

渡良瀬遊水地における植生の成立条件について

Requirements for establishment of vegetation at Watarase Retarding Basin

研究第一部 主任研究員 伊藤一十三
研究第一部 次 長 勢田 昌功
研究第四部 研 究 員 富沢 美和
い で あ (株) 柏原 聡
い で あ (株) 佐藤 泰夫

渡良瀬遊水地は、約33km²の面積を有する日本最大級の遊水地であり、利根川水系の治水及び利水上の重要な施設として機能する一方、日本を代表する広大なヨシ原を基盤とした多様な動植物の生育・生息の場となっている。

しかしながら、近年、スゲ群落の減少、オギ群落への移行等が懸念され、渡良瀬遊水地らしい湿地性の生物相に変化が生じてきている恐れがあることから、渡良瀬遊水地の治水、利水、環境の整備の方向性を踏まえつつ、遊水地の環境保全のあり方について検討を行う必要がある。

本研究は、現在の渡良瀬遊水地における物理環境要因と植生との関係を把握するため、平成17年度に植生ベルトトランセクト調査を行い、多様な生物群集の生息基盤となっている植生の成立条件に関する解析を試みた。その結果、渡良瀬遊水地の植生と物理環境要因との間には、土壌水分条件が第一に寄与しており、湿潤から乾燥までの微少な環境条件の違いで植生タイプが形成されていることが判明した。

キーワード：ヨシ原、土壌水分条件、植生タイプ、地下水位、群集区分、TWINSpan、CCA

With a surface area of about 33km², the Watarase Retarding Basin is one of the largest retarding basins in Japan. While functioning as an important flood control and water utilization facility in the Tone River System, the Watarase Retarding Basin provides habitat for diverse plant and animal species on some of the largest expanses of reed beds in Japan.

There has been concern in recent years, however, about undesirable changes that could lead to changes in the wetland-type biota of the Watarase Retarding Basin area, such as a decline of Carex communities and succession to Miscanthus communities. It is therefore necessary to reconsider what should be done about environmental conservation at the retarding basin, taking into consideration the direction of flood control, water utilization and environmental conservation at the Watarase Retarding Basin.

In this study, in order to investigate the relationship between physical environmental factors and vegetation at the Watarase Retarding Basin, a vegetation survey was conducted by the belt transect method in fiscal 2005, and an analysis was performed to identify the requirements for the establishment of the vegetation on which the diverse biological communities depend. As a result, it has been found that the primary factor contributing to the relationship between the vegetation and physical environmental factors at the Watarase Retarding Basin is soil moisture, and that the occurrence of different types of vegetation is influenced by very small differences in moisture conditions.

Key words : reed bed, soil moisture, type of vegetation, groundwater level, type of community, TWINSpan, CCA

1. はじめに

渡良瀬遊水地は、約33km²の面積を有する我が国最大級の遊水地であり、利根川水系の治水及び利水上の要の施設として機能する一方、我が国を代表する広大なヨシ原を基盤とする、多様な動植物の生育・生息の場となっている。

しかしながら、スゲ群落の減少、オギ群落への移行等が懸念され、渡良瀬遊水地らしい湿地性の生物相に変化が生じてきている恐れがあることから、渡良瀬遊水地では、今後の治水上、環境上のあり方の検討の一環として、治水、利水、環境の整備の方向性を踏まえつつ、遊水地の環境の現状把握を行う必要がある。

昨年度は、渡良瀬遊水地は広大な面積を有し、地形もきわめて平坦で、通常の植生調査では現状を把握しきれない可能性が高いことから、現地踏査により植物群落がどのような土地条件に依って成立しているのか、渡良瀬遊水地の環境を詳細に解明するために、どのような項目に注目して現地調査を実施すべきか検討した。

