2．これまでの調査・検討経緯について

2-1．広里地区湿原再生について

2-1-1．広里地区自然再生事業の目的と目標

目　的：「釧路湿原自然再生事業基本方針」に基づき，広里地区の自然をパイロット的に再生すること。

目　標：①農地造成跡地→１９６０年代後半（＝広里地区の農地造成前）の姿に再生する。
②ハンノキ林→調査結果を踏まえ，検討する。

2-1-2．平成１４年度広里地区自然環境調査概要（図2-1-1）

事業地内の物理化学的、生態的環境を広域的かつ定量的に捉え、現存植生と物理化学的環境との関係等を科学的に検討するため、植物調査、水位・水質調査、地質調査、気象調査、動植物調査等を行い検討に必要な基礎資料を収集し、自然再生のモデルを構築することを目的とする。

地質調査

ボーリング調査

ハンドオーガー（φ75）　　調査地点　148ヶ所　　深度　約２m

深度0.2～0.5m泥炭（Ap）　0.5～0.6m火山灰及びシルト（Ac）　0.6m～２mは泥炭（Ap）

水位観測管の設置

調査地点　148ヶ所　　有孔塩ビ管（φ50VP）を投入し水位観測井戸を設置

現場透水試験　　調査地点　42ヶ所

地形測量調査

地形測量：航空機を用いレーザー計測で微地形を把握　　６月　11月
２mグリッドＤＥＭ

位置、高さ測定：植物調査、水位・水質調査、地質調査、気象調査等に必要な位置、高さを測定

横断測量：旧雪裡川、十二号支線川、二号の一川、及び明渠排水路との交点

水位、水質調査

地下水調査

定時水位観測　166ヶ所　　６月～11月

自記水位．水温．地温観測　７ヶ所　　６月～11月

地下水水質調査　51ヶ所　　７月・11月

河川水調査

河川水位調査　４ヶ所　　６月～11月

河川水質調査　25ヶ所　　７月　11月

河川流量観測調査　３ヶ所　　７月　８月　10月　11月

土壌水調査

上層（地表より0.1～－0.2m）　121ヶ所　　７月　11月

中、下層（－0.5m～－1.0m）　11ヶ所　　７月　11月

生物調査

植物調査

植生調査

方形区（４㎡）　151ヶ所　　　７月

・７つの群落に区分

・農地造成跡地（再生サイト）はイワノガリヤス群落　エゾオオヤマハコベ－ヤラメスゲ群落　エゾオオヤマハコベ－オオアワガエリ群落に区分される。

・リファレンスサイトはムジナスゲ－ヨシ群落

・ミズゴケ属植物　８種　　維管束植物 35科96種
着目すべき種　８科13種
ハンノキ年輪調査
ハンノキ林伐採試験区（25m×25m）　２ヶ所　で皆伐した一部の幹　　２月
幹の長さ　B22　0.6〜1.5m　　B41　1.1〜2.9m
年輪数　　B22　４〜27　　B41　６〜37
埋土種子発芽試験　　　採取地点　５地点　地下（25-35cm　55-65cm　85-95cm）
湿原植物の発芽は多く見られなかった。
動物調査
哺乳類調査
コウモリ類調査　　　バットディレクター　　　８月
最低２種類のコウモリが生息している可能性あり。
ネズミ類捕獲調査　　シャーマントラップ　　　　　９月　10月
２科５種を確認
痕跡調査　　１月
中・大型哺乳類　４科５種を確認
鳥類調査
ポイントセンサス　　12地点　　６月　８月　９月　10月　１月
定点観測法　　　　　２地点　　６月　８月　９月　10月　１月
29科66種を確認　　着目すべき種類（15種）
タンチョウ調査
行動圏調査　餌資源調査を実施
両生・爬虫類調査　５月　７月
両生類　キタサンショウウオ　エゾアカガエル　ニホンアマガエル
爬虫類　確認できず。
キタサンショウウオ調査
トラップ調査　テレメ調査　食性調査　分布調査　　ＨＥＰ解析　年齢調査
昆虫類調査
一般採集調査　　　15地点　　６月〜８月
ピットフォールトラップ調査　　　　５地点
ライトトラップ調査　　　　　６地点
109科465種　　着目すべき種類　15科18種
土壌動物調査
リファレンスサイトと再生サイト　２地点　　　８月　10月
リファレンスサイトと再生サイトで土壌を採取し土壌動物（トビムシ類）の比較・検討を行った。
10科52種3367個体が抽出
再生サイトは個体数が多いが，種類数は少ない。
リファレンスサイトは２回の調査で抽出された種は６種類とリファレンスサイトは再生サイトより安定している。

