

谷津景観における異なる空間階層の植物種分布パターンが景観スケールの種多様性に及ぼす影響

Effects of floristic patterns at different spatial scales on the species richness at landscape level in the Japanese rural Yatsu-landscapes

山田 晋* 北川 淑子** 大久保 悟*

Susumu YAMADA Yoshiko KITAGAWA Satoru OKUBO

Abstract: Patterns of floristic diversity at multi-scales are rarely known in the Japanese rural Yatsu-landscapes. We examined patterns in plant species richness at the scale of landscape (a small catchment area), landscape element (woodland, levee and traditional verge meadow), and plot, to identify the contribution of smaller spatial scales influencing the diversity at landscape scale. Results showed that woodlands had the highest richness of unique species, defined as those which occurred in only one landscape element, followed by verge meadows, while overall richness was greatest in the meadows. At the plot scale woodlands and verge meadows had similar richness in unique species, while the variation of the number of species was greater in the meadows. Bright plots in the meadows had the highest richness of unique species, whereas several plots in the meadows had few unique species. In verge meadows, understanding patterns at the plot scale would be relatively high contribution to the diversity at landscape level. In woodlands, averagely large, but absence of plots with extremely large number of unique species indicate less contribution of any single plot to the species richness at the landscape scale, implying the importance of conserving more than one plot in any vegetation types within the landscape element.

Keywords: landscape element, scale effect, woodland, levee, traditional verge meadow, Tama Hills

キーワード: 景観構成要素, スケール効果, 林地, 畦畔, 裾刈り草地, 多摩丘陵

1. 研究の背景と目的

農業生態系が多様な植物種の生育空間であることは広く知られている¹⁰⁾。しかし近年、農業生態系における植物多様性は、農業活動の集約化や粗放化に伴って著しく損なわれつつある¹¹⁾。植物相保全の取り組みは広く実施されているものの、労力や資金の制約により、劣化した生態系の全体を保全・復元することは難しい。このため、保全上重要な箇所を把握し、優先順位の高いところから保全管理を行うことが重要となっている⁶⁾。

農業生態系では、自然条件や人間による営農活動¹⁾、生物のプロセス(生物の移入や局所的絶滅⁹⁾)などの要因により、生物の分布パターンの異なるパッチが大小さまざまな空間スケールで存在している。各パッチにおける生物分布パターンが、より広い空間スケールの多様性にいかに寄与しているか解明することは、農業生態系における効率的な生物保全を図る上で有効と考えられる³⁾。

Freemark et al.⁷⁾ や Kitazawa & Ohsawa¹³⁾ は、農業生態系を構成するパッチの基本ユニットとして、農業的に利用価値の高い土地利用タイプやその周辺に分布する小規模エレメントに注目し、基本ユニットごとの植物種多様性が景観スケールの多様性に及ぼす影響を考察した。これにより、農耕地周辺に存在する非耕作地、すなわち林地、および小規模あるいは線状に存在する斜面草地やヘッジローは、景観中においてそれらのユニットにのみ出現する種が多数記録されたことから多様性に大きく寄与する反面、ほとんど景観スケールの多様性に寄与しないユニットも存在することが明らかとなった。一方で、景観レベルの植物多様性は、生物生息・生育ユニット(ハビタット)内の植物発現パターンによっても影響を受けている⁶⁾。これまでも個別のハビタットにおいては、その内部の植物種パターンの異質性や環境属性についての知見が蓄積されてきた。その結果、ハビタットの内部においても、種組成の異質性は小さくないことが明らかになってきた^{15), 19)}。しかし、局所スケールの多様性パターンを踏まえたうえで、景観構成要素レベルの多様性パターンが景観レベルの種多様性に及ぼす影響に

ついて議論した研究はほとんど存在しない。

そこで本研究では、我が国の代表的な農業景観である谷津景観の非耕作地空間を対象として、異なる空間レベルにおける植物種出現パターンを階層的に把握することにより、景観スケールの植物多様性に及ぼす景観構成要素スケールおよび、より局所的なスケールの植物種分布パターンの効果を明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法

(1) 研究対象地の概要

谷津景観には、開析谷に分布する水田(谷津田)、その周辺の林地、さらに畦畔、谷津田と斜面林の境界部に帯状あるいは線状に存在する刈り取り地(以下、裾刈り草地と呼ぶ)などの景観構成要素が存在する。本研究対象地として、これらの景観構成要素が欠けることなく分布する多摩丘陵の一集水域を選定した。

調査対象地の林分は、丘陵部ではコナラを主体とする雑木林、谷頭部ではスギ・ヒノキ植林となっている。林地の植生管理は1970年代以降、ほぼ停止されている。一方、水田部の圃場整備は行われておらず、農道、水路は未舗装である。谷底縦断面の傾斜は最大2%程度であり、田面間の畦畔幅は1m以下となっている。谷底の水田は一部で耕作放棄されている。既存の1:2,000地形図をもとに土地利用図を作成し、同地図に記載されている1m間隔の等高線から算出した2mグリッドの標高データと重ね合わせて各土地利用の地表面積を算出したところ、林地面積は66,000 m²、その他(大部分は耕作田と放棄田)の面積は20,000 m²となった。裾刈り草地、畦畔の形状を図面に示すことが難しかったため、現地にて個々の立地ごとに斜面長×水平長を計算したところ、裾刈り草地が計1,200 m²、畦畔が計1,300 m²となった。

対象地は東京都指定図師小野路歴史環境保全地域に含まれる。ここでは、地元農家などから構成される町田歴環管理組合¹⁷⁾が、東京都からの植生管理委託を受け、2000年より3年に1回程度で、林地の東側を中心に分布する都有地の下草刈りを行っている。

*東京大学大学院農学生命科学研究科 **多摩丘陵舎

(2) 空間スケールの定義

本研究では、調査対象範囲である一小流域を景観スケールと定義した。景観内に存在する水田、放棄田、畑、林地の土地利用ユニット、および、畦畔、裾刈り草地などの線的ハビタットを景観構成要素と定義し、各景観構成要素における植物種多様性を景観構成要素スケールの種多様性とした。さらに、各景観構成要素内に設置した植生調査プロットにおける植物種多様性を、プロットスケールの種多様性と定義した。

(3) 植生調査

景観構成要素スケールにおいて、各構成要素における個体数が少ない種の出現状況を正確に把握する調査方法としては、限られた面積を調査対象とするコードラート調査よりも、各景観構成要素における悉皆調査が適すと考えられる。そこで、景観構成要素スケール調査では、畦畔、林地、裾刈り草地、その他(水田、休耕地、畑、ため池)ごとにフロラ調査を行った。調査は、2011年3月から9月に概ね2ヶ月に1回実施した。調査対象地で過去行われた植生調査^{12), 15), 19)}の出現種もリストに加えた。

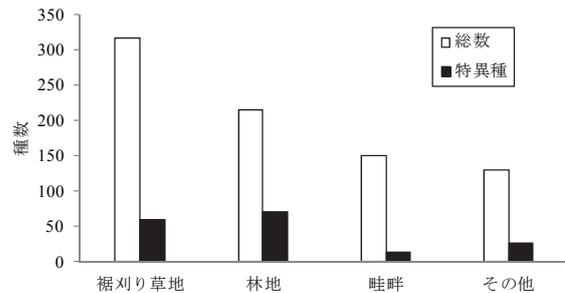
プロットスケールの調査において、異質な植物群落間で種数や種組成を比較する際、各群落の種数-面積関係を加味して調査面積を採用する必要がある¹³⁾。ただし、本研究対象地は地形が急峻で、植物群落の各パッチが小規模であり、各植物群落において最小面積を確保することが難しかった。本研究では、林地では2×2mのコードラートを、裾刈り草地と畦畔では1×1mのコードラートをそれぞれ複数個連続して設置して得ていた既往の植生データ¹⁸⁾を用い、PC-ORD ver. 6.0¹⁴⁾パッケージにあるJackknife法により、各景観構成要素の飽和種数を推定した。その結果得られた飽和種数に対して80%を記録する面積として、林地で100m²、裾刈り草地で10m²、畦畔で5m²の面積を調査面積として決定した。

裾刈り草地では、細長い形状を考慮し、1m×1mのサブプロットが10個連続した1m×10mの調査プロットを設置し、出現種の被度階級をサブプロットごとに記録した。畦畔では同様の方法で1m×5mの調査プロットを設置した。林地では、10m×10mまたは12.5m×8mの調査プロットで植物社会学的植生調査を行い、出現種を被度階級とともに記録した。裾刈り草地、畦畔における調査は2006年4~5月および8~9月に1回ずつ計2回、林地における調査は2011年6~8月に1回実施した。各調査プロットでは、このほか1~2回の補足調査を実施した。

裾刈り草地では、山田ら¹⁹⁾を参考に、日射量の多少、土壌表層の水分量の多少を反映した4植生タイプに計12個のプロットを設置した。林地では、大久保ら¹⁹⁾を参考に、年1回下草が刈られる高頻度下刈り凸型斜面、数年に1回下草が刈られる低頻度下刈り凸型斜面、下草が刈られていない凸型斜面、谷頭凹地(植生管理は任意)という4タイプに計14個のプロットを配置した。畦

表一 景観構成要素スケールにおける出現種の特徴

	裾刈り草地		林地		畦畔	
	総数	特異種	総数	特異種	総数	特異種
生活史						
一年草	52	9	3	0	54	9
多年草	186	44	101	31	93	5
木本	79	7	111	39	3	0
シダ植物	29	12	17	5	10	0
帰化種	16	3	4	2	14	3
絶滅危惧種	15	12	6	6	4	0
クラス標徴種						
ヤブツバキクラス	5	0	9	4	0	0
ブナクラス	3	0	10	7	0	0
ノイバラクラス	3	0	4	1	0	0
ススキクラス	11	8	0	0	3	0
ヨモギクラス	6	0	2	0	5	1
シロザクラス	3	0	0	0	3	0



注:「その他」には、耕作田、休耕地、畑地、ため池とその周辺を含む。

図一 景観構成要素スケールにおける出現種数

畔においては、山戸ら²⁰⁾を参考に、圃場整備地や除草剤散布地に成立する帰化種優占群落と、未整備地や除草剤非散布地に成立する在来多年草優占群落の2タイプで計5個のプロットを配置した。

(4) 分析の流れと解析方法

景観構成要素スケールにおける植物種の重複を把握するため、1 景観構成要素のみに出現した種を景観構成要素の特異種(以下、単に特異種と呼ぶ)、2 つ以上の景観構成要素に出現した種を景観構成要素の共通種(以下、単に共通種と呼ぶ)に分けた。さらに、プロットスケールにおける特異種の出現傾向を把握するため、それぞれの景観構成要素において、全調査プロット数に対する各特異種が出現した調査プロット数を出現頻度として整理した。

各景観構成要素、各調査プロットにおける種分布パターンを把握するため、千葉県植物誌⁵⁾に基づき、出現種の生活史(一年草、多年草、木本)を記載し、植物社会学のクラス標徴種を抽出した。関東地方の2都県以上のレッドデータブックに記載されている種を絶滅危惧種として抽出した。

プロットスケールにおける調査プロットの種組成の類似関係を整理するため、多変量解析の系列化手法の一つであるDCA¹⁰⁾を実施した。解析にはPC-ORD Ver. 6.0¹⁴⁾を用いた。元データとして、各出現種の被度階級を加味する方法、在不在のみを解析に用いる方法を検討したところ、後者が既知の種分布パターンをよく反映し、畦畔、裾刈り草地における種組成変異はDCA1軸と2軸に、林地の種組成変異は同1軸と3軸に表現された。そこで、出現種の在不在による解析を実施した。各景観構成要素における調査プロットの出現種数と特異種数に有意差があるか、テューキーのHSD法による多重比較を行った。有意水準は $P < 0.05$ とした。

