

# 湿性植生に及ぼす旧川復元効果における 正準対応分析の活用

## — 順応的管理手法への適用に向けて —

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 道東支所 ○鳥谷部寿人  
釧路開発建設部 釧路河川事務所 坂井 一浩  
釧路開発建設部 治水課 稲垣 乃吾

釧路湿原自然再生事業では、実践的な施策として順応的管理手法を取り入れた旧川復元の取り組みを進めている。順応的管理を進める上で、目標を達成するため、現状と今後の変化を評価していく必要がある。

本研究では、地下水位、グライ層深度、高木層の群落高などの観測値を用い、植生と環境要因を正準対応分析で解析し、順応的管理を支援するための手法の開発を試みた。

キーワード：自然環境、再生・回復、順応的管理、釧路川

### 1. はじめに

自然河川は、源流、山地、低平地、河口域と多様な河道区分ごとに異なる生態系とつながりをもっている。こうした自然環境は周辺の動植物の多様な生息環境をつくり出している。ラムサール条約登録湿地である釧路湿原では、関係行政機関（国交省、環境省、林野庁、北海道、自治体等）、専門家、地域住民、NPO等による自然再生を推進するための取り組みが進められている。ただ多様な機能をもつ河川生態系全体をすぐに復元することは容易ではない。このため、将来においても野生生物と人が共存できる河川生態系の保全計画を描きつつ、それを構成する河川の物理的、科学的環境の復元、生物群集とその生物間相互作用のネットワークを再生・回復することが、生物多様性を保全するための実践的な施策となる。

中村<sup>1)</sup>は事前調査で明らかになった要因を制御する野外実験を繰り返しながら成否を検証し、順応的管理を進めていく必要があるとしている。坂井ら<sup>2)</sup>はこの考え方を基本とし現地湛水試験において、地下水位を上昇させることが、ハンノキの個体サイズを制限する要因となることを示している。さらに環境要因（地盤の凹凸、胸高断面積、地下水位、地温）を説明変数とした正準対応分析を行い、植生の変化に及ぼす環境要因として、地下水位の上昇が草本に絶対的な影響を与えることを示した。一方、地盤の凹凸、地温などの立地条件を示す要因は湛水することで要因から外れ、胸高断面積は試験期間が数か月と短期間だったため変動しなかったが、長期間の場合は主要因となる可能性を指摘している。

図-1は釧路湿原自然再生事業の一例であるが、上段は

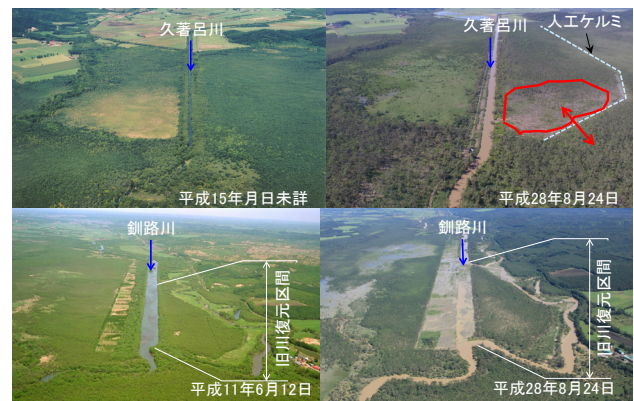


図-1 釧路湿原自然再生事業箇所

上段：久著呂川土砂流入対策 下段：茅沼地区旧川復元

久著呂川下流に平成19年から整備している土砂調整地の航空写真である。平成28年8月出水後の写真をみると人工ケルミ（濁水をせき止めるために設置する畔）で囲まれた土砂調整地の内側（赤線で囲った範囲）は外側と比べてハンノキ林が衰退していた。下段は釧路川茅沼地区の航空写真である。平成28年8月の出水後の写真では旧川復元区間の周辺に土砂を含んだ水が氾濫していた。

本研究では、平成18年から平成22年まで旧川復元事業が行われた釧路川茅沼地区を対象に、旧川復元前後の地下水位観測データに基づく植生状況の変化、並びに多変量解析手法の一つである正準対応分析（以下、CCA: Canonical Correspondence Analysisと呼ぶ）<sup>3)</sup>を用い、順応的管理を支援するための手法の開発を試みた。

### 2. 検討方法

#### (1) 調査箇所

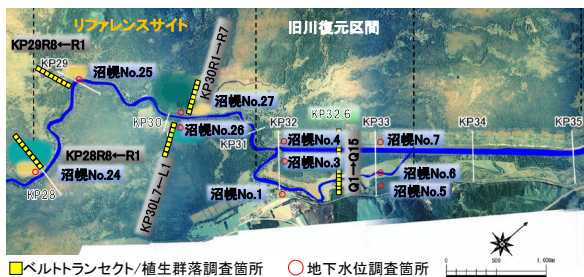


図-2 調査箇所(平成23年度垂直写真に加筆)

