

# 渡良瀬遊水地における湿地環境再生手法の検討

## Marsh environment restoration methods in the Watarase Flood Control Basin

水辺・まちづくりグループ 研 究 員 佐藤 礼二  
企画グループ グループ長 佐合 純造  
リバーフロント研究所 主席 研究員 中平 善伸

渡良瀬遊水地という日本有数の広大な湿地の中で、掘削により外来種の増殖抑制と重要種の保全再生を行い、生物多様性を育もうとする渡良瀬遊水地湿地保全・再生事業は、量質の面でこれまでに例のない壮大な社会実験といってもよい。この事業の実施に当たっては、湿地保全・再生手法、湿地全体の保全と再生のゾーニングなどを位置づけた基本計画を策定することとされ、このたび河川管理者、学識経験者、関係市町の代表、地域住民による検討を踏まえ基本計画がまとめられた。本稿では、この湿地保全・再生手法に関する知見の集大成である基本計画について科学的な視点からその概要を報告する。

基本計画のポイントは、目標とする湿地の全体像に対して、湿地環境の保全と再生する地区についてゾーニングを行い、ゾーニングの考え方にに基づき池沼や良好な湿地環境を創出するための代表的な掘削手法を整理したことである。さらに、この掘削手法をゾーン毎にどのように配置するかという「掘削レイアウト」について、植生再生実験や地下水流動解析をもとに設定した。また、ハイパースペクトルリモートセンシング解析を用いたセイタカアワダチソウの外来種対策や、順応的管理手法を取り入れた段階的な施工計画と施工時のモニタリング計画について整理した。

キーワード：湿地保全・再生、地下水流動解析、順応的管理、外来種対策、地域連携

The Watarase Flood Control Basin marsh conservation and restoration project, scheduled to be carried out in the Watarase Flood Control Basin which is one of the most famous large marshes, aims to foster biodiversity by inhibiting the proliferation of exotic species by excavation and promoting conservation and restoration of principal species. It can be said that the project is an unprecedented pilot program which is extraordinary in quantity and quality. Before the implementation of this project, a basic plan characterizing marsh conservation and restoration methods and zoning of the whole marsh should be formulated. Therefore, a basic plan was formulated based on considerations by river administrators, academic experts, representatives of related municipalities, and local residents. This paper aims to give an outline of the basic plan, from a scientific standpoint, which is a compilation of knowledge about marsh conservation and restoration methods.

The feature of the basic plan is to take a zoning approach in areas targeted for marsh environment conservation and restoration, and sort out typical excavation methods to create ponds and a favorable marsh environment based on the zoning concept towards the realization of a total picture of the ideal marsh. In addition, an “excavation layout”, which shows how to allocate these excavation methods in each zone, is designed based on vegetation restoration experiments and groundwater flow analysis. This paper also aims to summarize measures taken against exotic species, such as tall goldenrod, through hyperspectral remote sensing analysis, as well as phased construction plans incorporating adaptable management methods and plans for monitoring during construction.

*Key words : marsh conservation and restoration, groundwater flow analysis, adaptable management, countermeasures against exotic species, regional alliance*

## 1. はじめに

渡良瀬遊水地は、東京から60km圏内にありながら3,300haの広大な敷地に湿地の環境が保たれており、渡良瀬遊水地固有の貴重な湿生植物をはじめ多様な動植物が生息する貴重な空間である。また、ヨシやオギを主体とする氾濫源の湿生草原は1,500haを占めており本州最大級の面積を誇っている。

かつてこの場所には谷中村があり多くの人が生活していたが、度重なる洪水と拡大する足尾鉍毒被害への対策として遊水地が計画され、明治39年に谷中村は廃村され、大正11年に渡良瀬遊水地が完成している。また、昭和38年からは洪水調節機能の強化を図り、調節池化工事を開始し、途中平成2年には首都圏の水がめとして谷中湖が作られ、平成9年には第1から第3までの調節池が完成して現在の姿となっている。