平成17年度は、渡良瀬遊水地の土地改変、迅速図区分、地形分類、ヨシ焼の有無等の様々な立地特性等を網羅するようにベルトトランセクトを設定し、調査を行った。さらに本調査結果をもとに、多様な生物群集の生息基盤となっている植生の成立条件に関する解析を試みた。本検討は、渡良瀬遊水地の今後の環境保全のあり方についての検討に資することを目的としている。

2. 渡良瀬遊水地の概要

渡良瀬遊水地は利根川の中流部付近に位置し、渡良瀬川、思川、巴波川の3河川が合流する地点にあり、遊水地の下流で利根川と合流する(図-1)。

渡良瀬遊水地には、第1調節池～第3調節池までの調節池があり、洪水時にはこれらの調節池に自然越流により洪水が入り、下流への流量を調節している。

毎年3月にはヨシ焼きがほぼ全域にわたって行われ、広大なヨシ原が維持される一要因となっている。

平成17年の植生ベルトトランセクト調査では、スゲ-ヨシ群落などのヨシ優占群落、オギとヨシの混生するオギ-ヨシ群落、オギ群落、セイタカアワダチソウ群落等の高茎広葉草本群落等、スゲ群落等が確認された。

なお、渡良瀬遊水地及び植生に関しては、前報であるリバーフロント研究所報告 第16号 2005年9月を参照されたい。

3. 調査及び解析方法

3-1 調査地、調査測線

植生、土壌、地下水の現地調査地の概要を図-1に示す。

現地測線(ベルトトランセクト)は、渡良瀬遊水地内の第1、第2、第3調節池に各2~3本、合計8本を設定した。植生調査及び土壌調査は、そのベルトトランセクト上に概ね25m間隔に設置したコドラートで行い、地下水調査は概ね200m間隔で設置した観測井でそれぞれ調査を実施した。



図-1 渡良瀬遊水地・調査地、調査測線

3-2 調査方法

現地調査で実施した調査項目と調査内容の概要を表-1に示す。

表-1 現地調査概要

調査項目		概要
現地調査	植生(群落組成)調査	渡良瀬遊水地内の8測線上に概ね25m間隔でコドラートを設け、群落組成調査を実施した。
	土壌(検土杖)調査	各コドラートで、検土杖を用いて土壌断面、土性を観察し、土壌硬度、土壌水分、強熱減量を測定した。
	地下水調査	8測線上に約200m間隔で観測井を設置し、毎月1回の地下水位データを取得した。

3-3 解析方法

(1) 群集区分 (TWINSPAN)

これまでの渡良瀬遊水地の植物群落区分は、特徴的な種と優占種の組み合わせによる定性的な区分を行っているが、環境条件の勾配が緩やかであり、定性的な区分に基づき解析を行うことは主観的誤差を多く含む可能性があることから、統計的手法により客観的に植生タイプを抽出することにした。

本解析では、群落組成調査で取得した種組成のデータと優占度のデータを用いてTWINSPANによる植生の分類を行った。

群集の分類方式には「集約的方式」と「分割方式」があるが、本検討では分割方式のひとつである二元指標種分析 (TWINSPAN: Two-Way Indicator Species ANalysis) によって各調査地点の植生群集を区分した。

本法は、Hillが1979年に開発した群集データの再配列手法で、出現種と出現地点のデータを座標化し、二分割を繰り返していく方法である。

集約的方式であるクラスター分析ではデータの属性等を勘案して任意に区分するため、解析者の判断によっていかようにも区分可能であるが、本法ではこうした曖昧な点がなくわかりやすいという利点がある。

また、分割方式では最初から全サンプルをひとまとめにした群を対象とするために、個々の小さい単位がもつ偶然変動に影響されにくく、群集本来のもつ性格を正しく反映した分類ができる (小林 1995)。

本検討のTWINSPAN分析には、MjM Software Design社のWindows版ソフトPC-ORD_ver.4 (McCune and Mefford 1999) を使用した。