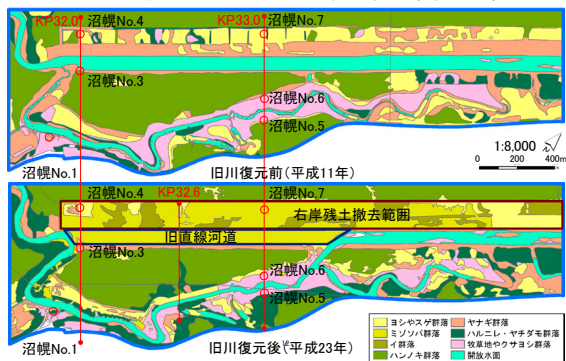


図-3 植生変化と地下水水位調査箇所(植生図<sup>9)</sup>に加筆)

釧路川は幹川流路延長154km、流域面積2,510km<sup>2</sup>の一級河川である。調査箇所は図-2に示すとおり、平成23年に復元された旧川復元区間(KP32.0~KP33.5)および人工的改変が行われていない場として、リファレンスサイト(KP28.0~KP30.0)の植生とした。ここで、調査箇所のRは右岸、Lは左岸を意味する。また、リファレンスサイトの植生群落調査箇所の番号は川に近い側から昇順となっている。

図-3に旧川復元前(平成11年)と旧川復元後(平成23年)の植生変化と地下水水位調査箇所の関係を示す。なお、地下水水位調査箇所は旧川復元区間で沼幌No.1、No.3、No.4、No.5、No.6、No.7の6地点、リファレンスサイトで沼幌No.24、No.25、No.26、No.27の4地点である。

## (2) 地下水水位観測データと植生状況

坂井ら<sup>2)</sup>は湛水試験の結果から地下水水位の上昇が植生の生育に影響を及ぼすことを示している。また、矢野ら<sup>9)</sup>はハンノキの根系最上端の連続冠水する頻度と樹高の関係を検討した結果、根系最上端の冠水がハンノキの樹高成長を妨げることを示している。これらの知見から、地下水水位と地盤高の関係を把握することは湿原内の植生群落の遷移を評価するうえで重要な要因と考えられる。

### a) 地下水水位観測データの整理

ここでは、旧川復元前後の地下水水位観測データを用いて植生状況の変化を考察する。旧川復元前後の植生の変化を評価するため、期間は、旧川復元前の平成14年から平成18年までの5ヶ年と旧川復元後の平成23年から平成27年までの5ヶ年とした。但し、沼幌No.1は平成23年1月1日から平成23年12月31日までの12か月間、欠測が生じていた。沼幌No.24、No.25、No.26、No.27は平成15年8月29日から計測を開始している。

旧川復元前後の地下水水位の変化を把握するために坂本

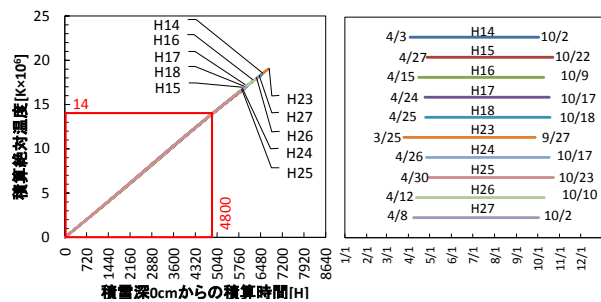


図-4 積雪0cmからの積算温度(K)と14×10<sup>6</sup>K到達までの期間

ら<sup>9)</sup>の手法に習い、観測水位と地盤高の差を相対水位として算出した。相対水位が正であれば水面が地盤高より高く、負であれば水面が地盤高より低いことを意味する。

### b) 地下水水位の検討期間の設定

植生の生育に影響を及ぼす地下水水位の検討期間を設定する必要がある。農業分野では作物の生育度合いを知るために積算温度が用いられており、イネの生長には5℃以上の温度が有効とされている<sup>7)</sup>。他方、植生に熱を负荷し続けた場合に生態系が保っていた熱エネルギーで評価すべきという考え方<sup>8)</sup>もあり、ここでは、絶対温度(K)を植生の生長に必要な熱エネルギーとした。ゆえに、アメダス標茶観測所の1時間当たりの気温(℃)を絶対温度(K)に変換して積算した。はじめに、積算開始日を設定する必要がある。冬期間地表は雪に覆われ日射が到達しないので、積雪深が0cmになった日以降の積算温度が植生の生育に影響すると考えた。図-4に各年の積算絶対温度(K)と積雪深0cmからの積算時間(H)の関係を示した。左図より、積算温度(K)の傾きはほぼ一定であり、エネルギーの総和は年によって異なる。赤枠で囲った範囲は積算温度が14×10<sup>6</sup>(K)に到達するまでの期間を示しており、右図の対象期間と一致する。高橋<sup>9)</sup>によれば釧路湿原における気象観測より、平年の日平均気温が5℃を超える期間に相当しており、本研究ではこの期間を地下水の検討期間とした。

