

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 1 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510092

研究課題名(和文)生態系の物質循環特性に基づく都市緑地の「自然らしさ」の評価手法に関する研究

研究課題名(英文) Estimation of naturality of urban green space based on nutrition cycling characteristics

研究代表者

高橋 輝昌 (Takahashi, Terumasa)

千葉大学・園芸学研究科・准教授

研究者番号：20291297

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文)：緑地の持続性を評価する指標について検討するため、持続的な生態系を持つと考えられる天然林と、都市域の造成緑地において、植物による有機物生産活性と土壌生物による有機物分解活性を調べ、両者の関係を比較した。有機物生産活性と有機物分解活性は傾斜20°以下の天然林において高い正の相関を持つことから、両者の関係は持続性の指標となり得る。造成緑地では有機物生産活性に対して有機物分解活性が低く、持続性に乏しいと考えられた。

研究成果の概要(英文)：In order to examine the method of estimation of sustainability of green area ecosystem as indicator of naturality, we investigated the relationship between the activities of organic matter production by plants and the activities of organic matter decomposition by soil microbe in natural forests have sustainable nutrition cycle system and define the relationship as indicator of naturality. We also tried to estimate the naturality of artificial urban forests using the relationship. We compared the relationships between natural forests and artificial urban forests. The relationships were clear in natural forests established on gradual slope (less than 20 degree). In artificial urban forests, the relationships were not clear, because the activities of organic matter decomposition were too low for the activities of organic matter production compared with natural forests. Therefore, we estimated that sustainability is not established yet in artificial urban forests.

研究分野：再生生態学

キーワード：生態系 持続性 物質循環 緑地 自然らしさの評価

1. 研究開始当初の背景

自然界の健全な緑地はその姿をほぼ一定に保つ「持続性」を持つ。申請者は「自然らしさ」を「自立的に生態系が維持されること」と考えている。持続的な緑地に形成される物質循環系は自立的に生態系を維持するためのしくみである。

環境問題への意識の高まりにより、自治体等では、都市域住民に緑地の存在意義を説明するため、生物多様性の保全や炭素固定量の把握など緑地の機能評価を行うようになってきている。しかし、その多くは生物の種類や量の把握にとどまっている。本研究で提案する「自然らしさ」の評価は新たな緑地の機能評価の一要素となりうる。

2. 研究の目的

本研究では、「自然らしさ」を「自立的に生態系を維持できること」ととらえ、都市域の緑地の「自然らしさ」を持続性のしくみである物質循環特性に基づいて評価する手法について検討することを目的とする。具体的には、生産者(植物)による無機物から有機物をつくり出す活性と、分解者(土壌生物)による有機物を無機物に分解する活性のバランスを指標とした評価手法について検討する。

3. 研究の方法

(1) 対象地

天然林の試験地は埼玉県にある東京大学秩父演習林において標高 1293m~1562m の範囲で構成樹種や LAI に違いが出るよう 6 箇所設け、試験地 a,b,c,d,e,f とした。試験地 c のみ針葉樹が優占し、それ以外の試験地は落葉広葉樹が優占した。クリノメーターを用いて各試験地の傾斜を測定したところ、試験地 a,b は傾斜 34° および 40° と急峻で、試験地 c,d,e,f は傾斜 13° から 21° と緩やかであった。造成緑地の対象地は LAI と FDA 活性の値が多様になるよう、面積や造成年、立地、管理方法等条件の異なる緑地を千葉県および東京都から計 11 箇所選出し、うち 8 か所は千葉県や東京都にある都市公園である青葉の森公園(千葉県千葉市)・羽衣公園(千葉県千葉市)・じゅん菜池緑地(千葉県市川市)・里見公園(千葉県市川市)・武蔵野の森公園(東京都府中市)・井の頭恩賜公園(東京都武蔵野市)・宇喜田公園(東京都江戸川区)・台場公園(東京都港区)で、落葉広葉樹林を有する。残り 3 か所は株式会社出光興産千葉製油所(千葉県市原市)・旧環境緑化センター(千葉県袖ヶ浦市)・坂戸神社(千葉県袖ヶ浦市)で、主に常緑樹で構成された樹林地である。試験地は各対象地の中で植栽や土壌の性質の異なる緑地帯を選出し、計 31 箇所設けた。造成緑地は全試験地において傾斜が緩やかであった。

