これらの特徴から、いずれの断面も適潤性黒色土(B_l)に判定された。なお、現在も継続して草地利用が行われ、耕運機などの作業用重機が使用されているプロット(4-1、4-2)では、土層がカベ状構造を呈しており、下層のA₂層もしくはA₃層の山中式土壌硬度計の値が25mm以上を示し、圧密を受けている事を示している。このため、適潤性黒色土の中でもカベ状構造(m: massive)を持つB_{l(m)}に判定される。

草地利用の有無により、土壌型の異なることが示された。継続して森林であった地点(区分1)では褐色森林土、草地として利用されていた履歴のある地点(区分2~4)では黒色土が認められた。また、かつて草地として利用され、現在では森林となっている区分2と区分3では、最表層であるA₁層の黒さが退色している断面が多く認められた(土色の彩度と明度の数値が上昇)。このようなA層の黒さの変化は、草地から森林へと植生が変化した場所ではしばしば見られる現象である。一方、江戸期以降継続して森林であってもプロット1-2では、下層に黒色土の土色に相当するような黒味の強い土層が確認された。このような地点では、江戸期以前に草地となっ

ていた可能性もある。

草地植生下で蓄積する腐植物質は安定性が高く分解されにくい。それに対して、森林植生下で蓄積する腐植物質は分解されやすく、腐植物質がほとんど蓄積していない場合も多い。黒色土は、炭素含有率が10%以上を示すことが多く、20%を超えることもある。また、A層の厚さが厚いことから、褐色森林土と比較すると炭素蓄積量が多い。しかし、草地から森林へと植生が変化すると、土壤に供給される有機物の質と量が変わることにより、土壤の化学性に変化が生じると考えられる。また、黒色土の退色化に代表されるような変化には、森林としての継続期間が数十年以上必要であると考えられている。

(1)で示したように、本調査地域は、江戸期から明治期にかけて草地が広範囲に広がっていたが、明治期以降、草地はカラマツやアカマツなどの植林が進められ、多くの地域が森林へと姿を変えていった。そうした過去の土地利用への変遷が、土壌型として土壌に記録されていることが確認された。

(3) 過去の土地利用が分解に及ぼす影響

それぞれの土地利用区分において、初期重量の1年目で34-62%、2年目で14-48%の重量となった(図1)。ろ紙の残存重量に対する土地利用区分の効果についてGLMMを用いてモデル選択すると、11ヶ月、20ヶ月後、いずれの回収時期においても、明治以前に成立した古い森林の方が草地より、ろ紙の重量減少が早くなる傾向があった。一方、明治以降成立した森林では草地と同程度の分解しか示さない場合もあり、これは、下刈り、間伐などにより林床植生が薄くなったためと思われる。

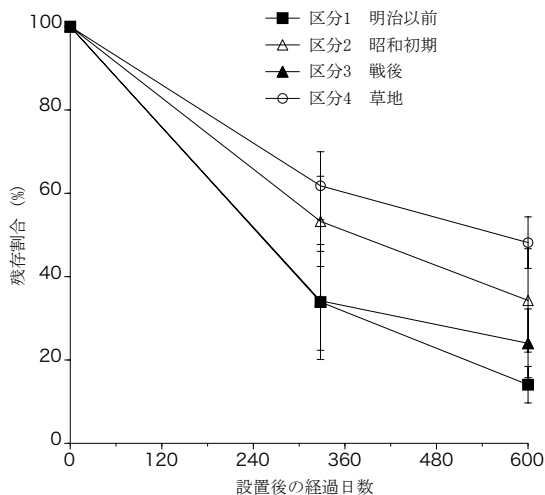


図-1 設置後11ヶ月および20ヶ月後のろ紙の重量の残存割合(縦棒は標準誤差, アルファベットはGLMMにおいて選択されたモデルによるグループ化)