### (3) CCAによる植生環境の分析

CCAは、生物分野<sup>10)</sup>のみならず土壌微生物生態分野<sup>11) 12)</sup>など農業土木分野でも頻りに利用されている。CCAは、従来の対応分析法(主成分分析等)と異なり、生物群落の対応分析と環境要因を直接的かつ客観的に解析できる手法である。

ここでは、平成25年度に旧川復元箇所で行われたベルトトランセクト調査結果<sup>13)</sup>および平成15年度にリファレンスサイトで行われた植生群落調査結果<sup>14)</sup>に基づき、全出現植生ごとのパーセント被度を目的変数、環境要因を説明変数として序列化平面上に示した。

#### a) クラスタ分析による植生群落の特徴づけ

CCAによる分析を行う前に、ベルトトランセクト調査結果と植生群落調査結果で得られた階層別植生率(パーセント被度)、全出現植生ごとのパーセント被度、方形区内の階層別植生最大高を用いてクラスタ分析を行い、

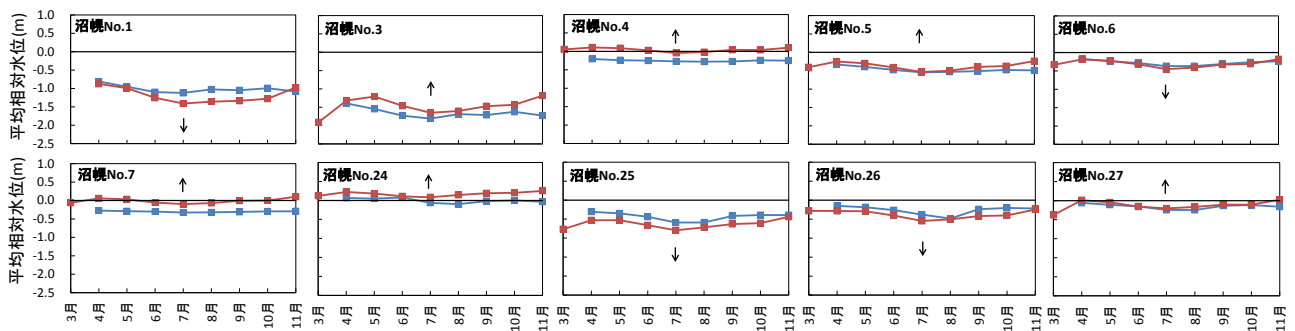


図5 各調査箇所の月別平均相対水位 (青：旧川復元前 赤：旧川復元後 黒：地盤高 矢印：旧川復元後の増減)

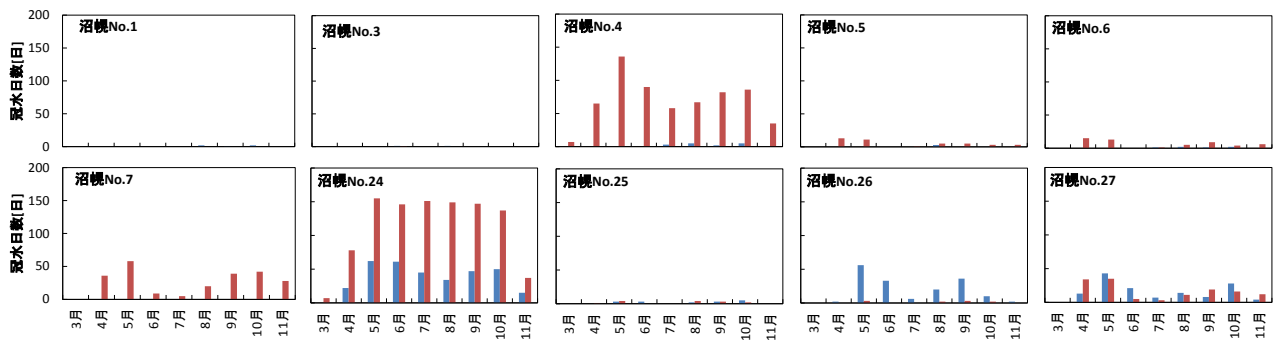


図6 各調査箇所の冠水日数の月別変化 (青：旧川復元前 赤：旧川復元後)

植生を類型区分した。解析にはフリーの統計解析ソフト R<sup>15)</sup>を用いた。クラスターの結合方法はウオード法、統合距離はユークリッド距離を採用した。

