平成 23 年度
サロベツ自然再生事業
水抜き水路堰き止め工調査設計等業務

報　告　書

平成 24 年 3 月

環境省　北海道地方環境事務所

北電総合設計株式会社

目　　次

図表目録

Ⅰ 業務概要

1. 業務目的

サロベツ原野においては、農業と自然の共生を目指し、乾燥化しつつある湿原の復元や、既に開発された農地のうち条件の整っていない土地を利用して、緩衝地や遊水池としての機能をもつ湿原を再生すること等の自然再生を行いながら、一体的に農地の再生も進めることにより、農業と共生した自然環境の再生と自然と共生した農業の再生を目指している。

上サロベツ湿原の一部では、農地造成、道路整備、河川改修等の開発や泥炭採掘等、多様な人間活動の影響により、地下水位が低下し乾燥化が進んでいる状況にある。上サロベツ湿原の乾燥化は泥炭を変化させ、それは地表植生にも影響を及ぼし、ササ類の侵入などの湿原の植生環境に影響を与えている。

本業務は、環境省の「上サロベツ自然再生事業実施計画書」に基づき、サロベツ川放水路南側湿原の乾燥化対策及び丸山周辺におけるササの侵入抑制対策のための調査・基本設計、自然再生工事施工後の経過観察等を行うものである。

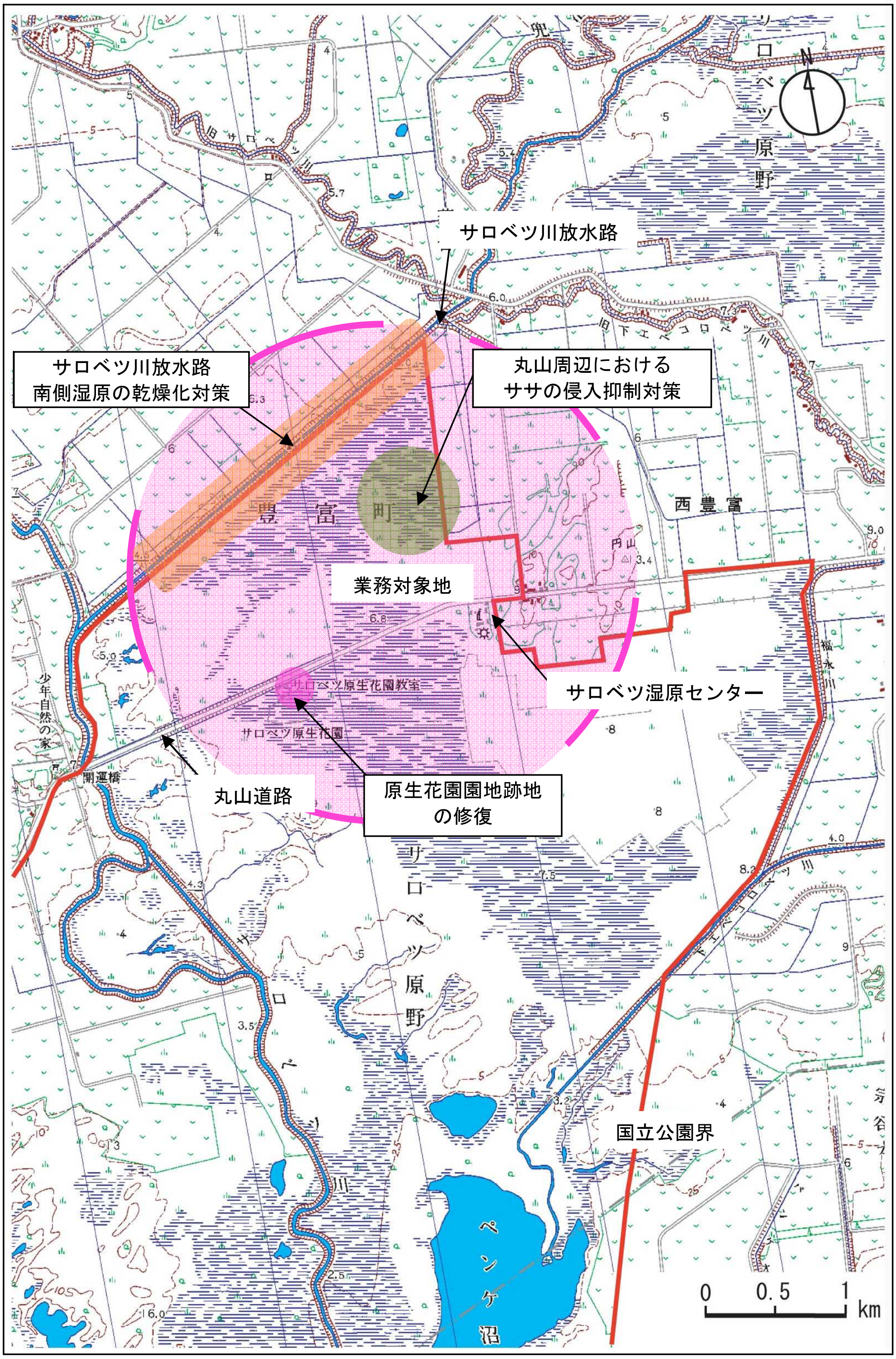
2. 業務実施期間

本業務の業務実施期間は以下に示すとおりである。

平成23年6月21日から平成24年3月28日

3. 業務対象地

業務対象地は北海道天塩郡豊富町の上サロベツ湿原であり、図Ⅰ.3.1に示すとおりである。



図Ⅰ.3.1 業務対象地位置図

下図出典：国土地理院数値地図 1/25,000

4. 業務フロー

本業務は 5 項目について、以下に示すフローに従い実施した。

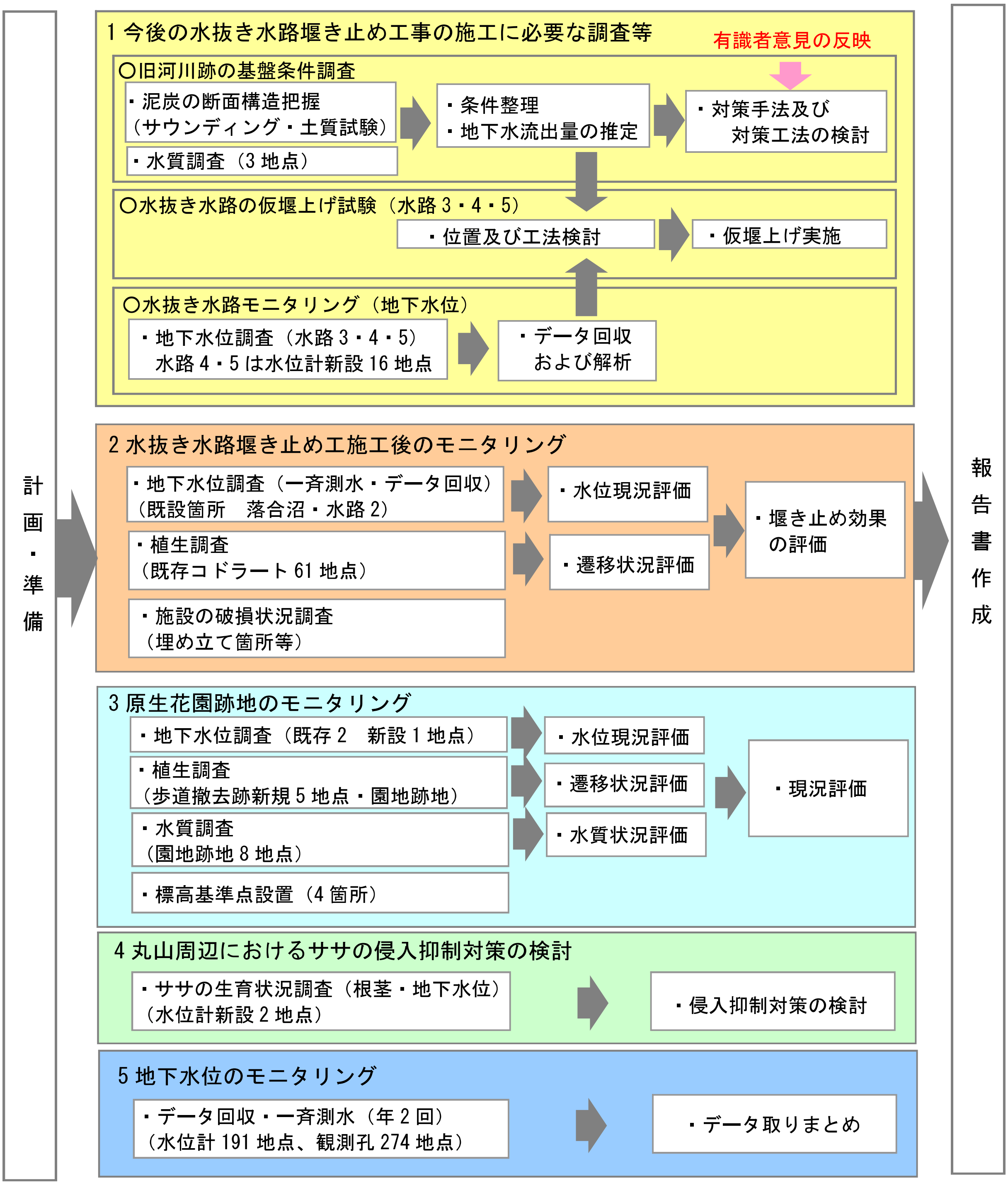


図 I.4.1 業務フロー

5. 業務実施内容

5.1 計画準備

業務の目的及び主旨を十分に把握したうえで、本業務の業務実施計画書を作成した。

5.2 今後の水抜き水路堰き止め工事の施工に必要な調査等

水抜き水路と同様に、湿原から多量の地下水が流出する要因となっている旧河川跡について、基礎的な調査を行うとともに対策工法を検討した。また、地下水位上昇の効果を確認するため、水抜き水路 3 及び水抜き水路 4、5 について仮堰上げ試験を実施した。

5.2.1 旧河川跡の基盤条件調査

(1) 泥炭の断面構造の把握

旧河川跡及び周辺湿原部において、人力によるスウェーデン式サウンディング試験（深度約 10m）及びピートサンプリング試験を実施し、旧河川跡およびその周辺の土層構成を把握した。(計 6 地点（1 地点はサンプリング・室内土質試験のみ))

(2) 地下水流出量の推定

旧河川跡及び周辺の湿原部の表層の泥炭層について室内土質試験を実施し、物理特性、透水係数を把握した。(計 6 地点)

また、調査地周辺において計測されている地下水位計のデータに基づき、旧河川跡の動水勾配を想定し、本試験で得られた透水係数を用いて地下水の見かけの流速を算出し、前項で検討した旧河川跡の地質構造から、旧河川跡における地下水流の断面を推定し、旧河川跡からの地下水流出量を推定した。

(3) 水質調査

旧河川跡と隣接する湿原において水質を分析し､旧河川跡と湿原内における水質の相違を把握した。(16 項目　計 3 箇所)

5.2.2 水抜き水路の仮堰上げ試験の実施

水抜き水路 3、4、5 について、現地の微地形･植生状況及び既往の地下水位調査結果や前述の旧河川の調査結果を踏まえ、仮堰上げの位置及び方法について検討し、仮堰上げ試験を実施した。

なお、水抜き水路 4、5 については現地の地形情報が把握されていないため、縦横断測量を実施した。また、仮堰の設置後は、堰の位置、堰高を測量し記録した。

5.2.3 水抜き水路のモニタリング

(1) 地下水位調査

仮堰上げ実施後の効果を把握するため、堰上げ実施前の水抜き水路 3、4、5 の地下水位調査を行った。

水抜き水路 3 については、既設の地下水調査地点を利用し、水抜き水路 4、5 については、

新規に地下水位計を設置した。
（水路 3　既設 17 箇所、水路 4、5　新設各 8 箇所　新設計 16 箇所）

(2) 植物調査

水抜き水路 3、4、5 の水位観測地点にコドラート（2m×2m）調査区を設定し、植物調査を実施した。調査は仮堰上げ実施前の夏季に 1 回実施した。
（水路 3　8 地点、水路 4、5　各 8 地点　計 24 地点）

5.2.4 旧河川跡における対策手法の整理及び対策工法の検討（基本設計）

前述の調査結果を踏まえ、旧河川跡からの水分流出を抑制する対策工として考えられる手法を整理した。なお手法については有識者（北海道大学大学院農学研究院井上京准教授）の意見を聞きつつ有効な対策を検討した。

5.3 水抜き水路堰き止め工施工後のモニタリング

落合沼水抜き水路堰き止め工（2010 年 6 月完成）及び水抜き水路 2 堰き止め工（2011 年 3 月完成）について、施工後のモニタリングを実施し、その結果を踏まえた中間評価を行った 。モニタリング実施にあたっては、既往調査との比較が行えるように配慮した。

(1) 地下水位調査

連続観測のデータ回収及び一斉測水を実施し、調査結果から対策実施前後の水位標高分布の変化を解析し、水位の現況を評価した。（落合沼　32 箇所、水抜き水路 21 箇所）

(2) 植物調査

落合沼、水抜き水路 2 の既設コドラート（2m×2m）の植生調査を行った。
既往調査との比較を行うことから、調査実績のある 7 月末～8 月上旬に 1 回実施した。
これらの調査結果を既往データと比較し、評価指標となる植物の遷移を把握して現況評価を行った。また、その基盤条件となる地下水位と種組成の変化の対応を解析した。
（落合沼　45 地点、水抜き水路 2　16 地点　計 61 地点）

(3) 施設の破損状況調査

落合沼及び水抜き水路 2 の堰や埋め立て箇所の破損の有無を地下水位または植物の調査時に確認した。

5.4 原生花園跡地のモニタリング

原生花園園地跡地の再生工事（2011 年 6 月完成）について、施工後のモニタリングを実施した。

(1) 地下水位調査

既設の東観測孔、西観測孔の他、D 区画付近に新規観測孔（水位計設置）を設置した。
（既設 2 箇所、新規 1 箇所　計 3 箇所）

(2) 植物調査（歩道設置跡）

園地施設（歩道等）の撤去跡においてコドラート（2m×2m）を設定し、夏季に1回植物調査を行った。また周辺の植生と比較し、現況評価を行った。

（歩道設置跡　4地点、対照区　1地点　計5地点）

(3) 植物調査（A～D区画）

園地跡地で剥ぎ取り等の再生工事を行ったA～D区画の植生について現況を把握し、モニタリング方法を検討した。

(4) 水質調査

昨年度実施した3地点（D区画、東観測、西観測）に加え、A区画、B区画、C区画、道路側溝及び湿原側の全8地点で水質を調査し分析した。

（16項目　8地点）

(5) 標高の基準点

A～D区画内の水位を把握できるように、「標高」を示した基準点（標柱等）を設置した。

5.5 丸山周辺におけるササの侵入抑制対策の検討

ササ生育域の拡大が著しい丸山周辺において、ササの生育状況を把握し、効果的な侵入抑制対策について検討した。

(1) ササの生育状況の把握

著しく生育域が拡大している箇所を対象に、ササ密度、根茎の深さ、地下水位などのササの生育状況を把握した。

(2) ササの侵入抑制対策の確立

過去に行ったササ対策試験の調査結果等を踏まえ、丸山周辺における対策として、有効かつ実施可能なものを選定し、今後の手法について検討した。

また、他地域での取組を参考に新たな工法についても検討した。

5.6 地下水位のモニタリング（水位計データの回収等）

既設観測網において継続して観測している地下水位計（191個、ﾃﾞｰﾀはﾛｶﾞｰに記録）のデータ回収を行うとともに、水位計の調整等を行うために必要な大気圧補正用バロメーターのデータ回収を併せて行った。また、地下水位の一斉測水（観測孔274地点。水位計設置箇所を含む。）を2回（春季、秋季）実施した。

