

平成 17 年度 サロベツ自然再生事業
再生計画・技術手法検討調査

報 告 書

平成 18 年 2 月

環境省北海道地方環境事務所
アジア航測株式会社

目次

1. 業務概要	1
1.1 目的	1
1.2 履行期間	1
1.3 調査対象地区	1
1.4 業務内容	1
1.4.1 泥炭採掘跡地修復対策	1
1.4.2 水抜き水路堰上げ実証実験	2
1.4.3 原生花園跡地修復対策	3
1.4.4 ペンケ沼流入土砂調査	4
1.5 報告書の作成	5
1.6 打合せ協議	5
1.7 成果品	5
1.8 作業実施体制	6
1.8.1 担当部署	6
1.8.2 担当者	6
2. 泥炭採掘跡地修復対策	7
2.1 浮島変遷状況確認調査	7
2.1.1 調査内容	7
2.1.2 調査結果	12
2.1.3 考察	57
2.2 植生導入手法予備調査	62
2.3 対策方針の検討	68
3. 水抜き水路堰上げ実証試験	72
3.1 堰上げ水路追加調査	72
3.1.1 試験地の概況	72
3.1.2 堰上げ計画	74
3.1.3 モニタリング計画	75
3.1.4 事前調査	76
3.2 仮堰上げ調査	79
3.2.1 堰上げの実施	79
3.2.2 地下水位観測結果	80
3.3 地下水流動解析による堰上げ後の地下水位予測解析	86
3.3.1 解析条件の検討・評価	87
3.3.2 地下水流動解析による堰上げ前の地下水位の再現	93
3.3.3 堰上げ後の地下水位の予測解析結果	96
3.3.4 地下水流動解析結果のまとめと考察	101

4. 原生花園跡地修復対策	102
4.1 植生侵入状況調査	102
4.1.1 調査概要	102
4.1.2 原生花園敷地の現況と課題	103
4.1.3 試験計画の作成	107
4.1.4 試験区の設定	108
4.1.5 モニタリング計画	110
4.2 道路側溝流入物質対策検討	111
5. ペンケ沼流入土砂調査	118
5.1 近年のペンケ沼流入土砂の特性調査	118
5.1.1 礫種等調査結果	119
5.1.2 堆積厚調査結果	124
5.2 主要流入河川の河床堆積物調査	125
5.3 主要土砂生産範囲の絞込み	133
5.4 今後の検討に必要な課題の整理	137
■資料編	
資料1 採面植生調査結果	資-1
資料2 採面基盤調査結果	資-8
資料3 採面横断測線水準測量結果	資-43
資料4 水抜き水路3現地写真	資-54
資料5 水抜き水路3植生調査結果	資-59
資料6 泥炭採掘跡地組成表	資-64

1. 業務概要

1.1 目的

本業務は、環境省が農林水産省と連携して実施するサロベツ自然再生事業の推進に資するために、これまで行ってきたサロベツ自然再生事業再生計画・技術手法検討調査業務の成果を踏まえつつ、事業計画の整理・計画を行うとともに実証試験を検証することを目的とした。

1.2 履行期間

平成 17 年 9 月 21 日～平成 18 年 2 月 28 日

1.3 調査対象地区

調査対象地区は、北海道天塩郡豊富町を中心とするサロベツ湿原とその周辺部の河川、農地、森林である。

1.4 業務内容

1.4.1 泥炭採掘跡地修復対策

(1) 浮島変遷状況確認調査

昨年度整理された浮島の形成年代とペースト状泥炭の分布状況、および浮島の植生相観区分図に基づいて代表箇所を5～6地点抽出し、横断測線を設けて以下の調査を行った。

1) 植生調査

各横断測線上に3～5箇所程度のコドラートを設定し、生育植生の被度群度を記録した。

各横断測線上の生育植生を記録し、植生断面図を作成した。

2) 基盤環境調査

各横断測線に沿って水準測量を実施し、浮島表面の微妙な高低差を計測した。

各測線上の植生コドラートの位置に合わせてピートサンプラーによるコア採取を行い、浮島の堆積構造を把握するとともに、採取したコアから表層および下層の含水比を分析した。

各測線上の植生コドラートの位置に合わせて塩ビ管を挿入し、孔内水位が安定した段階で地下水位を記録した。

各測線上で1箇所ずつ浮島の地下水を採取し、電気伝導度や水素イオン濃度の他、土壌養分に関わる窒素やリンの含有状況を分析した。

上記の調査結果を過去の空中写真から判読できる植生生育域の拡大状況を踏まえて考察し、泥炭採掘跡地の浮島における遷移系列を検討した。

(2) 植生導入手法予備調査

裸地に植物が定着できない要因や植生導入策を実施した場合の植生遷移の推定に活用

できる知見を得るために、継続的に観察を行う地点を立地条件や植生を勘案して選定した。

(3) 対策方針の検討

推定される遷移系列と浮島部の基盤環境を考慮し、各浮島で想定可能な植生修復目標とそこに至るために必要な対策や課題等を検討した。

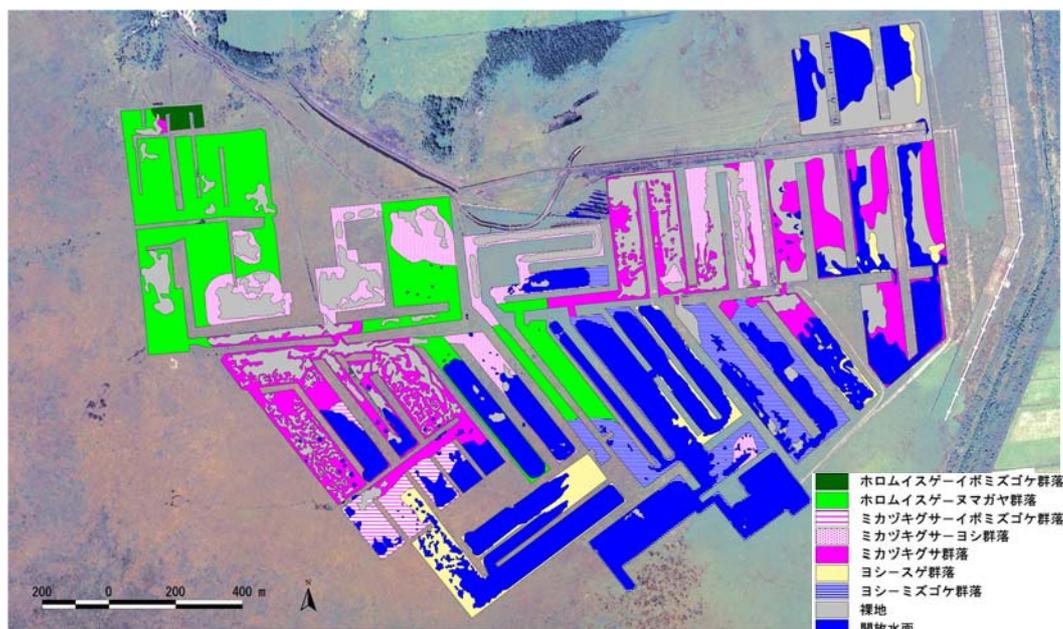


図1.4.1 泥炭採掘跡地植生図

1.4.2 水抜き水路堰上げ実証試験

(1) 堰上げ水路追加調査

旧河川跡近傍に位置する水抜き水路1箇所(試験地3)について、縦横断測量を実施して堰上げの配置計画を検討するとともに、地下水位および植生の観測点を設定し、堰上げ前の調査を実施した(図1.4.2参照)。

(2) 仮堰上げ調査

落合沼から流出する水路を含む3箇所の水抜き水路について、既往の堰配置計画を再検討し、現地で仮堰上げを行うとともに、その後の湛水状況等を確認した。

(3) 地下水モデル検証

別途観測されている水抜き水路周辺の地下水位調査結果をもとに、昨年度検討された地下水解析モデルの適合性を検証し、必要に応じて修正を図った。

さらにこのモデルを用いて、湛水面を上昇させた場合の周辺地下水位の変化を予測し、今後の対応を検討した。

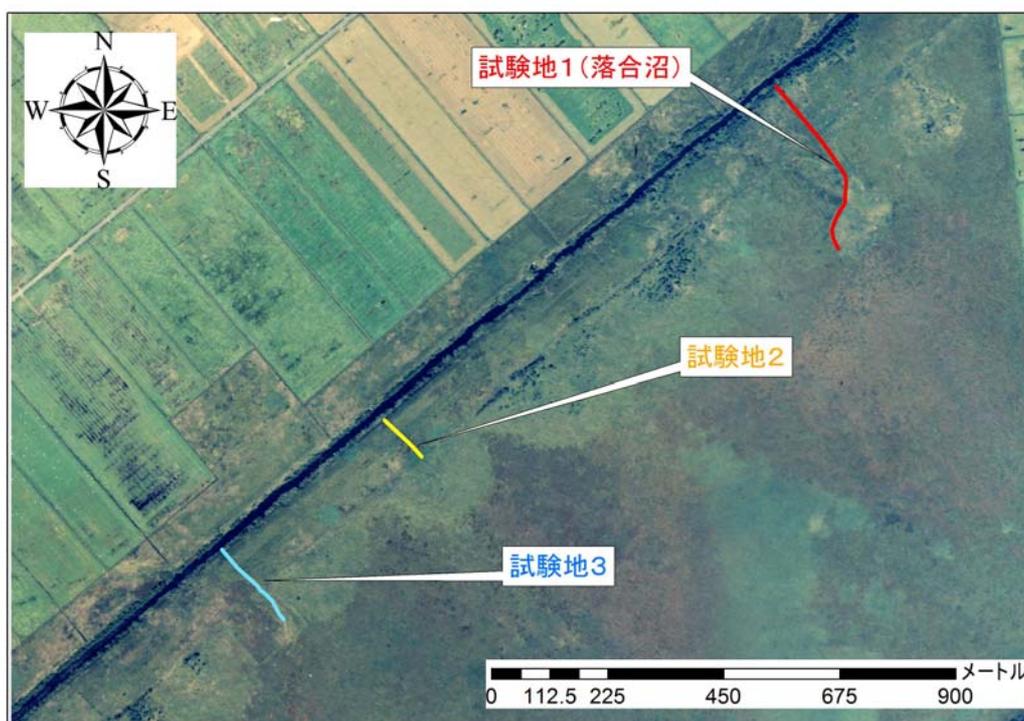


図1.4.2 水抜き水路堰上げ実証試験の位置図

1.4.3 原生花園跡地修復対策

(1) 植生侵入状況調査

ビジターセンター移転後、敷地内にどのような植生が侵入してくるかを予測するために、駐車場の一面に10m×3m程度の試験区を設定し、踏圧の無い状態での植生侵入状況を調査した。

試験区には現状の盛土そのままの区画と深度を変えて盛土表層を剥ぎ取った区画を複数設けた。

(2) 道路側溝流入物質対策検討

原生花園敷地に隣接する円山道路側溝の縦横断測量結果をもとに、上流側から流下してくる栄養塩の回避方策を検討した。なお、検討は道路両側の側溝について実施した。

(3) 対策方針の検討

別途実施される水質調査等の結果も踏まえ、跡地修復に向けた課題と必要な調査検討事項について整理した。

1.4.4 ペンケ沼流入土砂調査

(1) 近年のペンケ沼流入土砂の特性調査

ペンケ沼に現在流入している土砂の生産源を推察するために、近年流入したと考えられる堆積物の特性を把握した。調査は堆積場所による変化を考慮して、代表的な堆積環境（砂州、砂州沖部、自然堤防、後背地等）を選び、以下の項目について実施した。

1) 礫種等調査

現地で採取した2～3試料について粒度と礫種組成を分析した。

2) 堆積厚調査

現地で4箇所程度の簡易貫入試験を実施し、堆積物の層厚を確認した。

(2) 主要流入河川の河床堆積物調査

ペンケ沼内に堆積している新しい土砂の流入経路と生産源を推測するために、主要流入河川の河床堆積物を採取し、粒度と礫種組成を分析した。試料採取は以下の候補箇所を中心に、沼内の礫種分析結果との対応が明らかになるよう流域全体のバランスを考慮して設定した（図4.4.1参照）。

【試料採取候補箇所】

- 下エベコロベツ川：福永川合流前の下流域（1箇所）
 - 中流域の崩壊地近傍（1～2箇所）
 - 上流域の低位段丘、河床堆積物（1～2箇所）
 - 大規模草地周辺の河床堆積物（1～2箇所）
- 福永川：本川への合流前の下流域（1箇所）
 - 中流域の牧草地近傍（1箇所）
 - 農地排水路付近の河床堆積物（1箇所）
- オンネベツ川：農地排水路付近の河床堆積物（1箇所）

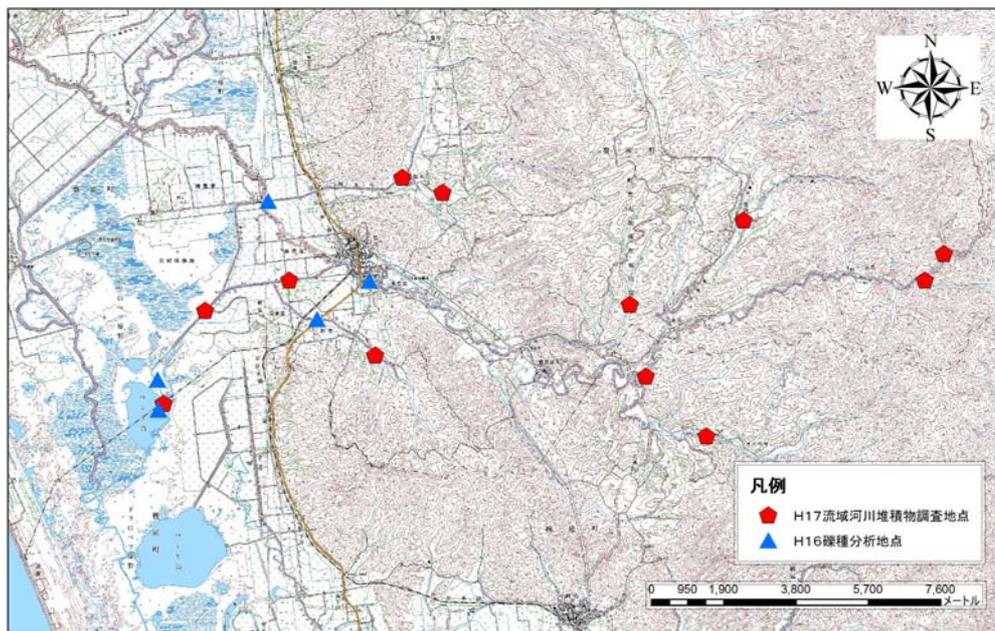


図1.4.1 河床堆積物調査位置図

(3) 主要土砂生産範囲の絞り込み

近年のペンケ沼流入土砂の特性と流入河川の河床堆積物調査結果を基に、ペンケ沼集水域において主要な土砂生産源と推測される範囲の絞り込みを行い、今後のさらなる検討に必要な課題を整理した。

1.5 報告書の作成

調査及び検討結果を、報告書として簡潔にとりまとめた。

1.6 打合せ協議

打合せ協議は、業務着手時、中間時5回、最終報告時の計7回行った。

1.7 成果品

報告書	A4版簡易製本	10部
電子媒体	(CD-R)	5部

1.8 作業実施体制

1.8.1 担当部署

アジア航測株式会社 環境部 地域環境デザイン課
土壌・水環境事業部 コンサルティング・エンジニアリング室
〒215-0014 神奈川県川崎市麻生区万福寺 1-2-2 新百合 21 ビル
TEL.044-967-6120 FAX. 044-965-0028 (事業推進本部)
TEL.044-967-6260 FAX. 044-952-0884 (土壌・水環境事業部)

1.8.2 担当者

管理技術者：佐野 滝雄 技術士 (建設・環境・総合技術監理)
主任技術者：太田 望洋 技術士 (建設・環境)、一級ビオトープ管理士 (施工)
担当技術者：宮原 智哉 技術士 (応用理学・総合技術監理)、地質調査技士
広永 茂男
磯田 真紀
根岸 知子
酒見 秦
三家本史郎
照査技術者：赤土 攻 技術士 (環境・建設)

2. 泥炭採掘跡地修復対策

2.1 浮島変遷状況確認調査

2.1.1 調査内容

(1) 調査項目

浮島の植生を成り立たせている基盤環境と植生との関係を明らかにするために、ペースト状泥炭が厚く堆積している採面と、ペースト状泥炭とブロック状泥炭が混在して浮島状になっている採面（計6採面）において、各採面の典型的な植生分布を示す箇所に横断測線を設け、以下の調査を行った。

■測線に沿って実施

測線に沿って連続的に地表の凹凸と植生の分布状況を記録することによって、微地形と植生の対応を把握する。

- ・水準測量
- ・植生断面模式図の作成

■測線上の代表点において実施

代表点において植生や物理的、化学的性状を調査することによって、浮島の植生基盤としての条件を明らかにする。

- ・植生の被度・群度の記録
- ・ピートサンプラーを用いたコア採集による堆積構造の把握
- ・地下水位観測
- ・含水比の分析
- ・地下水水質の分析

■航空写真判読

- ・植生の拡大状況の把握

(2) 調査測線位置

昨年度までに整理された泥炭採面の採掘年、閉塞年、ペースト状泥炭の分布状況、および植生に基づいて、基盤を構成する泥炭の堆積状況と代表的な泥炭採面を選定し、採面を横断する調査測線を設けた。

各泥炭採面の概要を表 2.1.1 に、調査測線を図 2.1.1 に示す。

表 2.1.1 調査測線を設定した泥炭採面の概要

採面 No.	採掘年	閉塞年	植 生	基盤を構成する泥炭の状況
1	1969年	1970年	ホロムイスゲイボミズゴケ群落が一面に分布している。最も植生遷移が進行している。	ペースト状。厚く堆積。
6	1970年	1975年	ホロムイスゲヌマガヤ群落がほぼ一面に分布している。採面No.1のタイプに次いで植物が多い。	ペースト状。厚く堆積。
9	1971年	1975年	ホロムイスゲミカツキグサ群落が広がっているが、一部に裸地とミカツキグサーヨシ群落がある。	ペースト状。厚く堆積。
12	1972年	1975年	裸地が広がり、縁辺にわずかにミカツキグサ群落が分布している。植生遷移の進行が最も遅れている。	ペースト状。厚く堆積。
18	1973年	1975年	ミカツキグサ群落が斑紋状に分布している。	ペースト状とブロック状泥炭が混在。採掘底面まで達さず、水面に浮いている。
29	1975年	1977年	ミカツキグサーヨシ群落が分布している。最も湿潤な状態にあり、ミズゴケが比較的多く生育している。	ペースト状とブロック状泥炭が混在。採掘底面まで達さずに水面に浮いている。層厚は、特に薄い。

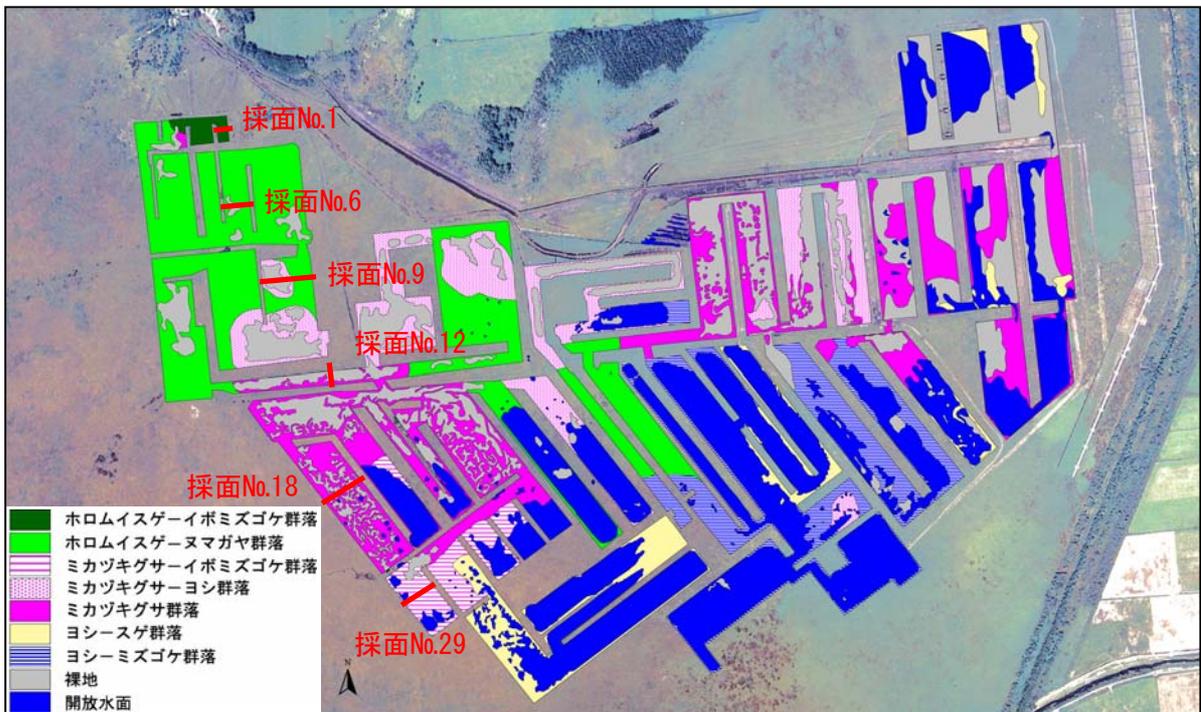


図 2.1.1 調査測線位置

<採面の開削年、閉塞年、ペースト状泥炭の分布について>

平成 16 年度調査で明らかにされた泥炭の採掘とその後の陸域の形成の概要は以下のとおりである。

泥炭掘削は、工場の近くから始められ徐々にその範囲を拡大していった（図 2.1.2）。採掘された泥炭は鑄鉄管を介して工場に圧送され、粉砕された後、濾過フィルターから漏れたものは、排水とともに明渠で採掘跡地に戻された。この排水明渠は、採掘の進行に対応して、何度か付け替えが行われた。図 2.1.3 は、1970 年、1975 年、1977 年、1984 年、1989 年、1993 年、2000 年の航空写真から、明渠が開削された年と戻された泥炭残渣などによって採面が閉塞した年を読み取って図示したものである。

工場から戻された泥炭残渣はペースト状になっており（以下「ペースト状泥炭」という）、明渠から近い採面では、ペースト状泥炭が分布する。一方、明渠から離れた採面ではペースト状泥炭の供給がなく、掘削時に切り残されたブロック状の泥炭（以下「ブロック状泥炭」という）が浮遊しているか、これらもなく開水面になっている。両者の中間的な位置にある採面ではペースト状泥炭とブロック状泥炭が混在している。これらの分布を現地で確認したものを図 2.1.4 に示す。

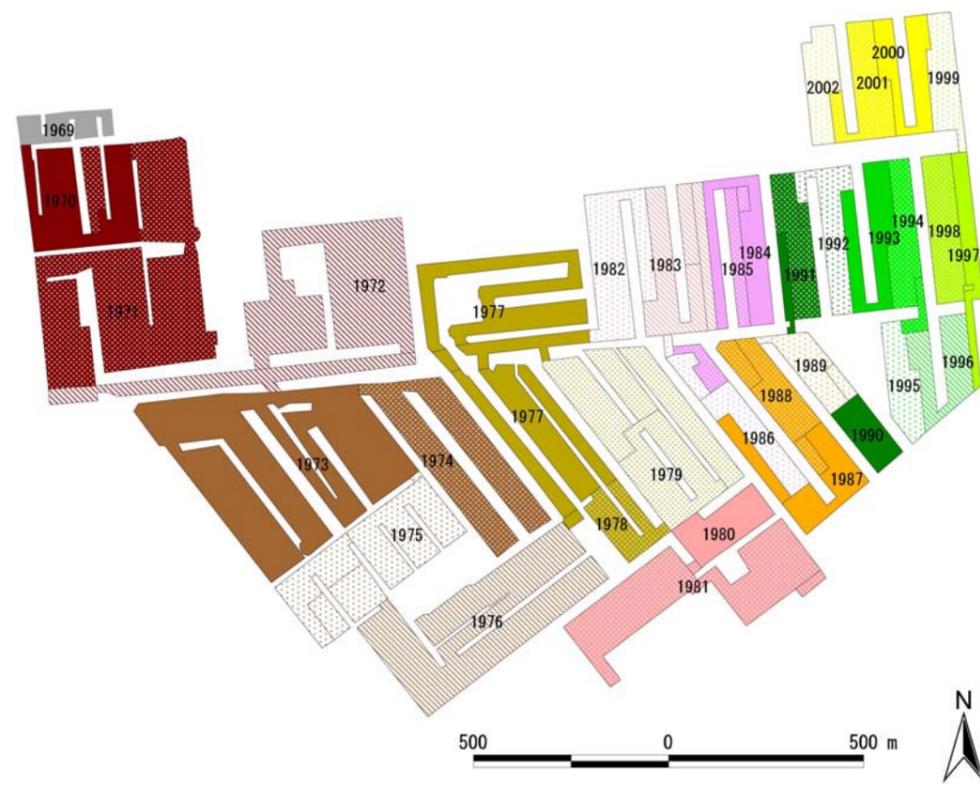


図 2.1.2 採掘地の開削年

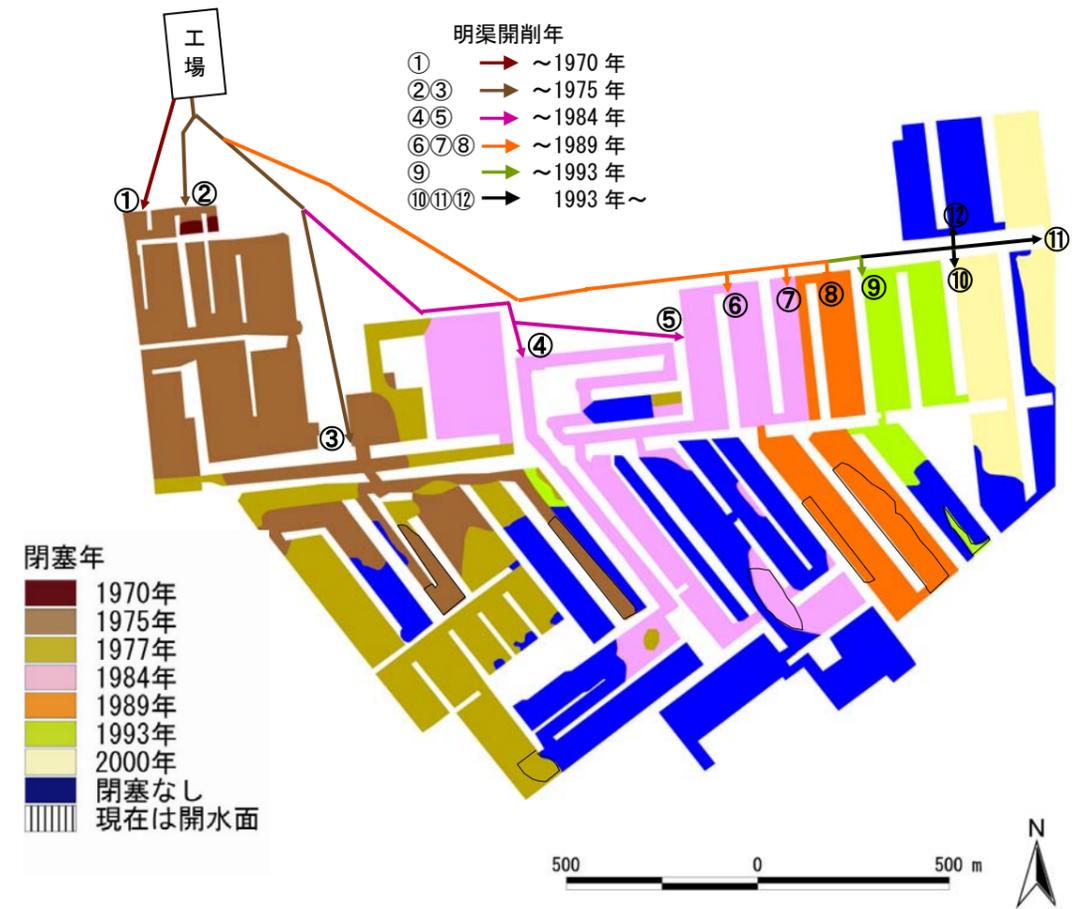


図 2.1.3 採掘地の閉塞年

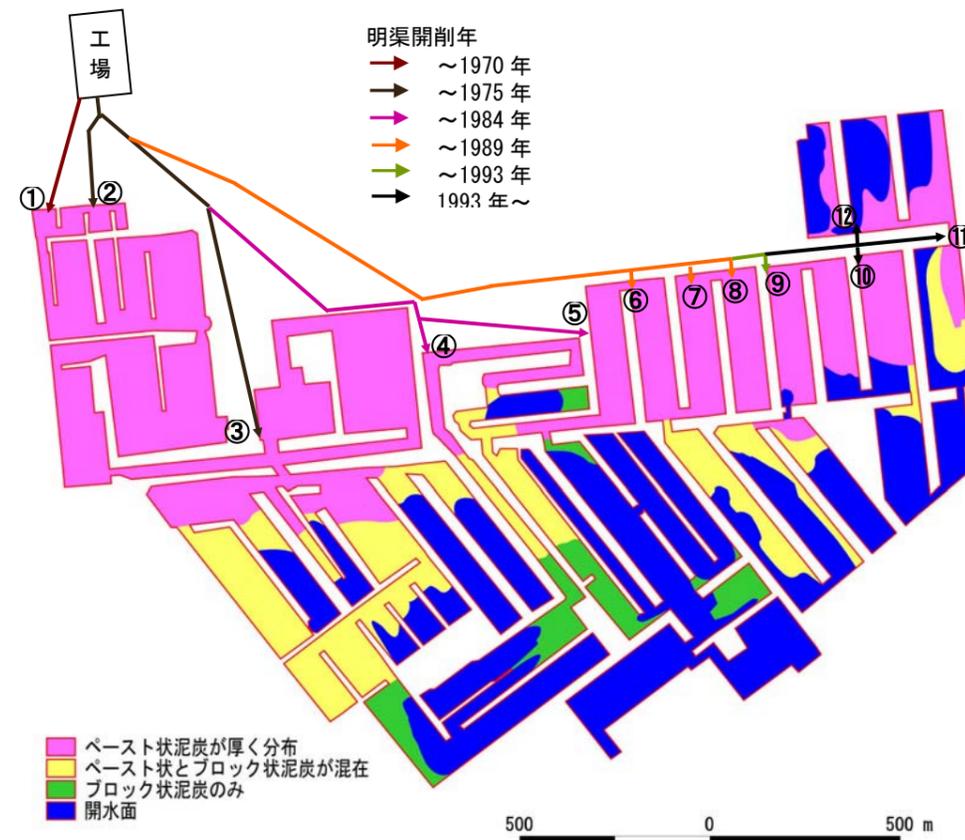


図 2.1.4 ペースト状泥炭の分布状況

現地調査に基づく

(3) 調査方法

1) 水準測量

横断測線に沿って水準測量を行った。泥炭採面の基点（採面No.12 は採面の北端、その他の採面は西端に設置した杭）から 2m 間隔を基本に標高を測定し、さらに地形の変化点について測定した。

2) 植生断面模式図の作成

測線に沿って、植生の繁茂状況を断面図として記録した。亀裂の位置と植物の生育位置は、正確に記録するようにした。また、植物の密度と高さも可能な限り正確に表現するように努めた。

3) 植生の被度・群度の記録

測線上の縁辺や中心部などの位置、植生の繁茂状況の違いなどから代表的な地点を選定し、コドラート（1×1m）を設置して植物の被度・群度を記録した。

4) ピートサンプラーを用いたコア採集による堆積構造の把握

植生コドラートの位置に合わせてピートサンプラーによるコア採集を行った。ピートサンプラーは、1 回に採集できる層厚が 50cm なので、深さ 50cm 毎に採集を行い、性状・硬さ・乾湿状態・色などを観察した。泥炭が厚く堆積している箇所では、深さ 3.5m までコア採集を行った。層厚が薄く、基盤が浮島上になっている箇所では、固形物が存在しないのを確認できる深さまでピートサンプラーを貫入した。



ピートサンプラーによるコア採集



コアの観察

5) 含水比の分析

採集したコアから、深さ 20cm と 80cm 部分の泥炭のサンプルを採取し、含水比を分析した。なお、深さ 20cm は、植物の根茎が主に水分を吸収する層として、深さ 80cm は、ヨシなど特に深い位置に根茎を伸ばす植物が水分を吸収する層として想定したものである。

6) 地下水位観測

植生コドラートの位置に合わせて塩ビ管を挿入し、孔内水位が安定した段階で地下水位を記録した。

7) 地下水水質の分析

各測線上で 1 箇所ずつ塩ビパイプ内にたまった地下水を採取し、電気伝導度や水素イオン濃度、窒素やリンの含有状況を分析した。

2.1.2 調査結果

(1) 泥炭採面の基盤構造と植生

植生断面図、ピートサンプラーによるコア採取結果から推定した堆積構造、経年航空写真を図 2.1.5～2.1.10 に整理し、概況を以下に述べる。なお、以下の項目の調査データは資料編に添付した。

- | |
|------------------------------|
| 資料編に添付 |
| ・各コドラートにおける植生調査結果 |
| ・各測線における水準測量結果 |
| ・ピートサンプラーにより採取したコアの観察結果と状況写真 |

1) 採面No.1

①基盤構造

ペースト状泥炭が 3.5m以上の深さまで厚く堆積している。ペースト状泥炭のみが堆積している箇所とペースト状泥炭と植物繊維が混在している箇所がみられる。

地下水位は G.L.-10cm 前後と高い。



ペースト状泥炭
15m地点：深さ 200～250cm



ペースト状泥炭と植物繊維が混在
1m地点：深さ 150～200cm

②植生

ホロムイスゲイボミズゴケ群落が採面全体に分布している。採面の地表面は全体に過湿状態にあり、ミズゴケが繁茂している。その上に、ホロムイスゲ、ヌマガヤ、ヨシ、サワギキョウ、ナガボノシロワレモコウ、ツルコケモモ、ヤチヤナギ、他の採面ではほとんどみられないホロムイソウやウメバチソウなども生育している。

③評価

典型的な高層湿原植生に近い植生が形成されており、採掘跡地で植生を復元する際のモデルとなる採面である。

この採面は、1969年に採掘され、1970年に閉塞している。閉塞後7年を経た1977年には、部分的に植物群落が形成されており、18年を経た1988年には採面全体が植生に覆われている。35年を経た2005年現在には、高層湿原植生に近い植生が形成されている。環境条件が整えば、30年程度で採掘前の植生に近いレベルまで到達できることを示すものである。

採面No. 1 測線

1969年採掘
1970年閉塞



航空写真による植生の拡大状況の推移 (採面No.1)

調査測線

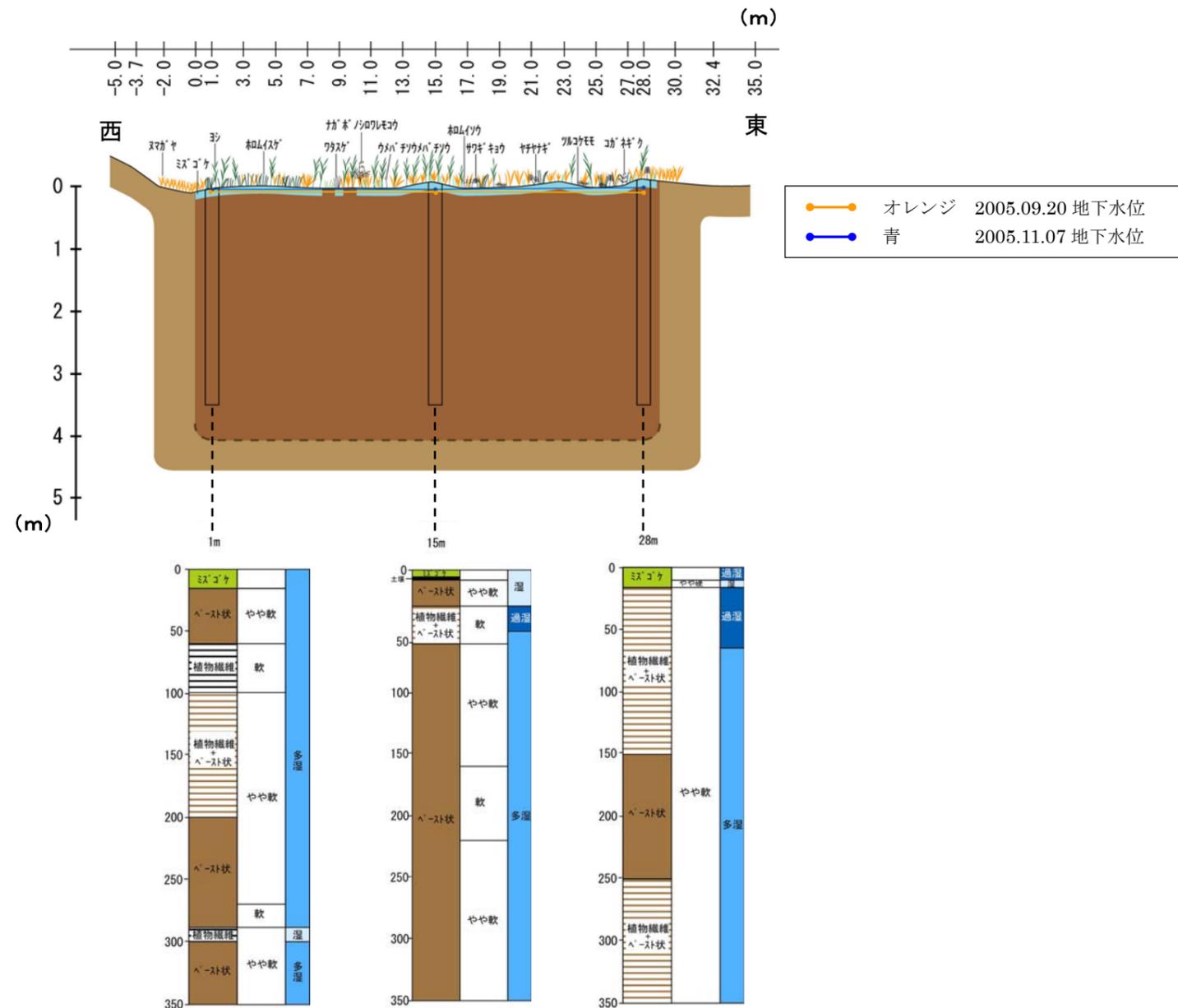
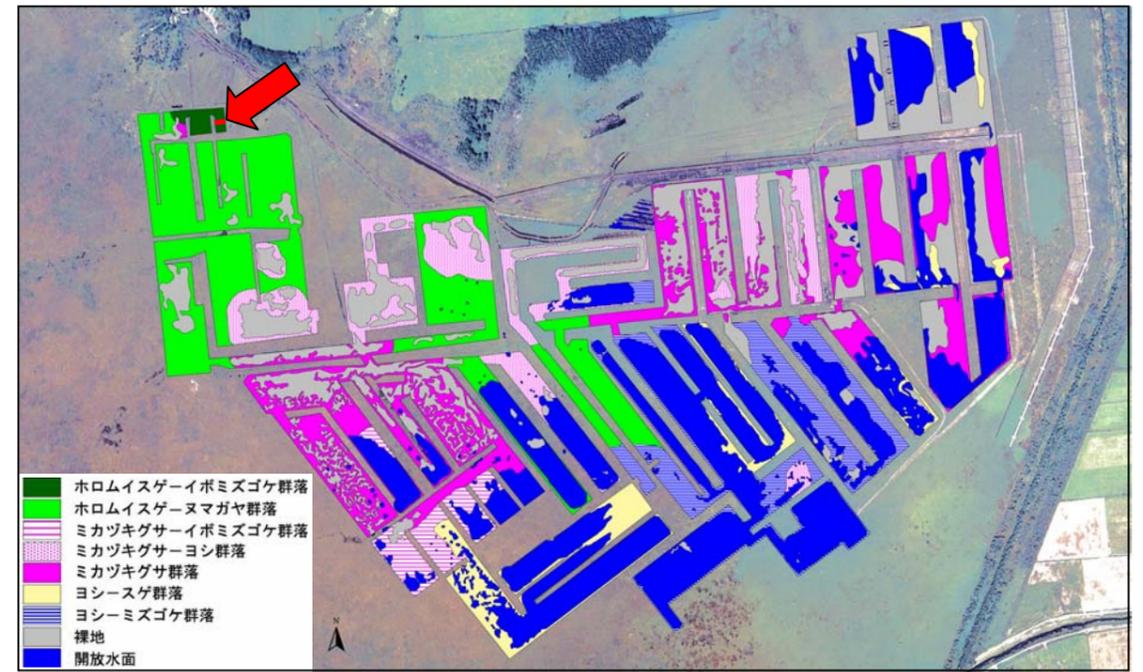
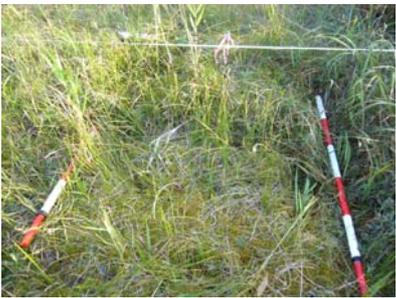


図 2.1.5 基盤構造と植生断面模式 (採面No. 1 測線)

採面No. 1 現地写真

 <p>コドラート (1.0m) 斜</p>	 <p>コドラート (1.0m) 平面</p>	 <p>コドラート (15.0m) 斜</p>
 <p>コドラート (15.0m) 平面</p>	 <p>コドラート (28.0m) 斜</p>	 <p>コドラート (28.0m) 平面</p>
 <p>0.0m から 調査測線方向</p>		

2) 採面No.6

①基盤構造

ペースト状泥炭が 3.5m以上の深さまで厚く堆積している。ペースト状泥炭のみが堆積している箇所とペースト状泥炭と植物繊維が混在している箇所がみられるが、採面No.1 と比べて、植物繊維の混入は少ない。なお、5 m地点では、深さ 150cm～220cm の間で過湿状態の帯水層がみられた。

地下水位は G.L.-10cm 前後と高い。

②植生

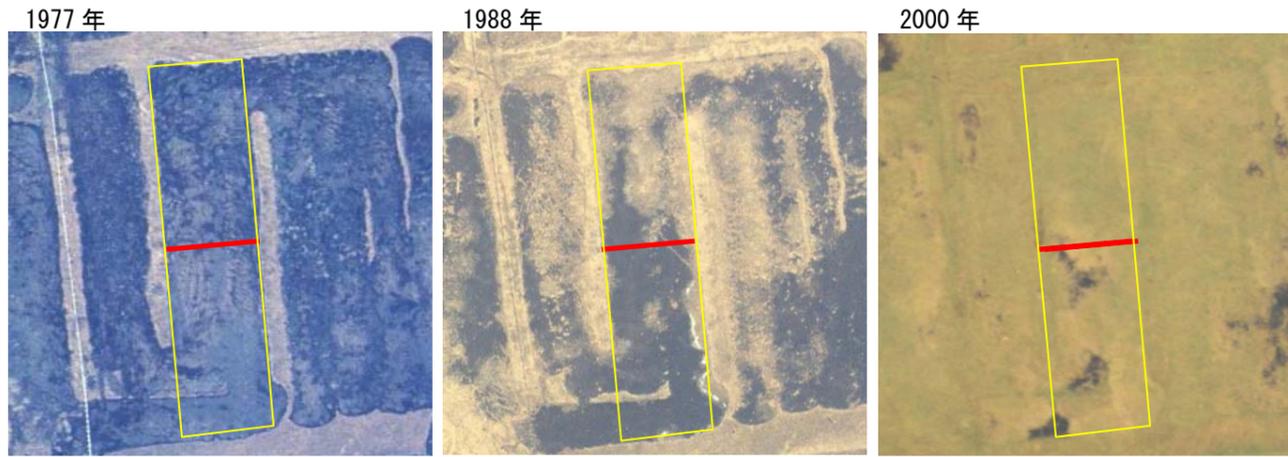
ホロムイスゲ-ヌマガヤ群落がほぼ一面に分布している。ヨシ、ヌマガヤ、ミカヅキグサが主に生育し、ホロムイスゲ、エゾリンドウ、サワギキョウ、ナガボノシロワレモコウなどが稀に生育している。採面の縁部は過湿状態になっており、ミズゴケも生育している。生育種数は 7～12 種であり、採面No.1 (12～14 種) に比べると少ないが、裸地がほとんどみられないほどに高い被度で植物が生育している。

③評価

この採面は、1970 年に採掘され、1975 年には閉塞している。閉塞後最低 2 年を経た 1977 年には、小規模な植生パッチが散在している。13 年を経た 1988 年には、これらのパッチがつながって、植生が繁茂している部分と裸地の部分が分かれていた。25 年を経た 2000 年には、ほぼ全面が植生に覆われている。採面No.1 に続いて植生が発達した段階にあると考えられる。

採面No. 6 測線

1970年採掘
1975年閉塞



航空写真による植生の拡大状況の推移 (採面No.6)

調査測線

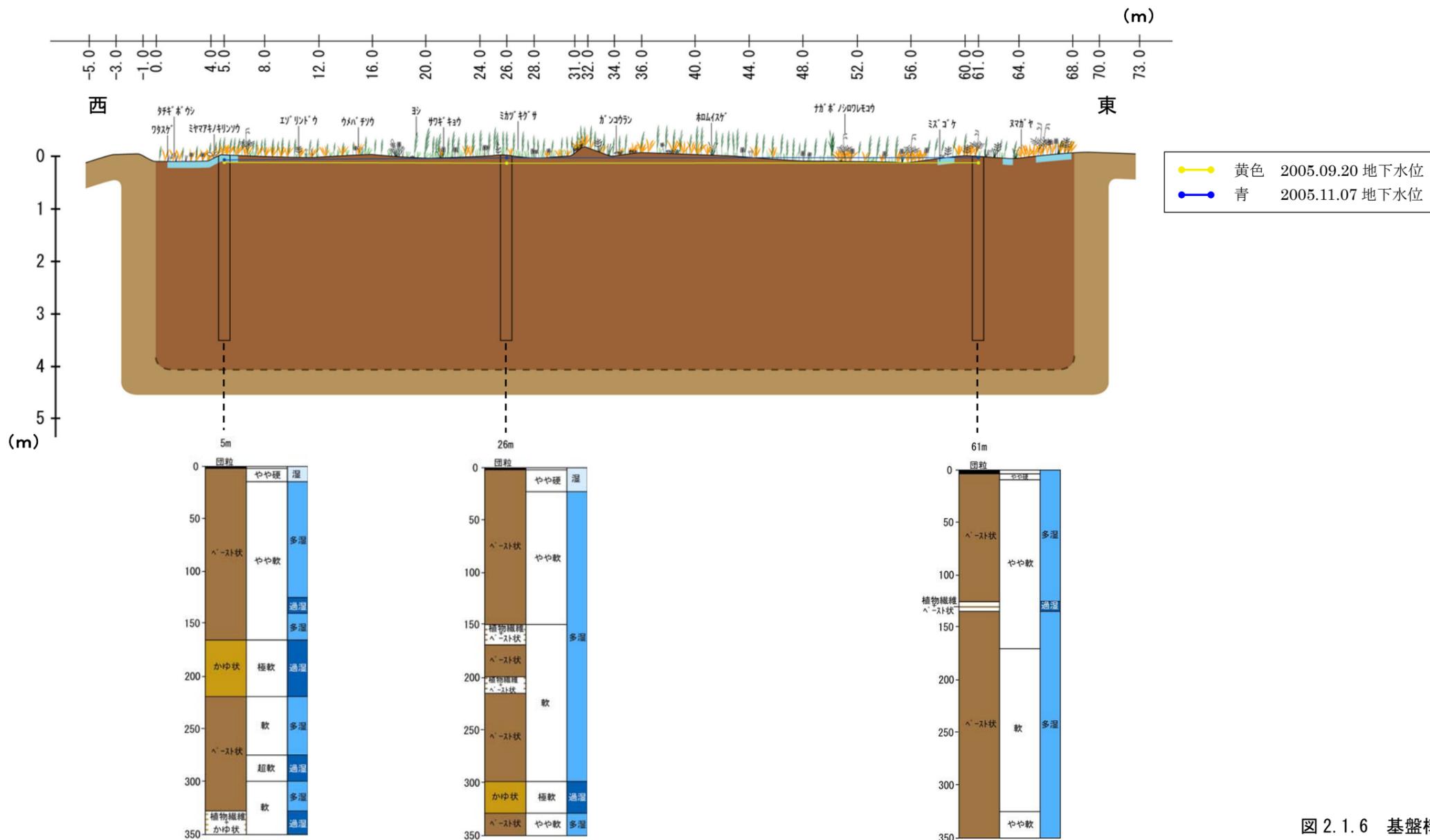
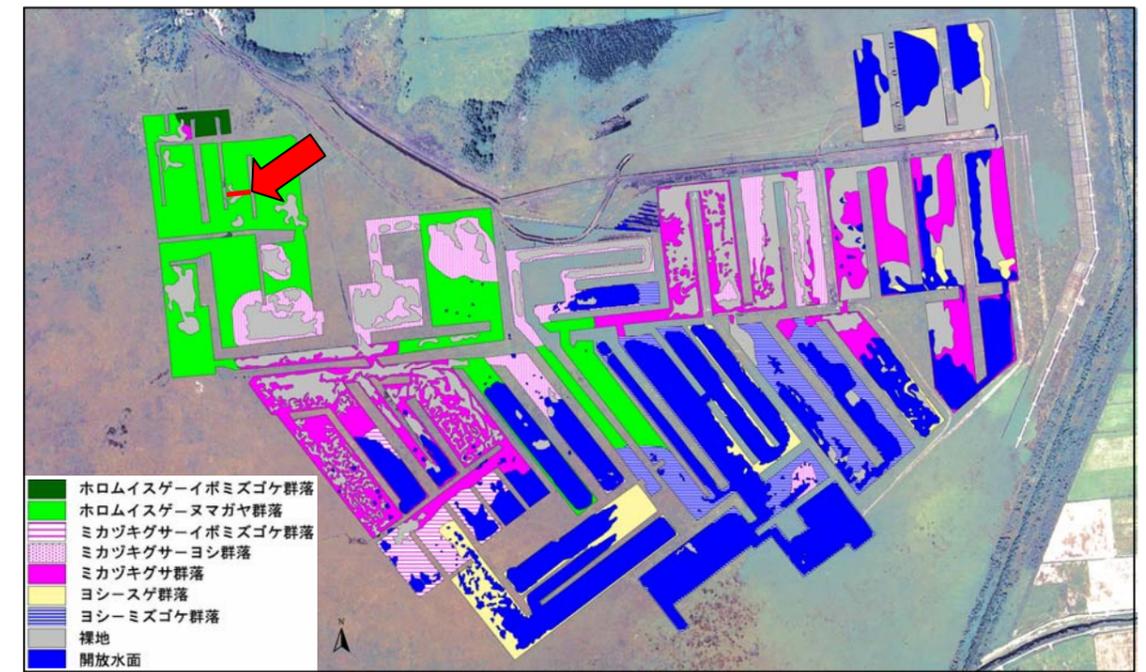