### b) CCAによる植生タイプの序列化と環境要因軸の関係

次にクラスター分析により類型区分された植生タイプに基づきCCAによる全出現植生ごとのパーセント被度と環境要因による対応分析を行う。ここで、植生タイプを説明する環境要因 (以下、説明変数) を決定する必要があるが、坂井ら<sup>2)</sup>では地下水位やハンノキの胸高直径、土壤環境が、植生の成立に影響を与えることが示されており、これらの環境要因について検討した。具体的な項目として、表-1に示した期間平均相対水位、土壤環境を特徴づける要因として平成13年度に行われた調査<sup>10)</sup>から茅沼地区の湿性植生の成立との対応が明らかとなっているグライ層深度 (地下水にさらされ還元状態にあり、一般の植生環境には適さない土層)、ハンノキの胸高直径については調査地点ごとの資料がないので、ここでは高木層の群落高を木本の成長を表す値とした。また、説明変数は全て標準化 (平均0、分散1) した。山中ら<sup>10)</sup>、鈴木・竹中<sup>11)</sup>によれば説明変数を多くとると、どの変数が効いているのかわからなくなり、従来の対応分析との違いがなくなってしまうことから、説明変数は多くても4つ程度が望ましいとされており、ここでは3つとした。

## 3. 結果及び考察

### (1) 旧川復元前後における地下水位

#### a) 平均相対水位の月別変化

植生群落に及ぼす季節的な要因を知るため、検討期間における旧川復元前後の月別平均相対水位を図-5 に示

した。沼幌 No.1 では、旧川復元後に地下水位の低下がみられ、植生の生長が著しいとみられる夏季 (7月~10月) に旧川復元後の月別平均相対水位が旧川復元前より約 0.5m 減少し、地盤高-1.5m となった。一方で平成22年に直線区間右岸の残土が撤去され、その範囲にある沼幌 No.4、No.7 では、月別平均相対水位が地盤高程度が高い位置にあり、かつ変化が小さかった。旧川に近い沼幌 No.5、No.6 では地盤高よりも 50cm 程度低い位置で推移していた。

リファレンスサイトでは、KP30Rの沼幌 No.27では融雪期と出水期で復元後の相対水位がやや増加していた。一方、ハンノキ群落を形成している KP30Lの沼幌 No.26、KP29Rの沼幌 No.25で地盤高よりも 50cm 程度低い位置で推移しており、全期間を通して復元後の相対水位が低下した。月別変化も大きく、特に7月の水位が最も低かった。ハンノキ低木林やヨシやスゲ群落を形成している KP28Rの沼幌 No.24では、月別変化が小さく上流側と異なる変化を示し、また、湿原中心部の地下水位の変化と同じ傾向を示した。

#### b) 冠水日数の月別変化

図-6 に旧川復元前後の冠水日数の月別変化を示す。冠水日数は日平均地下水位と地盤高の差を求め、地盤高よりも高い日数を月別に算出した。残土撤去範囲にある沼幌 No.4、No.7 では大幅に冠水日数が増加した。旧川に近い沼幌 No.5、No.6 では融雪期の冠水日数が増加した。一方で沼幌 No.1、No.3は冠水は0日であった。人工的な改変を受けていないリファレンスサイトのうち KP30Rの沼幌 No.27でやや冠水頻度が増加し、KP30Lの沼幌 No.26で減少した。KP29Rの沼幌 No.25は変化は生じていない。一方で KP28Rの沼幌 No.24は再び増加して

表-1 地下水位観測地点ごとの期間平均相対水位及び水位差

旧川復元前(平成14年～平成18年)			旧川復元後(平成23年～平成27年)			植生群落		期間平均相対水位差(m)			
順位	観測地点	植生群落	順位	観測地点	植生群落	旧川復元前	旧川復元後				
1	沼幌No.6	牧草地やグクシ	1	沼幌No.24	ハンノキ(低)	1	沼幌No.4	ヤナギ	0.031	0.153	0.285
2	沼幌No.24	ハンノキ(低)	2	沼幌No.4	ヨシヤスゲ	2	沼幌No.7	ヨシヤスゲ	-0.003	0.027	0.276
3	沼幌No.27	ヨシヤスゲ	3	沼幌No.6	牧草地やグクシ	3	沼幌No.3	ヤナギ	-0.158	-0.001	0.202
4	沼幌No.4	ヤナギ	4	沼幌No.7	ミゾツバ	4	沼幌No.24	ハンノキ(低)	-0.257	-0.029	0.156
5	沼幌No.26	ハンノキ	5	沼幌No.27	ヨシヤスゲ	5	沼幌No.5	牧草地やグクシ	-0.285	-0.122	0.068
6	沼幌No.7	ヨシヤスゲ	6	沼幌No.5	牧草地やグクシ	6	沼幌No.27	ヨシヤスゲ	-0.305	-0.411	0.036
7	沼幌No.25	ハンノキ	7	沼幌No.26	ハンノキ	7	沼幌No.6	牧草地やグクシ	-0.451	-0.418	-0.032
8	沼幌No.5	牧草地やグクシ	8	沼幌No.25	ハンノキ	8	沼幌No.26	ハンノキ	-0.479	-0.649	-0.133
9	沼幌No.1	ヤナギ	9	沼幌No.3	ヤナギ	9	沼幌No.25	ハンノキ	-1.027	-1.161	-0.198
10	沼幌No.3	ヤナギ	10	沼幌No.1	ハルニレ・ヤチダモ	10	沼幌No.1	ヤナギ	-1.364	-1.243	-0.216