(1) 水位計新規設置

観測地点計19箇所において、観測孔の設置、管頭高及び地盤高の測量、観測座標値の算出等を行い、水位計を設置した。

(2) データ回収

水位計 191(既設 172 地点＋新設 19 地点)の回収時期は、既往の調査状況を踏まえ、7 月下旬～8 月上旬及び 10 月下旬の 2 回とし、その際に水位計が設置されていない観測孔も含めた一斉測水も実施した。

(3) 水位計のメンテナンス

データ回収時には、水位計の設置高の調整を行うとともに、故障・破損等の有無の確認を行った。なお、1 回目に回収したデータに、水位が地表面を大幅に超えるなど明らかな異常値があった場合は、観測孔等の点検を行い必要な措置を講ずるものとした。

＜2011 年度地下水位観測地点（自動観測）: 191 地点＞

・A 測線（継続）	54 箇所	
・B 測線（継続）	12 〃	
・E 測線（継続）	7 〃	
・水抜き水路 1[落合沼]（継続）	32 〃	
・水抜き水路 2（継続）	21 〃	
・水抜き水路 3（継続）	17 〃	
・ササ刈り実証試験地（継続）	4 〃	
・泥炭採掘跡地（継続）	23 〃	
・原生花園園地跡地[園地敷外]（継続）	2 〃	（継続計：172 箇所）
・原生花園園地跡地[園地敷内]（新設）	1 箇所	
・水抜き水路 4[その他の水抜き水路]（新設）	8 〃	
・水抜き水路 5[その他の水抜き水路]（新設）	8 〃	
・丸山周辺ササ生育地（新設）	2 〃	（新設計： 19 箇所）

(4) データの取りまとめ

回収したデータの大気圧補正を行い、地下水位標高に換算して各測線毎にグラフ化し、水位変動についての原因分析を行った。また、観測座標値を整理して記録した。

観測網、観測機器、取りまとめ手法の詳細については、既往報告書を参照とした。

5.7 有識者ヒアリング等

自然再生事業に係る調査や工法の選択、モニタリング結果の評価等については、サロベツ湿原に関して豊富な知見を持つ有識者からの意見を聞き取るためのヒアリングを実施した。(計 2 回) また、上サロベツ自然再生協議会等において説明する資料等を作成した。

5.8 成果品

成果品は下記のとおり作成した。

① 業務報告書　A4 版（5 部）

② 電子媒体　　2 式（CD-ROM）

③ ホームページで公開可能なファイル　1 部（CD-ROM）

Ⅱ 今後の水抜き水路堰き止め工事の施工に必要な調査等

1. 調査目的

サロベツ川放水路南側一帯では、開削時に浚渫船で吸い上げられた浚渫土からの水分を抜くために水抜き水路が一定間隔で設けられており、湿原からの水分流出による乾燥化が課題となっている。そのような背景を受け、環境省の「上サロベツ自然再生事業実施計画」では、サロベツ川放水路南側湿原周辺の乾燥化対策が自然再生事業の一つとして位置づけられ、これまで水抜き水路 1（落合沼）、水抜き水路 2 の予備調査、仮堰上げ、堰き止め工の施工、施工後のモニタリング等が実施されてきている。

本調査は、対策の実施対象に選定されている水抜き水路 3、4、5 について、予備調査及び仮堰上げ試験を行うとともに、湿原から多量の地下水が流出する要因と考えられる「旧河川跡」について、基礎的な調査を行い、対策工法を検討することを目的とし実施した。

2. 調査対象箇所

調査対象箇所はサロベツ川放水路南側の水抜き水路 3、4、5 とし、位置は図Ⅱ.2.1 に示すとおりである。

図Ⅱ.2.1 調査対象箇所

下図出典：平成 14 年度サロベツ地区自然再生事業地形計測業務

3. 調査項目

調査項目は以下に示すとおりである。

表Ⅱ.3.1 調査項目一覧

調査内容	項目	数量
1.旧河川跡の基盤条件調査		
（1）泥炭の断面構造把握	サウンディング試験	5箇所
	ピートサンプリング （土質試験試料採取）	6箇所
	室内土質試験 〇物理特性把握 ・密度、含水比、強熱減量、湿潤密度 〇透水性把握 ・透水試験（変水位）	6試料
（2）地下水流出量の推定	上記調査結果による推定	−
（3）地下水調査	16項目 ・pH、全有機炭素、全窒素、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、全リン、有機体リン、ケイ酸、カルシウムイオン、マグネシウムイオン、カリウムイオン、ナトリウム、硫酸イオン、炭酸イオン、塩素イオン	3箇所
2. 水抜き水路の仮堰上げ試験の実施		
	縦横断測量	2箇所　水路4、5
	仮堰上げの検討・仮堰の設置	3箇所　水路3、4、5
3.水抜き水路のモニタリング		
（1）地下水位調査	地下水位計設置	水抜き水路4、5 各8箇所
	地下水位モニタリング （一斉測水、データ回収・分析）	上記箇所
（2）植物調査	コドラート調査	水路3、4、5各8箇所
4.旧河川跡における対策手法の整理及び対策工法の検討	上記調査結果に基づく検討	−

4. 調査方法

各調査方法は以下に示すとおりである。

4.1 旧河川跡の基盤条件調査

4.1.1 泥炭の断面構造把握

調査にあたっては、基本的に「地盤調査の方法と解説」※1、および「地盤材料試験の方法と解説」※2 に準じて実施した。以下に調査項目毎の方法を示す。

※1 地盤調査の方法と解説　(社)地盤工学会　平成16年6月

※2 地盤材料試験の方法と解説　(社)地盤工学会平成21年11月

(1) 調査地点の設定

調査地点については、平面的に旧河川跡の範囲を確定するため、旧河川跡右岸（S-1、S-5)、左岸（S-3、S-4)、旧河川跡内（S-2、S-6）の各 2 箇所、計 6 箇所について実施した(S-6 地点については、室内土質試験のみ実施)。

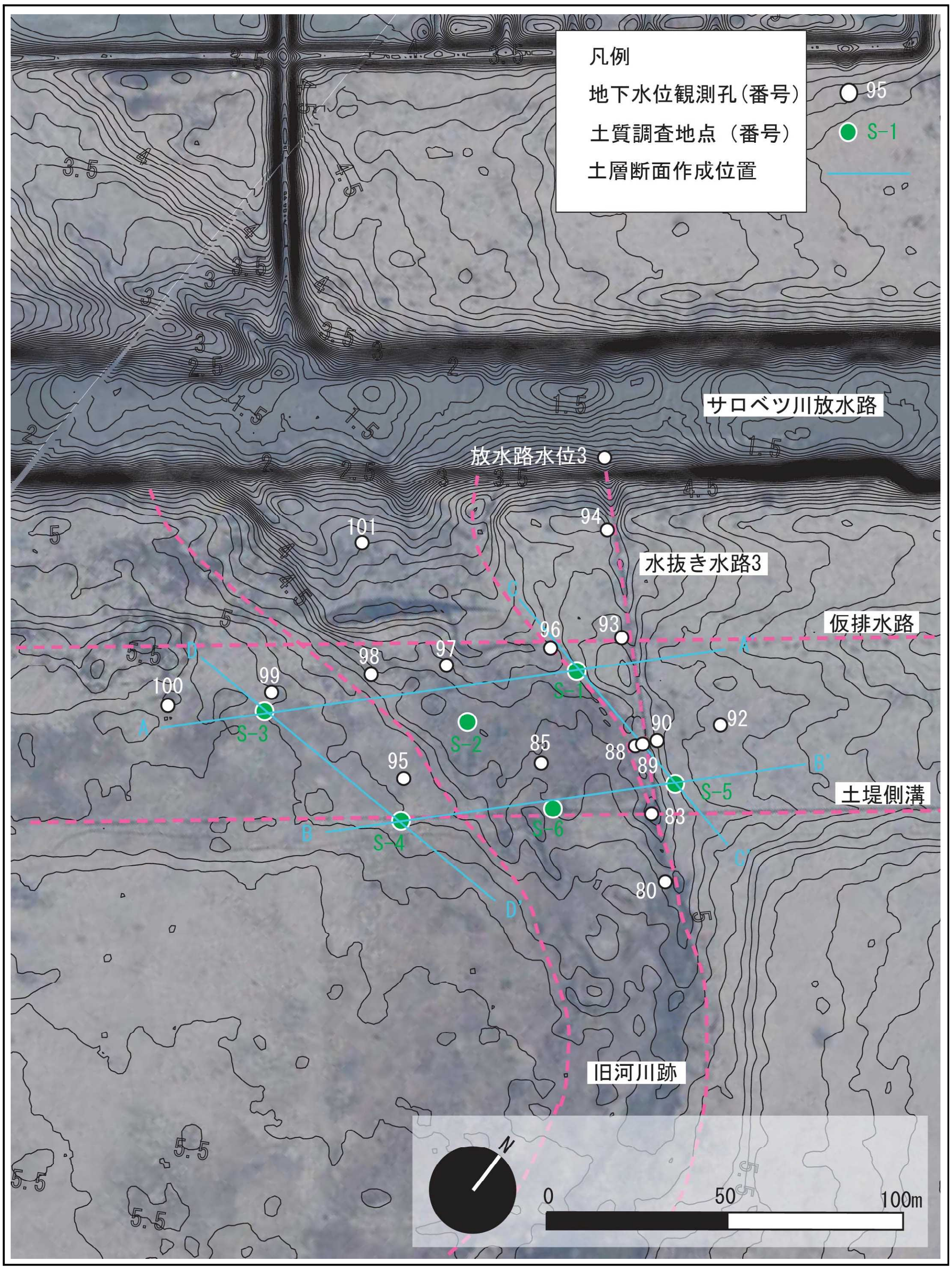
調査地点の位置出しについては、既往の地下水位観測孔よりテープにより位置を決定し、調査実施後に、GPS を用いた測量により位置および地盤高さを確認した。

なお、各調査地点の位置および標高については、以下に示すとおりである。

表Ⅱ.4.1 旧河川跡調査地点の諸元

調査地点	位置		地盤高	備考
	X	Y	H(m)	
S-1	124,511.59	-44,845.07	4.58	右岸下流側
S-2	124,481.26	-44,861.73	4.65	旧河川跡内
S-3	124,448.62	-44,905.39	5.06	左岸下流側
S-4	124,447.92	-44,854.64	4.96	左岸上流側
S-5	124,506.76	-44,806.85	4.69	右岸上流側
S-6	124,477.94	-44,825.87	4.82	旧河川跡内 土質試験のみ実施

※座標値は世界測地系による


凡例
地下水位観測孔(番号)
95
土質調査地点（番号）
S-1
土層断面作成位置
サロベツ川放水路
放水路水位3
水抜き水路3
仮排水路
土堤側溝
旧河川跡
101
94
96
93
97
98
99
100
S-1
S-2
S-3
S-4
S-5
S-6
85
95
90
92
88
89
83
80
0
50
100m

図Ⅱ.4.1 土質調査地点

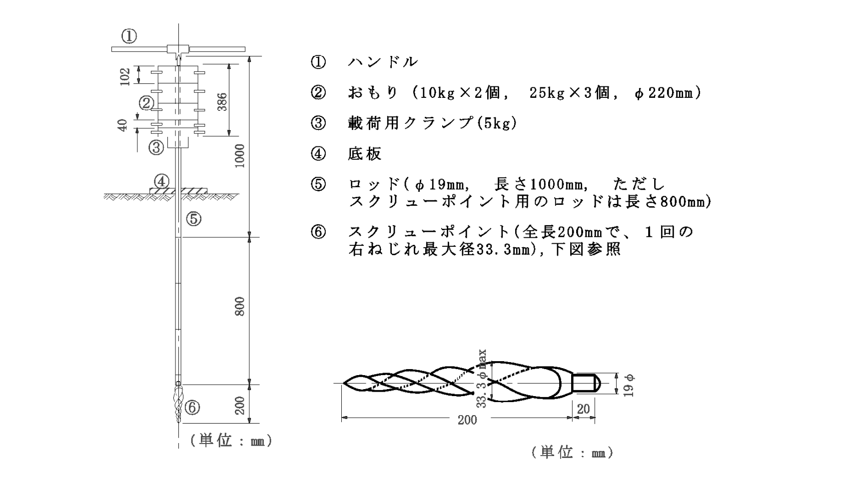
(2) 調査機材の搬入および搬出

スウェーデン式サウンディング試験およびピートサンプリングに用いる資機材については、運搬による湿原植生への環境負荷軽減のため、木道および湿地内をすべて人肩運搬にて実施した(運搬距離：往復約 8km)。

(3) サウンディング試験

本試験は、調査地の地盤状況を確認することを目的に、以下に示すとおり「JIS A 1221：2002」に準じて実施した。

> スクリューポイントをオモリ荷重により地中に静的に貫入させ、その荷重(WSW)と貫入量を測定する。オモリは、50N、150N、250N、500N、750N、1kN の順に段階的に増加させる。
>
> 1kN の静荷重で貫入しない場合は、ハンドルを一方向に半回転ずつ回転させて、25cm 貫入させるのに要する半回転数を連続的に測定し、NSW(貫入量 1m 当たりの半回転数換算値)を求める。



図Ⅱ.4.2 スウェーデン式サウンディング試験器具概要図

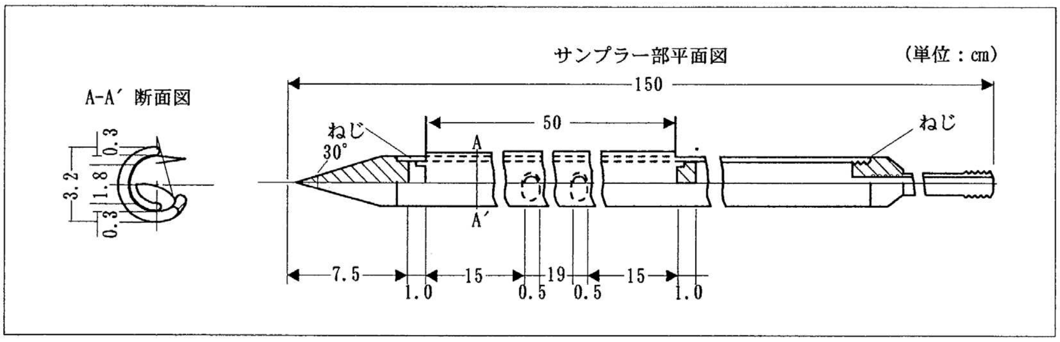
写真Ⅱ.4.1 サウンディング試験状況

(4) ピートサンプリング

ピートサンプリングは、泥炭および軟弱地盤を対象としたサンプリング方法であり、簡易的な土質と土層構成を明らかにすると共に、土質確認のための試料採取を目的に実施した。 サンプリング方法は、下記図に示すように、カバーを閉じて地盤に垂直に所定の深さまで押し込み、サンプラーを右に回転させてカバーを開き、カバーの刃口で周辺の土砂をスプーン内に削り込み試料を採取するものである。

なお、ピートサンプラーは、スプーン内に周辺の土砂を削り込む際に、試料を横方向にこね返すが、縦方向にこね返しがないので、成層状態を知るには信頼性が高い。したがって、土層構成を知る場合に有効である。

また、本サンプリングは、非常に簡便であり、一人でも運搬･作業ができるので、調査深度が浅いとき(通常 5m 程度)には泥炭および軟弱地盤の成層状態を能率的に調査することができる。