(4) 過去の土地利用が植物の養分利用に及ぼす影響

高木性樹種の林冠を欠く草本プロットを

除いた12プロットにおいて、最も普遍的に見られたのはカラマツであり(12プロット中10カ所、図-2)、次にアカマツが多かった(7カ所)。一部のプロットにおいては、現在カラマツ林として整備されており、全個体数に対してカラマツの占める割合が75%を超えるプロットが5カ所存在した。またアカマツについては、3カ所で個体数率が75%を超えていた。ただし、各プロットにおける種組成はこれらの樹種の占めるパターンについては、土地利用タイプの間で明確な傾向はみられなかった。これは、現在の林分を構成する樹種は、直近の森林管理の影響を反映しているためであると考えられる。

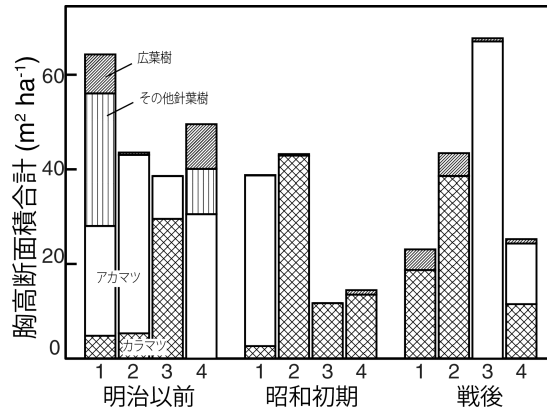


図-2 土地利用履歴(森林の成立時期)の異なる土地に成立する林分の胸高断面積合計

森林プロット3タイプに生育する高木性樹種の胸高断面積合計は、11.7(昭和初期成林-2)~67.7 m² ha⁻¹(戦後成林-3)であった。また各プロットの平均樹高は、17.9(戦後成林-1)~25.5m(戦後成林-4)であった。異なる土地利用履歴の間では、胸高断面積合計、樹高に有意な差はみられなかった。

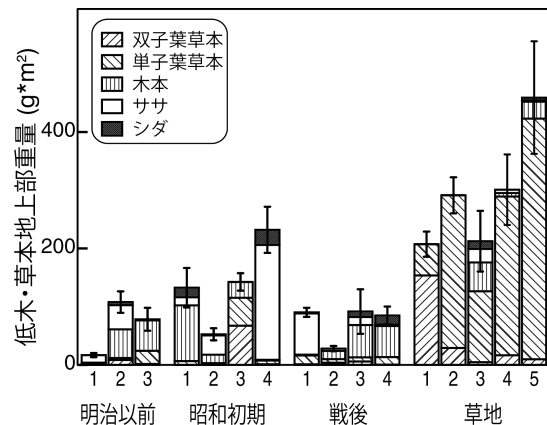


図-3 土地利用履歴の異なる土地における低木・草本植生の平均バイオマスとその内訳。エラーバーは、合計重量の標準誤差

草地プロットでは、プロット1を除いてバイオマスの殆どを単子葉草本が占めていた(図-3)。これに対し森林プロットでは、サ

サ・木本（キイチゴ属）が卓越するところが多く、場所によってはシダ類も存在した。

下層植生のバイオマスは、33.6~918.2g m⁻²であり、草本プロットで特に大きかった。また、森林プロットにおいては、高木性樹種の胸高断面積合計が大きくなるにつれて下層植生のバイオマスが低下した。これは、胸高断面積合計が大きいほど林床の光環境が悪くなるためと考えられる。

森林プロットで最も普遍的にみられた高木性樹種であるカラマツ生葉の窒素濃度は、プロット間で有意に異っており、土地利用タイプの違いを明確に反映していた（図-4）。すなわちカラマツ生葉の窒素濃度は、明治以前から森林、昭和初期成林、戦後成林の順で低下していた。この結果は、草地としての植物体収奪期間が長いほど、土地が貧栄養となるという本研究の予測と矛盾しない。