No.4 No.7は平成22年の残土撤去箇所

おり、湿原中心部の変化に類似した傾向を示していることから、上流側の影響が及んでいないと考えられる。

c)旧川復元前後の比較

表-1 に旧川復元前後の期間平均相対水位ならびに旧川復元後から旧川復元前の期間平均相対水位を引いた値を降順で示した。また、図-3 を基に地下水位観測地点周辺の植生群落も併記した。期間平均相対水位の順位は、上位にヨシヤスゲ、ミゾツバなどの湿性草本が優先している。一方で下位にはハルニレやヤナギなどの木本が優先している。

次に、旧川復元前後の地下水位の差に着目すると、沼幌 No.4、No.7、No.3、No.24、No.5、No.27 の順で水位が上昇していた。最も水位が上昇した沼幌 No.4 はヤナギからヨシヤスゲなどの湿性草本に群落移行している。一方で最も水位が低下した沼幌 No.1 ではヤナギからハルニレ・ヤチダモに移行している。崎尾、山本<sup>17)</sup>は冷温帯の湿地林については土壌の水分条件に対応して過湿地から適潤地に向かい、ハンノキ林、ヤチダモ林、ハルニレ林の順に配列することを示しており、期間平均相対水位の変化からもこれを裏付ける結果が得られた。

(2) CCAによる植生環境の分析

表-2 に旧川復元区間において目的変数とした全出現植生(64種)のパーセント被度の一部、表-3 に環境要因として用いたベルトトランセクト調査結果と植生群落調査結果による説明変数を示す。なお、平成25年度のベルトトランセクト調査箇所と地下水位調査箇所が一致していないため、Q1、Q2は沼幌No.1、No.5、Q3~Q8は沼幌No.3、No.6、Q9~Q15は沼幌No.4、No.7のそれぞれ平均値で期間平均相対水位を与えた。

次に、CCAによるオーディネーションダイアグラムの見方を説明する。まず、「植生」(赤字)と「調査箇所」(黒字)の関係について説明する。「調査箇所」の周りにある「植生」はその「調査箇所」に固有の種、または高い割合で存在する種であることを示している。次に「環境要因を表す矢印」(青矢印)と「植生」、「調査箇所」の関係について説明する。「環境要因を表す矢印」の頭の部分の値は、軸の固有値と、軸の環境要因間の相関係数によって決まっており、矢印の長いものほど重要な環境要因となるため、矢印の長さでその環境要因によってどれだけ多くの「植生」が影響を受けたか計り知ることができる。さらに「環境要因を表す矢印」の向

表-2 調査方形区的全出現植生パーセント被度(抜粋)

ID	旧川復元区間(H25)												
	オノエヤナギ	エゾイラクサ	ミゾツバ	ハルニレ	クサソテツ	カサスゲ	エゾリカブト	スマイゴツナギ	クサヨシ	オオカワスゲ	オニナルコスゲ	ヨシ	イネ科sp
Q1	0	1	1	1	20	0	0	0	3	10	0	0	0
Q2	0	0	0	0	80	10	0	0	20	0	0	0	0
Q3	0	1	5	0	10	10	0	0	10	0	0	3	0
Q4	0	0	3	0	0	1	0	0	1	0	0	70	0
Q5	0	0	1	0	20	3	0	0	0	0	0	3	0
Q6	0	0	3	0	10	20	1	0	0	0	0	0	0
Q7	0	0	3	0	3	10	0	5	65	5	10	0	0
Q8	70	20	70	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Q9	1	0	5	0	0	0	0	0	0	10	0	0	2
Q10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q11	1	0	5	0	0	0	0	0	0	5	3	1	0
Q12	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	10	0
Q13	10	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0
Q14	0	0	10	0	0	0	0	0	3	0	0	80	0
Q15	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0

表-3 調査方形区の環境要因(説明変数)