図 2.1.6 基盤構造と植生断面模式 (採面No.6 測線)

採面No.6 現地写真

 <p>コドラート (5.0m) 斜</p>	 <p>コドラート (5.0m) 平面</p>	 <p>コドラート (26.0m) 斜</p>
 <p>コドラート (26.0m) 上</p>	 <p>コドラート (61.0m) 斜</p>	 <p>コドラート (61.0m) 平面</p>
 <p>2.0m 付近斜</p>	 <p>2.0m 付近平面</p>	 <p>11.5m 付近 1</p>
 <p>11.5m 付近 2</p>	 <p>13.0m 付近 1</p>	 <p>13.0m 付近 2</p>



13.0m 付近 3



24.0m 付近 1



24.0m 付近 2



35.5m 付近 1



35.5m 付近 2



35.5m 付近 3



44.0m 付近 1



44.0m 付近 2



44.0m 付近 3



51.0m 付近 1



51.0m 付近 2



51.0m 付近 3



63.0m 付近 1



63.0m 付近 2

3) 採面No.9

①基盤構造

ペースト状泥炭が堆積しているが、厚く堆積している箇所と、薄い箇所がみられた。16m地点、44m地点、72m地点、85m地点、121m地点、126地点では、3.5m以上の深さで堆積していた。それに対して、1m地点では層厚が2m、25m地点では1.5mと薄く、それより下では固形物は採取されなかった。なお、これより下層は、ピートサンプラーでは固形物は採取されなかったものの、昨年度の他の採面での水深計測時に水中にブロック状泥炭が浮遊しているのを観察したことから、同様にブロック状泥炭や細粒物が薄い密度で浮遊していると考えられる。

地下水位は、9月20日はG.L.-5~70cmと地下水位の変動の幅が大きいこと、11月7日はG.L.-10cm前後と高いことが観察された。

②植生

採面の東側に向かうほど植生遷移が進行している傾向がみられる。西縁から60m地点までの間は植物が少なく、これより東側の縁(127m)までは植物が高い被度で繁茂している。

採面の西縁にあたる0~4mまでは、ヌマガヤ、ホロムイヌゲ、ミカツキグサ、ツルコケモモなどが生育している。そこから20mまでは植物は非常に少なく、裸地にミカツキグサやホロムイヌゲが散生している程度である。20~35mまではホロムイヌゲ、ヌマガヤ、ミカツキグサが密生している。35m~60mは、谷地坊主状のホロムイヌゲが散在している。60~75mまではヨシが散生し、その下層にミカツキグサが生育している。75m~107mまでは、ヨシ、ヌマガヤ、ホロムイヌゲが混生している。107~127mではミズゴケが生育し、その上にヌマガヤ、ホロムイヌゲ、ヨシの他、ツルコケモモ、ガンコウラン、タチギボウシ、コガネギクなどが生育している。

微地形との関係に着目すると、裸地では、例えば12m付近のように亀裂があると局所的に植物が生育している箇所が多くみられる。ミズゴケは窪地になっている箇所にみられる。



亀裂脇に生育するミカツキグサ

③評価

この採面は、1971年に採掘され、1975年には閉塞している。閉塞後最低2年を経た1977年には、小規模な植生パッチが散在していることが確認できる。

13年を経た1988年も同様の状況である。25年を経た2000年には、これらのパッチがつながって植生が広く覆っているが、一部に裸地が残っている。測線上では、西半分が裸地、東半分が植生に覆われている。この採面は、採面No.6とほぼ同時期に採掘と閉塞を経ているが、やや植物の侵入・定着が遅れているといえる。

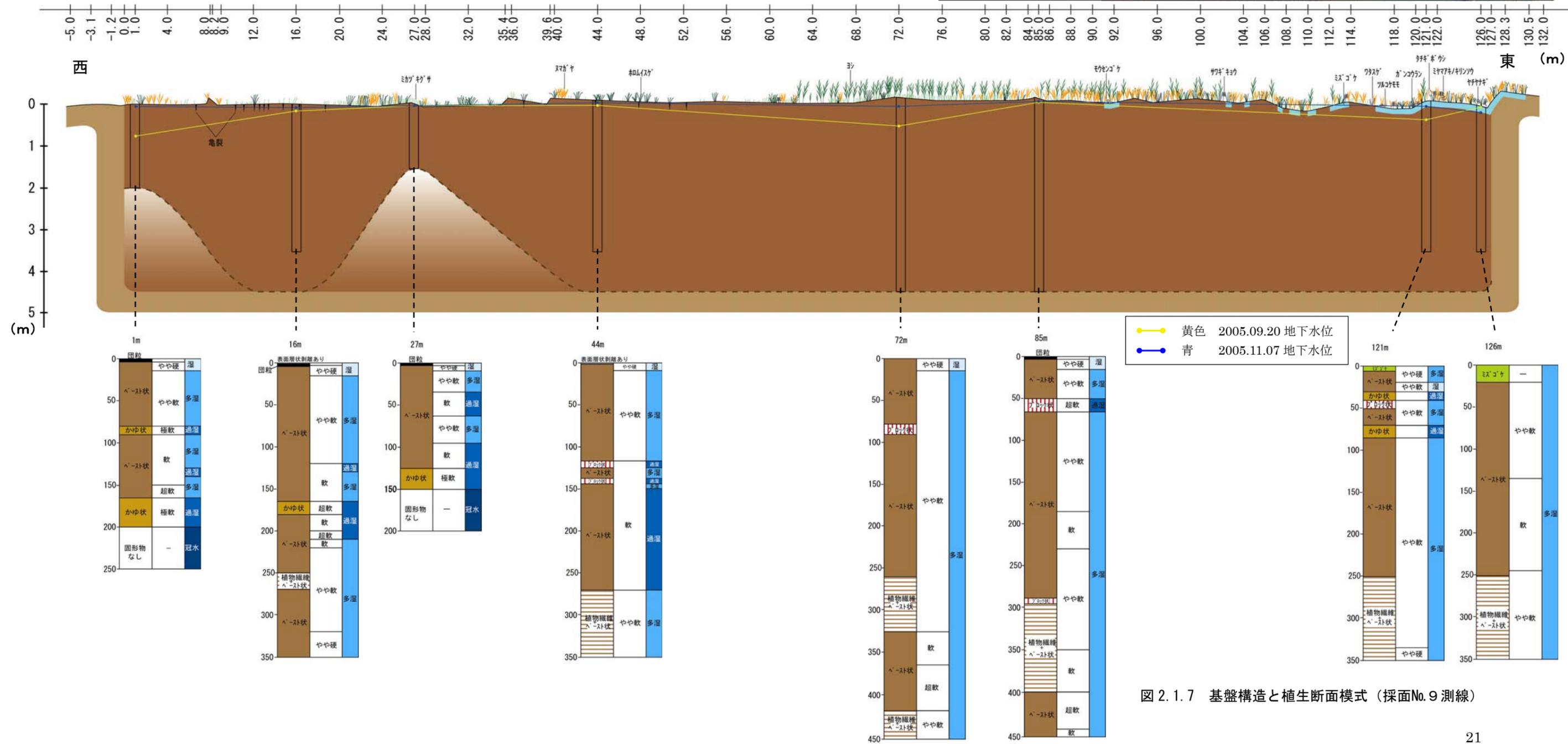
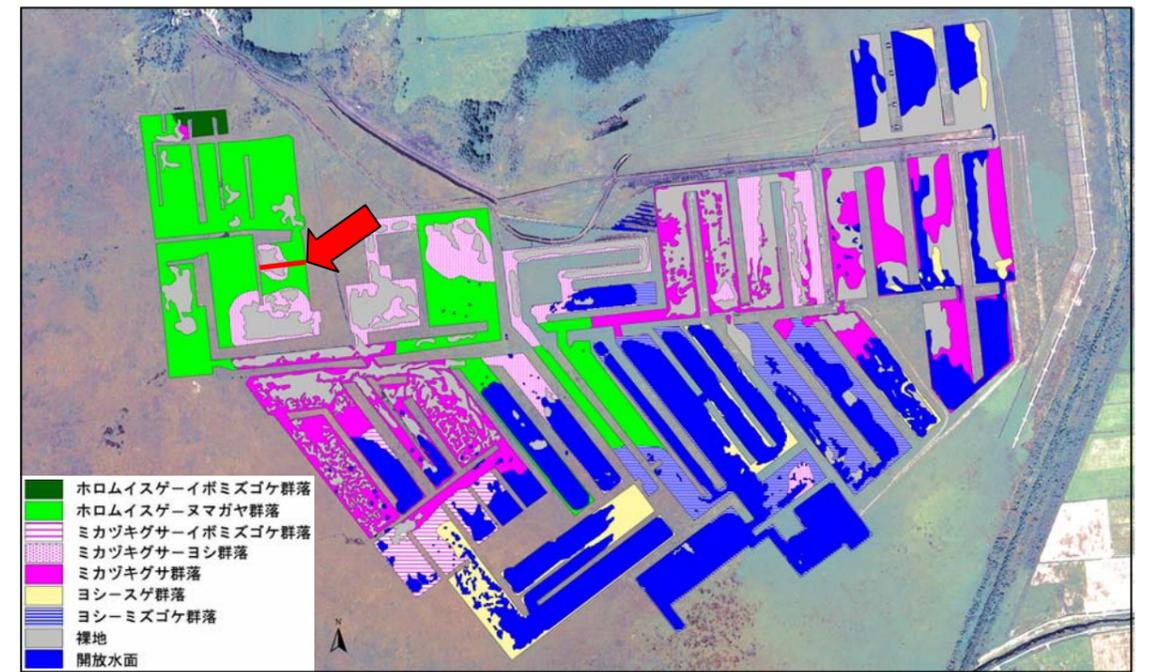
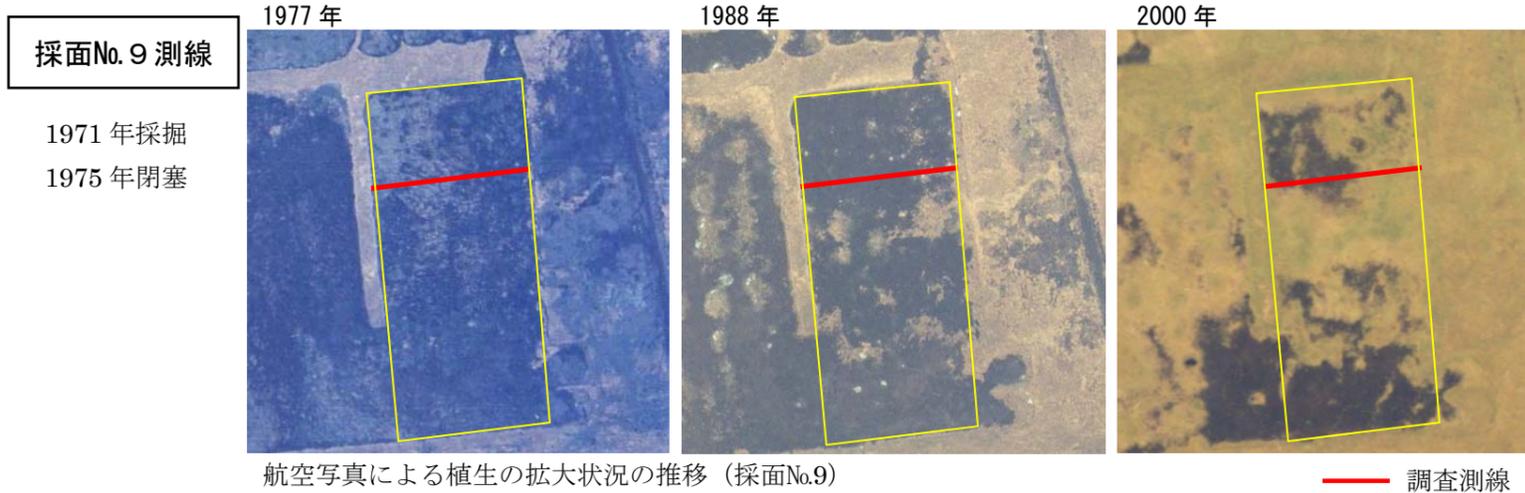


図 2.1.7 基盤構造と植生断面模式 (採面No.9 測線)

採面No.9 現地写真

 <p>コドラート (1.0m) 斜</p>	 <p>コドラート (1.0m) 平面</p>	 <p>コドラート (1.0m) 付近 1</p>
 <p>コドラート (1.0m) 付近 2</p>	 <p>コドラート (27.0m) 斜</p>	 <p>コドラート (27.0m) 平面</p>
 <p>コドラート (44.0m) 斜</p>	 <p>コドラート (44.0m) 平面</p>	 <p>コドラート (72.0m) 斜</p>
 <p>コドラート (72.0m) 平面</p>	 <p>コドラート (85.0m) 斜</p>	 <p>コドラート (85.0m) 平面</p>



コドラート (121.0m) 斜



コドラート (121.0m) 平面



コドラート (126.0m) 斜



コドラート (126.0m) 平面



6.0m 付近 1



9.0m 付近



9.0m 付近 3



13.0m 付近 1



13.0m 付近 2



15.0m 斜



15.0m 上



20.0m 付近 1



20.0m 付近 2



24.5m 付近 1



24.5m 付近 2



24.5m 付近 3



34.0m 付近 1



34.0m 付近 2



37.0m 付近



60.0m 付近 1



60.0m 付近 2



63.5m 付近 1



63.5m 付近 2



66.0m 付近



77.0m 付近



99.0m 付近

4) 採面No.1 2

①基盤構造

ペースト状泥炭が 3.5m以上の深さまで厚く堆積している。ほとんどの調査箇所では純粋なペースト状泥炭が堆積しており、植物繊維の混入はほとんど見られなかった。

地下水位は、9月20日は G.L.-14~74cm と地下水位の変動の幅が大きいこと、11月7日は G.L.-10cm 前後と高いことが観察された。

②植生

裸地が広がり、縁辺にわずかにミカヅキグサ群落が分布している。北縁から4mまではミカヅキグサが密生し、4~27mは裸地であり、ごく稀にミカヅキグサあるいはヌマガヤが単体で生育している。27~29mは、ヌマガヤが密生し、ミカヅキグサ、ホロムイソグサなどが生育している。

③評価

この採面は、1972年に採掘され、1975年には閉塞している。閉塞後2年を経た1977年、13年を経た1988年ともに植生はほとんどみられない。30年を経た2005年でも、ほとんど裸地状態である。この採面は、採面No.6、9とほぼ同時期に採掘と閉塞を経ているが、植物の侵入・定着がほとんど進んでいない。植物の生育を阻害する要素を最も有しており、泥炭採掘跡地で植生を復元する際に生育阻害要因の解明と対策を検討する際に着目すべき採面である。

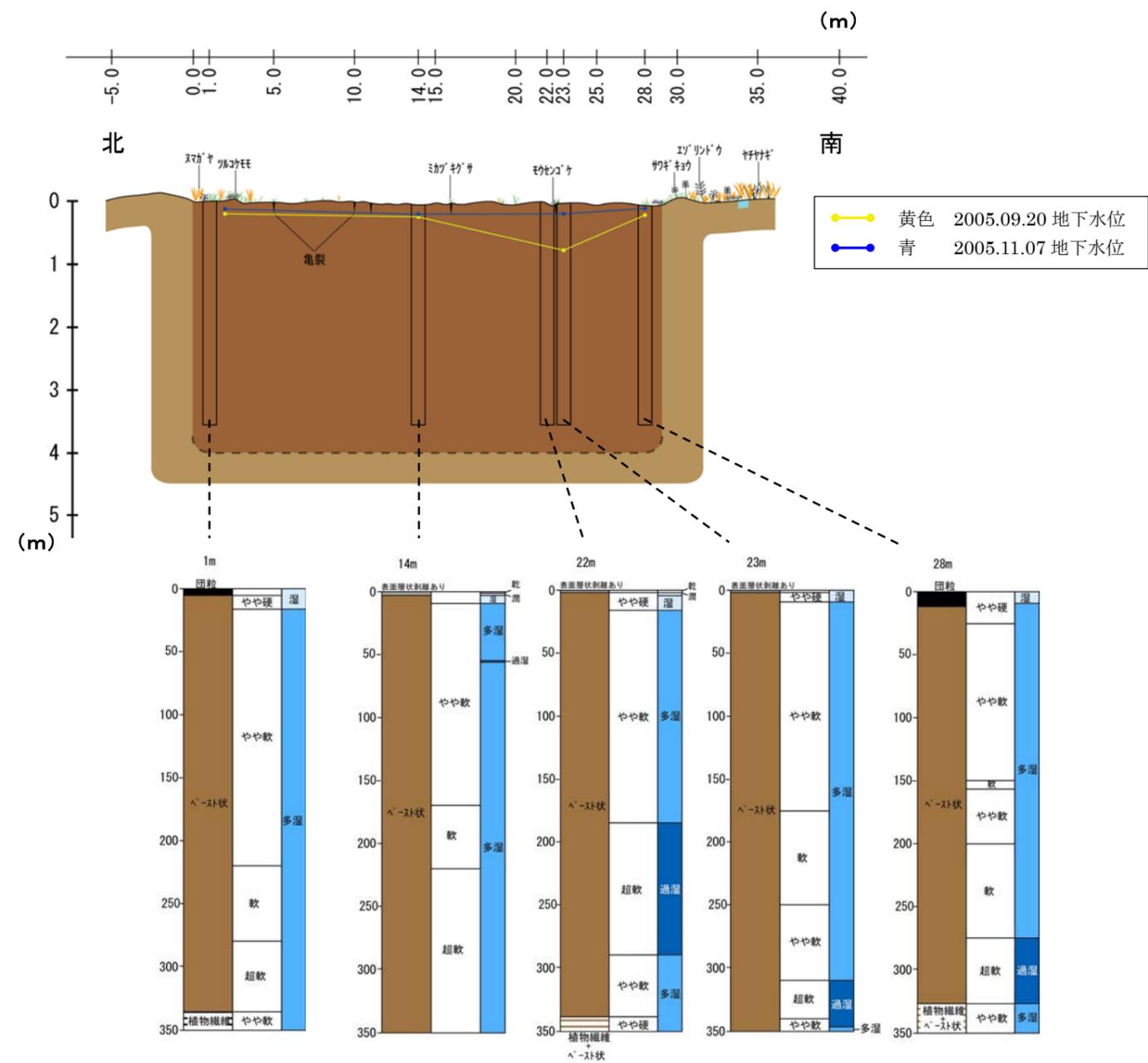
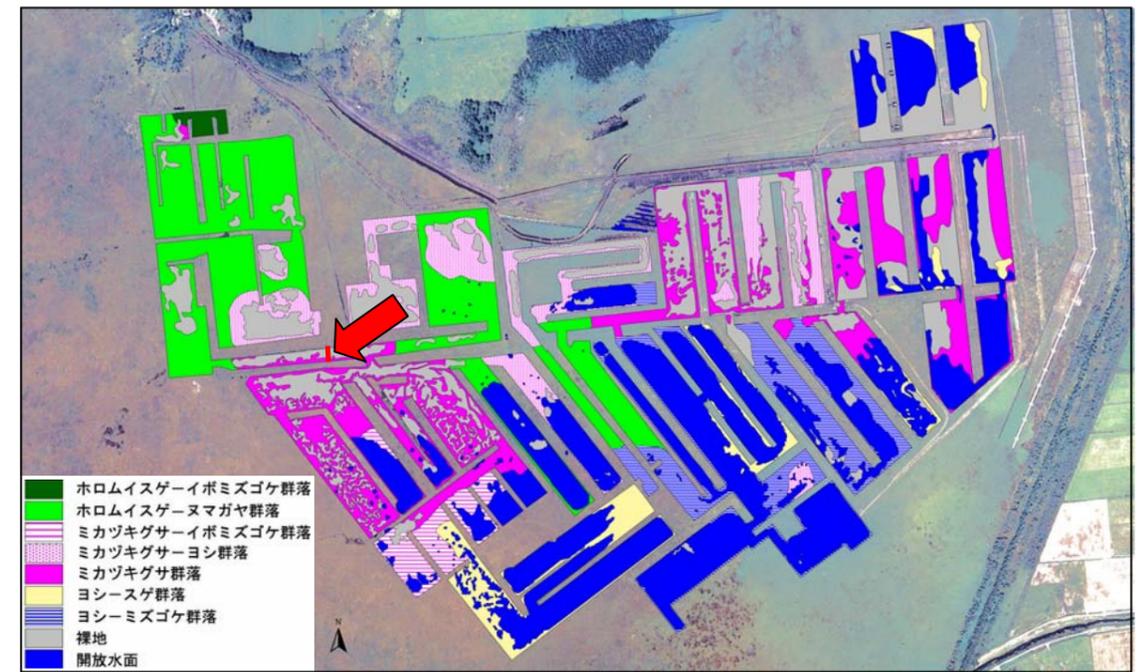
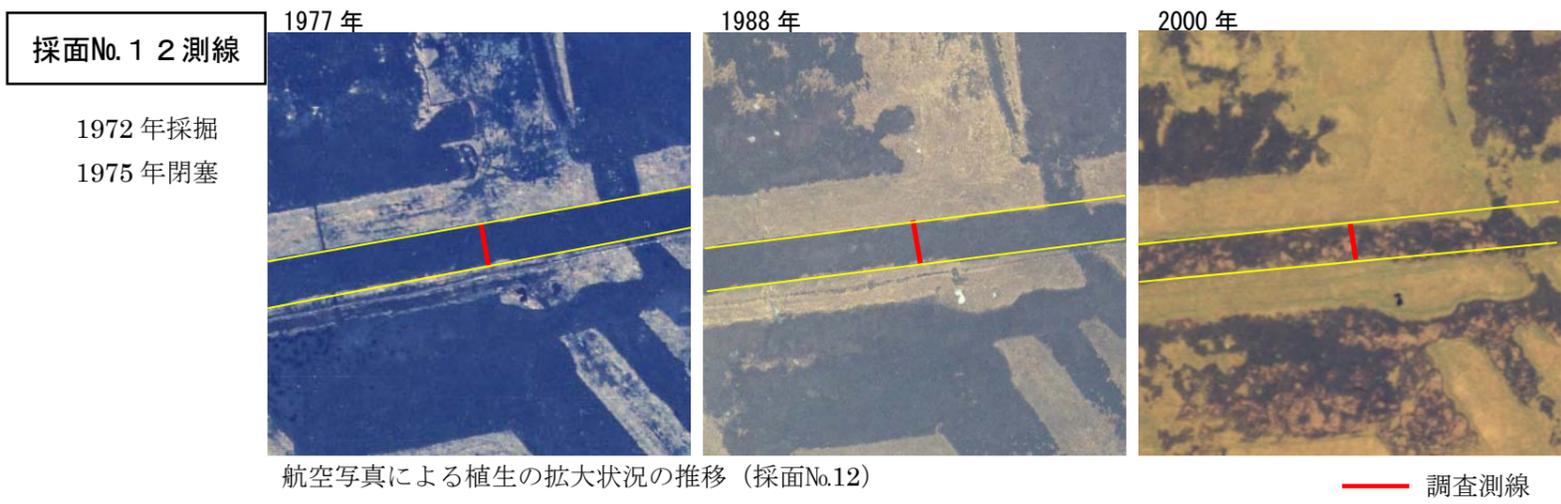


図 2.1.8 基盤構造と植生断面模式 (採面No. 1 2 測線)

採面No.12 現地写真

 <p>コドラート (1.0m) 斜</p>	 <p>コドラート (1.0m) 平面</p>	 <p>コドラート (14.0m) 斜</p>
 <p>コドラート (14.0m) 平面</p>	 <p>コドラート (22.0m) 斜</p>	 <p>コドラート (22.0m) 平面</p>
 <p>コドラート (22.0m) 付近割れ目</p>	 <p>コドラート (22.0m) 付近割れ目</p>	 <p>コドラート (28.0m) 斜</p>
 <p>コドラート (28.0m) 上</p>	 <p>対照区 (0m地点から 8.0m 北) 斜</p>	 <p>対照区 (0m地点から 8.0m 北) 平面</p>



0.0m から調査測線方向



20.0m から調査測線方向

5) 採面No.18

①基盤構造

ペースト状泥炭が 0.5～2.0mの厚さで浮遊している。局所的に切れ間があり、開水面が出現する。ペースト状泥炭のみが堆積している箇所とペースト状泥炭と植物繊維が混在している箇所がみられる。

地下水位は G.L.-10cm 前後と高い。

②植生

ミカヅキグサが優占して生育種が非常に少ない群落が多く、裸地もみられる。しかし、凹地や水際には局所的にミズゴケが生育し、その上にヌマガヤ、ホロムイソゲ、サワギキョウ、ツルコケモモ、モウセンゴケなどが混生する群落がみられる。

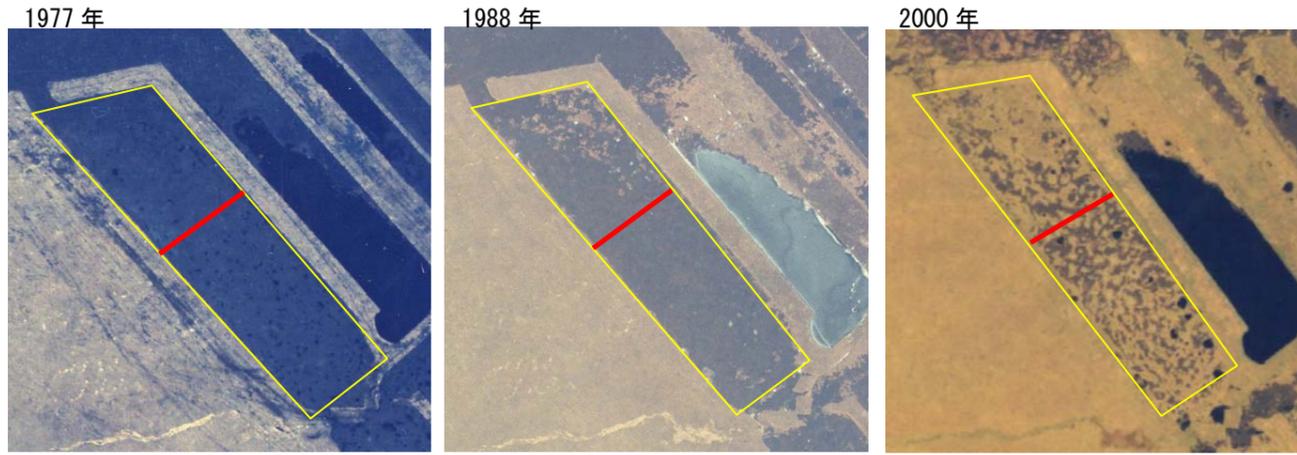
③評価

この採面は、1973年に採掘され、1975年に閉塞している。閉塞後最低2年を経た1977年はほとんど植生がみられず、13年を経た1988年には小規模な植生パッチがみられる。25年を経た2000年もややパッチサイズが大きくなっているが、斑紋上に植生パッチが散在しており、全面を植生が覆うまでには達していない。

この採面は、採面No.12より遅く開削されているが、同採面より植物の定着は進んでいる。水面が散在していること、基盤の層厚が薄いことなどが水分条件の面で植物の生育に有利に効いている可能性がある。

採面No. 18 測線

1973年採掘
1975年閉塞



航空写真による植生の拡大状況の推移 (採面No.18)

— 調査測線

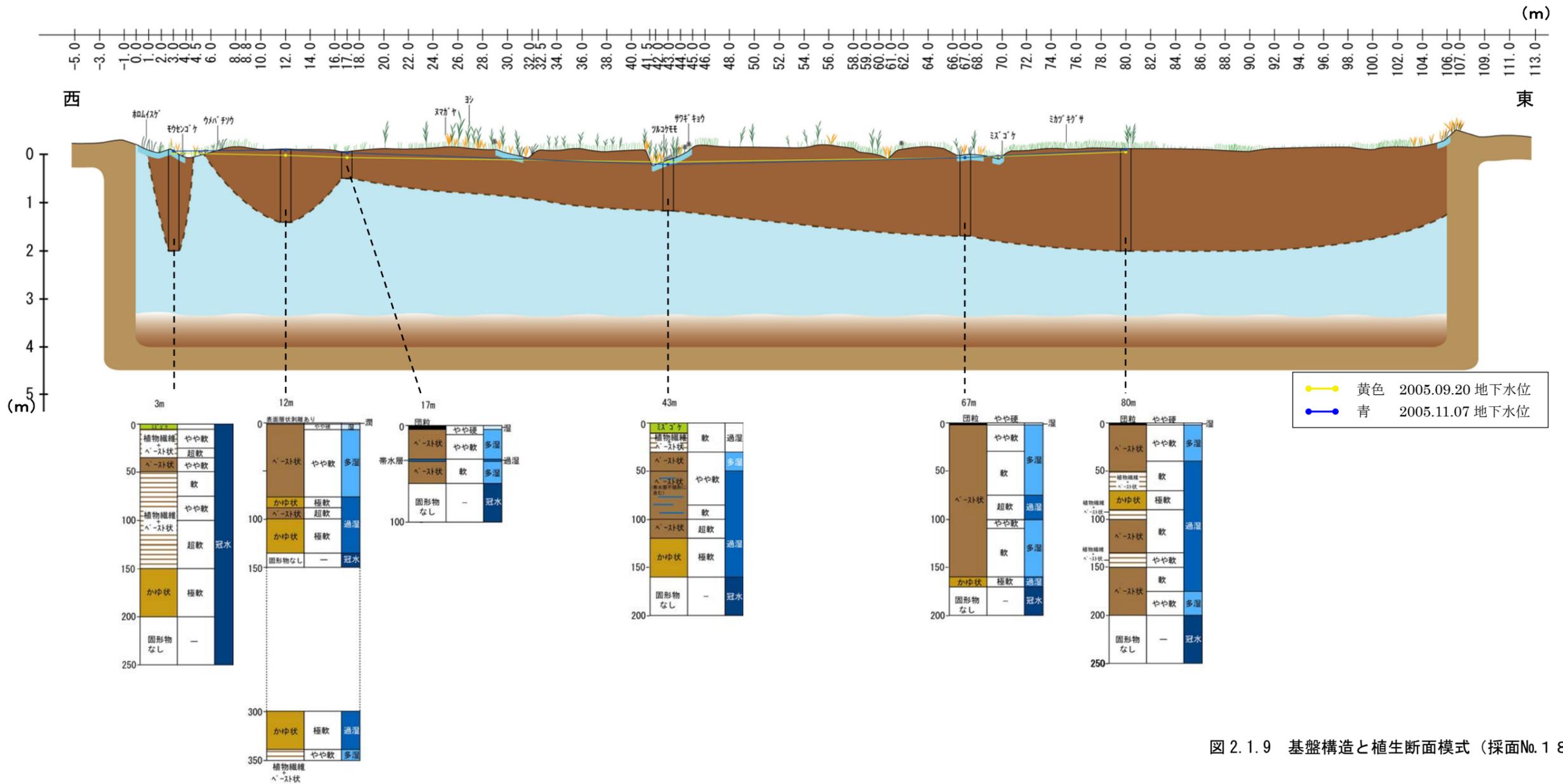
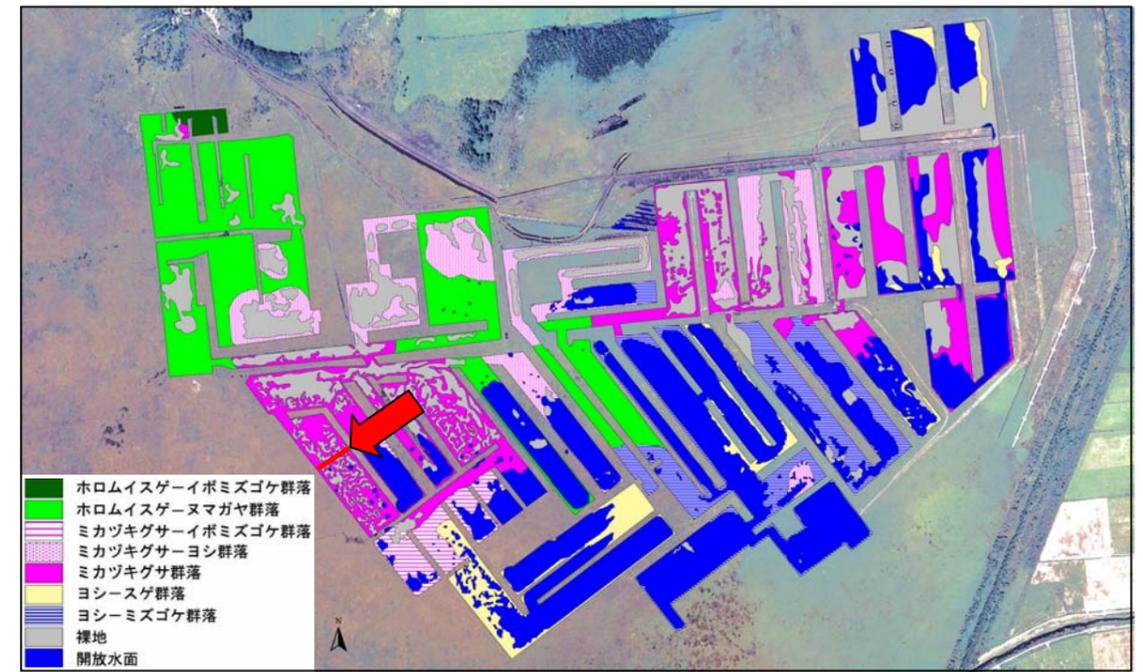


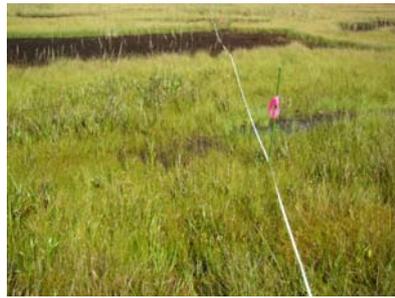
図 2.1.9 基盤構造と植生断面模式 (採面No. 18 測線)

採面No.18 現地写真

 <p>コドラート (3.0m) 斜</p>	 <p>コドラート (3.0m) 平面</p>	 <p>コドラート (12.0m) 斜</p>
 <p>コドラート (17.0m) 斜</p>	 <p>コドラート (17.0m) 平面</p>	 <p>コドラート (43.0m) 斜</p>
 <p>コドラート (43.0m) 平面</p>	 <p>コドラート (67.0m) 斜</p>	 <p>コドラート (67.0m) 平面</p>
 <p>コドラート (80.0m) 斜</p>	 <p>コドラート (80.0m) 平面</p>	 <p>0.0m から調査測線方向</p>



11.0m から調査測線方向



12.0m から調査測線方向



34.0m 付近



43.0m から調査測線方向



43.0m 付近

6) 採面No.29

①基盤構造

ペースト状泥炭が 0.5～2.5mの厚さで浮遊している。全体的に層厚は薄く、人間が乗ると揺れて歩行が困難なほど軟弱である。所々に切れ目があり開水面が現れている。

地下水位は G.L.-4cm より高く、冠水している箇所もある。

②植生

全体に過湿状態にあり、凹地や水際、採面の縁にはミズゴケが繁茂し、その上にホロムイスゲ、ヌマガヤ、ミカヅキグサ、ヨシ、サワギキョウ、モウセンゴケなどが生育している。ミズゴケの生育していない箇所では、ミカヅキグサが優占する単調な群落が分布している。

③評価

この採面は、1975年に採掘され1977年には閉塞している。ただし、完全には閉塞せずに所々に水面が残されている。閉塞後11年を経た1988年には、1977年とほぼ同様の閉塞状況で、陸地には植生パッチが散在している。23年を経た2000年も水面は残っており、陸地の植生パッチは拡大している。

この採面は、全体に冠水状態に近いほど過湿状態にある。水分条件が異なることから、他の採面とは異なる遷移系列にある可能性がある。水分条件に恵まれていることから、今後もミズゴケの分布は拡大し、生育種も増加すると予想される。

水面との比高差が少ない人工浮島を創出した場合や、採面に水面を創出した場合に形成される植生のモデルになると考えられる。

採面No. 29 測線

1975年採掘
1977年閉塞



航空写真による植生の拡大状況の推移 (採面No.29)

調査測線

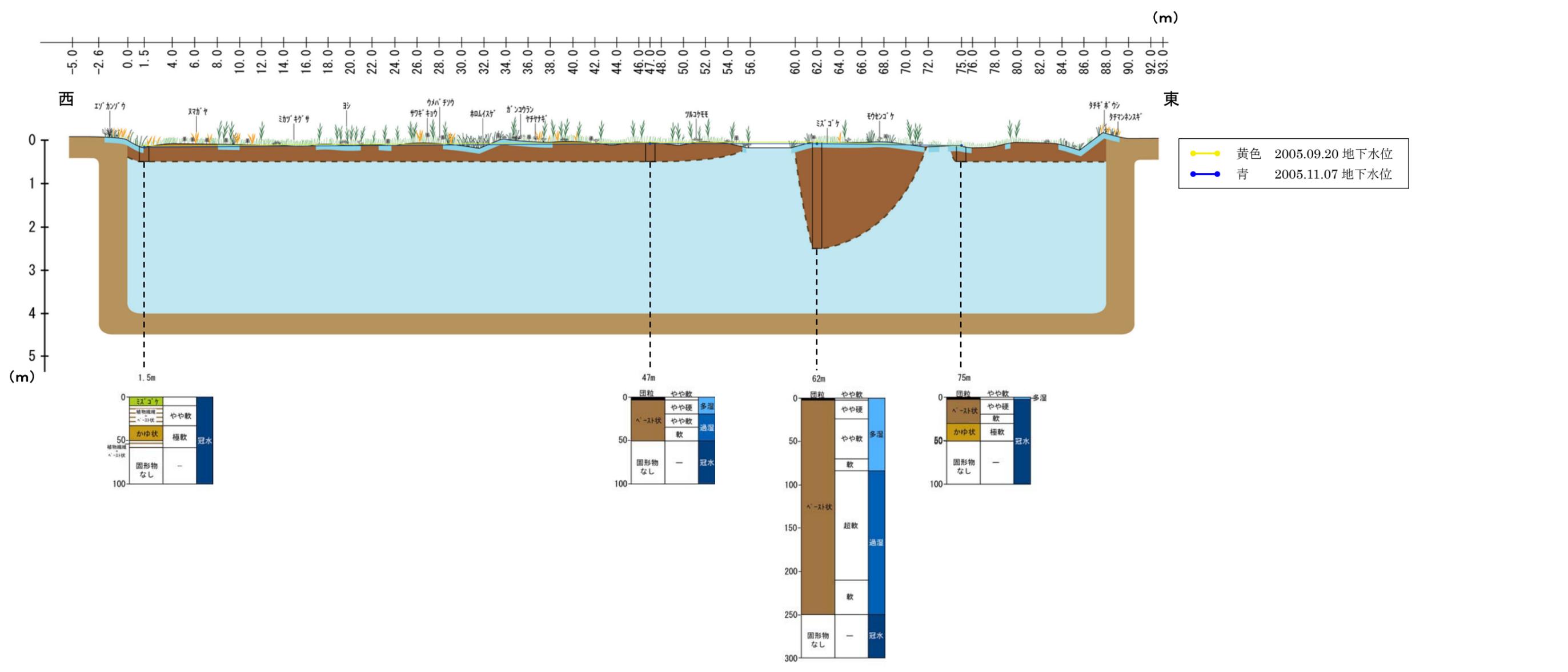
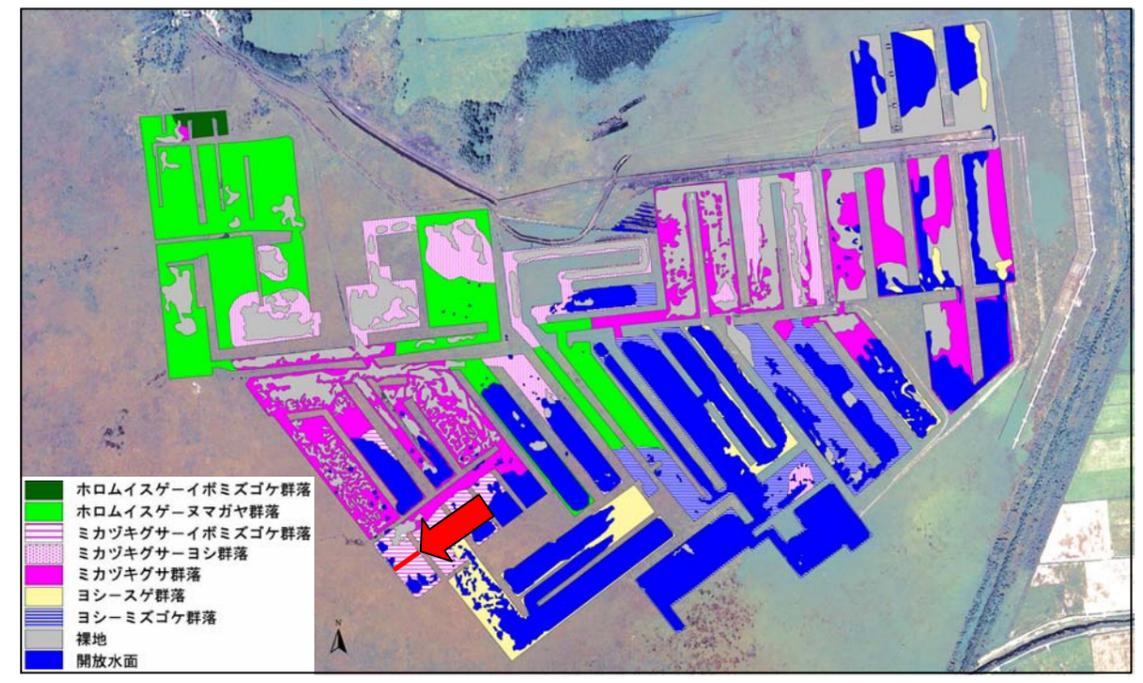


図 2.1.10 基盤構造と植生断面模式 (採面No. 29 測線)

採面No.29 現地写真

 <p>コドラート (1.0m) 斜</p>	 <p>コドラート (1.0m) 平面</p>	 <p>コドラート (47.0m) 斜</p>
 <p>コドラート (47.0m) 平面</p>	 <p>コドラート (62.0m) 斜</p>	 <p>コドラート (62.0m) 平面</p>
 <p>コドラート (75.0m) 斜</p>	 <p>コドラート (75.0m) 平面</p>	 <p>コドラート (75.0m) 遠景</p>
 <p>0.0m から 調査測線方向</p>	 <p>30.0m から調査測線方向</p>	 <p>75.0m 付近</p>



85.0m から
調査測線方向



対照区
(0m地点から 10.0m 西)

(2) 植生の拡大状況

過去3年代の航空写真を判読し、植生の拡大状況を把握した。まず、全域における植生の変遷を整理した。次に、調査測線を設置した採面について整理した。

1) 全域における変遷

1977年、1988年、2000年の航空写真を図2.1.12に示す。「2.1.1」で概説したように時の経過とともに掘削後に形成された陸域に植生が形成されていっていることが読み取れる。

各年代において、植生の分布範囲を判読し、ペースト状泥炭の分布状況および閉塞年が異なる箇所毎に陸域面積と植生面積を計測した。これらを集計して、ペースト状泥炭の分布状況が異なる立地毎に、閉塞後年数と植生面積割合の変遷を整理した。この集計をするにあたっては、採面が閉塞すなわち植物が生育する基盤ができてからの年数によって植生がどのように拡大していくのかをみるために、航空写真の年代毎ではなく閉塞後の年数毎に整理した。

作業にあたっては、まず1977・1988・2000年それぞれに、ペースト状泥炭の分布状況と閉塞年（平成16年度調査で明らかにされている）の組み合わせが異なるパッチ毎に、陸域と植生の面積を計測した。次に、パッチ毎に閉塞後年数を算出し、同じ年数のパッチの陸域と植生の面積を合計して植生面積割合を算出した。

例えば、1977年に閉塞後5年であるパッチ(A)は1988年には閉塞後16年、2000年には28年になる。また、この間に掘削が行われ、2000年に閉塞後5年となるパッチ(B)が新たに出現したとする。この場合、年代は異なっても閉塞してからの年数が同じなので1977年のパッチAと2000年のパッチBは「閉塞後5年の箇所」として一括して集計する。1998年のパッチA、2000年のパッチAはそれぞれ「閉塞後16年の箇所」「閉塞後28年の箇所」として集計する（図2.1.11）。

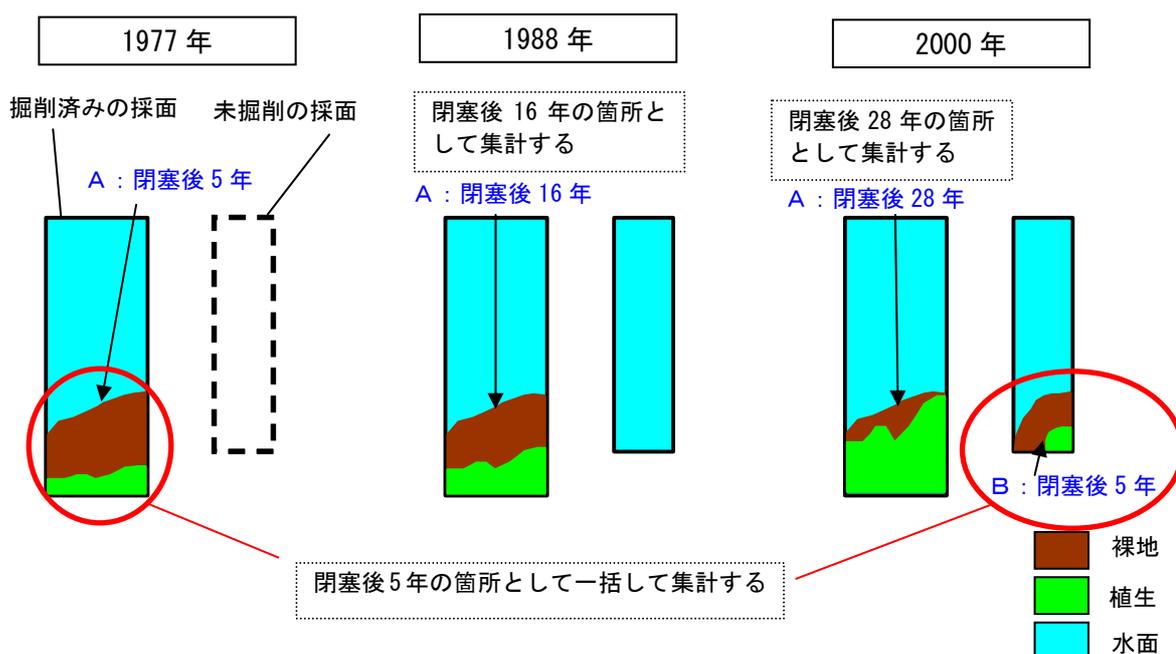
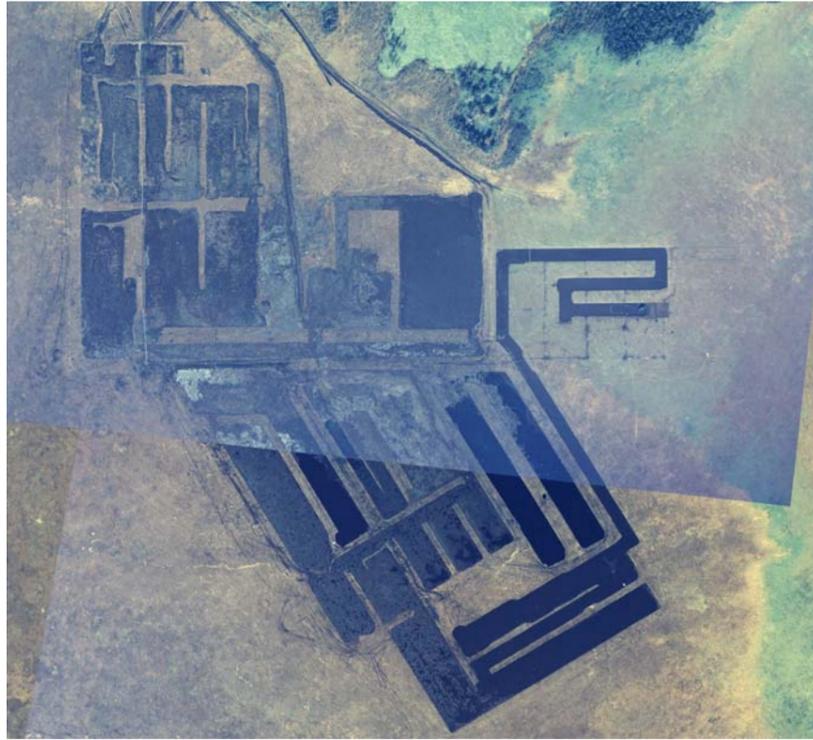
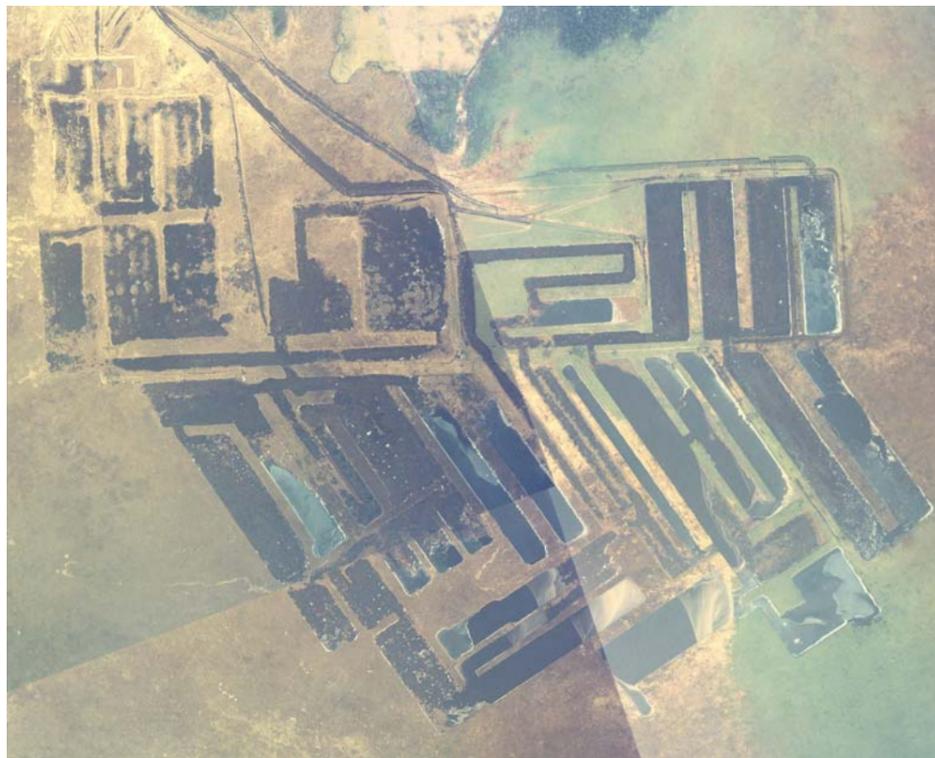


図 2.1.11 植生面積集計のイメージ

1977年



1988年



2000年

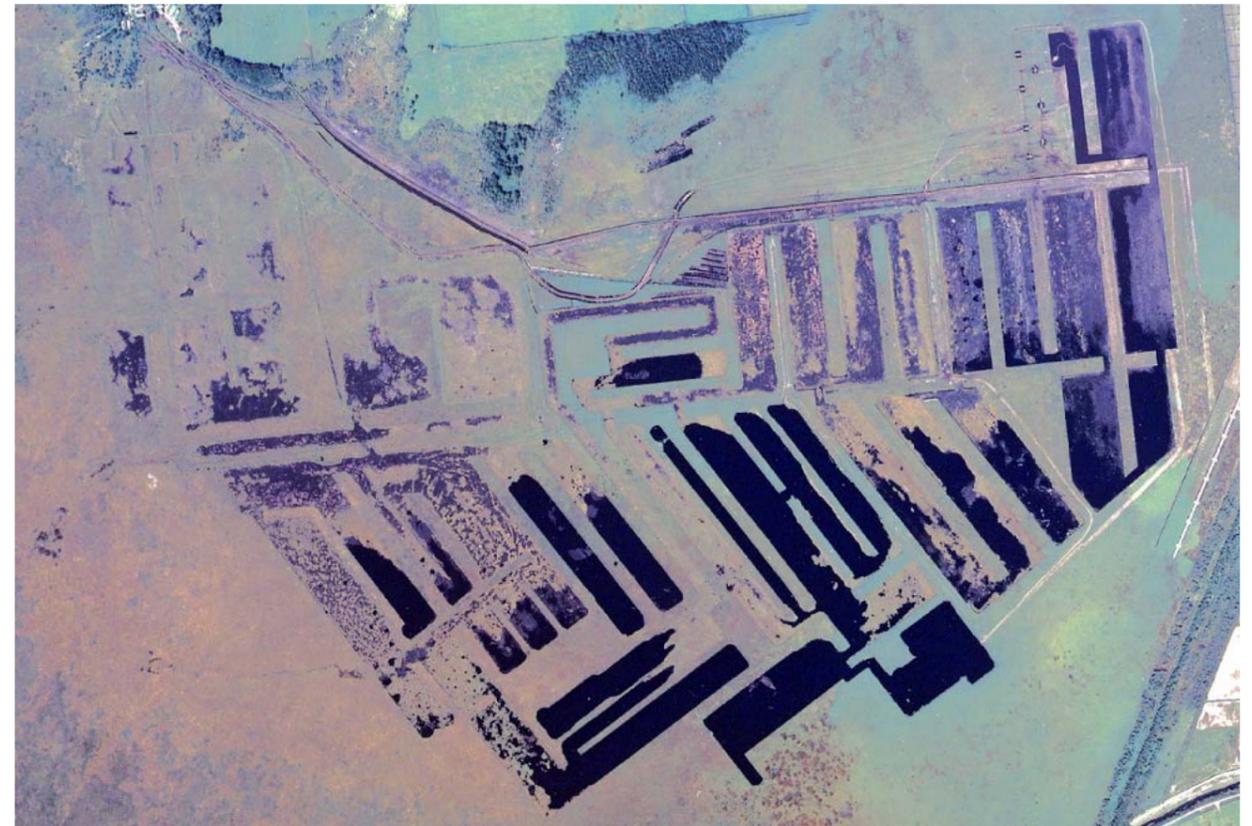


図 2.1.12 泥炭採掘跡地の経年航空写真

ペースト状泥炭の分布状況が異なる立地毎に、閉塞後年数と植生面積割合の変遷を図 2.1.13 に示した。これから読みとれる植生の変遷の傾向を以下に述べる。

①ペースト状泥炭分布域

植生面積割合は初期の閉塞後 0～5 年における 21%以下から、年を経るにつれて植生の面積割合が増加している。植物が侵入してから年月をかけて徐々に分布域を拡大していることが読み取れる。

②ペースト状泥炭とブロック状泥炭混在域

植生面積割合は、閉塞後 13 年までは年により変動があるが閉塞後 16 年以降は 75%を超えている。なお、閉塞後 7 年目は突発的に 90%を超えているが、これに該当する箇所は、既に閉塞している範囲の中に小面積で残されていた水面が閉塞した箇所であり、周囲からの植生の定着が早かったものと思われる。

③ブロック状泥炭分布域

閉塞後 5 年未満の時期から植生面積割合が 40%を超え、16 年目には 100%に達している。ブロック状泥炭は、切り取られた泥炭が残されたものである。切り取られて間もない時期は泥炭中に含まれる種子や根茎から発芽できた可能性があること、水分条件が恵まれていることが有利に効いていることから、早い時期に植生が拡大したものと思われる。

2) 調査測線を設置した採面における変遷

1) では、泥探索掘跡地全体の傾向をみた。なお、同じ性状の泥炭が分布している箇所でも、個々にみると植生の定着が早い箇所と遅い箇所があると思われた。そこで、測線調査によって基盤の状況が確かめられている採面について、過去 3 年代の植生面積の推移を追跡した。

調査測線を設置した採面の 1977 年、1988 年、2000 年の航空写真を図 2.1.14 に示す。この判読から整理した植生の拡大状況を表 2.1.2 に示す。

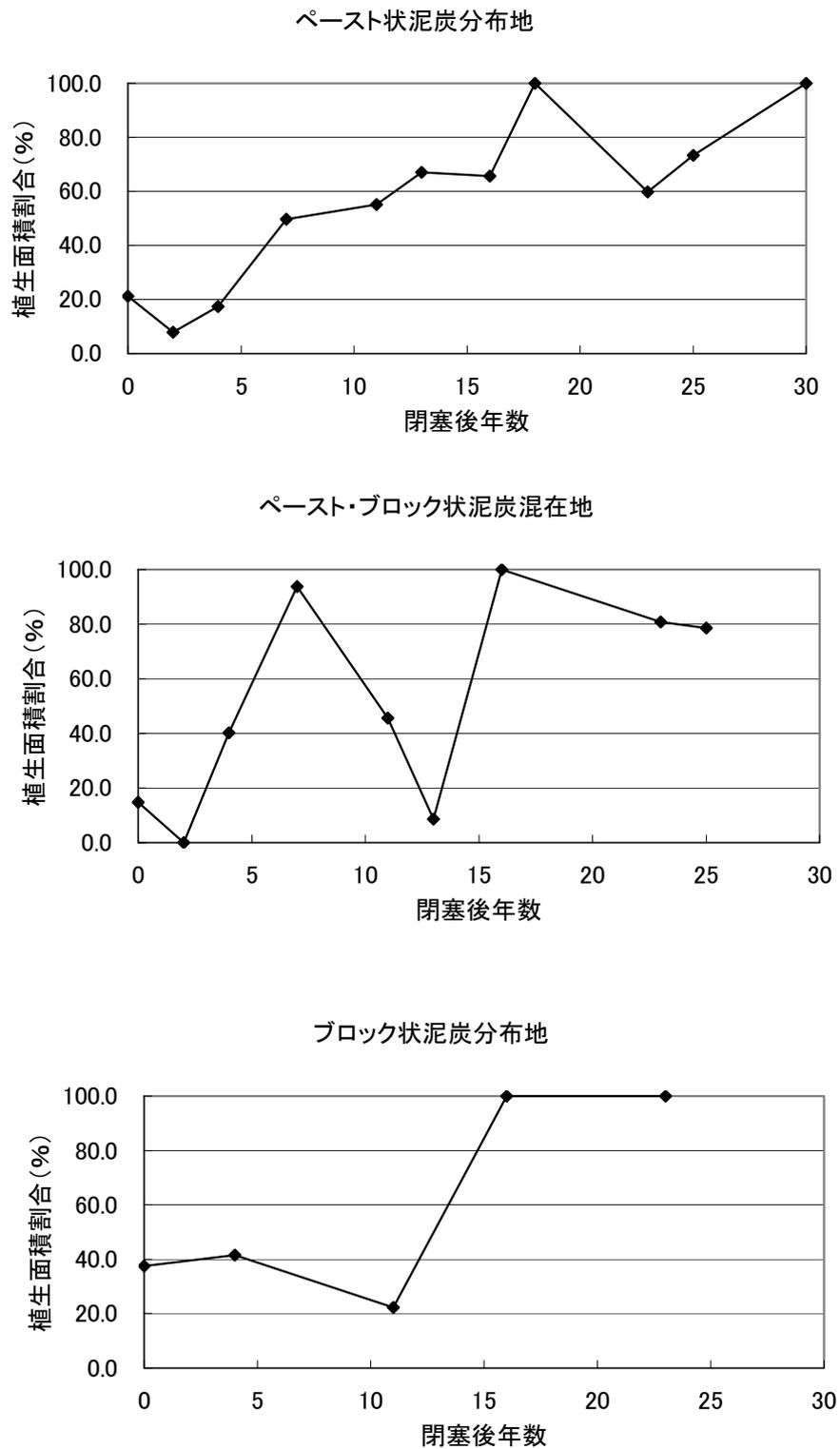
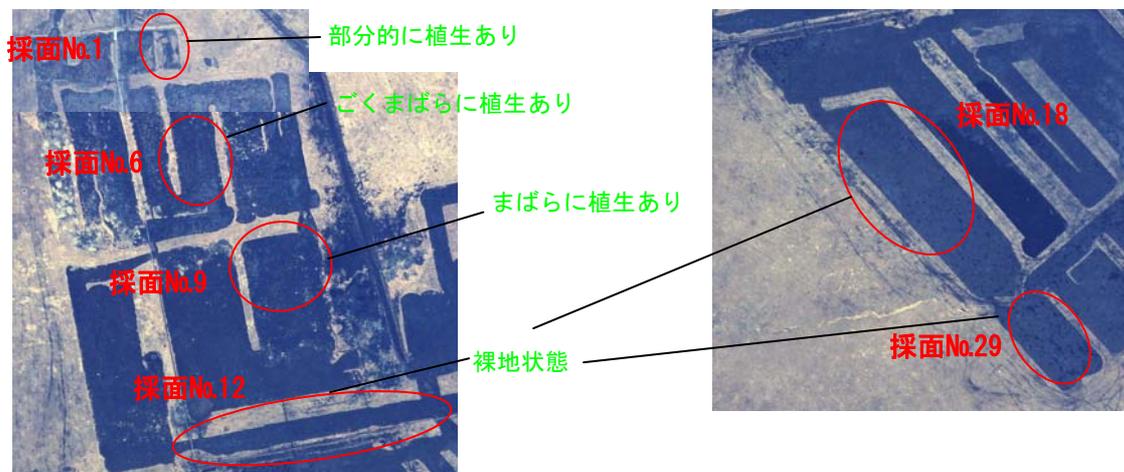
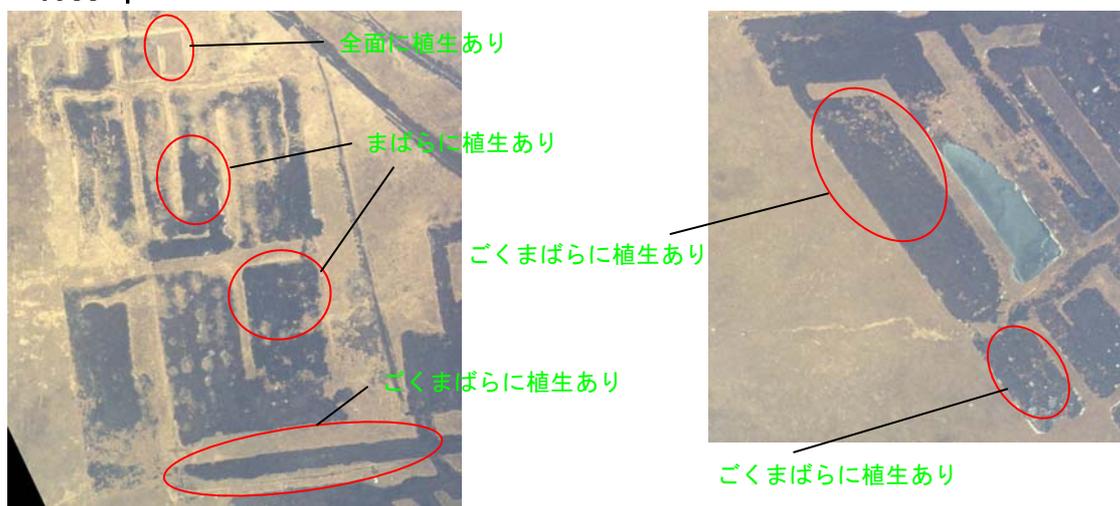


図 2. 1. 13 泥炭採掘跡地全域における閉塞後年数と植生面積割合の推移

1977年



1988年



2000年

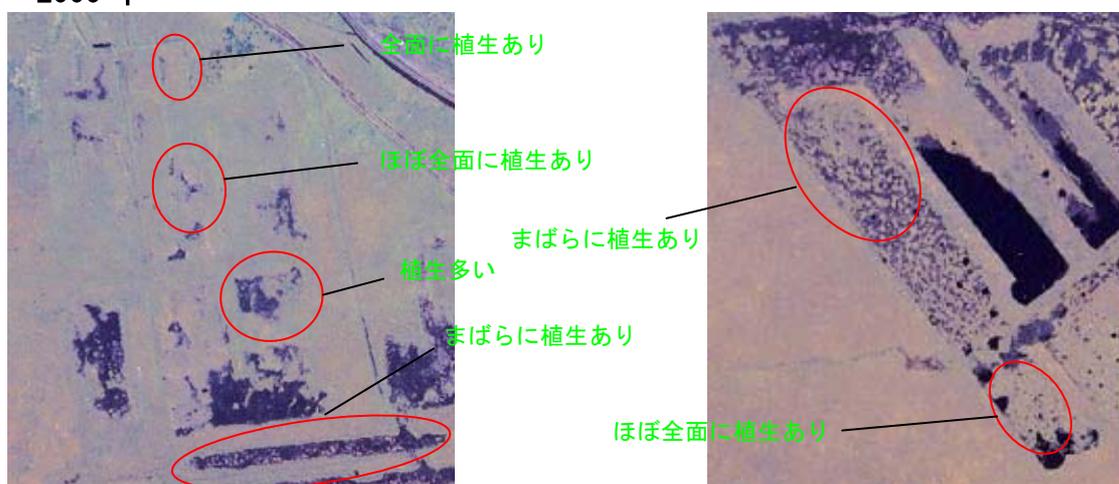


図 2.1.14 植生の変遷

表 2.1.2 各泥炭採面における植生拡大の経緯

No.	採掘年	閉塞年	経過	特徴
1	1969	1970	<p><1977年：閉塞後7年> 部分的に植物群落が形成</p> <p><1988年：閉塞後18年> 採面全体を植生が覆う</p> <p><2000年：閉塞後30年> 採面全体を植生が覆う</p>	閉塞後20年で採面全体を植生が覆うようになり、30年で高層湿原植生に近い植生（ホロムイスゲーイボミズゴケ群落）が形成されている。
6	1970	1975	<p><1977年：閉塞後2年> 小規模な植生パッチが散在</p> <p><1988年：閉塞後13年> 植生パッチがつながって拡大</p> <p><2000年：閉塞後25年> ほぼ全面を植生が覆う</p>	閉塞後25年で採面全体を植生が覆うようになり、ホロムイスゲーヌマガヤ群落が分布している。
9	1971	1975	<p><1977年：閉塞後2年> 小規模な植生パッチが散在</p> <p><1988年：閉塞後13年> 小規模な植生パッチが散在</p> <p><2000年：閉塞後25年> 植生パッチがつながって植生が広く覆うが一部に裸地が残る</p>	閉塞後25年で採面全体を植生が覆うようになり、ホロムイスゲーヌマガヤ群落が分布している。採面No.6とほぼ同時期に採掘と閉塞を経ているが、やや植物の侵入・定着が遅れている。
12	1972	1975	<p><1977年：閉塞後2年> 植生はほとんどみられない</p> <p><1988年：閉塞後13年> 植生はほとんどみられない</p> <p><2000年：閉塞後25年> 植生はほとんどみられない</p>	閉塞後25年を経てもほとんど裸地状態である。採面No.6、9とほぼ同時期に採掘と閉塞を経ているが、植物の侵入・定着がほとんど進んでいない。植物の生育を阻害する要素を最も有していると考えられる。
18	1973	1975	<p><1977年：閉塞後2年> ほとんど植生がみられない</p> <p><1988年：閉塞後13年> 小規模な植生パッチがみられる</p> <p><2000年：閉塞後25年> 植生パッチのサイズが大きくなっているが、斑紋状に散在</p>	閉塞後25年を経て、ミカヅキグサ群落が斑紋上に分布している状態。採面No.12より遅く開削されているが、植物の定着は進んでいる。開水面が散在していること、基盤の層厚が薄いことなどが植物の生育に有利に働いている可能性がある。
29	1975	1977	<p><1977年：閉塞後0年> 閉塞しているが所々に水面が残る</p> <p><1988年：閉塞後11年> 同様の閉塞状況で、陸地には植生パッチが散在している</p> <p><2000年：閉塞後23年> 水面は残っており、陸地の植生パッチは拡大している</p>	閉塞後23年で、ミカヅキグサーヨシ群落が陸域を覆っている。全体に冠水状態に近いほど過湿状態であり、他の採面とは異なる遷移系列にある可能性がある。水分条件に恵まれていることから、今後もミズゴケをはじめとする生育種が増加すると予想される。

各採面における閉塞後の年数と植生の面積割合の推移を図 2.1.15 に示す。

①ペースト状泥炭が厚く堆積している採面（採面No.1,6,9,12）

No.1,6,9 は閉塞後 2～7 年と早い段階から植生面積が 30%を超えている。特にNo.1 は植物の定着が早く、18年で100%に達している。それに対して、No.12 は閉塞後 13 年を経ても植生面積は 2%と少なく、植生の定着に長い時間を要していることから植物の生育を阻害する要因が強く効いている可能性がある。なお、閉塞後 25 年の 2000 年には 37%に達していることから、今後は増加する可能性もある。

②ペースト状・ブロック状混在型の泥炭が薄く集まった浮島状の採面（採面No.18,29）

採面No.18 と 29 は、閉採後の 11～13 年ではそれぞれ 25%、30%であり、No.12 を除く他の採面より少なかったが、その後はこれらを上回る伸び率で植生面積が増加している。基盤が薄く浮島状態となっており、過湿～冠水状態の場所が多いことが有利に効いていると思われる。特に基盤が薄く、過湿～冠水状態の場所が広く占める採面No.29 は閉塞後 23 年の 2000 年には 99%とほぼ全域を植生が覆っている。

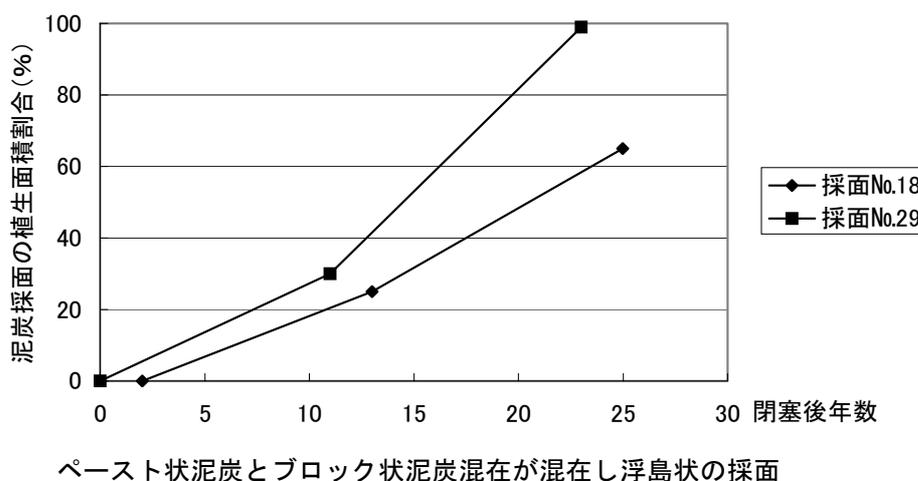
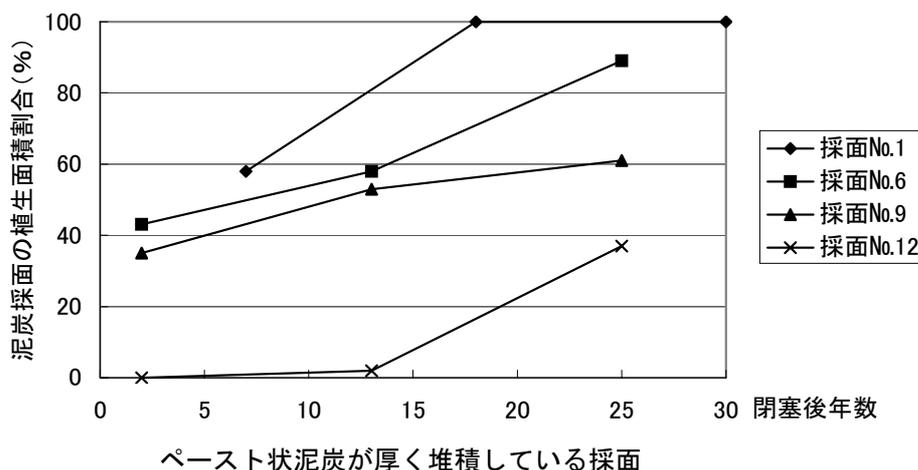


図 2.1.15 採面における植生面積の推移

(3) 地下水位

地下水位調査結果を表 2.1.3 に示す。

9月20日の計測では、採面No.29の地点がいずれも冠水状態にあった。また、採面No.9の1m、68m、121m地点、採面No.12の74m地点でそれぞれ、G.L.-77cm、G.L.-68cm、G.L.-45cm、G.L.-74cmと低かった。それ以外の採面の地点では、G.L.-10cm内外であった。

11月7日の計測では、採面No.9の72m、121m、126m、採面No.12の2m、13m、17mの地点でG.L.-10cmより低かったが、それ以外の地点ではG.L.-10cmより高く湿潤な状態であった。

「平成16年度サロベツ自然再生事業再生計画・技術手法検討調査報告書」(環境省、平成17年)によると、植物群落と地下水位の対応を解析した結果、ミズゴケが優占する高層湿原植生を再生目標とする場合は、平均地下水位が10cm程度、ヌマガヤ群落のような中間湿原植生を再生目標とする場合は、平均地下水位20cm程度が目安になるとされている。

渇水期のデータを欠いた2回の計測のみのデータであるが、採面の平均地下水位は、裸地の地点でも最も低い採面No.12の23m地点で45cm、その他の地点は20cm未満と高い。このことから、採面では、地下水位は植物が生育できないほどには低くはなく、むしろ高層湿原植生ないしは中間湿原植生の成立が可能な範囲にあり、植物の生育を困難にしている要因になっている可能性は低いと考えられる。

表 2.1.3 地下水位計測結果

採面No.	基点からの距離 (m)	相対地下水位(cm)			植 生	
		05.09.20	05.11.07	平均	植被率(%)	優占種
1	1	4	2	3	100	ミスゴケ
	15	11	9	10	100	ミスゴケ
	28	16	7	12	100	ミスゴケ
6	5	13	9	11	85	ミスゴケ
	26	15	4	10	60	ミカツキグサ、ヨシ、ヌマガヤ
	61	11	2	7	60	ヌマガヤ、ホロムイスケ、ミカツキグサ
9	1	77	5	41	35	ヌマガヤ、ホロムイスケ、ミカツキグサ
	16	16	8	12	1	裸地
	27	5	5	5	70	ミカツキグサ、ホロムイスケ
	44	11	6	9	50	ホロムイスケ
	72	68	21	44	45	ミカツキグサ、ヨシ
	85	8	7	8	70	ヌマガヤ、ミカツキグサ
	121	45	12	28	100	ミスゴケ、ヌマガヤ
126	2	15	9	100	ミスゴケ	
12	2	20	12	16	90	ミカツキグサ
	14	19	13	16	1	裸地
	23	74	17	45	2	裸地
	28	14	4	9	90	ヌマガヤ
18	3	2	0	1	70	ミカツキグサ
	12	12	1	7	1	裸地
	17	11	2	7	70	ミカツキグサ
	43	3	8	6	100	ミスゴケ
	67	6	6	6	65	ミスゴケ、ホロムイスケ
80	6	1	3	80	ミカツキグサ	
29	1.5	-4	0	-2	100	ミスゴケ、ミカツキグサ
	47	-1	1	0	95	ミカツキグサ
	62	0	4	2	100	ミスゴケ
	75	-1	-3	-2	95	ミカツキグサ

(4) 含水比

含水比調査結果を表 2.1.4、図 2.1.16 に示す。

図 2.1.12 は、採面ごとに各サンプルのデータを採取深さ順に並べたものである。なお、採面No.22 は、参考として、乾燥が著しく表層剥離が起きている裸地の表面についても分析したものである。

No.22 を除く採面では、表層 20cm の含水比は 800%前後であった。80cm では、約 1000～2000%であり、深いほど含水比が高い傾向がみられた。ミスゴケが密生する高層湿原植生が形成されている採面No.1 も、植物が生育していない採面No.12 も含水比はほとんど相違なかった。すなわち、表層 20cm 以深では含水比は植生の有無には効いていないといえる。

一方、採面No.22 の乾燥により表層剥離が起きている裸地の表層 0.5cm、3cm の含水比はそれぞれ 36.5%、400.2%と極端に低かった。

以上から、浮島の基盤は、植物の生育面からは以下の条件にあると予想される。

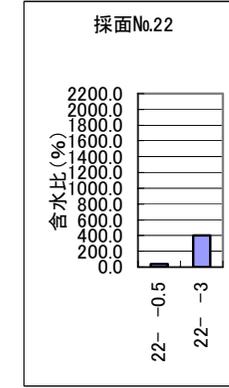
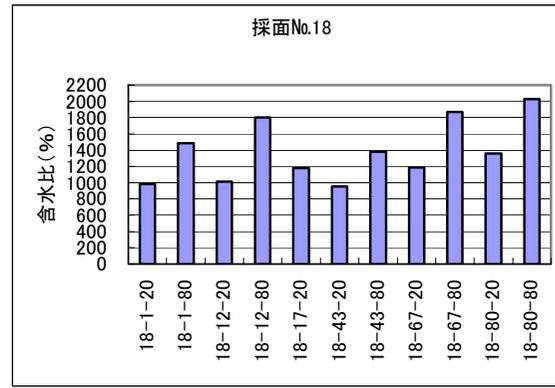
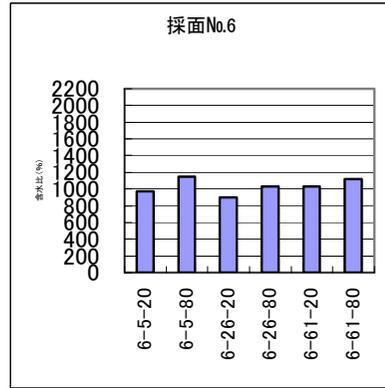
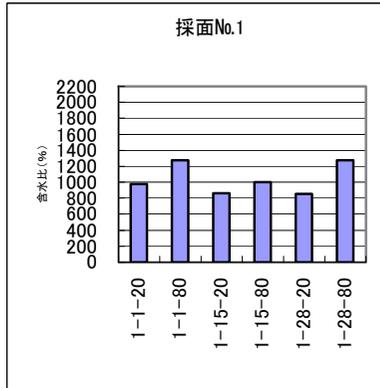
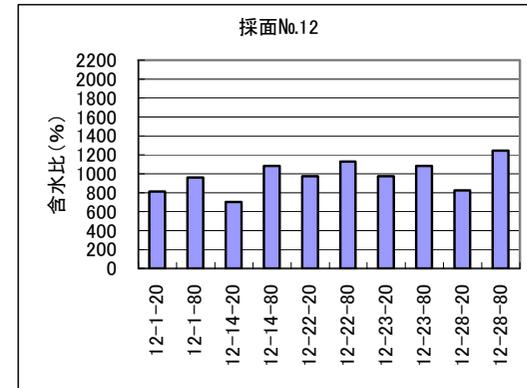
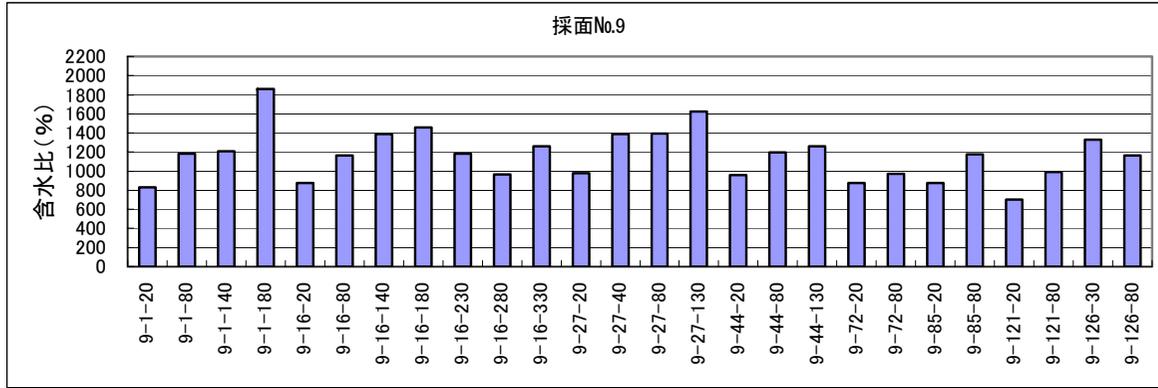
- ・裸地の表層の数 cm は非常に乾燥している。そのため、植物の発芽は困難である。仮に発芽しても、根茎が非常に浅い幼個体が生育し続けるのは難しい。
- ・浮島の基盤は、表層 20cm 程度までの深さになると植物の生育に十分な水分が含まれている。一度この深さまで根茎が達せられれば、生育を維持できる可能性が高い。

表 2.1.4 含水比分析結果

採面No.	基点からの距離 (m)	深さ (cm)	含水比 (%)
1	1	20	981.1
		80	1277.5
	15	20	860.6
		80	1002.3
	28	20	859.2
		80	1274.3
6	5	20	975.2
		80	1145.4
	26	20	898.2
		80	1028.5
	61	20	1030.0
		80	1119.3
9	1	20	831.0
		80	1180.1
		140	1208.2
		180	1863.5
	16	20	873.6
		80	1164.4
		140	1385.1
		180	1459.7
		230	1180.4
		280	967.6
		330	1259.8
		27	20
		40	1390.5
		80	1396.6
		130	1624.9
	44	20	962.4
		80	1192.9
		130	1261.4
	72	20	875.2
		80	974.8
	85	20	878.5
		80	1176.7
	121	20	706.4
		80	992.1
126	30	1328.2	
	80	1165.6	

採面No.	基点からの距離 (m)	深さ (cm)	含水比 (%)
12	1	20	812.2
		80	960.9
	14	20	701.8
		80	1085.2
	22	20	973.1
		80	1128.8
	23	20	974.0
		80	1080.7
	28	20	824.7
		80	1245.2
18	1	20	985.7
		80	1484.6
	12	20	1014.9
		80	1800.1
	17	20	1175.3
		20	952.4
	43	80	1383.6
		20	1184.9
67	80	1867.1	
	20	1356.4	
80	80	2024.1	
	22	-	0.5
			3
29	1.5	20	1227.9
		20	1110.9
	62	20	1047.4
		80	1649.3
75	20	1223.3	

サンプル採集日: 2005年9月3日~6日



* 地点の表示

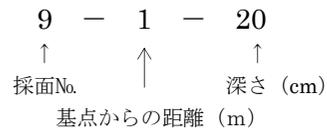


図 2.1.16 含水比分析結果

(5) 地下水水質

採面における地下水の水質分析結果、環境省の既往調査による原生花園の高層湿原植生域（E地点）における水質分析結果を表 2.1.5 に示す。なお、採水時期は、採面は 2005 年 10 月 16 日、原生花園は 2001 年 5 月 31 日である。

この結果から読み取れる採面の地下水水質の特徴は以下のとおりである。

- ・ 採面の地下水は、高層湿原植生域の地下水と比べて、pH をはじめとする主要成分に顕著な相違はない。
- ・ 採面の地点間で比較しても、顕著な相違はない。
- ・ 採水時期の違い（採面は 10 月、原生花園は 5 月）による影響の可能性もあるが、アンモニア性窒素、カリウム、塩素イオン、シリカ、全リン、電気伝導度が採面で多い傾向がみられた。
- ・ 高層湿原植生域の水質と大きな相違はないことから、水質が採面への植物の生育を困難にさせている要因にはなっていないと考えられる。なお、シリカ（ケイ酸）の含有量が多いので、ケイ酸を好むとされるイネ科植物（ヨシ、ヌマガヤなど）が生育しやすい条件にある可能性がある。

表 2.1.5 採面における水質分析結果

調査対象地区		泥炭採掘跡地						原生花園				
地点番号		採面1	採面6	採面9	採面12	採面18	採面29	E地点				
優占種		ミズゴケ	ミカツキグサ、ヌ マガヤ、ヨシ	ヌマガヤ、ミカツ キグサ	裸地	ヌマガヤ、ヨシ	ミカツキグサ	深さ0m	深さ0.5m	深さ1.0m	深さ1.5m	深さ2.0m
試料採取日		2005/10/16						2001/5/31				
水温	(°C)	10.0	11.0	11.8	10.4	10.5	11.8	10.0	10.6	7.9	7.1	8.3
水素イオン濃度	(Ph)	3.3	4.8	4.6	4.8	4.7	4.7	4.2	4.3	4.4	4.5	4.7
電気伝導率	mS/m	29.0	9.34	12.6	11.9	6.48	7.65	6.2	5.8	6.0	4.7	5.9
有機体炭素	mg/L	44	150	780	220	26	26	31.5	34.7	28.1	23.4	18.9
アンモニア性窒素	(NH ₄ -N)	1.3	0.87	3.8	4.3	0.79	0.68	0.01	0.19	0.08	0.15	0.48
硝酸性窒素	(NO ₃ ⁻ -N)	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
亜硝酸性窒素	(NO ₂ ⁻ -N)	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	—	—	—	—	—
溶解性窒素	mg/L	2.0	1.7	6.4	8.2	2.0	1.7	—	—	—	—	—
全リン	(T-P)	0.14	0.18	0.31	0.11	0.33	0.21	0.004	0.008	0.005	0.004	0.004
リン酸態リン	(PO ₄ ²⁻ ・P)	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	0.002	0.003	0.002	0.001	0.002
溶解性リン	mg/L	不検出	不検出	0.03	0.04	0.02	0.02	0.004	0.008	0.005	0.004	0.004
ナトリウム	(Na ⁺)	14	10	14	12	8.8	10	8.5	8.0	8.4	6.7	33.3
カリウム	(K ⁺)	0.89	1.3	1.5	2.3	1.7	1.7	0.6	0.5	0.1	0.2	0.9
カルシウム	(Ca ²⁺)	8.5	8.4	11	7.1	4.8	3.9	0.9	0.7	0.8	0.6	0.3
マグネシウム	(Mg ²⁺)	3.5	4.3	6.4	2.4	2.1	2.1	1.7	1.3	1.7	1.1	1.2
塩素イオン	(Cl ⁻)	59	19	27	27	14	22	13.7	11.0	12.6	9.5	14.3
硫酸イオン	(SO ₄ ²⁻)	0.6	6.1	不検出	1.3	0.5	2.6	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
シリカ	(SiO ₂)	35	36	84	39	49	29	3.9	5.8	4.6	3.8	13.5

* 1) 原生花園E地点のデータは、「環境省サロベツ原野保全対策事業 第3期調査報告書」(環境省、平成14年)より引用

(6) その他観察事項

これまでの調査の他に、植物の生育に関係して以下のような推論ができる現象が観察された。

- ・乾燥すると表層の物理構造が変化する
- ・降雨後は水が流れて表層が攪乱される
- ・風散布による種子の供給はある
- ・乾燥時にも水が留まる立地があれば、植物は生育できる
- ・植物が定着すれば、そこを拠点に分布範囲の拡大、植生の遷移が進行する

●乾燥すると表層の物理構造が変化する

裸地では乾燥時に、以下のような現象が観察された。

- ・乾燥すると表層がいくつにも薄く分離・剥離している箇所が多くみられた。
- ・発芽したもの、その後生育し続けられずに枯死した幼植物の遺体がみられた。

泥炭は乾燥すると水分を吸収しにくくなることが知られていることから、泥炭の表層が乾燥・分離すると、20cm程度の深さに土壤の水分が十分にあっても、植物の発芽時や幼個体が必要とする水分が得られない可能性がある。以上のことから、表層の水分条件は、種子の発芽や幼植物の生育に重要な要因であると思われる。



表層の剥離。発芽後に枯死したと思われる幼植物の遺体がみられる。



剥離した表層に生育していた幼植物
深さ 5 mm 程度で根が横走していた



水溜りが乾いた跡。亀甲状に表層が割れている。



水溜りの最深部で辛うじて水面が残っている箇所。亀甲状の凹凸の凹部に水がたまり、島状にのこる凸部の縁に植物が生育。

●降雨後は水が流れて表層が攪乱される。

降雨後に踏査した際に、以下のような現象が観察された。

- ・水溜りの中を、表層の微細な泥炭の残渣が漂っていた。
- ・以前の調査時にみられた窪地がほとんど消えている場所があった。
- ・流出した水に押し倒されたようにみえる植物があった。

以上のことから、表層の泥炭が降雨のたびに攪乱を受けていると推察される。このように表層が攪乱されている場所では、植物が発芽したとしても生育するのは難しいと思われる。



表層の微細な泥炭の残渣が水溜りを漂っている。



左写真の拡大



たまった水は、早いスピードで引いていった。手前に見えるのが、流出時の水みち跡。



水が引いた直後。微細な泥炭残渣が流れている。



水みち跡。



水みちあと。谷地坊主状のホロムイスゲの株は水みちよりやや高い位置にある。



レンズ状に膨らんだ場所に残された裸地



左写真の裸地の低い部分。倒伏した植物がみられる。

●風散布による種子の供給はある

春季の調査時に、多くのワタスゲの種子が採面に飛来しているのが観察された。採面における種子の供給は、埋土種子、風散布、水散布、鳥散布などの可能性が考えられるが、少なくとも風散布があるのは確認された。

種子はランダムに分布していた。裸地には、まばらに植物が生育しているのがみられるが、このような種子の分散パターンも関係している可能性もある。



採面に落下したワタスゲの種子
ランダムに分散している



ワタスゲの種子と幼植物



ワタスゲの種子と幼植物



谷地坊主状態でランダムに散在する植物は、種子散布のランダムさとの類似を連想させる

●乾燥時にも表層に水が留まる立地があれば、植物は生育できる

以下のような事項が観察された。

- ・採面の縁部は乾燥化が進んだ際に最後まで水分が残っており、その範囲に沿って植物群落が分布していた。
- ・表層の亀裂の水面に沿って植物が生育している箇所があった。ただし、亀裂があっても植物が生育していない箇所もあった。

乾燥化が進むと最後まで水分が残る微低地や水面が現れる亀裂の縁は、乾燥時にも表層が湿っており、水条件に恵まれている。また水に運ばれてきた種子も集まりやすく、温度も極端に上昇しないことからこのような場所で発芽した植物は定着しやすいと考えられる。



採面の縁部が乾燥時に最後まで水分が残っており、その範囲に沿って植物群落が分布しているようにみえた



亀裂にそって分布する植物（奥）。ただし、亀裂上でも植物が生えない箇所（手前）も多い。



亀裂にそって分布する植物



亀裂にそって分布する植物。植物が生えている箇所は湿っている。



亀裂にそって分布する植物。植物が生えている箇所は湿っている。



手前の植物は、地表に亀裂は見えないが、奥に見える亀裂の先端にあたる位置に生育している。この層厚は薄く、直ぐ下に水面がある。

●植物が定着すれば、そこを拠点に分布範囲の拡大、植生の遷移が進行する

中央部にヌマガヤが密生し、その周囲にミカツキグサが生育するパッチが観察された。植物が一度定着すると、蒸発が抑えられ湿潤状態が保たれ、根茎によって表層の攪乱が抑制されて安定するなどの環境改善の好循環が生まれる。そのため、そこを拠点に、植物の分布範囲も拡大すると思われる。また、生育する植物量が増え、生育種も増加すると思われる。



中央がヌマガヤ、周囲がミカツキグサ。中央に白く見えるのは綿毛をつけたワタスゲ。



中央がヌマガヤ、周囲がミカツキグサ

2.1.3 考察

(1) 採面における植物定着機構の推察

調査結果から明らかになった事項と、現地観察から推察した事項の要点は、以下のとおりである。

■調査結果から明らかになった事項

- ・ 同様に泥炭が厚く堆積し表層 20cm 以深の含水比に差異がなくても、植物が生育している採面と裸地状態の採面がある。
- ・ 植物が生育している採面は、採面の閉塞後に比較的短い時間で植物が侵入し、遷移が進行している。
- ・ 基盤の表層数 cm は極端に乾燥する。表層 20cm になると、植物の生育に十分な水分が含まれている。
- ・ 採面の地下水の水質は、高層湿原植生域のものと大きな相違はない。

■現地観察から推察した事項

- ・ 乾燥すると表層の物理構造が変化して、発芽や幼植物の生育に厳しい水分条件になる。
- ・ 乾燥時にも表層に水が留まる立地があれば、植物は生育できる。
- ・ 降雨後は水が流れて表層が攪乱される。
- ・ 風散布による種子の供給はある。
- ・ 植物が定着すれば、そこを拠点に分布範囲の拡大、植生の遷移が進行する。

以上から、閉塞後の採面における植物が定着する機構は以下のように推察される。

■ペースト状泥炭が厚く堆積した採面の裸地における植物定着機構の仮説

- ・ ペースト状泥炭が厚く堆積した採面では、植物の生育は地表の条件に影響される。
- ・ 地表には、①表層が恒常的に攪乱を受け不安定である、②乾燥すると物理構造が変化して幼植物が利用する表層数 cm の土壌の水分が枯渇する、という大きな阻害要因がある。なお、泥炭は黒褐色なので、晴天時には地表温度が高くなり、阻害要因の一つになる可能性もある。
- ・ 植物は、上記阻害要因を緩和させる条件を持っている場所で生育する。採面の縁（周囲からの水の浸出、降雨後の水が残りやすい）、亀裂（水面が現れ周囲が湿潤になる）、窪地（降雨後の水が残りやすい）などがこのような条件を持つと考えられる。
- ・ 一度植物が定着すると、蒸発が抑えられ湿潤状態が保たれる、根茎によって表層の流出が抑制されて安定するなど環境改善の好循環が生まれ、そこを拠点に分布域の拡大、植生遷移が進行する。

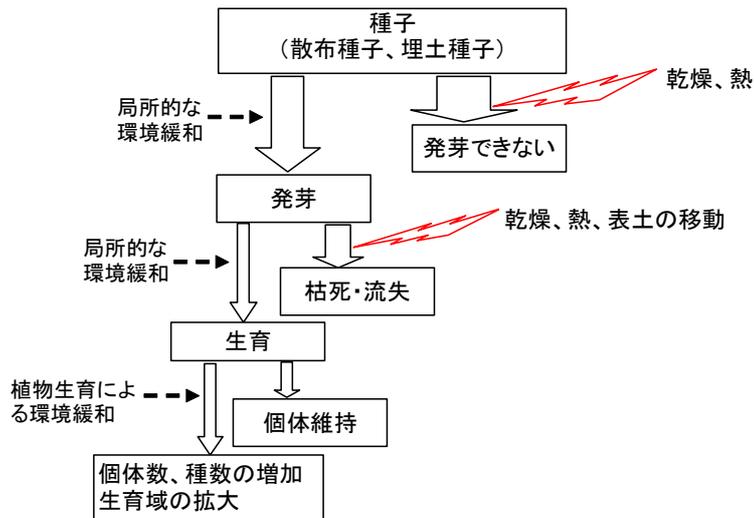


図 2.1.17

水面閉塞後の採面（泥炭が厚く堆積している場合）における植物定着の機構

(2) 生育阻害要因への対策の方向性

上記の仮説にもとづくと、水面閉塞後の採面の裸地に植物を定着させるには、なんらかの措置により、水条件や地温などの立地環境を緩和させる必要がある。その対策として以下の方向性が考えられる。

① マルチを施す

マルチングによって、表層の攪乱と乾燥を防止する。マルチングの材料は、周辺的环境に悪影響を及ぼさない物を用いる。

② 土壌改良をする

土壌構造を改良することによって、表層の安定性、湿潤状態の向上を図る。採掘跡地の水面下に堆積している泥炭ブロックのような植物繊維を多く含み、周辺的环境に悪影響を及ぼさない物を用いる。

③ 亀裂・溝・窪地を作る

亀裂や溝・窪地をつくることによって、水分を多く含んだ場所が出現することによる水供給、地温の安定が図られる。

(3) 植生遷移の予測

泥炭採掘跡地では、常に湿潤状態にある箇所と、降水の有無によって乾湿を繰り返すと思われる箇所がある。それぞれ以下のような方向へ植生遷移が進行すると予想される。

■ 常時冠水～過湿状態にある立地

水際や、採面No.29のように浮島の厚さが薄く冠水状態になりやすい箇所では、常に冠水～過湿状態にあり、裸地、ミカヅキグサ群落、ミカヅキグサーイボミズゴケ群落、ヨシースゲ群落、ヨシーミズゴケ群落が主に分布している。長期的には抽水植物のヨシースゲ群落や、ヨシーミズゴケ群落に遷移していくと思われる。採面No.30（採

面位置は図 2.3.4:p71 参照) などでは閉塞後約 30 年でヨシの根元にミズゴケが密生する状態にまで達している。

このように常時冠水～過湿状態にある立地は、環境条件に恵まれているので、特に人為的な措置を行わなくても植生遷移が進行していくと思われる。

■降水の有無によって乾湿を繰り返す立地

上記の立地のように水条件に恵まれず、降水の有無によって乾湿を繰り返す箇所(採面の底まで工場から戻された泥炭で充填されている所が多い)では、裸地、ミカヅキグサ群落、ミカヅキグサーヨシ群落、ホロムイスゲーヌマガヤ群落、ホロムイスゲーイボミズゴケ群落が主に分布している。このような箇所では、立地環境が改善されれば、周囲の高層湿原植生とほぼ同質であるホロムイスゲーイボミズゴケ群落に遷移していくと思われる。ただし、水質分析ではケイ酸が多く含まれているという結果が得られていることから、ケイ酸を好むヨシやヌマガヤなどのイネ科草本が生育する可能性もある。

採面No.1では閉塞後約30年でホロムイスゲーイボミズゴケ群落にまで達しており、これが一つの時間的目安となる。一方で、採面No.12のように閉塞後約30年を経ても植生が乏しい状態で溜まっている箇所もあり、採面No.1は他の採面に比べて何らかの環境条件が恵まれていた可能性もある。

*参考 ー植物群落についてー

本報告書において、泥炭採掘跡地における植物群落の記述にあたっては、「平成16年度サロベツ自然再生事業泥炭採掘跡地修復対策検討業務」において作成された相観植生図の凡例を用いている。泥炭採掘跡地は様々な環境条件が混在しており、植生も遷移の進行状況が異なる小規模なパッチが混在しているため、出現種による群落の区分やその分布境界を明確に識別するのは困難である。同図は、このような条件のもとで、採面単位レベルでの植生の概要を捉えるために作成された。したがって、一つの凡例で表示されている範囲の中でも局所的にみると異なる凡例の植物群落が分布している場合はある。また、区分されている凡例(植物群落)も典型的なものから他の凡例との中間的なものまでである。

以下に各植物群落の概要を述べる。また、群落区分に用いた植生調査地点の位置と組成表は資料編に添付した。

・ホロムイスゲーイボミズゴケ群落

植生の定着が最も進行している群落である。イボミズゴケが高い被度で生育し、ホロムイスゲ、ヌマガヤなどの草本が優占している。初期に採掘・埋塞されたエリアでまとまってみられる。

・ホロムイスゲーヌマガヤ群落

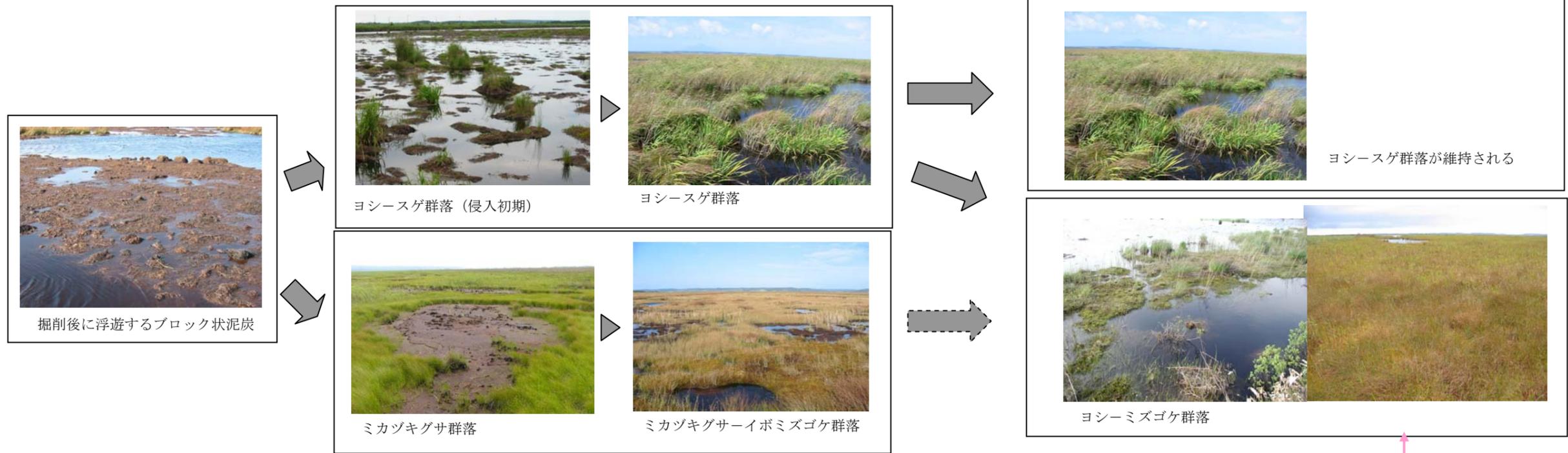
植生の定着が比較的進行し、ヌマガヤ、ホロムイスゲなどが優占する群落である。

- ・ミカヅキグサ群落
ミカヅキグサが優占し、その他の生育種が少ない単調な群落である。ペースト状の泥炭で形成された浮島上に分布する。
- ・ミカヅキグサーヨシ群落
ミカヅキグサ群落と類似しているが、優占するミカヅキグサに加えてヨシが比較的高い被度で生育する。ミカヅキグサ群落と同様な立地に分布する。
- ・ミカヅキグサーイボミズゴケ群落
ミカヅキグサが優占する単調な群落であるが、イボミズゴケの生育がみられる群落である。ペースト状の泥炭で形成された浮島上でやや湿性状態が保たれた場所にみられる。
- ・ヨシースゲ群落
浮島が浅く冠水している場所にみられる抽水植物群落である。優占するヨシ、スゲ類をはじめカキツバタなどの抽水植物、沈水の植物ヒメタヌキモなどもみられる。
- ・ヨシーミズゴケ群落
ヨシが優占し、地表にはミズゴケが密生している群落である。冠水はしないながらも過湿状態が保たれた浮島上にみられる。

時間の経過

■常時冠水～過湿状態にある立地

水条件に恵まれているため植物の侵入後の分布面積の拡大は比較的早い

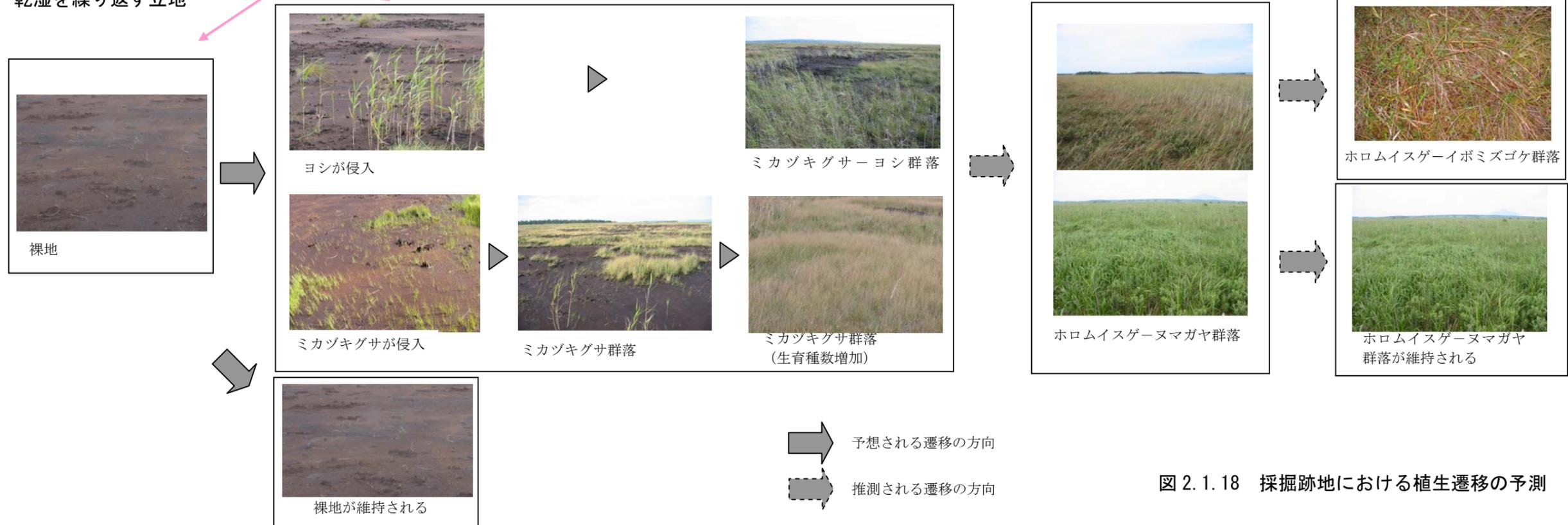


約30年を経てもこの段階で留まっている箇所もある

厳しい環境条件にあるので植物の侵入・定着には長期を要する場合が多い

早い所では約30年でこの段階に達する

■降水の有無によって乾湿を繰り返す立地



→ 予想される遷移の方向
 - - - 推測される遷移の方向

図 2.1.18 採掘跡地における植生遷移の予測

2.2 植生導入手法予備調査

泥炭採掘跡地では、植生を復元するために対策を検討中であることから、植物の生育について予備調査を行ない以下の事項に活用できる知見を得ることとした。

- ① 裸地に植物が定着できない要因の推定
- ② 植生導入対策を実施した場合の植生遷移の推定

必要な知見を得るには、様々な立地条件や植生の箇所を継続観察することが有効である。そこで、現地を踏査して、裸地や植物分布範囲の最前線などをその候補地として選定した。これらの地点の位置を図2.2.1に、概況と観察の視点を以下に示す。

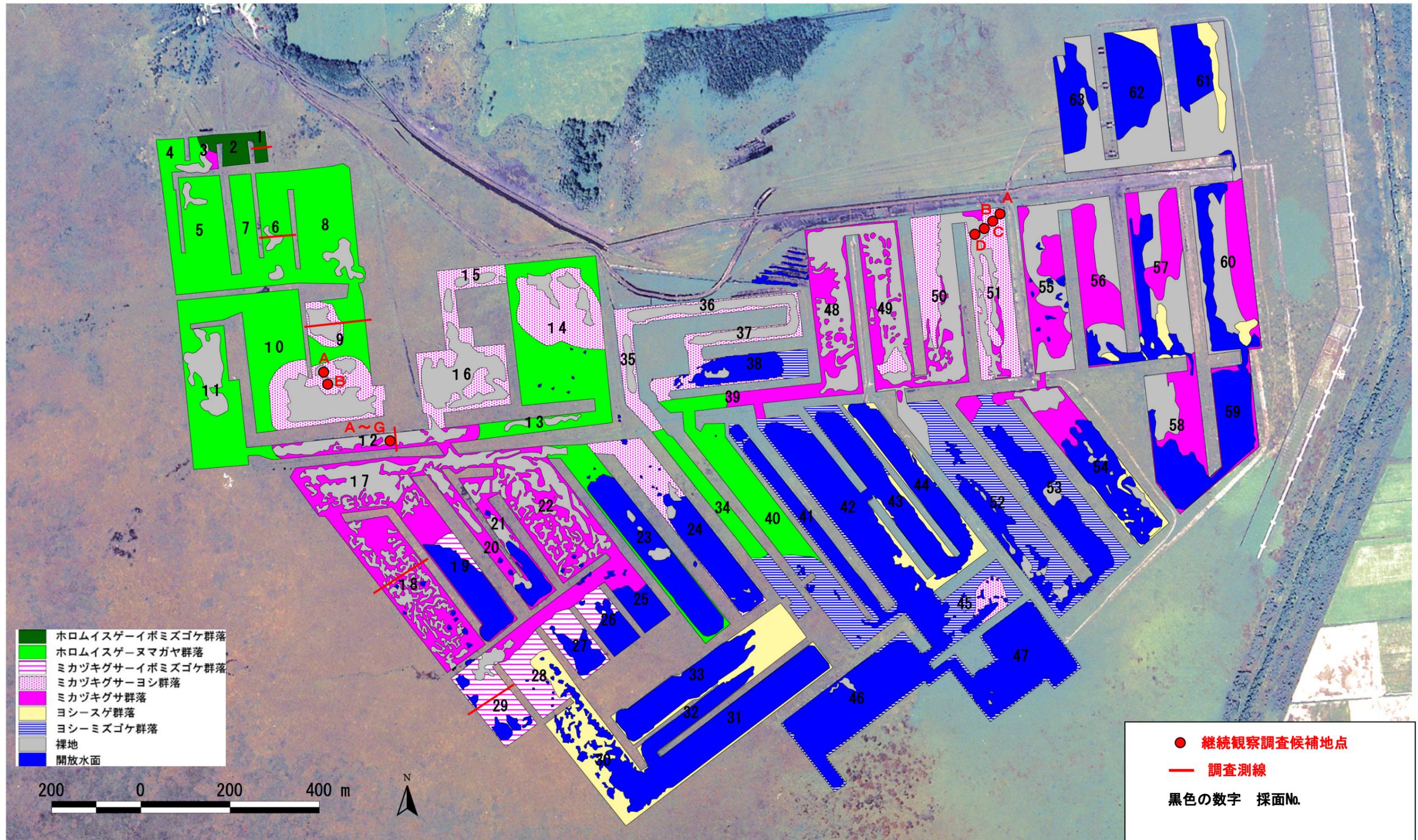


図 2. 2. 1 継続観察調査候補地点

■ 採面No. 9

地点 A



裸地に幼植物がわずかに生育している。今後の植物の定着・分布拡大状況を観察する。

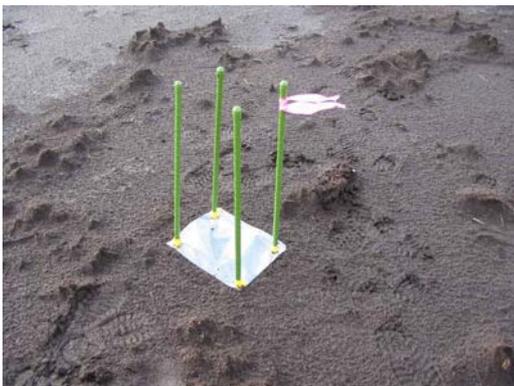
地点 B



ホロムイスゲの谷地坊主の間の裸地。増水時の水の流路になっている。表土が不安定で植物の定着が困難と思われる。このまま植物の定着がないのかを観察する。

■ 採面No.12

地点 A



裸地。地表に凹凸があり、ここを足がかりに植物が定着する可能性がある。一方で表土が不安定で植物の定着が困難と思われる。このまま植物の定着がないのかを観察する。

地点B



裸地。増水時には水溜りになり、表層の泥炭細粒子が浮遊している。表土が不安定で植物の定着が困難と思われる。このまま植物の定着がないのかを観察する。

地点C



亀裂の脇。湿潤条件にあるが、植物が生育していない。このまま植物の定着がないのかを観察する。

地点D



地点Dの亀裂の最先端。浮島の厚さは薄い。乾燥時は水面が見られないが、降雨時は水みちとなっており、そこに植物が散生している。今後の植物の定着・分布拡大状況を観察する。

地点 E



採面の縁部に密生するミカヅキグサ群落の最前線。今後、個体密度、分布範囲が増加するのかを観察する。

地点 G



裸地の中心部。凹凸はなく、なめらかな表面である。増水の度に泥炭細粒子が浮遊と堆積を繰り返していると思われる。このまま植物の定着がないのかを観察する。

■ 採面No.51

地点 A



採面の縁部でヌマガヤやミカヅキグサが生育している箇所。今後、個体密度や生育種が増加するのかを観察する。

地点B



採面の中心部に降雨後はしばらく水面が残されていると思われる大きな水溜り跡がある。その最前線であり、ヨシとミカヅキグサがわずかに生育している。今後、個体密度や生育種が増加するのかを観察する。

地点C



採面の中心部にある大きな水溜り跡の中央部。亀甲模様の表層剥離がみられ、ミカヅキグサがわずかに生育している。今後、個体密度や生育種が増加するのかを観察する。

地点D



水溜り跡の最前線。地点Bの対岸にあたる。ホロムイスゲとミカヅキグサが多く生育している。今後、個体密度や生育種が増加するのかを観察する。

2.3 対策方針の検討

泥炭採掘跡地には、採掘前は高層湿原植生が広がっていた。採掘後は、工場から戻された泥炭の堆積状況によって、植物の生育基盤の状況は大きく3つのタイプに分かれ、それぞれ異なる植生遷移が進んできたものと推定される。

3つの基盤タイプにおける現況と対策の方向性を図2.3.1に示す。これらは、予備的試験により知見を得た上で、具体的に検討していくことが望ましい。

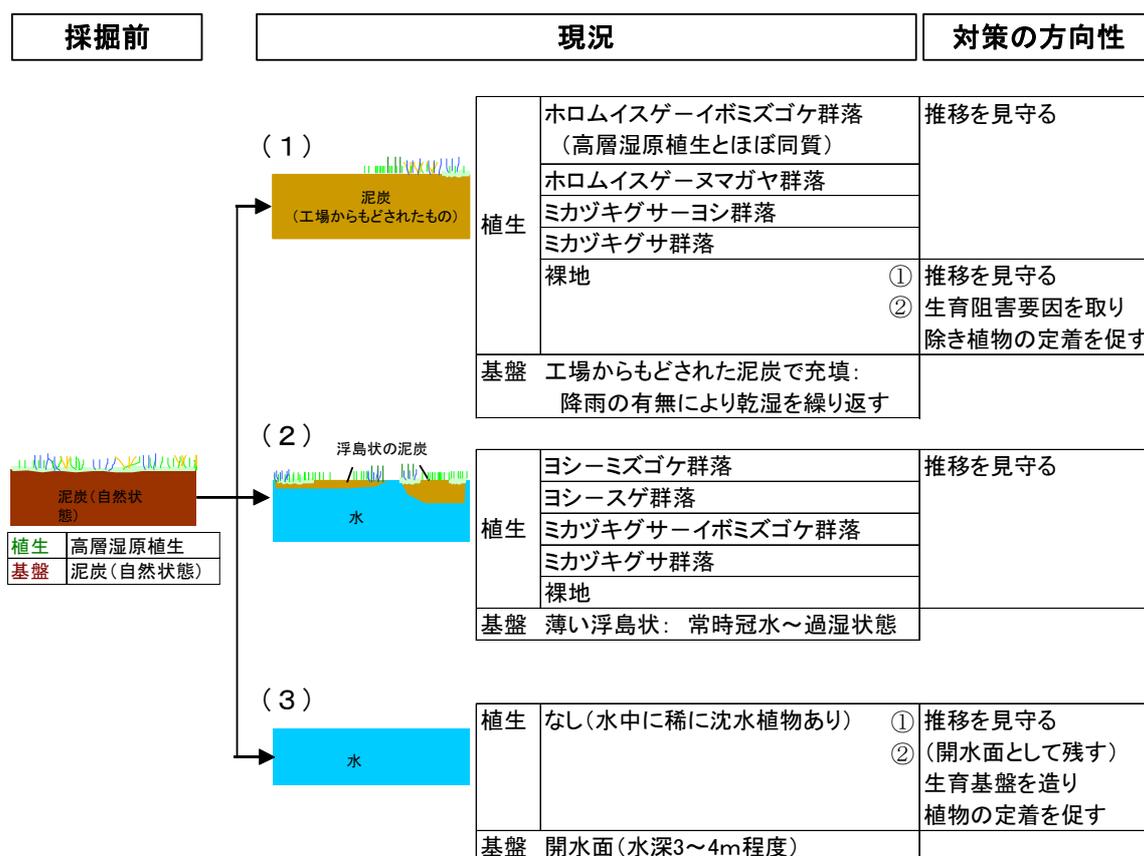


図 2.3.1 基盤・植生の変化と対策の方向性

(1) 工場から戻された泥炭が厚く堆積している箇所

工場から戻った泥炭で充填されている採面では、表層は降雨の有無により乾湿を繰り返す。このような採面では、裸地、ミカヅキグサ群落、ミカヅキグサーヨシ群落、ホロムイスゲーヌマガヤ群落、ホロムイスゲイボミズゴケ群落が主に分布している。現在遷移が最も進行しているのはホロムイスゲイボミズゴケ群落であり、これは種組成からみて高層湿原植生とほぼ同質である。

このような立地では、植物が既に生育している箇所では、自然に遷移が進行していくと思われるので、手をつけずに推移を見守ることが適当である。現在裸地の箇所は、植物の生育阻害要因(乾燥、表層の攪乱)が強いと考えられ、今後も植生の定着に長期間を要する可能

性が高い。ここでは、マルチングや土壌改良、表層の整形といった生育阻害要因を緩和させることにより植物の定着を促すことが望ましいと考えられる。

また、立地環境が改善しても、種子供給が不十分な場合は、植物の定着が遅れるため、以下の対策を併用することが効果的と考えられる。

①土壌撒きだし

土壌を撒きだし、埋土種子の発芽によって自然な植物の定着が期待できる。一方で、土壌供給元が改変される。

土壌採取のために本来の湿原植生を改変するのは避けるべきであり、採面の水底に堆積している泥炭ブロック、落合沼等での堰上げによって水没する箇所での泥炭の活用を検討する。

②種子散布

湿原の主要な植物の種子を採取し、散布する。土壌や生育個体は採取しないので、供給元の湿原植生の損傷は少ない。

種子を採取する植物種、時期、保管方法、播種時期、種子採取地などを検討する。

③個体移植

湿原の主要な植物を株ごと移植する。定着する可能性は高いが、自然地から株を採取するとその供給元が改変される。

供給元の改変を避けるために、採取した種子からの保育を検討する。

なお、採面No.12のように裸地が広く占める採面でも、辺縁部などから植生が徐々に拡大している。ここを拠点にして、今後さらに植生が拡大していく可能性もある。したがって、現在裸地の箇所すべてに対策を施すのではなく、手を加えずに推移を見守る箇所も設ける必要がある。

(2) 基盤が薄い浮島状の箇所

基盤の厚さが薄く冠水しやすい箇所では、常に冠水～過湿状態にある。裸地、ミカヅキグサ群落、ミカヅキグサーイボミズゴケ群落、ヨシースグ群落、ヨシーミズゴケ群落が主に分布している。現在遷移が最も進行していると考えられるのはヨシーミズゴケ群落である。

この立地は、水分条件に恵まれているので、特に人的な措置を行わなくても植生遷移が進行していくと思われる。

(3) 開水面

植生基盤が存在しない開水面は、人為的に植生基盤を造成しない限り、今後も植生は形成されない。しかし、開水面は、それ自体が鳥類の休息場所等の価値があることや、人為的な生育基盤の造成は労力がかかり不確実性も伴うことなどから、手を加えずに現状を維持するという考え方もある。

また、採面No.19(図 2.3.4 参照)のように採面に占める開水面の面積が小さい採面においては、基盤を拡大させるような手立てをして植生を復元することも検討して良いと思われる。その場合は、以下の方法が考えられる。

①人工浮島を造成する

人工浮島を造成し、上部に泥炭ブロックなどを配置して、植物の定着を期待する。
自力で浮揚し、かつ湿原に異質でない素材や、構造などを検討する。

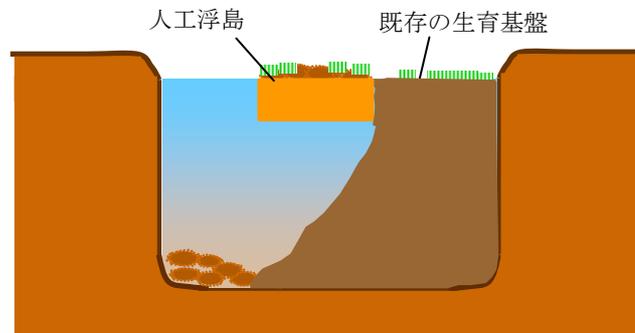


図 2.3.2
人工浮島設置イメージ

②水底に沈殿している泥炭を利用して基盤を拡げる

採面No.31 のように開水面として残す採面に沈殿するブロック状泥炭をNo.19 やNo.21、
25、26、27 などに運搬し、浮島を連結させるように埋め立てる（図 2.3.5 参照）。
基盤を拡げる箇所、泥炭ブロックを採集する箇所、施工方法などを検討する。

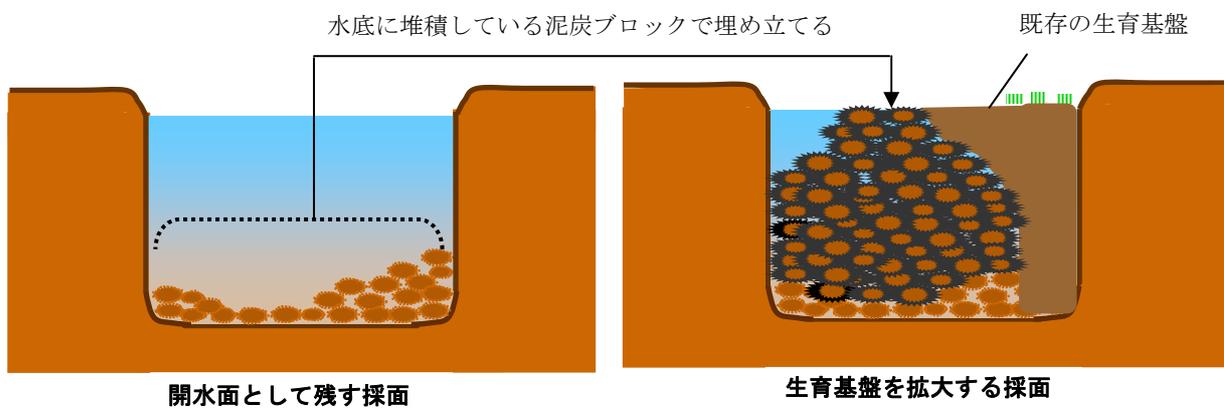


図 2.3.3 泥炭ブロックを活用した生育基盤の拡大イメージ

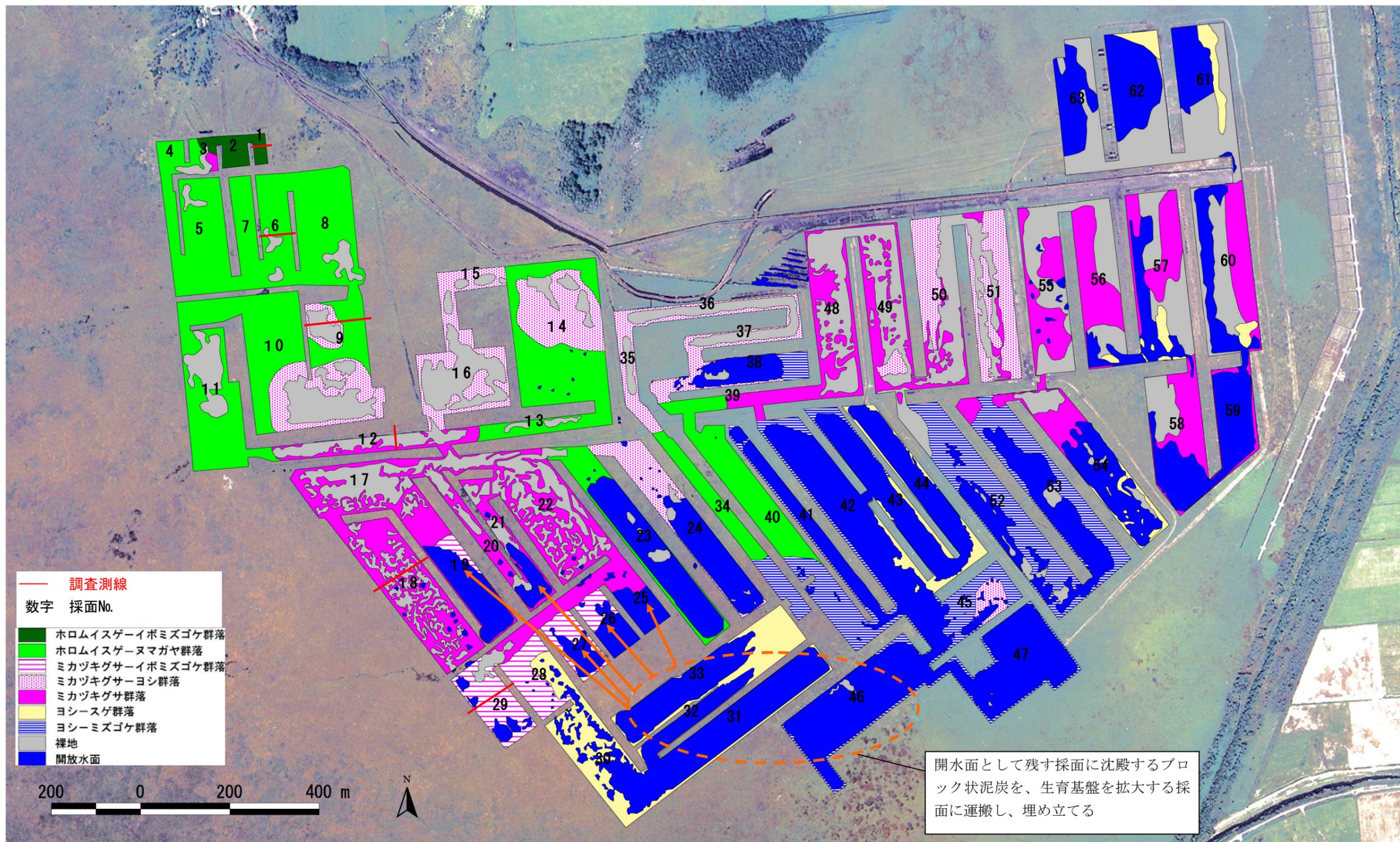


図 2.3.4 泥炭採掘跡地の開水面における対策を行う採面のイメージ

3. 水抜き水路堰上げ実証試験

3.1 堰上げ水路追加調査

3.1.1 試験地の概況

図 3.1.1 に示す 3 本の水抜き水路のうち、水抜き水路 1（落合沼）と水抜き水路 2 については、前年度より堰上げ計画の検討と事前調査を行い、平成 17 年秋に水抜き水路堰上げ実証試験を行った。水抜き水路 3 は、図 3.1.2 に見られるように旧河川跡に近接しており、これまでの現地踏査でも毎回流水が確認されていることから、今年度新たに検討対象として追加したものである。

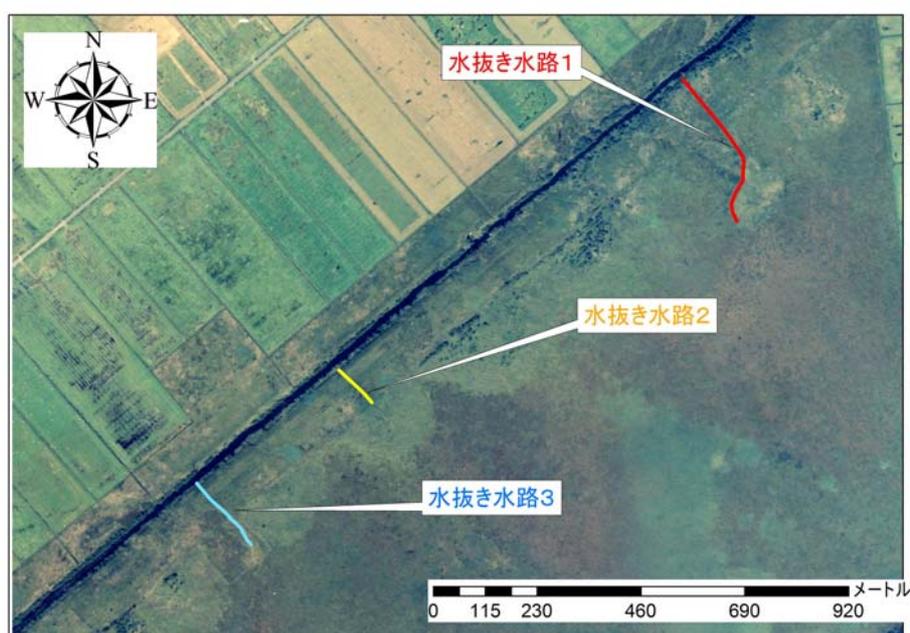


図 3.1.1 堰上げ試験地の位置

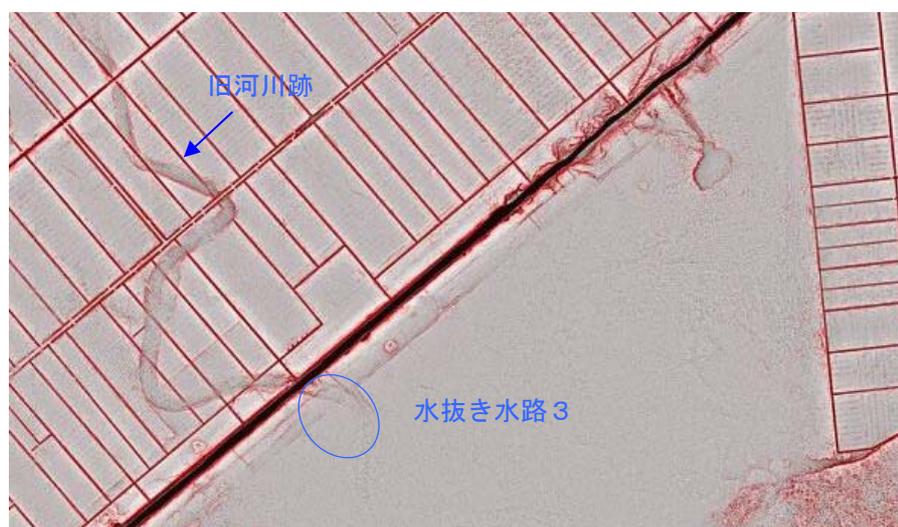


図 3.1.2 対象地周辺の微地形と水抜き水路 3

水抜き水路3は、放水路から約100m奥にある仮排水路まで、旧河川跡を避けるように斜めに開削されており、水抜き水路の先端部は旧河川跡の窪地に接している(図3.1.3)。このため、水路内の高い位置まで湛水させると、あふれた水が旧河川跡の窪地を経て流れ出すものと予想される。

また、仮排水路は、すでに埋塞したり、旧河川跡で分断されており、湛水させにくい状態にある。

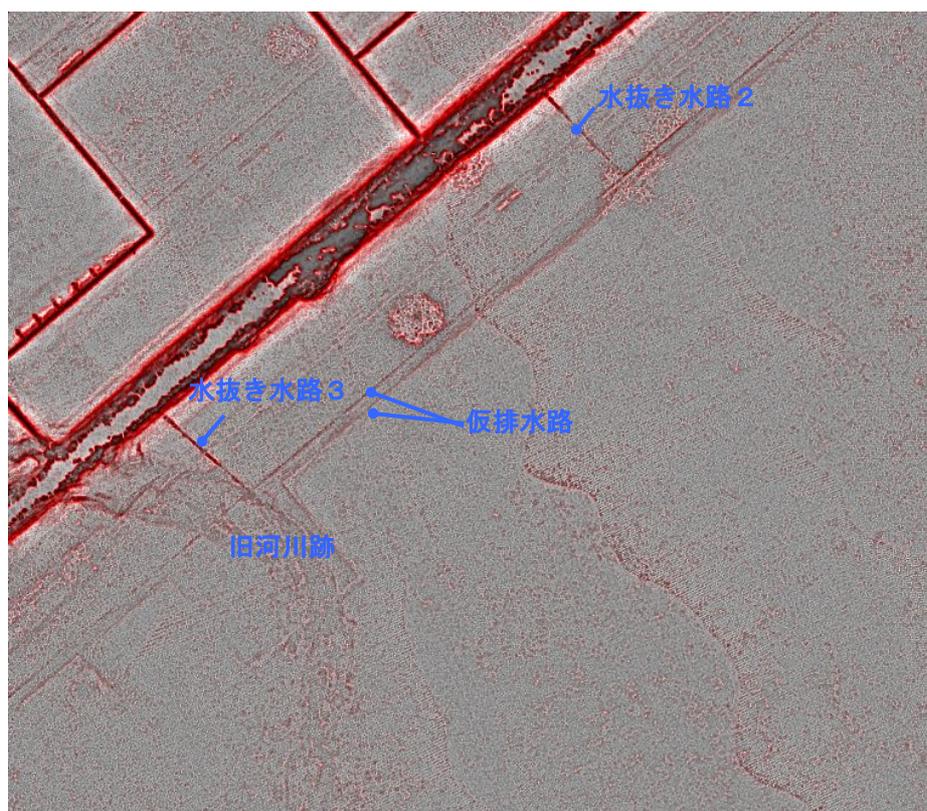


図 3. 1. 3 水抜き水路3周辺の微地形



水抜き水路3の状況



河川跡窪地の状況

3.1.2 堰上げ計画

水抜き水路3においては旧河川跡という潜在的な排水経路があるため、水路の堰上げのみでは湿原奥部の乾燥化抑制には寄与しないと考えられる。ただし、水抜き水路が旧河川跡から放水路に水を逃がすバイパス的な働きをしている可能性があるため、これを抑制することを主眼に、図 3.1.4 に示すとおり、放水路から 60m の地点に堰板を1箇所設け、水抜き水路の底から 50~60cm 程度湛水させる。なお、両岸ぎりぎりまで堰上げる計画であるが、河川跡への溢水が顕著にならない程度に現地の状況を見て堰高を調整するものとする。

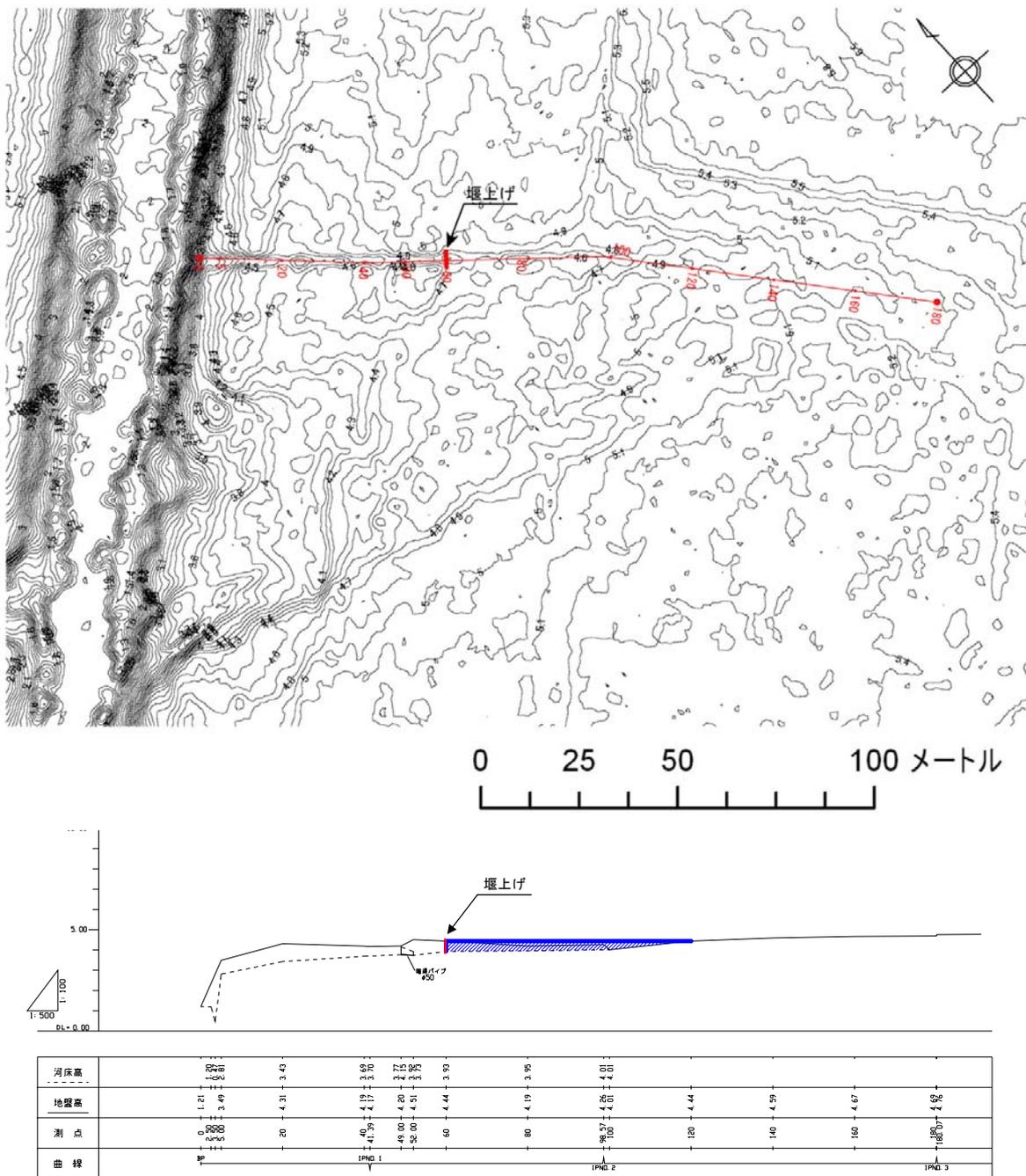


図 3.1.4 水抜き水路3の堰上げ計画図（平面および縦断）

3.1.3 モニタリング計画

堰上げによる湛水域が狭く、また旧河川跡方向に地下水が流動しやすい地盤性状であることが想定されるため、湛水区間の左岸側（河川跡側）を中心に図 3.1.5 のように地下水位観測地点と植生調査地点を配置した。また、堰を越流する流量について定期的な計測を行う。

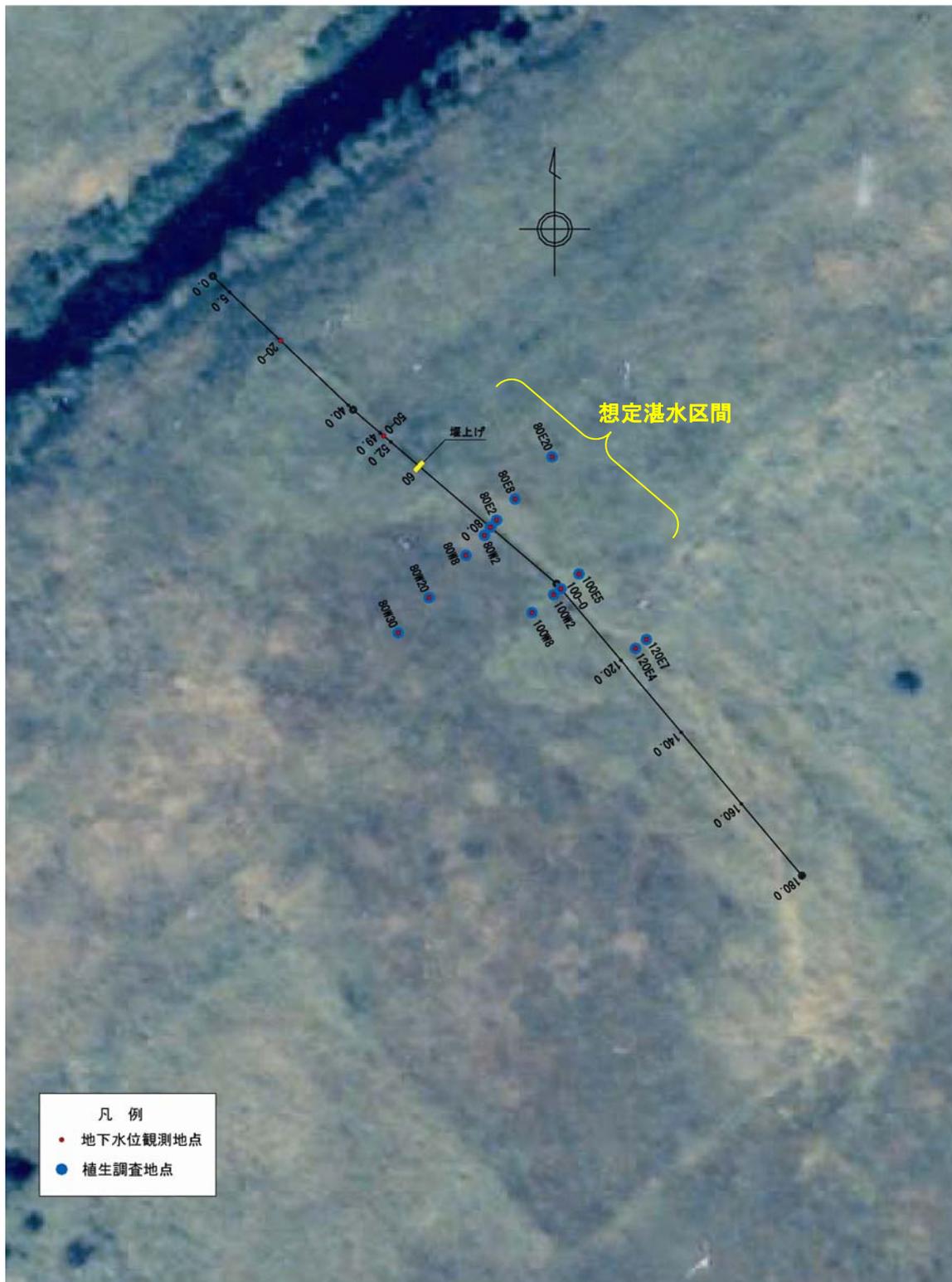


図 3.1.5 水抜き水路 3 のモニタリング地点

80m測線は、堰上げ予定地の約 20m上流にある。明確な流路があり、流路に沿って乾燥傾向の植生もみられ、堰上げによって水位が上がればその変化を捉えやすい位置として設置した。

100m測線は、さらに 20m上流にある。小規模な開水面があり、水位が上がれば水面も広がると思われ、その付近の変化を追跡する測線とした。また、予定している堰に加えて、もう一つ堰を設置する場合の候補地ともなる箇所である。

120m測線は、さらに 20m上流にある。わずかに流路が確認できる程度であるが、流路沿いに変化が生じた場合の観察箇所として設置した。

3.1.4 事前調査

(1) 植物

1) 調査方法

各観測点において、2 m × 2 m の方形区を設定し、方形区内の群落高、全出現種の植被率、被度・群度、平均高を記録した。地点別の調査結果は資料編に添付した。

2) 現地調査日程

現地調査は 2005 年 9 月 6 日に行った。

3) 調査結果

試験地周辺の植生図を図 3.1.6 に示す。放水路付近は、放水路から約 100mは乾燥化が進んでいて中間湿原植生（ヌマガヤ群落）が広がっている。それより内陸には、土砂堆積地に低層湿原植生（ヨシ・イワノガリヤス群落他）が分布し、さらに内陸は高層湿原植生（ミカツキグサ・イボミズゴケ群落他）が分布している。

水抜き水路 3 付近では、放水路から約 100mの中間湿原植生（ヌマガヤ群落）域に割り込むように旧河川跡にそって高層湿原植生が分布している。

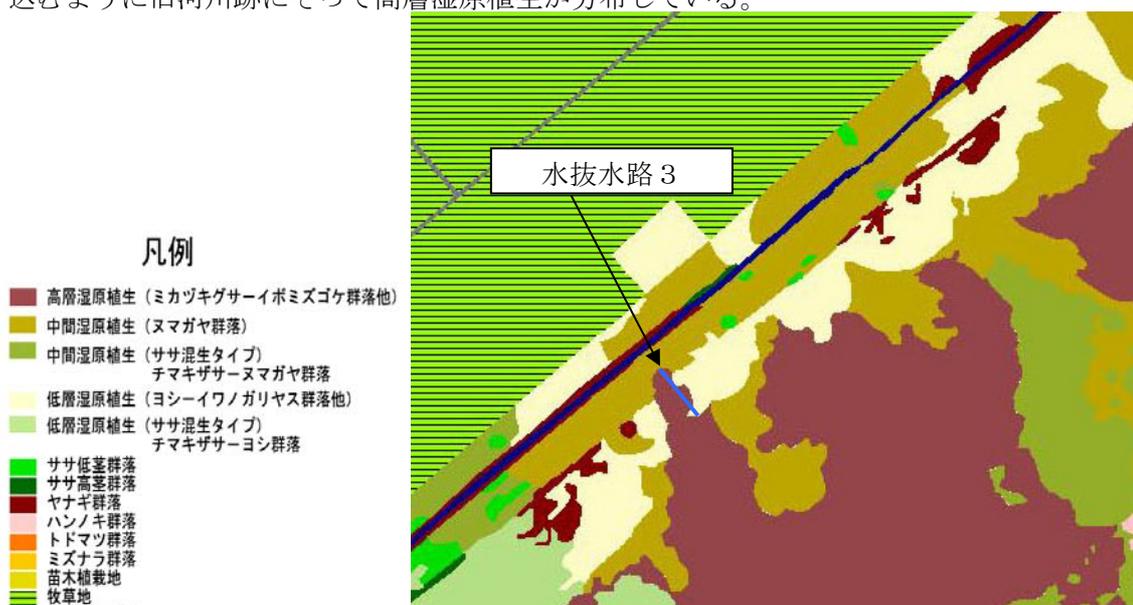


図 3.1.6 水抜き水路周辺の植生

各地点の調査結果を表 3.1.1 に示した。調査測線の植生の概要を以下に述べる。

<80m測線>

測線全体にヤチヤナギが多く見られる。水路沿いは乾いており、イワノガリヤスが多く見られる。水路から東側に 20m の地点 (80-E 20) においてもヤチヤナギが優占している。西側に 8 m の地点 (80-W8) では、ヤチヤナギがみられず、ツルコケモモが優占し、中間～高層湿原の種が多くみられる。西側に 20m (80-W20)、30m の地点 (80-W30) もツルコケモモが多くみられるが、再びヤチヤナギが出現する。ただし、ミズゴケを欠き、乾いた高層湿原の様相を呈し、水路沿いとはやや異なっている。

<100m測線>

中心 (100-0) は水路となっており、カキツバタやミツガシワなど抽水植物がみられる。サンカクミズゴケもみられることから、水の流れはあまり強くないと思われる。東に 8m の地点 (100-E 8) では、イワノガリヤスが優占している。ここではヌマガヤ・タチギボウシなどが出現し、乾いた中間湿原の様相を呈している。

<120m測線>

水路がやや広がり、流路の外にもヨシなどの低層湿原の植物が多くみられる。東に 4 m (120-E 4) ではヤチヤナギが最も優占するが、カキツバタやサンカクミズゴケ、サワギキョウなどが多く見られる。東に 7m の地点 (120-E 7) でもカキツバタが多くみられる。サンカクミズゴケも高い被度でみられ、ミツガシワ、サワギキョウなど 4 m の地点と種組成は大きく変わらない。

表 3.1.1 水抜き水路3における植生調査結果（植被率）

	80m測線						100m測線					120m測線	
	80-E2	80-E20	80-W2	80-W8	80-W20	80-W30	100-0	100-E5	100-E8	100-W2	100-W8	120-E4	120-E7
ヨシ	・	・	・	・	・	・	・	80	・	1	5	10	10
ヌマガヤ	20	5	・	1	1	1	・	10	10	・	50	1	・
イワノガリヤス	50	5	20	1	・	・	・	1	60	・	・	・	・
ホロムイスゲ	20	・	10	50	10	40	20	10	5	20	10	20	20
カキツバタ	・	・	・	・	・	・	20	・	・	60	・	20	30
サンカクミズゴケ	・	・	5	・	1	10	30	・	・	20	・	1	30
ヤチヤナギ	・	40	50	・	20	50	1	・	・	1	40	60	30
ツルコケモモ	・	1	・	60	70	10	・	・	・	・	1	1	1
タチギボウシ	・	20	10	・	・	・	・	1	10	・	・	・	・
ホロムイイチゴ	1	・	1	1	10	1	・	1	・	1	・	・	・
コガネギク	1	1	1	・	・	・	・	1	1	・	・	・	・
タチマンネンスギ	1	1	・	・	・	・	・	1	1	・	・	・	・
ナガボノシロワレモコウ	1	・	・	1	・	・	・	1	・	・	1	・	・
サワギキョウ	1	・	・	・	・	・	・	1	・	1	・	1	1
ミツガシワ	・	・	・	・	・	・	1	・	・	1	・	1	1
エゾカンゾウ	3	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
コツマトリソウ	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	1	・	・
ホロムイツツジ	・	1	・	1	・	・	・	・	・	・	1	・	・
シメシヤクナゲ	・	・	・	1	・	・	・	・	・	・	・	・	・
ラン科sp.	・	・	・	1	・	・	・	・	・	・	・	・	・

3.2 仮堰上げ調査

3.2.1 堰上の実施

水抜き水路1（図 3.2.2）及び水抜き水路2（図 3.2.3）の実証試験地において、堰上げを実施した。実施状況を以下に示す。

（1）水抜き水路1

実施日：2005年11月23～24日

堰設置位置：堰上げ①（落合沼流出部）：放水路から227m地点、
越流部の標高4.626m

堰上げ②：放水路から180m地点、越流部の標高4.158m

堰上げ③：放水路から155m地点、越流部の標高3.875m

堰上げ④：放水路から124m地点、越流部の標高3.551m

（2）水抜き水路2

実施日：2005年11月25日

堰設置位置：堰上げ①：放水路から48m地点、越流部の標高5.718m

堰上げ②：放水路から23m地点、越流部の標高5.585m



落合沼流出部 堰上げ前の状況
(背後のヨシ原が落合沼跡の窪地)



落合沼流出部 堰上げ直後の状況
(堰の延長は10.5m、水路底から約1.1m堰上げ)



堰上げ翌朝の状況
(すでに堰天端近くまで湛水が見られる)



堰上げ2日後の状況 下流側の水路も堰上げ済み
(融雪等の影響で相当量の越流が生じている)

図 3.2.1 水抜き水路1の堰上げ①地点（落合沼流出部）の湛水状況の変遷

3.2.2 地下水位観測結果

実証試験地では、2004年10月から堰上げによる湿原地下水位への効果を確認するための地下水位観測孔を設置し、事前調査として一斉測水と連続地下水位観測を実施している（図3.2.2及び図3.2.3）。なお、2005年11月の観測は、11月26日に実施し、堰上げの数日後ではあるが部分的に地下水位の上昇が認められた。

ここでは、堰設置前の2005年10月の一斉測水結果と2005年11月の一斉測水結果を比較して、堰上げ直後の地下水位への効果を検討した。

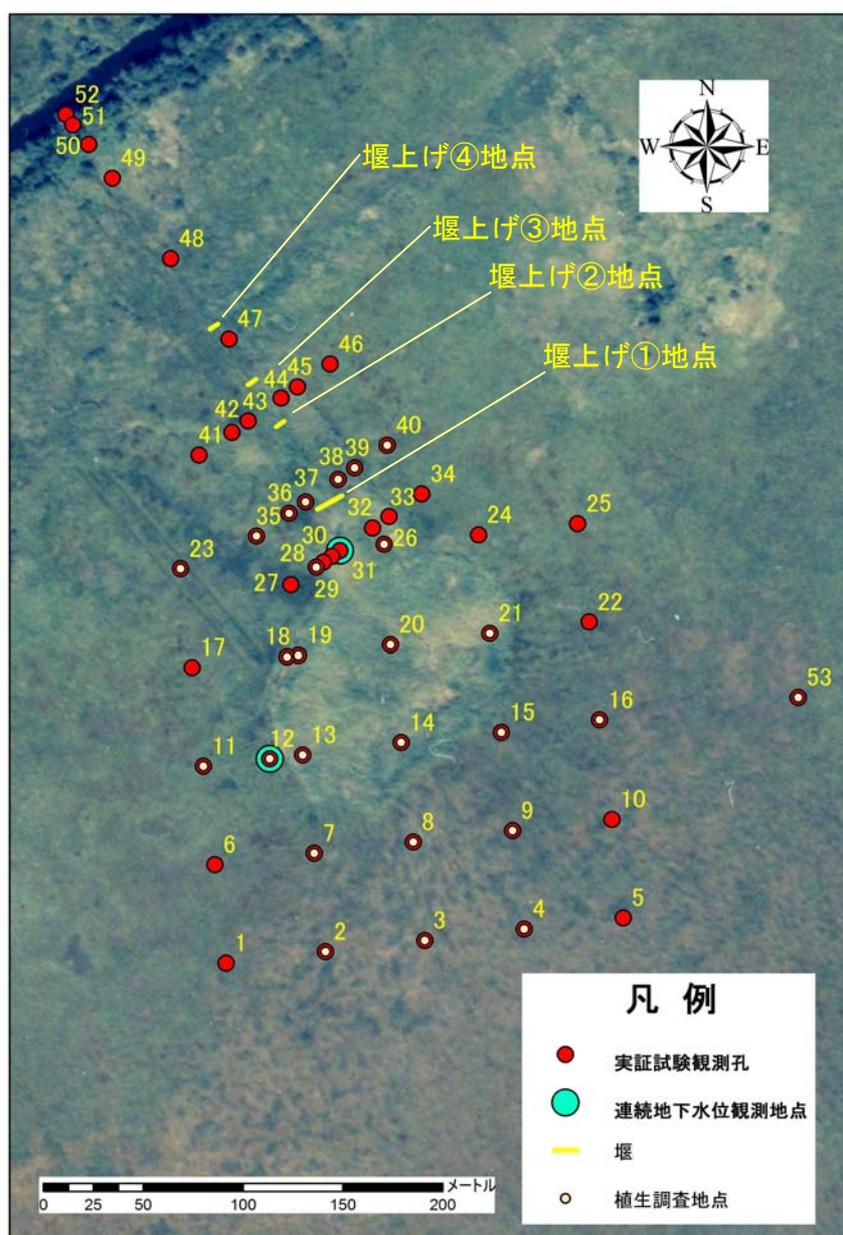


図 3.2.2 水抜き水路1地区の地下水位観測網

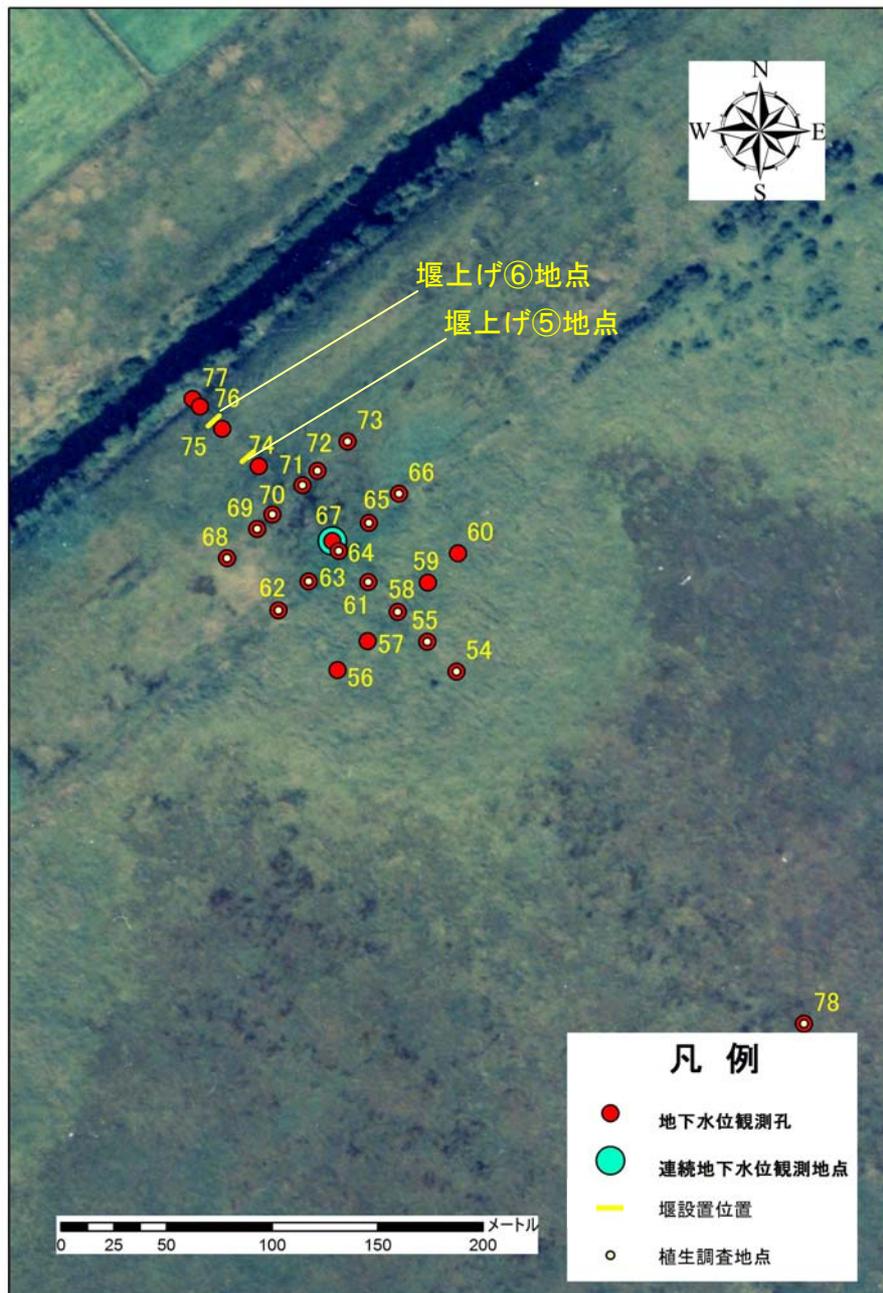


図 3. 2. 3 水抜き水路 2 地区の地下水位観測網

(1) 水抜き水路 1

2005年10月(図3.2.4)及び2005年11月(図3.2.5)の一斉測水結果から作成した水抜き水路1における地下水位標高分布を比較すると、サロベツ川放水路近傍及び落合沼から離れた湿原奥部の地下水位標高は大きく変動はしていない。これに対して、堰設置箇所の上流側と落合沼湛水域の周辺では、10月に比べて11月の地下水位標高が10～50cm程度上昇している。

堰上げ前後の水位差(図3.2.6)では、大きく水位上昇を見せた範囲は落合沼内と堰上げ①地点の周囲に限定されている。今後時間を経れば、堰上げによる水位上昇の効果が遠方まで波及し、さらに水位上昇域が拡大していく可能性もある。

また、水抜き水路及び落合沼が湛水することによって、渇水期の水位低下に対する抑止効果も考えられるため、渇水期の地下水位分布を2006年と2005年で比較することにより、湿原地下水への堰上げ対策の効果を評価することができると考えられる。

(2) 水抜き水路 2

2005年10月(図3.2.7)及び2005年11月(図3.2.8)の一斉測水結果から作成した水抜き水路2における地下水位標高分布を比較すると、土砂堆積地の中央部より湿原側では地下水位標高は大きく変動はしていないが、堰設置箇所の周辺では、10月に比べて11月の地下水位標高が10cm～20cm程度上昇している。

また、堰上げ前後の水位差(図3.2.9)では、堰上げ地点の周辺と水抜き水路上流部の東側に主な水位上昇箇所がみられた。これは、仮排水路の構造が西側に比べて東側に深く連続しており、堰上げによる水抜き水路の湛水が、主に東側に広がったことが原因と考えられる。

また、水抜き水路1の項でも述べたように、堰上げの効果は渇水期の水位低下に対する抑止効果も考えられるため、渇水期の地下水位分布を2006年度と2005年度で比較することにより、湿原地下水への堰上げ対策の効果を評価することができると考えられる。

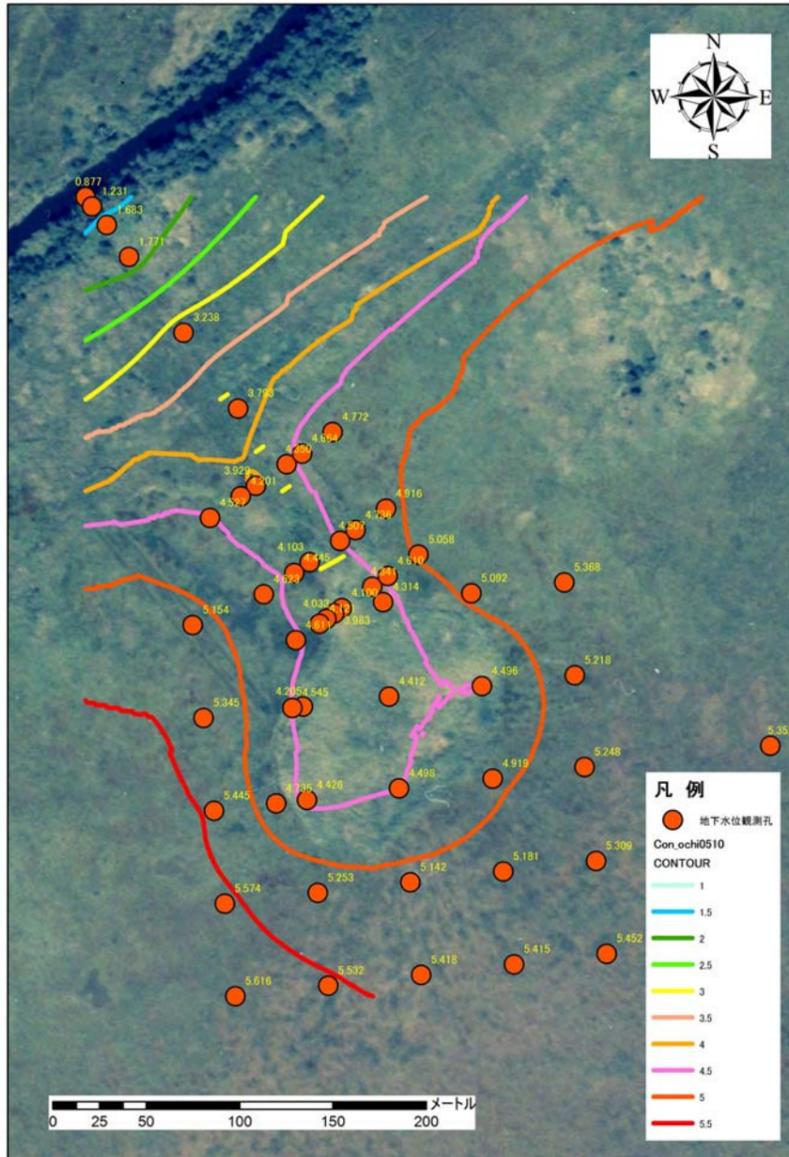


図 3.2.4. 水抜き水路 1 における 2005 年 10 月（堰上げ前）の地下水位標高分布

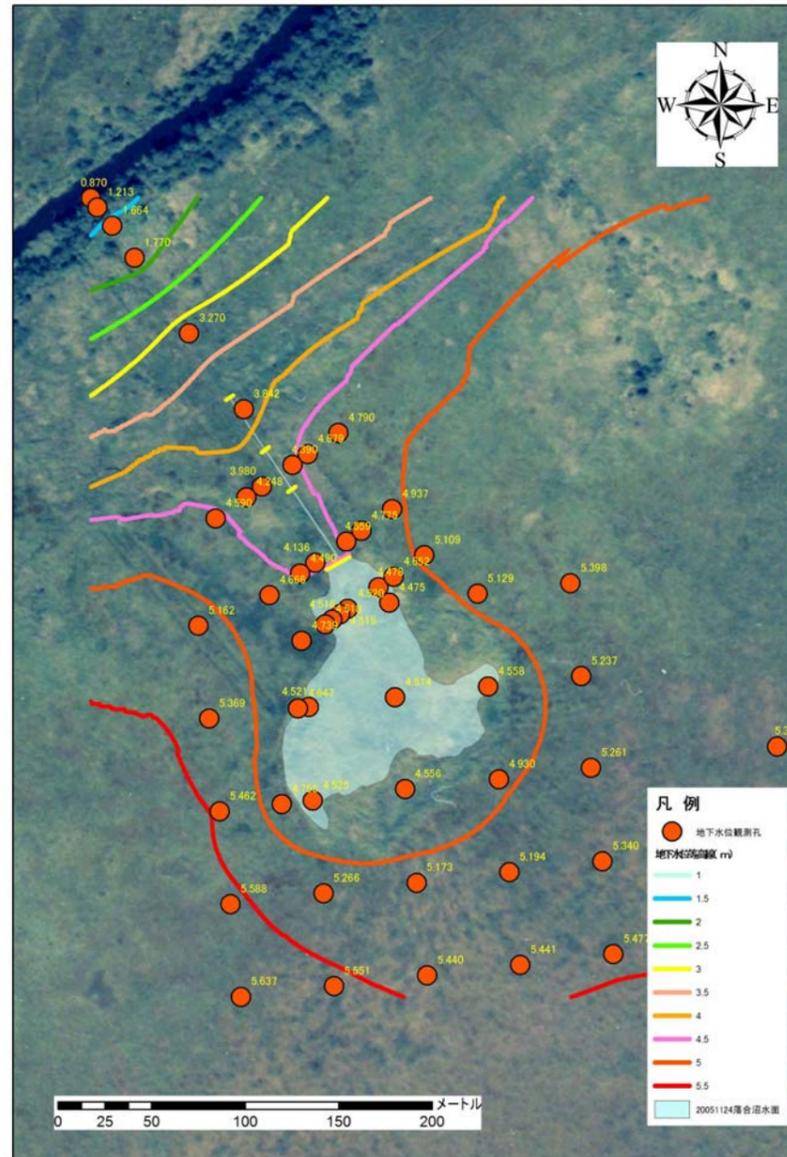


図 3.2.5. 水抜き水路 1 における 2005 年 11 月（堰上げ後）の地下水位標高分布

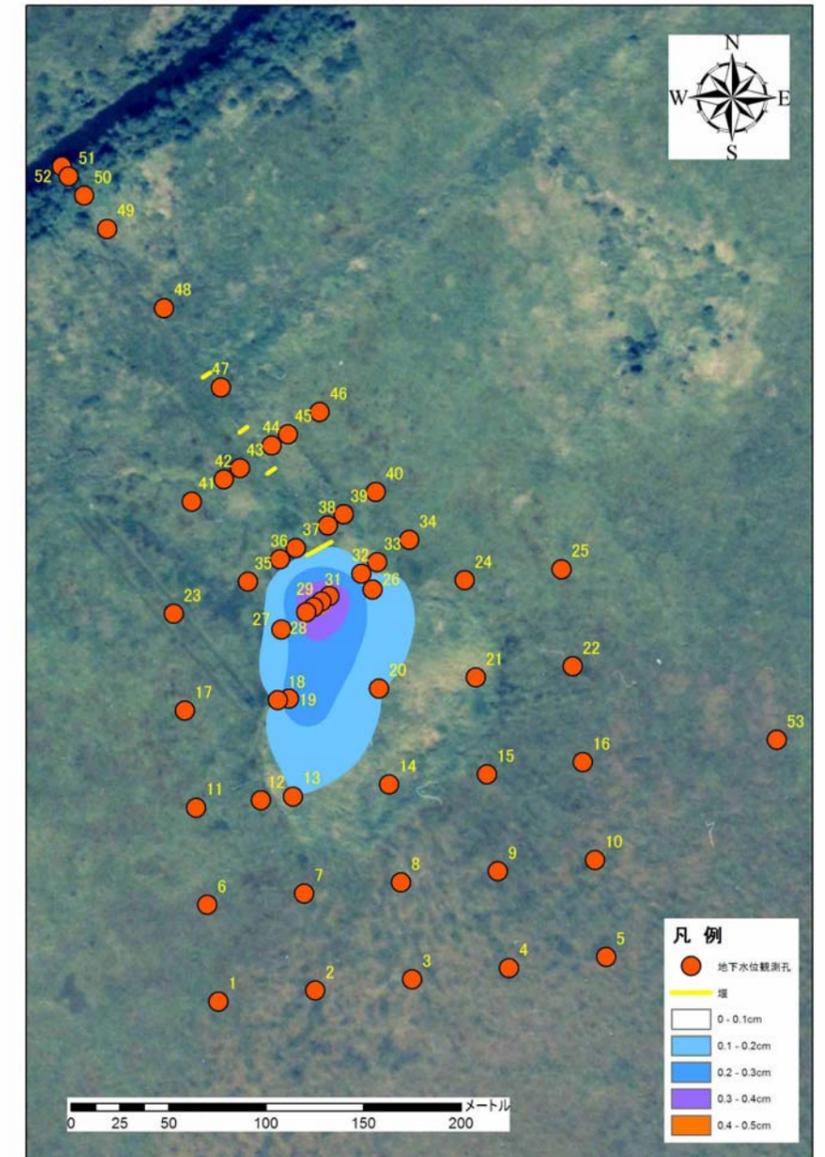
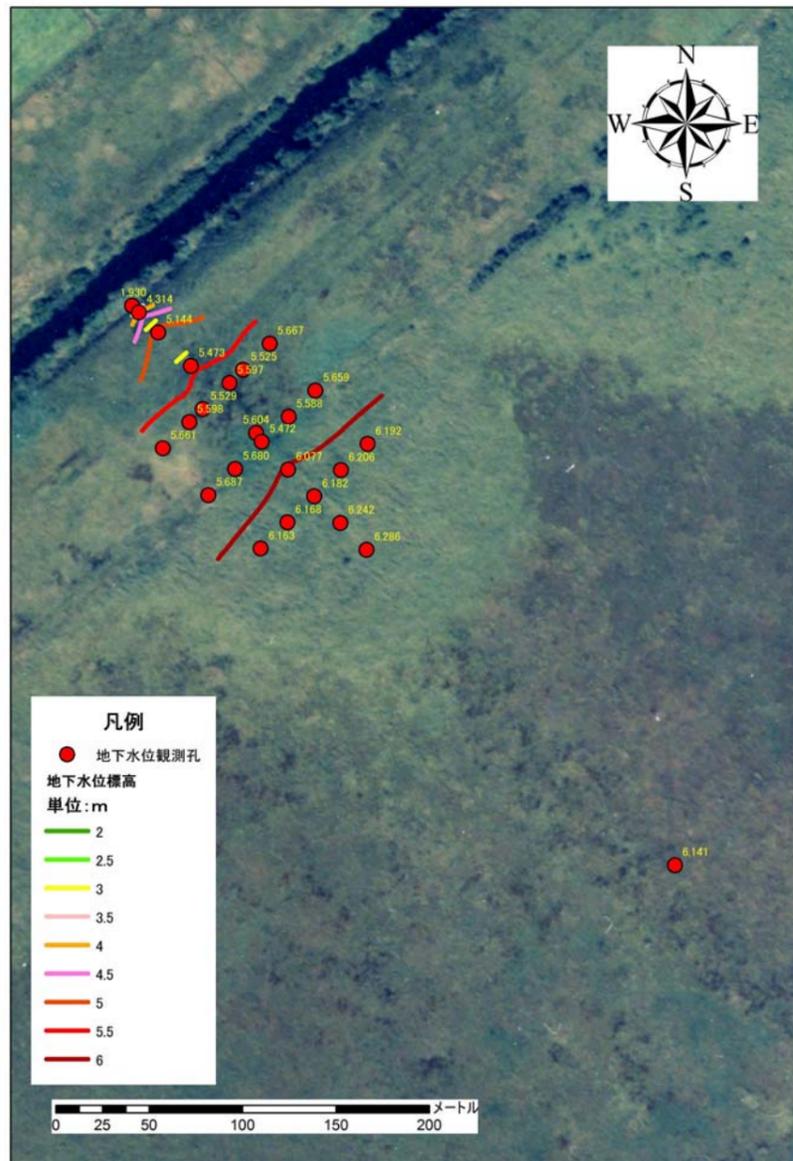


図 3.2.6. 水抜き水路 1 における 2005 年 10 月と 11 月の水位差の分布図



の地下水位標高分布

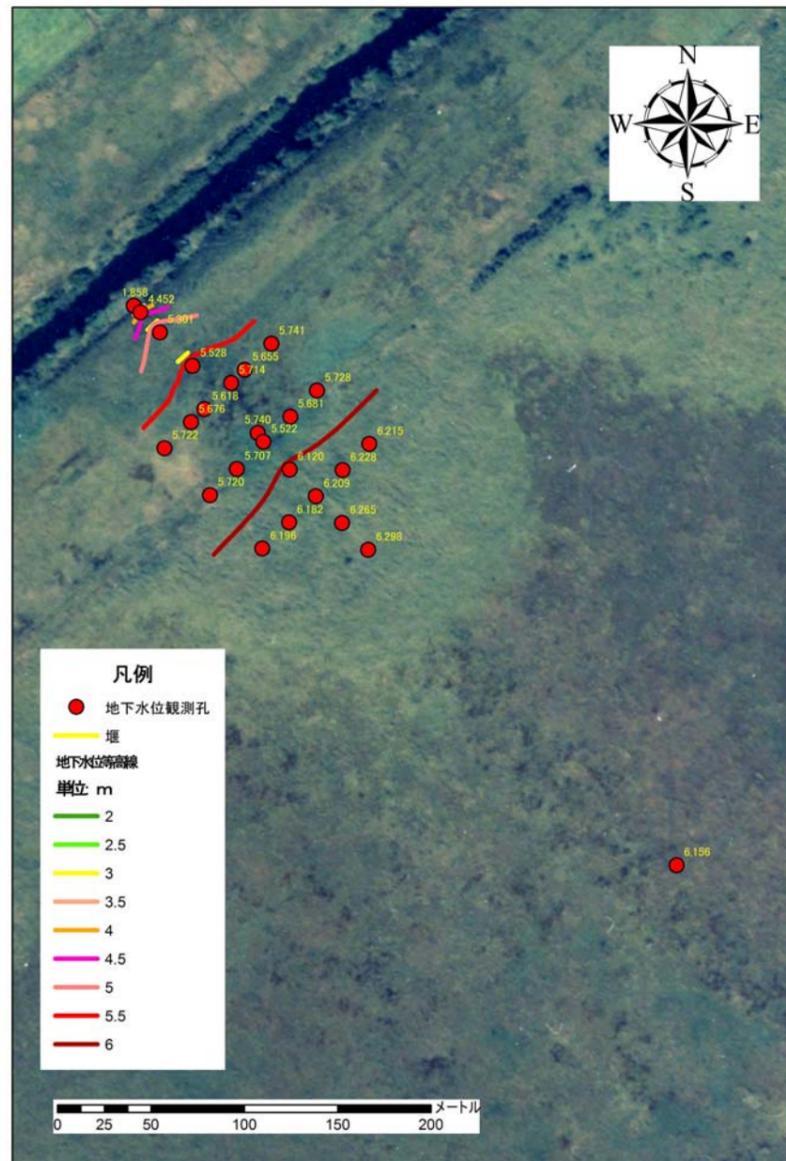


図 3.2.8 水抜き水路 2 における 2005 年 11 月（堰上げ後）
の地下水位標高分布

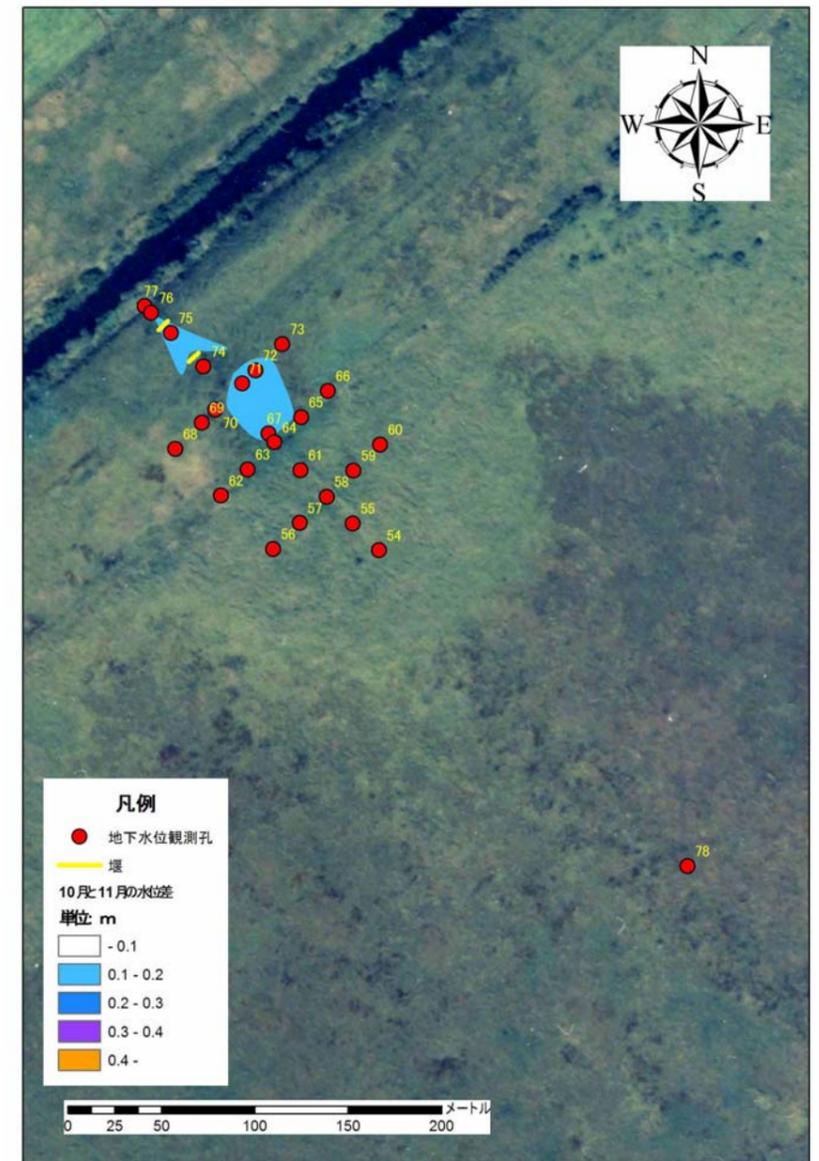


図 3.2.9 水抜き水路 2 における 2005 年 10 月と 11 月の水位差
の分布図

(3) 堰上げ前後の地下水位の動き

次に、2005年度の地下水位一斉測水の結果の経時変化（堰上近傍の地点を抽出）を検討すると図3.2.10のようになる。なお、検討データには堰設置日に実施した地下水位測定（水抜き水路1では11月23日、水抜き水路2では11月25日）の結果もあわせて示した。

図3.2.10の水位変動をみると、2005年10月から11月にかけては、地下水位は上昇傾向にあるが、堰設置の直後に急激に地下水位が上昇する観測孔が見られ、これらの変動は堰の設置による効果と考えられる。

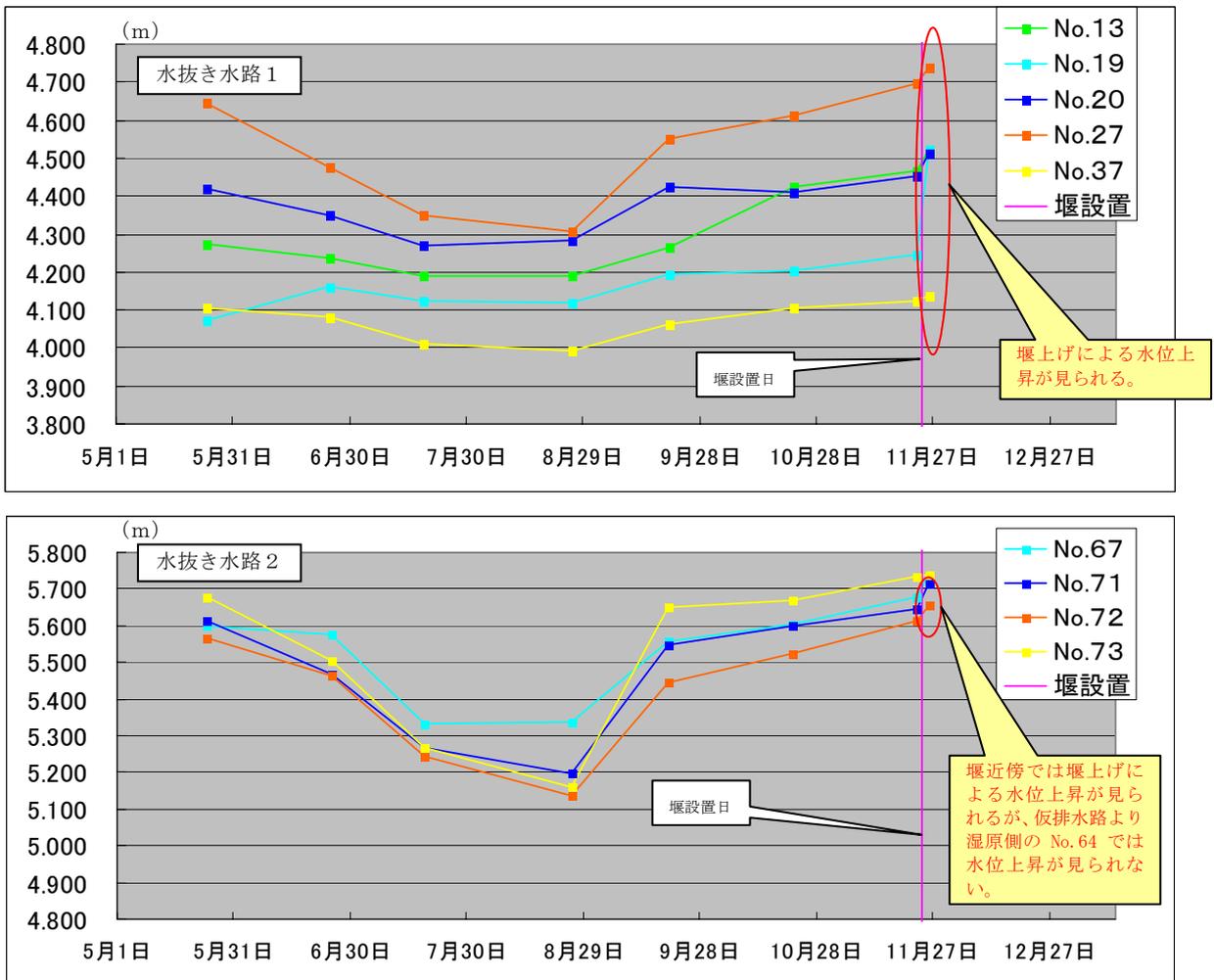


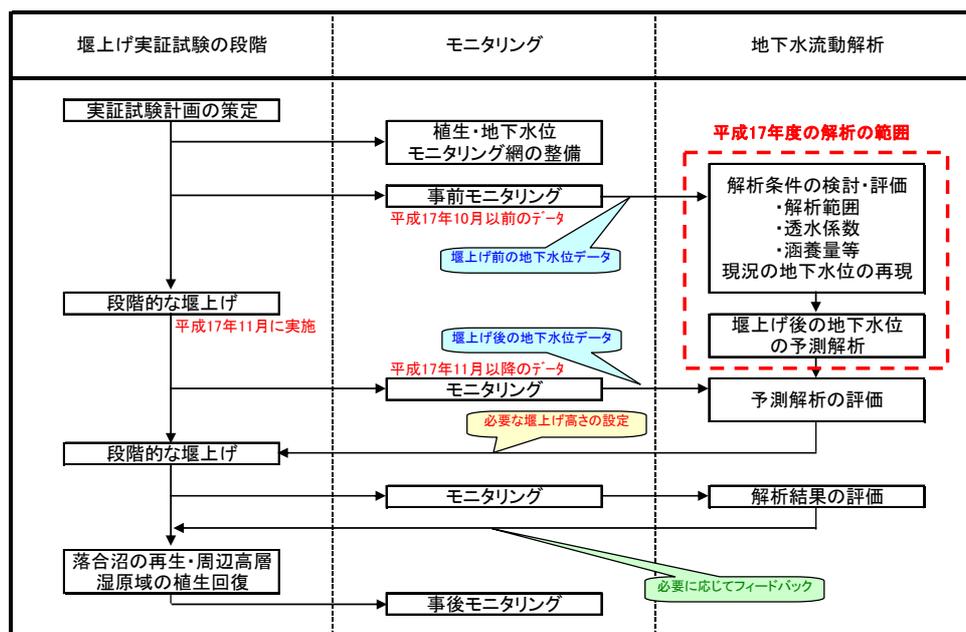
図 3.2.10 2005年度の地下水位一斉測水の結果の経時変化

3.3 地下水流動解析による堰上げ後の地下水位予測解析

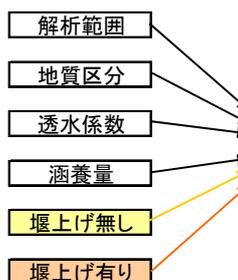
水抜き水路1及び2地点の実証試験地における地下水流動解析を実施して、堰上げによる実証試験地周辺の地下水位変化の予測解析を実施した。地下水流動解析は、コンピュータによる計算で地下水位の再現を行うことができるため、堰上げ高さ等の条件を変えた周辺地下水位の予測上昇量を推定することができる。なお、地下水位の予測解析は、堰上げ実証試験地周辺の微地形の影響を反映させ、地下水位を平面的に再現するためにVisual MODFLOW（地下水流動解析ソフト）を使用した三次元定常解析を実施した。

図3.3.1には、堰上げ実証試験の段階とモニタリングおよび地下水流動解析の予測解析の位置づけを示す。地下水流動解析は堰上げ実証試験の段階と連動し、それぞれの段階で得られた地下水位モニタリングデータを用いて評価を実施する。今回の解析では、図3.3.1の地下水流動解析のうち「解析条件の検討・評価」、「実証試験の予測解析」を実施し、年間の平均的な地下水位が堰上げによってどのように変化するかを予測を行った。

なお、実証試験地の植生及び地下水位のモニタリング網については、平成16年度に地下水位観測網の整備が行われ、以降、冬季を除いた1回/月の一斉測水と連続地下水位観測が実施されている。また、3.2項に示したように、平成17年11月23～25日にかけて第1段階の堰上げ工事が実施されている。



地下水流動解析に入力する条件



アウトプット

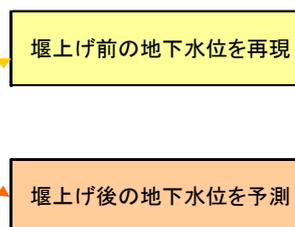


図 3.3.1 堰上げ実証試験の段階とモニタリング及び地下水流動解析の予測解析の位置づけ

3.3.1 解析条件の検討・評価

(1) 解析範囲

水抜き水路1及び水抜き水路2の堰上げ実証試験地における地下水流動解析の平面範囲を図3.3.2に示す。水抜き水路1実証試験地の範囲は、落合沼を中心とした600m×600mの正方形（一部東側農地にかかる部分は、明渠で隔てられて地下水流動系が異なることから非計算領域とした）とした。また、水抜き水路2実証試験地の範囲は、サロベツ川放水路から対照区までが入るように500m×500mの正方形とした。

地下水流動解析の基本単位である解析メッシュのサイズは、湿原の微地形が再現できるように平面方向は2m×2mの正方形で区分し、鉛直方向は7層（泥炭層を4層、粘性土層を3層）に区分した。したがって、各実証試験地の解析メッシュ数は、次の通りとなる。

水抜き水路1実証試験地： $(600\text{m} \div 2\text{m})^2 \times 7\text{層} = 630,000$ メッシュ

水抜き水路2実証試験地： $(500\text{m} \div 2\text{m})^2 \times 7\text{層} = 437,500$ メッシュ

図3.3.3及び図3.3.4には、水抜き水路1及び水抜き水路2実証試験地の解析メッシュの立体図を示す。



図 3.3.2 地下水流動解析の平面範囲

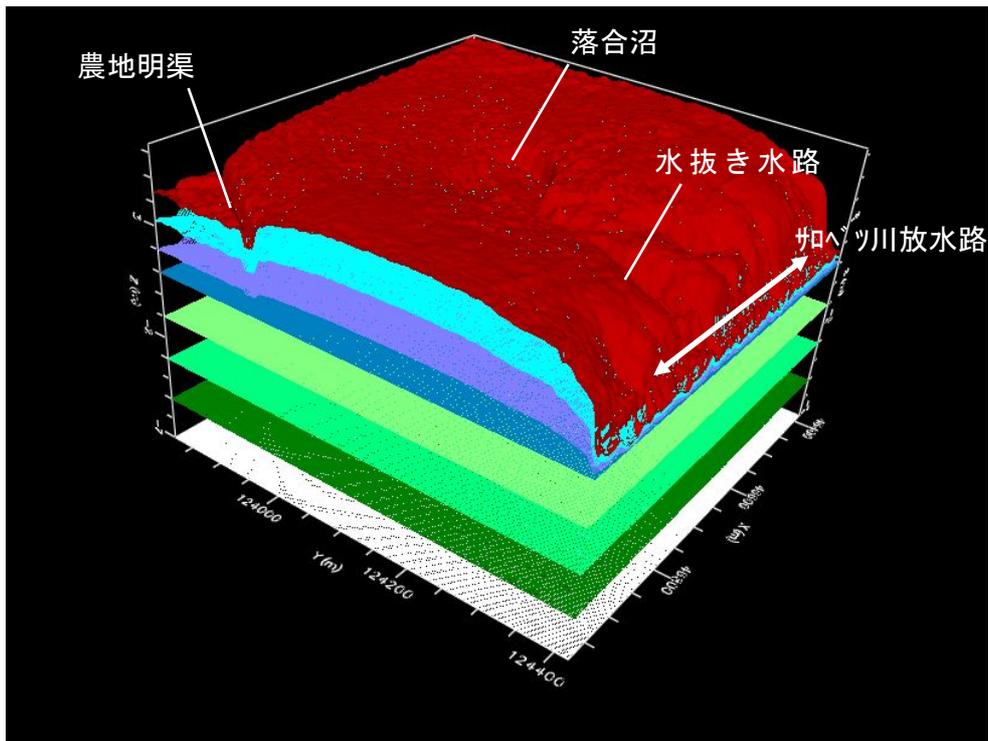


図 3.3.3 水抜き水路 1 地点の解析メッシュの立体図

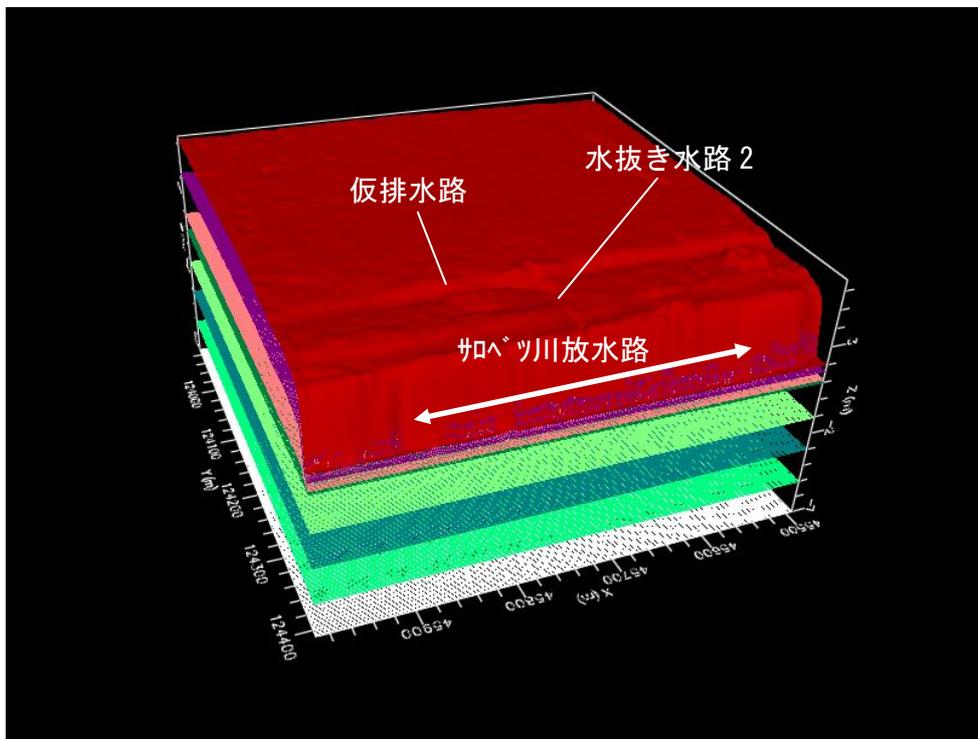


図 3.3.4 水抜き水路 2 地点の解析メッシュの立体図

(2) 地質区分

両水抜き水路実証試験地に分布する各地層は、上位から泥炭層、沖積粘性土層が分布する。泥炭層と粘性土層の境界は、平成 15 年度のスウェーデン式サウンディングの調査結果によれば、水抜き水路 1 実証試験地で標高-1m付近、水抜き水路 2 実証試験地では標高 2m付近であった。図 3.3.5 及び図 3.3.6 に水抜き水路 1 及び水抜き水路 2 実証試験地の地質区分の立体図を示す。

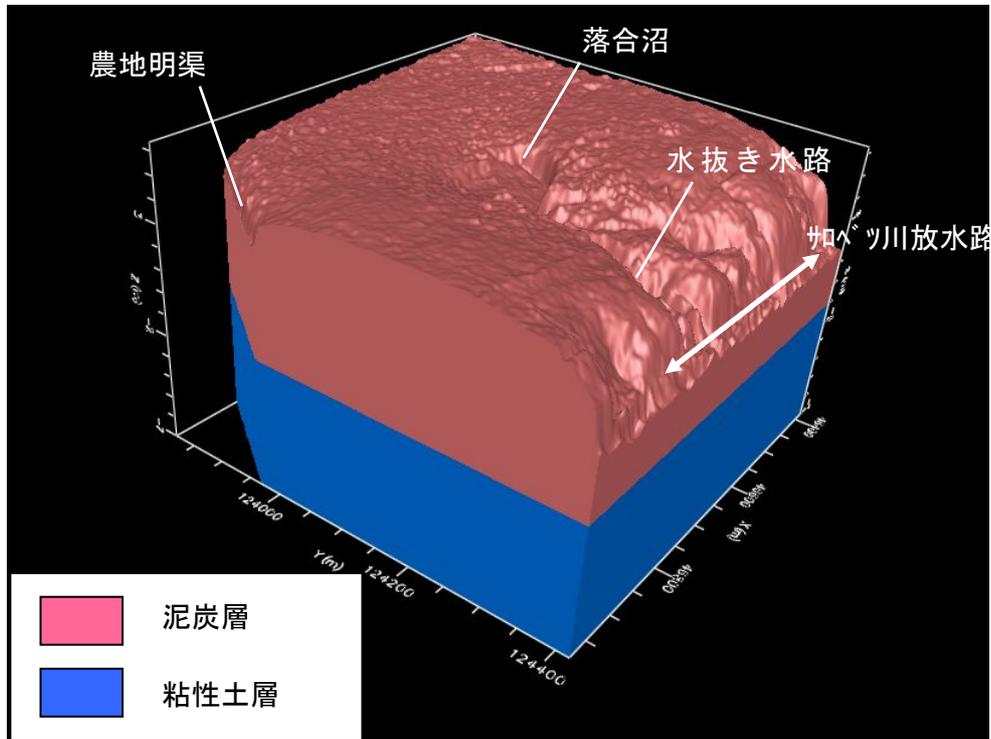


図 3.3.5 水抜き水路 1 地点の地質区分の立体図

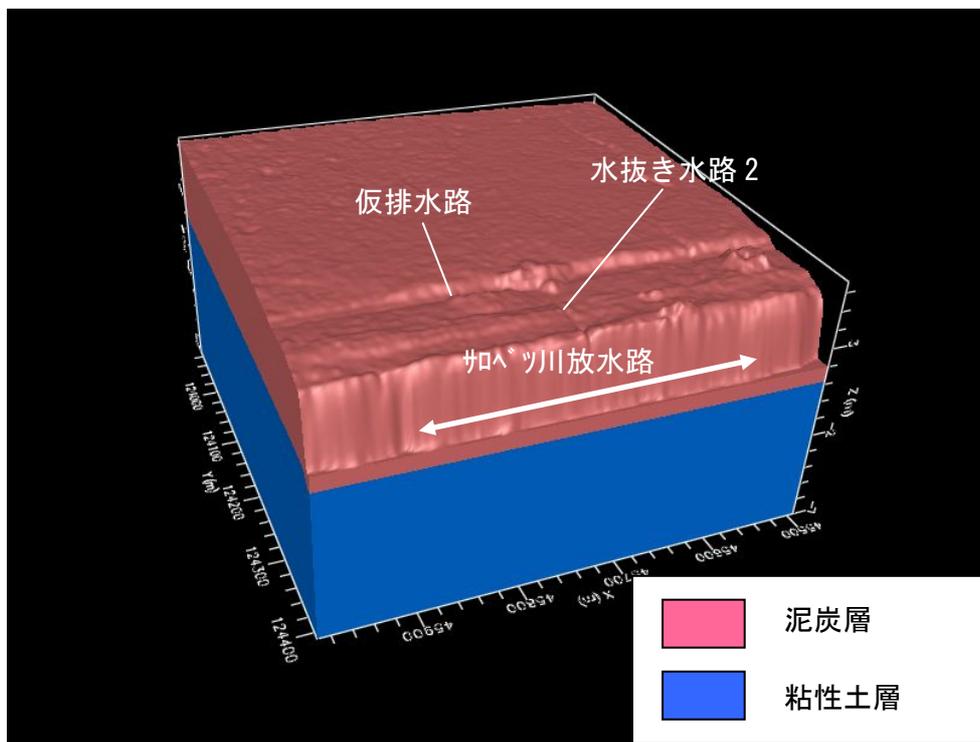


図 3.3.6 水抜き水路 2 地点の地質区分の立体図

(3) 透水係数

平成 15 年度に実施されたサロベツ川放水路周辺の泥炭層における透水試験では、泥炭層の透水係数は $10^{-3} \sim 10^{-5}$ (cm/sec) の範囲にあるという結果が得られている。しかし、現地のみズゴケ等が発達する高層湿原部の泥炭層を観察すると、表層部では未分解の植物遺体が多く、透水性は深部の泥炭層より大きいものと考えられる。また、「サロベツ総合調査報告書 泥炭地の生態（北海道開発局：1972）」に示されている泥炭層の透水試験結果では、深さ 50~70cm 付近で 10^{-2} (cm/sec) 程度の透水係数を示す結果もあり、泥炭層表層部の透水係数が深部に比べて大きい可能性が考えられる。したがって、ここでは泥炭層深部の透水係数は平成 15 年度の透水試験結果の平均的な値である 1×10^{-4} (cm/sec) として設定した。また、泥炭表層部の透水係数は $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-2}$ (cm/sec) の間で値を変化させ、絞り込みを行って解析を実施した。ただし、泥炭層の沈下が大きく透水性が悪くなっていると考えられるサロベツ川放水路と仮排水路との間と、水抜き水路 1 実証試験地の湿原—農地境界明渠から 80m の範囲（A-1 測線で地形面が明瞭に農地側に傾き始める地点より農地側）の泥炭表層部については泥炭層深部の透水係数と同じ 1×10^{-4} (cm/sec) を採用した。また、水抜き水路 2 実証試験地の土砂堆積地についてはシルト・粘土を混入した土砂により透水性が低くなっていると考えられるが、透水試験結果がなく透水係数が明らかになっていない。ここでは、泥炭表層部の透水係数よりも低くなっていると仮定して、泥炭層深部の透水係数と同じ 1×10^{-4} (cm/sec) を採用した。

次に、粘性土層の透水係数は、地学ハンドブック（大久保、藤田編：1984）等の一般値から 1×10^{-6} (cm/sec) を採用した。

図 3.3.7 及び図 3.3.8 には、水抜き水路 1 及び水抜き水路 2 実証試験地における透水係数の区分図を示す。

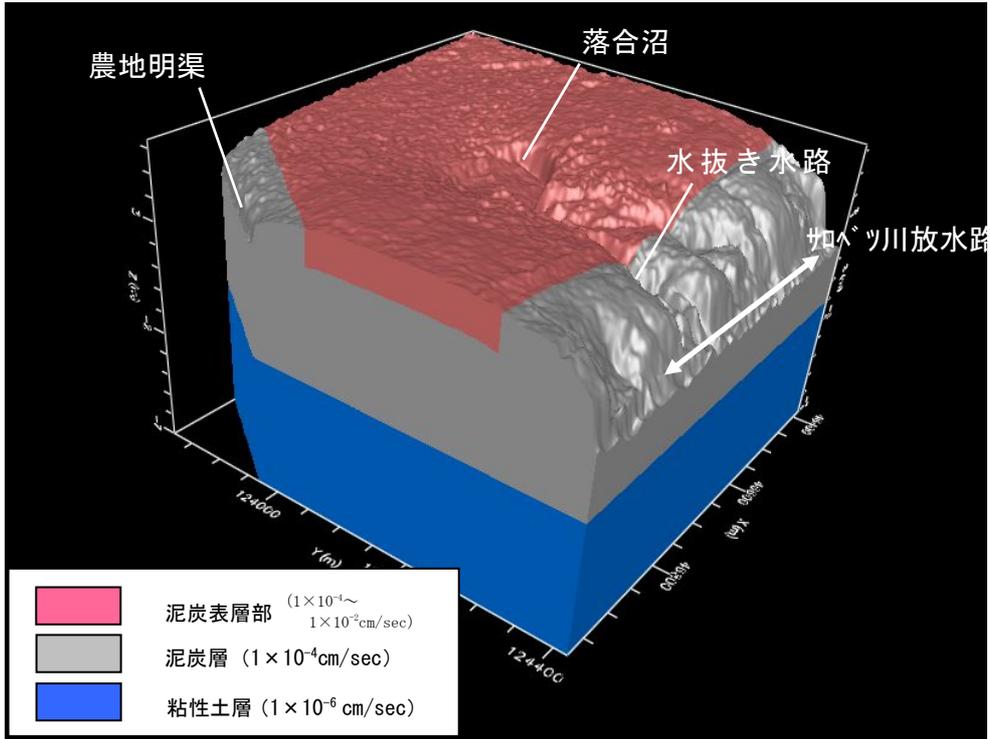


図 3.3.7 水抜き水路 1 地点の透水係数の区分図

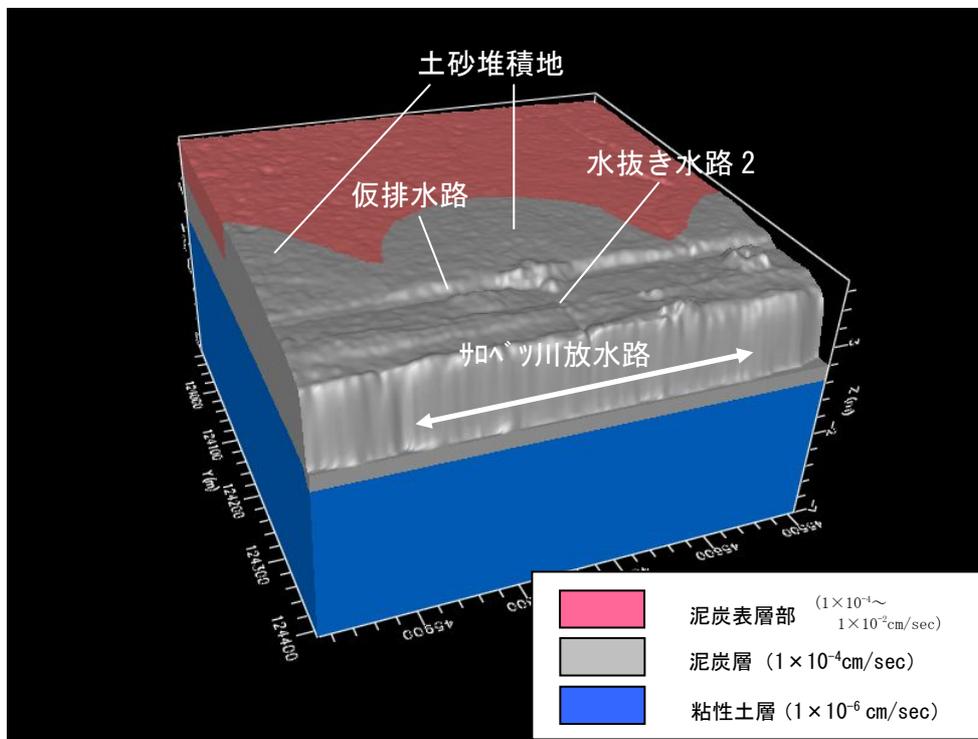


図 3.3.8 水抜き水路 2 地点の透水係数の区分図

(4) 涵養量

地下水流動解析での条件の一つである地下水への涵養量(降雨量から蒸発散と流出により地下水に涵養されない量を差し引いた水の供給量)は高層湿原域における一般的な値等がないため、涵養量を $1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-4} \text{mm}$ の範囲で変化させて解析を実施した。

(5) 泥炭表層部の透水係数と涵養量の検討

泥炭表層部の透水係数と涵養量の値をそれぞれ独立に変えて地下水流動解析を実施し、それぞれの値の組み合わせで算出される地下水位と実測の地下水位を比較して、絶対誤差の平均値が最も小さい値を採用した。表 3.3.1 及び表 3.3.2 には解析の結果、最も絶対誤差の小さかった解析結果の周辺を抜き出して示す。

比較する実測地下水位のデータは、図 3.2.2 及び図 3.2.3 に示した地下水位観測孔の平成 17 年 5 月から 10 月までの一斉測水データを利用し、期間を通じての平均的な地下水位を再現するために、各観測孔における実測地下水の平均地下水位と比較した。

その結果、水抜き水路 1 実証試験地では泥炭表層部の透水係数が $9 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ 、涵養量が $7.5 \times 10^{-5} \text{mm}$ の組み合わせ、水抜き水路 2 実証試験地では泥炭表層部の透水係数が $9 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ 、涵養量が $2.5 \times 10^{-5} \text{mm}$ の組み合わせが最も解析地下水位と実測地下水位の絶対誤差の平均値が低く、最も現地の地下水位を再現できる解析ケースと考えられる。

表 3.3.1 水抜き水路 1 実証試験地の解析条件と実測地下水位の絶対誤差平均値

		涵養量の条件		
		$5.0 \times 10^{-5} (\text{mm})$	$7.5 \times 10^{-5} (\text{mm})$	$1.0 \times 10^{-4} (\text{mm})$
泥炭層表層部の透水係数の条件	$1.0 \times 10^{-3} (\text{cm/sec})$	0.271m	0.203m	0.289m
	$9.0 \times 10^{-4} (\text{cm/sec})$	0.203m	0.189m	0.354m
	$8.0 \times 10^{-4} (\text{cm/sec})$	0.207m	0.250m	0.421m
	$7.0 \times 10^{-4} (\text{cm/sec})$	0.203m	0.192m	0.449m
	$6.0 \times 10^{-4} (\text{cm/sec})$	0.301m	0.269m	0.456m

 最も誤差が小さいケース

表 3.3.2 水抜き水路 2 実証試験地の解析条件と実測地下水位の絶対誤差平均値

		涵養量の条件		
		$1.0 \times 10^{-5} (\text{mm})$	$2.5 \times 10^{-5} (\text{mm})$	$5.0 \times 10^{-4} (\text{mm})$
泥炭層表層部の透水係数の条件	$1.0 \times 10^{-3} (\text{cm/sec})$	0.274m	0.174m	0.326m
	$9.0 \times 10^{-4} (\text{cm/sec})$	0.322m	0.173m	0.300m
	$8.0 \times 10^{-4} (\text{cm/sec})$	0.298m	0.178m	0.334m
	$7.0 \times 10^{-4} (\text{cm/sec})$	0.294m	0.174m	0.310m
	$6.0 \times 10^{-4} (\text{cm/sec})$	0.302m	0.178m	0.347m

 最も誤差が小さいケース

3.3.2 地下水流動解析による堰上げ前の地下水位の再現

前項までの検討で、最も実測地下水位に近い解析結果を示した組み合わせで再現した地下水面を実測地下水位（2005年5月～10月の一斉測水結果の平均値）から作成した地下水位等高線と共に図3.3.10及び図3.3.11に示す。また、図3.3.9には、実測地下水位と解析地下水位の相関図を示す。

水抜き水路1実証試験地の地下水等高線の解析結果（図3.3.10）では、標高5.5mと5.0mの等高線については実測地下水位から作成した等高線を良く再現している。また、標高4.0mの等高線は水抜き水路に沿って上流川に屈曲している形が再現できている。これに対して、標高4.5mの等高線は落合沼窪地東側の地下水位が少し高く計算されてしまっている。

実測地下水位と解析地下水位の相関図（図3.3.9左図）では、相関係数が0.915と非常に高く、解析結果は実測地下水位を良く再現していると考えられる。

水抜き水路2実証試験地の地下水等高線の解析結果（図3.3.11）では、標高6.0mの等高線では実測地下水位から作成した等高線を良く再現している。これに対して、標高5.5mの等高線は若干放水路側にシフトしている。また、標高5.0m及び4.5mの等高線は湿原側にシフトしてしまっているが、水抜き水路に沿って放水路側に凸になっている形状は良く再現されている。

実測地下水位と解析地下水位の相関図（図3.3.9右図）では、相関係数が0.942と非常に高く、解析結果は実測地下水位を良く再現していると考えられる。

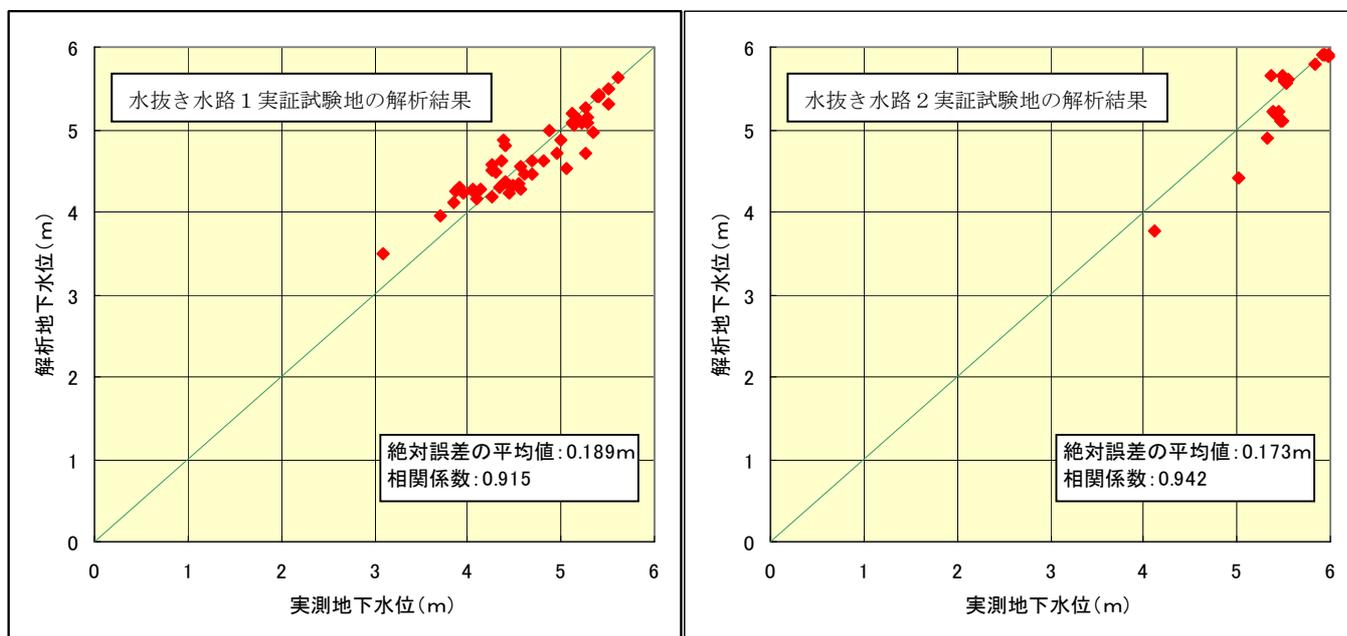
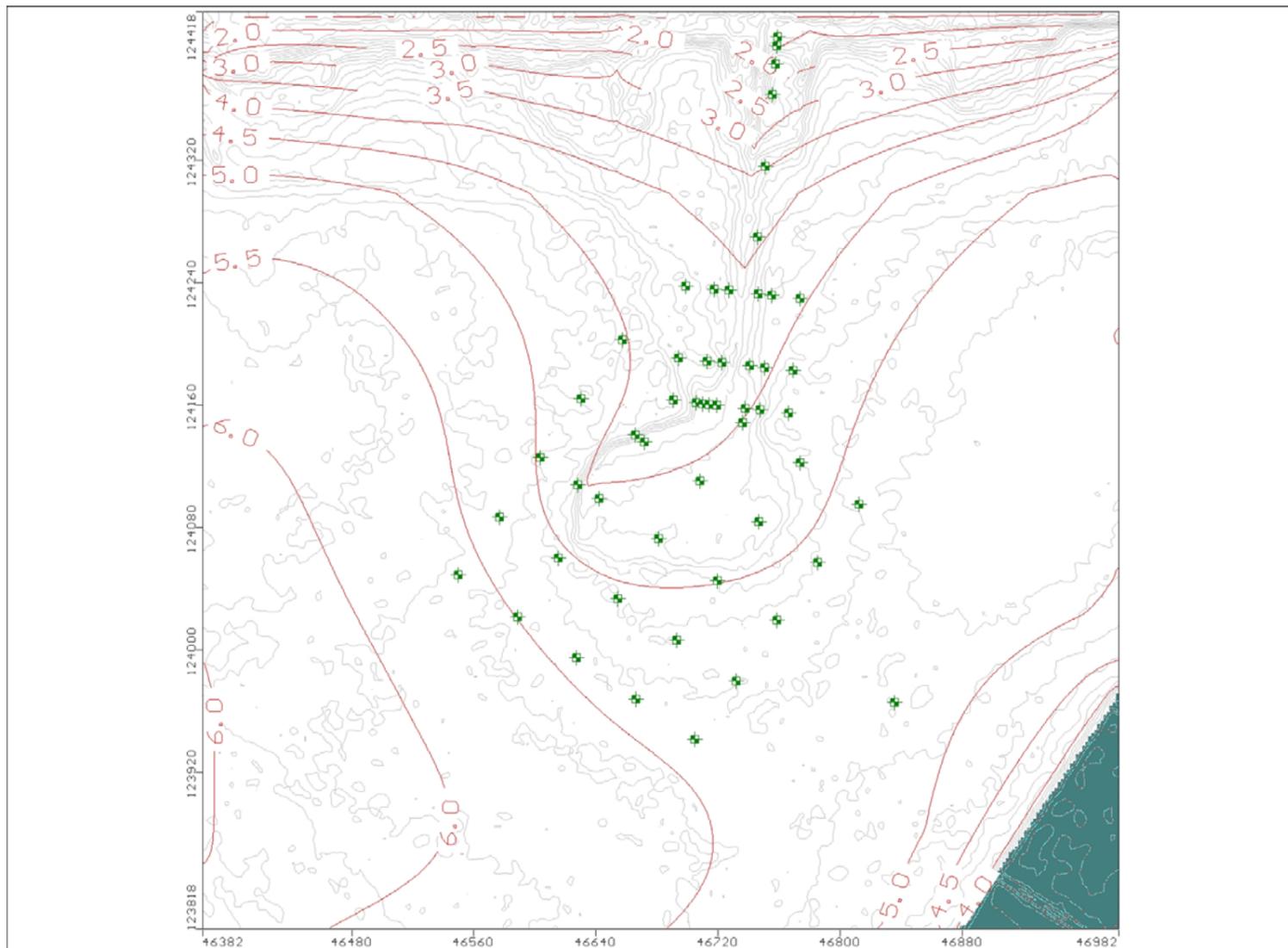
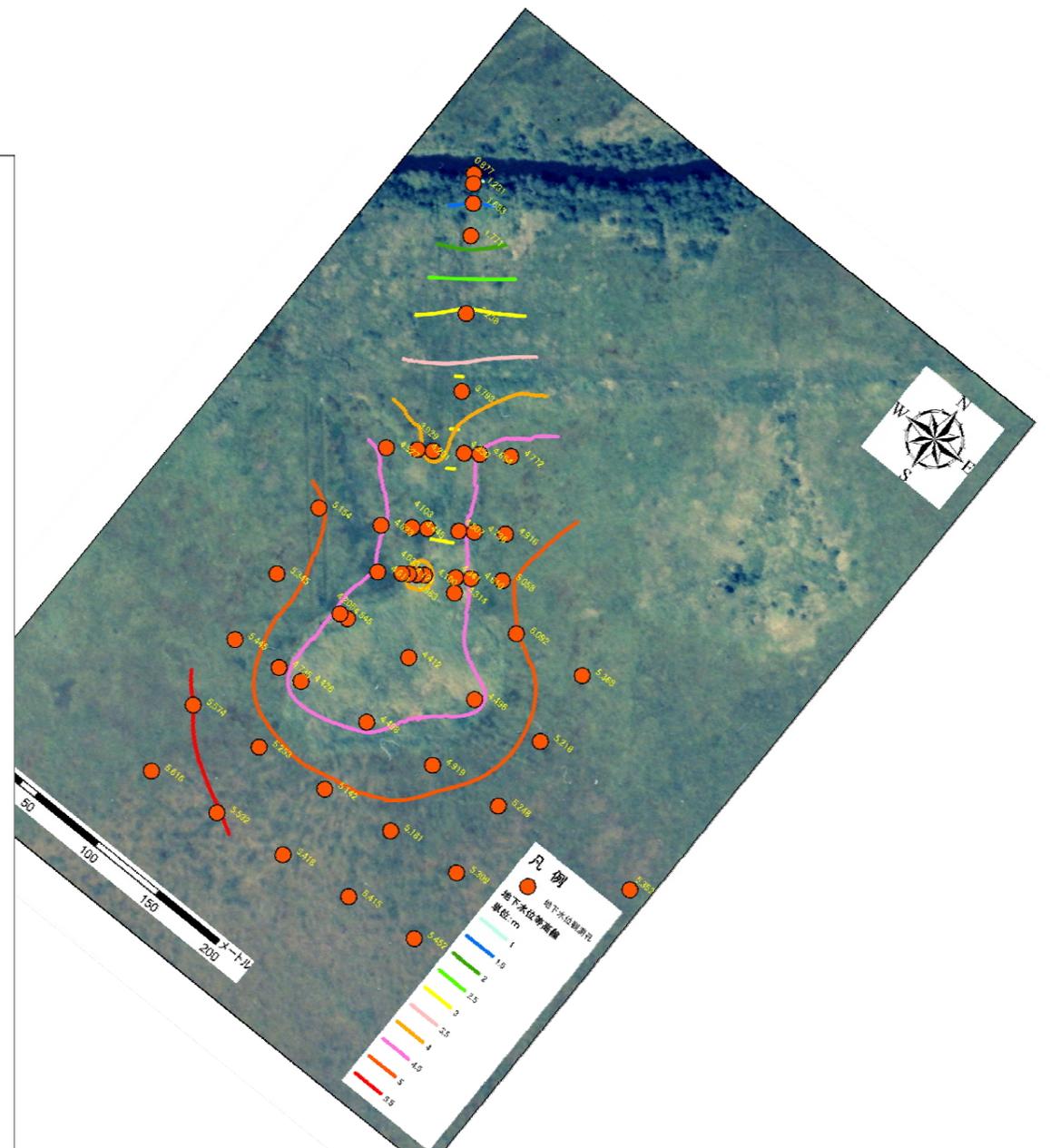


図 3.3.9 水抜き水路 1、2 実証試験地における実測地下水位と解析地下水位の相関図



(地下水流動解析により再現した地下水位)



(実測地下水位より作成した地下水等高線図)

図 3.3.10 水抜き水路 1 実証試験地の解析で再現した地下水位等高線図と実測地下水位 (2005 年 5 月~10 月一斉測水の平均値) 等高線図の比較

3.3.3 堰上げ後の地下水位の予測解析結果

(1) 予測解析の方法

堰上げ後の地下水位の予測解析は、前項で検討した現況解析の条件に加え、水抜き水路と落合沼を堰上げた場合に堰後背部に溜まる水面の部分を固定水位とし、再度解析を実施して計算した。それぞれの堰の後背部における水面の標高は、2005年11月23日～25日にかけて設置された堰の越流部の標高を用いた。

また、水抜き水路1実証試験地に関しては、落合沼の堰上げをさらに+20cm および+40cm 実施した場合の予測解析を実施した。

・水抜き水路1実証試験地

堰上げ① (落合沼流出部) :	越流部の標高 4.626m (+20cm : 4.826m、+40cm : 5.026m)
堰上げ② :	越流部の標高 4.158m
堰上げ③ :	越流部の標高 3.875m
堰上げ④ :	越流部の標高 3.551m

・水抜き水路2実証試験地

堰上げ① :	越流部の標高 5.718m
堰上げ② :	越流部の標高 5.585m

(2) 予測解析の結果

図 3.3.12 及び図 3.3.14 に堰上げ前後の予測地下水位等高線を示す。また、図 3.3.13 及び図 3.3.15 には、堰上げ前後の地表面からの地下水位深度の分布図を示す。

【水抜き水路1実証試験地】

水抜き水路1実証試験地の予測解析結果（図 3.3.12 及び図 3.3.13）では、4.5mの等高線が堰上げ前には落合沼の窪地内に入り込んでいたが、堰上げ後には落合沼出口部よりも下流側までシフトし、落合沼の西側で地下水位が上昇することが予測される。次に+20cmの堰上げ後は、5.0mの等高線が落合沼窪地の縁まで近接し、落合沼の周辺で地下水位が上昇することが予測される。さらに+40cmの堰上げ後では5.0mの等高線が落合沼出口部よりも下流側までシフトし、さらに落合沼周辺の地下水位が上昇することが予測される。

【水抜き水路2実証試験地】

水抜き水路2実証試験地の予測解析結果（図 3.3.14 及び図 3.3.15）では、水抜き水路近傍の5.0m及び5.5mの等高線が、堰上げ後に大きくサロベツ川放水路側に突出し、堰よりも上流側の水抜き水路の周辺で地下水位が上昇することが予測される。また、仮排水路よりも湿原側でも6.0mの等高線が若干仮排水路側にシフトし、後背の土砂堆積地でも若干の地下水位上昇が予測される。

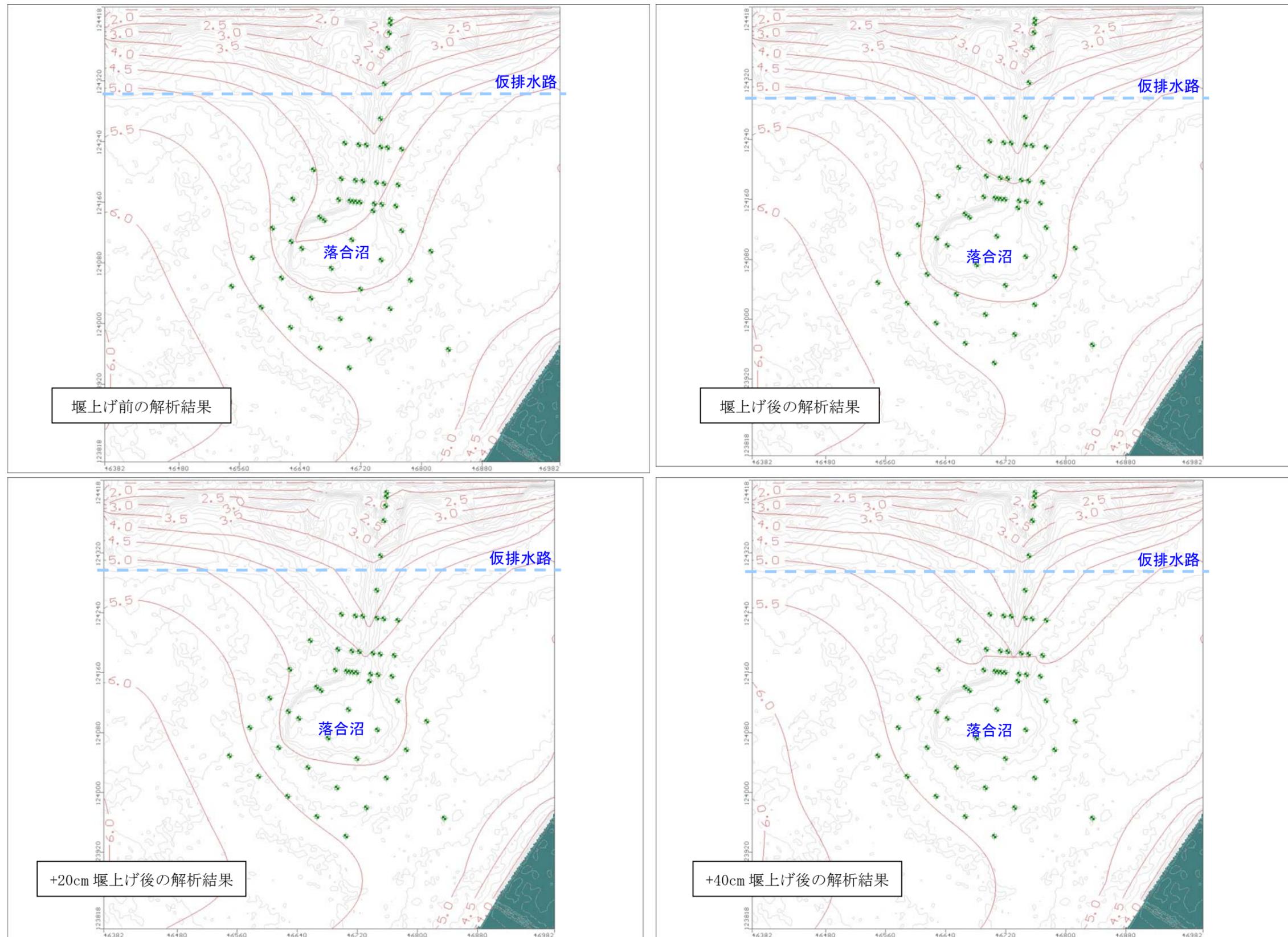


図 3.3.12 地下水流動解析による水抜き水路 1 実証試験地の堰上げ前後の地下水位等高線の予測図

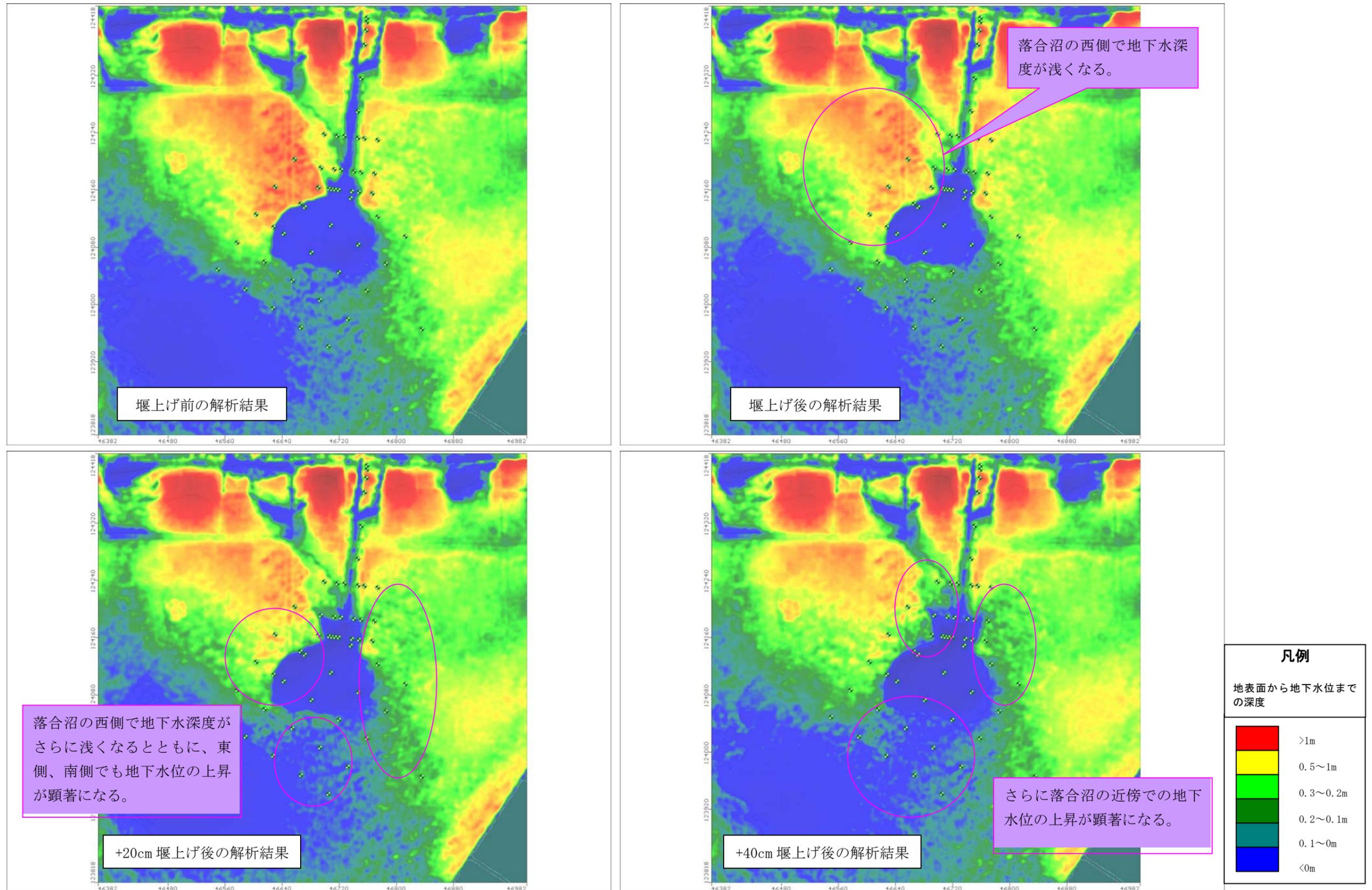


図 3.3.13 地下水流動解析による水抜き水路 1 実証試験地の堰上げ前後の地下水位深度の予測分布図

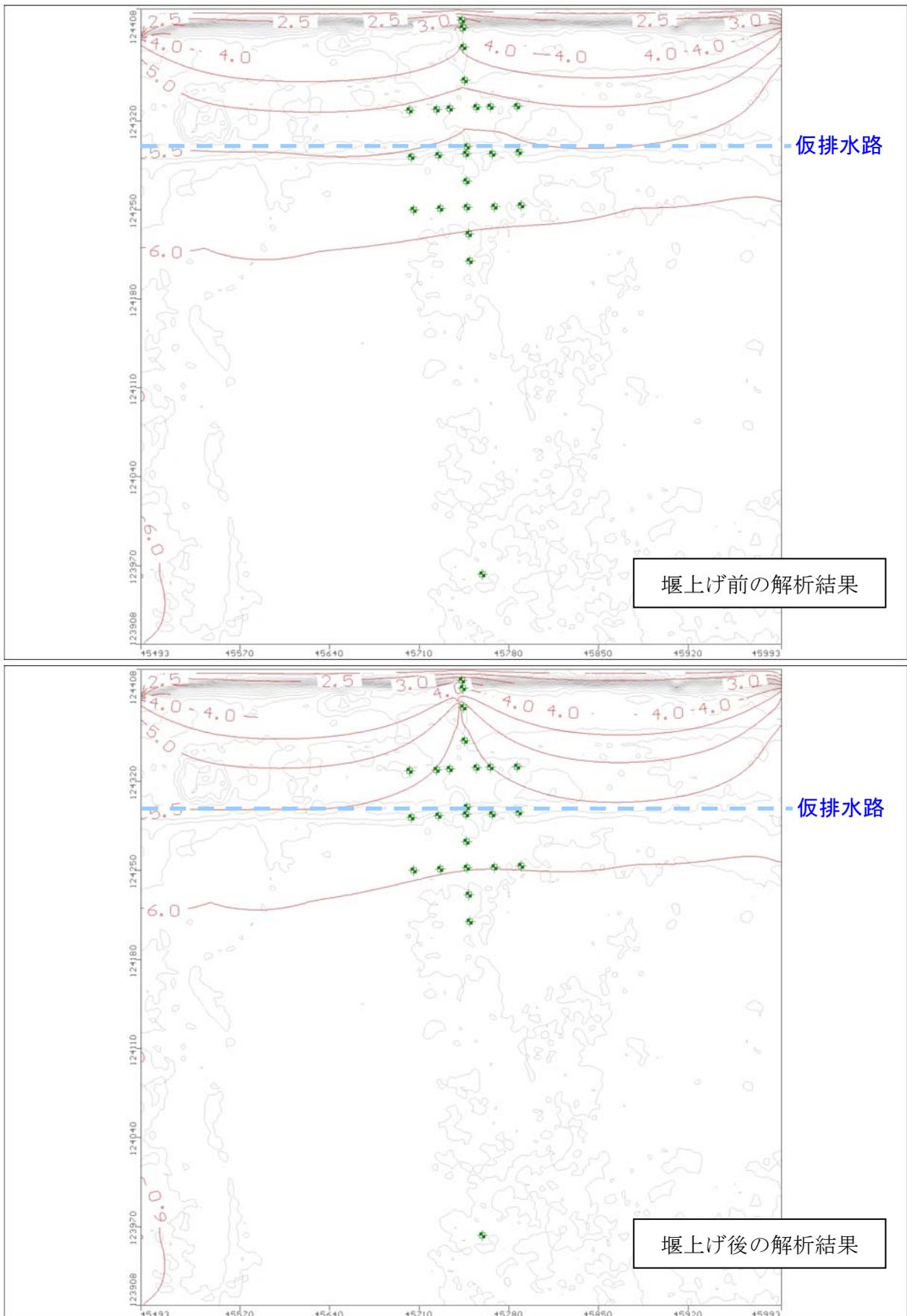


図 3.3.14 地下水流動解析による水抜き水路2 実証試験地の
堰上げ前後の地下水位等高線の予測図

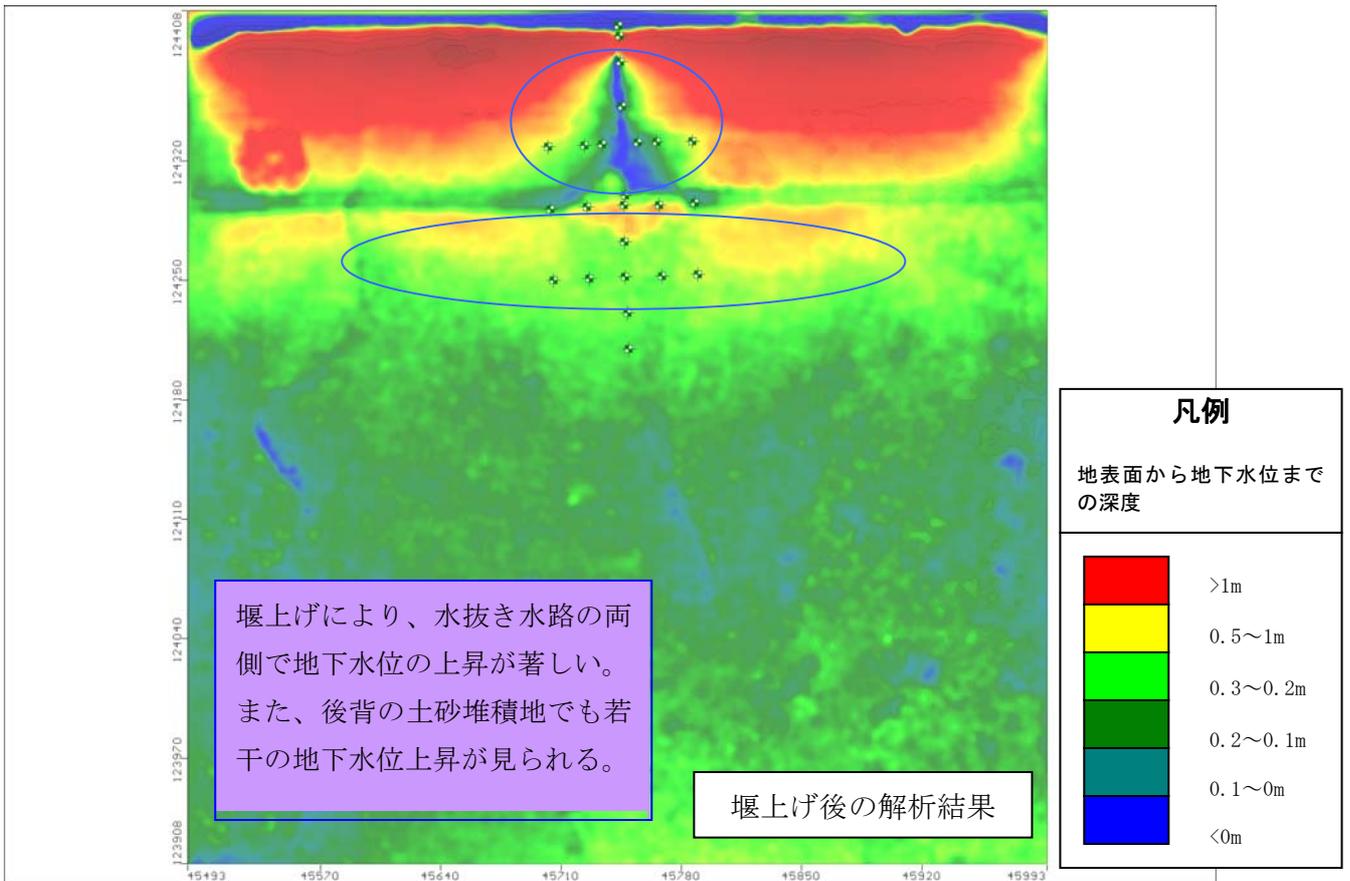
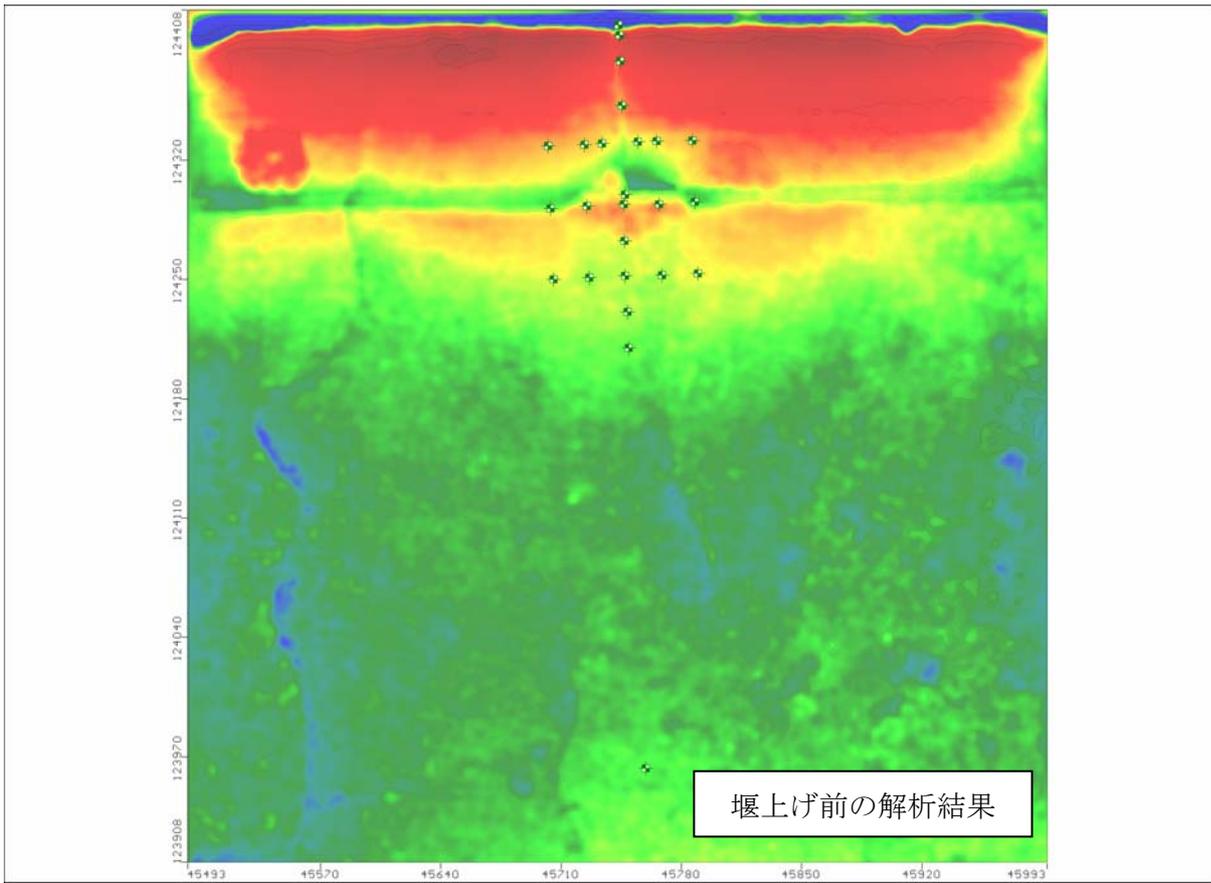


図 3. 3. 15 地下水流動解析による水抜き水路2 実証試験地の堰上げ前後の地下水位深度の予測分布図

3.3.4 地下水流動解析結果のまとめと考察

地下水流動解析の結果とその考察を以下に整理する。

(1) 泥炭表層部の透水係数と涵養量の検討結果

泥炭表層部の透水係数と涵養量の値を変えて解析を行った結果、泥炭表層部の透水係数は水抜き水路1及び水抜き水路2実証試験地のどちらも $9 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ と同じ値となり、泥炭深部よりも9倍大きい値が最も妥当であった。これは、両実証試験地の高層湿原表層部の性状に大きな差異がないことを示唆する。

これに対して、涵養量は水抜き水路1実証試験地が $7.5 \times 10^{-5} \text{mm}$ 、水抜き水路2実証試験地が $2.5 \times 10^{-5} \text{mm}$ となっている。3.3.1項(4)で述べたように、涵養量は降水量から蒸発散量と流出量を差し引いた量である。距離的にも1km程度しか離れていない両実証試験地で蒸発散量が大きく違うことはあまり考えにくいので、この涵養量の違いは、流出により失われる単位面積当たりの降水量が水抜き水路2実証試験地の方が多いためと示唆する。水抜き水路2実証試験地では土砂堆積地が比較的広く分布し、この土砂堆積地の断面観察ではシルト層や粘土層の薄層が確認されている。これらの土砂堆積地の特性が降水の地下浸透を妨げ、流出量を大きくしている可能性が考えられる。

(2) 堰上げ後の予測解析結果

今回の解析では、水抜き水路1実証試験地では3段階、水抜き水路2実証試験地では1段階の堰上げによる予測解析を実施した。

その結果、水抜き水路1実証試験地では、平成17年11月に実施された堰上げ（落合沼出口堰の越流部標高：4.626m）では、主に落合沼西側で地下水位が上昇することが示唆された。また、落合沼の水位をさらに20cm、40cmと上昇させることによって、落合沼の周辺でさらに地下水位の上昇が期待できることが予測された。

水抜き水路2実証試験地では、平成17年11月に実施された堰上げにより、水抜き水路の両側で地下水位の著しい上昇が予測され、後背の土砂堆積地でも若干の地下水位上昇が予測された。

これらの堰設置の効果は、3.2.2項の平成17年11月の一斉測水結果からも読みとれる。今後は、両水抜き水路実証試験地の一斉測水を継続し、堰上げ以降の年間の平均地下水位と今回の解析結果を比較して、予測の妥当性を評価する必要がある。

4. 原生花園跡地修復対策

4.1 植生侵入状況調査

4.1.1 調査概要

「上サロベツ自然再生全体構想」では、「豊富ビジターセンター及び原生花園園地（湿原探勝歩道）の機能を丸山地区に移設する」とあり、その跡地の修復については昨年度からボーリングや水質調査などによる基盤状態の把握に着手した段階である。本調査では、施設移転後に踏圧が無くなった状態でどのような植物が侵入してくるかを予測するために、敷地内の駐車場の一面に人の立ち入りを制限した試験区を設け、植物の出現状況を追跡するものである。本年度は、試験計画の作成、試験区の設置と地下水位の観測を行った。本格的なモニタリングは、出現した植物の種を確認できるようになる次年度以降に行う予定である。

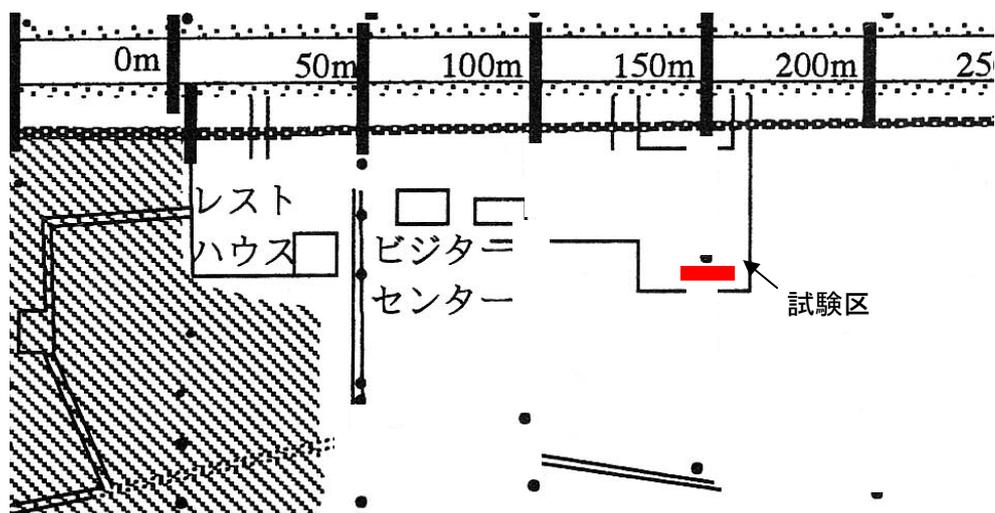


図 4.1.1 試験区位置



試験区の設置前の状況

4.1.2 原生花園敷地の現況と課題

原生花園敷地の現況と課題は、以下のとおりである。

(1) 植物

①現況

駐車場は、地盤高が地下水位面より高いために乾燥しており、移入種であるシロツメクサ、ヘラオオバコや路傍の種であるオオバコなどが生育している。

②課題

丸山の泥炭採掘工場跡地にオオイヌタデ、シロツメクサ、ヘラオオバコなどが繁茂していたように、施設移転後も現状の盛土高のまま残置すれば、乾性種や移入種などが侵入すると予想される。これを防ぐには、掘削して地盤を地下水位面に近づけることによって湿潤な状態にする必要がある。

湿潤な状態にしても、盛土に含まれる鈹質土壌の影響を受けるため、高層湿原域とは異なる水質条件となり、ヨシやガマなどの生育が予想される。



駐車場の現況



駐車場の現況

シロツメクサ、ヘラオオバコ、オオバコなどが生育している



泥炭処理工場跡地の現況

手前：シロツメクサ、ヘラオオバコ、オオバコなどが生育

奥：オオイヌタデ、牧草類などが生育

(2) 盛土

①現況

図 4.1.1 に示す地点におけるボーリング調査の結果から推定すると、盛土（砂質土壌）は、約 2～4m の厚さで堆積している（図 4.1.2～4.1.4）。

②課題

盛土をすべて撤去した場合、水深2~4mの池ができることになり、

→水面の水位は周囲の湿原の地下水位より低くなることが予想される。湿原の地下水がこの池を経路として道路側溝に流出する可能性があるため、周囲の湿原の乾燥化が生じる。

→道路側溝の水に含まれる栄養塩が跡地に流入する可能性もある。

→深度4mまでの砂層を掘削除去するためには、大がかりな遮水対策や仮設工が必要となり、工事自体が湿原に与える影響も大きい。

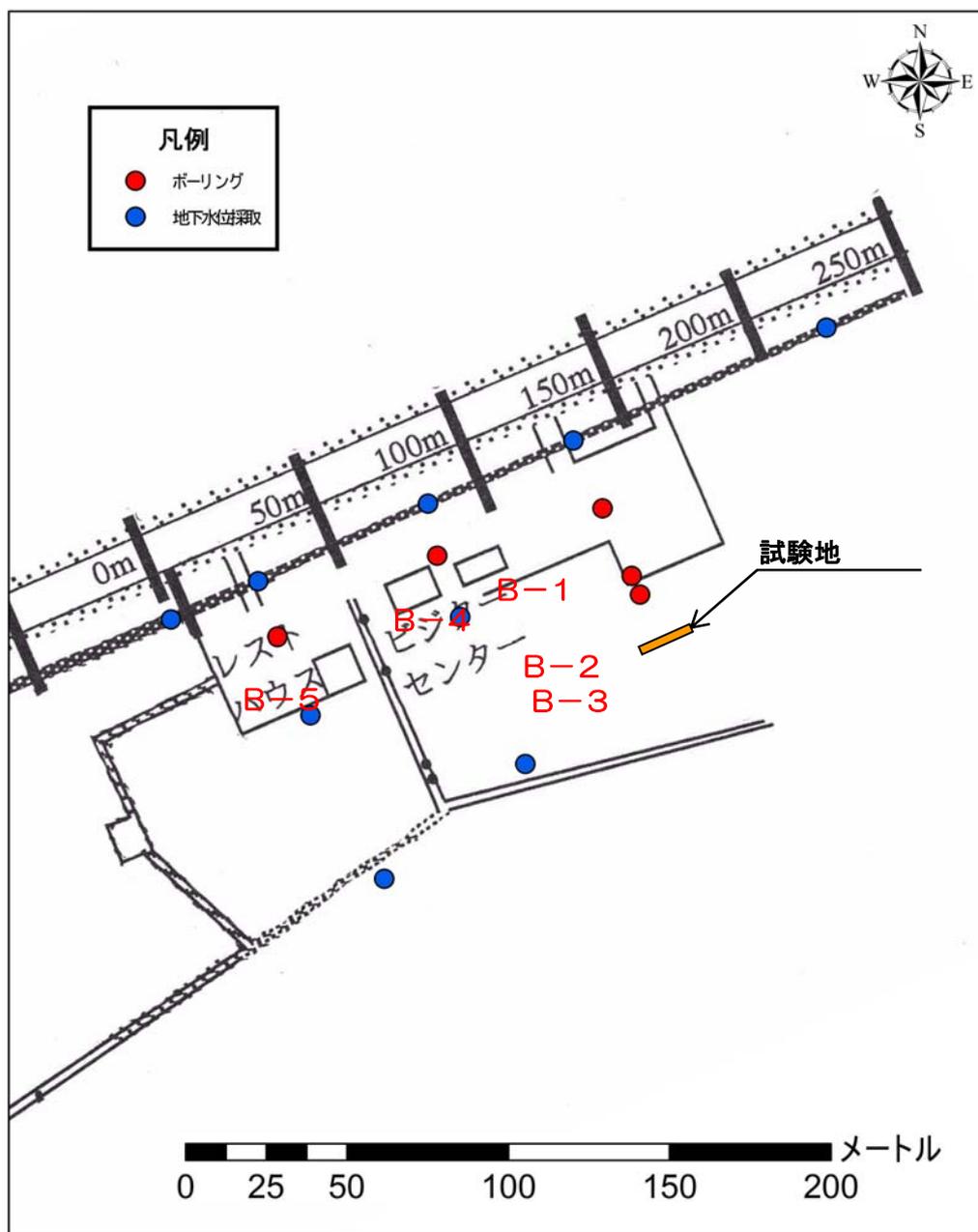


図 4. 1. 2 試験地およびボーリング調査位置

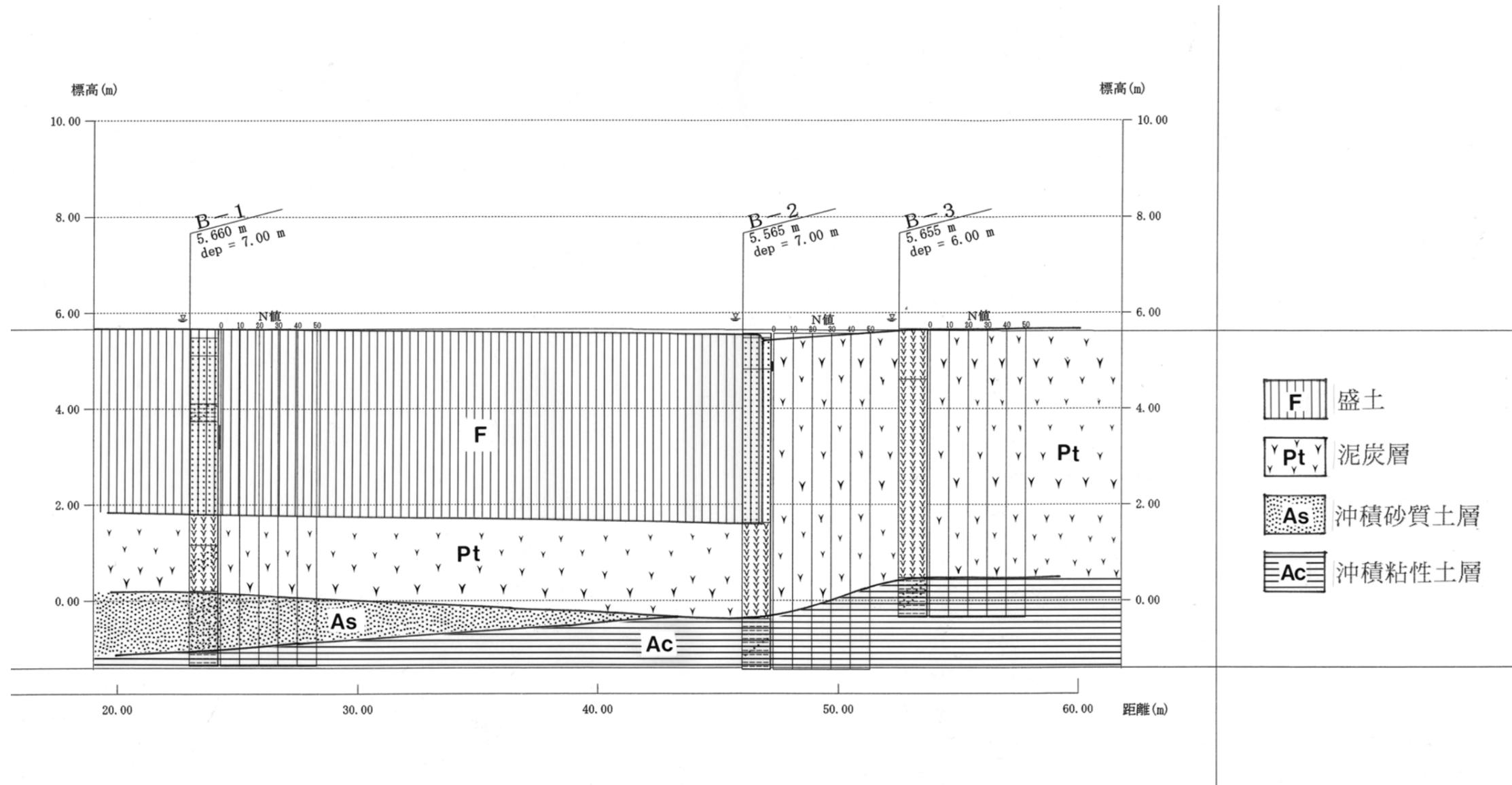
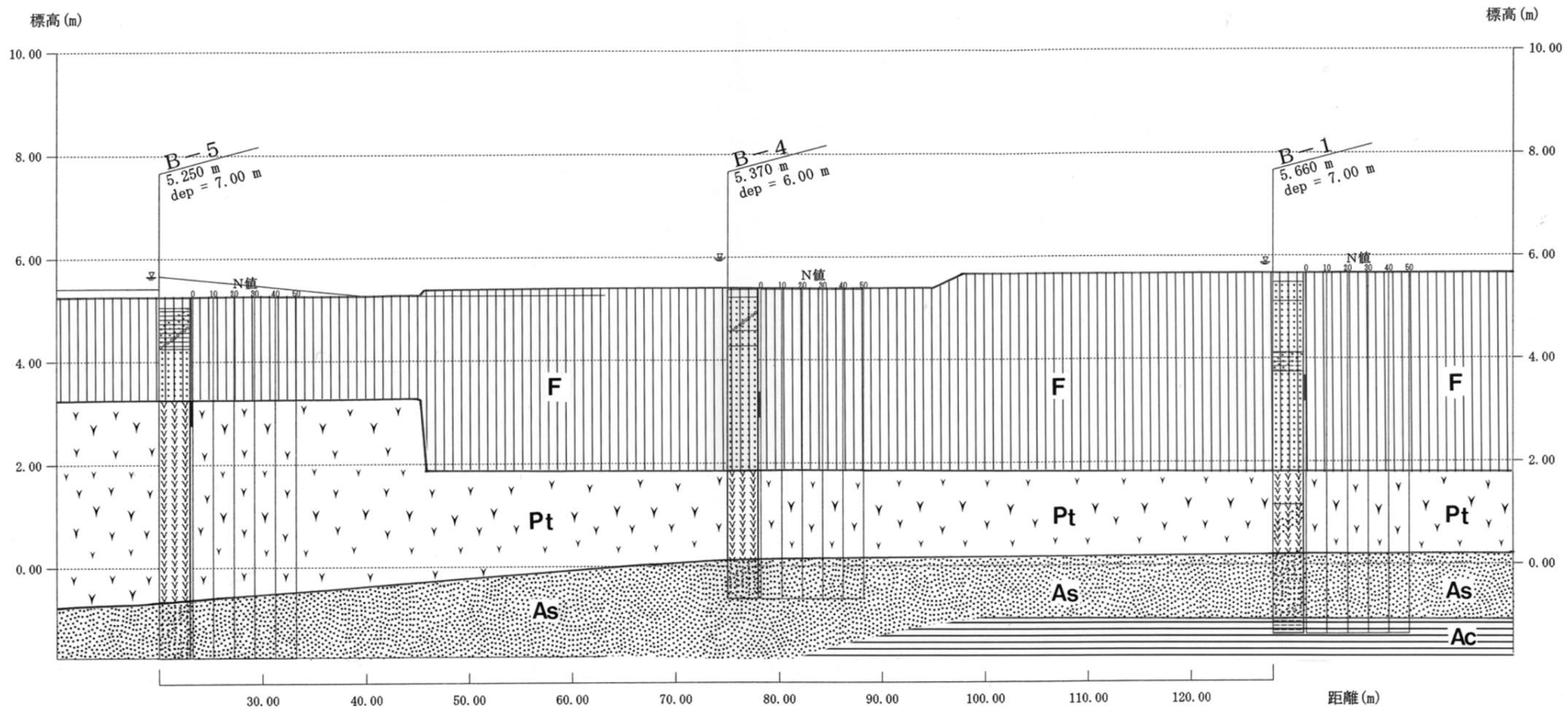


図 4.1.3 南北方向の地質断面図



F 盛土
 Pt 泥炭層
 As 沖積砂質土層
 Ac 沖積粘性土層

図 4.1.4 東西方向の地質断面図

4.1.3 試験計画の作成

前述の現況と課題を踏まえて、作成した試験計画は以下のとおりである。

(1) 目的

残置すれば乾性種や移入種の侵入が予想される駐車場においては、表層を浅く掘削することによって湿潤な条件を整え、抽水植物や湿性植物を繁茂させることが修復の選択肢の一つとして考えられる。

本試験は、踏圧が無くなった状態での侵入植物を確認するとともに、小規模な掘削を行い、その後に生育する植物を確認することにより、修復方法として適切か否かを選定するための基礎資料を得ることを目的とする。

(2) 分析方針

- ・ 現在の状況のまま人の立ち入りを制限し、踏圧をなくした場合にどのような植物が生育するのかを確認する。
- ・ 浅く掘削した場合に、どの程度の掘削深が適しているのかを、出現した植物種をもとに推定する。
- ・ 根茎や土壌などを移植した場合と移植しない場合とで植物の出現状況の違いを把握し、掘削しただけでも植物の侵入・定着が可能なのかを推定する。

(3) 試験区の設定

植物の生育に適した掘削深さを探るため、掘削深を 10～50cm で段階的に変化させて、植物の生育状況を追跡する（昨年度のボーリング調査より地下水位は G.L.-50cm 程度と想定）。また、掘削のみで植物の自然な侵入を期待する処理と、掘削を行った上で植物生育の核となる根茎と土壌を移植する処理を行い比較する。

試験区の設定内容を表 4.1.1 に、配置を図 4.1.5 に示す。

表 4.1.1 試験区の設定

設定	ねらい	備考
無処理（対照区）	放置すればどのような植物が出現するのかを確認する	
掘削のみ 掘削深：10～50cm 傾斜 1/30	浅く掘削するだけで抽水・湿性植物が出現するのかを確認する。最適な水深の目安を得るために、掘削深が 10～50cm となるように傾斜を設定する。	植物の発芽確率を高めるためには、水位が変動するなかで必ずどこかに浸水条件にある箇所ができるようにするために、緩い傾斜を持った断面形状が望ましい。
掘削＋根茎・土壌の移植 掘削深さ：3段階 10,30,50cm	浅い水面を形成した上で、植物生育の核となる根茎と土壌を移植する。	土壌を安定して保持するために、階段状の構造とする。 根茎と土壌はサロベツ湿原内でヨシが繁茂している場所から移植する。

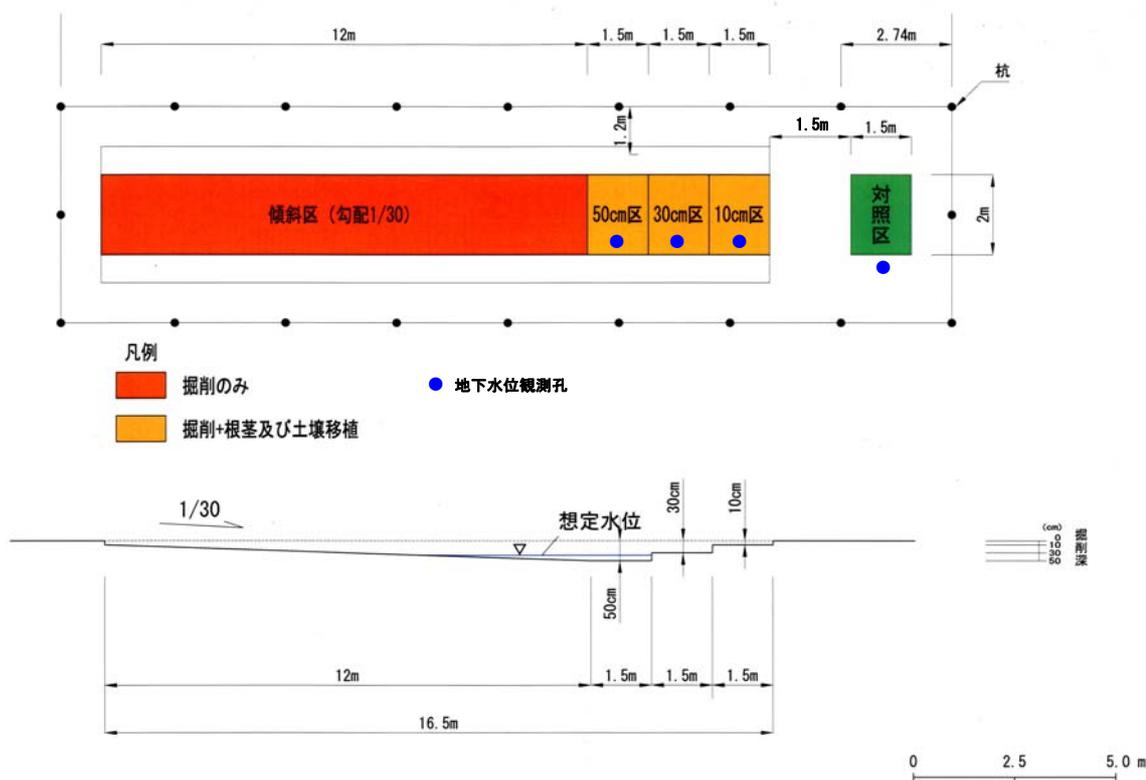


図 4.1.5 試験区の配置

4.1.4 試験区の設定

試験区の整形は、2005年11月24～25日に実施した。

バックホウで表土を剥ぎ取って整形した。なお、地表から50cm程度の深さで盛土の沈下防止のために敷設された木杭が現れた。そのため、当初は70cm区の設定も想定していたが、これ以上の掘削は不可能なため、試験区の深さは50cmまでとした。また、掘削土は、試験区横のデッドスペースに仮置きした。

試験区の整形後に、地下水観測孔の設置と根茎・土壌の撒き出しを行った。地下水観測孔は、10cm区、30cm区、50cm区、対照区に1本ずつ設置した。根茎・土壌は、落合沼の堰上げにより水没する箇所、地表から約30cmまでの深さをスコップで根茎ごとブロック状に掘り取ったものを使用した。量は約75リットルであり、各試験区の中心部のブロック状の土壌を投入し、踏み均した。なお、作業中に浮上してきたヨシの根茎などは掬い取って廃棄した。



表土剥ぎ取り状況



掘削中の 10cm 区の状態



掘削中に現れた盛土断面



掘削直後の状況



掘削直後の試験区の全景



掘削直後の試験区の遠景



土壌撒き出し直後の 10cm 区



土壌撒き出し直後の 30cm 区



土壤撒き出し直後の 50cm 区



対照区



撒き出した土壤



仮置きした掘削土砂



土壤撒き出し直後の試験区の全景



土壤撒き出し直後の試験区の全景

4.1.5 モニタリング計画

(1) 調査

各試験区において全出現種の被度を記録し、同時に地下水位を計測する。調査は、初夏（5月下旬～6月上旬：芽生え時期）と秋（8月下旬～9月上旬：植物の十分に生育した時期）に行う。

(2) 考察

試験区で確認された植物とその生育が最も盛んだった水深との関係を解析し、駐車場跡地の修復に最適な方法を検討する。

4. 2 道路側溝流入物質対策検討

原生花園敷地に隣接する円山道路側溝の縦断図をもとに、円山台地から湿原側に流下してくる栄養塩の回避方策を検討した。

(1) 流入箇所分布

円山道路沿いを現地踏査し、図 4.2.1 に示す 8 地点で人家や農地から道路側溝への流入箇所を確認した。「平成 15 年度サロベツ自然再生事業再生計画・技術手法検討調査業務報告書」ではこれらの流入箇所付近の側溝水から栄養塩類や大腸菌が検出されたことが示されており、現状のままでは農家の堆肥置き場や牛舎等からの汚水に起因すると見られる栄養塩類が道路側溝内を流下し、側溝があふれる融雪期などには原生花園の敷地内や湿原域に拡散することが避けられない。

なお、流入箇所 A については、泥炭工場の閉鎖に伴い影響は軽減されたと考えられるが、工場跡地にモニタリングセンターの建設が予定されていることから、排水処理については十分な検討が必要である。



図 4.2.1 道路側溝への流入箇所の分布



地点 D の状況
牛舎から側溝に塩ピ管が布設されている



地点 E の状況
堆肥が側溝に流入している

(2) 縦断勾配の確認

稚内土木現業所より入手した円山道路の台帳図から作成した縦断形状を図 4.2.2 に示す。これによれば、縦断距離 7,800m 付近に路面標高の最高点があり、農家が立地する縦断距離 7,200m 付近の路面標高はこの最高点より 1.6m 程度低くなっている。この道路台帳図は昭和 61 年の測量結果をもとに作成されており、20 年近くの間には路面の沈下等が生じて形状が変化している可能性もあるため、平成 15 年に航空レーザー計測によって取得された 2 m メッシュの標高データから路面の高さを拾い出して、図 4.2.3 に示した。図 4.2.3 はサロベツ川に架かる開運橋を起点に縦断距離を表示しているが、最高点の位置や前後の比高差等は昭和 61 年の測量結果と一致しており、道路の縦断形状には大きな変化は生じていないことが確認できる。

一方、縦断図（図 4.2.2）の下段に示された道路側溝の流向は路面の縦断勾配におおむね一致するものの、局所的には逆行する箇所もあり一様ではない。2 m メッシュの標高データから地形を立体的に表現した赤色立体図に道路側溝の流向を記載したものを図 4.2.4 に示す。

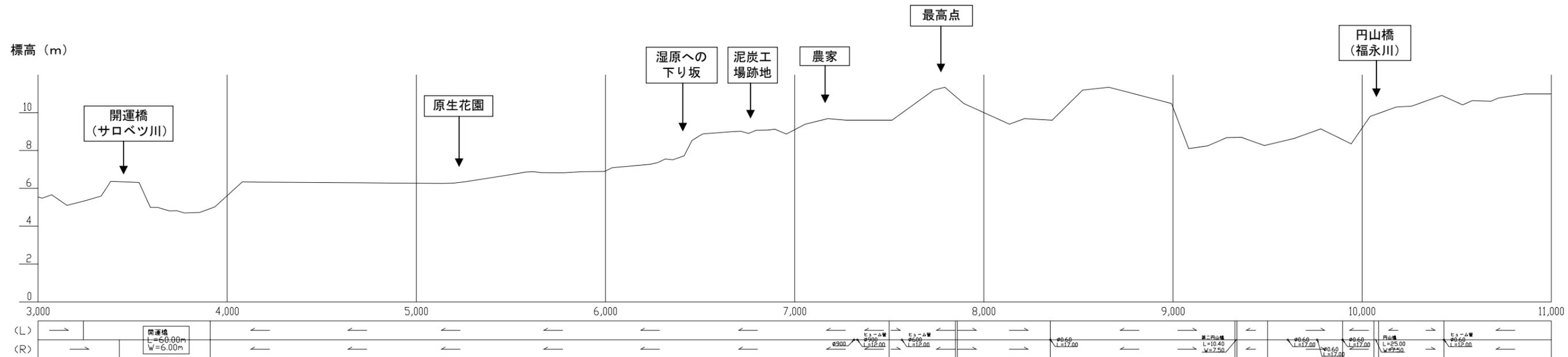


図 4.2.2 円山道路縦断面図 (道路台帳図より作成)

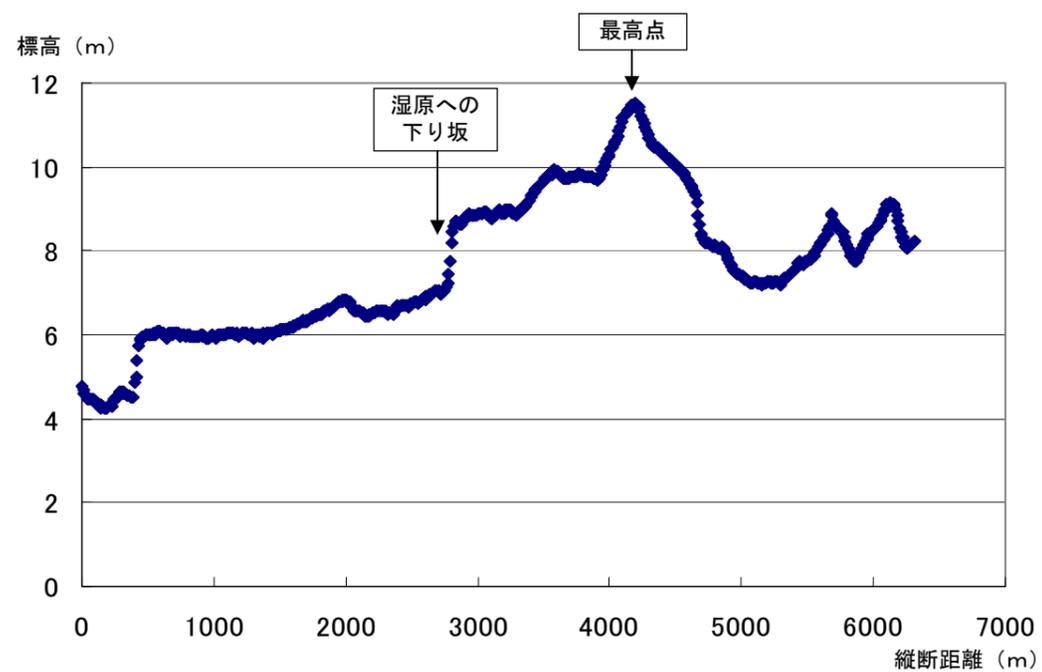


図 4.2.3 レーザー計測データから読み取った円山道路の縦断標高

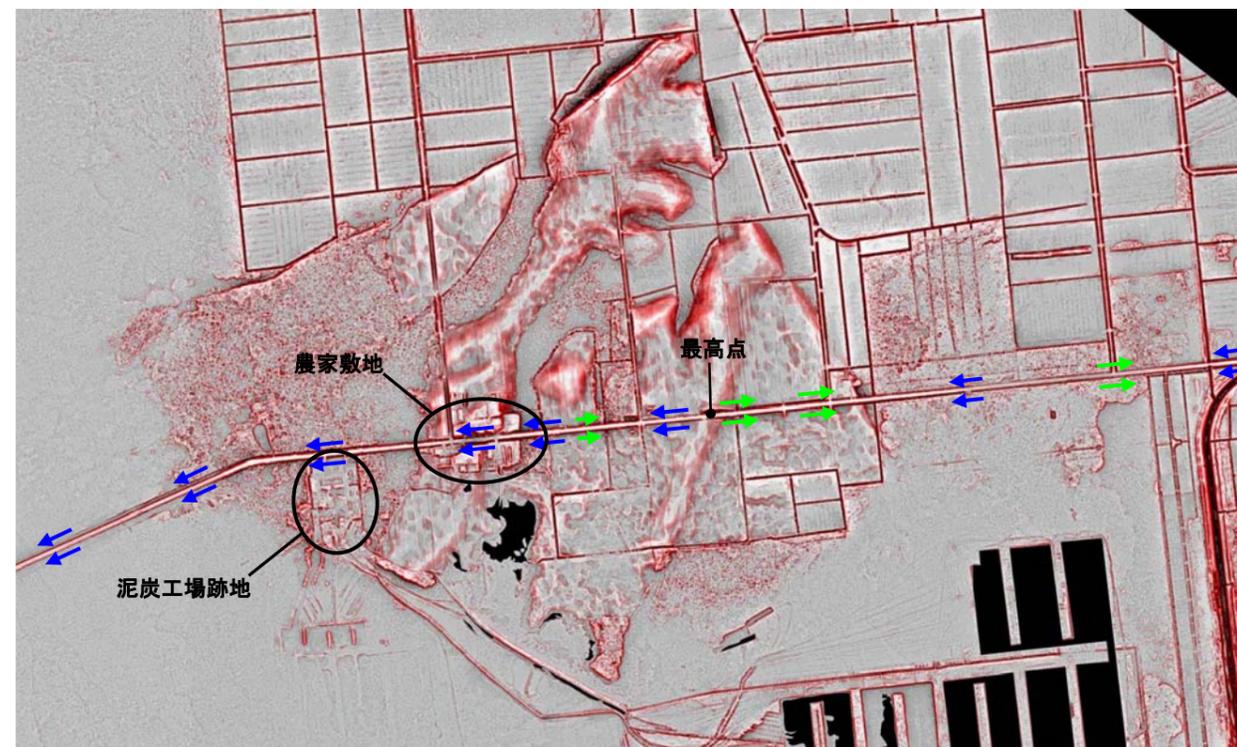


図 4.2.4 円山道路側溝の流向 (道路台帳図の付記情報より作成)

(3) 対策の方向性

円山道路側溝の富栄養化については、平成 15 年度に実施された水質調査の結果より、主たる汚濁負荷の発生源はほぼ明らかになっている。したがって、対策の方向性としては、まずこれらのポイントソース（点源）汚濁の流入を抑制することが重要である。

しかし、下の写真に見られるように、農地脇の排水明渠が側溝に接続されている箇所などもあり、栄養塩類の流入を完全に遮断するのは難しい面もある。また、堆肥等の付着したタイヤで道路を通行する車両も多いことから、路面からノンポイントソース（面源）汚濁の流入も懸念される。



地点Bの状況

農地脇の排水明渠が側溝に接続されている

このため、富栄養化物質を含んだ側溝水の湿原側への流下を防止する観点から、考えられる対策の方向性を以下に述べる。

① 東側転流案

汚水流入箇所下流側の側溝を堰上げる一方、上流側の側溝を掘り下げ、栄養分を含んだ側溝水を湿原とは反対の東側に流す案である。図 4.2.5 に対策のイメージを示す。

側溝の流れを逆方向に向けるためには水路底をかなり深く掘り下げる必要があり、土工量が大きくなり、道路法肩の安定対策なども別途必要となる可能性がある。

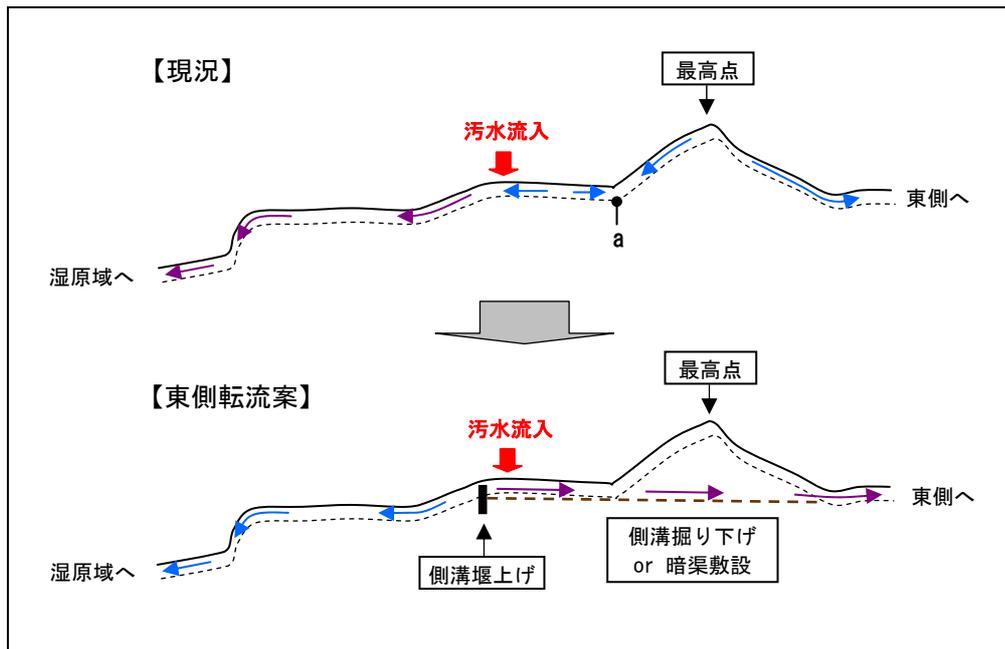


図 4.2.5 ①東側転流案のイメージ

なお、現況でも図 4.2.5 の a 地点に水が集まる構造になっており、この付近で排水処理が可能であれば、路面の最高点を掘り下げて東側に側溝水を流す必要はない。ただし、近接する農地の排水不良を引き起こす可能性もあることから、計画に当たっては排水系統の十分な調査が必要である。

② 北側転流案

汚水流入箇所下流側の側溝を堰上げ、円山道路から北側に分岐する道路の側溝に栄養分を含んだ側溝水を切り回す案である。図 4.2.6 に転流の位置関係を示す。

円山の北側に分岐する道路は尾根状の起伏を切通して布設されており、その側溝も北側に向かって上り勾配になっている可能性が懸念される。図 4.2.7 は航空レーザー計測によって取得された 2 m メッシュの標高データを用いて作成した高度段彩図である。これによれば、北側に向かう道路の路面標高は円山道路の分岐箇所とほぼ同程度であり、側溝の水路底を掘り下げること、北側への転流は可能と推測される。

③ 工場跡地での浄化案

汚水を含んだ側溝水を工場跡地に引き込み、新設されるモニタリングセンターの排水とともに浄化処理を施し、側溝に戻す案である。図 4.2.6 に工場跡地への引き込み位置を示す。

富栄養化物質を除去するという点では確実な方法であるが、モニタリングセンターの汚水処理システムに過大な負荷を掛ける恐れがある。また、道路排水の処理を環境省の施設で行う点も問題が多い。

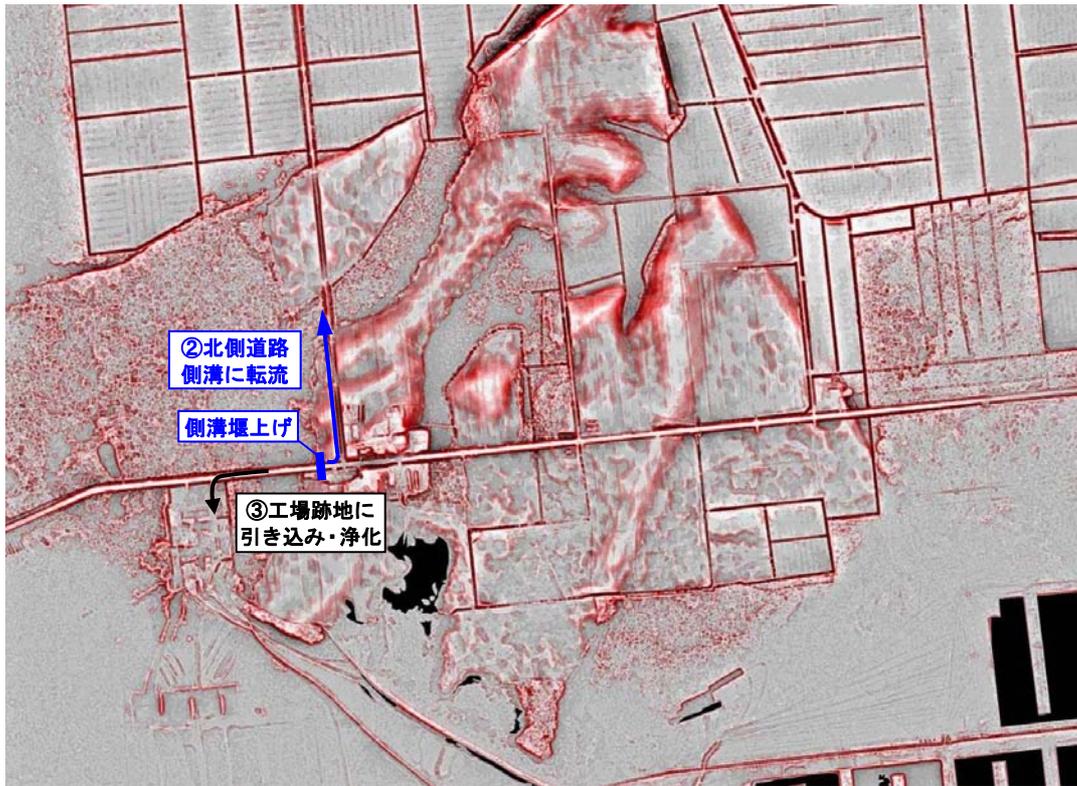


図 4.2.6 ②北側転流案・③工場跡地での浄化案の位置関係

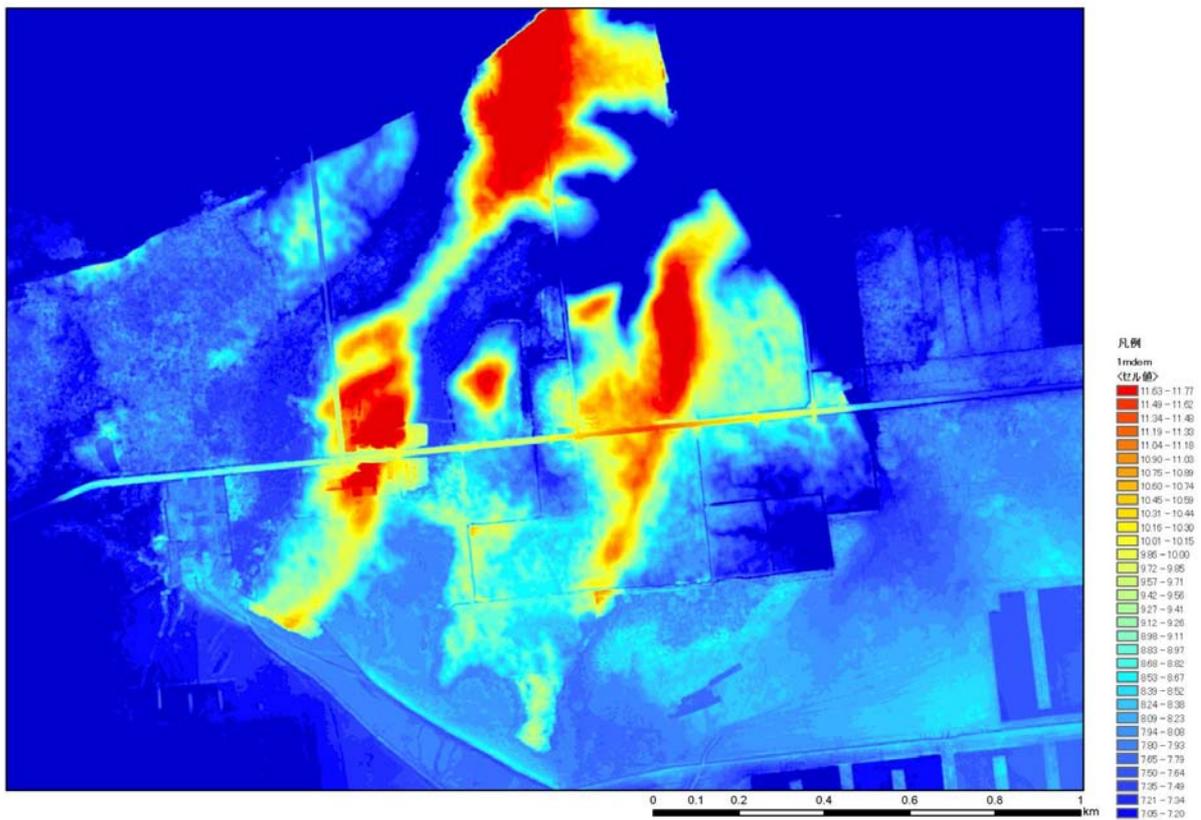


図 4.2.7 円山付近の高度段彩図

(4) 今後の検討課題

富栄養化物質を含んだ側溝水の湿原側への流下を防止する観点から、対策の方向性を①～③まで示したが、汚濁物が側溝に入る前に処置できれば、もっとも望ましい対策となる。

今後、道路側溝流入物質対策をより具体化させていくためには、以下のような調査検討が必要と考えられる。

1) 汚濁負荷の実態把握

円山道路側溝への汚水流入箇所のうち、汚濁負荷がとくに大きい地点を特定し、汚濁発生源での対策の可否を検討する。

2) 排水系統の把握

側溝水の転流などを詳細に検討するために、関連する排水系統の実態を正確に把握する。

【側溝縦断勾配の把握】：円山道路および分岐する道路の側溝について縦断測量を行い、動水勾配を把握する。

【農地排水系統の把握】：円山道路に近接する農地の排水系統を把握する。

5. ペンケ沼流入土砂調査

5.1 近年のペンケ沼流入土砂の特性調査

ペンケ沼に近年流入したと考えられる堆積物の特性を把握するため、2005年10月17日に、図5.1.1に示す地点において試料採取と簡易貫入試験を実施した。図5.1.1では、基図に2000年の航空写真を用いたが、今回の調査では、現地の礫州先端部の地形が2000年とは大きく異なっていた。そこで、図5.1.1では、現地調査で作成した概略の礫州分布と、2000年航空写真では確認できるが、今回の調査時には見えなくなっていた礫州の分布をあわせて示した。また、表5.1.1に各調査地点で実施した調査内容を示す。

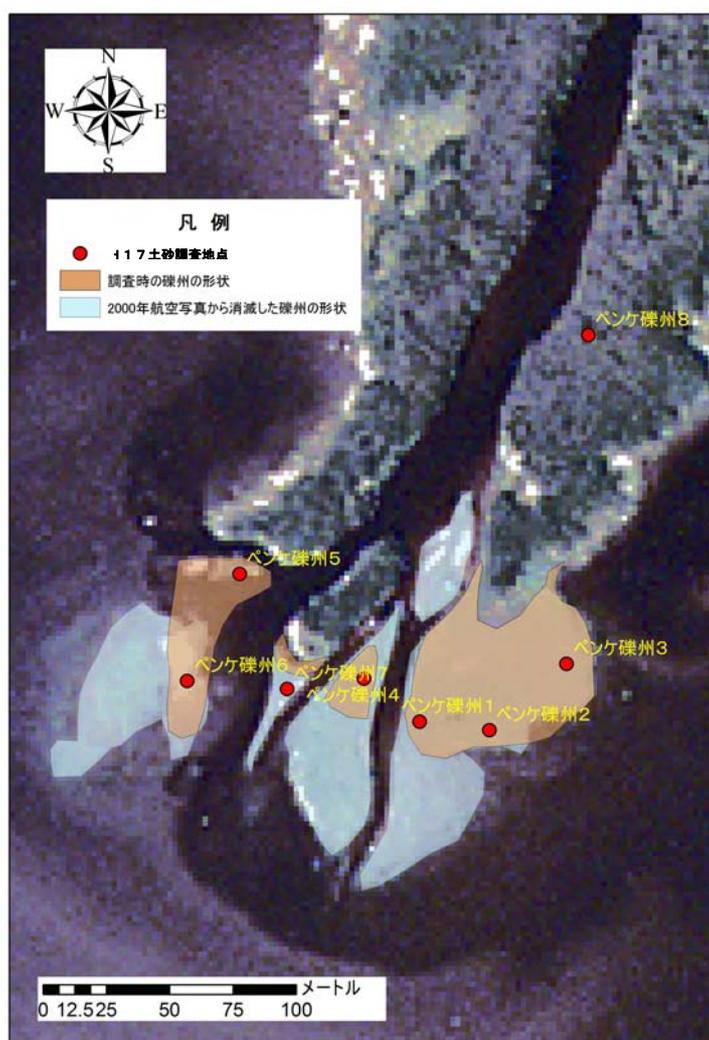


図 5.1.1 ペンケ沼流入土砂の調査地点位置図

表 5.1.1 ペンケ沼調査地点における調査項目及び試料採取

調査地点	堆積環境	層厚調査	試料採取	粒度分析	礫種調査	備考
ペンケ礫州1	礫州	○	○	○	○	東側礫州
ペンケ礫州2	礫州	○	○	○	○	東側礫州
ペンケ礫州3	礫州	○	○	○	○	東側礫州
ペンケ礫州4	礫州	○	○	○	○	中州
ペンケ礫州5	礫州	○	○	○	○	西側礫州
ペンケ礫州6	礫州	○	○	○	○	西側礫州
ペンケ礫州7	礫州沖部	○				中州の沖
ペンケ礫州8	自然堤防		○	○		東側の自然堤防上

ペンケ礫州7地点はペンケ沼の河口部の水面下にあたり、調査時には流速が速く、礫サイズの粒子が流れている状況であったため、試料採取は実施しなかった。また、ペンケ礫州8地点は、自然堤防上の堆積物の比較を行うための試料採取と粒度分析を実施した。

5.1.1 礫種等調査結果

(1) 粒度分析

粒度分析は、ペンケ沼に近年流入した礫州の堆積物の運搬過程を検討し、5.2節で述べる主要流入河川の河床堆積物調査結果等とあわせて検討するために実施した。

試料採取は礫州表面の砂礫の分布状態が偏っていない標準的な地点を選定し、表面部を取り除いた下から採取した。粒度分析の方法は、実験室に持ち帰った試料を乾燥させ、乾式ふるいを用いて表 5.1.2 に示す粒径毎にふるい分けを行った。ふるい分けした試料は、その重量を計測し、粒度毎の重量パーセントを算出し、粒径分布ヒストグラムを作成して比較した。

表 5.1.2 粒度分析の粒径区分

粒 径	
単位	mm
粗い ↑ ↓ 細かい	128.0000
	64.0000
	32.0000
	16.0000
	8.0000
	4.0000
	2.0000
	1.0000
	0.5000
	0.2500
	0.1250
	0.0625
	0.0625 以下

図 5.1.3 には、各地点の粒度分析結果を地点毎に粒径分布ヒストグラムと粒径加積曲線として示した。

礫州堆積物の粒径分布は、主として 32~0.125mm の範囲に入り、比較的粒径分布が広い。最も頻度が高い粒径は 1~2mm であるが、東側の礫州（ペンケ礫州 1、2 地点）では細粒側にもう一つピークを持つ粒径集団が見られる。このように、粒径分布の異なる粒径集団が見られる原因としては、粒子の再移動や別の堆積条件（次の時期の洪水等）による粒子の付加等が考えられる。

これに対して、自然堤防上のペンケ礫州 8 地点では、0.5~0.0625mm 以下と粒径分布が非常に細かく、礫州先端部とは異なった粒度組成を示す。自然堤防の堆積物については、平成 14 年度調査で、礫州先端から約 600~800m 付近（図 5.1.3 の P-1、P-2、P-3 地点）で断面観察が実施されており、図 5.1.2 に示すように細砂が厚く堆積していることが確認されている。今回の調査により、さらに下流部のペンケ礫州 8 地点でも厚い砂層が確認されたことから、ペンケ沼礫州状に発達する自然堤防は全体として砂の堆積物により形成され、礫州先端の扇状の砂礫とは粒度組成が異なることが示された。

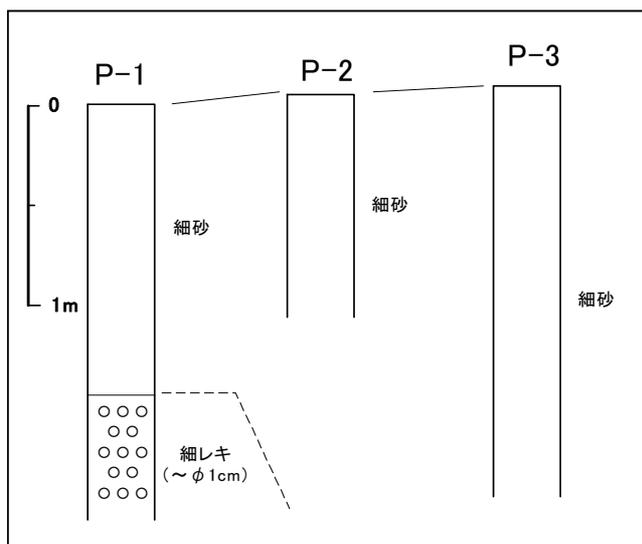


図 5.1.2 自然堤防部の断面観察結果（H14 報告書より）

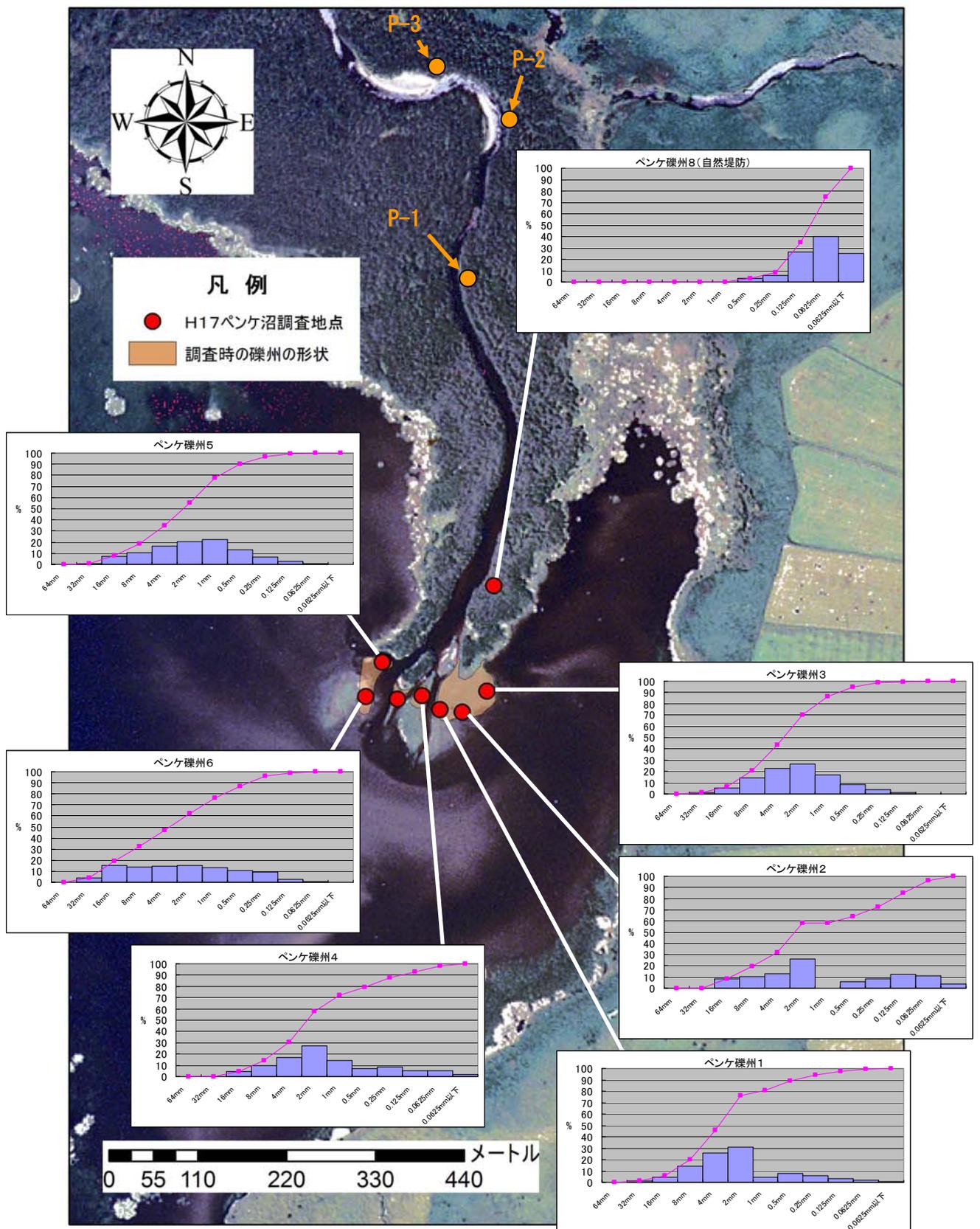


図 5.1.3 ベンケ沼調査地点の粒径分布ヒストグラムと粒径加積曲線

(2) 礫種分析

ペンケ沼に流入する土砂の供給源を推定するために、ペンケ沼に近年流入した礫州堆積物の礫種分析を実施し、上流側の地質分布や主要流入河川の河床堆積物調査結果等と比較した。礫種分析は、堆積物を粒度分析によりふるい分けた4～8mmの礫を抽出し、礫の種類を分類して個数を計測した。礫種の区分は、上流側の地質区分を考慮して、以下のように分類した。

- a. 声問層・稚内層起源の泥岩（珪藻質で比重が小さい泥岩）
- b. 増幌層等起源の泥岩・変成岩（硬質で比重が大きい）
- c. 石炭片

図5.1.4には、各地点の礫種分析結果を地点毎に円グラフとして示した。

礫種分析の結果は、各地点で若干のばらつきはあるが、概ね声問層・稚内層起源の泥岩・頁岩が50～70%を占め、次いで増幌層起源の泥岩・変成岩が多い。また、石炭片は概ね10%以下であった。

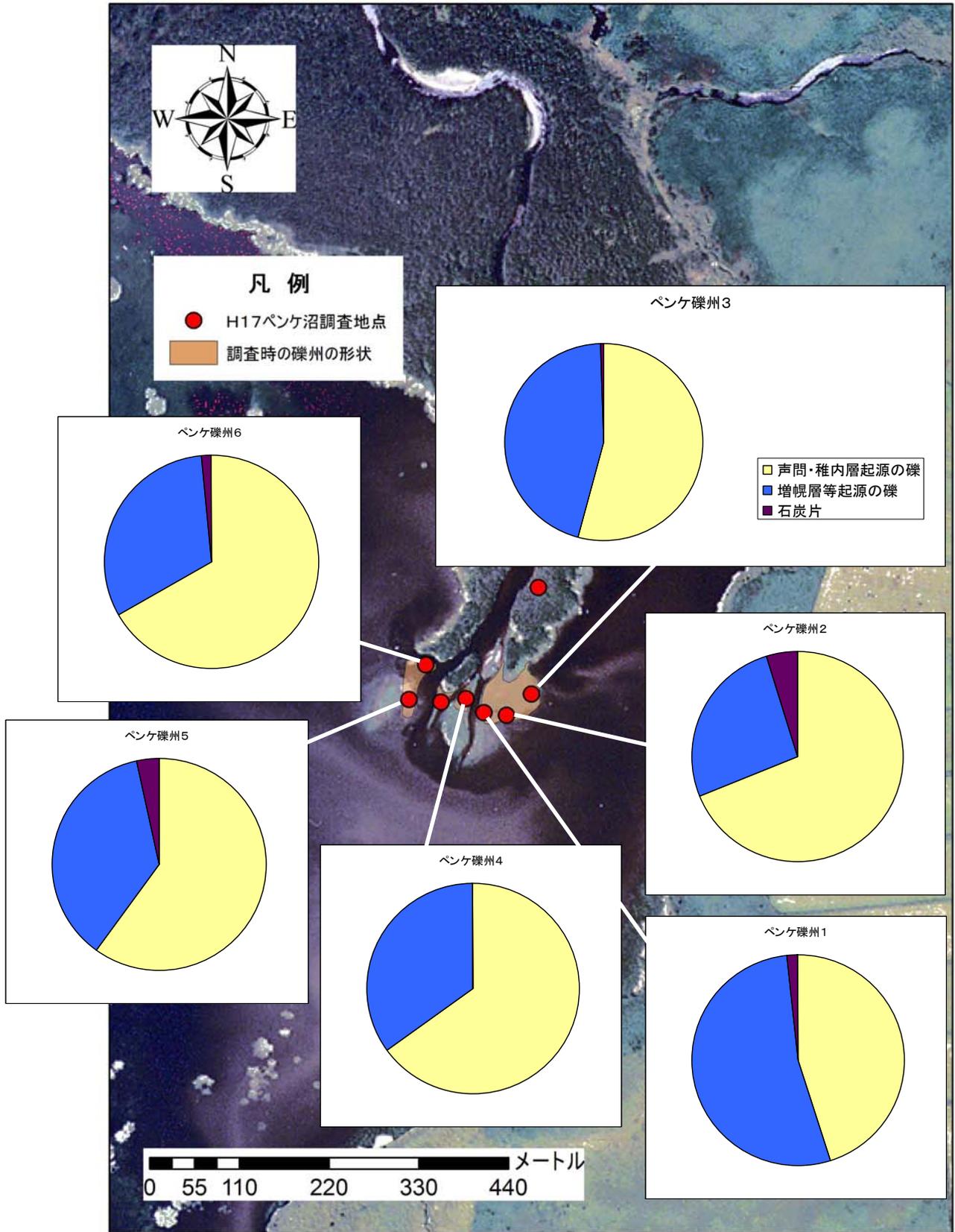


図 5.1.4 ベンケ沼調査地点の礫種分析結果

5.1.2 堆積厚調査結果

ペンケ沼に近年流入した堆積物の堆積状況を把握するために、図 5.1.1 及び表 5.1.1 に示した 7 地点において、簡易貫入試験（図 5.1.5）を実施して堆積物の種類と層厚を確認した。

図 5.1.6 は、簡易貫入試験の結果から推定された礫州堆積物の推定分布図である。

図 5.1.6 からは、近年形成されたと考えられる礫州が、主として砂礫と砂層の互層で構成されており、複数回の流入と堆積を繰り返しながら徐々に堆積してきたことが読みとれる。

また、各地点の礫州全体の層厚を比較すると、礫州沖部のペンケ礫州 7 地点では層厚が 80 cm 程度と薄くなっているが、礫州が水面上に現れている地点（ペンケ礫州 1～6 地点）では、1.1～1.4m の層厚を示す。



図 5.1.5 簡易貫入試験器

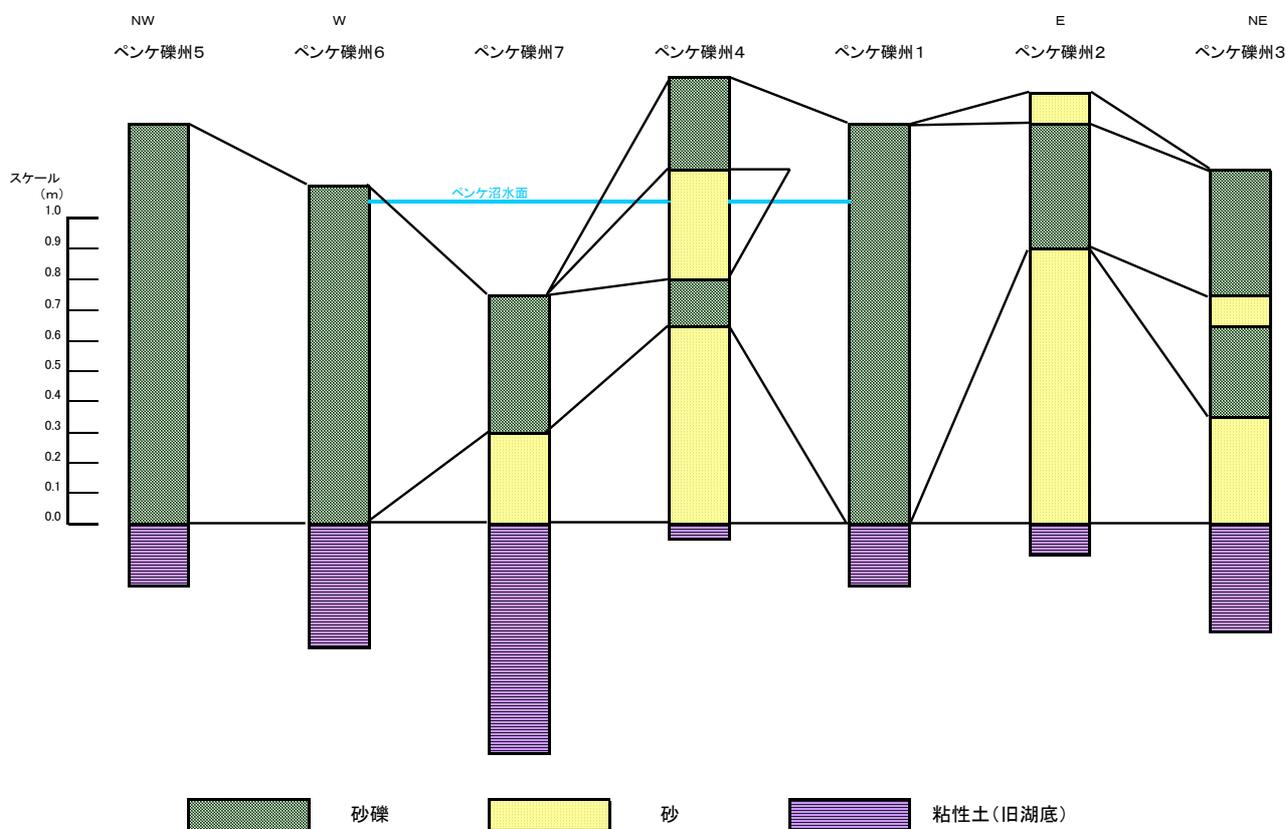


図 5.1.6 簡易貫入試験の結果から推定された礫州堆積物の分布図

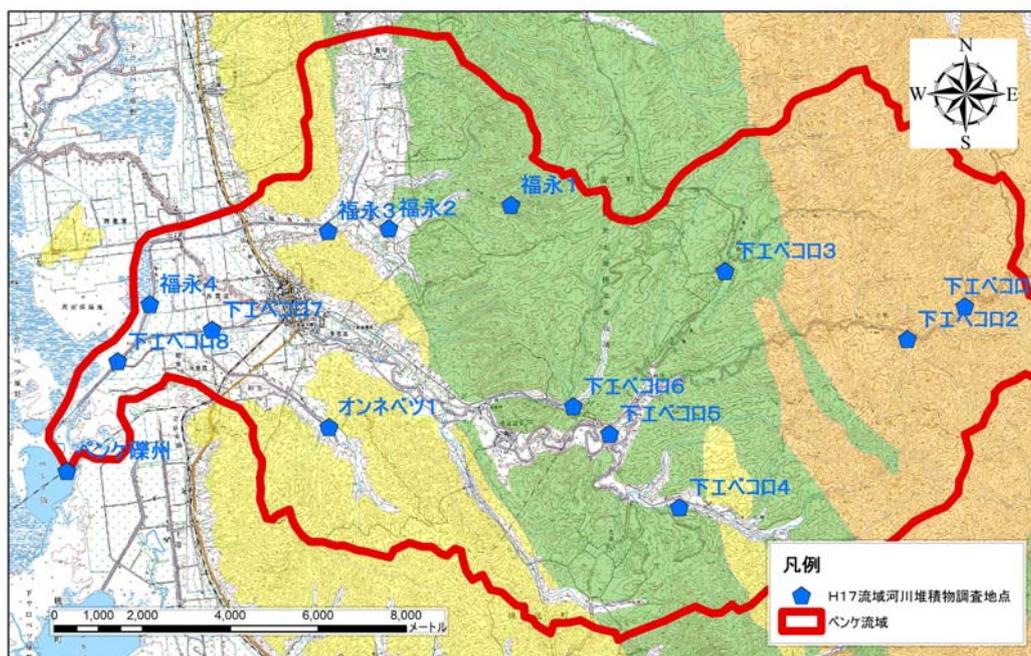
5.2 主要流入河川の河床堆積物調査

ペンケ沼の礫州堆積物の生産源を推定するために、ペンケ沼上流の主要流入河川において、河床堆積物の試料採取を実施し、ペンケ沼礫州堆積物と同様に粒度分析と礫種分析を実施した。

なお、粒度分析用の試料採取は、河床が比較的平坦で表面における砂礫の分布状態が偏っていない地点を選定し、採取点を中心に0.5×0.5mの採取面を設定し、表面から30cmの表層を取り除いて採取した。また、現地の河床堆積物の粒径が大きく、大量の試料が必要と判断した箇所に関しては、現地で32mm以上の礫のふるい分けと重量測定を行い、残りの粒径は全量の重量測定を実施した後、縮分して実験室に持ち帰って分析した。

礫種分析は、5.1.1項と同様の手法で実施した。

図5.2.1に河床堆積物調査を実施した箇所の位置図を示す。調査地点は、表5.2.1に示すように、下エベコロベツ川で8地点、福永川で4地点、オネベツ川で1地点の合計13地点である。



地質凡例		勇知層・更別層・恵北層の分布域
		声問層・稚内層の分布域
		増幌層等の分布域

図 5.2.1 ペンケ沼流入河川の河床堆積物調査位置図

表 5.2.1 ペンケ沼流入河川の河床堆積物調査の分析項目

調査地点	粒度分析	礫種分析	備考
下エベコロ1	○	○	下エベコロベツ川上流部
下エベコロ2	○	○	下エベコロベツ川上流、 二の沢橋合流点
下エベコロ3	○	○	下エベコロベツ川中流部、 支流豊幌川
下エベコロ4	○	○	下エベコロベツ川中流部、 支流ペンケエベコロベツ川
下エベコロ5	○	○	下エベコロベツ川中流部
下エベコロ6	○	○	下エベコロベツ川中流部、 支流
下エベコロ7	○	○	下エベコロベツ川下流部、 オンネベツ川合流前
下エベコロ8	○		下エベコロベツ川下流部、福 永川合流後
福永1	○	○	福永川上流部、成金沢
福永2	○	○	福永川中流部、 農地排水路出口
福永3	○	○	福永川中流部、支流
福永4	○	○	福永川下流部、 下エベコロベツ川合流前
オンネベツ1	○	○	オンネベツ川上流部

下エベコロ8地点では粒径分布が非常に細粒であり、礫種分析に必要な4mm以上の礫が十分に得られなかったため、礫種分析は実施しなかった。

(1) 粒度分析結果

図 5.2.2 にペンケ沼流入河川の河床堆積物の粒度分析結果を示す。それぞれの地点の河床堆積物の粒度特性は上流側の地質区分と密接に関係があり、下エベコロベツ川上流部の増幌層等の分布域、下エベコロベツ川中流部と福永川上流部の声問層・稚内層の分布域、下エベコロベツ川下流域、福永川中流域、オンネベツ川流域の勇知層・更別層・恵北層の分布域では、それぞれ特徴が見られる。

【増幌層等の分布域】

増幌層等の分布域に位置する地点は、下エベコロ1地点、下エベコロ2地点である。これらの地点の粒径分布ヒストグラムは、8~4mm付近にピークが位置するほぼ一つの集団で特徴づけられる。

【声問層・稚内層の分布域】

声問層・稚内層の分布域に位置する地点は、下エベコロ3地点、下エベコロ4地点、下エベコロ5地点、下エベコロ6地点、福永1地点及び福永2地点である。このうち、

下エベコロ 3 地点と下エベコロ 5 地点は、上流側に比較的広い増幌層等の分布域があり、その他の地点とは粒径分布が異なっている。下エベコロ 3 地点では 4mm のピークに加えて、16mm 付近にピークをもつ粗粒側の粒径集団が付け加わる。下エベコロ 5 地点は上流側の増幌層等の分布域の結果に類似しているが、32mm にピークをもつ粗粒側の粒径集団が付け加わる。下エベコロ 5 地点は下エベコロベツ川の本流にあたるため、上流側の地質の影響がより大きく出ているものと考えられる。

これに対して、下エベコロ 4 地点、下エベコロ 6 地点、福永 1 地点の粒径分布ヒストグラムは、64~32mm 付近にピークを持つ粒径集団で特徴づけられる。また、下エベコロ 4 地点、下エベコロ 6 地点では 0.0625mm 以下の粒子が比較的多く含まれている。

なお、福永 2 地点は、福永川が声問層・稚内層の丘陵から福永川本流の谷に出たところに位置し、福永 1 地点と比べて粗粒側のピークの位置が 8mm 付近までずれてきている。

【勇知層・更別層・恵北層の分布域】

福永 3 地点およびオンネベツ 1 地点は、勇知層・更別層・恵北層の分布域に位置する。これらの地点では、0.25~0.125mm を中心とした細粒側の粒径集団で特徴づけられる。オンネベツ 1 地点では、これに加えて 16mm を中心とする粗粒側の粒径集団が付加されている。また、福永 3 地点でも粗粒側に小さなピークを読みとることができる。

【各河川の下流域】

各河川の下流域には、豊富町の市街地や宗谷本線よりも下流側に位置する下エベコロ 7 地点、下エベコロ 8 地点、福永 4 地点があたる。これらの地点では、各河川の上流側からの影響で、それぞれ特徴的な粒径分布を示す。

下エベコロ 7 地点では、1mm を中心とするピークに、16mm の粗粒側の粒径集団が付加する。また、下エベコロ 8 地点は、河川の流路から 1m 程高くなった段丘上の堆積物で、0.25mm 付近にピークを持つ細粒の粒径集団が卓越する。

福永 4 地点では 0.25mm 付近にピークを持つ細粒の粒径集団が卓越し、32mm~2mm の粗粒側の粒径集団が付加している。

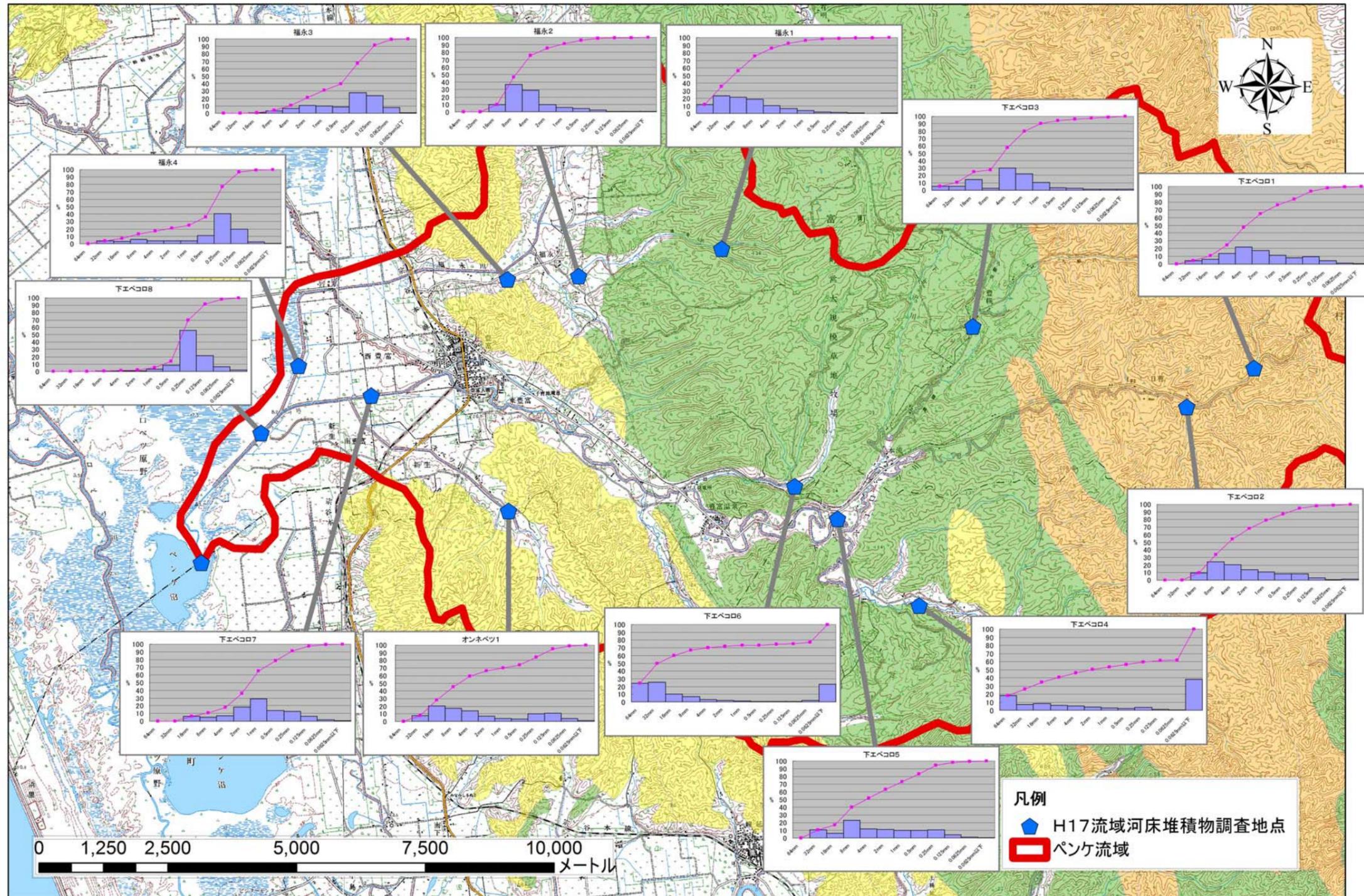


図 5.2.2 ペンケ沼流入河川の河床堆積物の粒度分析結果

(2) 礫種分析結果

図 5.2.3～図 5.2.5 に福永川、オンネベツ川、下エベコロベツ川における礫種組成の変動グラフを示す。また、図 5.2.6 にはペンケ沼流入河川の河床堆積物の礫種分析結果の全体分布図を示す。それぞれの地点の河床堆積物の礫種の特徴は、粒度分析結果と同様に、後背地の地質区分と密接に関係がある。

・福永川

図 5.2.3 では、支流の礫種構成を円グラフで示し、流入箇所を矢印で示した。また、最下流の礫種組成はペンケ沼礫州の礫種分析結果の平均を示した。

福永川流域の上流域（ペンケ沼より 12km より上流側）では、98～100%が声問・稚内層起源の泥岩で占められている。中流域の更別層等の分布域では、支流より増幌層等起源の硬質泥岩が多い土砂が流入し、丸山橋付近では声問・稚内層起源の泥岩が 75%まで減少し、増幌層等起源の硬質泥岩が 25%まで増加する。その後、下流側の 5km 付近では声問・稚内層起源の泥岩の割合が 90%程度まで上昇するが、下エベコロベツ川と合流した後は、声問・稚内層起源の泥岩の割合が 60%程度まで減少し、増幌層等起源の硬質泥岩が 35%まで増加する。

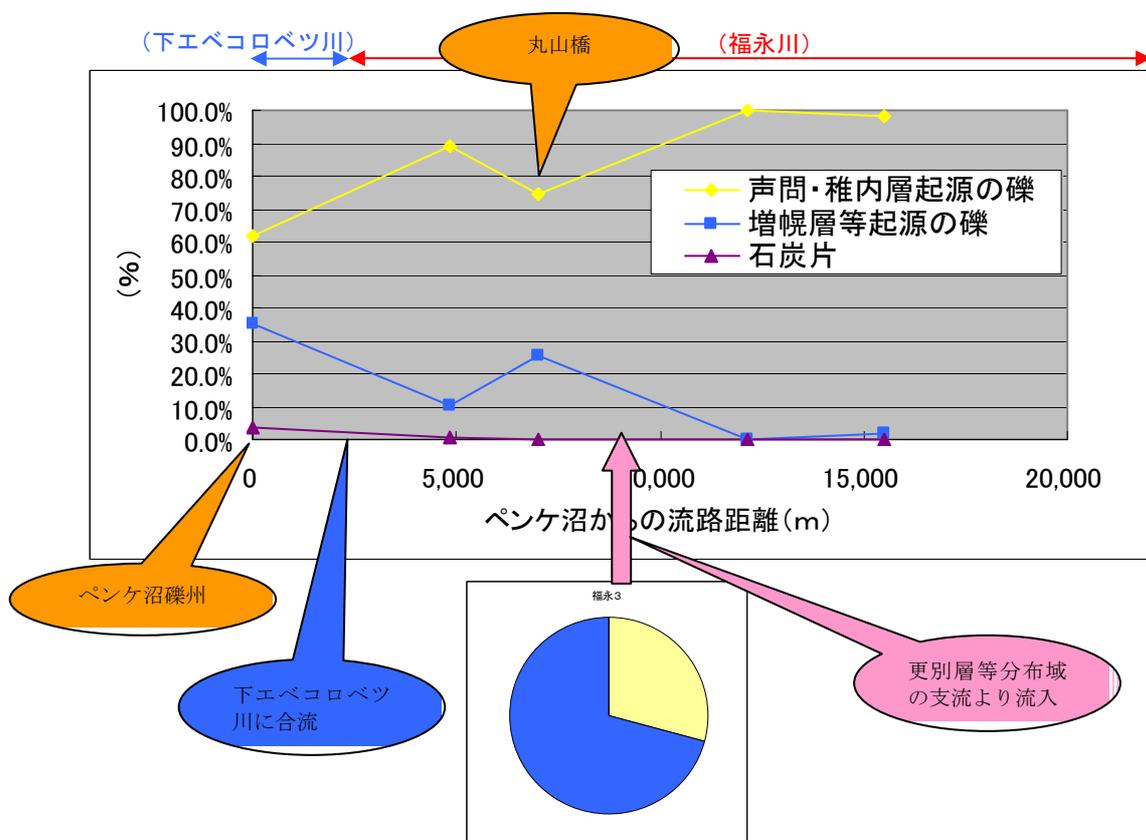


図 5.2.3 福永川における礫種組成の変動グラフ

・オンネベツ川

オンネベツ川では、下エベコロベツ川の合流前には増幌層等起源の硬質泥岩が 65～80%を占め、声問・稚内層起源の泥岩は 20～35%である。これに対して、下エベコロベツ川への合流後はこの割合が逆転する。また、オンネベツ川流域では石炭片がほとんど見られなかった。

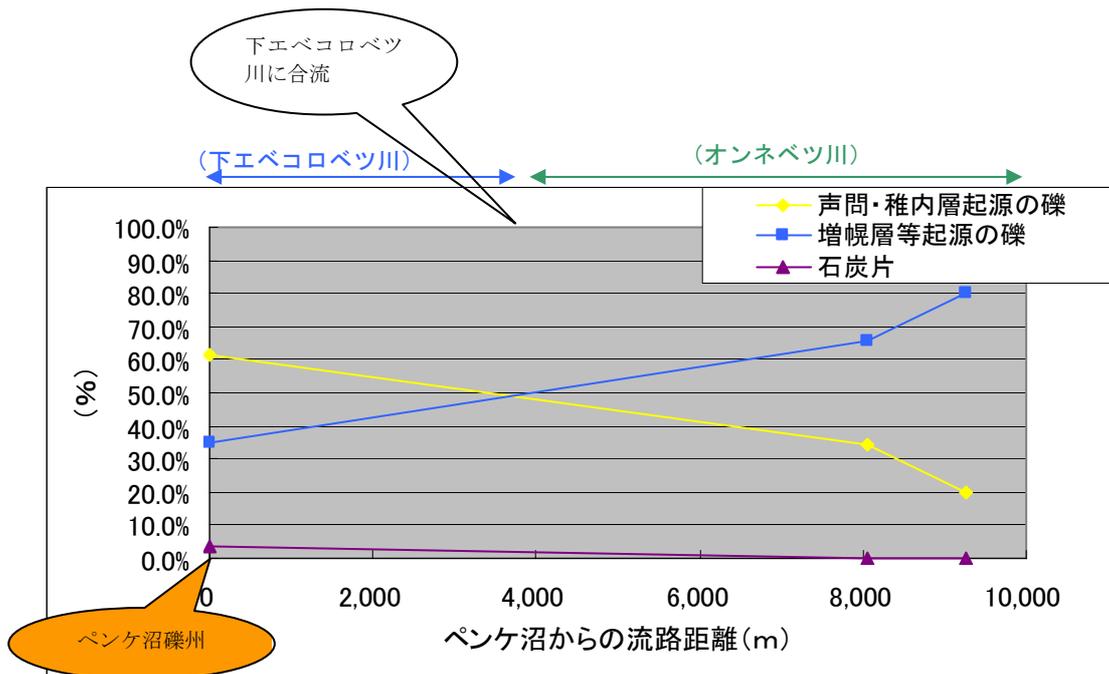


図 5.2.4 オンネベツ川における礫種組成の変動グラフ

・下エベコロベツ川

図 5.2.5 では、支流の直上流箇所の礫種構成を円グラフで示し、流入箇所を矢印で示した。下エベコロベツ川の本流では、上流部で増幌層等起源の硬質泥岩が 70～90%を示し、声問・稚内層起源の泥岩は 10～30%程度である。中流域で豊幌川（約 27km）とペンケエベコロベツ川（約 26km）が合流するが、その下流側の礫種構成は大きく変化していない。これに対して、登龍沢川（大規模草地の流域：約 16km で合流）の下流側では、声問・稚内層起源の泥岩の割合が増え、増幌層等起源の硬質泥岩が減っている。ここで、ペンケエベコロベツ川と登龍沢川の礫種構成はいずれも声問・稚内層起源の泥岩が 100%となっている。したがって、両支流の本流に与える影響の大きさは、登龍沢川の方がペンケエベコロベツ川よりも大きいことが示唆される。

次に、下流域で合流するオンネベツ川と福永川の礫種構成を見ると、前述したように福永川は声問・稚内層起源の泥岩の割合が 90%程度と卓越しているが、オンネベツ川で

は増幌層等起源の硬質泥岩が 65%と異なる礫種構成をしている。両支川が合流した後のペンケ沼における礫種構成は声問・稚内層起源の泥岩の割合が 50%→60%に増加し、増幌層等起源の硬質泥岩は 50%→35%に減少する。これは、下エベコロベツ川の礫種構成が福永川の影響を大きく受けていることを示し、オonneベツ川の影響は福永川に比べると大きくないことを示唆する。

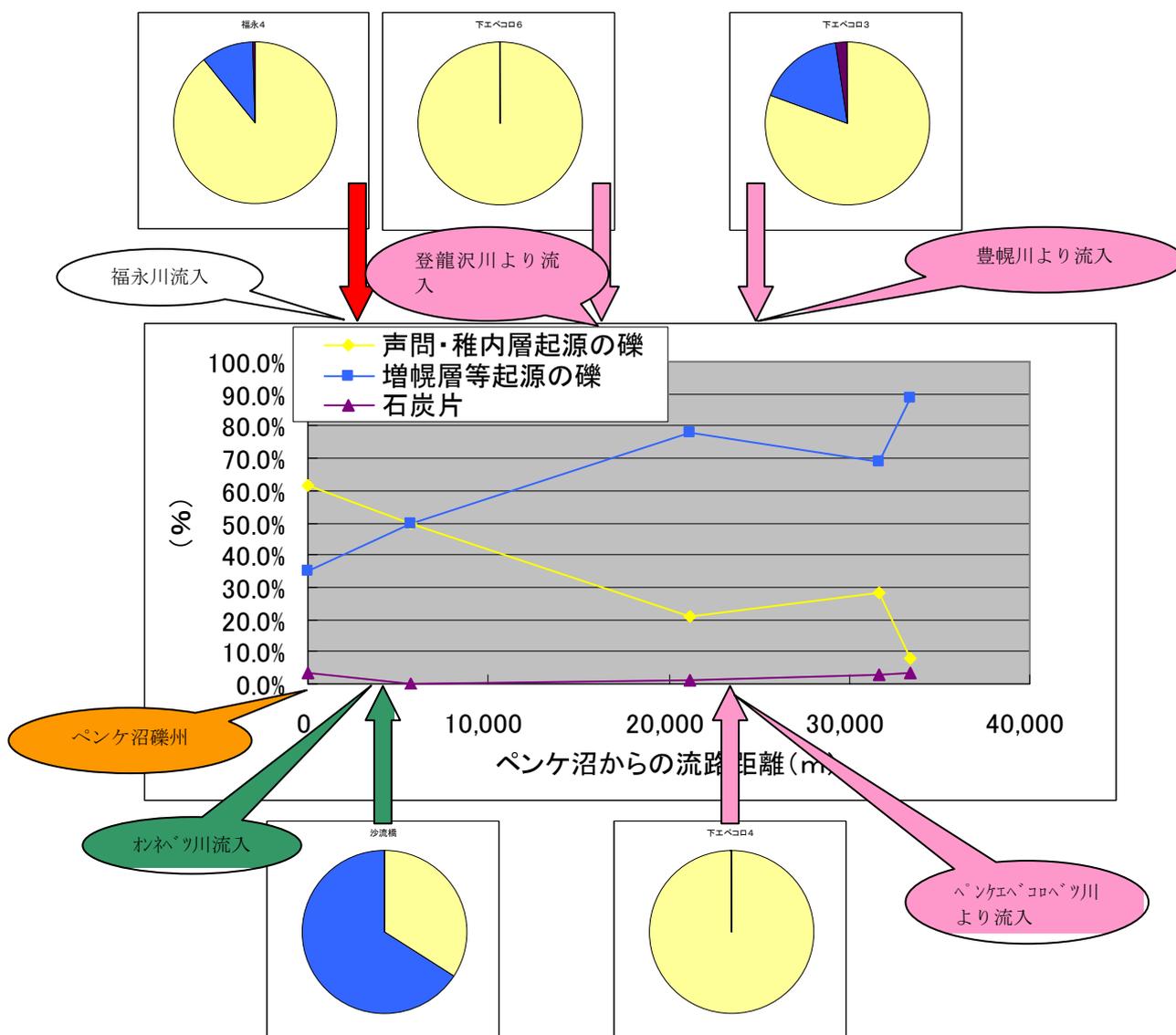


図 5. 2. 5 下エベコロベツ川における礫種組成の変動グラフ

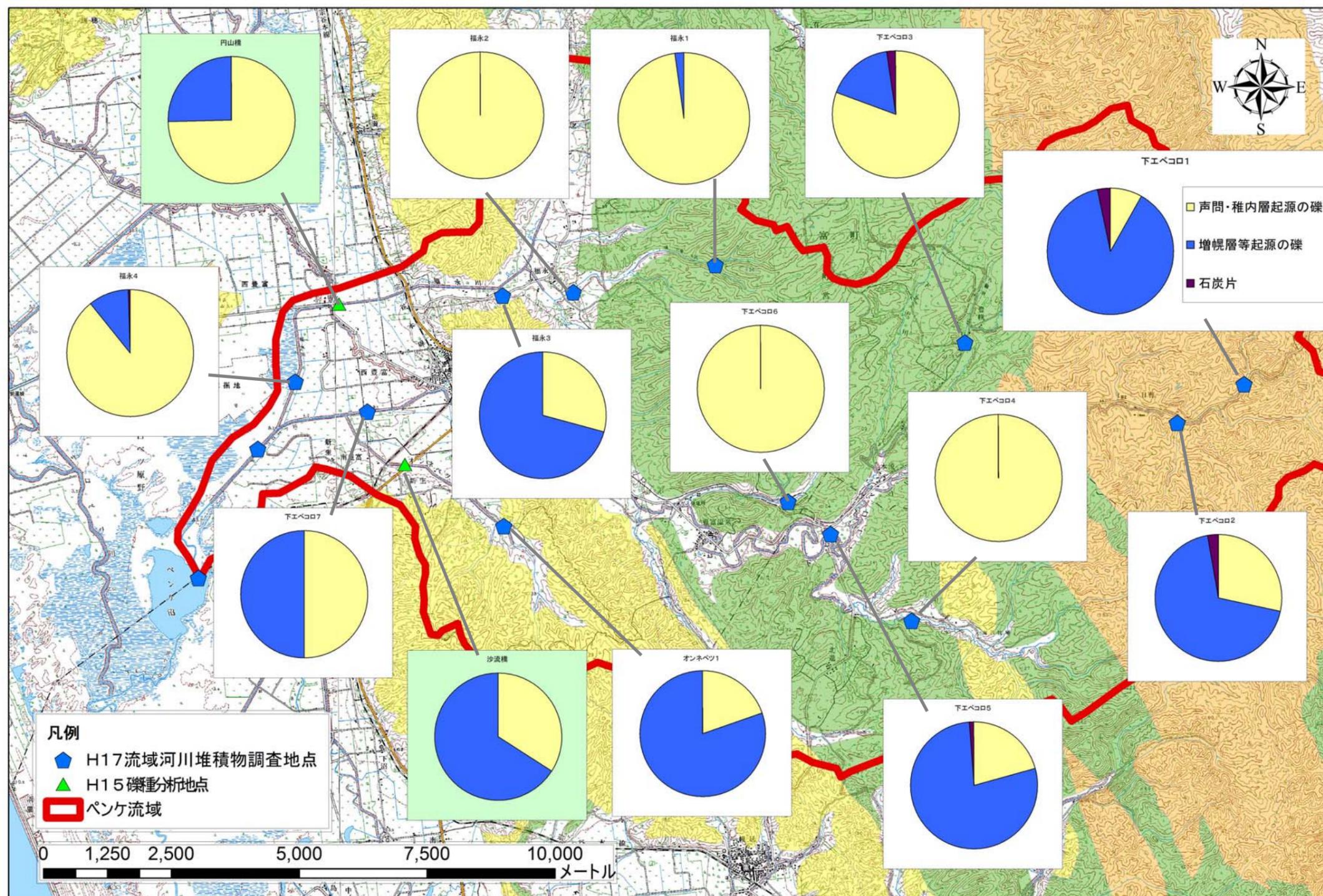


図 5.2.6 下エベコロベツ川における礫種組成分析結果の分布図

5.3 主要土砂生産範囲の絞込み

ペンケ沼礫州堆積物及び流入河川の河床堆積物の粒度分析と礫種分析の結果を総合して、ペンケ沼の礫州堆積物の生産源の絞り込みを行った。

図 5.3.1 には、ペンケ沼からその上流の流入河川に至る粒度分布・礫種分布の変化を模式的に示した。なお、粒度分布のヒストグラムには礫種分析を行った粒径を赤い棒グラフで区別して示した。礫種・粒度構成の検討結果から推定された土砂発生源流域毎のペンケ沼の礫州堆積物への影響度を以下に示す。

(1) 下エベコロベツ川上流部

下エベコロベツ川上流からは、8~2mm 中粒径の硬質泥岩が増幌層から供給されている。これらの硬質泥岩等は、本流沿いにペンケ沼まで供給されていて、ペンケ沼礫州堆積物に対する影響は大きいものと考えられる。

(2) 下エベコロベツ川中流部

下エベコロベツ川中流部では、豊幌川、ペンケエベコロベツ川、登龍沢川（大規模草地流域のある支流）で、声間層泥岩から 64~16mm の大きな粒径の礫と 0.0625mm 以下の細粒分が生産されていると考えられる。このうち、0.0625mm 以下の細粒分は途中の河床やペンケ礫州ではほとんど堆積せず、多くはペンケ沼の沖部やさらに下流へ流下していると思われる。また、声間層泥岩からの礫は、登龍沢川からの影響が大きいものと考えられる。

(3) 福永川上流部

福永川上流部では、64~16mm の粒径の大きな声間層・稚内層の泥岩が供給されている。これらの軟質泥岩は、流下するにしたがって淘汰等により平均的な粒径を減少させながらペンケ沼まで到達していると考えられる。ペンケ沼礫州堆積物に対する影響は大きいものと考えられる。

(4) 福永川中流部

福永川中流部では、更別層等の未固結堆積物から 0.25~0.125mm の小さな粒径の増幌層起源の硬質泥岩等が多く供給されている。これらの粒子は、ペンケ沼では自然堤防上や礫州内の砂層として堆積している。ペンケ沼礫州堆積物への影響は中程度と考えられる。

(5) オンネベツ川

オンネベツ川からは、更別層から増幌層起源の硬質泥岩等が供給されているが、福永川の影響が大きいいため、影響の有無については明確にはいえない。

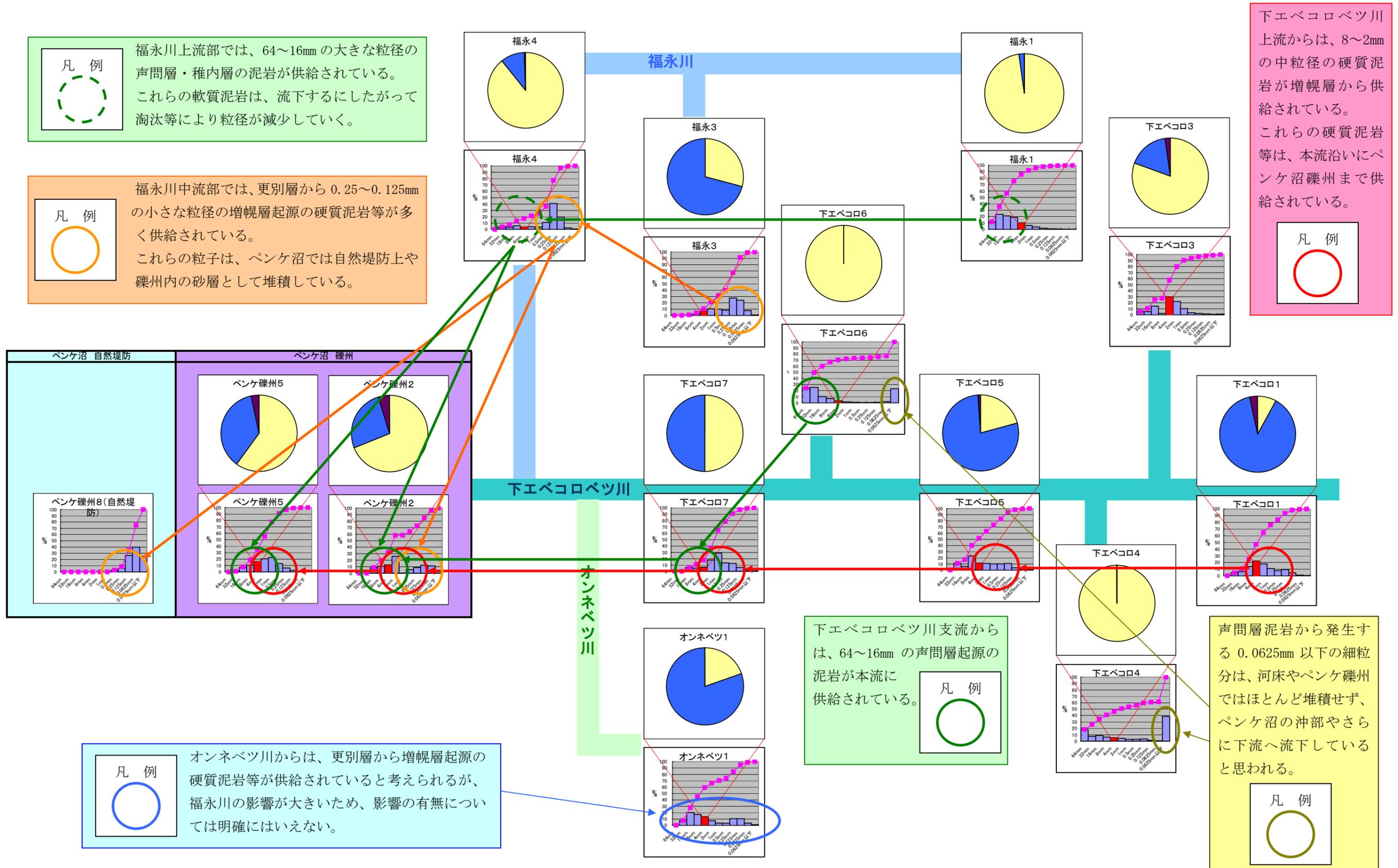


図 5.3.1 ペンケ沼からその上流の流入河川における粒度分布・礫種分布変化の模式図

平成 15 年度の検討では、ペンケ沼流域の地形と植生の分布から貧植地かつ傾斜が急峻な場所が比較的集中している（すなわち土砂生産ポテンシャルが高い）地区が A～F まで抽出された（図 5.3.2）。これらの土砂生産ポテンシャルが高い地区と礫種・粒度構成の検討結果を比較すると、A、E、F 地区ではペンケ沼の礫州堆積物への影響度大きく、B 地区は中位、C、D 地区は比較的影響度が小さいものと考えられる。

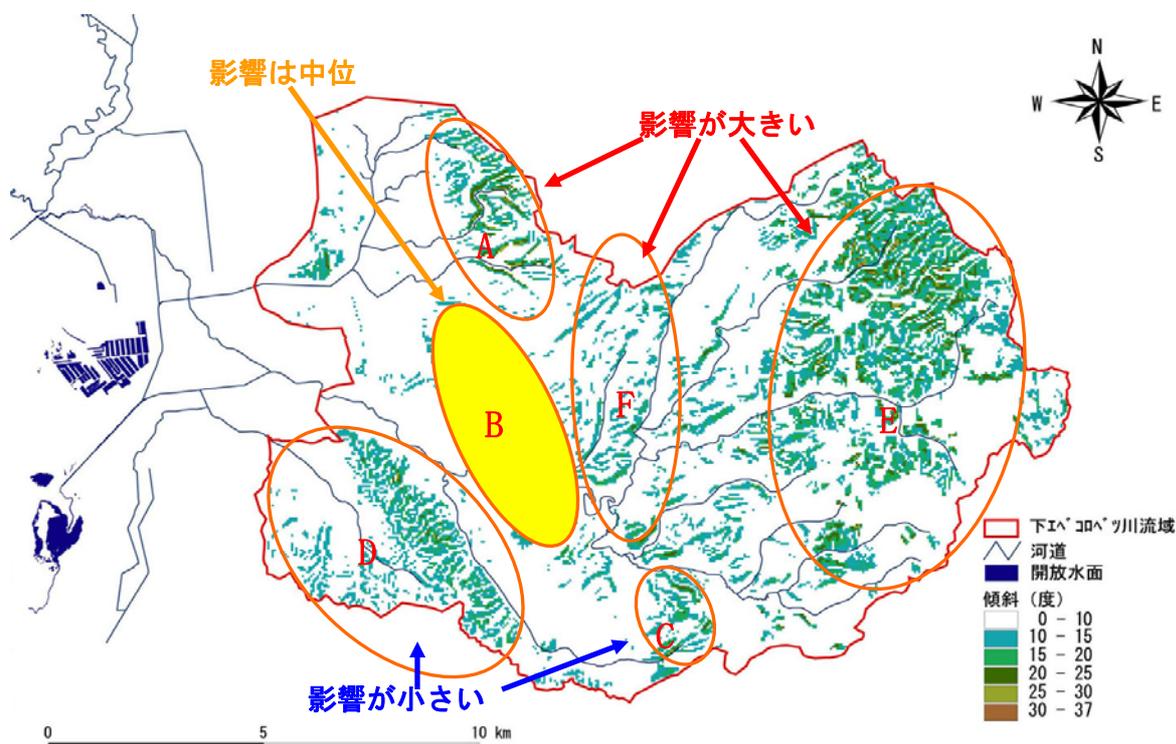


図 5.3.2 ペンケ沼流域の貧植地傾斜地とペンケ沼礫州堆積物への影響度の検討結果

また、ペンケ沼礫州及び河床堆積物の現地調査を実施していた2005年10月15日早朝に強い通り雨があり、ペンケ沼流入河川の流域に比較的短時間に降水をもたらした。その直後から福永川と下エベコロベツ川周辺で河川の流況を観察したところ、福永川では通り雨が過ぎた直後から濁水が見られ始めた一方で、下エベコロベツ川本流では顕著な濁りの増加は見られなかった。

福永川と下エベコロベツ川では、流域面積が大きく異なり、降雨に対する流出速度や貯留量に差があることから一概には言えないが、この観察事実は福永川がペンケ沼への土砂供給のルートとして、ある程度の影響を与えていることを示唆するものと考えられる。



図 5.3.3 2005年10月15日午前の福永川の濁水流出状況



図 5.3.4 2005年10月15日午前の下エベコロベツ川の状況

5.4 今後の検討に必要な課題の整理

本年度の調査結果からは、下エベコロベツ川がペンケ沼に流入する地点の砂州や自然堤防に堆積している土砂の生産源として、福永川上流域、下エベコロベツ川上流域および支川の登龍沢川（大規模草地の流域）が大きな比重を占めている可能性が示された。

今後、ペンケ沼の埋塞に及ぼす生産土砂の負荷量を推定するためには、濁水に混入して流送される浮遊砂と、河床を押し流されてペンケ沼流入部付近に堆積する掃流砂の定量的な把握が重要な課題と考えられる。ここでは、今後実施すべき浮遊砂及び掃流土砂量の調査手法について整理した。

(1) 流入河川の浮遊砂量調査

ペンケ沼に流入・堆積する浮遊土砂量については、濁水の採水によって浮遊土砂の混入量を把握し、河川流量に応じて全体の流入量を推定する方法が適用できると考えられる。

① 浮遊砂の採取

ペンケ沼に流入出する濁水をペンケ沼流入部、ペンケ沼流出部で採取すると共に、上流側の福永川、下エベコロベツ川の数カ所で採取し、濁水中の浮遊土砂量を分析してペンケ沼内での沈殿割合と流入河川の影響度を把握する。濁水の採取は高水位時から低水位時の間でバランス良く採取する必要がある。

② 流入河川の水位モニタリング

ペンケ沼流入河川に水位計を設置して流入する河川水位の連続観測を実施する。計測された河川水位と豊富アメダスの観測結果を用いてタンクモデルによる流出解析を実施し、年間の河川水位変動を検討する。

③ 流量観測

水位計設置地点において流量観測を実施する。流量観測は時期を変えて数回実施し、可能な限り低水位から高水位間でバランス良く計測を行う。

④ 河川流量の検討

上記、流出解析結果（河川水位変動）と流量観測結果を用いて年間の河川流量を算出する。

⑤ 浮遊土砂量の検討

濁水中の浮遊土砂量の分析結果と河川流量の算出結果を基に、ペンケ沼に流入・堆積する浮遊土砂量を検討する。また、流域全体の浮遊土砂量の比較から流域内における浮遊土砂の発生源の評価を実施する。

(2) 掃流土砂の堆積量変化の調査

掃流土砂については出水時の試料採取が難しいため、ペンケ沼への流入地点に堆積した砂州形状の計測や、深浅測量結果の比較を行って年間の堆積量を推算する方法が考えられる。ペンケ沼では、平成14年度に深浅測量が実施され、沼内の埋積状況が明らかにされている。前回の調査以降の4年間にペンケ沼内に堆積した土砂量を把握するために以下の調査を実施する。

① ペンケ沼深浅測量

平成14年度に実施された深浅測量の測線を再設定し、これと同じ位置で沼内の深浅測量を実施する。

② 砂州先端部の縦横断測量

水面上の堆積量を詳細に把握するために、ペンケ沼への流入地点に形成された砂州先端部の縦横断測量を実施する。

③ 堆積土砂量の推定

平成14年度の深浅測量結果や航空レーザ計測結果と今回実施する深浅測量および縦横断測量の結果を比較して、4年間に堆積した土砂量を検討する。

(3) 埋塞状況および負荷量の検討

推定された浮遊砂の流入堆積量および沼内の堆積土砂量の変化から、現在の年間当りの埋積量と浮遊砂・掃流砂の比率を検討するとともに、昨年度の粒度や礫種調査の結果も踏まえ、ペンケ沼の埋塞に大きな負荷を及ぼしている流域を検討する。

<参考文献>

- ・ 環境調査自然保護局西北海道地区国立公園・野生生物事務所（1998）：環境省サロベツ原野保全対策事業第2期調査報告書
- ・ 環境省自然環境局西北海道地区自然保護事務所（2002）：環境省サロベツ原野保全対策事業第3期調査報告書
- ・ 環境省自然環境局西北海道地区自然保護事務所・アジア航測株式会社（2003）：平成14年度サロベツ地区自然再生事業再生計画・技術手法検討調査業務報告書
- ・ 環境省自然環境局西北海道地区自然保護事務所・アジア航測株式会社（2004）：平成15年度サロベツ地区自然再生事業再生計画・技術手法検討調査業務報告書
- ・ 環境省自然環境局西北海道地区自然保護事務所・アジア航測株式会社（2005）：平成16年度サロベツ自然再生事業再生計画・技術手法検討調査業務報告書
- ・ 環境省自然環境局西北海道地区自然保護事務所・アジア航測株式会社（2004）：平成16年度サロベツ自然再生事業泥炭採掘跡地修復対策検討業務報告書
- ・ 環境庁国立環境研究所（1997）：湿原の環境変動に伴う生物群集の変遷と生態系の安定化維持機構に関する研究.国立環境研究所特別研究報告
- ・ 檜村利通、大竹宏之（1994）：赤井谷地湿原ドームにおける地下水位の変動.福島大学理科報告 No.53、1-6
- ・ 堀内晃、斉藤寛朗、南出美奈子、橘治国（1997）：高層湿原の水環境と保全Ⅱーサロベツ湿原周辺水域の水質環境ー.第5回衛生工学シンポジウム論文集、10-15
- ・ 橘治国、堀田暁子、南出美奈子、斉藤寛朗、川村哲司（1996）：高層湿原およびその周辺水域の水質環境.水環境学会誌、第19巻、第11号、910-921
- ・ 北海道開発局（1972）：サロベツ総合調査報告書 泥炭地の生態
- ・ 大久保雅弘・藤田至則（1992）：地学ハンドブック・新訂版、築地書館