
原 著 論 文

狭山丘陵の谷戸環境における湿地植生と水位変動の関係および湿地保全の取り組み
—早稲田大学所沢キャンパス B 地区の事例から—

竹内 大悟^a, 東出 大志^b

Relationship between wetland vegetation and water level fluctuation, and the Wetland
Conservation Initiatives in the valley environmental condition in Sayama hills
—Case study in B area of Waseda University Tokorozawa Campus—

Daigo Takeuchi^a, Daishi Higashide^b

^a Natural Environmental Research Laboratory of Waseda University

^b Institute of Natural and Environmental Science, University of Hyogo (former Natural
Environmental Research Laboratory of Waseda University))

(Received : May 10, 2019 ; Accepted : August 1, 2019)

Abstract

This research focused on typical land use in a valley environment in the Sayama Hills, in order to analyze the relationship between wetland vegetation and water level fluctuation. Vegetation distribution patterns in a natural succession process were also analyzed, based on the degree of plants dominancy in the wetlands of area B at Waseda University Tokorozawa Campus. Species and plant dominance were examined on seven survey lines and water level was measured using a water gauge installed on each line. Plant species were then divided into the following five conservation priority categories, a) the conservation target species, b) common species, c) growth permitted species, d) growth restriction species, and e) alien species. The results show that conservation target species are present where the water level is relatively high and stable. However, the appearances of nontarget species for conservation (categories “d” and “e”) increased with an average water level mark of under -8cm. This result suggests that if the water level falls below at least -8cm, a shift to xerarch successions is possible. In addition, *Phragmites australis* should be removed to avoid the suppression of the lower grasses by overgrowth cover. However, this may increase the risk of growth of alien species and fertile plants, such as *Amphicarpaea edgeworthii*.

Key Words : abandoned paddy field, invasive species, spring water wetland, waterside plant

1. はじめに

水田やため池を中心とした里山の浅水・過湿地帯は、水生・湿性植物の生息環境の創出という点で、

本来の湿地生態系の代替的な生態系として重要な役割を果たしていると言われている (鷺谷, 2006)。1970年から始まった減反政策は、結果として全国に

^a 早稲田大学総務部自然環境調査室 (Natural Environmental Research Laboratory of Waseda University)

^b 兵庫県立大学自然・環境科学研究所 (元早稲田大学総務部自然環境調査室) (Institute of Natural and Environmental Science, University of Hyogo (former Natural Environmental Research Laboratory of Waseda University))

休耕田や放棄水田を増加させることとなったが、湧水の流入等によって高い地下水位が維持される環境下では、引き続き希少湿性草本の群落が発達する場合も多く、水田放棄後の湿地が絶滅危惧種の生息地として機能しているとの報告もある（大黒・白戸・伊藤, 2003）。しかし多くの場合、水田の耕作を放棄した状態では植物の種多様性を高い状態で維持することは難しく（関岡・下田・中本・水澤・森本, 2000）、水分条件の差異によって、乾性および湿性遷移が進行していく（大黒他, 2003）。このような植物相の質的な変化はその環境に依存する動物相にも影響を及ぼすため、湿地全体の生物多様性を低下させる主要因の一つとも考えられている（日置, 2003）。したがって湿地生態系の保全という観点からは、特に遷移が進んだ環境において、植生の復元や回復を目的とした管理作業が欠かせない。水田放棄後の復田による植生回復については多くの報告があり、休耕田から復田を行うことで、絶滅危惧種を含む湿性植物を再生できることが示唆されている（大黒, 2000）。水位コントロールは、このような植生の再生手法における重要な要素の一つであり（北川・島野, 2010）、微細な水分傾度の違いに応じて異なる群落タイプが形成されることが明らかになっている（大黒他, 2003）。しかし湧水で涵養される谷戸では、降雨などの自然現象に左右され地下水位は常に変動する。そのため群落維持にかかわる水分条件を、地表部の状況から客観的に評価することは極めて難しく、また、一時的な冠水等の水位変動を実験によって再現することも困難であるため、湿生植物の生育と水位変動の関係については解明されていないことも多い。そこで本研究では、自然条件下における水位変動と植生分布に着目し、出現種の傾向を明らかにするとともに、湿地を保全するにあたって目標となる種群の競合や保全上の注意点等について考察し、調査地の湿地保全の展開について検討することを目的とした。

2. 材料と方法

2.1 狭山丘陵

狭山丘陵は関東平野西部（北緯35.7°、東経139.4°）の武蔵野台地上に位置し、最高標高194m、南北4km東西11km、総面積約3500haの独立丘陵である。丘陵内には都県境が東西に伸び、おおよそ北部が埼

玉県、南部が東京都に位置付けられる。地史上では、元来、多摩丘陵等の関東西縁と連続していたが、古多摩川の浸食によって分離し独立丘陵となったと考えられている（羽鳥・寿円, 1958）。現在では、幹線道路へとつながる丘陵周囲の道路沿いには宅地や耕作地等が点在する集落が形成されている。一方、丘陵の中央部には狭山湖および多摩湖の2つのダム湖が造成され、その周囲には水源保存林として約700haの二次林が広がっている。本丘陵における二次林の利用については諸説あり、縄文時代にはすでに二次林としての雑木林が形成され始めていたとする見解（狭山丘陵を市民の森にする会, 1991）がある一方、江戸時代後期頃の絵図には、狭山丘陵の一部の風景としてアカマツ (*Pinus densiflora*) を中心とした疎林が広く描かれている（斎藤, 1836）。現在の景観はコナラ (*Quercus serrata*) を中心とした落葉広葉樹林が多くを占めているが、その利用史については、あらためての考証が待たれている（詳しくは平塚, 2019を参照）。

丘陵の緩傾斜面に形成された谷頭には多くの場合湧水があり（狭山丘陵の自然と文化財を考える連絡会議, 1983）、その湧水を利用した谷戸田を形成してきた歴史がある。丘陵への人の関わりは古く、後期石器時代終末期の考古学的出土品が見られることから、当時の人の活動領域に丘陵が含まれていたと推測されている（早稲田大学教務部本庄考古資料館, 2010）。また、丘陵およびその周辺には、59の神社、堂を含む55の仏閣が残存しており、古来より人間活動が盛んであったとも考えられている（狭山丘陵を市民の森にする会, 1991）。近年では、アニメ映画の影響などをきっかけに丘陵の豊かな自然が注目される一方、大規模開発に対する住民の反対運動や企業によるナショナルトラスト運動も盛んであり、市民の自然保護への関心が高い地域といえる。現在は、東京都側にある5つの都立公園と埼玉県側にある2つの県立自然公園施設を中心に、緑地の保全と活用について様々な取り組みが行われており、豊かな動植物相を今に伝えている（なお哺乳類相の現状については、東出・竹内・山崎・鷺見・三浦, 2019を参照）。