しかし、近年、渡良瀬川の河道付け替えによる洪水土砂の堆積や河川水位の低下に伴う地下水位の低下、調節池化による攪乱頻度の低下などの影響により、遊水地内の乾燥化や環境の単純化が進んでいる。

このため、平成15年度から渡良瀬遊水地湿地保全・検討委員会（以下、「委員会」）において、渡良瀬遊水地における湿地環境についての基礎調査や現地実験の解析、検討を行っており、平成21年度には渡良瀬遊水地の第2調節池において掘削による湿地再生の具体的手法について検討を行った。

## 2. 渡良瀬遊水地における湿地再生の考え方

### 2-1 グランドデザイン

渡良瀬遊水地では、多様な価値観を有する人々が将来の地域づくりに向かって協働するための基盤となる共通の目標像として、平成12年3月に「渡良瀬遊水地の自然保全と自然を生かしたグランドデザイン」をまとめている。この中では、第2調節池の将来像を「自然環境と遊水池の役割の調和を考えながら、湿地や豊かな自然環境を再生する場」として位置付け、湿地環境の保全・再生と渡良瀬遊水地の重要な役割である利根川流域の治水機能の向上との調和を図る事とされている。

また、第2調節池湿地保全・再生の方向性については、次のように整理している。

- 遊水地の役割と調和した自然環境の創出を行う。
- 比較的乾燥化した立地に生育するオギ群落等に替えて湿地を再生する。
- 比較的単調な植生を有する区域を掘削することにより多様な湿地環境を創出する。
- 自然環境の再生による動植物の研究フィールドや湿地再生の学習の場として利用する。



図-1 グランドデザインにおけるブロック別方向性

### 2-2 目標とする湿地像の検討

渡良瀬遊水地の第2調節池における湿地環境を再生するために、目標とする湿地像の検討を行った。

湿地再生の目標としては、「かつて多くの池沼が点在していた水際部の変化に満ちた景観の復元」と、「現在だけではなく過去に存在していた種の復元を含めた多様性のある湿地環境の創造」があげられる。



図-2 目標とする湿地環境のイメージ

これを第2調節池として考えた場合、明治17年から昭和30年代までの、赤麻沼や石川沼をはじめとする大小の池沼が点在していた景観の復元と水生植物や湿生植物などの群落も多く見られ、豊かな生物多様性が育まれていた環境の創造が考えられる。

しかし昭和30年代以降には、河川水位の低下に伴う地下水位の低下などにより乾燥化が進み渡良瀬遊水地特有の貴重な在来の植生が失われ、さらにセイタカアワダチソウ等の侵略的な外来種が拡大するなど湿地環境は悪化している。

このため、第2調節池の目標とする湿地像としては、図-3に見られるように渡良瀬遊水地の明治17年頃の赤麻沼や石川沼のあった時代（水面の面積比率で2割程度）を一つの目安として、現存する良好な環境の保全と治水機能の向上に配慮しながら、湿地の保全・再生を進めることとする。