(2) 有機物生産活性の測定

葉面積指数(Leaf Area Index, LAI)は、地表面積あたりの葉の面積の割合を指す。葉

の生産量は森林の生産力の測定項目の一つであり、落葉広葉樹林では夏に展開した葉が秋に全て落葉して土壌に供給されることから、葉面積指数は植物による有機物生産活性を示す指標となり得る。LAI-2200(LI-COR社)は、2本のセンサーのうち1本を開放地に設置して全天の光量を測定し、同時にもう1本で林分内の光量を測定することで、樹冠が吸収した光量を算出し、LAIを求める機器である。本研究では LAI-2200 両方のセンサーのレンズに 45° ピューキャップを被せて使用者の影がセンサーの視界に入らないようにすると同時に、斜面ではセンサーを等高線の方角に向けることで斜面の影響を最小限に抑えた。落葉広葉樹天然林における測定では、片方のセンサーを遮蔽物が無く試験地からなるべく近い地面に設置して全天の光量を測定し、同時にもう片方のセンサーで各試験地における林分内の光量を 4.0m 間隔で測定し、LAI を算出した。造成緑地における測定では、試験地周辺に人が多く全天測定用のセンサーを地面に設置することができなかったことから、林分内での測定の直前と直後に全天の光量を測定した。林分内では 3.5m 間隔で光量を測定した。落葉広葉樹天然林・造成緑地ともに、光量の測定は水平器を使ってセンサーを水平に保って行い、各試験地内における各測定地点の平均値をその試験地の LAI とした。

(3) LAI 補正值

落葉広葉樹林では、夏に展開した葉が秋に全て落葉する。展葉が完了した時期の LAI (展葉後 LAI) から落葉が完了した時期の LAI (落葉後 LAI、実際には幹や枝による) を差し引くことで、より正確な葉量の値を求めることができる。この値を LAI 補正值とする。本研究では展葉後 LAI を 8 月から 9 月に、落葉後 LAI を 12 月から 1 月に測定した。

(4) 有機物分解活性の測定

FDA (Fluorescein Diacetate) 加水分解活性法では、フルオレセイン・ジアセテートが代謝の盛んな土壌微生物細胞内に取り込まれ、加水分解されることで蛍光発色を生じ、この発色は土壌中の微生物数および土壌呼吸速度、微生物バイオマス量を反映し、波長 490nm での吸光度により表される。土壌生物による有機物分解は 9 割以上を微生物に依存することから、FDA の発色は土壌生物による有機物分解活性を示す指標となり得る。FDA の発色を FDA 活性とする。検土壌を用いて LAI 測定地点で土壌試料を採取し、土壌深 0-5cm, 5-10cm, 10-20cm, 20-30cm に分け、市川ら(2002)の方法によりそれぞれの FDA 活性を測定した。解析には 4 つの土壌深で得られた値から複数を取り平均した値を用いた。

(5) 土壌炭素濃度(%)の測定

(4)と同様に土壌試料を採取し、土壌深 0-5cm, 5-10cm, 10-20cm, 20-30cm に分け

80 で72時間以上乾燥させ、CN コーダー(ヤナコテクニカルサイエンス社 MT-700)によりそれぞれの炭素濃度(%)を測定した。

4. 研究成果

(1) 天然林における LAI と FDA 活性の関係

天然林と都市緑地における LAI 補正値を表-1に示す。天然林における LAI と FDA 活性の関係は、土壌深 0-5,5-10,10-20cm で得られた FDA 活性の平均値を用いた場合に相関が最大となった。

天然林における LAI

展葉後 LAI の値は 4.03~6.62 であった。最大値を示した地点は試験地 b で、原因には傾斜が 40° と大きいため水平な場所で測るときと比較して LAI-2200 の測定範囲に多くの葉が入ったことが考えられた。落葉後 LAI が最大であった地点は試験地 c で、原因には胸高断面積合計が大きいため LAI-2200 の測定範囲に多くの幹と枝が入ったこと、落葉広葉樹と針葉樹が混交していることが考えられた。