2.2 調査地

2.2.1 所沢キャンパスB地区の概況と成立経緯

早稲田大学所沢キャンパスは狭山丘陵北嶺に位置

し、A地区（約24ha）およびB地区（約12ha）の二つの区域から成る。特にB地区には東西約600m（約3ha）に及ぶ湿地帯が残されている。1960年代にはこの湿地帯で120枚ほどの水田耕作が営まれていた（図1）。しかし1970年代以降は減反政策により水田は徐々に減少し、1980年代に早稲田大学が校地として取得を進めて以降は、水田は完全に消失した（図2）。その後遷移が進行し、現在のB地区は約6割がヨシ（*Phragmites australis*）の優占する湿地帯となっている。

2013年からは、ヨシ・オギ（*Miscanthus sacchariflorus*）を中心とした高茎湿性草本の縮小化と低茎湿性草本の創出を目指した植生管理が行われており、冬季には全域でヨシの刈り取り作業が行われている。なお2002年以降、湿性植物の生息環境の回復を目的として、湿地の一部では14枚の水田が復田されており、そのうち3枚では実際に稲作が行われている。水源は湿地西端からの湧水の流入と雨水が中心となっており、水位の上昇は基本的に降雨によって起きていると考えられる。



図1 早稲田大学所沢キャンパス予定地 1961年8月
(国土地理院 航空写真から引用、一部改変)



図2 早稲田大学所沢キャンパス 1989年10月
(国土地理院 航空写真から引用、一部改変)

表1 常在度の区分

常在度	出現コードラート数	出現率
Ⅲ	9~12	67%以上
Ⅱ	5~8	34~66%
Ⅰ	1~4	33%以下

2.2.2 B地区の相観植生

B地区では、2018年には図3の相観植生が成立していた。B地区の西端から約150mまでのエリアAでは、ヨシ群落の他にオギ、カナムグラ（*Humulus japonicus*）、オオブタクサ（*Ambrosia trifida*）が優占し、ヨシと比較してより乾燥傾向を好む種が出現する。エリアAから東に約150mまでのエリアBでは、2007年から2009年にかけて一部で復田を実施、開放水面となっている箇所がある。一方、復田実施箇所以外では、ヨシ群落とオギ群落が混在した分布となっている。湿地の下流約300mのエリアCではほぼ全面にヨシが優占している。エリアCの中央にあるエリアDでは2010年に復田を実施し、タコノアシ（*Penthorum chinense*）やヒメジソ（*Mosla dianthera*）などの低茎湿性草本が優占している。

2.3 調査方法

植生調査は、B地区内の下流から上流にかけて「a」から「g」の7本のライントランセクト（25m）を設置し、2m間隔で1m四方のコードラートを作成して行った（図4）。コードラート内に出現した各植物種の出現種は、Braun-Blanquet（1964）の方法に従って記録した。調査時期は、春季は2015年5月18日から6月26日まで、秋季は2015年10月2日から11月13日までの期間内とした。確認された種は、表1の3段階に常在度を区分した。

水位は、計測機器（セネコム社製 SE-WT/W1000）を調査Line上に設置し1時間おきに計測した。各水位計は、下流から上流にかけてAからGのアルファベットで識別し、調査Lineと対応させた。埋土種子の発芽実験では、水位によって確認される個体数が異なるという報告がある（例えば、中本・名取・水澤・森本、2000；北川・島野、2010）。そのため、計測は種子が出芽し始める2016年5月上旬から7月下旬まで計測を行った。この時期は、湿地の植生を構成する種の多くが実生期から栄養生長

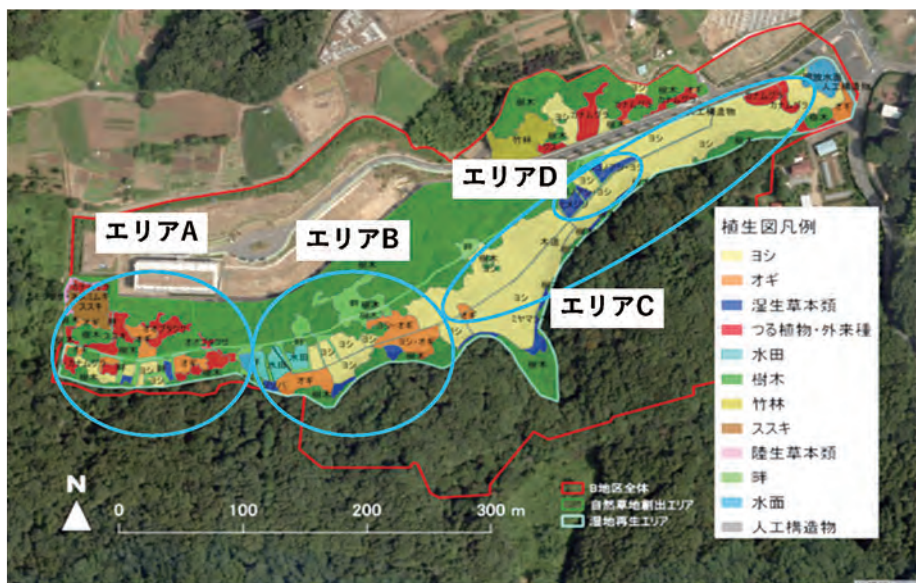


図3 B地区相観植生図

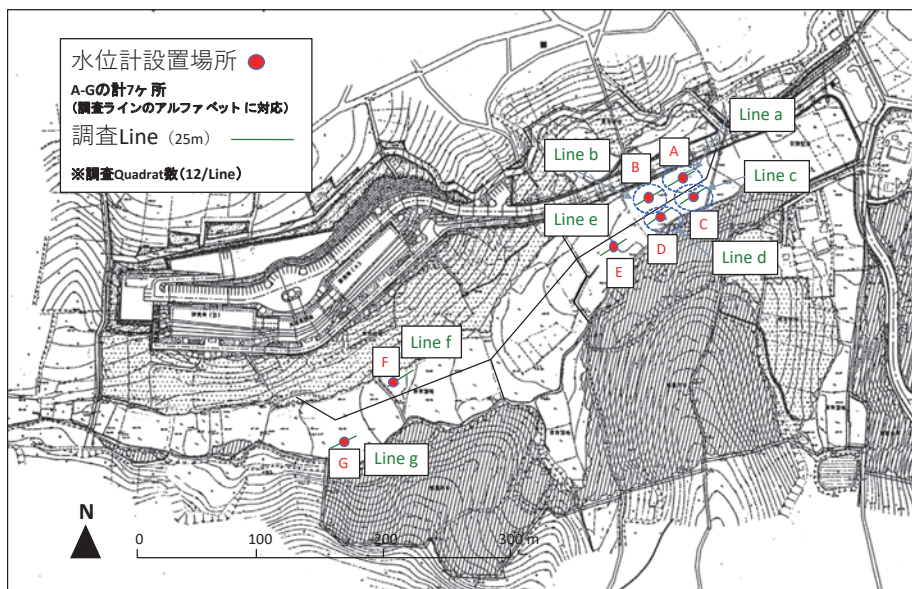


図4 調査Lineおよび水位計設置場所

期にあたり、光合成等の植物の代謝活性が最大に達する (Walter, 1999) と考えられる。計測する深さについては、埋土種子の採取深度を参考とした。農地での埋土種子の採取は作土 (おおよそ15cm) までが普通とするという見解 (小林・渡邊, 2010) やヨシ群落における深さ20cmの埋土種子採取で80種の発芽を確認できたとの報告 (日置・水谷・太田・館野・鈴木, 2001) 等があることから、目視による地表の乾湿の状況も考慮し、地表下おおよそ20-40cmの範囲で水位計を埋設した。