気象調査

雨量・気象調査　　　雨量計、気温計　　６月〜11月
蒸発量調査　　広里　：７地点　釧路町中央６丁目:１地点　　９月〜11月

図2-1-1　広里地区自然環境調査概要図

2-1-3．広里地区の再生事業の検討（地下水位および地下水水質の把握と地下水環境再生手法）

湿原再生の必要性は、まず、地下水の動態や水質成分の健全性の診断結果をもとに検討することが重要である。そこで、地下水動態ならびに水質成分から再生検討地区の健全性を検討した。さらに、この物理化学環境とハンノキ林を含む現存植生分布の関係を把握することも狙いとしている。

１）再生すべき場所の抽出（農地部分、ならびにハンノキ拡大箇所）

１）－１　放棄農地区域について

広里地区は、釧路平原の泥炭地にあたり、ほとんどがスゲ・ヨシを主要構成種する低位泥炭からなる。また、景観的特徴から、農地跡地（以後、農地区域）、ハンノキ林分布区域、現湿原区域の三地区に区分される。農地地区では、現在、牧草などの本来の湿原に現れる植物種とは異なる植生が繁茂しており、その分布の状態からも放棄農地は湿原環境と異なるものと考えることができる。

この広里地区において全体の地下水位分布を2002年6月から11月に調査した結果、現湿原区域での地表面水位が0～-0.4m程度であることに対し、農地区域では-0.3～-2mと旧雪裡川に向けて急激に低くなっており、農地区域全域で乾燥化が進んでいることがわかった（図2-1-2）。

しかも、この傾向は、旧雪裡川下流部周辺で顕著であった。こうした乾燥化傾向は、明渠排水路周辺よりも特に旧雪裡川周辺で顕著であることから、旧雪裡川の水位低下が影響していると考えられる。さらに、調査期間中の地下水位の変動幅および標準誤差の分布を調べた結果、現湿原区域では地下水位がほぼ一定で安定しおり、農地区域では変動が大きいことがわかった（図2-1-2）。

一方、地下水水質成分の分布を、夏季（7月）・秋季（11月）に調べた結果、現湿原区域に較べ農地区域で硫酸イオン（SO_4^{2-}）・カルシウムイオン（Ca^{2+}）濃度が高くなる傾向が得られている。これは、泥炭の土壌改良剤として用いられる石灰や硫酸アンモニウム（$(NH_4)_2SO_4$）などが土壌に残留しているためと考えられる。また、7月の硝酸イオン（NO_3^-）濃度が農地で高くなる傾向が得られた。これは、pHが農地区域で低い傾向があることから、乾燥化によって好気的な条件となり、比較的気温の高い時期に微生物活性が高まっているためと考えられる。農地乾燥化の影響は、こうした無機化速度の上昇に現れると思われる。