以上の結果をまとめると、現存する森林のバイオマスや種組成は、現在の環境指標あるいは直近の人為の影響を反映するものの、葉の窒素濃度に関しては、土壤栄養条件の変動過程を介して、過去の土地利用履歴の影響を保持していることが示唆された。

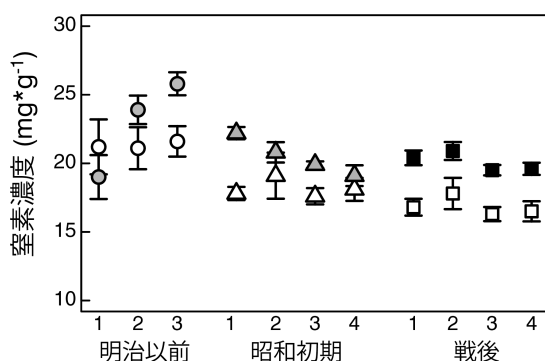


図-4 土地利用履歴の異なる林分に生育するカラマツ生葉の窒素濃度（中塗り：短枝の葉、白抜き長枝の葉）。エラーバーは標準誤差。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 2件）

① Motohiro Hasegawa, Aino Ota, Daisuke Kabeya, Tohru Okamoto, Tomoyuki Saitoh, Yoshihiko Nishiyama, The effects of mixed broad-leaved trees on the collembolan community in larch plantations of central Japan, *Applied Soil Ecology* (印刷中), 査読有,
<http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.06.005>.

② 岡本 透, 片倉正行, 松澤義明, 信州の埋没黒ボク土: 2006年7月豪雨災害で露出した埋没黒ボク土の年代と成因, *地球環境*, 査読有, 2011, 16, 151-161.

〔学会発表〕（計 3件）

① 壁谷大介, カラマツの葉の窒素濃度に対する過去の土地利用履歴の影響, 第125回日本森林学会大会, 2014.3.29., 埼玉県さいたま市.

② 岡本 透, 木曾路今昔-古写真・絵葉書にみる明治、大正期の風景と現在の風景との比較-, 長野県環境保全研究所 平成24年度公開セミナー「すごい木曾の大自然-めぐりのちと多様性」, 2012.12.8., 長野県木曾町.

③ Motohiro Hasegawa, Effects of mixing of broad-leaved trees on the collembolan community in larch plantations of central Japan XIII. International Colloquium on Apterygota, 2012.8.14., Coimbra (Portugal).

〔図書〕（計 2件）

① 岡本透, 築地書館, 草原とひとびとの営みの歴史-堆積物と史料からひもとかれる「眺めのよかった日本列島 in 須賀丈・岡本透・丑丸敦史『草地と日本人-日本列島草原1万年の旅-』, 2012, 99-160.

② 岡本透, ほおずき書籍, 土壤に残された野火の歴史 in 湯本貴和・須賀丈(編)『信州の草原-その歴史をさぐる-』, 2011, 23-46.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長谷川 元洋 (HASEGAWA, Motohiro)

独立行政法人森林総合研究所・森林昆虫研究領域・主任研究員

研究者番号: 70343811

(2) 研究分担者

斎藤 智之 (SAITO, Tomoyuki)

独立行政法人森林総合研究所・東北支所・主任研究員

研究者番号: 00414483

伊藤 江利子 (ITO, Eriko)

独立行政法人森林総合研究所・北海道支所・主任研究員

研究者番号: 20353584

壁谷 大介 (KABEYA, Daisuke)

独立行政法人森林総合研究所・植物生態研究領域・主任研究員

研究者番号: 30353650

岡本 透 (OKAMOTO, Tohru)

独立行政法人森林総合研究所・関西支所・チーム長

研究者番号: 40353627

西山 嘉彦 (NISHIYAMA, Yoshihiko)

独立行政法人森林総合研究所・木曾試験地・試験地長

研究者番号: 50353800 (H22-H24)