3. 結果

3.1 水位計測

各計測地点における水位変動の時間経過を図5に示す。A地点の平均水位および標準偏差は $1.1 \pm 1.9\text{cm}$ 、B地点では $-2.1 \pm 4.6\text{cm}$ であった。これらの計測地点では、比較的水位が高く維持され、特に梅雨入り (6月5日頃) 以降はほぼ地表付近で水位を維持していた。C地点の平均水位と標準偏差は $-10.4 \pm 5.2\text{cm}$ 、D地点では $-8.5 \pm 6.0\text{cm}$ であった。これらの地点では、降雨時には地表まで水位が上がるものの、非降雨時には最大で地表よりも

20cm程度まで水位が低下した。E地点の平均水位および標準偏差は -19.0 ± 2.8 cm, F地点では -13.0 ± 9.2 cm, G地点では -19.3 ± 9.7 cmであった。これらの計測地点では、降雨時でも地表まで水位面が届かない場合があり、非降雨時にはしばしば地表から20cm以下まで水位が落ち込むことがあった。

3.2 植生調査

各調査Lineで確認された植物種、および種ごとの常在度を表2および表3に示した。春季の調査で確認された種は49種、秋季では68種であった。両季の調査を通じて発見された総種数は77種であった。レッドデータに記載されている種は、環境省で準絶滅危惧、埼玉県で絶滅危惧II類のタコノアシと埼玉県で準絶滅危惧のヘラオモダカ (*Alisma canaliculatum*) の2種が確認された。春季、秋季共にLine dにおける確認種数が最も多く、それぞれ31種と35種が確認された。一方春季、秋季共にLine bの確認種数は最も少なく、それぞれ15種と16種であった。

4. 考察

4.1 湿地植生と水位変動との関係

本研究では、水位変動と湿地植生の関係性を議論するにあたり、水位計測地点および調査で確認した種を類型化した。水位計測地点は、地表付近の乾湿に影響すると思われる平均水位および最低水位に基づき、それぞれ冠水型（平均水位面が地表-3cm以内、かつ最低水位-20cm以内）、湿潤型（同 -8cm ~ -11cmかつ最低水位-20cm以内）、変動型（同 -13cm ~ -20cmかつ最低水位-20cm以下）の3つの類型に区分した（表4）。

確認した種は、林（2009）に基づいて、木本種を除いて生育地を「水辺」、「水田」、「湿地」、「あぜ」、「野原（湿）」、「野原」、「道端」、「畑」、「山野」の9項目の組み合わせで分類した。林（2009）に記載がない種については、矢野・高橋・加藤・中川・遠藤・小林（1985）、廣田（1996）、奥原（1990）、勝山（2005）の記述を参照し、生育地を定義した。これらに基づいて、湿地の保全上の注意点を検討するため以下の分類を行った。

今回確認された種の中で、埼玉県レッドデータブック（埼玉県環境部自然環境課、2011）で準絶滅

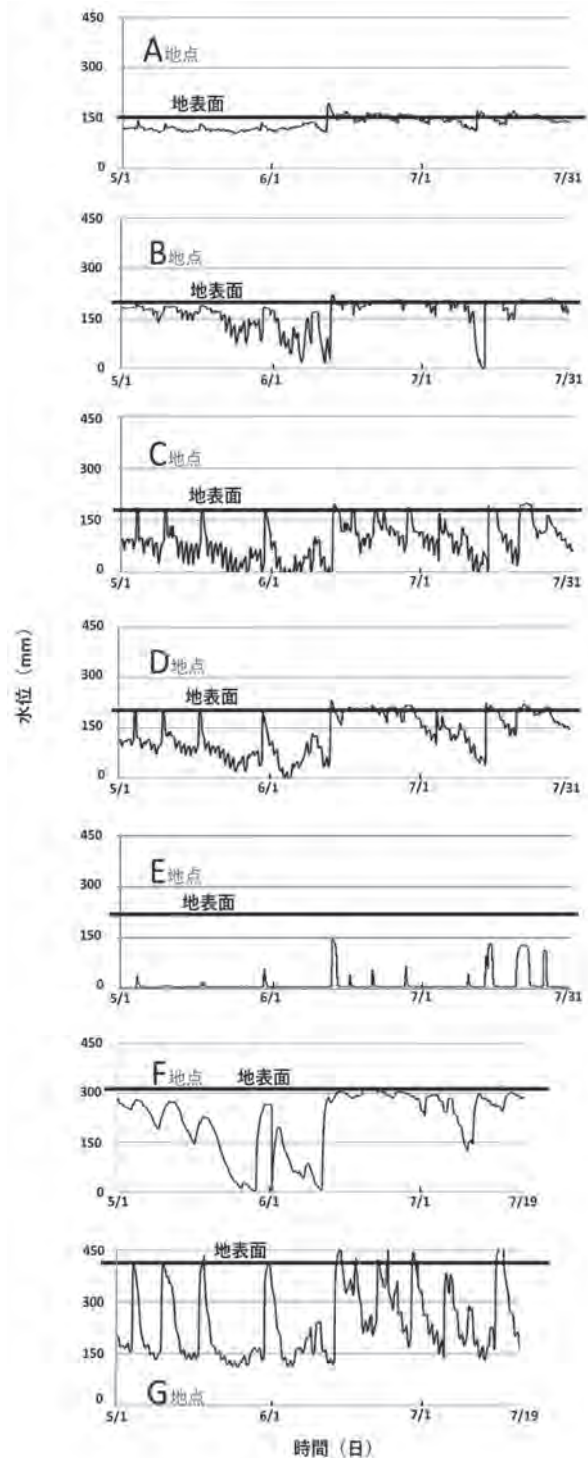


図5 各計測地点における水位変動

危惧種以上にカテゴリーされている種を保全の最重要種として生育目標種とし、それらと共存可能と考えられる「水辺」「水田」「湿地」を生育地とする種を生育共存種とした。また湿地の水分環境に比較的近い「あぜ」「野原（湿）」に生育する種を生育許容種とし、以上の3種を湿地保全のTargetとなる植物群として定義した。一方、「野原」「道端」「畑」「山

表2 各調査Lineにおける出現種と常在度 (春季)