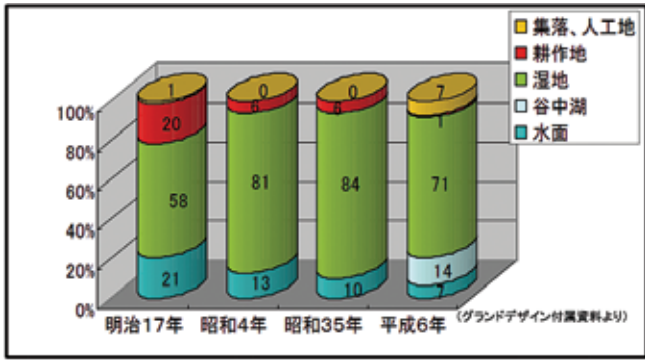


図-3 渡良瀬遊水地の土地利用の変遷

### 3. 湿地再生手法の検討

#### 3-1 環境目標の実現に向けた取り組み

渡良瀬遊水地における自然環境の詳細を把握するため平成16年度から図-4のように各種調査・実験を行っている。

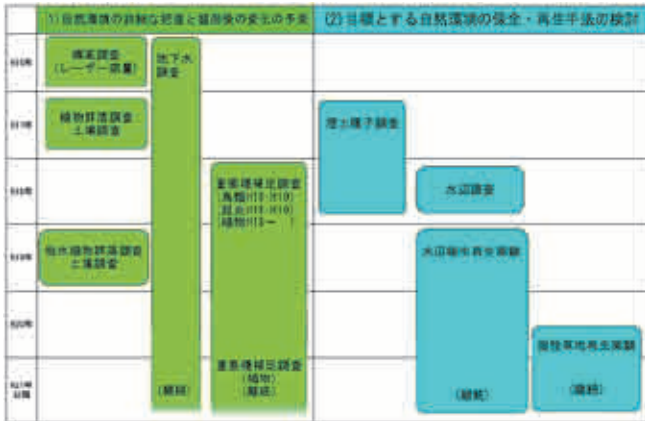


図-4 平成16年度以降の調査・実験

- (1) 自然環境の詳細な把握と掘削後の変化の予測
  - ①現状の微地形を面的かつ詳細に把握するため、航空測量（レーザープロファイラー）による標高図作成
  - ②動植物のハビタットとしての植生区分とその環境条件を把握するための植物群落調査・土壌調査・地下水調査
  - ③重要種補足調査による絶滅危惧種を含む保全上の重要な種（20種）、外来種の詳細な分布の確認
  - ④植物群落調査・土壌調査に基づいた植生区分の定義

これらの調査結果を整理し、植生区分の成立する基盤環境条件の定量的な解析を行うことにより、面的に展開した推定植生区分図を作成した。また、掘削等の実施に伴う植生区分の変化を予測し植生区分予測図を作成することにより、掘削前後の湿地環境の変化を比較して、掘削による湿地再生効果について評価した。

#### (2) 目標とする湿地環境保全・再生手法の検討

- ①土中で休眠している水草や重要種の種子を湿地植生の再生に利用するための埋土種子調査
- ②水辺植生が成立するための基本条件を把握する水辺調査
- ③水辺植生を再生するための手法を検討する水辺植生再生実験
- ④水辺から連続する湿性草地を再生するための湿性草地再生実験（表土撒出試験区、種子撒出試験区、掘削のみ試験区での比較）

埋土種子調査では、掘削等の土壌掘り起こしにより地中に埋まっていた多様な植生や重要種が再生されることが確認されている。また、水辺調査から沈水植物等が生育する水生植物帯は水深30cm程度を維持する平坦な水底に成立し、多様な湿生植物が生育する明るい湿地はそれに続く緩やかな傾斜の地形に成立することが確認されている。

水辺植生再生実験の成果としては、掘削しただけの状況で湿地性の植生が再生し、全体的にヨシ・オギの少ない明るい湿地の再生が確認できた。また、攪乱依存型の貴重種が出現し、外来種であるセイタカアワダチソウが少ない状況であった。課題としては、実験地内ではヤナギ類が先駆的に発生し優占しており、実験地周辺部では乾燥化を示すツルマメが繁茂した。特にヤナギ類については、成長が早く河岸などでは樹林を形成するため生育初期の抜き取りやヨシ焼き時の火入れ等人為的対応の必要性が考えられる。