図Ⅱ.4.3 ピートサンプラーの概念図

写真Ⅱ.4.2 サンプリング状況

(5) 室内土質試験

室内土質試験は、泥炭層を対象とし、物理試験および透水試験について実施した。試験試料については、原位置にてシンウォールサンプリングチューブを静的に圧入して採取した乱れの少ない試料を用いた。なお、以下に今回実施した試験名および規格を示す。

○物理特性把握のための試験
・土粒子の密度試験 --------------------------------- JIS A 1202:2009
・土の含水比試験 ----------------------------------- JIS A 1203:2009
・土の強熱減量試験 --------------------------------- JIS A 1226:2009
・土の湿潤密度試験 --------------------------------- JIS A 1225:2009
○透水性把握のための試験
・土の透水試験(変水位) ----------------------------- JIS A 1218:2009

写真Ⅱ.4.3 室内試験状況

4.1.2 地下水流出量の推定

旧河川跡における地下水流出量の推定方法については、以下に示すとおりとした。

①旧河川跡の土層構成を把握する。

スウェーデン式サウンディング試験およびピートサンプリングにより、旧河川跡の土層構成および断面形状を推定する 。

②当該地地下水の帯水層であると考えられる泥炭層の透水係数を決定する。

旧河川跡に分布する泥炭層の透水係数を、透水試験結果より決定する。

③地下水位観測結果から動水勾配を決定する。

旧河川跡箇所の観測地点の最上流箇所である No.80 と最下流の No.101 の距離と水位差から動水勾配を求める。なお、水位差については、安全側に動水勾配が最も大きくなる様に、観測期間内において水位差が最大と日時の値を採用する。

④見かけの流速を算出し、旧河川跡の断面形状から地下水流出量を推定する。

下式[※1]に示す「ダルシーの法則」の関係から地下水の見かけの流速を求め、その流速から断面積を乗じて地下水流出量を求める。

$$Q = k \times A \times i = k \times A \times \frac{\Delta h}{L}$$

ここに、Q：流量(m^3/s)

A：流水のある土の断面積(m^2)

i：動水勾配

Δh：水頭差(m)

L：Δhに応ずる距離(m)

k：透水係数(m/s)

[※1] 土質力学 第5版　p55　河上房義著　昭和58年1月

4.1.3 地下水調査

旧河川跡及びその周辺部に設置されている地下水位計測地点（図Ⅱ.4.1 参照）のうち、旧河川跡内の No.86、右岸の No92、左岸の 99 の計 3 地点の地表面近くの地下水を採取し、室内試験により 16 項目（ pH、全有機炭素、全窒素、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、全リン、有機体リン、ケイ酸、カルシウムイオン、マグネシウムイオン、カリウムイオン、ナトリウム、硫酸イオン、炭酸イオン、塩素イオン）の分析を行った。

採水は、地下水位計観測孔内の水をサイフォンポンプで汲み上げ、容器に密閉し、クーラーボックスに保管の上、運搬後、速やかに分析を行った。

写真Ⅱ.4.4 採水方法

4.2 水抜き水路の仮堰上げ試験の実施

4.2.1 縦横断測量

仮堰上げの検討を行うため、GPS 測量により、水抜き水路 4 及び 5 の水路縦断及び横断測量を行った。

写真Ⅱ.4.5 GPS による測量（機器名：ニコン Trimble 5800Ⅱ）

4.2.2 仮堰の設置

水抜き水路 3、4、5 について、旧河川跡の調査結果や水路形状、地下水位の状況等を踏まえ、地下水位の上昇に効果的と考えられる仮堰上げ位置の検討を行った。

また、検討の結果を踏まえ、仮堰の設置を行った。仮堰の構造は、水抜き水路 1 や 2 で実績のある合板を用いた構造と同じ工法を採用することとした。また仮堰の位置及び高さについては、設置後に計測し記録した。なお資材の運搬及び設置は湿原植生への環境負荷軽減のため人力で行った。

写真Ⅱ.4.6 仮堰設置作業

4.3 水抜き水路のモニタリング

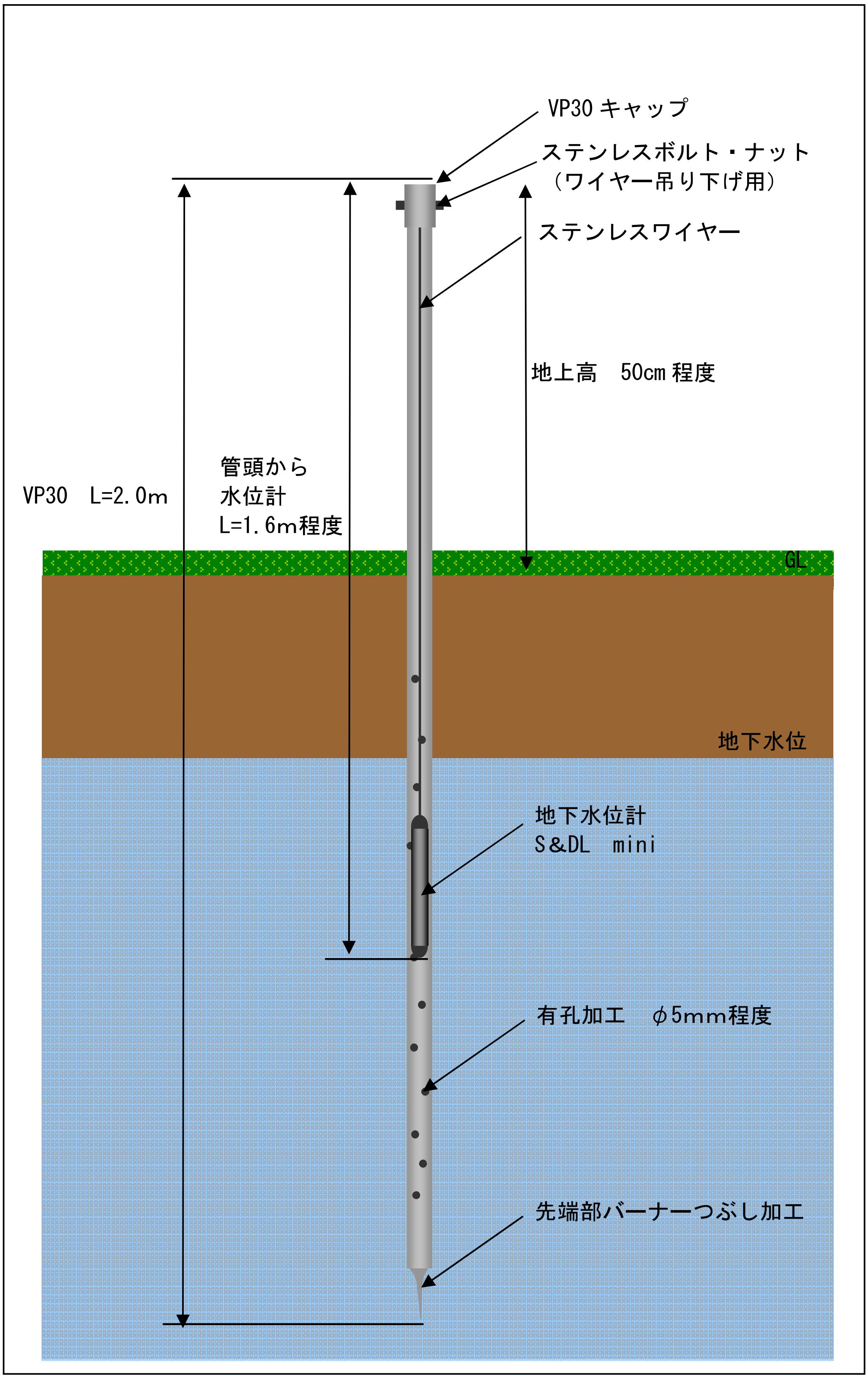
4.3.1 地下水位調査

仮堰上げ実施前の水抜き水路 3、4、5 の地下水位について、ロープ式水位計による直測りと、地下水位計のデータ回収及び分析により、地下水位の状況を把握した。水抜き水路 3 については、既設の調査地点（地下水位計設置 17 地点、観測孔のみ 7 地点）とし、水抜き水路 4、5 については、新規に観測孔を各 8 地点ずつ設置した。

観測孔は既設の観測孔と同じ手法とし、長さ 2m の塩ビ管（VP30）を加工したものを使用し、人力で地中に挿入した。地下水位計は環境省貸与により、既設と同様の応用地質(株)製 S&Dlmini を使用した。

写真Ⅱ.4.7 ロープ式水位計による計測

写真Ⅱ.4.8 地下水位計の設置



図Ⅱ.4.4 地下水位計の設置方法

4.3.2 植物調査

水抜き水路 3、4、5 にそれぞれ 8 地点ずつ、計 24 地点、コドラート（2m×2m）調査区を設定し、植物群落の平均高、植被率、生育種別の草丈、植被率、開花結実状況を記録し、定点における写真撮影を行った。調査は仮堰上げ実施前の夏季に 1 回実施した。なお調査地点については、地下水位計設置箇所にあわせ設定し、地下水位との関連を把握できるように配慮した。

写真Ⅱ.4.9 植生調査の方法

4.4 旧河川跡における対策手法の整理及び対策工法の検討

旧河川跡の基盤条件調査に基づき想定した、旧河川跡から放水路への地下水流出状況を踏まえ、流出を抑制する対策について検討を行った。検討にあたっては、学識経験者として北海道大学大学院農学研究院井上京准教授の意見を伺った。

5. 調査実施状況

調査実施状況は以下に示すとおりである。

表Ⅱ.5.1 調査実施状況

調査内容	項目	実施日	天候
1.旧河川跡の基盤条件調査			
（1）泥炭の断面構造把握	サウンディング試験	2011年7月26日～28日	晴
	ピートサンプリング	2011年7月26日～28日	晴
	室内土質試験	2011年8月2日～11日	－
（2）地下水流出量の推定	上記調査結果による推定	－	－
（3）地下水調査	16項目	2011年10月11日（採水）	晴
2.水抜き水路の仮堰上げ試験の実施			
	縦横断測量	2011年9月16日	雨
	仮堰の設置	2011年12月1日	雪
3.水抜き水路のモニタリング			
（1）地下水位調査	地下水位計設置	2011年9月16日	雨
	地下水位モニタリング	2011年10月21日（回収）	晴
（2）植物調査	コドラート調査	2011年7月28日	晴
4.旧河川跡における対策手法の整理及び対策工法の検討	上記調査結果に基づく検討	－	－

6. 調査結果
6.1 旧河川跡の基盤条件調査
6.1.1 泥炭の断面構造把握
(1) サウンディング試験及びピートサンプリング

調査実績は下記のとおりとなった。

サウンディング実施数量：

S-1 ：8.38m、S-2 ：10.43m、S-3 ：9.5m、S-4 ：8.75m、S-5 ：8.75m

ピートサンプリング実施数量：

S-1 ：4.0m、S-2 ：5.0m、S-3 ：4.3m、S-4 ：4.5m、S-5 ：4.5m

調査結果として、表Ⅱ.6.1 に構成土層一覧表を、表Ⅱ.6.2 に換算 *N* 値の一覧表を、図Ⅱ.6.1 に土層想定断面図を示した。

詳細な調査結果は、巻末の「スウェーデン式サウンディング試験データシート」及び「ピートサンプリング柱状図」、「調査位置平面図および土層想定断面図」に整理した。

なお、換算 *N* 値については、次式※1 で求めることとした。

○礫・砂・砂質土

$$N=0.002W_{sw}+0.067N_{sw}$$

○粘土・粘性土

$$N=0.003W_{sw}+0.050N_{sw}$$

ここに、

W_{SW}： 1000N 以下で貫入した場合の荷重(N)

N_{SW}： 上記の荷重で貫入が停止した後、回転により貫入させた時の貫入量 1m 当たりの半回転数(回/m)

※1 地盤調査の方法と解説　p285　(社)地盤工学会　平成 16 年 6 月

表Ⅱ.6.1 構成土層一覧表

時代		土層名	記号	構成土質名	換算*N*値	備考
第四紀	現世	泥炭1	Ap1	泥炭	0.4～0.7 (0.5)	旧河川跡
		粘性土1	Ac1	シルト，砂混じりシルト	0.4～1.5 (0.8)	旧河川跡
		泥炭2	Ap2	泥炭，砂混じり泥炭 有機質シルト	0.1～1.5 (0.7)	素地
		粘性土2	Ac2	シルト，砂混じりシルト 砂質シルト	0.4～3.0 (1.7)	素地
		砂質土	As	シルト質細砂 砂混じり細砂，中砂	1.0～169.5 (5.7)	素地

以下に、今回調査で確認された土層ごとに特徴を述べる。

調査結果としては、旧河川跡の土層(Ap1、Ac1)の方が、素地の土層(Ap2、Ac2)と比べて、換算*N*値が低い値となっている。

これは、旧河川跡の土質(Ap1、Ac1)が、河川の氾濫により素地部が削られ、その後堆積したものであり、堆積後の時間が短く、締まり具合が弱いことに起因することによるものであると推察される。

○泥炭1層(Ap1)

・S-2地点でのみ確認され、茶喝色を呈する泥炭からなり、層厚2.15mを有する。
・旧河川跡に堆積した泥炭であると考えられる。
・全体的に、繊維質が明瞭であり、含水量が非常に多い。
・換算*N*値は、0.4～0.7であり、平均0.5を有する。

○粘性土1層(Ac1)

・S-2地点でのみ確認され、暗灰色を呈するシルト、砂質シルトからなり、層厚2.55mを有する。
・旧河川跡に堆積した粘性土であると考えられる。
・シルトは、粒径が均質であり、粘性がやや強く、含水量が多い。
・換算*N*値は、0.4～1.5であり、平均0.8を有する。

○泥炭2層(Ap2)

・S-2地点を除く全地点で確認され、茶喝色を呈する泥炭、砂混じり泥炭からなり、層厚1.40～3.75mを有する。
・当該地に河川の氾濫前より、広範囲に分布していたものと考えられる。
・S-5地点において、局部的に有機質シルト状を呈する。
・全体的に、繊維質が明瞭であり、含水量が非常に多い。
・換算*N*値は、0.1～1.5であり、平均0.7を有する。

○粘性土2層(Ac2)

・S-3、S-4、S-5地点で確認され、暗灰色を呈するシルト、砂混じりシルト、砂質シルトからなり、層厚0.25～2.90mを有する。
・当該地に河川の氾濫前より、広範囲に分布していたものと考えられる。
・シルトは、粒径が均質であり、粘性がやや強く、含水量が多い。
・換算*N*値は、0.4～3.0であり、平均1.7を有する。

○砂質土層(As)

・全地点で確認され、暗灰色を呈するシルト質細砂、シルト混じり細砂、中砂からなり、層厚4.75～5.73m以上を有する。
・砂は、粒径がやや均一な細～中砂であり、含水量が多い。
・換算*N*値は、1.0～13.9であり、平均4.0を有する。

表Ⅱ.6.2 換算 *N* 値一覧表(25cm ピッチ)

地点番号	試験中心深度 GL-(m)	荷重 Wsw (kN)	1m当たりの半回転数 Nsw	換算 *N*値	想定土質
S-1	0.25	0.25		0.7	泥炭
	0.50	0.05		0.1	
	1.00	0.25		0.7	
	1.25	0.25		0.7	
	1.50	0.15		0.4	
	1.75	0.05		0.1	
	2.00	0.05		0.1	
	2.25	0.15		0.4	
	2.50	0.05		0.1	
	2.75	0.05		0.1	
	3.00	0.15		0.4	
	3.25	0.25		0.7	砂混じり泥炭
	3.50	0.50		1.0	シルト質細砂
	3.67	1.00		2.0	
	4.00	0.75		1.5	
	4.25	0.75		1.5	砂質土
	4.50	1.00		2.0	
	4.75	1.00	114	9.6	
	5.00	1.00	48	5.2	
	5.25	1.00	40	4.6	
	5.50	1.00	32	4.1	
	5.75	1.00	8	2.5	
	6.00	1.00	13	2.8	
	6.25	1.00		2.0	
	6.50	1.00		2.0	
	6.75	1.00		2.0	
	7.00	1.00	21	3.4	
	7.25	1.00	23	3.5	
	7.50	1.00		2.0	
	7.75	1.00		2.0	
	8.00	1.00	83	7.5	
	8.25	1.00	160	12.7	