水位変動のタイプ		冠水型		湿潤型			変動型			保全上の観点から見た分類	生育地の分類
水位計		A	B	C	D	E	F	G			
調査Line		a	b	c	d	e	f	g			
種名	学名										
タコノアシ	<i>Penthorum chinense</i>	II	III	I	II	-	-	-	Target群	目標種	湿地
ヘラオモダカ	<i>Alisma canaliculatum</i>	I	-	I	III	-	-	-	Target群	目標種	水田
セリ	<i>Oenanthe javanica</i>	III	III	III	III	III	I	III	Target群	共存種	水田、湿地
ミゾソバ	<i>Polygonum thunbergii</i>	III	III	III	III	II	III	III	Target群	共存種	湿地
チゴザサ	<i>Isachne globosa</i>	II	I	II	-	-	I	-	Target群	共存種	湿地、水辺
イグサ	<i>Juncus effusus</i>	I	-	II	-	I	-	-	Target群	共存種	湿地
イボクサ	<i>Murdannia keisak</i>	I	II	III	II	-	-	I	Target群	共存種	湿地
コシロネ	<i>Lycopus cavaleriei</i>	I	-	I	-	I	-	I	Target群	共存種	湿地
ミヤマシラスゲ	<i>Carex conifetiflora</i>	-	-	III	II	I	III	II	Target群	共存種	湿地
アシボソ	<i>Microstegium vimineum</i>	-	-	II	III	III	-	II	Target群	共存種	湿地
クサヨシ	<i>Phalaris arundinacea</i>	-	-	II	II	-	-	-	Target群	共存種	湿地、水辺
ゴウソ	<i>Carex maximowiczii</i>	-	-	I	-	I	-	I	Target群	共存種	水田、湿地
アゼナルコ	<i>Carex dimorpholepis</i>	-	-	-	-	II	-	I	Target群	共存種	湿地
コナギ	<i>Monochoria vaginalis</i>	-	-	-	-	-	I	-	Target群	共存種	水田
オニスゲ	<i>Carex dickinsii</i>	-	-	-	-	-	-	I	Target群	共存種	湿地
アキノウナギツカミ	<i>Persicaria sieboldii</i>	-	-	-	-	-	-	I	Target群	共存種	水辺、湿地
ヒメジソ	<i>Mosla dianthera</i>	III	III	III	III	II	II	III	Target群	許容種	野原(湿)
スギナ	<i>Equisetum arvense</i>	II	III	II	III	III	II	III	Target群	許容種	野原(湿)
ツボスミレ	<i>Viola verecunda</i>	II	I	III	III	III	I	III	Target群	許容種	山野
ノミノフスマ	<i>Stellaria uliginosa var. undulata</i>	I	I	III	I	II	-	II	Target群	許容種	水田、畑、野原(湿)
ヌカキビ	<i>Panicum bisulcatum</i>	I	I	II	II	III	-	-	Target群	許容種	野原(湿)
アオミズ	<i>Pilea pumila</i>	I	I	-	-	I	I	II	Target群	許容種	野原(湿)
コブナグサ	<i>Arthraxon hispidus</i>	I	-	I	I	I	I	-	Target群	許容種	野原、あぜ
ヤノネグサ	<i>Persicaria nipponensis</i>	-	-	-	-	I	I	I	Target群	許容種	湿地、あぜ
スズメウリ	<i>Neochamandra japonica</i>	-	-	-	-	-	I	I	Target群	許容種	野原(湿)
ヨシ	<i>Phragmites australis</i>	III	III	III	III	III	II	III	非Target群	抑制種	湿地、水辺
オギ	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	-	-	-	I	-	II	II	非Target群	抑制種	湿地
ヤブマメ	<i>Amphicarpaea edgeworthii</i>	II	II	I	-	I	II	-	非Target群	抑制種	野原
コウヤワラビ	<i>Onoclea sensibilis</i>	I	-	-	II	I	I	I	非Target群	抑制種	野原
ツククサ	<i>Commelina communis</i>	I	-	I	I	-	-	I	非Target群	抑制種	畑、道端
カキドオシ	<i>Glechoma hederacea subsp</i>	-	-	-	I	I	I	-	非Target群	抑制種	道端、野原
カモジグサ	<i>Elymus tsukushiensis</i>	-	-	-	I	I	-	-	非Target群	抑制種	道端、野原
キレハノブドウ	<i>Ampelopsis glandulosa</i>	-	-	-	I	-	-	-	非Target群	抑制種	山野
コモチマンネングサ	<i>Sedum bulbiferum</i>	-	-	-	I	I	-	-	非Target群	抑制種	道端、野原
ヒカゲイノコズチ	<i>Achyranthes bidentata</i>	-	-	-	I	I	I	-	非Target群	抑制種	山野
ヨモギ	<i>Artemisia indica</i>	-	-	-	I	-	-	-	非Target群	抑制種	山野
ヘクソカズラ	<i>Paederia scandens</i>	-	-	-	I	-	-	-	非Target群	抑制種	野原
ヘビイチゴ	<i>Potentilla hebiichigo</i>	-	-	-	I	-	-	-	非Target群	抑制種	道端
フジ	<i>Wisteria floribunda</i>	-	-	-	I	-	II	-	非Target群	抑制種	-
ノイバラ	<i>Rosa multiflora</i>	-	-	-	I	-	-	-	非Target群	抑制種	-
カナムグラ	<i>Humulus japonicus</i>	-	-	-	-	-	II	-	非Target群	抑制種	山野、野原
カラスウリ	<i>Trichosanthes cucumeroides</i>	-	-	-	-	-	I	-	非Target群	抑制種	山野
ドクダミ	<i>Houttuynia cordata</i>	-	-	-	-	-	I	-	非Target群	抑制種	道端、野原
アメリカセンダングサ	<i>Bidens frondosa</i>	III	II	I	I	I	I	II	非Target群	外來種	-
セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i>	I	I	-	I	I	I	I	非Target群	外來種	-
ヤブカンゾウ	<i>Hemerocallis fulva</i>	-	-	-	I	-	-	-	非Target群	外來種	-
キシヨウブ	<i>ris pseudacorus</i>	-	-	-	-	I	-	-	非Target群	外來種	-
ハルジオン	<i>Erigeron philadelphicus</i>	-	-	-	-	I	-	-	非Target群	外來種	-
ヒメジョオン	<i>Erigeron annuus</i>	-	-	-	-	I	-	-	非Target群	外來種	-

表3 各調査Lineにおける出現種と常在度（秋季）

水位変動のタイプ		冠水型		湿潤型		変動型					
水位計		A	B	C	D	E	F	G			
調査Line		a	b	c	d	e	f	g	保全上の観点から見た分類		
種名	学名								保全上の観点から見た分類	生育地の分類	
タコノアシ	<i>Penthorum chinense</i>	III	III	I	I	-	-	-	Target群	目標種	湿地
ヘラオモダカ	<i>Alisma canaliculatum</i>	-	-	-	II	-	-	-	Target群	目標種	水田
セリ	<i>Oenanthe javanica</i>	III	III	III	III	III	I	III	Target群	共存種	水田、湿地
ミゾソバ	<i>Polygonum thunbergii</i>	III	III	III	III	III	II	II	Target群	共存種	湿地
イグサ	<i>Juncus effusus</i>	I	-	-	-	-	-	-	Target群	共存種	湿地
イボクサ	<i>Murdannia keisak</i>	I	I	I	I	I	-	I	Target群	共存種	湿地
ヒメクグ	<i>Kyllinga brevifolia</i>	I	-	II	I	II	-	-	Target群	共存種	湿地
コナギ	<i>Monochoria vaginalis</i>	I	-	-	I	I	-	-	Target群	共存種	水田
ヒデリコ	<i>Fimbristylis milacea</i>	I	-	-	I	I	-	-	Target群	共存種	湿地
ウシクグ	<i>Cyperus orthostachyus</i>	I	-	-	-	-	-	-	Target群	共存種	水田、湿地
ゴウソ	<i>Carex maximowiczii</i>	I	-	-	-	-	-	-	Target群	共存種	水田、湿地
アンボソ	<i>Microstegium vimineum</i>	I	I	-	II	III	I	II	Target群	共存種	湿地
クサヨシ	<i>Phalaris arundinacea</i>	I	-	I	II	I	-	-	Target群	共存種	湿地、水辺
ミヤマシラスゲ	<i>Carex conifera</i>	-	-	III	II	II	II	II	Target群	共存種	湿地
チゴササ	<i>Isachne globosa</i>	-	-	I	-	-	-	-	Target群	共存種	湿地、水辺
アゼガヤツリ	<i>Cyperus flavidus</i>	-	-	-	I	-	-	-	Target群	共存種	湿地
コンシロネ	<i>Lycopus cavaleriei</i>	-	-	-	I	-	-	-	Target群	共存種	湿地
タマガヤツリ	<i>Cyperus difformis</i>	-	-	-	I	-	-	-	Target群	共存種	水田、湿地
フトイ	<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	-	-	-	-	-	-	I	Target群	共存種	湿地
アキノウナギツカミ	<i>Persicaria sieboldii</i>	-	-	-	-	-	-	I	Target群	共存種	水辺、湿地
ヒメジソ	<i>Mosla dianthera</i>	III	III	III	II	III	-	-	Target群	許容種	野原(湿)
ヌカキビ	<i>Panicum bisulcatum</i>	III	III	I	I	III	-	I	Target群	許容種	野原(湿)
アオミズ	<i>Pilea pumila</i>	II	II	-	-	III	I	II	Target群	許容種	野原(湿)
コブナグサ	<i>Arthraxon hispidus</i>	II	I	III	I	III	I	-	Target群	許容種	野原、あぜ
スギナ	<i>Equisetum arvense</i>	II	I	I	II	III	I	-	Target群	許容種	野原(湿)
ツボスミレ	<i>Viola verecunda</i>	II	I	II	I	III	-	II	Target群	許容種	山野
ノミノフスマ	<i>Stellaria uliginosa var. undulata</i>	I	-	II	I	II	-	-	Target群	許容種	水田、畑、野原(湿)
ヤノネグサ	<i>Persicaria nipponensis</i>	I	-	I	II	II	-	II	Target群	許容種	湿地、あぜ
カワラスガナ	<i>Cyperus sanguinolentus</i>	-	-	II	II	-	-	-	Target群	許容種	湿地、あぜ
チョウジタデ	<i>Ludwigia epilobioides</i>	-	-	I	-	I	-	I	Target群	許容種	水田、あぜ
スズメウリ	<i>Neoachandra japonica</i>	-	-	-	-	-	-	I	Target群	許容種	野原(湿)
ヨシ	<i>Phragmites australis</i>	III	III	III	III	III	II	III	非Target群	抑制種	湿地、水辺
ツルマメ	<i>Glycine soja</i>	II	-	-	-	-	-	-	非Target群	抑制種	野原
コウヤワラビ	<i>Onoclea sensibilis</i>	I	-	-	I	I	I	I	非Target群	抑制種	野原
ヤブマメ	<i>Amphicarpaea edgeworthii</i>	I	III	-	-	-	-	-	非Target群	抑制種	野原
カヤツリグサ	<i>Cyperus microiria</i>	-	I	-	-	-	-	-	非Target群	抑制種	畑、道端
ツユクサ	<i>Commelina communis</i>	-	I	I	II	I	I	I	非Target群	抑制種	畑、道端
コゴメガヤツリ	<i>Cyperus iria</i>	-	-	I	-	I	-	-	非Target群	抑制種	畑、道端
オギ	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	-	-	-	I	-	II	II	非Target群	抑制種	湿地
イヌタデ	<i>Persicaria longiseta</i>	-	-	-	I	-	-	-	非Target群	抑制種	道端、野原
イノコズチ	<i>Achyranthes bidentata</i>	-	-	-	I	I	I	-	非Target群	抑制種	山野
カキドオシ	<i>Glechoma hederacea subsp</i>	-	-	-	I	I	I	-	非Target群	抑制種	道端、野原
ノイバラ	<i>Rosa multiflora</i>	-	-	-	I	-	I	-	非Target群	抑制種	-
ヘクソカズラ	<i>Paederia scandens</i>	-	-	-	I	-	-	-	非Target群	抑制種	野原
フジ	<i>Wisteria floribunda</i>	-	-	-	I	-	II	-	非Target群	抑制種	-
ヘビイチゴ	<i>Potentilla hebiichigo</i>	-	-	-	I	-	-	-	非Target群	抑制種	道端
ヨモギ	<i>Artemisia indica</i>	-	-	-	I	-	-	-	非Target群	抑制種	山野
カモジグサ	<i>Elymus tsukushiensis</i>	-	-	-	-	I	-	-	非Target群	抑制種	道端、野原
キツネノマゴ	<i>Justicia procumbens</i>	-	-	-	-	I	-	-	非Target群	抑制種	山野
ヨメナ	<i>Aster yomena</i>	-	-	-	-	I	-	-	非Target群	抑制種	湿地
カナムグラ	<i>Humulus japonicus</i>	-	-	-	-	-	II	-	非Target群	抑制種	山野、野原
イボタノキ	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	-	-	-	-	-	I	-	非Target群	抑制種	-
ウシハコベ	<i>Stellaria aquatica</i>	-	-	-	-	-	I	-	非Target群	抑制種	山野
チヂミザサ	<i>Oplismenus undulatifolius</i>	-	-	-	-	-	I	-	非Target群	抑制種	山野
マユミ	<i>Euonymus hamiltonianus</i>	-	-	-	-	-	I	-	非Target群	抑制種	-
アケビ	<i>Akebia quinata</i>	-	-	-	-	-	I	-	非Target群	抑制種	-
ウワミズザクラ	<i>Padus grayana</i>	-	-	-	-	-	I	-	非Target群	抑制種	-
キクムグラ	<i>Galium kikumugura</i>	-	-	-	-	-	I	-	非Target群	抑制種	山野
クズ	<i>Pueraria montana</i>	-	-	-	-	-	I	-	非Target群	抑制種	山野
ジャノヒゲ	<i>Ophiopogon japonicus</i>	-	-	-	-	-	I	-	非Target群	抑制種	道端
ドクダミ	<i>Houttuynia cordata</i>	-	-	-	-	-	I	-	非Target群	抑制種	道端、野原
ムクノキ	<i>Aphananthe aspera</i>	-	-	-	-	-	I	-	非Target群	抑制種	-
ヤマツツジ	<i>Rhododendron kaempferi</i>	-	-	-	-	-	I	-	非Target群	抑制種	-
アマチャヅル	<i>Gynostemma pentaphyllum</i>	-	-	-	-	-	I	-	非Target群	抑制種	山野
アメリカセンダングサ	<i>Bidens frondosa</i>	III	III	I	II	I	-	I	非Target群	外来種	-
キシウブ	<i>ris pseudacorus</i>	-	-	-	I	I	-	-	非Target群	外来種	-
セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i>	-	-	-	-	I	-	-	非Target群	外来種	-
ヒメジョオン	<i>Erigeron annuus</i>	-	-	-	-	-	-	I	非Target群	外来種	-