湿性草地再生実験（図-5）の成果としては、掘削しただけの条件でも湿地性の種や貴重種が再生し、窪地に出来た水溜りではガンマ類等の良好な湿性植生が確認された。

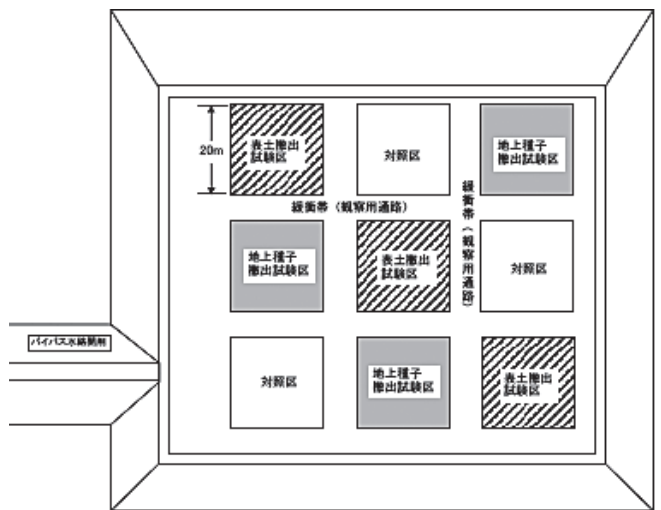


図-5 湿性草地再生実験地

しかし、表土撒出試験区・種子撒出試験区では植生の回復は早かったが、外来種やヤナギ類、ツルマメ等が多く繁茂している。課題としては、外来種であるセイタカアワダチソウの実生の育成が多く見られたが、この課題に対しては抑制効果が高めるため、今後も条件を変えてのモニタリングが必要と考えられる。

また、表土や種子撒出試験区におけるセイタカアワダチソウやツルマメの繁茂については撒き出した表土や種子に由来することが考えられるため、表土や種子を採取する場合は、事前に植生状況を調査するなど慎重な検討が必要であると考えられる。

### 3-2 湿地再生方法の検討

#### (1) 多様な水面の創出

水路沿いには水位変動等を考慮し、計画的に池沼を配置して攪乱効果高めると共に多様な動植物の生息場を形成する。それ以外に地下水を供給源とする池沼を配置し攪乱の少ない貧栄養状態のハビタットを形成する。この池沼では地下水位の低下時に雨水を貯留し、湿地環境の保全に役立つ。

#### (2) 良好な湿地環境の創出

乾燥化した地区に対して、地下水面近傍まで地盤を掘り下げることにより良好な湿地環境を形成する。さらに、土壌シードバンクの活用により、絶滅危惧種の植生回復を行う。

#### (3) 多様なハビタットの形成

対象とする動植物の特性に合わせて水深や水面形状の変化に富む池沼や、地下水変動を考慮した多用なハビタットを形成する。

#### (4) 重要種の保全と再生

重要種の良好なハビタットとなる湿地を再生すると共に、現況の良好な環境について変化が予測される場合には、新たに再生された湿地等に重要種を移植する。

#### (5) 外来種対策

湿地再生のための掘削に際しては、セイタカアワダチソウ等の外来植物の地下茎や土壌シードバンクを除去するように考慮する。

### 3-3 ゾーニングの検討

現地では地下水深度等の条件により、地下水深度が深く乾燥化が進むことにより重要種が減少し外来種が増加するなど植生が単調化している地区と地下水深度が低く良好な湿地環境が保全され重要種を含む多様な植生が維持されている地区がある。このため乾燥化した地区で掘削による湿地再生を進めることによる地下水位の変化を減少するため、現況を保全する地区、湿

地の再生を進める地区、緩衝帯地区の3つの考えでゾーニングを検討する。

#### (1) 現況を保全する地区

地下水深度が浅く湿地環境を形成しており、貴重種の生息等が確認されている現況を、保全することを目的とする地区(第2調節池面積の20%程度)。当初はチュウウヒ(貴重種の猛禽類)を環境指標とした保全(繁殖)エリアとして検討を進めたが、地元鳥類研究者からいただいた「猛禽類の繁殖には生態系の底辺を支える生物が重要である」という意見を参考として、多様な種を育むヨシ原とそこにつながる樹林を目標とする環境とした。

#### (2) 湿地の再生を進める地区

乾燥化が進んだ現況に対して、掘削により多様な生物を育む湿地環境を創出する地区であり、水路沿いには変化に富んだ水際を配置し、洪水時の攪乱効果を考慮する。

#### (3) 緩衝帯地区

湿地の再生を進めるための掘削により、現況を保全する地区の環境に対して大きな変化を与えないように地形や構造を考慮することを目的とした地区。地下水を供給源とする池沼を配置し、雨水貯留による地下水変化の緩和も期待する。