表-1 LAI 補正値

	試験地	LAI補正値
天然林	秩父a	3.36
	秩父b	4.40
	秩父c	1.44
	秩父d	3.84
	秩父e	3.66
	秩父f	3.38
造成緑地	環境緑化センター1	5.16
	環境緑化センター2	4.25
	環境緑化センター3	3.09
	環境緑化センター4	5.07
	環境緑化センター5	4.67
	環境緑化センター6	4.95
	環境緑化センター7	0.00
	環境緑化センター8	3.35
	環境緑化センター9	2.34
	環境緑化センター10	4.27
	環境緑化センター11	3.38
	環境緑化センター12	3.00
	環境緑化センター13	4.83
	青葉の森公園1	5.25
	青葉の森公園2	1.60
	青葉の森公園3	4.16
	羽衣公園1	2.54
	じゅん菜池緑地1	2.79
	じゅん菜池緑地2	4.52
	里見公園1	2.64
	里見公園2	4.66
	里見公園3	4.74
	武蔵野の森公園1	4.22
	武蔵野の森公園2	4.74
	井の頭恩賜公園1	2.74
	井の頭恩賜公園2	1.88
	宇喜田公園1	1.2
宇喜田公園2	2.47	
宇喜田公園3	1.72	
台場公園1	4.39	

天然林における FDA 活性

天然林における FDA 活性を図-1に示す。FDA 活性は6つの天然林試験地のうち5つで土壌深が深くなるにつれて低下したが、地形が最も急峻である試験地 b のみ土壌深と FDA 活性との間に関係が見られず、FDA 活性がどの土壌深においても低かった。FDA 活性は、同一の地質および気候条件下であれば有機物量と比例関係にあることが明らかにされている。急峻な地形では土壌に供給された有機物が流亡しやすく微生物の活動が低下しやすいことが考えられた。

天然林における LAI と FDA 活性の関係

天然林における LAI と FDA 活性の関係、および LAI 補正値と FDA 活性の関係を図-2に示す。急峻な試験地 a,b を除いて線形回帰すると、FDA 活性は、LAI との関係よりも LAI 補正値との関係のほうがわずかに高い相関を示した(データ省略)。中でも、LAI 補正値と土壌深 0-5,5-10,10-20cm における FDA 活性を平均した値との関係が $R^2=0.996$ と最も高い相関を示した(図-2)。このことから、傾斜 20° 以下の落葉広葉樹林の斜面地において、LAI と FDA 活性の関係は緑地の持続性の評価指標となり得る。FDA 活性に土壌深 0-5,5-10,10-20cm を平均した値を用いることで、より正確に緑地の持続性を検討するこ