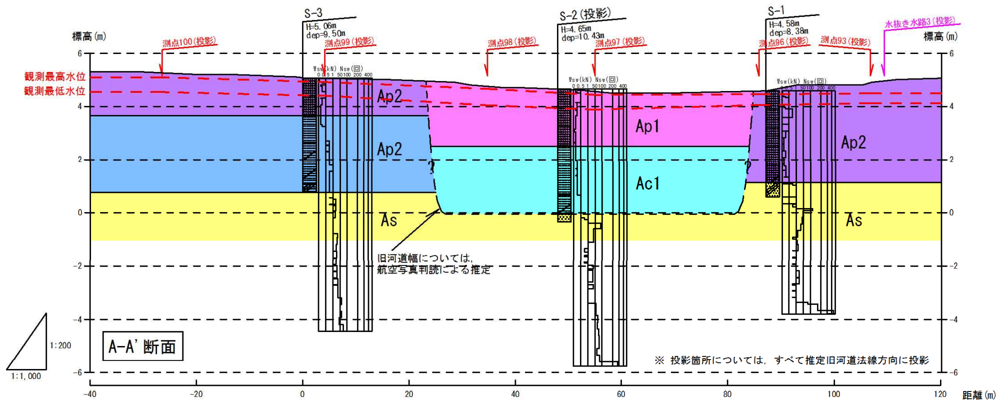
地点番号	試験中心深度 GL-(m)	荷重 Wsw (kN)	1m当たりの半回転数 Nsw	換算 *N*値	想定土質
S-2	0.16	0.25		0.7	泥炭
	0.50	0.15		0.4	
	0.75	0.25		0.7	
	1.00	0.25		0.7	
	1.25	0.15		0.4	
	1.50	0.15		0.4	
	1.75	0.15		0.4	
	2.00	0.15		0.4	
	2.25	0.15		0.4	シルト
	2.50	0.15		0.4	
	2.75	0.25		0.7	
	3.00	0.25		0.7	
	3.25	0.25		0.7	
	3.50	0.25		0.7	
	3.75	0.25		0.7	
	4.00	0.25		0.7	
	4.25	0.50		1.5	砂混じりシルト
	4.50	0.50		1.5	
	4.75	0.50		1.0	中砂
	5.00	1.00		2.0	
	5.25	1.00	90	8.0	砂質土
	5.50	1.00	40	4.6	
	5.75	1.00	40	4.6	
	6.00	1.00		2.0	
	6.25	1.00		2.0	
	6.50	1.00		2.0	
	6.75	1.00	38	4.5	
	7.00	1.00	35	4.3	
	7.25	1.00	36	4.4	
	7.50	1.00	40	4.6	
	7.75	1.00		2.0	
	8.00	1.00		2.0	
	8.25	1.00	57	5.8	
	8.50	1.00	60	6.0	
	8.75	1.00	72	6.8	
	9.00	1.00	68	6.5	
	9.25	1.00	76	7.0	
	9.50	1.00	80	7.3	
	9.75	1.00	80	7.3	
	10.00	1.00	64	6.2	
	10.25	1.00	84	7.6	

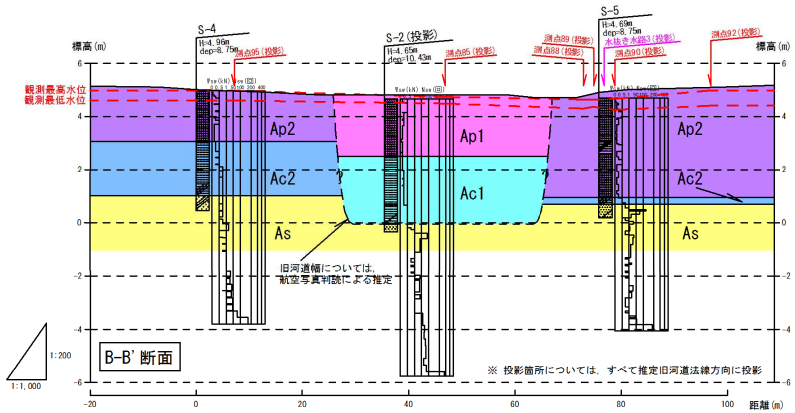
地点番号	試験中心深度 GL-(m)	荷重 Wsw (kN)	1m当たりの半回転数 Nsw	換算 *N*値	想定土質
S-3	0.25	0.50		1.5	泥炭
	0.50	0.25		0.7	
	0.75	0.50		1.5	
	1.00	0.25		0.7	
	1.25	0.15		0.4	
	1.50	0.15		0.4	シルト
	1.75	0.15		0.4	
	2.00	0.50		1.5	
	2.25	0.50		1.5	
	2.50	0.75		2.2	砂混じりシルト
	2.75	0.75		2.2	
	3.00	0.75		2.2	
	3.25	0.75		2.2	
	3.50	1.00		3.0	
	3.75	0.75		2.2	
	4.00	0.75		2.2	砂質シルト
	4.25	0.75		2.2	
	4.50	1.00		2.0	砂質土
	4.75	1.00	21	3.4	
	5.00	1.00	19	3.2	
	5.25	1.00	17	3.1	
	5.50	1.00		2.0	
	5.75	1.00		2.0	
	6.00	1.00	33	4.2	
	6.25	1.00	28	3.8	
	6.50	1.00	24	3.6	
	6.75	1.00	25	3.6	
	7.00	1.00	22	3.4	
	7.25	1.00	30	4.0	
	7.50	1.00	30	4.0	
	7.75	1.00	36	4.4	
	8.00	1.00	36	4.4	
	8.25	1.00	36	4.4	
	8.50	1.00	60	6.0	
	8.75	1.00	52	5.4	
	9.00	1.00	60	6.0	
	9.25	1.00	44	4.9	
	9.50	1.00	72	6.8	

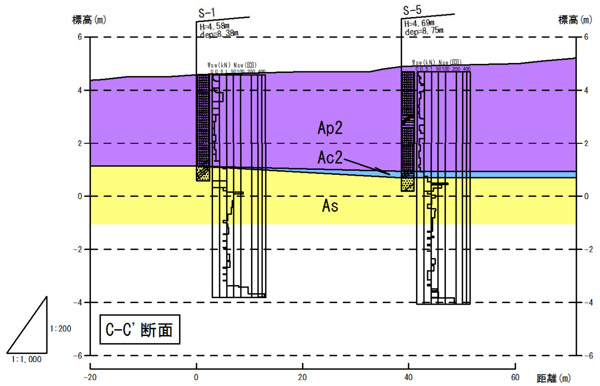
地点番号	試験中心深度 GL-(m)	荷重 Wsw (kN)	1m当たりの半回転数 Nsw	換算 *N*値	想定土質
S-4	0.25	0.25		0.7	泥炭
	0.50	0.50		1.5	
	0.75	0.50		1.5	
	1.00	0.50		1.5	
	1.25	0.50		1.5	
	1.50	0.15		0.4	
	1.75	0.15		0.4	
	2.00	0.25		0.7	シルト
	2.25	0.25		0.7	
	2.50	0.50		1.5	
	2.75	0.50		1.5	
	3.00	0.75		2.2	
	3.25	0.75		2.2	
	3.50	0.75		2.2	
	3.75	0.75		2.2	砂質シルト
	4.00	0.75		1.5	シルト質細砂
	4.25	0.75		1.5	
	4.50	0.75		1.5	
	4.75	0.75		1.5	砂質土
	5.00	0.75		1.5	
	5.25	1.00	17	3.1	
	5.50	0.50		1.0	
	5.75	1.00		2.0	
	6.00	1.00		2.0	
	6.25	1.00		2.0	
	6.50	1.00		2.0	
	6.75	1.00		2.0	
	7.00	1.00	30	4.0	
	7.25	1.00	25	3.6	
	7.50	1.00	39	4.6	
	7.75	1.00	38	4.5	
	8.00	1.00	45	5.0	
	8.25	1.00	45	5.0	
	8.50	1.00	78	7.2	
	8.75	1.00	164	12.9	

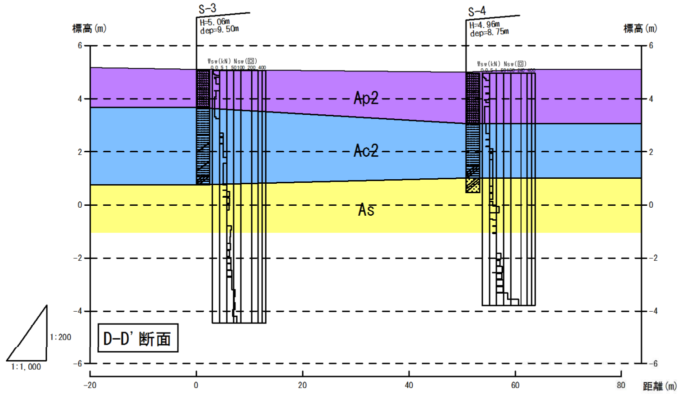
地点番号	試験中心深度 GL-(m)	荷重 Wsw (kN)	1m当たりの半回転数 Nsw	換算 *N*値	想定土質
S-5	0.25	0.25		0.7	泥炭
	0.50	0.50		1.5	
	0.75	0.50		1.5	
	1.00	0.25		0.7	
	1.25	0.15		0.4	
	1.50	0.15		0.4	
	1.75	0.25		0.7	有機質シルト
	2.00	0.50		1.5	
	2.25	0.25		0.7	泥炭
	2.50	0.50		1.5	
	2.75	0.15		0.4	
	3.00	0.25		0.7	
	3.25	0.15		0.4	
	3.50	0.25		0.7	
	3.75	0.25		0.7	
	4.00	0.75		2.2	砂質シルト
	4.25	1.00	120	10.0	シルト混じり細砂
	4.50	1.00	17	3.1	
	4.75	1.00	30	4.0	砂質土
	5.00	1.00	6	2.4	
	5.25	1.00	33	4.2	
	5.50	1.00	28	3.8	
	5.75	1.00	12	2.8	
	6.00	1.00	12	2.8	
	6.25	1.00	20	3.3	
	6.50	1.00		2.0	
	6.75	1.00		2.0	
	7.00	1.00		2.0	
	7.25	1.00	29	3.9	
	7.50	1.00	20	3.3	
	7.75	0.75		1.5	
	8.00	1.00		2.0	
	8.25	1.00	43	4.8	
	8.50	1.00	52	5.4	
	8.75	1.00	179	13.9	

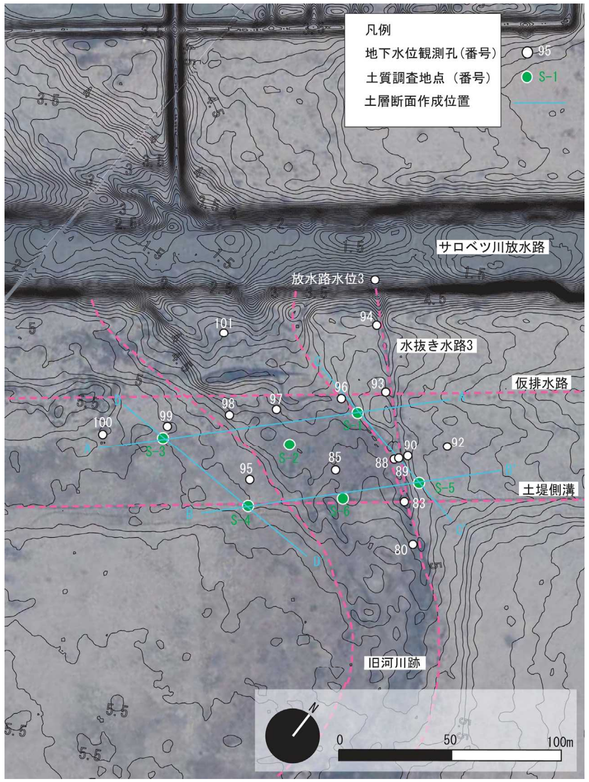
- 泥炭1(Ap1):旧河川跡
- 粘性土1(Ac1):旧河川跡
- 泥炭2(Ap2):素地
- 粘性土2(Ac2):素地
- 砂質土(As):素地











断面図凡例

時代		土層名	記号	構成土質名	換算N値	備考
第四紀	現世	泥炭1	Ap1	泥炭	0.4~0.7 (0.5)	旧河川跡
		粘性土1	Ac1	シルト、砂混じりシルト	0.4~1.5 (0.8)	旧河川跡
		泥炭2	Ap2	泥炭、砂混じり泥炭 有機質シルト	0.1~1.5 (0.7)	
		粘性土2	Ac2	シルト、砂混じりシルト 砂質シルト	0.4~3.0 (1.7)	
		砂質土	As	シルト質細砂 砂混じり細砂、中砂	1.0~169.5 (5.7)	

公園名称	利尻礼文サロベツ国立公園				
工事名称	サロベツ自然再生事業 水抜き水路堰き止め工調査設計等業務				
図面名称	水抜き水路3 調査位置平面図 および土層想定断面図	縮尺	縦 1:200 横 1:1000		
年　月	平成24年3月	図面番号			
会 社 名	北電総合設計株式会社	照査		設計	
事務所名	環境省 北海道地方環境事務所	照査		設計	

図Ⅱ.6.1 土層想定断面図

(2) 室内土質試験

室内土質試験は、土の物理特性および透水性を把握する目的で、表層に分布する泥炭層(Ap1、Ap2)を対象に実施した。表Ⅱ.6.3 に結果一覧を示した。

詳細な調査結果は、巻末の「室内土質試験データシート」に一括して整理した。

表Ⅱ.6.3 室内土質試験結果一覧表

土層	地点番号	実施深度 GL-(m)	物理特性 湿潤密度 ρ_t (g/cm^3)	物理特性 土粒子の密度 ρ_s (g/cm^3)	物理特性 自然含水比 w_n (%)	物理特性 強熱減量 L_i (%)	透水性 透水係数 k (m/s)
Ap1 (旧河川跡)	S-2	0.00 ～ 0.80	1.003	1.591	1315.82	94.02	1.27×10^{-5}
	S-6	0.00 ～ 0.80	1.010	1.611	1266.59	89.11	1.37×10^{-5}
	統計値	最小値	1.003	1.591	1266.59	89.11	1.27×10^{-5}
		最大値	1.010	1.611	1315.82	94.02	1.37×10^{-5}
		平均値	1.01	1.60	1291.2	91.6	1.3×10^{-5}
Ap2 (素地)	S-1	0.00 ～ 0.80	1.007	1.627	893.16	90.46	8.33×10-6
	S-3	0.00 ～ 0.80	1.010	1.552	1283.99	95.70	1.00×10-5
	S-4	0.00 ～ 0.80	1.015	1.662	830.45	86.09	1.08×10-5
	S-5	0.00 ～ 0.80	1.024	1.559	1064.71	88.45	5.53×10-6
	統計値	最小値	1.007	1.552	830.45	86.09	5.53×10-6
		最大値	1.024	1.662	1283.99	95.70	1.08×10-5
		平均値	1.01	1.60	1018.1	90.2	8.7×10^{-6}

以下に、今回試験を実施した泥炭層(Ap1、Ap2)について、旧河川跡部および素地部に分けて特徴的な点を述べる。

調査結果としては、旧河川跡部の泥炭(Ap1)の方が、素地部の泥炭(Ap2)と比べて、含水比が高く、透水係数が大きい値となっている。

これは、前述で述べたとおり、堆積時間が短いことに起因すると推察される。

○泥炭 1 層(Ap1)

- 湿潤密度は、ρ_t＝1.003～1.010(平均 1.01)g/cm^3 である。
- 土粒子の密度は、ρ_s＝1.591～1.661(平均 1.60)g/cm^3 である。
- 自然含水比は、w_n＝1266.59～1315.82(平均 1291.2)%である。
- 強熱減量は、L_i＝89.11～94.02(平均 91.6)%である。
- 透水係数は、k＝1.27×10^{-5}～1.37×10^{-5}(平均 1.3×10^{-5})m/s である。

○泥炭 2 層(Ap2)

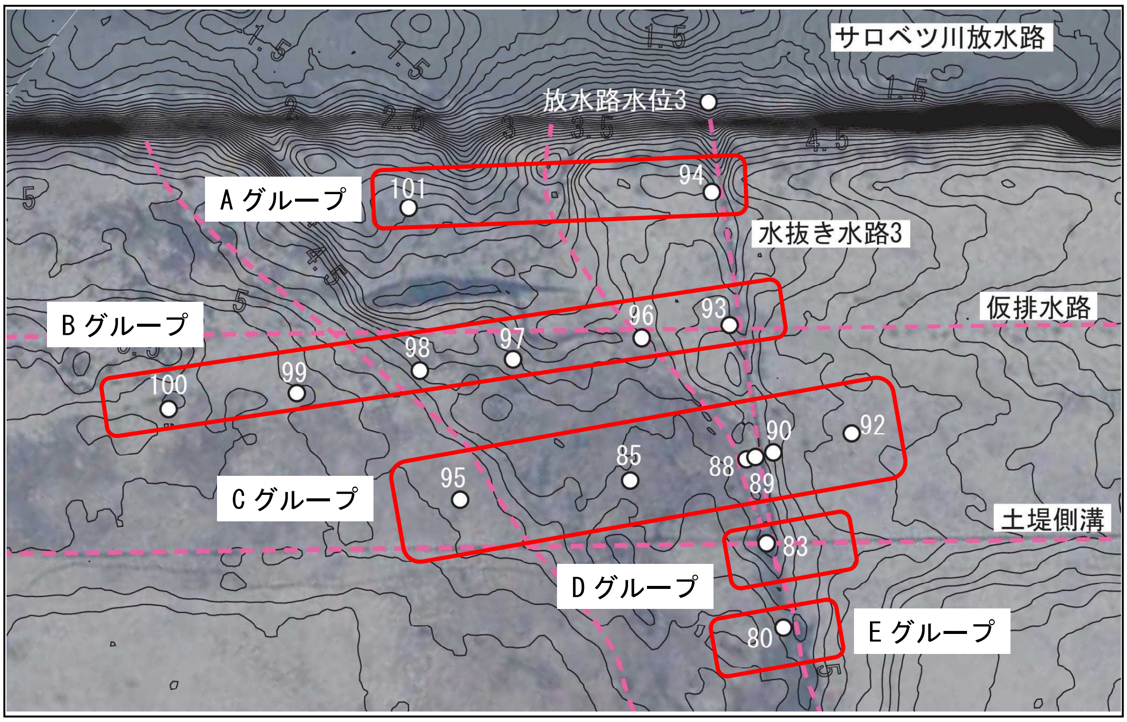
- 湿潤密度は、ρ_t＝1.007～1.024(平均 1.01)g/cm^3 である。
- 土粒子の密度は、ρ_s＝1.552～1.662(平均 1.60)g/cm^3 である。
- 自然含水比は、w_n＝830.45～1283.99(平均 1018.1)%である。
- 強熱減量は、L_i＝86.09～95.70(平均 90.2)%である。
- 透水係数は、k＝5.53×10^{-6}～1.08×10^{-5}(平均 8.7×10^{-6})m/s である。

6.1.2 地下水流出量の推定

(1) 地下水位の動向把握

水抜き水路 3 のおいては、図Ⅱ.6.2 に示す 17 地点について地下水位調査が実施されている。(詳細は後述の地下水位調査項目参照) 水抜き水路 3 では、2007 年以降から地下水位データが蓄積されているが、水位計のずれなどの課題も生じているため、ここでは 2010 年 10 月から 2011 年 10 月までの 1 年間のデータにより、動向を把握した。結果として、表Ⅱ.6.4 に各孔の観測水位の一覧表を、図Ⅱ.6.3〜Ⅱ.6.6 に観測期間全体の地下水位経時変動図をそれぞれ示した。

なお、地下水の大きな動向を把握するために、放水路からの距離により、図Ⅱ.6.2 に示す A〜E の 5 つのグループに分けて整理することとした。



図Ⅱ.6.2 観測位置およびグループ平面図

表Ⅱ.6.4 水位観測結果一覧表

グループ	観測孔番号	最低		最高		水位差	備考
		水位	観測日	水位	観測日		
Aグループ	No.94	3.8724	2011/9/1 14:00	4.2850	2011/4/1 22:00	0.4126	水抜き水路3
	No.101	3.2273	2011/8/14 9:00	3.8848	2011/10/3 1:00	0.6575	旧河川跡
Bグループ	No.93	4.1171	2011/9/2 10:00	4.4873	2011/4/2 1:00	0.3702	水抜き水路3
	No.96	4.0518	2011/8/14 12:00	4.4538	2011/10/2 22:00	0.4020	
	No.97	3.8812	2011/8/14 12:00	4.4310	2011/10/3 2:00	0.5498	旧河川跡
	No.98	4.0404	2011/8/14 10:00	4.6568	2011/4/6 7:00	0.6164	旧河川跡
	No.99	4.4019	2011/8/30 13:00	4.9107	2010/10/30 11:00	0.5088	
	No.100	4.5352	2011/8/30 10:00	5.0867	2010/10/30 11:00	0.5515	
Cグループ	No.85	4.4809	2011/8/13 16:00	4.7275	2011/7/15 1:00	0.2466	旧河川跡
	No.88	4.2926	2011/8/13 17:00	4.6333	2011/3/20 0:00	0.3407	
	No.89	4.3566	2011/8/14 10:00	4.6189	2011/3/20 2:00	0.2623	水抜き水路3
	No.90	4.2433	2011/8/14 11:00	4.6598	2011/10/2 21:00	0.4165	水抜き水路3
	No.92	4.4020	2011/9/2 11:00	4.9660	2011/4/1 22:00	0.5640	
	No.95	4.5906	2011/8/14 10:00	4.9616	2011/4/1 22:00	0.3710	
Dグループ	No.83	4.4300	2011/2/23 15:00	4.7734	2011/10/2 22:00	0.3434	水抜き水路3
Eグループ	No.80	4.5817	2010/11/7 13:00	4.9863	2011/3/19 20:00	0.4046	旧河川跡

以下に、横断方向のグループ毎の特徴および縦断方向の旧河川跡と水抜き水路 3 での特徴をそれぞれ述べる。横断方向の特徴としては、放水路側（グループ A、B）で、旧河川跡が最も地下水位が低く、湿原側（グループ C、D、E）で、水抜き水路 3 が最も地下水位が低い傾向となった。また縦断方向については、他の水抜き水路と同様に、放水路側ほど地下水位が低くなる傾向となった。

1）横断方向の特徴

放水路側

旧河川跡が最も地下水位が低い

〇グループ A

・旧河川跡箇所の No.101、水抜き水路 3 箇所の No.94 の 2 孔について観測している。
・旧河川跡箇所の観測水位は、最低で H=3.23m、最高で H=3.88m である。
・水抜き水路 3 箇所の観測水位は、最低で H=3.87m、最高で H=4.28m である。
・水位としては、旧河川跡箇所の方が、最低水位で 0.65m、最高水位で 0.40m 低い。
・水位変動幅は、旧河川跡箇所で 0.40m、水抜き水路 3 箇所で 0.34m と、旧河川跡箇所の方がやや大きい。

〇グループ B

・旧河道跡箇所の No.97、98、水抜き水路 3 箇所の No.93、素地部の No.96、99、100 の 6 孔について観測している。
・旧河川跡箇所の観測水位は、最低で H=3.88～4.04m、最高で H=4.43～4.66m である。
・水抜き水路 3 箇所の観測水位は、最低で H=4.12m、最高で H=4.49m である。
・素地部の観測水位は、最低で H=4.05～4.54m、最高で H=4.45～5.09m である。
・水位としては、素地部、水抜き水路 3 箇所、旧河川跡箇所の順に水位が低くなっている。
・水位変動幅は、旧河川跡箇所で 0.55～0.62m、水抜き水路 3 箇所で 0.3m、素地部で 0.40～0.55m と、旧河川跡箇所が大きく、水抜き水路 3 箇所が最も小さい。

水抜き水路が最も地下水位が低い

〇グループ C

・旧河道跡箇所の No.97、98、水抜き水路 3 箇所の No.93、素地部の No.96、99、100 の 6 孔について観測している。
・旧河川跡箇所の観測水位は、最低で H=4.48m、最高で H=4.73m である。
・水抜き水路 3 箇所の観測水位は、最低で H=4.24～4.36m、最高で H=4.62～4.66m である。
・素地部の観測水位は、最低で H=4.29～4.59m、最高で H=4.63～4.97m である。
・水位としては、素地部、旧河川跡箇所、水抜き水路 3 箇所の順に水位が低くなっている。
・水位変動幅は、旧河川跡箇所で 0.25m、水抜き水路 3 箇所で 0.26～0.42m、素地部で 0.34～0.56m と、素地部が大きく、旧河川跡箇所が最も小さい。

〇グループ D

・水抜き水路 3 箇所である No.83 の 1 孔について観測している。
・観測水位は、最低で H=4.43m、最高で H=4.77m である。
・水位変動幅は、0.34m である。

湿原側

〇グループ E

・旧河川跡箇所である No.80 の 1 孔について観測している。
・観測水位は、最低で H=4.58m、最高で H=4.99m である。
・水位変動幅は、0.40m である。

2) 縦断方向の特徴

○旧河川跡

・湿原側から放水路側に向かって No.80、85、98、97、101 の 5 孔について観測している。

・観測水位の標高は、湿原側から放水路に向かって徐々に低下しており、No.80 と No.101 において水位差が最大で 1.35m を有する。

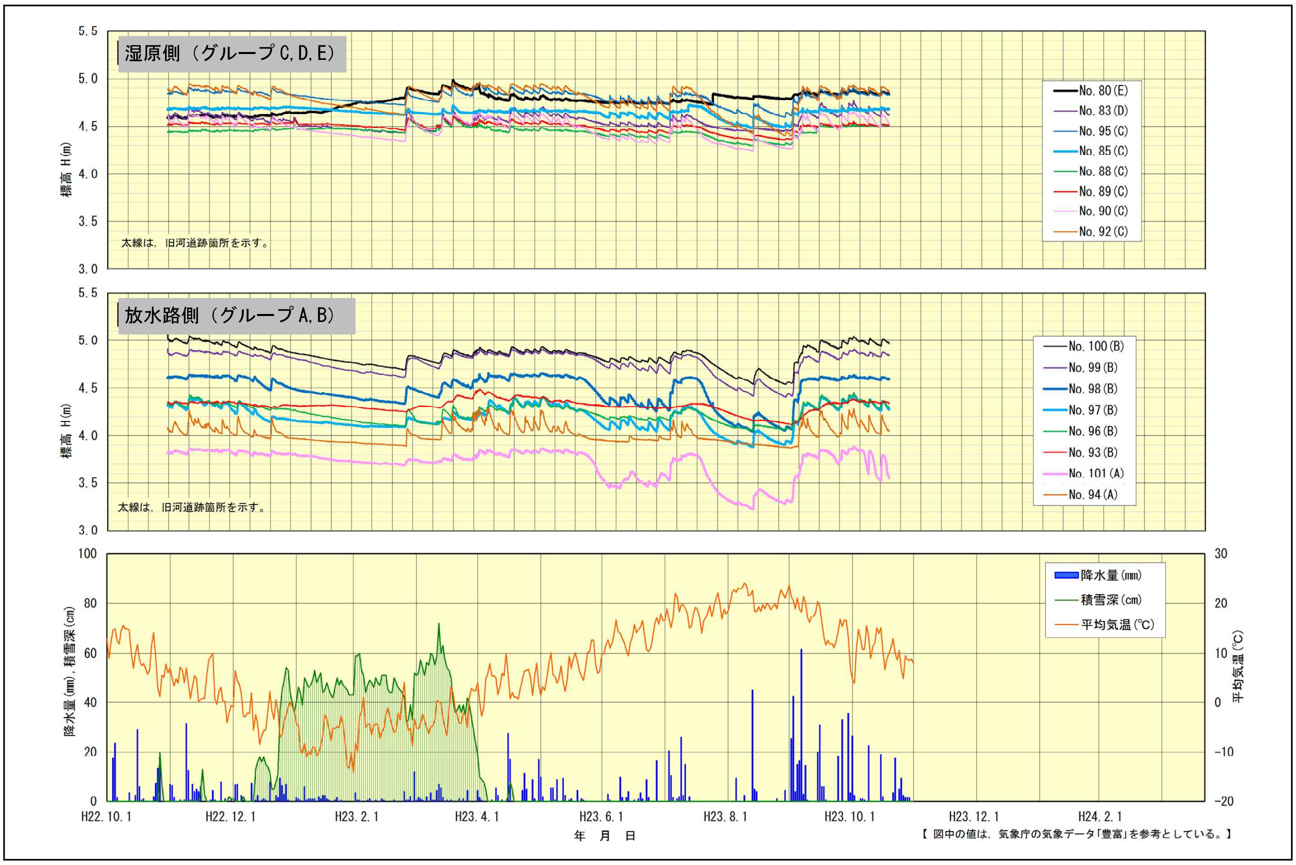
・観測水位の深度は、放水路に近い箇所の No.97、98、101 の 3 孔が夏期の水位低下が 40cm 程度確認される。

○水抜き水路 3

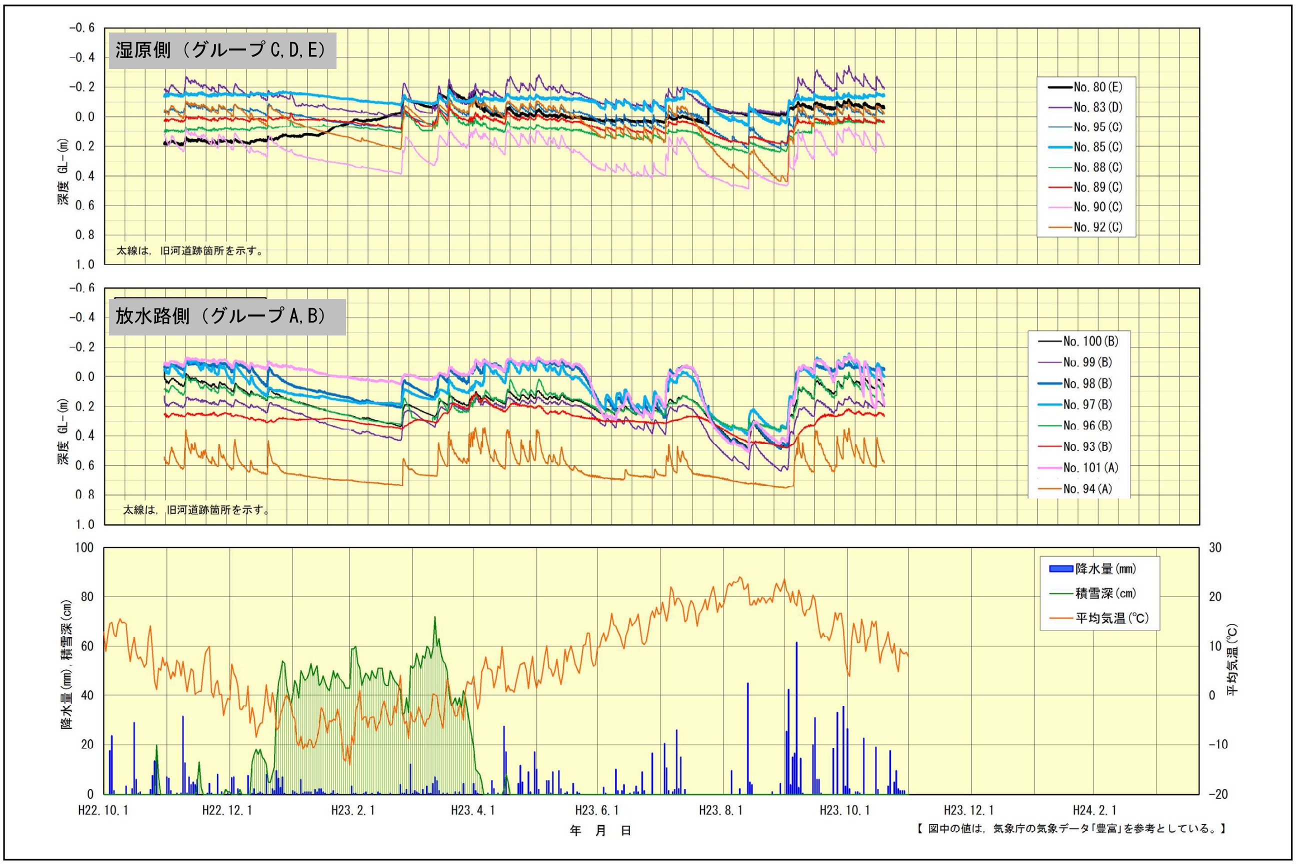
・湿原側から放水路側に向かって No.80、83、88、93、94 の 5 孔について観測している。

・観測水位の標高は、湿原側から放水路に向かって徐々に低下しており、No.80 と No.94 において水位差が最大で 0.71m を有する。

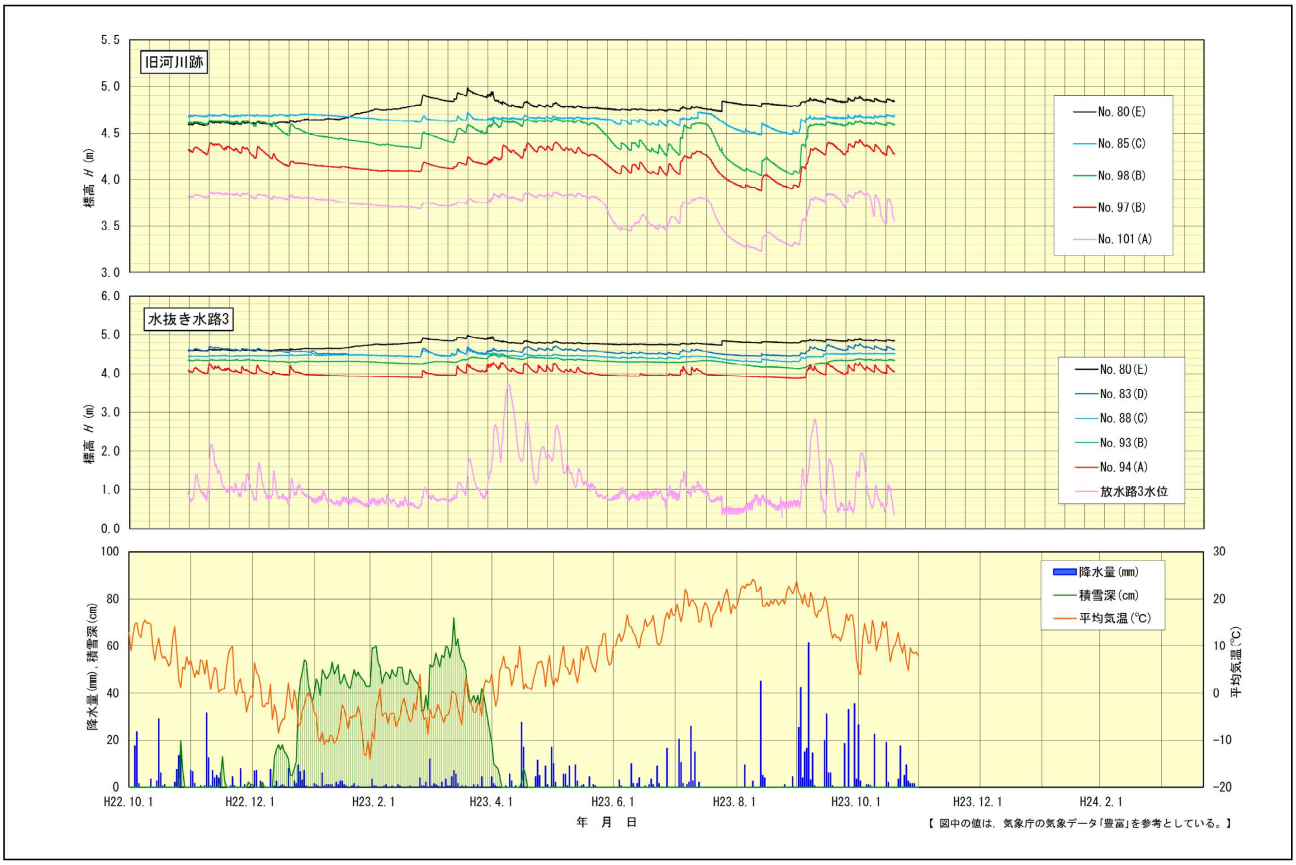
・観測水位の深度は、湿原側から放水路に向かって徐々に低下しており、特に最も放水路側の No.94 において GL-0.34～0.75m と他地点に比べると乾燥化が進んでいる。



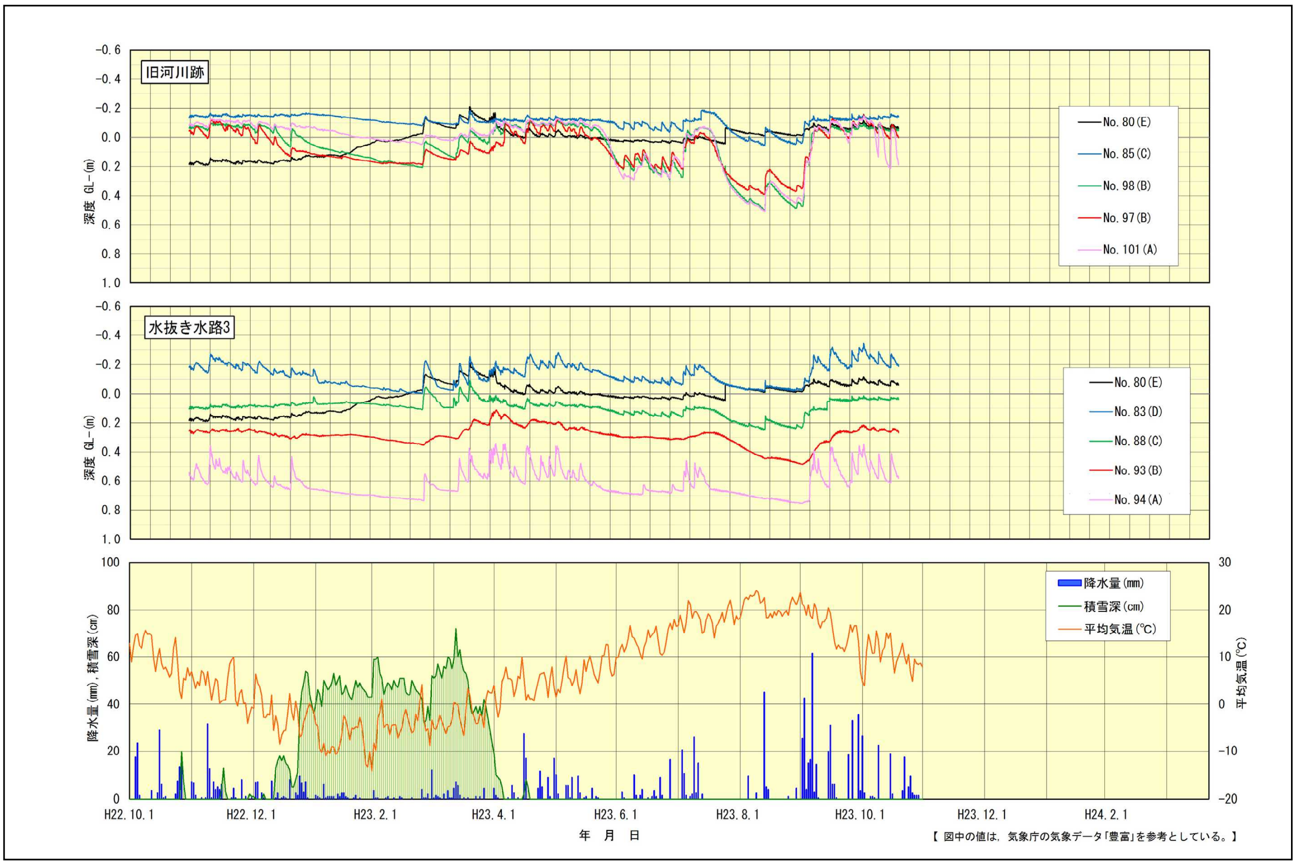
図Ⅱ.6.3 地下水位標高変動図(湿原側、放水路側)



図Ⅱ.6.4 地下水位深度変動図(湿原側、放水路側)



図Ⅱ.6.5 地下水位標高変動図(旧河川跡、水抜き水路 3)



図Ⅱ.6.6 地下水位深度変動図(旧河川跡、水抜き水路 3)

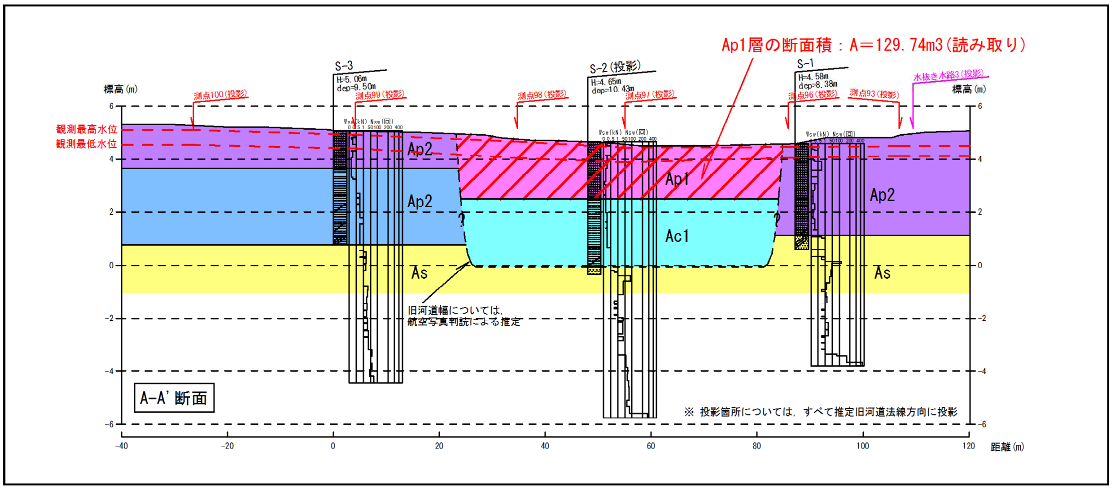
(2) 地下水流出量の推定

調査結果を踏まえ、旧河川跡における地下水流出量を推定する。なお、推定方法については、前述の調査方法に示すとおりとする。

1) 試算条件

① 泥炭層(Ap1)の断面積

A-A'断面からの読み取りより、断面積 A=129.74(m^2)



図Ⅱ.6.7 土層想定断面図(A-A'断面)

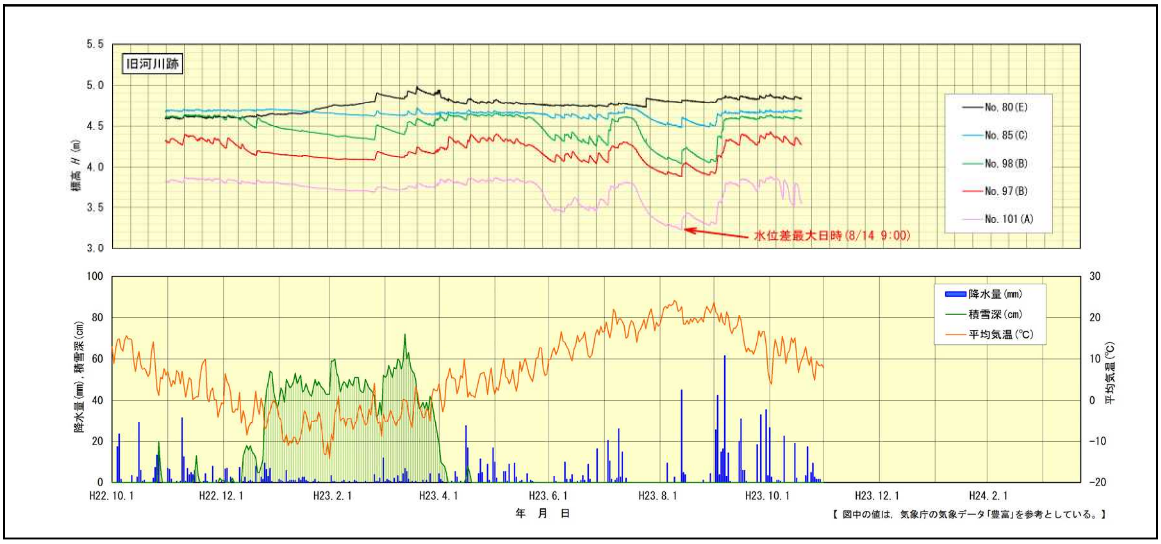
② 泥炭層(Ap1)の透水係数

透水試験より、k=1.3×10^{-5}(m/s)

③ 動水勾配(上流側 No.80 と下流側 No.101 に着目)

地下水位観測結果より、水位差Δh=1.56(m)、距離 L=129.14(m)

したがって、動水勾配 i=1.56/129.14=1.21×10^{-2}



図Ⅱ.6.8 旧河川跡部の地下水標高変動図

2）地下水流出量の試算

前述式より、旧河川跡部の推定地下水流出量は、以下のとおりとなる。

$$Q = k \times A \times i = (1.3 \times 10^{-5}) \times 129.74 \times (1.21 \times 10^{-2})$$

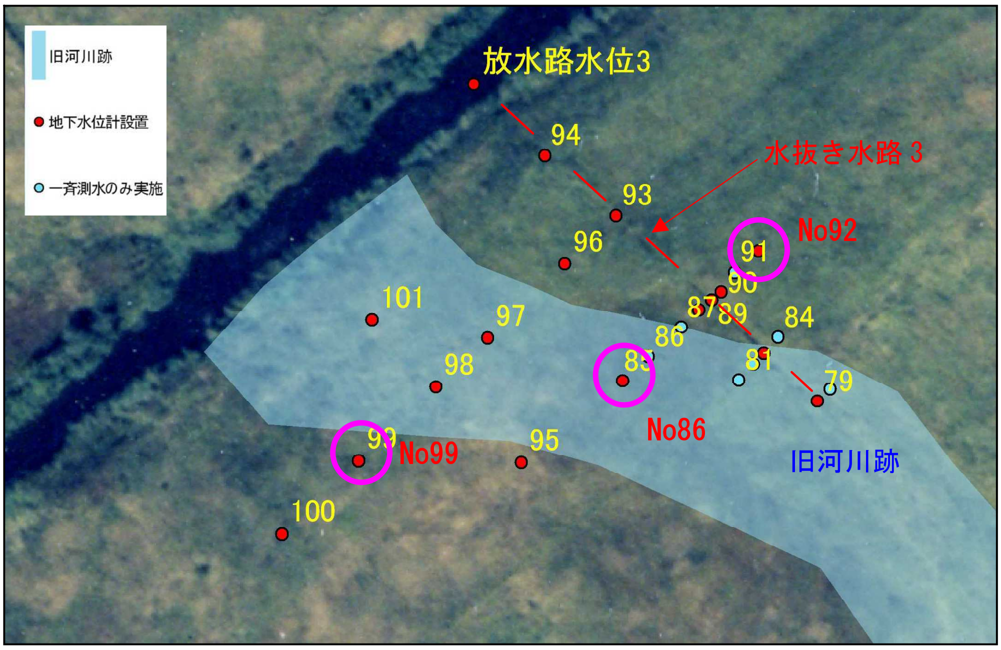
$$\underline{= 2.04 \times 10^{-5} (m^3/s) = 1.76 (m^3/day) = 1,760 (L/day)}$$

ここで算定した流出量に関しては、6.4 旧河川跡における対策手法の整理及び対策工法の検討の項で考察を行う。

6.1.3 地下水調査

(1) 調査の状況

調査地点は、旧河川跡内外を比較するため、地形や植生状況から判断した旧河川跡内のNo.86、河川跡右岸のNo.92、左岸のNo.99の3地点とし、採水時の状況は以下に示すとおりである。



図Ⅱ.6.9 採水地点

表Ⅱ.6.5 採水時の状況

地点	採水日	時刻	天候	気温（℃）	水温（℃）
No.86	2011年10月12日	10:20	晴	15.0	13.0
No.92	2011年10月12日	10:30	晴	15.0	13.0
No.99	2011年10月12日	10:10	晴	15.0	11.0

写真Ⅱ.6.1 採水試料

(2) 水質分析結果

水質分析結果は以下に示すとおりである。

各地点間において、明確な数値の差異は確認されなかった。

表Ⅱ.6.6 水質分析結果

計量項目	No86 （旧河川跡）	No92 （右岸）	No99 （左岸）	計量方法
水素イオン濃度 pH	5.2	4.4	4.1	JIS K 0102 12.1 ガラス電極法
全有機炭素 TOC(mg/L)	27	40	43	JIS K 0102 22.1 燃焼酸化-赤外線式 TOC 分析法
全窒素 T-N(mg/L)	2.0	2.3	3.7	JIS K 0102 45.2 紫外線吸光光度法
アンモニア態窒素 NH_4-N(mg/L)	0.10	0.09	0.27	JIS K 0102 42.2 ｲﾝﾄﾞﾌｪﾉｰﾙ青吸光光度法
亜硝酸態窒素 NO_2-N(mg/L)	＜0.005	0.007	0.008	JIS K 0102 43.1.1 ﾅﾌﾁﾙｴﾁﾚﾝｼﾞｱﾐﾝ吸光光度法
硝酸態窒素 NO_3-N(mg/L)	＜0.05	＜0.05	0.05	JIS K 0102 43.2.3 銅・ｶﾄﾞﾐｳﾑｶﾗﾑ還元法
全リン T-P(mg/L)	0.085	0.034	0.31	JIS K 0102 46.3.1 ﾍﾟﾙｵｷｿ二硫酸ｶﾘｳﾑ分解法
リン酸態リン PO_4-P(mg/L)	0.015	0.017	0.069	JIS K 0102 46.1.1 ﾓﾘﾌﾞﾃﾞﾝ青吸光光度法
有機態リン Org-P(mg/L)	0.070	0.017	0.24	全リン-リン酸態リン
ケイ酸 SiO_2(mg/L)	7	＜1	＜1	JIS K 0101 44.1.2 ﾓﾘﾌﾞﾃﾞﾝ青吸光光度法
カルシウム Ca(mg/L)	0.9	1.6	1.4	JIS K 0102 50.2 ﾌﾚｰﾑ原子吸光法
マグネシウム Mg(mg/L)	1.1	1.1	1.1	JIS K 0102 51.2 ﾌﾚｰﾑ原子吸光法
カリウム K(mg/L)	0.9	1.4	1.5	JIS K 0102 49.2 ﾌﾚｰﾑ原子吸光法
ナトリウム Na(mg/L)	7.5	8.0	7.5	JIS K 0102 48.2 ﾌﾚｰﾑ原子吸光法
硫酸イオン SO_4^{2-}(mg/L)	0.5	＜0.2	2.7	JIS K 0102 41.3 ｲｵﾝｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ法
炭酸イオン HCO_3^-(mg/L)	2.0	＜0.1	＜0.1	JIS K 0102 15.1 pH4.8 酸滴定法
塩素イオン Cl^-(mg/L)	11	13	13	JIS K 0102 35.3 ｲｵﾝｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ法

各項目の特徴は以下のように整理される。なお数値の比較として 2010 年に実施された原生花園園地跡地の湿原泥炭部の値を参考とした。

○水素イオン濃度

pH4.1～5.2 といずれの地点も酸性を示し、植物の不完全な分解に起因する腐植酸によるものと考えられる。

なお、2010 年の水質検査においては、湿原泥炭部で pH5.1～6.0 と同様の酸性傾向となっている。

○全有機炭素

27～43mg/L となり、旧河川跡内の No86 が最低値となった。

2010 年の水質検査においては、湿原泥炭部で 25～30mg/L となっており、同程度の有機物量となっている。

○窒素（全窒素、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素）

全窒素は 2.0～3.7mg/L、アンモニア態窒素は 0.09～0.27mg/L、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素は検出限界値に近い数値となった。

2010 年の水質検査においては、全窒素は 1.0～1.4mg/L、アンモニア態窒素は 0.07～0.67mg/L、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素は検出限界値未満となっており、同様な傾向である。

○リン（全リン、リン酸態リン）

全リンは 0.034～0.31mg/L、リン酸態リンは 0.015～0.069mg/L となった。

2010 年の水質検査においては、全リンは検出限界値（0.01）未満、リン酸態リンも検出限界値（0.1）未満であった。本調査の数値が高い傾向ではあるが、大きな開きはなく似た傾向といえる。

○陽イオン（カルシウム、マグネシウム、カリウム、ナトリウム）

カルシウムが 0.9～1.6mg/L、マグネシウムが 1.1mg/L、カリウムが 0.9～1.5mg/L、ナトリウムが 7.5～8.0mg/L となった。

2010 年の水質検査においては、カルシウムが 0.7～1.3mg/L、マグネシウムが 1.4～2.8mg/L、カリウムが 0.1～0.41mg/L、ナトリウムが 8.5～9.5mg/L となっており、同様な傾向である。

○陰イオン（硫酸、炭酸、塩素）

硫酸が 0.2 未満～2.7mg/L、炭酸が 0.1 未満～2.0mg/L、塩素が 11～13mg/L となった。

2010 年の水質検査においては、硫酸が 0.2 未満、炭酸が 1.0～10.0mg/L、塩素が 13～14mg/L となっており、同様な傾向である。

○ケイ酸

ケイ酸は 1 未満～7mg/L となった。

2010 年の水質検査においては、6.8～13mg/L となっており、同様な傾向である。

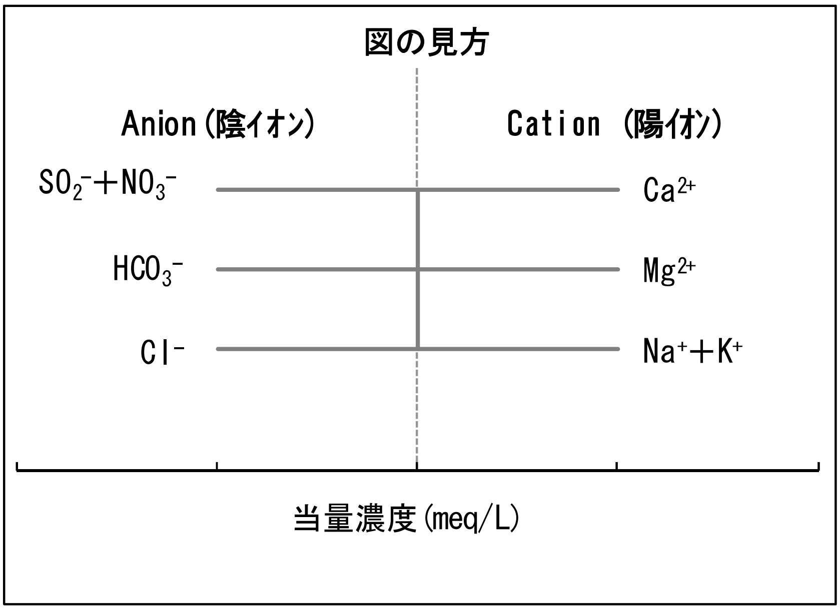
(3) 考察

以下に地下水水質のヘキサダイアグラムを示す。

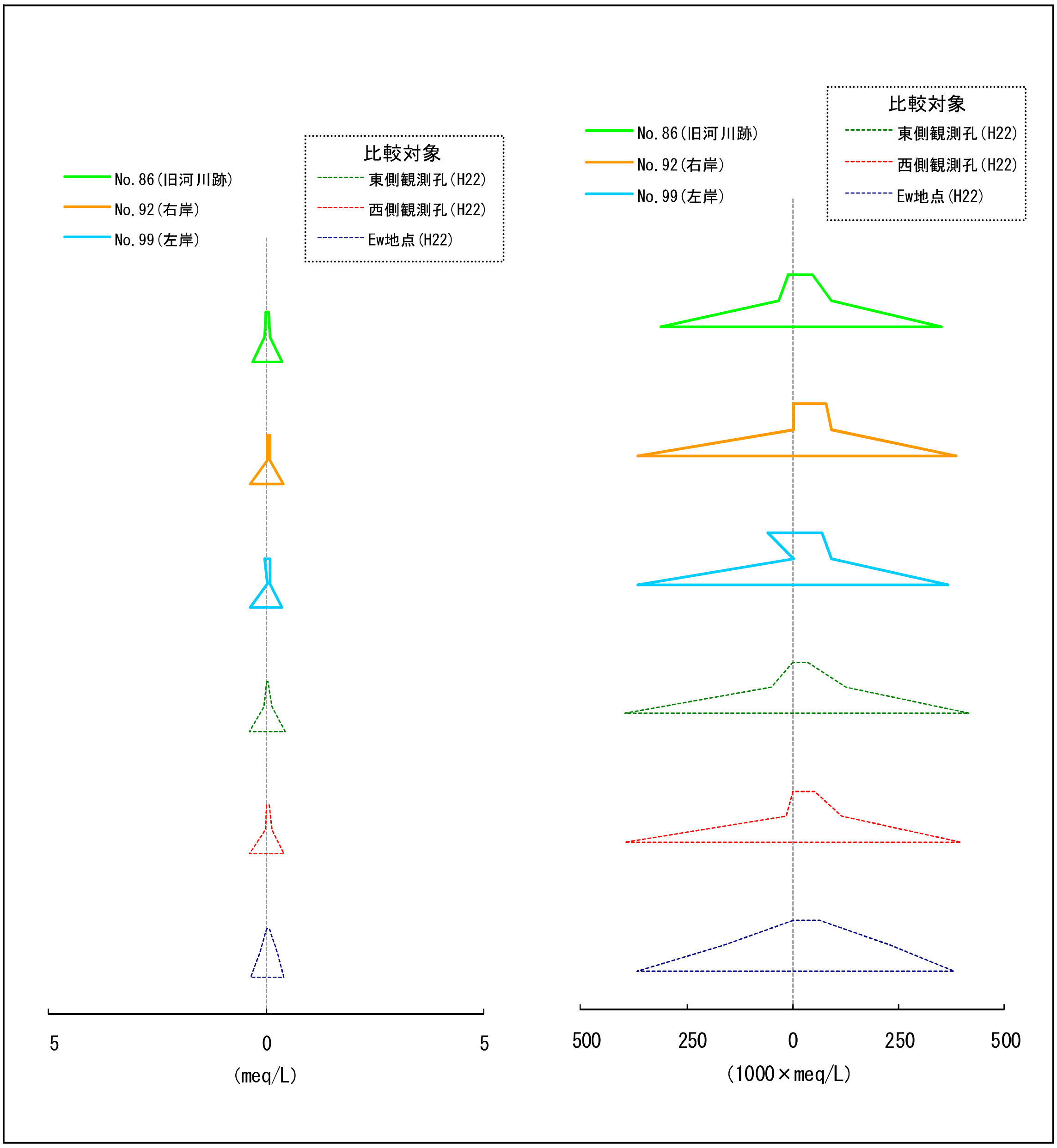
ヘキサダイアグラムは主要イオンの分析値を当量換算し、陽イオン、陰イオンを比較評価する手法である。ヘキサダイアグラムが示すイオン濃度は図Ⅱ.6.10 に示すとおりである。

泥炭湿原における地下水は貧栄養であり、溶存物質が少ない性質を持っている。本調査地点においても同様な傾向と考えられ、比較数値として 2010 年に実施した原生花園跡地での湿地内の調査結果を用いた。

図Ⅱ.6.11 に示すとおり各地点でのイオン濃度は低く、いずれも縦に細長い形状となった。したがって、各地点における水質の差異はなく、湿原特有の貧栄養の水質となっていると考えられる。



図Ⅱ.6.10 ヘキサダイアグラムの見方



図Ⅱ.6.11 旧河川跡の水質ヘキサダイアグラム
(イオン毎の差異を明確にするため、右側は横軸を 1,000 倍表記としている)