表4 水位計測地点のタイプ分け

類型	平均水位	最低水位	対象計測地点
冠水型	-3cm以内	地表から-20cmまで	A,B
湿潤型	-8cm~-11cm	地表から-20cmまで	C,D
変動型	-13cm~-20cm	地表から-20cm以下	E,F,G

表5 水位変動の類型別に見た出現種数

春季			
類型	Target群	非Target群	合計
冠水型	15	6	21
湿潤型	18	18	36
変動型	22	18	40
秋季			
類型	Target群	非Target群	合計
冠水型	20	5	25
湿潤型	24	15	39
変動型	21	29	50

野」に分類した種は、湿地保全上の拡大抑制種とし、除去対象である外来種を含め非Target群として定義した。なお、両群にまたがって生育地を定義付けした種については、もっとも適地と思われる生育地を元に分類した。また、ヨシ、オギについては、草高差から他種を被陰する可能性が高いため拡大抑制種とし、ツボスミレ (*Viola verecunda*) は後述の理由で、生育許容種とした。低茎湿性草本を中心とした湿地の保全を進める観点から、木本種については全て拡大抑制種とした。

Target群は春季25種、秋季31種、非Target群は春季24種、秋季37種となった。これらの植物群集が水位の類型別に出現する傾向について表5にまとめた。

春季、秋季共にもっとも多く種数が確認されたのは変動型の水位帯で、ついで湿潤型、冠水型の順となった。保全のTarget群については、春季は変動型、秋季は湿潤型の水位帯で最も多くの種が確認された。一方、冠水型の水位帯では、Target群および非Target群共に、確認された種数が通年で最も少なかった。これは高い水位が維持される事によって、より乾燥を好む種の生育が抑制されたためであると考えられた。Target群に定義された湿性植物の生育は、平均水位が-20cm程度であっても、成立し得る可能性が示唆された。これは自然下では、降雨などにより一時的に地表付近まで水位が上昇し、断続的に湿潤な環境が創出されるためであると考えられた。一方、春季、秋季共に平均水位が-8cmよ

り低下すると非Target群の出現が増加した。放棄水田の遷移系列は、一般に乾性および湿性の遷移系列に分かれる(大黒他, 2003)が、その方向は湧水や小河川の流れ込み等による水分環境の差異によって規定されると言われている(例えば安西・松本, 1988; 宇田川, 2000)。湿潤型および変動型の水位帯に非Target群が多く確認されたのは、冠水型と比較して平均水位が低くなったことによつて、乾燥を好む種も生息可能な環境となったためと考えられた。すなわち自然下においては、平均の水位が少なくとも-8cmを下回ると、湧水等の流れ込みがあつても路傍や林縁での生育が可能な種が生育し、乾性遷移に移行していく可能性が示唆された。

4.2 保全上の注意点に関する検討

次に、生育目標種の保全管理や他種間との競合の観点から各分類別に保全上の注意点等について検討を行った。

4.2.1 生育目標種

生育目標種は通年で、タコノアシとヘラオモダカの2種が確認された。タコノアシは冠水型ならびに湿潤型の水位変動帯で出現した。変動型の場所であっても、降雨時には一時的に冠水する場合もあり、その後数日間は泥湿地の状態が続くが、出現が見られなかった。米村・井原(2008)は、導入したタコノアシの生残と水位変化との関係について、測定期間を通じて最も冠水の回数が少なかった箇所が個体数を大きく減らしたと報告しており、本研究はこれと合致した結果となった。一方、米村・井原(2008)ではその原因として、セイタカアワダチソウ、ツルマメ (*Glycine soja*)、オギ、ヨシを競合種としてあげており、これらとの競合の結果、個体数が減少したと報告している。しかし本研究では、これらの種はタコノアシが多く出現した冠水型の水位帯でも同様に確認されており、競合が起きていたとは考えにくい。このことについては、本調査地では昨年、一昨年と当該地一帯で夏季に刈り払いを実施しており、全体的に植生の密度が減少していたと考えられ、競合種の出現頻度が高くてもタコノアシの生存が可能になったのではないかと考えられた。

ヘラオモダカについては、伊藤・渡辺(1983)によると、栽培実験にて水深25cm以上では種子およ

び基部からの出芽の形成量が少なく、水深3cmで極めて高い種子生産量および出芽量を示したことから、これが好適水位であるとしている。一方、小山内・亀山・佐伯（2010）は、本種の常在度は水面からの平均比高が5.6cmのコドラートで最も高く、次いで平均比高が16.0cmのコドラートで高かったと報告している。本研究では、平均水位がおおよそ地表から、-8cmから-10cm（すなわち水位面からの比高が8cmから10cm）の水位帯で最も多く出現しており、小山内他（2010）の報告に近い結果を示した。先行研究において異なる結果が報告されている理由は不明であるが、伊藤・渡辺（1983）は、水位が固定された実験によるものであるのに対し、小山内他（2010）と本研究は自然下における調査であることと関係があるのかもしれない。自然下においては常時ではないものの、降雨等によってしばしば冠水するため、その変化がヘラオモダカにとっての好適な水分環境を導いたとも考えられる。

4.2.2 生育共存種

生育共存種については、セリ (*Oenanthe javanica*)、ミゾソバ (*Polygonum thunbergii*) が春季および秋季において全調査Lineで出現が確認され、広くB地区湿地内で分布を広げている事が明らかになった。ミゾソバについては、滞水しなくなった水田を含め、幅広い水分条件で生育、優占することが知られており（浅見・中尾・赤松・田村，2001）、本研究の結果と合致した。また、通年ではイボクサ (*Murdannia keisak*)、秋季にはクサヨシ (*Phalaris arundinacea*) やアシボソ (*Microstegium vimineum*) といった種が広く分布している。これらの種は、生育目標種と生育地の水分環境が近いが出現頻度は低く、共存した湿地保全を目指すことができると考えている。

4.2.3 生育許容種

生育許容種については、ヒメジソ、スギナ (*Equisetum arvense*)、ツボスミレ、ノミノフスマ (*Stellaria uliginosa* var. *undulata*)、ヌカキビ (*Panicum bisulcatum*) がどの水位帯でも広く分布していた。これらの種は、生育目標種を圧迫するような個体サイズの大径化が見られる種ではないため、現状での管理を継続して問題はないと考え

られるが、本調査地では、水位変動が湿潤型に分類される水田放棄跡で、ヒメジソが広く優占している箇所があり、生育目標種との競合に注意する必要がある。スギナについては、農耕地などで雑草として問題視されるという報告（中谷・野口，1996）があり、より乾燥した場所での生息も可能である。したがって本種が広く分布しているということは、すなわち湿地の乾燥化が進んでいるとの見方もできる。しかし中谷・野口（1996）によると、本種は萌芽発生前に湛水状態にすると発育が抑制される一方、萌芽後生育途中で湛水状態にすると、逆に生育が促進したと報告しており、本調査地においても、本種はこの特性を活かして、様々な水位帯で広く分布しているものと推察される。またツボスミレについても、永松・坂田（2008）の報告によると山地中腹の草地での生育が確認されており、同様の懸念が考えられる。ただし本種については、より湿地に適應した変種のアギスミレ (*V. verucunda* A. Gray var. *semilunaris*) である可能性もあるため生育許容種とした。なお外部形態からツボスミレと明確に区別することは難しいと言われている（いがり，1996）。

4.2.4 拡大抑制種

拡大抑制種については、ヨシ、オギなどの高茎草本種と、林縁や路傍での出現も見られる草本種ならびに低木種との二つに分けられる。湿地の相観植生の多くを占めるヨシについては、すべてのコドラートで通年確認された。本種は群落を作り、オオヨシキリ (*Acrocephalus arundinaceus*) 等の繁殖場所としても機能する。一方、上空を閉鎖するためタコノアシのような光要求性が高い種（大黒他，2003）にとっては、阻害要因となる。そのため湿性草本群落の創出という点からは、刈り取りを実施し、拡大を抑制することが必要となるだろう。ヨシ群落の刈り取り後には、埋土種子を中心とした植物相が出現することが知られている（及川・竹内・小柳・吉富，2015；日置他，2001；安島・津田・遠山，1996）。発生後の植生については、地上部の植生と類似していたとする報告（安島他，1996）がある一方、地上植生は群落下の潜在的な植物相の一部に過ぎないとする報告（及川他，2015；日置他，2001）もあり、刈り取り後に発生する植生を事前に予測することは難しい。本調査地の一部で調査を実施した及川

他 (2015) の報告では、刈り取り後にアメリカセンダングサの出現頻度が増加したと報告しており、作業実施の際には、外来種の発生と対策を考慮した計画を立てる必要があると考えられる。

草本種については、特にヤブマメ (*Amphicarpaea edgeworthii*) が、タコノアシが高頻度で出現する調査Lineと重なって確認されていた。この傾向は小山内他 (2010) の報告とも合致する。平野・遠藤・野中・川田・内田・堀江・長野・船津丸・植田 (2010) は、本種が湿地環境の中でも乾燥化した場所に生育し、ヨシやオギなどの高茎植物に絡みながら繁茂する性質を報告しており、本調査地でも局所的な乾燥化が懸念される。さらにヨシなどの高茎草本を倒伏させ、その直下にある植生を被陰する恐れもある。一方、荒瀬・井上 (1998) は、本種は支柱となる植物が近隣にあることが望ましいが、その密度が高すぎると遮蔽されてしまい生育が困難になると報告している。そのためヨシが高密度に生育している本調査地のような場所では、それ程繁茂はしないとも考えられる。しかし、2013年から一部で高茎草本の縮小化と低茎湿性草本群落の創出のため夏季の刈り払いを実施しており、このような管理がタコノアシの生息適地への本種の進出を促した可能性があるため、今後の管理において注意が必要である。

4.2.5 外来種

外来種については、通年で6種が確認された。アメリカセンダングサ (*Bidens frondosa*) は、春季では全調査Lineで出現し、秋季でもLine fを除く6調査Lineで確認された。セイタカアワダチソウ (*Solidago altissima*) も春季でLine cを除く6調査Lineで確認された。アメリカセンダングサは、水田から転作後の耕作地や休耕田等で群落を作ることが知られている (中谷・澁谷・鄭・三浦, 2013; 杉野・芦田, 1973)。セイタカアワダチソウは、林道法面での発生 (田中, 2013) や路傍および住宅の空き地などでの発生 (猪谷・肱元, 1978) が報告されているが、霞ヶ浦では水位上昇管理を受けながらも、ヨシと共存しながら群落を維持しているとの報告 (西廣, 2012) もあり、陸生から湿性環境に幅広く分布する。セイタカアワダチソウが秋季の調査で減少している理由は不明であるが、保全管理という

点では、これらの群落が拡大する前に適宜労力をかけて除去する以外、現時点で選択肢が無い。また、本調査において、アメリカセンダングサの出現水位帯がタコノアシと非常に似ていることが明らかになった。刈り取り等で作られたギャップに外来種の個体群を作られてしまう (及川他, 2015) ことがあるが、その有効な対策については検討を続ける必要がある。

5. おわりに — 今後の保全活動の課題 —

本研究では、植生調査および水位計測値の結果を元に、水位タイプごとの出現傾向や遷移系列の方向づけの基準となる要因について検討を行った。また湿地植生を保全する上での注意点や、種の共存について、いくつかの種特性から検討を行った。

水田放棄後約40年が経過した本調査地では、これまでの刈り取り作業や復田といった取り組みの成果もあって、埼玉県レッドデータブック (埼玉県環境部自然環境課, 2011) に記載されている絶滅危惧種をはじめとした湿性植生が復元・維持されている。一方、そういった取り組みを実施することで、外来種侵入のリスクだけでなく蔓性植物の繁茂を助長する可能性も示唆された。今後は、単に刈り取り作業による高茎草本の除去と低茎湿性草本の創出を目指すだけでなく、外来種や競合種が繁茂するリスクとのバランスについて検討していく必要があるだろう。

所沢キャンパスB地区全体では、畔を復元し管理された水田が14枚あり、そこでは本調査では発見されていない絶滅危惧種も見つかっている。湿地生態系における絶滅危惧種の保全に対しては、水田を復田させる手法が広く知られている (例えば山田・北川・武内, 2002; 北川・島野, 2010)。一方、北川・島野 (2010) は、復田作業を行う上では、労力、技術、費用が課題となると述べており、実施にあたっては効率的な計画が求められる。遷移系列を見極め、陸生植物の刈り取りを優先させるべきか、耕起、代掻き等の水田的作業によって湿性植物の復元を目指すべきか等の判断の際には、本研究による自然下での水位のタイプが、有力な根拠となりうると考えられた。また復田後も、畔の修繕や導水管理など、維持管理のための労力確保も大きな課題となることを加えておきたい。これらの維持には、有志による地域、学生ボランティアや企業、任意団体等の継続的なバツ

クアップが不可欠である。しかしそれらがあっても、保全を第一の目的とした継続的な水田管理には多くの課題が伴う。減少の一途を辿る湿地環境の保全には、生態学的な知見のみならず、地域や社会との連携やニーズを模索し、未来に向けた社会的合意形成を作っていくための議論や共感を得る努力も、今後必要となってくるだろう。

6. 謝辞

本研究の実施にあたり、自然環境調査室でアルバイトをしていた早稲田大学の学生諸氏には、調査や作業の多くをお手伝い頂いた。早稲田大学人間科学部平塚基志准教授には、今回所沢キャンパスB地区を中心とした論文についての構想をご提案頂いた。また、査読者2名には多くの貴重なご指摘を頂いた。ここに記し、深く感謝申し上げます。

7. 引用文献

安島美穂・津田智・遠山三樹夫 (1996). 箱根仙石湿原におけるヨシ群落の埋土種子集団 *植生学会誌*, **13**, 1-10.