また、TWINSPAN分析結果については、同ソフトのMRPP分析により、各区分が統計的に有意かどうかの判定を行った。

植生調査結果を既存資料 (H15植生図等) で得られている主なグループである「木本群落グループ」、「抽水植物群落グループ」、「スゲ・ヨシ・オギ・その他群落グループ」の3グループに大別し、各々のグループごとにTWINSPANによる植物群落区分を行った。

分析は季節別 (春季・夏季・秋季) に行い、春季・秋季560地点、夏季561地点の種組成及び被度のデータを使用した。なお、出現頻度が5回未満の種は除外して分析を行った。

(2) 植生タイプ区分を指標する生物種の検討

植生タイプ区分を指標する生物種の検討では、前述で区分したそれぞれの植生対応の指標種を客観的に抽

出するため、グループのサンプルを特徴づけている指標種および種集団を見出す手法であるIndValを用いた。

(3) 環境条件との関係 (CCA)

TWINSPANにより分類された植生区分を目的変数、土壌・地下水調査で得られた物理環境データを説明変数として、植生データと物理環境データとの関連性を検討するために、正準対応分析 (CCA: Canonical Correspondence Analysis) を用いた。

これらの対応関係をCCAによって整理し、植生区分の位置づけ (序列化) を行った。

また、CCAの結果から、植生タイプに寄与していると示唆された水分条件との具体的な対応関係を検討した。

CCAは、Ter Braakが1986年に開発した座標付けの手法であり、植生タイプの種組成と基盤環境との対応関係を把握する上で広く用いられている手法である。直接環境勾配分析とも呼ばれ、植生タイプの種組成のデータと基盤環境のデータを同時に解析・視覚化が可能である。また、連続変数 (数値のデータ: 例; 土壌水分など) のみならず名義変数 (カテゴリーデータ: 土壌分類など) も組み込んで解析が可能である。

解析は、季節別 (春季・夏季・秋季) に行い、局在性の強い種による結果のゆがみを除くため出現頻度が5回未満の種や (解析上ノイズになっている可能性がある) 移行帯に属する群落を除いて行った。

本検討のCCAには、MjM Software Design社のWindows版ソフトPC-ORDを使用した。

CCAに使用した植生データ及び物理環境データの概要を表-2に示す。

4. 植生タイプの区分

TWINSPANデンドログラム (樹状図) では、各グループ (木本群落、抽水植物群落、スゲ・ヨシ・オギ・その他群落) ごとに、群落が細分化されすぎないよう考慮してカットレベルを設定した結果、木本群落グループ及び抽水植物群落グループでは各季節とも第一階層、スゲ・ヨシ・オギ・その他群落グループでは春季に第四階層、夏季・秋季に第三階層によって表現される系統群 (植生タイプ) が示された。

表-2 CCAに用いたデータ

対象	項目	データの内容
植生	被度%	被度%は、被度(+、1、2、3、4、5)を百分率換算(0.1、5、17.5、37.5、62.5、87.5)した値 各測線ごとに隣接するコードラートの組成に対して moving split window 法によって類似度*を集計し、隣接するコードラートの類似度が小さい場合は、移行帯に属するものとして解析対象から除いた。 *類似度＝隣接する群落の全構成種の被度%の差分の2乗の総和
	地下水深	地下水深＝地盤高－地下水位 地盤高はレーザープロファイラーによる測量データを使用した 地下水位データのない地点は、井戸間の地下水位を内挿した。
物理環境	地下水変動	各調査地点の標準偏差値
	土性	野外判定による土性を粘土・シルト分の割合に応じて5段階に順位化した値
	還元反応	野外判定(試薬)による還元反応を反応程度に応じて4段階に順位化した値
	土壌硬度	検土杖による3段階に順位化した値
	強熱減量	各調査地点の平均値
	土壌水分	各調査地点の平均値
	土壌水分変動	各調査地点の標準偏差値

以下に、季節毎の解析結果を、表-3には区分された植生タイプを示す。

(1) 春季

- ① 春季全体では、20タイプの群落に区分された。
- ② 木本群落グループは、アカメヤナギ・タチヤナギ群落とマグワ群落に区分された。
- ③ 抽水植物群落グループは、ヒメガマ群落とマコモ群落に区分された。
- ④ スゲ・ヨシ・オギ・その他群落グループは、ヨシ・コウヤワラビ群落、ヨシ・セイタカアワダチソウ群落等ヨシが上層に優占しているタイプが9群落、オギ・コヒロハハナヤスリ群落、オギ・ハナムグラ群落等オギが上層に優占しているタイプが4群落、ヨシ、オギがともに優占していない低茎草本タイプが3群落の計16タイプに区分された。

(2) 夏季

- ① 夏季全体では、12タイプの群落に区分された。
- ② 木本群落グループは、アカメヤナギ・タチヤナギ群落とマグワ群落に区分された。
- ③ 抽水植物群落グループは、ヒメガマ群落とマコモ群落に区分された。
- ④ スゲ・ヨシ・オギ・その他群落グループは、ヨシ・カサスゲ群落等ヨシが上層に優占しているタイプが4群落、オギ・コウヤワラビ群落等オギが上層に優占しているタイプが3群落、その他にケナシチガヤ群落の8タイプに区分された。

(3) 秋季

- ① 秋季全体では、12タイプの群落に区分された。
- ② 木本群落グループは、アカメヤナギ・タチヤナギ群落とマグワ群落に区分された。
- ③ 抽水植物群落グループは、ヒメガマ群落とマコモ群落に区分された。
- ④ スゲ・ヨシ・オギ・その他群落グループは、ヨシ・カサスゲ群落等ヨシが上層に優占しているタイプが5群落、オギ群落等オギが上層に優占しているタイプが2群落、その他にケナシチガヤ群落の8タイプに区分された。

木本や抽水植物の群落では、同一コードラートが季節によって異なる群落になることは無かったが、高茎草本群落では、春季では春先に出現する植物により、多くの群落が区分され、季節が進み、夏季になるといくつかのタイプに収斂する傾向が認められた(表-4)。

このため、渡良瀬遊水地ではこうした春先の多様な植物群落が成立するような環境条件を考慮して管理すべきものと考えられた。

表-3 季節毎の植生タイプの名称と指標種

植生タイプ		春季	夏季	秋季	指標種
木本群落グループ	1-A	アカメヤナギ-タチヤナギ	○	○	-
	1-B	マグラ	○	○	-
抽水植物群落グループ	2-A	ヒメガマ	○	○	-
	2-B	マコモ	○	○	-
スゲ・ヨシ・オギ・その他高茎草本群落グループ等	3-A	アゼスゲ	-	-	アカバナ
	3-B	オギ-ハナムグラ	-	-	エゾミノハギ
	3-C	-	オギ-アゼスゲ	-	-
	3-D	-	オギ-コウヤワラビ	-	-
	3-E	-	-	オギ	オギ
	3-F	ケナシチガヤ	○	○	ケナシチガヤ
	3-G	オギ-メドハギ	○	○	メドハギ
	3-H	オギ-ヌマアゼスゲ	-	-	ヌマアゼスゲ
	3-I	オギ-コヒロハハナヤスリ	-	-	オギ
	3-J	ヨシ-セイトカアワダチソウ	-	-	セイトカアワダチソウ
	3-K	ヨシ-コウヤワラビ	○	-	コウヤワラビ
	3-L	ヨシ-コアカザ	-	-	コアカザ
	3-M	ヨシ-ハンゲショウ	○	-	ハンゲショウ
	3-N	ヨシ	-	-	トウバナ
	3-O	ヨシ-ヤエムグラ	-	-	ヤエムグラ
	3-P	ヨシ-カサスゲ	○	○	カサスゲ
	3-Q	ヨシ-カサスゲ-ハンゲショウ	-	-	-
	3-R	ヨシ-アゼスゲ	○	○	アゼスゲ
	3-S	-	-	ヨシ-オギ-コウヤワラビ	ノブドウ
3-T	-	-	ヨシ-カナムグラ	カナムグラ	
3-U	-	-	ヨシ-トキホコリ	トキホコリ	
3-V	チゴザサ	-	-	-	

注：○は同群落の区分を表す。指標種は IndVal (Dufrene and Legendre 1997) で有意に抽出された種。

表-4 春→夏の植生タイプの推移行列 (太字は最頻値)

季節	植生タイプ	夏季																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
春	1-A	9																			
	1-B		2																		
	2-A			4																	
	2-B				1																
	3-A							8												5	
	3-B							30		1			1							1	
	3-C																				
	3-D							1													
	3-E																				
	3-F								1		7	2									
	3-G								3			13									
	3-H								2	26							2			1	
	3-I								2	130		8					2			1	
	3-J									46								11		2	
	3-K									51						16		15		1	
	3-L															1		16		5	
	3-M									2						3		20		9	1
	3-N															10	3		7	1	
	3-O								1								2				
3-P																		54			
3-Q								2								2		6			
3-R																			8		
3-S																					
3-T																					
3-U																					
3-V																			1	1	

5. 各植生タイプの成立条件の解析

季節別のCCAの結果を表-5に、春季の植生タイプと環境条件とのCCAの結果を図-2に示す。

解析にあたって、局在性の強い種等による結果のゆがみを除くため出現頻度が5回未満の種や（解析上のノイズになっている可能性のある）移行帯に属するコードラートを除いて行った（このため、TWINSPANで区分された全ての植生タイプに対して物理環境との対応関係をみることはできなかった）。

CCAによって算出されたCCA軸の有意性を検定するために、モンテカルロテストを用いて植生マトリクスと物理環境マトリクス間に相関関係は存在しないという帰無仮説を検証した（無作為化試行回数は100回）。その結果、各季節のp値は、両軸ともに有意な値をとり、植生と物理環境要因との間に有意な相関関係が認められた。

季節別に行ったCCA（地点スコア表示）は、春季の第一軸で寄与率6.6%、第二軸で寄与率3.8%を示し、それら二軸合計で全分散の10.4%、夏季の第一軸で寄与率6.2%、第二軸で寄与率3.9%を示し、それら二軸合計で全分散の10.1%、秋季の第一軸で寄与率7.0%、第二軸で寄与率4.7%を示し、それら二軸合計で全分散の11.7%を説明した。

以下にCCAの結果の概要を示す。

- ① 第一軸（AX1）は、土壤水分及び地下水深（地盤から地下水面までの距離）との関係が強く、水分条件が第一軸に寄与していることが示唆された。
- ② 地点配列をみると、各季節とも湿潤側にアカメヤナギ-タチヤナギ群落、ヨシ-カサスゲ群落などが配置された。乾燥側には、春季にオギ-コヒロハナヤスリ群落、夏季にオギ-コウヤワラビ群落、秋季にオギ群落等の上層をオギが優占している群落を中心にして配置された。
- ③ 第二軸（AX2）は、還元反応との関係が比較的強くみられ、土壤の還元状態の程度が第二軸に寄与していることが示唆された。また、夏季では土壤硬度が関連している傾向にあった。
- ④ 地点配列をみると、主にアカメヤナギ-タチヤナギ群落が還元状態の進んでいる場（矢印上方）に配置され、その他の群落については、特に傾向はみられなかった。
- ⑤ 夏季のオギ-コウヤワラビ群落は土壤硬度の硬い方に配置される傾向にあった。

以上のように、本検討において区分した植生タイプと環境条件に統計学的に関連性が認められたが、その

説明力は弱かった。

これは渡良瀬遊水地の環境条件の傾度が緩やかであること、微地形が複雑であることにより、植物の出現状況と環境条件の対応が非常に細かい時空間スケールで対応するためと考えられる。