これらの結果から、農地区域は明らかに本来の湿原とは異なる異常な環境であり、この乾燥化が本来の湿原種とは異なる植生を分布させていると考えることができる。

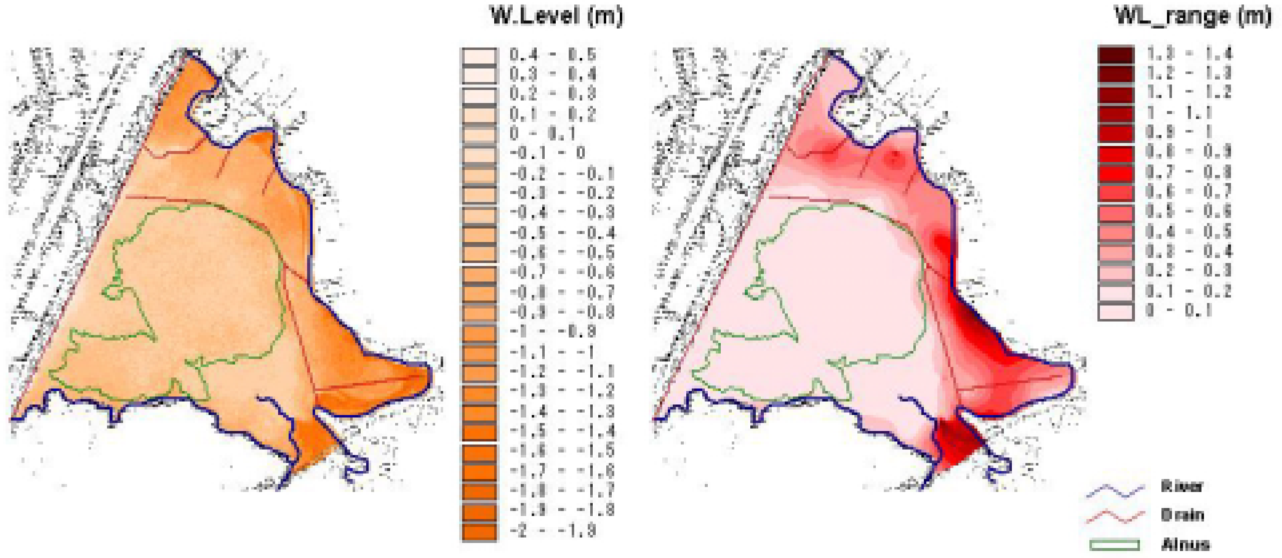

図2-1-2　観測時の地表面地下水位分布（6月）と観測期間地下水位変動幅分布

１）－２　ハンノキ林分布域について

現湿原区域では、過去の航空写真から、1970 年以前はヨシやスゲ類が優占する湿原であったと推定されるが、1970 年代頃からハンノキが確認されており、現在では、ハンノキ林が円形に分布している様子が明確に現れている（図 2-1-3)。また、その分布域は 1993 年から 2000 年までの 7 年間で約 13ha 拡大し、さらには樹冠が密な区域が拡大している（松原ほか、2003)。現湿原内部においてハンノキ林分布域は、地下水位が高い場所に位置し、電気伝導度（EC)・ナトリウムイオン（Na^{+})・塩化物イオン（Cl^{-}）濃度が顕著に高くなる傾向が得られている。

これらの水質成分の高かった部分は、ハンノキ林の分布域と類似しており、ハンノキ林と水質成分の間になんらかの関係があることが示唆された。しかしながら、こうした地下水位の状況や栄養塩類の過多が、ハンノキ侵入や定着の原因なのかは定かではない。今後、実生の定着状況の確認とともに、これらの栄養塩類の関係を詳細に検討する予定である。

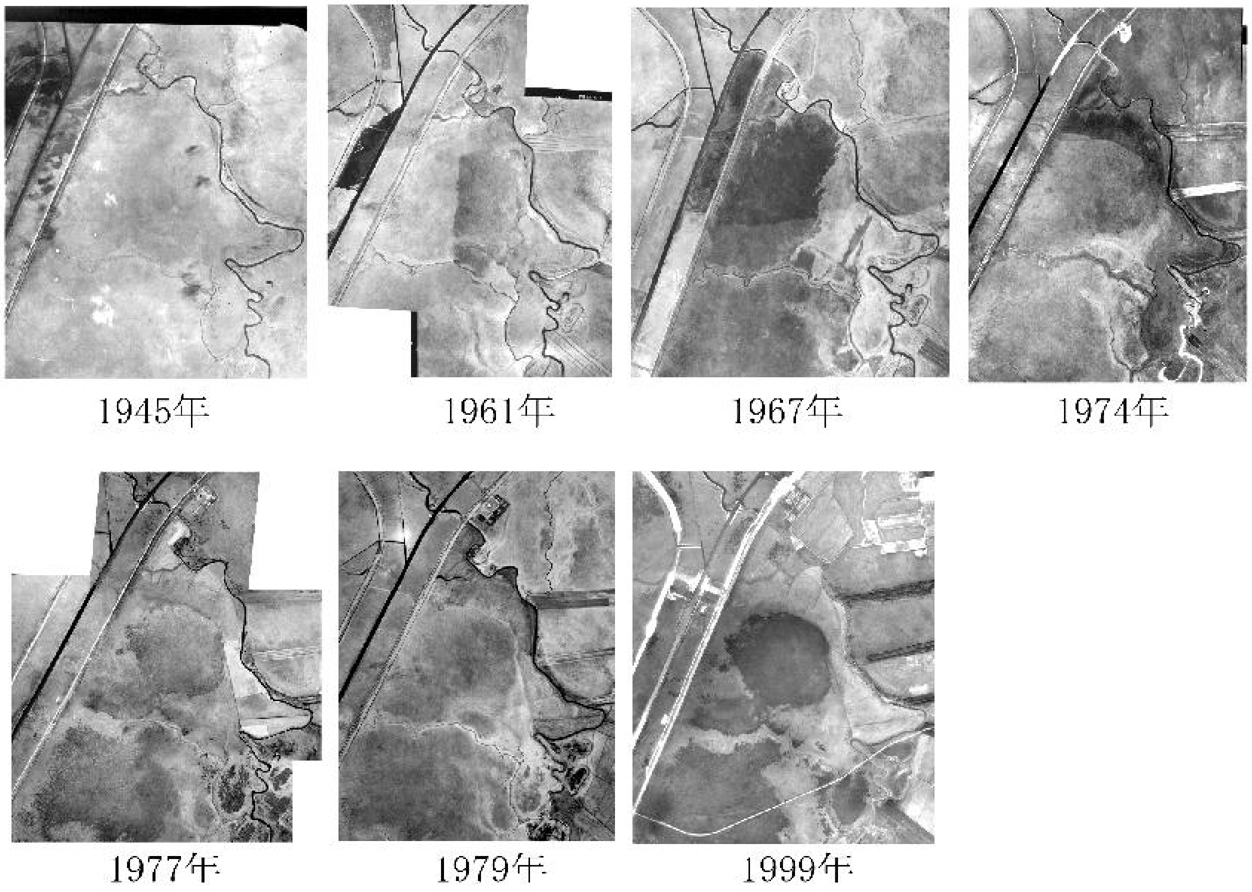

図2-1-3　広里地区経年変化

２）　reference site = 保全すべき場所の抽出（手本であり、種の移入供給箇所）

再生の目標像となるリファレンスサイトには、再生サイト周辺の人為的攪乱が加わる以前の生態系を選択することが望ましいが、こうした地域が周辺にない場合は、過去の空中写真や調査資料をもとにその目標像が描かれる。同様に、広里地区周辺でも全く人為的影響がない自然区域を探すことが困難であったため、1945年以降の過去航空写真、現地踏査よりリファレンスサイトを選択した。この条件により、現在も土壌が湿潤状態にあり、ムジナスゲ－ヨシ群落が分布している区域をリファレンスサイトとして設定した。

３） 原因の解明→調査内容

これらの結果より、①農地区域の乾燥化、②農地区域における施肥の残留、③ハンノキ林分布域の拡大、④ハンノキ林分布域における水質値の異常が明らかになった。

農地区域における乾燥化の原因は、現在のところ旧雪裡川の分断による水位低下の影響が大きいと考えている。これについては、地下水流動モデルを用い過去の雪裡川の水位を推定した解析結果から検討しているところである。一方、ハンノキ林分布域の拡大およびハンノキ林分布域における水質値の異常については不明な点が多い。

これまでの釧路湿原で行われたハンノキ林に関する多くの研究では、こうしたハンノキ林の拡大は、上流域の土地開発によりもたらされた氾濫原の土砂堆積と関係があるものと議論されているが、広里地区でのハンノキ林分布域の拡大は、このような土砂堆積の影響はないため、地下水位や水質の無機環境の変化となんらかの関係があるものと考えている。

広里地区でハンノキ樹高と無機環境の関係を調べた結果、地表面水位が0㎜付近、水位変動幅が大きい立地環境で樹高が高くなる傾向も得られている。今後は、ハンノキ林の拡大要因を土砂堆積の影響とは分離して、地下水や栄養塩類との関係から追及する予定である。

４）検証および再生方法を検討するための実験

当初、リファレンスサイトと同様な地下水環境に近づけるため、①地盤を現在の地下水位まで掘下げ、相対的に地下水位を上昇させる方法, ②明渠排水路を埋め戻す方法を検討してきた。現在、農地区域の一部では、地盤掘下げによる無機環境・植生の回復効果を実験的に検討しているところである。しかしながら、①の方法を農地全域に採用すると深い位置まで掘下げなくてはならず、大規模な工事が必要である。また、泥炭層が非常に薄いため、場所によっては下層の砂礫層が露出し、塩水が浸出し滞留する可能性がある。一方、②の方法を採用しても、現在、既に明渠排水路のほとんどは、排水施設として機能していないため、埋め戻しても農地区域全域がリファレンスサイトのような地下水状態に戻ることは期待できないことが、本調査結果により判明している。さらに、農地区域に施肥の影響が残っているなど、検討すべき課題は多い。しかし、まず地下水の動態に着目すれば、農地区域乾燥化の解消には、旧雪裡川の水位の上昇が最も効果的と考えており、現在、河川水位上昇により、湿原地下水位がどの程度回復するのかを地下水流動モデルを用いて解析中である。この結果をもとに、実際に水位上昇を行い、効果の検証を行うことも今後の検討課題として挙げている。

前述したように、農地開発はじめとする人為的影響を通してもたらされるハンノキ林の拡大やそれに伴う低層湿原の減少が、現在、釧路湿原で大きな問題として挙げられている。こうした人為的影響によってハンノキ林が拡大した場所では、ハンノキ拡大以前の生態系を保全するために、今後何らかの処置を施すことが再生計画の選択肢のひとつとなることも考えられる。仮に、ハンノキ林の管理が選択された場合、現在ではハンノキの存在に対応した生態系が形成されている可能性があるため、管理する際には最善の注意が必要である。現に、ハンノキ林の下層には、クシノハミズゴケが繁茂しており、ハンノキの伐採はこうした下層の湿生植物に影響を及ぼすことが考えられる。

これまでの事例では、ハンノキ林除去による下層植生への影響が調べられている。また、ハンノキ林が湿原内部に流入する栄養塩類に対してバッファーとなり、貧栄養地のミズゴケ群落が維持されているという意見もある。しかしながら、こうしたハンノキ林の効果や影響については明らかになっておらず、ハンノキ林をそのままにしておくべきかどうかについて判断を得られる材料がない状態である。そこで、現在、広里地区ハンノキ林の一部で伐採を行いこのハンノキ林の効果や伐採の影響を実験的に検討しているところである。

2-1-4．広里地区の再生事業の検討（植生分布と無機環境要因）

１）調査・解析内容

広里地区における現状の植生分布と環境変量との関係を整理し、今後の再生事業の方向性を検討した。

- 広里地区の主要な植生タイプをカバーする2本の調査ライン上に約120のプロットを設置し、各プロットで植生データ（種名と被度）と無機環境データ（地下水位・土壌水中の溶存成分濃度）を調べた。
- 植生データと無機環境データとの関連性を評価するために、両データを用いた環境傾度分析（Canonical Correspondence Analysis:CCA）を行った。

２）結果・考察

２）－１　リファレンスサイトの設定

- 広里地区では、かつて農地改変（排水・表土攪乱）を受けた部分があり、その植生は明らかに湿原とは異なり牧草種（オオアワガエリ等）や乾性草原性の種（エゾオオヤマハコベ等）が優占分布しているため、先ずはその旧農地エリアを最も重要な再生サイトとした。
- 従って、その目標像は農地改変される以前の状況とすることが望ましいが、当時の詳細な情報を得ることは困難であるため、現状の地域生態系のなかでそのリファレンスサイトを設定することを現実的な手段とした。人為的影響を直接受けていない広里地区内の現存群落をリファレンスサイトの選定対象とし、過去に撮影された空中写真の判読から、旧農地エリアで一連の分布域を形成していた植生に最も近いと推測されたムジナスゲ-ヨシ群落に決定した。

２）-２　ＣＣＡ解析結果（図2-1-4、表2-1-1）

- 最も分散説明率の高いCCA第１軸によって、湿原エリアから旧農地エリアへの変化が表現された。第一軸における植生的な序列は次のようになった：湿原エリアに分布するハンノキやムジナスゲの優占群落から、旧農地エリアと湿原エリアの移行帯に分布するイワノガリヤス群落、旧農地エリアに分布するエゾオオヤマハコベの優占群落へと配列された。その配列に対し、地下水位の平均値・土壌水の塩類濃度（正の相関）や地下水位変動（負の相関）が最も強い関連性を示した。これらの結果は、湿原内部から旧農地エリアへ向かう植生変異と、それに連動する水位・水位変動・塩類濃度によって表される環境変異が、広里における地域生態系の最も主要な変異であることを意味している。
- 牧草種や乾性植物が分布する旧農地エリアでは湿原エリアに比べて非常に低い塩類濃度が検出されたが（Na^+: 3-8mg/L, Cl^-: 4-6mg/L程度）、一般的な湿原における濃度レンジとほぼ同程度であり、特に湿原植物の分布にとって障害となる状況ではないと考えられる（むしろ湿原内部の濃度値が異常に高いといえるが、その原因や植生への影響は分かっていない。Na^+: 30-40mg/L, Cl^-: 50-70mg/L程度）。従って、CCA1軸上で展開された湿原植生から旧農地植生への植生変異と、塩類濃度の変異については直接的な因果関係はないと思われる。
- 水位環境については旧農地側の群落で極めて水位が低く水位変動が大きいことが示された(図2-1-5)。一般に、湿原は安定した水供給の受けられるところで発達するため、このような水文環境は明らかに湿原植物の分布を妨げていると考えられる。これらのことから、湿原植生から旧農地植生への植生変異は、水位環境変化すなわち乾燥化による影響を強く受けたものであると結論できる。

表2-1-1．全調査プロットによるCCA解析結果の要約

	Axis 1	Axis 2
固有値	0.737	0.342
分散説明率 (%)	15.3	7.1
モンテカルロテスト (p-value)	< 0.01	< 0.01

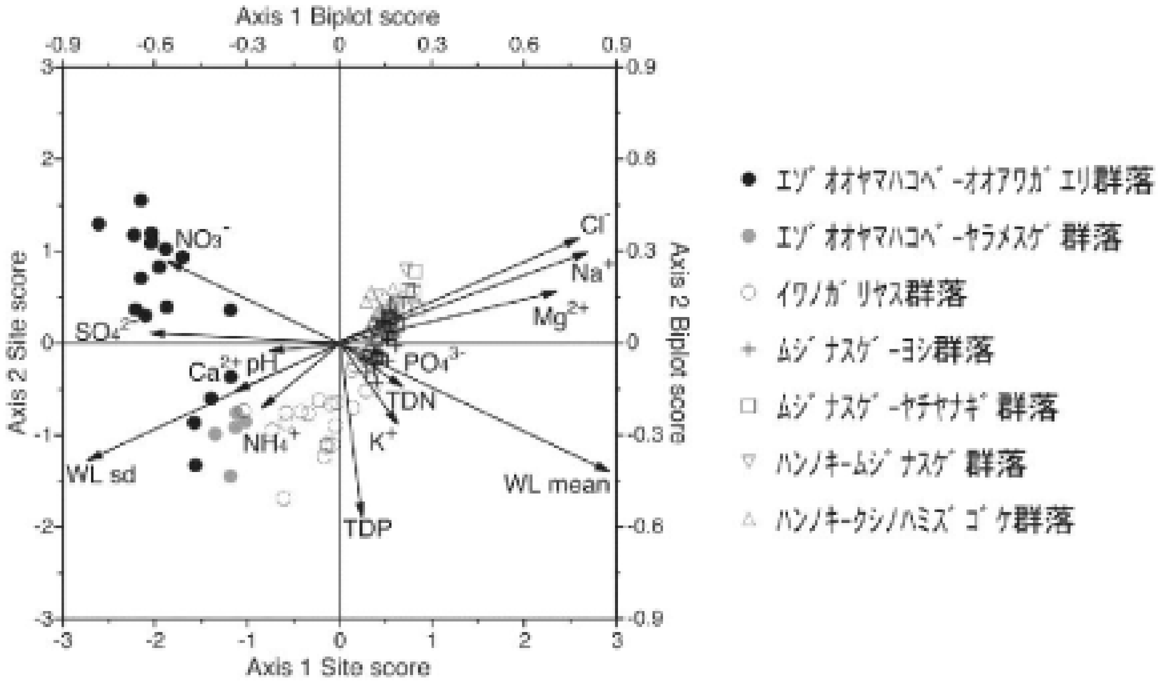

図2-1-4　全調査プロットによるCCA結果

図中のシンボルは各プロットのSite scoreによって配列され、矢印は各環境要因のBiplot scoreを表す。Axis 1は全分散の15.4%を表し、Axis 2は6.7%を表した（両軸共に$p > 0.01$ by Monte Carlo test)。WL mean：地下水位（平均値）、WL sd: 地下水位変動（標準偏差）、TDN: 全溶存体窒素、TDP: 全溶存体リン

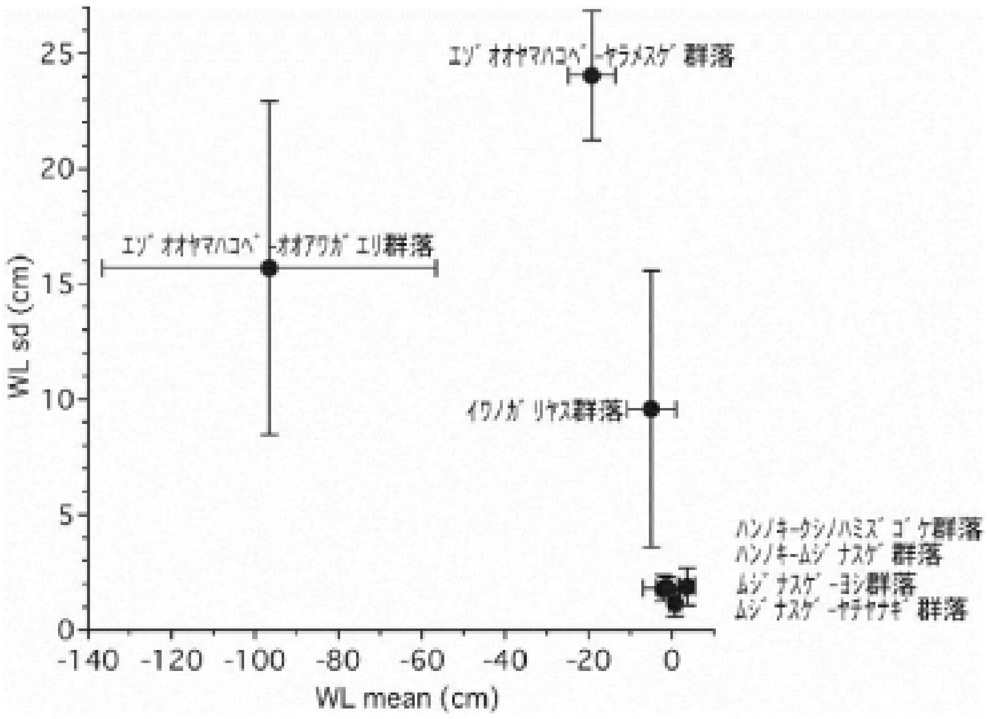

図2-1-5　各群落における地下水位（WL mean）と地下水位変動（WL sd）
図中に示された上下左右のバーは各変量の標準偏差を表す。

３）広里地区における湿原再生へのアプローチ

３）－１　旧農地エリアでの湿原再生

・環境傾度分析の結果、乾燥化が大きな植生変異をもたらしていることが明らかとなり、旧農地エリアでの早急な地下水位上昇対策が必要であることが示された。

・そこで、広里地区内の明渠排水路の堰き止め及び旧農地の脇を流れる旧雪裡川の堰上げ（広里地区末端部に堰を設ける）による系外への排水阻止や、旧農地エリアでの地盤掘り下げによる地表面水位の上昇措置を組み合わせた対策が現段階での候補に挙げられている。地盤掘り下げに関しては、非常に強い攪乱をもたらすことになるため、試験的な実験区を現地に設け、その掘り下げ試験区内における水質変化や水位変化、植生回復挙動などのデータを十分蓄積したうえで、旧農地全域への適用を慎重に検討する予定である。

・既に始められている掘り下げ試験では、リファレンス群落であるムジナスゲ-ヨシ群落の水位と同等の水位環境を、再生サイトである旧農地エリア試験区で再現させるために、予備調査によって得られた両地区における水位データの比較によって掘り下げ深度が決定された。また、傾斜掘り下げ区の設置や、リファレンス群落構成種の種子（ヨシ）を播種した処理区を組み込むなど、多元的な方向から湿原再生に最適なアプローチを検証できるようなスタイルで試験が行われている。

３）－２　ハンノキについて

・急激に増加したハンノキ林の対処については、まずハンノキの生育適地を明らかにし、それをもとにハンノキ増加の直接的な原因を特定するプロセスが、今後の事業の方向を決める上で非常に重要となる。

しかし図2-1-4や図2-1-5が示すように、湿原内部に分布するハンノキやムジナスゲの優占群落はそれぞれ非常に似通った環境に成立していることが明らかとなった。従って、現段階で得られているデータからはハンノキの生育適地を特徴づける環境要因はうまく抽出できていない。よって、今後も様々なアプローチによる調査・実験が必要である。

2-1-5．試験的事業の実施（次頁）

広里地区の再生事業の検討を踏まえ農地跡地及びハンノキ林において試験的事業を実施した。

農地跡地：表土剥ぎ取り試験

植生，地下水位，地盤高が異なる試験区において，表土の剥ぎ取りの深さを変えることによる植生の回復を調査する。

ハンノキ林：ハンノキ林伐採試験

ハンノキ林伐採により，林床の湿原植生や地下水等の環境条件がどのように変化するかを調査する。

平成 14 年度自然再生事業（広里地区）の概要

①表土剥ぎ取り試験

◇植生、地下水位、地盤高が異なる試験区において、表土の剥ぎ取りの深さを変えることによる植生の回復状況を調査.
写真 1-1,1-3
◇剥ぎ取り土量
439.5m^3
◇使用重機
小型バックホー（掘削土量 0.2m^3）
小型特装車（搬出土量 0.8m^3）
写真 1-2,1-3,1-4
◇工事が湿原に与える影響を最小限にするため、工事に用いる重機は人力によって敷設されたアイスブリッジ上を通行
写真1-4
◇搬出土砂は敷地内に仮置きし、今後の土壌調査等に活用
写真1-5

1-1. 表土剥ぎ取り試験区の概観（試験区 3）

1-2. 人力によるアイスブリッジの施工

1-3. 小型バックホーによる剥ぎ取り

1-4. 小型特装車による土砂搬出

1-5.農地跡地表土の断面

調査区の設定
・B ライン上の 3 箇所に設置
⇒植生・地下水位・地盤高に相違
・各調査区内に 4 タイプの処理区
⇒TypeA：無処理（コントロール）
TypeB：地盤掘り下げ、播種無し
TypeC：地盤掘り下げ、播種有り
TypeD：傾斜掘り下げ
*播種はヨシの種子を利用
・各処理区内に 5 コドラート
＊調査区（30m×35m）×3 箇所
⇒処理区（5m×20m）×各 4 Type
⇒コドラート（1m×1m）×各 5

②ハンノキ伐採試験

◇ハンノキ伐採により林床の湿原植生や地下水等の環境条件がどのように変化するかを調査
写真 2-1～2-4
◇伐採作業
伐採作業が自然に与える影響を最小限にするため、人力による伐採を実施
写真 2-5
◇搬出したハンノキは敷地内に仮置きし年輪調査等のサンプルとして利用
写真 2-6

2-1. 伐採試験区 1（施工前） ⇒

2-2. 伐採試験区 1（施工後）

2-3. 伐採試験区 2（施工前） ⇒

2-4. 伐採試験区 2（施工後）

調査区の設定
・B ライン上の 2 箇所に設置
⇒平均的な樹高に相違
・各調査区内に 2 タイプの処理区
⇒TypeA：伐採区
TypeB：非伐採区
・チェックプロット 2 箇所
⇒B ライン、ハンノキ林縁
＊処理区（25m×25m）×2 箇所
⇒小調査区（5m×25m）×各 5

2-5. 人力による伐採作業

2-6. ハンノキ伐採木

③関連施設等の設置

◇情報発信施設
事業地の映像をインターネットを通じて公開（仮設）
写真 3-1
◇高所作業車専用駐車場
タンチョウ監視に用いられる高所作業車のための駐車場（仮設）
写真 3-2
◇立入防止柵
広域農道側から広里再生事業地への立ち入りを防ぐための柵
写真 3-3
◇地下水位上昇のための堰上げ予定明渠
写真 3-4

3-1. 情報発信施設

3-2. 高所作業車専用駐車場

3-3. 立ち入り防止柵

3-4. 明渠堰止め予定箇所

2-2．幌呂川地区湿原再生について

2-2-1．過去の検討経緯と今後の方針について

（1）幌呂川地区湿原再生の目的

幌呂川地区は、過去に改変され、現在は利用されていない土地という点に着目して湿原再生区域に設定したものである。湿原再生の目的は、「釧路湿原の河川環境保全に関する提言」に基づき、湿原周辺の未利用地等について湿原の再生を図ることである。

（2）過去の検討経緯と今後の方針

過去の検討経緯と今後の方針に関するフローを次の図 2-2-1 に示す。

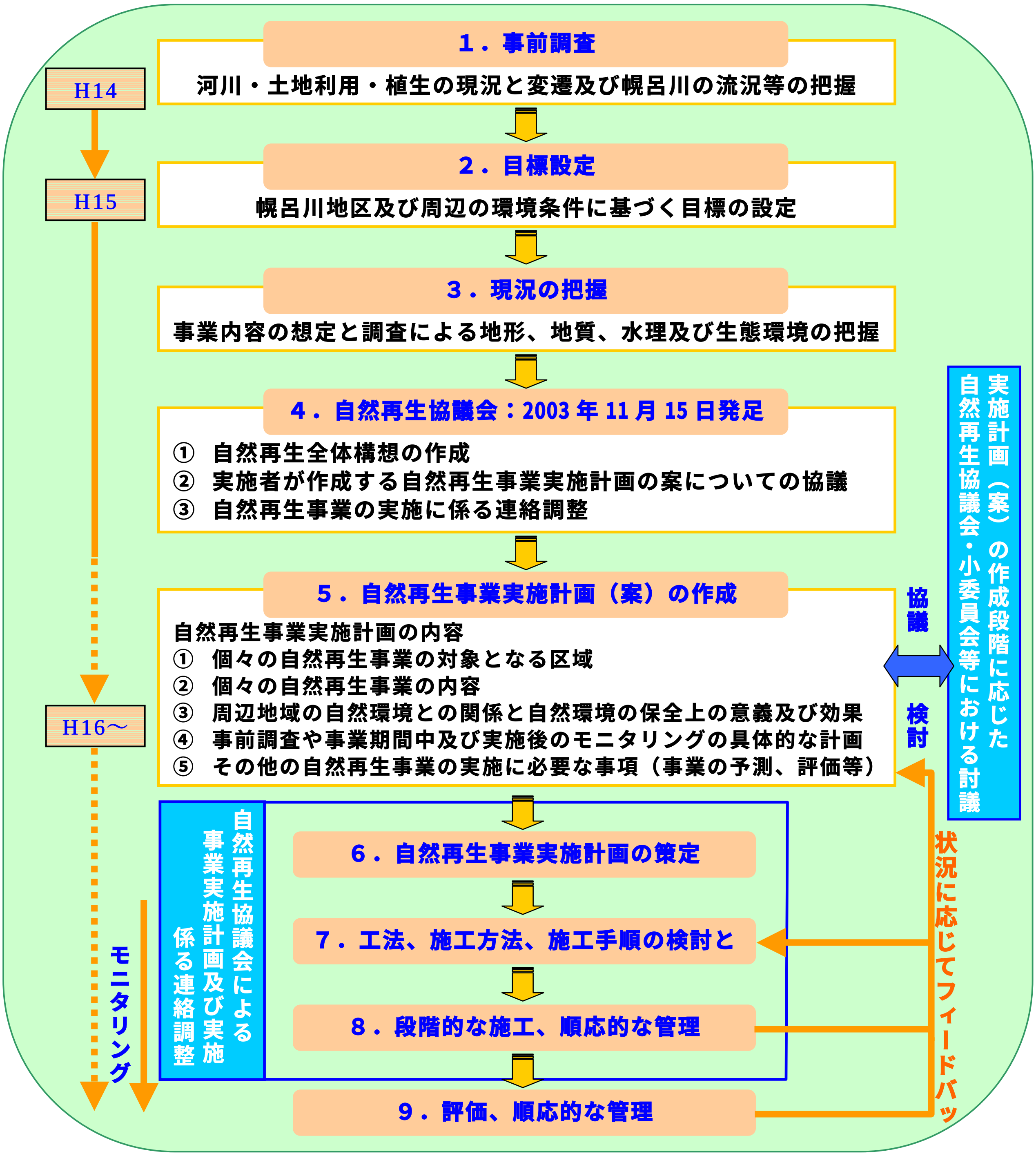

図 2-2-1　過去の検討経緯と今後の方針に関するフロー