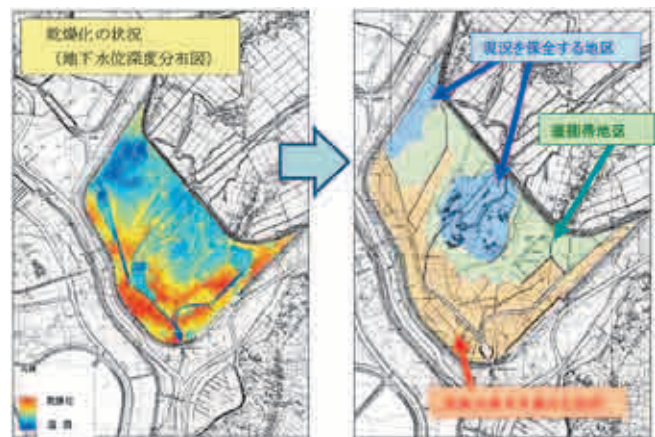


図-6 ゾーニングの考え方

### 3-4 掘削手法の検討

ゾーニングの考え方にに基づき池沼の良好な湿地環境を創出するための代表的な掘削手法について検討した。

#### (1) 地下水位よりも高い深度までの掘削

乾燥化した地盤を地下水位近くまで掘削し良好な湿地環境を創出する。また、良好な湿地環境が再生された場所には、次回の掘削予定箇所等から重要種植物等の移植をおこなうことにより、掘削により失われる重要種や特定のハビタットの保存・再生サイクルを確立

できる。

(2) 浅い水面を作る掘削

比較的地下水深度が浅い場所では、掘削により浅く入り組んだ水面を作ることにより水生昆虫・貝類の生息する水鳥(シギ・チドリ)の飛来地を創出する。この際、地下水の変動等を考慮して深さに変化をつけることも必要である。

(3) 深い水面を作る掘削

掘削により水深1m程度の深い水面を作ることにより水生生物の生育環境を創出する。また、水面にはガン・カモ類が飛来し水中では魚類や浮葉・沈水植物が生育・生息する。この際、地下水の変動等による干上がりを考慮して一部に魚類の逃げ場となる深みを作ることも必要である。

(4) 掘削による多様な水辺環境の創出

河川や地下水面と地盤面の関係に様々な変化をつけることにより複雑な水辺環境を創出する。ここでは多様な湿地(移行帯)を形成することが予想されるため、適切に順応的管理(堆砂の掘削、人為的な攪乱)を行う必要がある。

(5) 大きな掘削を行わない区域

大きな掘削を行わない区域では、特にヨシ焼きの影響をうける重要な動植物を保全するための方策が必要である。また樹林を好む生物層を保全する必要もある

ためヨシ焼きの影響(炎や煙)を少なくするための防火帯や水路を設定する必要がある。

3-5 計画レイアウトの検討

2-2で検討した第2調節池の目標とする湿地像を踏まえて、面積比で水面を2割程度とし、また現況を保全する地区を2割程度とし、ゾーニングの考え方に適した掘削手法をゾーン毎に配置した掘削レイアウト(図-8)を検討した。

湿地の再生を進める地区には、水路につながる地形から洪水時の水位変動による攪乱効果を期待して深い池から連続する多様な湿地環境の創出を考慮した掘削手法を組み合わせ配置した。

緩衝帯地区では、水の供給が地下水と雨水だけであり水位の変動が比較的小さい。このため地下水深度などを考慮して浅い池と深い池を組み合わせ配置する。地下水位の安定のため、深い池では雨水の貯留効果を期待する。また、地下水位の影響の少ない範囲で湿地を再生する。

現況を保全する地区では、ヨシ焼きの炎や一般見学者から重要種や貴重な樹木を保全することを目的として、大きな掘削を行わない区域の中に水路や防火帯を配置する。


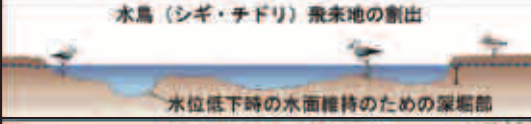

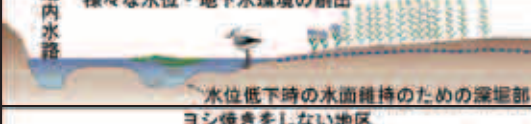

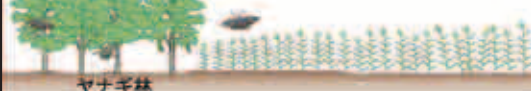
掘削手法	掘削手法および保全方法のイメージ	再生目標となる環境タイプ	対象となる生物(代表的・特徴的なもの)
①地下水水位よりも高い深度までの掘削		湿地	・湿地性の昆虫類 ・抽水植物、湿性植物 ※オギ→ヨシ
②浅い水面を作る掘削		浅い沼	・シギ・チドリ類 ・餌となる水生昆虫、貝類等
③深い水面を作る掘削		深い沼	・ガン・カモ類 ・魚類 ・浮葉・沈水植物
④多様な水辺環境の創出		多様な湿地(移行帯)	・トンボ類、湿地性の昆虫類 ・抽水植物、湿性植物 ※より多様な生物相
⑤ヨシ焼きをしない地区の設定(掘削なし)		多様なヨシ原	・遊水地に現存する重要な動植物(ヨシ焼きにより特に影響を受ける)
⑥樹林の保全・再生による樹林を好む生物層の保全(掘削なし)		樹林	・遊水地に現存する重要な動植物

図-7 掘削手法の代表例



図-8 掘削レイアウト図

また、検討した掘削レイアウトを反映した掘削計画(図-9)を元に地下水流動解析を行い地下水位分布の面的変化や保全再生される植生区分の変化など分析することから掘削レイアウトの評価を行った。

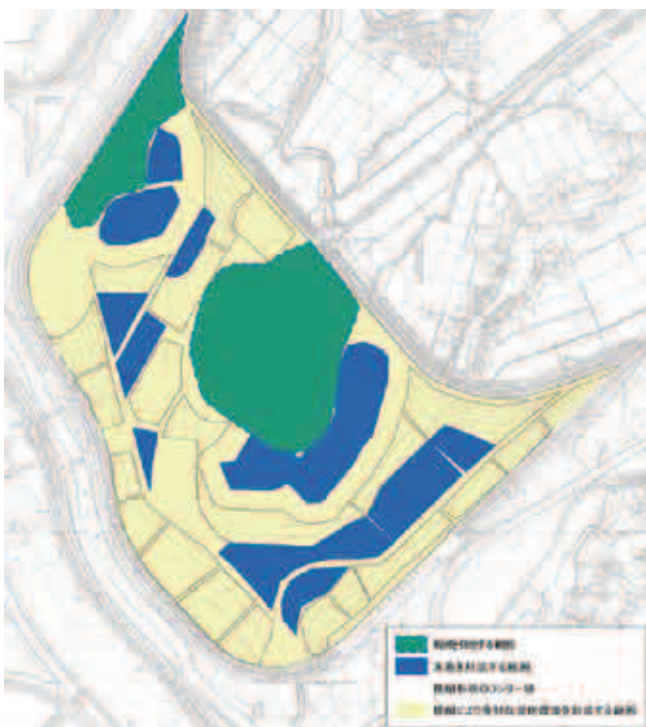


図-9 掘削計画

しかし、委員会において掘削レイアウト(図-8)を示したところ、委員会各委員から水面形状などに対して次のような指摘が多く挙げられた。

「水面の形状が直線的で護岸構造物のようであり、浅瀬から深みへの変化や入り組んだ水際などの生物的な配慮がされていない。水面ではなく池沼として考えそれにつながる多様性に富んだ湿地を作らないといけない。」

これらの指摘を受けて、水路は直線とせず幅に変化を持たせて一部にワンドのイメージを持たせた。また池沼については入り組んだ水際線を強調し深さに変化を持たせたことにより、生物に対する接しやすさや水位変動による攪乱効果をイメージしている。また、現況を保全する地区などに独立した小さな池を配置することにより良好な湿地環境における湧き水や小動物のためのスポット的な池を設けることにした。湿地についても地下水位の変化等による多様性に富んだ植生区分となるようにした。

これらの結果をまとめて掘削レイアウトのイメージ図(図-10)を再度提示し、了解を得た。また、地区住民の代表者からは治水事業の促進につながるとの期待も寄せられた。



図-10 掘削レイアウトのイメージ図

#### 4. セイタカアワダチソウの分布予測

近年、渡良瀬遊水地では外来種セイタカアワダチソウが急速に増加しており、早急に適正な対策を実施する必要がある。平成17,18年度の実験結果からは、掘削による水分条件や冠水による攪乱を高めることによりセイタカアワダチソウの出現を抑制できる可能性が確認されている。

セイタカアワダチソウ抑制対策を検討するためには、その分布を正確に把握することが欠かせないが、遊水地の面積が広大であるため踏査による現地調査には限界がある。このため、広域において植生を把握・分析するための手法として、航空機によるハイパースペクトルリモートセンシングで得られた画像データと、サンプル的に実施した現地踏査で確認したセイタカアワダチソウ生育位置との関係を解析し、第2調節池全体のセイタカアワダチソウ分布推定図の作成を行った。

#### 5. 順応的管理手法を取り入れた段階的な施工計画の検討

渡良瀬遊水地の施工計画を立案するためには、現況の良好な自然環境を保全しつつ、掘削により新たな湿地環境を再生するとともに、再生された環境を長期的に持続することが必要となるため、自然の不確実性を踏まえた順応的管理手法を取り入れた。また、順応的管理を行うにあたり、環境の変化を評価し計画を見直し、可能な限り段階的な施工計画を検討する必要がある。

##### 5-1 順応的管理手法の考え方

掘削により湿地を再生するためには地下水位変動の解析が重要となるが、渡良瀬遊水地のような広い区域での施工事例はなく、地下水位の変化に影響される動植物の保全・再生のメカニズムは複雑であり、不確実性を伴う。このため掘削による湿地環境への影響を適正に評価できる現地指標を設けて、モニタリング計画を策定する。また、NPO団体などから得られる情報も参考として、環境指標が想定した変化の範囲を超えることが予測された場合に、掘削の手法や施工箇所、順位などについて順応的に変更できる体制を整備する。

##### (1) 計画 (PLAN)

- ゾーニングに基づく掘削手法の選定
- 乾燥化や外来種の状況等を考慮した施工順位
- 地下水位や環境変化の予測
- モニタリング計画の策定



図-11 順応的管理のイメージ

##### (2) 施工実施 (DO)

- 段階的な施工の実施
- モニタリング調査の実施

##### (3) 影響の把握 (CHECK)

- モニタリング結果による影響の評価
- 予想を超えた要因の検討及び今後の予測

##### (4) 計画の見直し (ACT)

- 影響評価が予測の範囲の場合は計画の継続
- 影響評価が予測を超えた場合は掘削手法、施工順位等の見直し

#### 5-2 段階的施工計画の検討

段階施工では掘削による湿地環境への影響を低減し、新たな知見を次段階の施工にフィードバックすることを目的として、施工順位と施工範囲を段階的に定めた上で掘削を実施する。段階施工の実施にあたっては試験施工を行い、掘削による影響についての具体的な知見を集約するとともに、湿地再生に有効な施工方法の検証を行う必要がある。

##### (1) 試験施工

過年度の現地実験等で得られた知見等を踏まえて、掘削による影響についての知見を収集し、湿地再生に有効な施工方法の検討を行うため、以下の実験区を設けて試験施工を実施する。

##### ①水位安定型実験地

地下水を水源とした洪水攪乱の少ない、貧栄養な水質の実験地において明るい湿地の再生を行う。

##### ②水位変動型実験地

岸辺でのヤナギ類の進入対策や洪水攪乱による貴重種の再生、冠水によるセイタカアワダチソウの抑制効果の検証を行う。

##### ③湿潤環境形成

平均地下水位に沿った掘削により湿地環境を積極的に再生する手法の検証を行う。

(2) 段階施工計画

試験施工の結果を踏まえ、現時点の知見における当面の階施工計画について施工範囲や施工順序を検討する。(図-12)