ID	期間平均相対水位(m)	グライ層深度(cm)	高木層の群落高(m)	ID	期間平均相対水位(m)	グライ層深度(m)	高木層の群落高(m)
Q1	-0.83	100	0	KP29R1	-0.45	100	14
Q2	-0.83	100	18	KP29R2	-0.45	100	10
Q3	-0.58	100	0	KP29R3	-0.45	100	12
Q4	-0.58	100	0	KP29R4	-0.45	100	12
Q5	-0.58	0	16	KP29R5	-0.45	100	12
Q6	-0.58	0	13.5	KP29R6	-0.45	60	11
Q7	-0.58	0	13.5	KP29R7	-0.45	65	11
Q8	-0.58	100	15	KP29R8	-0.45	40	10
Q9	0.00	20	0	KP30L1	-0.29	100	10
Q10	0.00	0	0	KP30L2	-0.29	100	10
Q11	0.00	0	0	KP30L3	-0.29	100	10
Q12	0.00	5	0	KP30L4	-0.29	100	10
Q13	0.00	40	0	KP30L5	-0.29	70	15
Q14	0.00	4	0	KP30L6	-0.29	0	0
Q15	0.00	10	0	KP30L7	-0.29	0	0
リフレ	0.00	100	0	KP30R1	-0.16	45	10
KP28R1	0.00	90	10	(H15)KP30R2	-0.16	100	10
KP28R2	0.00	30	10	KP30R3	-0.16	100	10
KP28R3	0.00	0	0	KP30R4	-0.16	100	0
KP28R4	0.00	0	0	KP30R5	-0.16	100	0
KP28R5	0.00	0	0	KP30R6	-0.16	0	0
KP28R6	0.00	0	0	KP30R7	-0.16	0	0
KP28R7	0.00	0	0	KP30R8	-0.16	0	0
(H15)KP28R8	0.00	0	0				

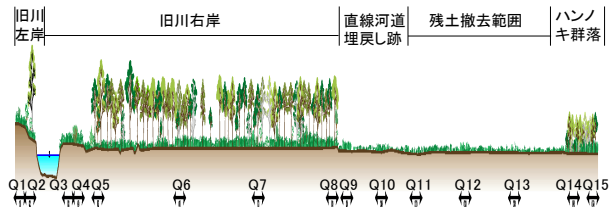


図-7 旧川復元区間ベルトトランセクト植生断面図

きで「調査箇所」と「環境要因」の影響の強さを知ることができる。

a) 旧川復元区間の植生群落の特徴

図-7 に、旧川復元区間における上流側からみたベルトトランセクト植生断面図を示す。調査箇所のうち Q1、Q2は旧川左岸、Q3~Q8までは旧川右岸、Q9~Q11は直線河道埋戻し跡、Q12、Q13は残土撤去範囲、Q14、Q15はハンノキ群落である。図-8(a)のクラスター分析によるデンドログラムから、旧川復元後の旧川復元区間の植生タイプはハンノキタイプ(Q8ハンノキヤナギ群落はハンノキタイプに含めた)、ヨシタイプ、ホザキシモツケハンノキタイプの3つに類型区分した。なお、検討区間にケヤマハンノキも自生しているが、ヤチハンノ

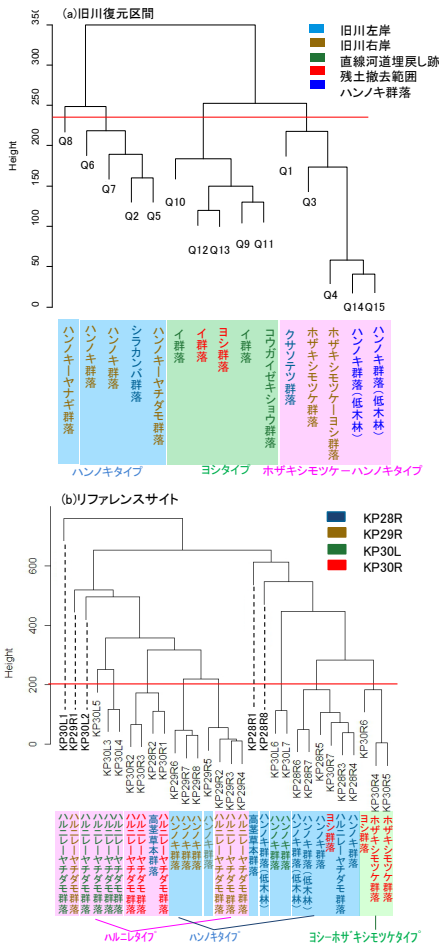


図-8 クラスタ分析によるデンドログラム(図化に R を使用、(b)図赤線上のクラスター区分を表すために破線を加筆)キの占める割合が高いので、ここではヤチハンノキをハンノキ群落として取り扱う。また、ヤナギ群落に関してはオノエヤナギ、エゾノキヌヤナギが多数を占めた。

CCA の結果を表-4(a)、図-9(a)に示す。旧川復元区間では第 1 軸で 18.0%、第 1 軸と第 2 軸をあわせると 36.2%となり植生タイプは 4 割弱の変動を説明できる結果となった。矢印の長さから期間平均相対水位、高木層の群落高、グライ層深度の順で重要な環境要因であることが示された。また、矢印の向きから直線河道埋戻し跡(Q9~Q11)、残土撤去範囲(Q12、Q13)に多く分布しているヨシタイプは期間平均相対水位の影響を強く受けており、期間平均相対水位が高いことがこのタイプの群落組成に影響していると考えられた。

旧川右岸(Q5~Q8)に多く分布しているハンノキタイプは高木層の群落高ならびにグライ層深度の影響を強く受けており、高木層の群落高が高いこと、グライ層深度が深いことが、このタイプの群落組成に影響を及ぼしていると考えられた。