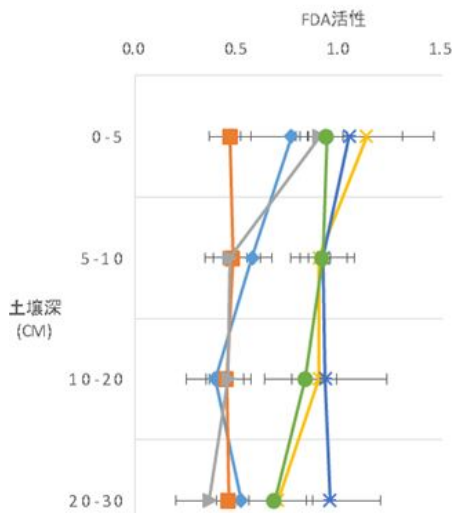


図-1 天然林における FDA 活性

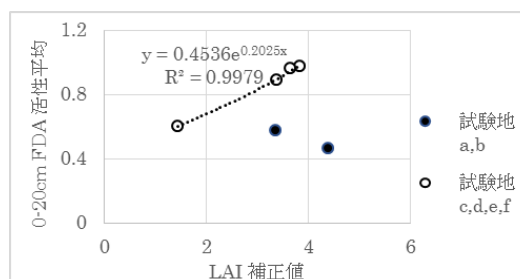


図-2 天然林における LAI 補正値と土壌深 0-5,5-10,10-20cm における FDA 活性を平均した値との関係

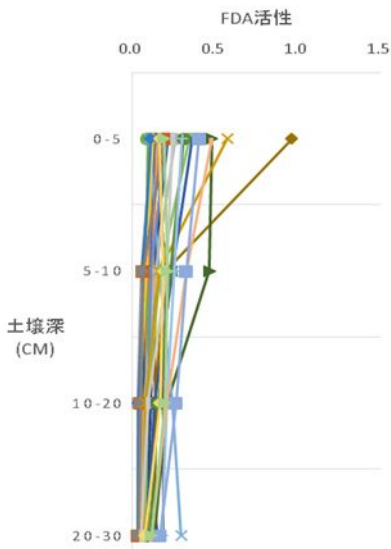


図-3 造成緑地における FDA 活性

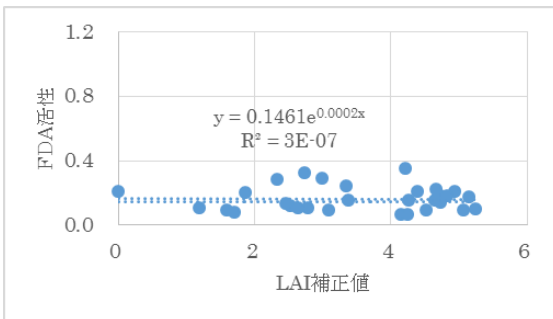


図-4 造成緑地における LAI 補正值と 0-5, 5-10, 10-20, 20-30cm で得られた FDA 活性平均値の関係

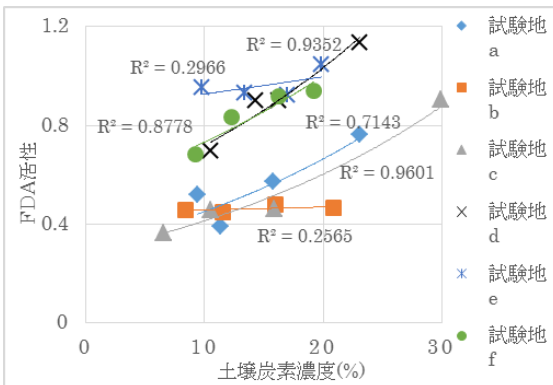


図-5 天然林における土壤炭素濃度(%)と FDA 活性の関係

とができると考えられる。傾斜 20° 以下の斜面地において相関が高くなる理由には、傾斜が緩やかなため有機物が流亡しにくいこと、葉量の過大評価が起こりにくいことが考えられた。

(2) 造成緑地における LAI と FDA 活性の関係
造成緑地における LAI と FDA 活性の関係には、土壤深 0-5, 5-10, 10-20, 20-30cm で得られた FDA 活性の平均値を用いた。

造成緑地における LAI
展葉後 LAI の値は、落葉樹により構成される

試験地では 1.20 ~ 5.25、主に常緑樹で構成される試験地では 0.85 ~ 5.16 であった。展葉期には落葉樹林と常緑樹林との間に LAI 値の差は見られなかった。落葉後 LAI の値は落葉樹により構成される試験地では 0.40 ~ 2.95、常緑樹で構成される試験地では 0.54 ~ 5.18 で、落葉期になると落葉樹林と常緑樹林の間で LAI 値の差が大きくなった。これは秋に落葉樹は葉を落とすが常緑樹は葉を付けていることが原因である。

造成緑地における FDA 活性

造成緑地における FDA 活性を図-3 に示す。FDA 活性の最大値および最小値について、落葉樹林と常緑樹林の間に大きな差は見られないが、全体的に落葉樹林よりも常緑樹林のほうがやや高い FDA 活性を示した。天然林と同じく土壤深が深くなるにつれ FDA 活性が低下した試験地が殆どであり、武蔵野の森公園ではこの傾向が特に強かった。これは土壤表層にウッドチップが敷かれ多量の有機物が供給されているためであると考えられる。井の頭恩賜公園では土壤深が深くなるごとに FDA 活性が大幅に上昇しているが、これは土壤が押し固められている、表層近くに礫が多く含まれている等の造成方法に起因するものと考えられる。