- ① 現況を保全する地区への影響を考慮し、水路に近く乾燥化が進んでいる地区を優先して施工する。
- ② セイタカアワダチソウ等の外来種が多く生息している場所を優先して施工する。
- ③ 環境の累積変化やモニタリング時の影響を考慮し、連続した近接施工を避ける。
- ④ 想定外の環境変化など段階的な施工に影響を及ぼす場合は、必要に応じて順応的に計画を見直す。

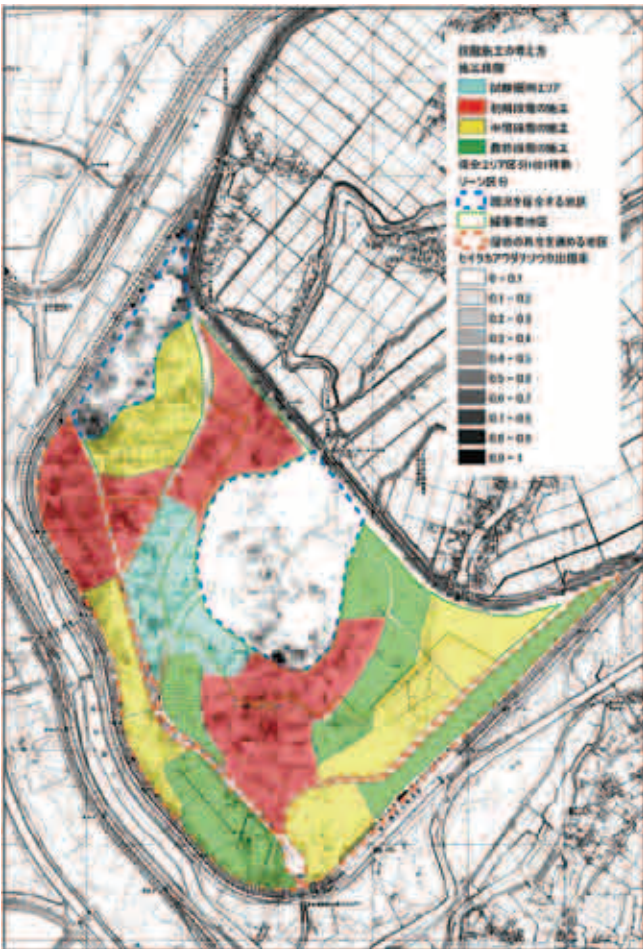


図-12 段階施工の考え方

6. モニタリング計画の検討

段階施工において環境評価を行うためにモニタリングを実施する。モニタリングについては有識者等の意見を反映する体制を整え、計画的に実施することとするが、現地を活動の場とするNPO団体、学識者などが自主的に参加し、湿地保全再生に関する情報・意見交換を行う体制も整備する。

モニタリングとしては、順応的管理を行うための調査項目を明確にし、その観測箇所、頻度などが段階施

工計画と整合のとれたものとして検討する必要がある。

7. 終わりに

渡良瀬遊水地の中に入ると、広大な湿地の中に沢山の自然があり、外では見られない貴重な植物が当たり前の雑草のようにのびのびと生育している。

今後実施する試験施工においては、渡良瀬遊水地では普通に見られる貴重な自然が保全再生されるようにモニタリング計画を作成し、自然の不確実性に対応できるようなモニタリングの体制を検討していく必要がある。

<参考文献>

- 1) 渡良瀬遊水地の自然保全と自然を生かした利用に関する懇談会：渡良瀬遊水地の自然保全と自然を生かしたランドデザイン (2000)
- 2) 利根川上流河川事務所：H20 渡良瀬遊水地湿地再生手法検討業務報告書 (2009)
- 3) 利根川上流河川事務所：H21 渡良瀬遊水地湿地再生手法検討業務報告書 (2010)
- 4) 渡瀬遊水池湿地保全・再生計画 (2010)
- 5) ハイパースペクトルリモートセンシングを用いたセイタカアワダチソウの分布推定と必要な対策 (2010) 東京大学保全生態学研究室