旧川左右岸(Q1、Q3、Q4)、ハンノキ林(Q14、Q15)と広範囲に分布しているホザキシモツケ-ハンノキ群落については、高木層の群落高が低いこと、グライ層深度の浅いことがこのタイプの群落組成に影響を及ぼしていると考えられた。

表-4 CCAの分析結果

(a)旧川復元区間H25				
軸名	第1軸	第2軸	第3軸	総分散
固有値	0.71	0.56	0.38	5.342
環境と種の相関	0.96	0.97	0.93	
種の積算分散率(%)	18.0	18.2	17.5	
(b)リファレンスサイトH15				
軸名	第1軸	第2軸	第3軸	総分散
固有値	0.74	0.41	0.23	4.916
環境と種の相関	0.97	0.88	0.82	
種の積算分散率(%)	19.7	17.9	16.6	

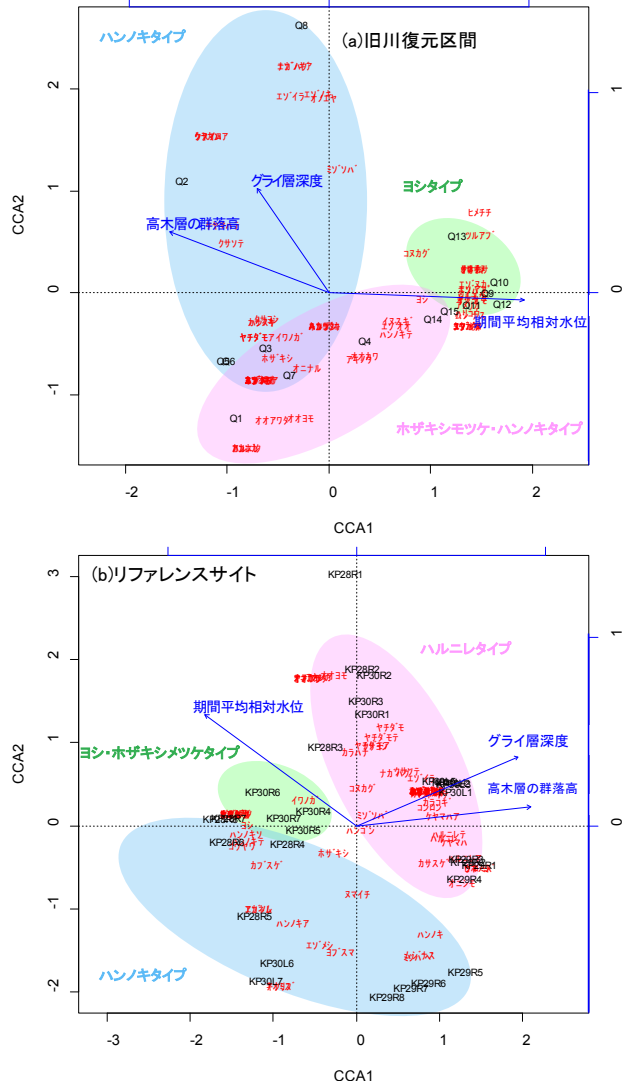


図-9 CCAによるオーディネーションダイアグラム、図化に R を使用、植生は 4 文字に省略、上と右の軸は説明変数を標準化した青矢印の大きさを表している

b) リファレンスサイトの植生群落の特徴

図-8(b)に示したクラスタ分析によるデンドログラムから旧川復元前のリファレンスサイトの植生タイプはハルニレタイプ、ハンノキタイプ、ヨシーホザキシモツケタイプの3つに類型区分された。

CCAの結果を表-4(b)、図-9(b)に示す。リファレンスサイトでは第1軸で 19.7%、第1軸と第2軸をあわせると 37.6%となり、植生タイプは 4 割弱の変動を説明できる結果となった。矢印の長さから期間平均相対水位、高木層の群落高、グライ層深度はほぼ等しく影響を及ぼす環境要因であることが示された。矢印の向きから KP30R に分布するヨシーホザキシモツケタイプは期間平均相対水位が高いことがこのタイプの群落組成に影響し

ていることがわかる。KP29R1～KP29R4、KP30L1～KP30L5に多く分布するハルニレタイプは高木層の群落、グライ層深度と正の相関がある。すなわち、高木層の群落高が高いこと、グライ層深度が深いことがこのタイプの群落組成に影響していることが分る。一方で期間平均相対水位はあまり寄与していない結果となった。また、KP28R、KP29R5～KP29R8、KP30L6、KP30L7に多く分布するハンノキタイプはグライ層深度や高木層の群落高と負の相関を示した。

#### c) CCAによる旧川復元効果の検証

CCA で得られた解析結果がどの程度信頼でき、安定した結果であるかを検定するため、R を用いて Monte-Carlo test による有意差検定を行ったところ、旧川復元区間、リファレンスサイトとも  $P < 0.05$  で有意差があると判定された。