造成緑地における LAI 補正值と FDA 活性の関係

造成緑地における LAI 補正值と FDA 活性の関係を図-4 に示す。造成緑地では LAI の値が大きくなっても FDA 活性は変わらなかった。この傾向は落葉樹林、常緑樹林の双方に共通する。造成緑地では天然林に比べて有機物の分解活性が低く、葉量が増えると分解活性の低さがより顕著になると言える。

(3) 土壤炭素濃度(%)と FDA 活性の関係

土壤炭素濃度

天然林での土壤炭素濃度は 4.3 ~ 33.7% で、いずれの試験地においても土壤深が深くなるにつれて低下した。原因は、土壤深が浅いほど炭素の供給源であるリター層の影響を受けるためである。試験地 c のみ表層の土壤炭素濃度が他の試験地よりも高く、原因には、試験地 c は針葉樹が混交しているために広葉樹が優占する他の試験地と比較して土壤に供給される有機物が難分解性であることが考えられた。造成緑地では落葉樹林よりも常緑樹林のほうが高い値を示した。一部の試験地では下層の土壤炭素濃度が表層よりも高かったが、これは表層土壤に砂が多く含まれていたためと考えられた。

土壤炭素濃度と FDA 活性の関係

天然林における土壤炭素濃度(%)と FDA 活性の関係を図-5 に示す。天然林に設けた 6 つの試験地のうち 4 つにおいて、FDA 活性と土壤炭素濃度の関係は $R^2=0.71 \sim 0.96$ と高い相関を示した。造成緑地では宇喜田公園を除く殆どの試験地で土壤炭素濃度と FDA 活性の間に高い相関が見られた。宇喜田公園で土壤炭素濃度と FDA 活性の間に相関が見られない原因

因は、宇喜田公園の中で土壌改良などの影響により土壌有機物の質が他の造成緑地と異なることが考えられた。土壌炭素濃度と FDA 活性に関連が見られることから、造成緑地において LAI 補正值と FDA 活性の関係が不明瞭であった原因が、緑地の着葉量に対して土壌への有機物供給量が少ないことにあると考えられた。

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 1 件)

Takahashi, T., Y. Kanzawa, T. Kobayashi, D. Zabowski and R. Harrison (2015) The effects of urbanization on chemical characteristics of forest soil in Tamagawa basin, Japan, *Landscape and Ecological Engineering*11(1): 139-145. (査読有り)
DOI: 10.1007/s11355-014-0251-1

[学会発表](計 3 件)

Hermanto, Sukma Sakti Agita・高橋輝昌・小林達明・松本文・宮脇侑子(2015) Comparing of carbon mineralization characteristics of soil among urban parks and natural forests, 第 46 回日本緑化工学会大会
2015 年 9 月 27 日, 日本大学湘南キャンパス(神奈川県藤沢市)
松本文・高橋輝昌・小林達明 (2015) 生態系の物質循環特性に基づく持続性の評価手法に関する検討, 第 46 回日本緑化工学会大会
2015 年 9 月 27 日, 日本大学湘南キャンパス(神奈川県藤沢市)
高橋輝昌・岡崎潤 (2013) 植物量と土壌微生物活性による緑地の「自然らしさ」の評価, 日本造園学会関東支部大会 関東支部設立 30 周年記念大会梗概集 事例・研究報告集 31: 106-107.
2013 年 10 月 27 日, 東京農業大学世田谷キャンパス(東京都世田谷区)

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 1 件)

名称: 自然評価方法および自然評価プログラム

発明者: 高橋輝昌・岡崎潤

権利者: 千葉大学

種類: 特許, 特願

番号: 2012-183244

出願年月日: 2012 年 8 月 22 日

国内外の別: 国内

取得状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋輝昌 (TAKAHASHI, Terumasa)

千葉大学・大学院園芸学研究科・准教授

研究者番号: 20291297

(2) 研究分担者

なし ()

研究者番号:

(3) 連携研究者

なし ()

研究者番号: