

丘陵地谷底水田に接する下部谷壁斜面下端の刈り取り 草原における植物種組成と環境要因との対応

Environmental Factors Affecting Plant Species Composition of the Herbaceous Layer on Lowermost Hillside Slopes in the Satoyama Landscape

山田 晋* 大久保 悟* 北川 淑子* 武内 和彦*

Susumu YAMADA Satoru OKUBO Yoshiko KITAGAWA Kazuhiko TAKEUCHI

Abstract: Forest verges to paddy fields on lowermost hillside slopes are considered one of the most important habitats not only for managing forest species but also for semi-natural meadow species and species in wet conditions in the Satoyama landscape. To clarify the floristic composition of the verges in relation to environmental characteristics such as light intensity, surface soil water content, slope, slope direction and soil thickness, we sampled 33 research plots in the Tama Hills, central Japan. The results showed that although geomorphic locations were almost the same, light intensity and surface soil water content varied among plots, and these differences affected species composition. In the compositional groups of TWINSPAN classification, light intensity and surface soil water content were the principal factors that affected plant species composition. Brighter conditions due to mowing management as well as slope direction significantly enhanced the number of both meadow species and species in fields or at roadsides, while wetter conditions due to the location of aquifer and the difference in soil thickness meant a significant increase in the abundance of wetland species.

Keywords: Tama Hills, TWINSPAN, habitat type, light intensity, surface soil water content, soil thickness

キーワード: 多摩丘陵, TWINSPAN, 生育立地タイプ, 日射量, 土壌水分, 土壌の厚さ

1. 背景と目的

近年、二次的自然における生物多様性への関心が国内外で高まっている。なかでも、刈り取りや火入れにより、古くから維持されてきた半自然的な草原は、近年の土地利用の変化、人為的攪乱の停止によって大幅に減少している²⁾。そのため、現在も農業活動に伴う半自然的草原が存在している農耕地の刈り取り地は、保全上、重要な環境の一つとして注目されている¹⁰⁾。

このような農耕地における刈り取り地のひとつとして、丘陵地の水田と斜面林境界に立地する刈り取り草原が挙げられる。二次的自然が立地する典型的な環境の一つである丘陵地では、谷底低地の水田（以下、谷底水田）と、丘陵斜面の二次林の境界部分である斜面の下端において、水田耕作のための日照を確保することを目的とした刈り取り管理が行われてきた。その結果、成立した半自然的な草原環境には、畑地・路傍、草原生、林縁生、樹林生、湿地生植物など幅広い植物が生育し、丘陵地のなかでも最も草本層植物の多様性が高い空間となっていることが、最近、明らかになっている^{9), 12)}。

これまでも、水田周辺部における刈り取り草原の重要性は認識されてきた。とくに中山間地の傾斜地水田では、大面積で出現する田面間の畦畔法面が、草原生の植物を維持する環境として重要であることが報告され、刈り取り頻度⁹⁾、基盤整備^{9), 10)}と植物種の多様性の関連が報告されている。しかし、丘陵地斜面下端の刈り取り草原が立地する環境は、水田から樹林に向かう、明環境から暗環境、湿潤環境から適湿環境への環境移行帯であり⁹⁾、単なる刈り取り草原以上の複雑な立地となっている。そのため、この刈り取り草原の植物相保全を考えた際、田面間の畦畔法面の知見を直接当てはめることはできない。一方、この刈り取り草原の立地は、丘陵地においては下部谷壁斜面の下端（以下、谷壁斜面端）と定義されるが、下部谷壁斜面の植生に関する調査は、これまで

も行われてきた^{8), 12)}。しかし、刈り取り管理のために高木層を欠く立地における調査は少なく、さらに、幅広い環境傾度と種組成との関係を精査した事例は、ほとんどみられない。そこで本研究では、丘陵地谷壁斜面端に焦点を当て、植物種組成と環境要因との対応を明らかにすることを目的に、植生および環境条件の調査・分析を行った。

2. 研究方法

(1) 研究地の概要

多摩丘陵は関東地方の南西部に位置し、西部は関東山地、南部は三浦丘陵に続く丘陵地で、第四紀更新世前期に堆積した上総層群を基盤としている（図-1）。研究対象地とした東京都町田市中央部は、現在も谷底水田と斜面林がセットで残る、多摩丘陵では数少ない地域である。ここでは、上総層群の1累層で、礫、砂、泥層の厚層からなる小山田層が分布しており⁹⁾、泥層に接する砂層の下部は帯水層となっている。

また、調査対象地は、全体としては南傾斜をもつ小規模な二次流域で、谷型・尾根型斜面が複雑に配列する地形となっている。

(2) 研究方法

本研究で対象とした谷壁斜面端は、水田の所有者によって、慣習的に刈り取り管理されている（以下、こうした斜面裾部における刈り取り行為を「裾刈り」と呼ぶ）。調査は、現在も裾刈りが行われている箇所を対象として行った（2004年には7~8月に1回、加えて、場所によっては、5月下旬にも裾刈りが行われた）。小流域の谷壁斜面端の植生の多様さを把握するため、まず、ほぼ等間隔（約30m間隔）に1×1mの調査区を設置し、その間でも、群落の組成が明確に異なる地点を調査対象に加えた。その結果、調査区は合計33箇所となった（図-1）。水田と谷壁斜面端との間にはいずれも農業用水路が掘られている。そこで、水路際の植生

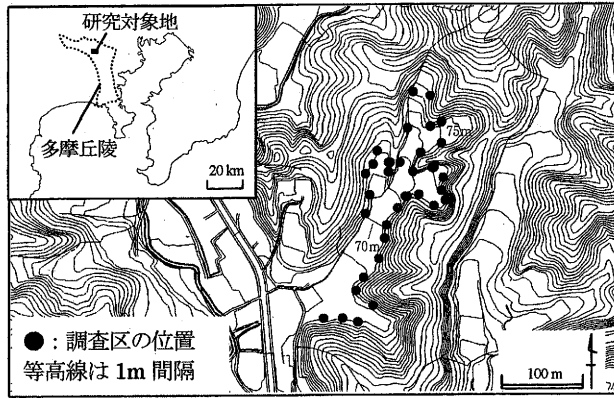


図-1 研究対象地および調査区の位置

の影響を排除するため、水路より50cm上から調査区を設置した。各調査区では、2004年の春から秋に、植生調査と環境調査を行った。植生調査は2004年5月上旬、9月下旬に行い、調査区内に出現する全出現種を記録した。環境条件の調査では、相対日射量、土壌表面の体積含水率（以下、含水率）、斜面方位、傾斜角、土壌の厚さを測定した。

相対日射量の測定は、簡易積算日射量測定システム短期間測定用（R-2D、大成化工株式会社）を使用した。まず、7月下旬の晴天となった3日間にわたり、累積日射量を測定した。同時に、小流域に隣接する谷底低地の、日当たりが良好であると判断される地点で、全天光を測定した。各調査区では、群落高より高い位置に2cmの長さの切ったフィルムを3枚水平に設置した。得られた3枚のデータを平均し、全天に対する相対値を相対日射量とした。土壌の水分条件としては、土壌表面（地表6cm）の体積含水率を、ADR法土壌水分計（DIK-311、大起理化学工業株式会社）を用いて測定した。測定は、調査区の中央、四隅の5地点で行い、平均値を算出した。5、7、9月の3回の測定のうち、晴天が続いたため各コドラートの違いが最も明確に現れた7月のデータを、解析に用いた。また、一般に下部谷壁斜面はやや乾性な立地であるといわれているが¹⁵⁾、丘陵斜面の地表付近に帯水層が分布する場合には、土壌表面の含水率は、その影響を受けることが予想された。そこで、検土杖を用いて90cm土壌断面を作成し、基盤岩（上総層群）が出現する深さ（以下、土壌の厚さ）を、基

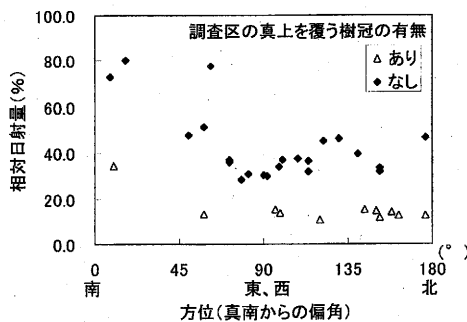


図-2 斜面の方位と相対日射量の関係

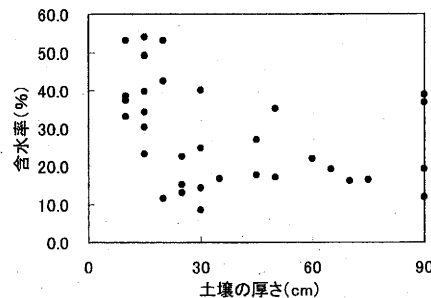


図-3 土壌の厚さと含水率の関係

表-1 環境条件と生育立地タイプ別出現種数の相関関係

	環境条件				生育立地タイプ				
	日射量	含水率	土壌の厚さ	傾斜	畑地・路傍	湿地生	草原生	林縁生	樹林生
相対日射量	1.00	0.22	-0.03	0.43 *	0.35 *	0.00	0.57 **	-0.07	-0.26
含水率		1.00	-0.39 *	0.13	0.16	0.75 **	0.02	-0.13	-0.34
土壌の厚さ			1.00	-0.31	-0.07	-0.35 *	-0.20	-0.09	-0.08
傾斜角				1.00	0.02	0.27	0.29	0.12	0.23

値はピアソンの積率相関係数 * : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$

盤岩の岩相とともに把握した。

さらに、調査区の上部に接する斜面域において、相観植生タイプを記録した。相観植生は、コナラなどが優占する落葉広葉樹林（以下、落葉樹林）、スギ、ヒノキなどが優占する常緑針葉樹林（針葉樹林）、チガヤ、シバなどが優占する草原（草原）の3タイプとした。

(3) 解析方法

植生調査の結果、合計219種が出現した。まず、全出現種を、日本植生便覧⁷⁾、神奈川県植物誌⁸⁾を参考に、畑地・路傍、湿地生、草原生、林縁生、樹林生の5つの生育立地に分けた。ただし、湿地生植物は、湿った環境を指標する植物という観点から判断したため、一般的な水湿植物以外の種も含まれた。

次に、各生育立地タイプと環境要因の関係を把握するため、各調査区における生育立地タイプ別出現種数と環境条件との相関係数を算出した。さらに、得られた在・不在の植生データを用いて、TWINSPAN (Two-Way Indicator Species Analysis)¹¹⁾による分類を行い、第3段階までの分割の結果、得られた6つのグループ（グループA~F）それぞれについても、生育立地タイプ別の出現種数、特徴的な環境条件を比較した。

3. 結果

(1) 立地の環境特性

調査を行った地点は、概ね40°以上の急傾斜地に立地するため、土壌の厚さは、尾根型の斜面系列に位置する調査区（29調査区）では90cm以下と薄くなった。谷頭凹地の下端に位置し、谷型系列の斜面に位置する調査区（4調査区）は、急傾斜地に立地したものの、90cm以上の厚い土壌に覆われた。

斜面方位、裾刈りの状況に応じた相対日射量を、図-2に示す。相対日射量は、方位、裾刈り状況に応じて大きく異なった。裾刈りが斜面の上部まで行われ、調査区を樹冠が覆わない場合、南向きの調査区では50%以上の相対日射量となり、東、西、北向き傾斜の調査区では、30~50%程度となった。一方、調査区の上端を樹冠が覆う場合、相対日射量は南向きで30%、その他の方位では10%程度であった。

土壌の厚さと含水率の関係を図-3に示す。含水率についても、10%の適湿状態から、50%を超える過湿な状態まで変化に富んだ。岡⁹⁾が指摘するように、本調査地では泥層に上接する砂層下部が帯水層となっていたが、50%を超える過湿な立地は、帯水層を覆う土壌が、20cm程度の薄い場合に限ってみられた。

また、調査区の上部に接する斜面域は、4箇所を除き、落葉広葉樹の二次林あるいは常緑針葉樹の植林であった。4箇所の調査区では、小規模な尾根斜面の下端にあたるため、樹林は立地せず、上部まで刈り取り草原となった。

(2) 出現種の特徴

219種の出現種を生育立地タイプに分類すると、畑地・路傍、湿地生、草原生、林縁生、樹林生の順に、44、41、45、44、45種が記録され、全体としては同程度ずつ出現した。一方、ひとつの調査区には、平均37.8種の種数がみられたが、生育立地タイプごとの出現種数は、次節のグループA~Fにおいて、大きな違いがあったことからわかるとおり、調査区ごとに変化に富んだ。

(3) 出現種と環境要因との対応

各生育立地タイプの出現種数と環境条件の相関関係

を表-1に示す。環境条件と有意な相関関係が確認できた生育立地タイプは、草原生、畑地・路傍、湿地生植物の3タイプだった。草原生植物は相対日射量と強い正の相関を示し ($P < 0.01$)、明るい環境には多くの草原生植物がみられる傾向があった。同様の傾向は畑地・路傍植物についてもみられたが、有意水準はやや低かった ($P < 0.05$)。湿地生植物の場合は、含水率と有意な ($P < 0.01$)、また土壌の厚さとやや有意な ($P < 0.05$) 負の相関を示し、湿潤かつ土壌の薄い立地に多くみられる傾向が確認された。

ただし、土壌の厚さと含水率の間にも、やや有意な相関がみられ ($P < 0.05$)、図-3において土壌表面が過湿であると、土壌が薄い傾向がみられたことから、湿地生植物が土壌の薄い立地を好むというよりは、過湿な立地は、同時に土壌が薄かったと解釈するほうが妥当であると考えられた。

次に、TWINSPANにより分類された6つのグループの特徴を表-2に示し、分類によって特徴的に出現した種の出現傾向を表-3に示す。各グループは、種レベルのみならず、生育立地タイプ別の出現種数からみても明確な違いがみられ、同時にその違いと、含水率、日射量の間にも対応がみられた。とくに、表-1で確認された傾向、すなわち、明環境ほど多くの草原生植物が、過湿環境ほど多くの湿地生植物がみられる傾向は、TWINSPANのグループレベルにも当てはまった。

表-2 TWINSPANにより分類されたグループの特徴

	TWINSPANグループ						P ^a
	A	B	C	D	E	F	
生育立地タイプ別の出現種数							
畑地・路傍	3.7 ± 2.1	7.6 ± 2.8	6.8 ± 2.7	6.0 ± 2.6	14.3 ± 1.9	10.0 ± 2.0	**
湿地生	5.7 ± 2.3	3.3 ± 2.1	9.5 ± 1.8	3.0 ± 2.7	3.5 ± 3.0	15.0 ± 2.6	**
草原生	5.7 ± 1.5	6.1 ± 3.2	9.3 ± 0.0	14.8 ± 4.1	18.3 ± 4.6	7.7 ± 1.5	**
林縁生	6.7 ± 1.5	8.4 ± 2.8	8.0 ± 2.6	7.5 ± 3.0	5.5 ± 3.4	4.3 ± 0.6	N.S.
樹林生	8.3 ± 4.7	7.0 ± 1.9	7.0 ± 0.6	10.5 ± 3.7	4.8 ± 2.4	3.7 ± 0.6	*
総出現種数	30.0 ± 3.0	32.4 ± 6.2	40.5 ± 7.3	41.8 ± 10.6	46.3 ± 2.2	40.7 ± 4.0	*
環境条件							
相対日射量 (%)	12.8 ± 2.2	27.5 ± 14.4	29.4 ± 11.7	35.2 ± 11.5	56.6 ± 25.9	48.7 ± 21.1	*
含水率 (%)	32.9 ± 9.1	20.4 ± 7.2	46.1 ± 5.9	22.4 ± 11.5	29.4 ± 15.7	49.4 ± 8.6	**
傾斜角 (°)	43.7 ± 5.1	47.9 ± 6.0	54.3 ± 9.6	55.0 ± 9.6	48.0 ± 5.7	59.7 ± 5.7	N.S.
土壌の厚さ (cm)	48.3 ± 36.2	54.5 ± 24.3	17.5 ± 2.9	30.6 ± 27.4	35.0 ± 23.8	13.3 ± 2.9	*
上部斜面の相観植生							
落葉樹林	2	9	4	7	0	3	
針葉樹林	1	2	0	1	0	0	
草地	0	0	0	0	4	0	

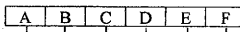
a) クラスカルワリス検定の有意水準。*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, N.S. 有意差なし
表中の数値は、平均±標準偏差を示し、上部斜面の相観植生の数値は、調査区数を示す。

表-3 TWINSPANによる各グループに特徴的な出現種

植物種名	生育立地タイプ	TWINSPAN分類グループ						植物種名	生育立地タイプ	TWINSPAN分類グループ					
		A (3)	B (11)	C (4)	D (8)	E (4)	F (3)			A (3)	B (11)	C (4)	D (8)	E (4)	F (3)
ヤブクリ	ff		III	I	I			fm	I	II	II	2			
サトウ	fr		IV					m	I	2	III	1	2		
ホトトギス	fm	I	V	I	I			m	I				3		
シシトフ	w	2	V	4	I			m	I		I	4			
ホリハシクサ	w	I	II	2				m		I	IV	3			
ヤマハハク	fm		II	1				m	1	I	I	IV	3	1	
ヤブヤブ	fm		II	3				ff	I	I	IV	1	1	1	
キバナキキリ	w	2	I	2		1		w	2		II	3			
ノボリ	m	1	III	1		1		m			II	1	1		
イヌフサ	fr	2	IV			1		m		I	IV	3	2		
ナカユリ	ff	2						w	I		III	2	1		
シシトフ	ff	3	I					m	I		IV	3	1		
アサギク	ff	2						m			III	2			
モシク	fm		III	4	II			ff			IV				
シシトフ	w	2		3	I			m			IV	1			
ジャコビ	ff	1	V	3	II	2	1	m			IV	2			
スベテ	fm	3	III	1	I	1	2	ff			V				
ヤマハハク	w	3	I	1	I		1	m			V	3			
ヤブヤブ	ff	2				1		fr				2			
アサギク	m	2	V	4	V	3		fr				2			
クサノオ	m	3	V	3	V	1	1	m				2			
コナ	fr	1	IV	3	III	3	3	m			I	4			
トク	fr	3	V	3	V	3	3	fr			I	2	1		
トク	m	2	II	2	IV	1	3	fm			I	2	1		
ヒメ	ff	IV	3	V	2			m			I	1	2		
ミツバ	fm	3	II		IV	1	1	fr			I	2	2		
ス	w			2		2		w			1	2			
ヤマハハク	ff	1	I	2	V	3	1	w				2			
ハラアサギ	m		III	2	V	4	3	w				2			
カマキリ	fr		I	1		1	2	w				2			
スベテ	fr		I	2	I	1	2	w			I	2			
カマキリ	fr		II	1	II	4	1	w				2			
イヌフサ	w		I	3	II	2	3	w				2			
ヒメ	fr		2	III	2	3		w				2			
ウギ	fm		I		I	3	1	w				2			
トク	m		1	II	1	2		w				2			

(右に続く)

TWINSPANの分類過程



- ・V: 各グループで80%以上の調査区で出現, IV: 60~79%, III: 40~59%, II: 20~39%, I: 1~19%, 空白: 出現なし。各グループの調査区数が5未満の場合には、調査区数を示す。
- ・fr: 畑地・路傍植物, w: 湿地生植物, m: 草原生植物, fm: 樹林生植物
- ・アンダーラインの植物種は、分類の際に指標となった種を示す。□は、それぞれの指標種の存在によって特徴づけられたグループを、点線の□は、指標種の不在によって特徴づけられたグループを示す。
- ・分類グループ名の下にある()は、調査区数を示す。

過湿な調査区からなるグループC、Fでは、湿地生植物の種数が、5生育立地タイプ中で最も多くなった。より明環境のグループFでは、水田脇や水路にみられるアカバナ、ヒメクグなどが特異的に生育するが、林縁生、樹林生植物は少なかった。シケシダ、ミゾシダなどがみられ、グループFに比べて暗環境なグループCは、6つのグループの中で、全ての生育立地タイプの種数が最も均衡して出現した。

残り4つのグループについては、光環境の違いに概ね対応すると思われる出現種の違いがみられた。より暗い立地のグループA、Bでは、ホウチャクソウ、オニドコロを始めとする樹林生、林縁生植物が草原生植物の種数を上回った。一方、より明るい立地であるグループD、Eでは、リュウノウギク、ウツボグサを始めとする草原生植物の出現種数が、林縁生、樹林生植物を上回った。グループDでは、草原生植物と同時に、林縁生、樹林生植物も多くみられた。一方、6つのグループの中で最も明るいグループEでは、それらは少なくなり、草原生植物、畑地・路傍植物を主体とする種組成となった。また、グループEは、上部に続く斜面が草原である点で、他の調査区と明確に区別された。

4. 考察

刈り取りのために高木層を欠く下部谷壁斜面の植生は、単一の微地形としてまとめられないほど、変化に富んでいることが知られている¹³⁾。大久保ら¹³⁾は、その理由を立地環境が多様なためであると推測しているが、本研究の結果、谷壁斜面端は、日射量、土壌水分、土壌の厚さの点で、大きな環境傾度を持つ立地であることを、実際に確認することができた。さらに、大きな環境傾度、とくに光、土壌水分に対応する種組成の変化が観察された。すなわち、適湿な立地の場合、種組成は、暗環境から明環

境に向かい、樹林生、林縁生植物主体（グループ A, B）から、草原生、樹林生、林縁生植物主体（グループ D）を経て、草原生、畑地・路傍植物主体（グループ E）へと変化した。また、過湿な立地の 2 グループ（グループ C, F）では、いずれも湿地生植物が多く確認された。

多くの種をもたらす要因となった、変化に富む光・水分条件が、ごく限られた範囲の小流域に確認された要因としては、まず、斜面方位、土壌の厚さに起因する帯水層の相対的な位置といった、地形や地質の影響が挙げられる。例えば、光条件は、丘陵地の特徴の一つであるさまざまな斜面方位の入り組んだ地形¹⁵⁾に、大きく影響を受けた。斜面方位の違いが、光条件などを通して植物の種組成に影響を与える事例は、国内外で報告されているが^{14), 16)}、本調査でも、南向き斜面か否かにより、谷壁斜面端の光条件は大きく異なった（図-2）。一方、谷壁斜面端の水分条件は、基盤岩、土壌の厚さに影響を受けた。すなわち、まず帯水層が地表付近にあり、さらに土壌が薄い場合に、土壌表面が過湿になった。20cm 以下という薄い土壌は、土壌が薄い下部谷壁斜面¹⁵⁾の中でも、特に薄い土壌の立地であり、ごく局所的な斜面の形態、傾斜による影響を受けて出現したと考えられる。

次に、とくに光条件は、斜面方位という地形の影響だけでなく、裾刈り管理によっても大きく影響を受けた。つまり、斜面上部までの裾刈りが行わなかった場合、相対日射量は 50% に届かなかったが、草原生、畑地・路傍植物は、明るい立地ほど多くの種数が見られることを考えると（表-1）、とくにこれらの生育立地タイプをもつ種の生育に、裾刈りが深く関わっていることが推測される。同様のことは、過湿な立地の中でも明るい環境であるグループ F に特徴的にみられた、水田の畦畔や水路に生育する湿地生植物についてもあてはまると考えられる。以上より、もともと適湿から過湿という大きな水分傾度をもつものの、林床のあるいは林縁的な立地であるために、比較的暗い環境であった谷壁斜面端は、裾刈りという管理が加わることで初めて、適湿な明環境、過湿な明環境を含む多様な立地として機能し、草原生、畑地・路傍植物、水田の畦畔や水路に生育する湿地植物という幅広い植物の生育環境になったと推測できる。すなわち、大久保ら¹³⁾も指摘するとおり、谷壁斜面端における多様な草本層植生は、自然条件と人間の管理が組み合わさることで初めて発現したと考えられる。

以上のように、谷壁斜面端の多様な植物種組成は、地形・地質、人為管理によってもたらされる、多様な光・水分条件に大きく影響を受けた。しかし、現場の観察では、谷壁斜面端の相対日射量が必ずしも高くない場合でも、シバ草原が立地するような明環境が上部斜面に立地すると、出現種は、今回の調査で最も明るい立地にみられた、草原生、畑地・路傍植物を主体とすることがあった（グループ E のうちの 1 調査区が、これにあてはまる）。上部斜面まで続く草原は、樹冠が存在しない点で、日当たりの良さの指標になっていると考えられるが、同時に、北川ら⁹⁾が指摘するように、土砂の移動を通して谷壁斜面端の種組成に影響を与える要因になった可能性もある。このように、今回考慮できなかった環境条件の存在は、なお存在することが示唆された。

5. まとめと今後の課題

谷壁斜面端の刈り取り草原は、環境傾度の大きな立地であった。その成立植生は、光、水条件と対応を示し、明環境から暗環境、湿潤環境から適湿環境に及ぶ多様な環境に応じた種組成の変化が確認された。谷壁斜面端におけるこの大きな環境傾度は、丘陵地

の複雑な地形に起因する環境条件と、管理による光環境の改善が組合わさった結果、現れたものであると考察され、とくに草原生植物や一部の湿地生植物には裾刈りによる光環境の改善が大きな影響を及ぼしていることが予想された。しかし、この刈り取り草原は、表土の移動が大きい立地であるため、単に谷壁斜面端のみ環境条件だけでなく、上部斜面における土壌の移動なども、谷壁斜面端の成立植生に影響を及ぼしている可能性がある。今後、谷壁斜面端の多様な植生を保全するためには、谷壁斜面端の立地だけでなく、土砂の滑動状況、そこに含まれる埋土種子の把握を含め、上部斜面から谷壁斜面端までの調査を行い、多様性が維持されているメカニズムをさらに解明する必要があるだろう。

謝辞

調査を進めるにあたり、東京都多摩環境事務所の鏡美知子、小滝英俊、内山香の各氏、町田歴環管理組合の田極公市理事長始め組合員諸氏、地元農家の方々に多大な便宜を図って頂いた。また、解析にあたっては、東京大学農学生命科学研究科の加藤和弘助教授に適切なアドバイスを頂いた。厚く御礼申し上げる。なお、この研究は、科学研究費補助金（若手研究 B、研究代表者：大久保悟、#14760014）の研究費の一部を使用した。

参考文献

- 1) Hill, M.O. (1979): TWINSPLAN, a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes: Cornell University Press, Ithaca, New York.
- 2) 水見山幸夫 (1995): 国土利用変化の概要、西川治監修「アトラス日本列島の環境変化」: 朝倉書店, 東京, 1-16
- 3) 飯山直樹・鎌田磨人・中川恵美子・中越信和 (2002): 棚田畦畔の構造および刈取りの差異が植物群落に及ぼす影響: ランドスケープ研究 65, 579-584
- 4) 神奈川県植物誌調査会編 (2001): 神奈川県植物誌 2001: 神奈川県立生命の星・地球博物館, 神奈川, 1580pp.
- 5) 北川淑子・大久保悟・山田晋・武内和彦 (2004): 丘陵地の谷津田に接する下部谷壁斜面下流の草本植生の種組成と種の豊かさ: ランドスケープ研究 67, 551-554
- 6) 松村俊和 (2002): 整備方法の違いが水田畦畔法面植生に与える影響: ランドスケープ研究 65, 595-598
- 7) 宮脇昭・奥田重俊・望月睦夫 (1983): 改訂版日本植生便覧: 至文堂, 東京, 872pp.
- 8) Nagamatsu, D. and Miura, O. (1997): Soil disturbance regime in relation to micro-landforms and its effects on vegetation structure in a hilly area in Japan: Plant Ecology 133, 191-200.
- 9) 岡重文 (1991): 関東地方南西部における中・上部更新統の地質: 地質調査所月報 42, 553-653
- 10) 大窪久美子 (2002): 日本の半自然草地における生物多様性研究の現状: 日本草地学会誌 48, 268-276
- 11) 大窪久美子・前中久行 (1995): 基盤整備が畦畔草地群落に及ぼす影響と農業生態系での畦畔草地の位置づけ: ランドスケープ研究 58, 109-112
- 12) Okubo, S., Kamiyama, A., Kitagawa, Y., Yamada, S. Palijon, A. and Takeuchi, K. (印刷中): Management and micro-scale landform determine the ground flora of secondary woodlands and their verges in the Tama Hills of Tokyo, Japan: Biodiversity and Conservation.
- 13) 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構成と微地形との対応: ランドスケープ研究 66, 537-542
- 14) Small, C.J. and McCarthy, B.C. (2003): Spatial and temporal variability of herbaceous vegetation in an eastern deciduous forest. Plant Ecology 164, 37-48.
- 15) 田村俊和 (1987): 湿潤温帯丘陵の地形と土壌: ペトロジスト 31, 135-146
- 16) 養父志乃夫 (1988): カタクリ個体群の形成ならびにその個体群の育成管理上の指針: 造園雑誌 51, 228-236