表-5 各季節のCCAの概要

		第一軸 (AX1)	第二軸 (AX2)
春季	固有値	0.59	0.34
	分散率(%)	6.6	3.8
	積算分散率(%)	6.6	10.4
	p 値	0.01	0.01
夏季	固有値	0.54	0.34
	分散率(%)	6.2	3.9
	積算分散率(%)	6.2	10.1
	p 値	0.01	0.01
秋季	固有値	0.53	0.35
	分散率(%)	7.0	4.7
	積算分散率(%)	7.0	11.7
	p 値	0.01	0.01

6. 主な植生タイプと物理環境との対応関係

CCAにより水分条件が植生タイプの成立条件に対して、第一に寄与していることが推察されたことから、水分条件（地下水深、土壤水分）と植生タイプとの関連を整理した（図-2、図-3）。

- ① 各植生タイプは、ある程度決まった水分条件（地下水深）のもとに生育しており、その幅や程度はそれぞれ異なると考えられる。
- ② ヨシ-カサスゲ群落は、地下水深が概ね0.5～0.7mの場所に生育し、生育している地下水深の幅が狭い。
- ③ オギ-コヒロハナヤスリ群落、オギ-コウヤワラビ群落などは、地下水深の幅、程度ともに同様で（地下水深による）生育環境に違いはないと考えられる。
- ④ アカメヤナギ-タチヤナギ群落は、地下水深が概ね0.5m未満の場所に生育しているが、これは水路など水の影響を常時受ける場所に生育しているためと考えられる。
- ⑤ ヨシおよびオギが優占する群落は、立地の地下水深によってそれぞれ2つのタイプがみられ、非常に小さい（水分の）傾度でヨシ群落、オギ群落が入れ子状に分布していることが考えられる。
- ⑥ アゼスゲ群落、ヨシ-カサスゲ群落、ケナシチガヤ群落の立地は、同様の地下水深の立地環境

に分布する他の群落と比較して、土壌水分が高い傾向にあった。これらの群落の立地は、地下水深だけで説明できず、特に水の溜まりやすい微地形（窪地）や土質を反映している可能性が

考えられる。（土壌調査結果から、ヨシーカサスゲ群落は、土性が粘土・シルト分の多いCLやSiCLの場所に多くみられる傾向があった。）

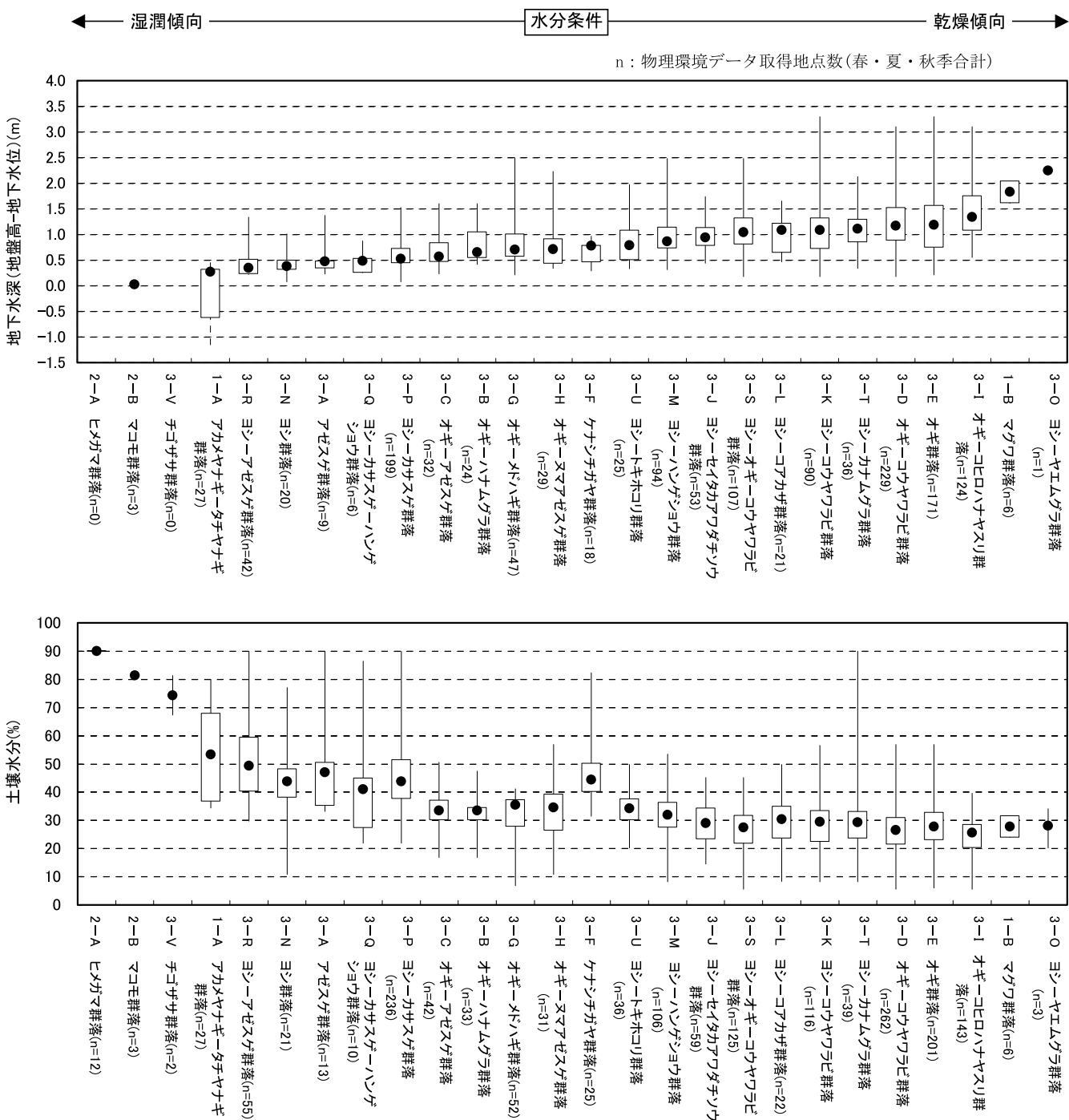


図-2 植生タイプと地下水深、土壌水分との関係 (全タイプ)

7. まとめと今後の課題

TWINSPAN及びCCAを用いた植生と物理環境の対応関係を整理すると以下のとおりである。

- ・TWINSPANにより、春季の植生タイプを20タイプ、夏季・秋季の植生タイプを12タイプに客観的に区分できた。
- ・渡良瀬遊水地では、春季の多様な植物群落が発達する傾向にある。
- ・季節に関わらず植生タイプの成立に第一に寄与しているのは土壤水分条件であると考えられた。
- ・アカメヤナギ-タチヤナギ群落やヨシ-カササゲ群落は、遊水地内でも湿潤している立地に成立しており、特にヤナギ群落は還元状態の立地に分布していると考えられた。
- ・オギ-コウヤワラビ群落は、遊水地内でも乾燥し、土壤の硬い立地に成立していると考えられた。

以上のことから、渡良瀬遊水地の植生と物理環境要因の間には、土壤の水分条件が第一に寄与しており、湿潤側にヨシ-カササゲ群落、アカメヤナギ-タチヤナギ群落、乾燥側にオギ-コウヤワラビ群落が比較的明確に位置付けられた。一方でその他のヨシが上層に優先するタイプ（ヨシ-アゼスゲ群落、ヨシ-ハンゲショウ群落）、オギが上層に優占するタイプ（オギ-メドハギ群落、オギ-アゼスゲ群落等）については、湿潤から乾燥までに広い範囲で分布しており、微小な環境条件の違いでこれらの植生タイプが形成されていると考えられる。