図-9 の (a) と (b) の比較において、ヨシを含む湿性植生タイプの調査区に共通しているのは期間平均相対水位について正の相関があることである。一方でハンノキタイプやハルニレタイプは負の相関を示した。他方、グライ層深度、高木層の群落高についてみるとハルニレ群落がない旧川復元箇所調査区ではハンノキタイプに、リファレンスサイトではハルニレタイプに正の相関を示した。崎尾、山本<sup>17)</sup>が示すように土壌の水分条件によって湿地林の配列が置き換わることを踏まえると、これらの要因は木本の配列の変化に影響を及ぼしていると考えられることができる。本研究で得られた知見を踏まえて、時期が異なる同一サイトの植生分布をオーディネーションダイアグラム上に重ねれば、植生の変化を把握することも可能となる。

## 4. まとめ

本研究は、順応的管理の方向性について評価する手法の開発を試みたものである。生物多様性を保全するためには長期的な傾向を評価する必要がある。しかし、短期的には周期的現象と反応的現象は異なる結果をもたらす可能性もある。こうしたことは常に起こり得ると考えるべきである。

冒頭にも述べたが、河川生態系の復元は長期的な視野に立って取り組むべきものであり、また、環境インパクトを確認しながら柔軟な調査計画を立て、順応的管理を推し進めていく必要がある。今回、地下水位などの物理的なデータが得られており、物理的環境要素と植生の関係について数量化することができた。このようなツールを活用することで、植生に影響をもたらす環境変化について考察することが可能となり、現状の評価及び当面の予測支援に役立つことを確認した。

謝辞：本研究を進めるにあたり、水環境保全チーム新目

竜一氏、谷瀬敦氏、釧路開発建設部治水課渡邊和好氏、菅原成行氏より貴重な助言を頂きました。ここに記して、謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 中村太士：河川・湿地における自然復元の考え方と調査・計画論，一釧路湿原および標津川における湿地，氾濫原，蛇行流路の復元を事例として一，応用生態工学 5(2)，pp.217-232，2003.
- 2) 坂井一浩，藤田隆保，稲垣乃吾：多変量解析による環境解析手法について—環境要因の定量化の試み—，第 45 回(平成 13 年度)北海道開発局技術研究発表会，2002.
- 3) Ter Braak C.J.F. : Canonical Correspondence Analysis : A New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis, *Ecology*, 67, pp.1167-1179, 1986.
- 4) 釧路開発建設部：平成 23 年度釧路川水辺現地調査業務，2011.
- 5) 矢野雅昭，水垣滋，林田寿文，村上泰啓：釧路湿原におけるハンノキの形態と冠水環境への適応について，湿原研究，Vol.1, pp.43-53, 2010.
- 6) 坂本久宣，中津川誠，谷口陽子：釧路湿原における近年の植生状況と地下水位及び地形情報の関係についての基礎研究，土木学会，年次学術講演会講演概要集，第 71 回，pp.17-18, 2016.
- 7) イネと積算温度，URL: <http://had0.big.ous.ac.jp/plantsdic/angiospermae/monocotyledoneae/gramineae/ine/ine2.htm> (参照日 2016 年 12 月 14 日)
- 8) 積算温度についての疑問，URL: <http://www.asahi-net.or.jp/~mr8ksgn/kuwabaka2001d/sekisan/sekisan.html> (参照日 2016 年 11 月 14 日)
- 9) 高橋英紀：釧路湿原の気象，財団法人前田一步園財団創立 20 周年記念論文集 北海道の湿原，pp.3-pp.8, 2002.
- 10) 山中武彦，浜崎健児，嶺田拓也：生物・社会調査のための統計解析入門：調査・研究の現場から（その 9）—系列化する（対応分析，除歪対応分析，正準対応分析）—，農業土木学会誌，73，pp.319—324，2005.
- 11) 鈴木千夏，竹中眞：土壌微生物生態研究における正準対応分析，土と微生物，Vol.63 No.1, pp.32-38, 2009.
- 12) 長谷川元洋：土壌動物群集の研究における座標付手法の活用，*Edaphologia*, No. 80, pp. 35—64, 2006.
- 13) 釧路開発建設部：平成 25 年度釧路湿原自然再生事業箇所環境調査業務，2013.
- 14) 釧路開発建設部：平成 15 年度釧路湿原保全管理検討業務，2003.
- 15) Ihaka, R., and R. Gentleman. R: a language for data analysis and graphics. *J. Comp. Graph. Stat.* 5:299-314. Available via <http://www.R-project.org>, 1996.
- 16) 釧路開発建設部：平成 13 年度釧路湿原保全管理検討業務，2001.
- 17) 崎尾均，山本福壽：水辺林の生態学，東京大学出版会，pp.113, 2003.