安西徹郎・松本直治 (1988). 水田の休耕にともなう雑草の発生状況と土壌の変化 *千葉県農業試験場研究報告*, **29**, 93-102.

荒瀬輝夫・井上直人 (1998). ヤブマメ (*Amphicarpaea edgeworthii* Benth) の生息地の環境, 分類群, および種子生産の関係 *日本作物学会紀事*, **67**, 392-400.

浅見佳世・中尾昌弘・赤松弘治・田村和也 (2001). 水生生物の保全を目的とした放棄水田の植生管理手法に関する研究 *ランドスケープ研究*, **64** (5), 571-576.

Braun-Blanquet, J. (1964). *Pflanzensoziologie*. 3 Auflage. Berlin: Springer-Verlag.

羽鳥謙三・寿門晋吾 (1958). 関東盆地西縁の第四紀地史 (II): 狭山, 加住丘陵の地形と地質 *地質学雑誌*, **64**, 232-249.

林弥栄 編 (2009). *日本の野草*. 山と溪谷社.

東出大志・竹内大悟・山崎晃典・鷺見羽衣子・三浦慎悟 (2019). 近年の狭山丘陵における中型哺乳類の生息状況とその変化—アライグマの定着・増加による在来哺乳類への影響— *人間科学研究*, **32** (2), 197-204.

日置佳之・水谷義昭・太田望洋・館野真澄・鈴木明子 (2001). ヨシ群落の潜在的植物相の把握に関する研究 *ランドスケープ研究*, **64** (5), 565-570.

日置佳之 (2003). 湿地生態系の復元のための環境ポテンシャル評価に関する研究 *ランドスケープ研究*, **67** (1), 47-54.

平野敏明・遠藤孝一・野中純・川田裕美・内田裕之・堀江玲子・長野大輔・船津丸弘樹・植田陸之 (2010). 渡良瀬遊水地におけるチュウヒとハイイロチュウヒの越冬個体数の長期モニタリング *Bird Research*, **6**, A29-A42.

平塚基志 (2019). 狭山丘陵のコナラ (*Quercus serrata*) 二次林の特徴と人間活動との関係 *人間科学研究*, **32** (2), 263-271.

廣田伸七 (1996). ミニ雑草図鑑—雑草の見分け方—. 全国農村教育協会.

いがりまさし (1996). *日本のスミレ*. 山と溪谷社.

猪谷富雄・舘元茂善 (1978). セイタカアワダチソウの生態に関する研究 III. 生育と土壌反応との関係 *雑草研究*, **23**, 15-19.

伊藤一幸・渡辺泰 (1983). オモダカ科雑草の生育と繁殖体形成に及ぼす水位の影響 *雑草研究*, **28**, 25-31.

勝山輝男 (2005). *日本のスゲ*. 文一総合出版.

北川久美子・島野光司 (2010). 長野県松本盆地における湿性ならびに乾性放棄水田からの水辺植生の再生 *保全生態学研究*, **15**, 121-131.

小林浩幸・渡邊寛明 (2010). 特集 難防除雑草の埋土調査 雑草研究における埋土種子調査の目的と手法 *雑草研究*, **55** (3), 194-207.

永松大・坂田成孝 (2008). 鳥取県東部における山地草原性スミレ類の生育状況 *山陰自然史研究*, **4**, 49-55.

中本学・名取祥三・水澤智・森本幸裕 (2000). 耕作放棄水田の埋土種子集団—敦賀市中池見の場合— *日本緑化工学会誌*, **26** (2), 142-153.

中谷敬子・野口勝可 (1996). スギナの地下部繁殖器官の形成および死滅に及ぼす各種環境条件の影響 *雑草研究*, **41** (3), 170-176.

中谷敬子・澁谷知子・鄭凡喜・三浦重典 (2013). シロザ, オオイヌタデ, アメリカセンダングサ種子の発芽特性に及ぼす短期湛水処理の影響 *雑草研究*, **58** (1), 1-9.

西廣淳 (2012). 霞ヶ浦における水位操作開始後の抽水

- 植物帯面積の減少 保全生態学研究, **17**, 141-146.
 及川由依・竹内大悟・小柳知代・吉富友恭 (2015). 早稲田大学所沢キャンパス内の保全湿地における埋土種子の分布 環境教育学研究, **24**, 71-78.
 奥原弘人 (1990). 信州の野草. 信濃毎日新聞社.
 大黒俊哉 (2000). 休耕田・放棄水田を活用した生物多様性の保全. (宇田川武俊編) 農山漁村と生物多様性. 家の光協会, 172-188.
 大黒 俊哉・白戸 康人・伊藤 一幸 (2003). 絶滅危惧植物タコノアシ個体群の維持にかかわる放棄水田の環境特性 ランドスケープ研究, **66** (5), 599-602.
 小山内朝香・亀山章・佐伯いく代 (2010). 水位と競争種の有無がタコノアシの成長・繁殖に与える影響: 生息地復元の基礎情報として 湿地研究, **1**, 33-42.
 埼玉県環境部自然環境課 編 (2011). 埼玉県レッドデータブック. 埼玉県.
 斎藤月岑 (1836). 江戸名所図会. 国立国会図書館デジタルコレクション.
 狭山丘陵を市民の森にする会 (編) (1991). 狭山丘陵四季物語. 大月書店.
 狭山丘陵の自然と文化財を考える連絡会議 (編) (1983). 狭山丘陵は生きている. 狭山丘陵の自然と文化財を考える連絡会議.
 関岡裕明・下田路子・中本学・水澤智・森本幸裕 (2000). 水生植物および湿性植物の保全を目的とした耕作放棄水田の植生管理 ランドスケープ研究, **63** (5), 491-494.
 杉野守・芦田馨 (1973) アメリカセンダングサの発芽と光周期的花芽分化 近畿大学農学部紀要, **6**, 1-12.
 田中賢治 (2013). 特集「斜面緑化研究会がめざす斜面緑化の新たなルールづくり」—モニタリング事例報告②— 森林表土を利用した自然回復緑化のモニタリングと評価 日本緑化工学会誌, **38** (3), 357-360.
 宇田川武俊 編 (2000). 農山漁村と生物多様性. 家の光協会.
 Walter Larcher (1999). 植物生態生理学 (佐伯敏郎監訳). Springer-Verlag Tokyo.
 早稲田大学教務部本庄考古資料館 編 (2010). お伊勢山遺跡の調査 第1部 総論. 早稲田大学.
 鷺谷いづみ (2006). 水田再生. 家の光協会.
 山田晋・北川淑子・武内和彦 (2002). 多摩丘陵の湿性休耕田における農的粗放管理について ランドスケープ研究, **65** (4), 290-293.
 矢野佐・高橋秀男・加藤喜重・中川重年・遠藤博・小林徳夫 編 (1985). 野草検索図鑑⑧シダ. 学研.
 米村惣太郎・井原寛人 (2008). 調整池の植生基盤に導入されたタコノアシ (*Penthorum chinense*) の経年的変化 日本緑化工学会誌, **34** (1), 45-50.