特に春季の多くの群落が発達する傾向にあるが、夏季にはオギ-コウヤワラビ群落に収斂しており、多様な植生を維持するためには、春先の成立条件の把握が必要なものと考えられる。

8. おわりに

最後に、本報告をまとめるにあたり、応用生態学研究所の桜井善雄先生、神戸大学の角野康郎先生には多大なご助言をいただいた。また、現地調査、植生調査等に当たっては、国土交通省利根川上流河川事務所の方々のご指導とご助力、関連会社の多くの方々のご助力、ご助言をいただいた。ここに記して、厚く御礼申し上げます。

<参考文献>

- 1) 平成16年度利根川上流生態系保全河道計画検討業務報告書
- 2) 平成17年度渡良瀬遊水地生態系調査検討業務報告書
- 3) 小林四郎：生物群集の多変量解析（1995）
- 4) McCune, B., and M.J. Mefford PC-ORD, Ver.4（1999）
- 5) Dufrene, M. and P. Legendre: Species assemblages and indicator species: the need for flexible asymmetrical approach.（1997）

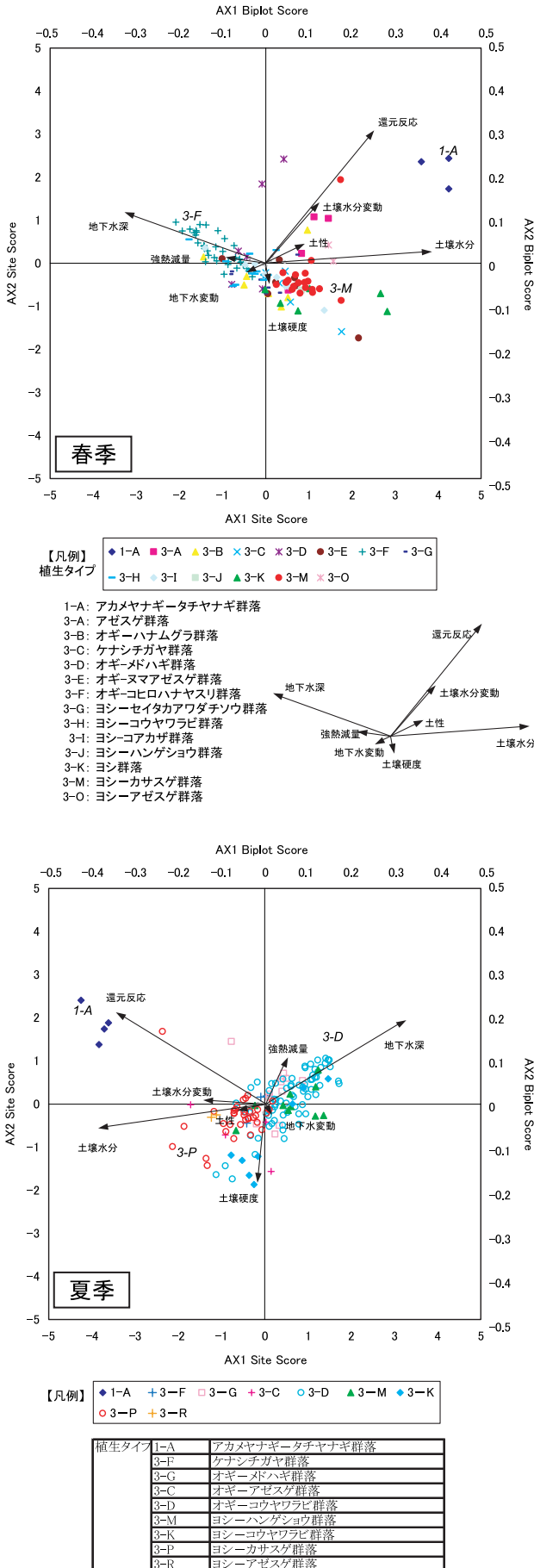


図-3 CCAの結果