3. 結果

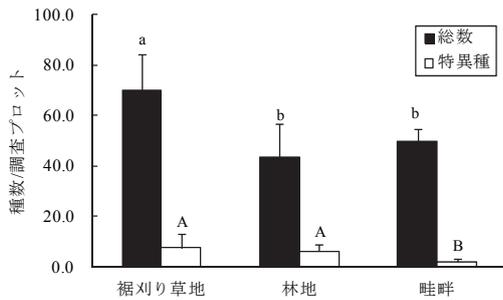
(1) 景観スケールの種多様性

小流域における総出現種数は461種となった。木本は120種、多年草は250種、一年草は91種記録された。絶滅危惧種は22種であり、帰化種は28種だった。

表二 景観構成要素スケールにおける特異種として出現した植物社会学標徴種の出現状況

景観構成要素	特異種
裾刈り草地	<ul style="list-style-type: none"> ススキクラス <ul style="list-style-type: none"> アキノキリンソウ, <u>ウメバチソウ</u>, オガルカヤ, オトギリソウ, <u>カセンソウ</u>, <u>コガンビ</u>, メガルカヤ
林地	<ul style="list-style-type: none"> ヤブツバキクラス <ul style="list-style-type: none"> オモト, サネカズラ, スダジイ, モチノキ ブナクラス <ul style="list-style-type: none"> アオハダ, <u>イカリソウ</u>, <u>エビネ</u>, コアジサイ, ホオノキ, コブシ, <u>サラシナショウマ</u> ノイバラクラス <ul style="list-style-type: none"> ニワトコ
畦畔	<ul style="list-style-type: none"> ヨモギクラス <ul style="list-style-type: none"> <u>ヒナタイノコズチ</u>

注:下線の種は、絶滅危惧種を示す。



注：各景観構成要素の出現種数の総数と特異種の種数について、テューキーのHSD法による多重比較を行った。アルファベットが異なる区間では、グループ間の数値差が有意であることを示す。

図-2 各景観構成要素における調査プロットごとの出現種数

(2) 景観構成要素スケールの種多様性

各景観構成要素に出現した種数を図-1に示す。このスケールにおける種多様性は、裾刈り草地において最大となり、林地、畦畔と続いた。特異種は、林地において最大となり、裾刈り草地、畦畔と続いた。

各景観構成要素の種特性を表-1に示し、特異種として記録された種のうちクラス標徴種を表-2に示す。裾刈り草地では、多年草の種数が特異種の半数以上を占めた。絶滅危惧種は15種記録され、そのうち12種が特異種であった。シダ植物種数も他の景観構成要素より多く記録された。記録された標徴種は、複数の植物社会学上のクラスに属したが、特異種として記録されたクラス標徴種はススキクラスの標徴種に限られた。

林地における出現種は主に木本植物と多年草から構成された。特異種には、ブナクラス、ヤブツバキクラス標徴種が多く記録され、これらの一部は特異種としても記録された。ノイバラクラス、ヨモギクラスの標徴種は共通種として記録される種が多かった。6種記録された絶滅危惧種は、すべて特異種として記録された。

畦畔は、主として一年草と多年草から構成された。特異種の種数は15種と少なく、うち3種が帰化種だった。畦畔における特異種の過半数は一年草であった(図-1、表-1)。4種の絶滅危惧

種が、いずれも共通種として記録された。

(3) プロットスケールの種多様性

プロットスケールの出現種数と特異種数を図-2に示す。調査プロットごとの平均種数は、裾刈り草地で最大となり、林地と畦畔の種数は類似した。特異種数に関しては裾刈り草地と林地で有意差は認められず、それに比べ畦畔では有意に少なかった。裾刈り草地では、調査プロット間における特異種数の標準偏差が大きく、最大で調査プロットあたり17種の特異種が記録された。

調査プロットごとの種組成と特異種の種数との関係を図-3に示す。裾刈り草地においては、明環境の調査プロットにおいて、とくに多くの特異種が出現する傾向がみられた。暗環境で過湿な裾刈り草地のプロットの一部において、特異種数が少なかった。出現頻度の低い特異種の各調査プロットにおける出現種数は、裾刈り草地の明環境の立地と一部の暗環境の立地において、プロットあたり5種以上出現したが、他の立地においては、林地における1プロットを除けば、4種以下と少なかった。

4. 考察

(1) 各景観構成要素における多様性パターン

研究対象とした3つの景観構成要素では、いずれも特異種が存在し、景観スケールで出現した461種の約3割が、これらのいずれかの景観構成要素における特異種となった。

裾刈り草地では、景観構成要素スケールとプロットスケールで高い種多様性が記録され、特異種の種数についても、景観構成要素スケールでは林地を下回ったものの、多数が記録された。裾刈り草地の多様な植物種は、畑地・路傍、草原、林縁、樹林、湿地など幅広い環境を選好する植物から構成される¹⁹⁾。このうち、本研究では草原を指標するススキクラス標徴種が多数、特異種として記録された。このことから、裾刈り草地は、本調査地において主要な草原生植物の生育地となっていると考えられる。一方、その他のクラス標徴種については、特異種として記録された種が存在しなかった。線的な景観構成要素では、周辺からの種の移入が盛んであるため、出現種数が多い反面、特異種は多くないとされる⁴⁾。このため、裾刈り草地の出現種数に対する特異種数の割合は、下述する林地より低くなったと考えられる。

裾刈り草地では、明環境の調査プロットにおいてとくに多数の特異種が記録され、逆に、暗環境で過湿なプロットでは特異種が少なかった(図-3)。本研究では、プロットスケールの出現種の種組成について詳細に検討を行っていないが、山田ら¹⁹⁾、北川ら¹²⁾は、明環境の裾刈り草地において多数のススキクラス標徴種を記録している。また、本研究においてススキクラス標徴種で特異種となったアキノキリンソウとオトギリソウは、山田ら¹⁹⁾では明環境のプロットに偏在した。これらより、草原生種の多寡が、プロットの特異種数に大きく影響を及ぼすことが分かった。暗環境

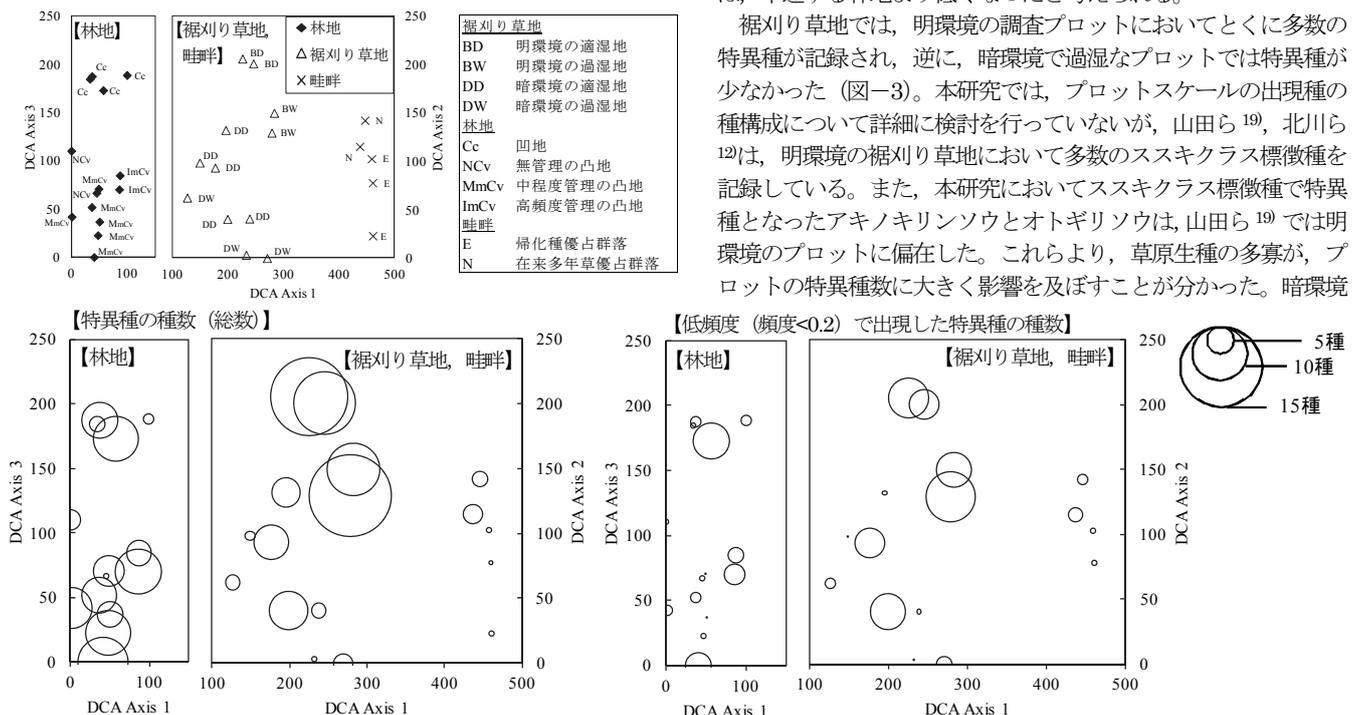


図-3 各調査プロットにおける特異種の出現状況

で過湿なプロットで特異種が少ない理由は、これらのプロットの構成種が、林地と共通する樹林生種や林縁生種を主体としたためと考えられる。

林地では、景観構成要素スケールにおける特異種の種数、総出現種数に対する特異種の割合が裾刈り草地を上回った。Freemark et al.⁷⁾も、農業生態系における他のハビタットに比べ、林地における特異種が多かったことを報告している。プロットスケールにおける林地の特異種数は、裾刈り草地の特異種数と同様に多かった(図-2)。ただし、その特異種数は、無管理地と一部の凹地においては少なかった。その原因は、前者については管理停止による種多様性の低下⁸⁾と関連づけられる。後者については必ずしも明らかではないが、林層、林齢、方位、水分条件、群落階層ごとの植被率、林床の管理程度に差異が認められたため、これらの要因が特異種の出現状況に影響を及ぼした可能性がある。

畦畔では、裾刈り草地、林地と比較して特異種の種数が顕著に少なかった。谷津田景観における畦畔は、主として湿地植物、畑地植物の生育地となっている²⁾。これらの多くは水田や休耕地にも生育しているため、特異種数が少なかったと考えられる。

以上より、研究対象とした景観構成要素における特異種の出現パターンおよび局所レベルのプロットスケールにおける特異種の出現パターンは、景観構成要素ごとに異なっていた。そのため、景観スケールにおける植物種多様性に対する各景観構成要素の寄与度は、各々異なることが分かった。

(2) 谷津景観における効率的な植物種組成保全について

各景観構成要素における特異種の出現種数の多寡を考慮すると、本対象地において景観スケールの植物種多様性の大きな減少を防ぐためには、林地と裾刈り草地が優先的に保全されるべきである。

裾刈り草地は総種数、特異種総種数、明・暗適湿地の低頻度特異種の種数ともに多かった。裾刈り草地内におけるマイクロハビタットの不均一性が、景観構成要素スケールの種多様性の増加・維持に重要であることを示していると考えられる。こうした「ホットスポット」の維持・保全には特段の注意が払われるべきである。暗環境で過湿の立地における特異種はごく限られた。景観スケールの植物種多様性を保全するという側面からは、こうした地点における保全上の価値は相対的に低いと考えられる。

林地における特異種数は、プロットスケールでは、上述の裾刈り草地における「ホットスポット」ほど多数の特異種数を記録するプロットは存在しなかった(図-3)が、景観構成要素スケールの特異種は70種と、裾刈り草地より10種多かった(表-1)。裾刈り草地の面積は谷津景観中で1,200m²とごく限られたのに対し、林地の面積は広大であり、4つに細分した植生タイプのそれぞれが、景観内に広範に存在する。林地の調査プロットは、裾刈り草地よりも高頻度で出現する特異種が多いことから(図-3)、プロット間の特異種の構成は比較的類似するものの、場所によって少しずつ異なる特異種が出現することで、林地における特異種の豊富さが担保されると考えられる。したがって、林地における多様性維持・保全には、1箇所のプロットやその周辺を保全対象とするのではなく、各植生タイプで複数の箇所の維持・保全が重視されるべきである。なお、裾刈り草地の場合と同様の観点から、林地における無管理地における保全上の価値は相対的に低いものと考えられる。ただし、一般に無管理の林床では、管理再開に伴って種多様性が向上することが少なくないため²⁰⁾、無管理地における保全上の価値は、本研究による評価だけでなく、管理を再開した際の植物種多様性の回復程度などの観点も加味して評価する必要がある。

以上のように、特異種の出現状況を局所スケールで明らかにできる本研究手法は、単に景観構成要素スケールと景観スケールの植物種の出現状況を比較する従来の方法と比較して、保全上のき

め細かい優先順位の設定に一層寄与すると考えられる。本研究対象地は、1970年代以降に林地の植生管理が停止された時期があったため、伝統的な植生管理が継続されている谷津景観の種多様性発現パターンとの比較研究を行う必要がある。

謝辞

調査を進める際、東京都職員の矢島俊二、内山香の両氏、町田歴史管理組合の田極公市理事長始め組合員諸氏、地元農家の方々に便宜を図って頂いた。御礼申し上げます。

引用文献

- 1) Alard, D., Poudevigne, I. (1999): Factors controlling plant diversity in a rural landscape: a functional approach: *Landscape & Urban Planning* 46, 29-39
- 2) 有田ゆり子・小林達明 (2000) : 谷津田の土地利用変化と水田・畦畔植生の特性: *ランドスケープ研究* 63, 485-490
- 3) Benton, T.G., Vickery, J.A., Wilson, J.D. (2003): Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key?: *Trends in Ecology and Evolution* 18, 182-188
- 4) Boutin, C., Jobin, B. (1998): Intensity of agricultural practices and effects on adjacent habitats: *Ecological Applications* 8, 544-557
- 5) 千葉県史料研究財団編 (2003) : 千葉県の自然誌 別編4 千葉県植物誌: 千葉日報社 千葉 1181pp.
- 6) Ernout, A., Alard, D. (2011): Species richness of hedgerow habitats in changing agricultural landscapes: are α and γ diversity shaped by the same factors?: *Landscape Ecology* 26, 683-696
- 7) Freemark, K.E., Boutin, C., Keddy, C.J. (2002): Importance of farmland habitats for conservation of plant species: *Conservation Biology* 16, 399-412
- 8) 浜端悦治 (1980) : 都市化に伴う武蔵野平野二次林の草本層種組成の変化: *日本生態学会誌* 30, 347-358
- 9) Hanski, I. (1998): Metapopulation dynamics: *Nature* 396, 41-49
- 10) Hill, M.O., Gauch, H.G. Jr. (1980): Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique: *Vegetatio* 42, 47-58
- 11) Krebs, J.R., Wilson, J.D., Baudry, R.B., Siriwardena, G.M. (1999): The second silent spring?: *Nature* 400, 611-612
- 12) 北川淑子・山田晋・大久保悟 (2005) : 谷戸地形における下部谷壁斜面下端の草本層の植物種多様性について—多摩丘陵を事例として—: *神奈川県自然誌資料* 26, 9-14
- 13) Kitazawa, T., Ohsawa, M. (2002): Patterns of species diversity in rural herbaceous communities under different management regimes, Chiba, central Japan: *Biological Conservation* 104, 239-249
- 14) McCune, B., Mefford, M.J. (1999): PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Ver. 4 MjM Software Design, Gleneden Beach, OR, USA
- 15) 大久保悟・神山麻子・北川淑子・武内和彦 (2003) : 多摩丘陵におけるコナラ二次林および林縁の草本層種組成と微地形との対応: *ランドスケープ研究* 66, 537-542
- 16) Smart, S.M., Bunce, R.G.H., Marrs, R., LeDuc, M., Firbank, L.G., Maskell, L.C., Scott, W.A. (2005): Large-scale changes in the abundance of common higher plant species across Britain between 1978, 1990 and 1998 as a consequence of human activity: tests of hypothesised changes in trait representation: *Biological Conservation* 124, 355-371
- 17) 田極公市 (2010) : 身近な自然の守り手として—谷戸管理手法による環境保全—: *ランドスケープ研究* 74, 111-114
- 18) Yamada S. (2006): Landscape ecological studies for the conservation and restoration of the floristic diversity in *Yatsuda* agro-ecosystem. 東京大学大学院農学生命科学研究科博士論文, 166 pp.
- 19) 山田晋・大久保悟・北川淑子・武内和彦 (2005) : 丘陵地谷底水田に接する下部谷壁斜面下端の刈り草原における植物種組成と環境要因との対応: *ランドスケープ研究* 68, 675-678
- 20) 山崎寛・青木京子・服部保・武田義明 (2000) : 里山の植生管理による種多様性の増加: *ランドスケープ研究* 63, 481-484
- 21) 山戸美智子・服部保・浅見佳世 (1999) : 兵庫県三田市の基盤整備地と非整備地における畦畔法面上のチガヤ群落の比較: *雑草研究* 44, 170-179