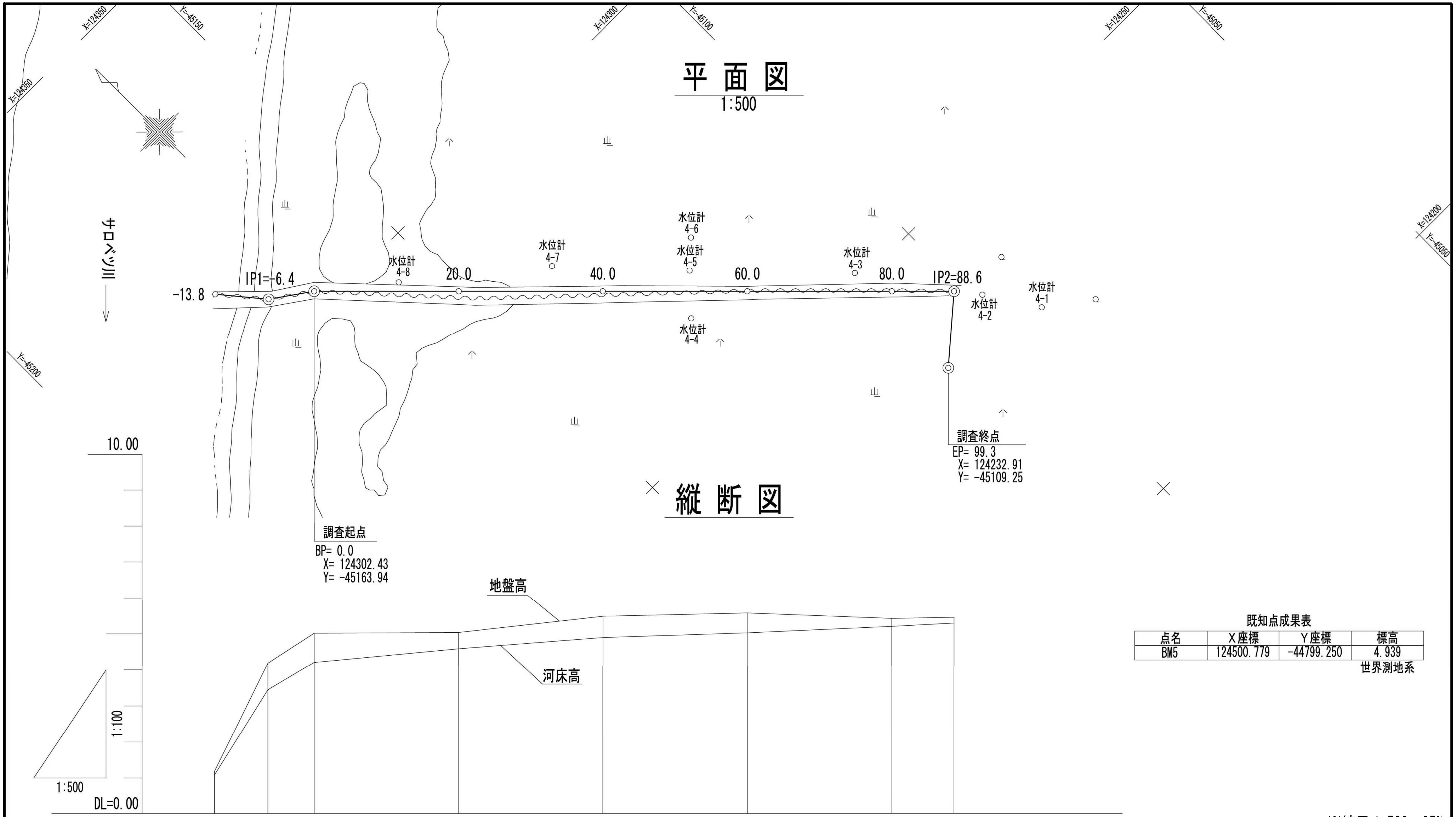
6.2 水抜き水路の仮堰上げ試験の実施

6.2.1 縦横断測量

仮堰上げの検討を行うため、地形データが存在しない水抜き水路 4、5 について、GPS 測量機器にて縦横断測量を行った。

測量の範囲は、放水路合流部付近から、土堤側溝付近までの 100m 程度とし、横断図は 20m 毎に作成した。

測量図を図Ⅱ.6.12～Ⅱ.6.15 に示す。



既知点成果表

点名	X座標	Y座標	標高
BM5	124500.779	-44799.250	4.939

世界測地系

河床高	1.08	3.45	4.21	4.59	4.90	5.03	5.21	5.30
地盤高	1.18	4.19	5.02	5.04	5.49	5.58	5.43	5.46
測点	-13.8	-6.4	0.0	20.0	40.0	60.0	80.0	88.6
曲率	IA=15-21-08 IP1		BP IA=9-57-39					IP2 IA=94-17-34 EP

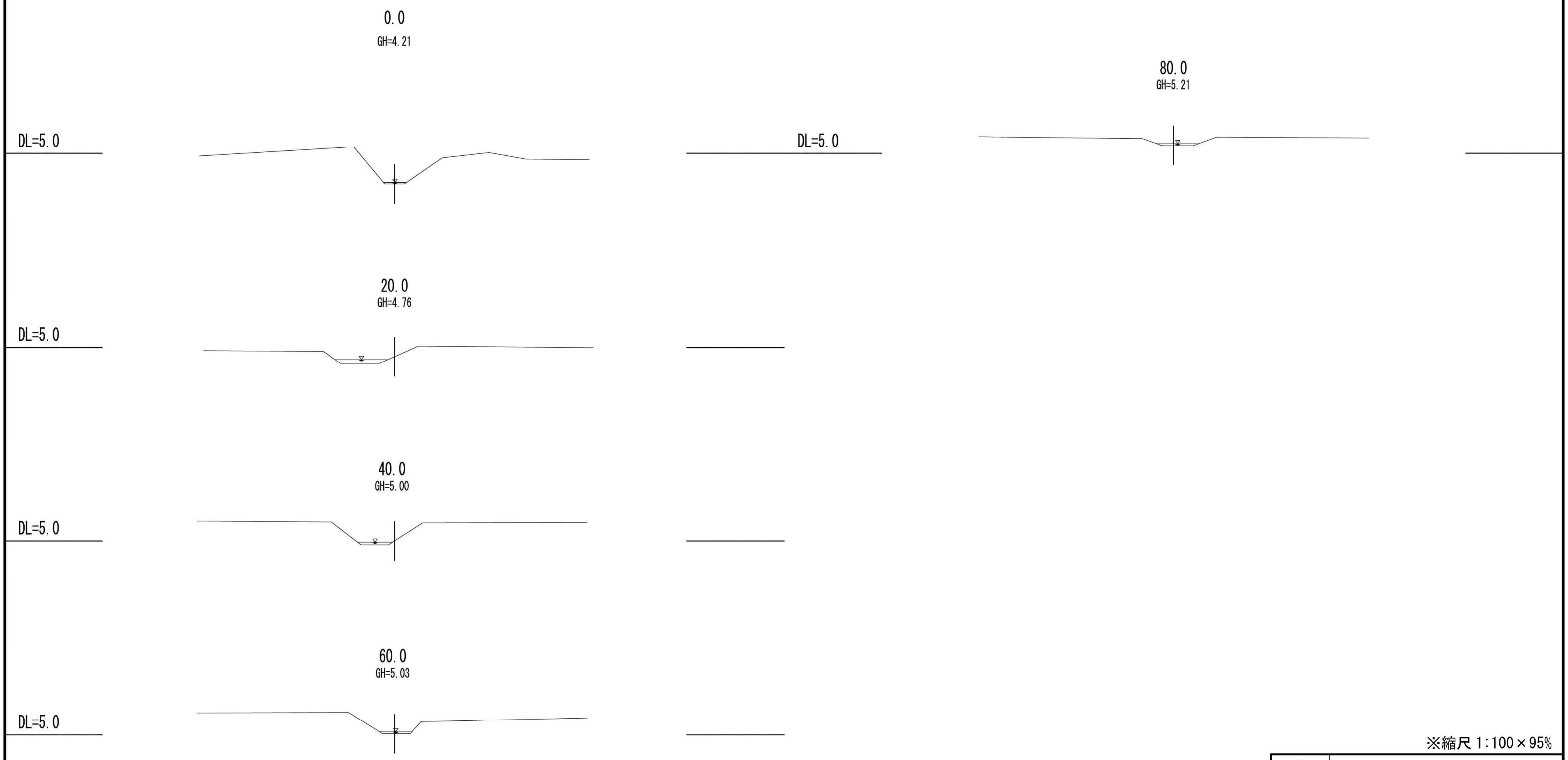
※縮尺 1:500×95%

公園名称	利尻礼文サロベツ国立公園		
工事名称			
図面名称	水抜き水路4 縦平面図	縮尺	図示
年 月	平成23年9月	図面番号	
会社名	北電総合設計株式会社	照査	設計
事務所名	環境省 北海道地方環境事務所	照査	設計

図Ⅱ.6.12 水抜き水路4縦平面図

横 断 図

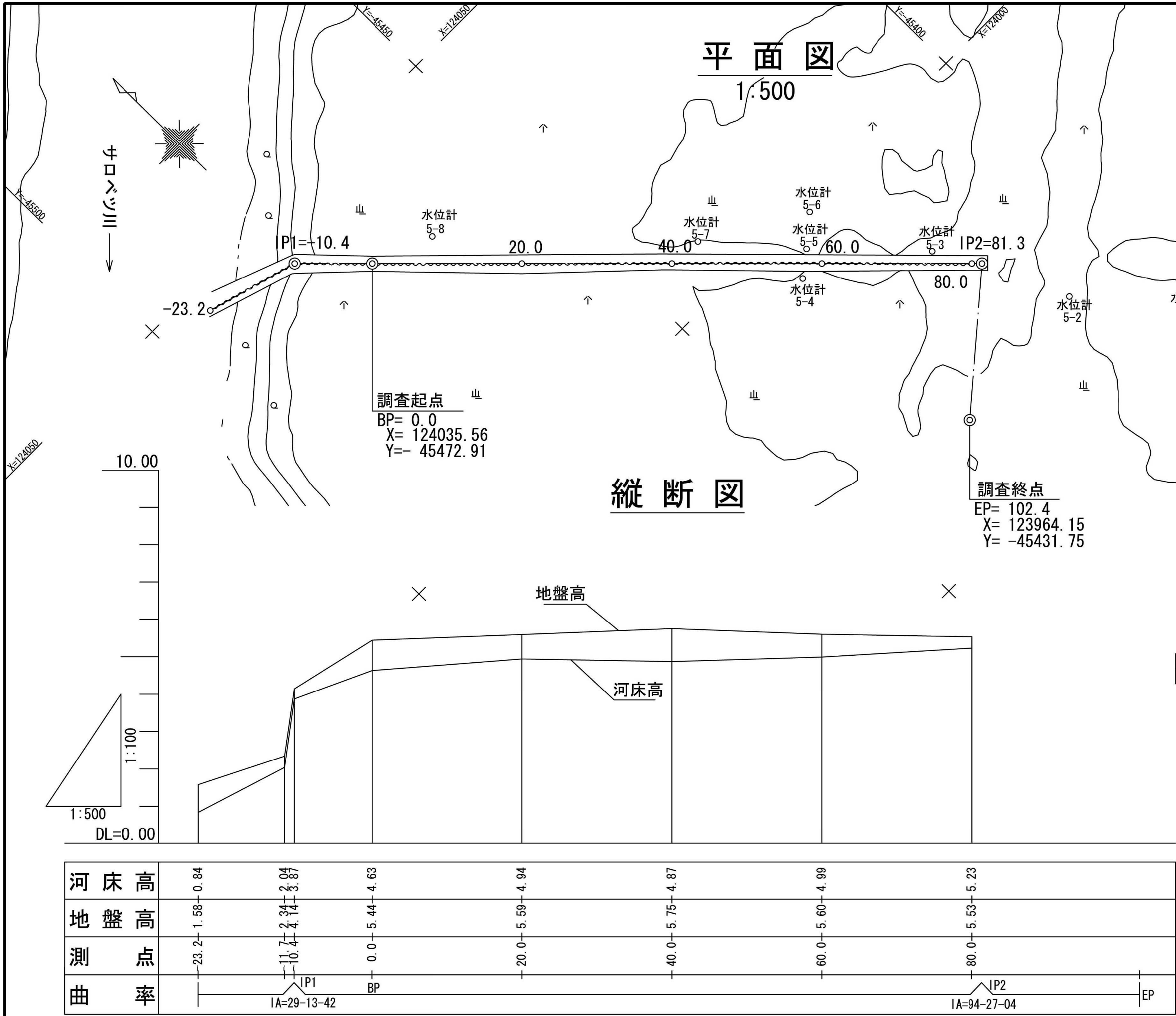
1:100



※縮尺 1:100×95%

公園名称	利尻礼文サロベツ国立公園				
工事名称					
図面名称	水抜き水路4 横断図		縮尺	1:100	
年　月	平成23年9月	図面番号			
会 社 名	北電総合設計株式会社		照査		設計
事務所名	環境省 北海道地方環境事務所		照査		設計

図Ⅱ.6.13 水抜き水路4横断図



図Ⅱ.6.14 水抜き水路５縦平面図

既知点成果表

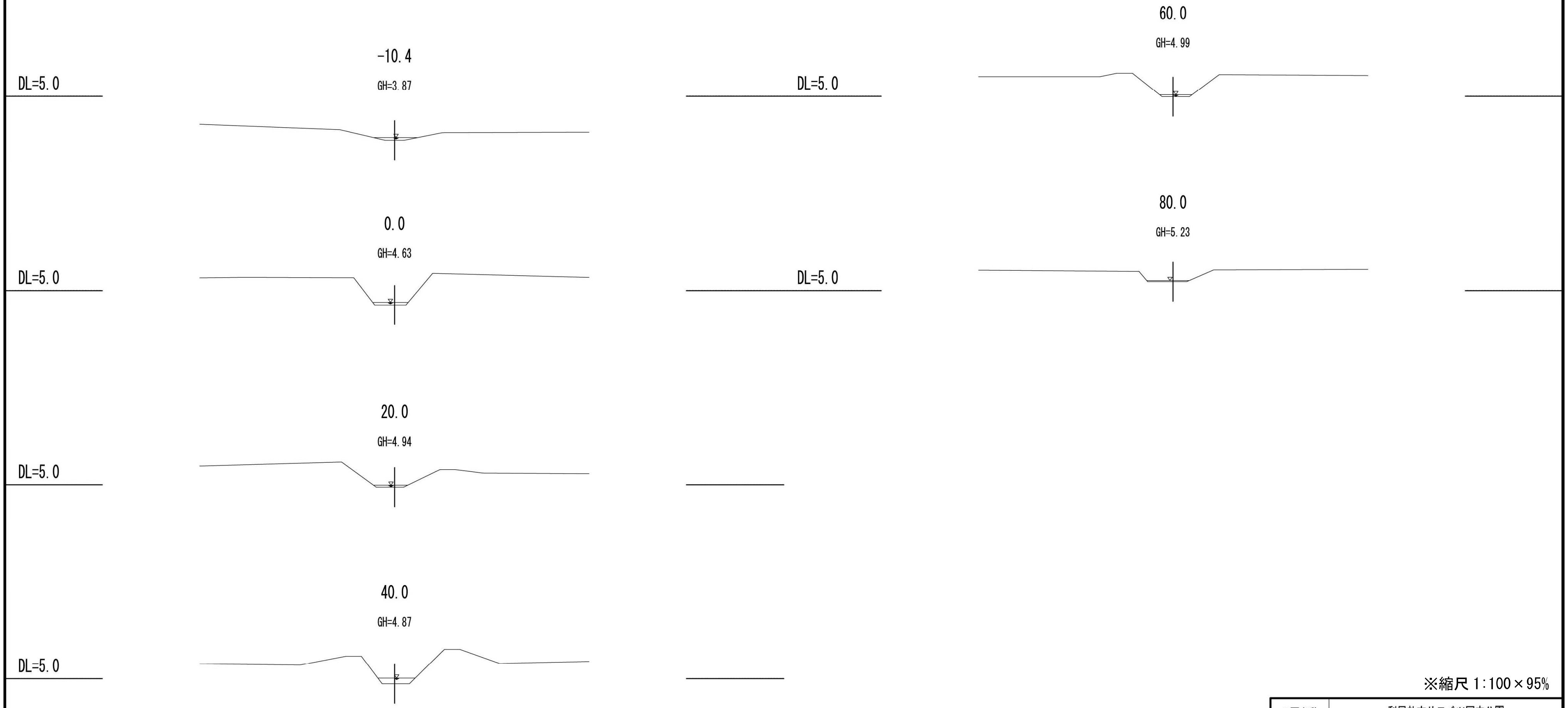
点名	X座標	Y座標	標高
BM5	124500.779	-44799.250	4.939

世界測地系

※縮尺 1:500×95%

公園名称	利尻礼文サロベツ国立公園		
工事名称			
図面名称	水抜き水路5　縦平面図	縮尺	図 示
年　月	平成23年9月	図面番号	
会 社 名	北電総合設計株式会社	照査	設計
事務所名	環境省 北海道地方環境事務所	照査	設計

横 断 図
1:100



※縮尺 1:100×95%

公園名称	利尻礼文サロベツ国立公園				
工事名称					
図面名称	水抜き水路5 横断図	縮尺	1:100		
年　月	平成23年9月	図面番号			
会 社 名	北電総合設計株式会社	照査		設計	
事務所名	環境省 北海道地方環境事務所	照査		設計	

図Ⅱ.6.15 水抜き水路 5 横断図

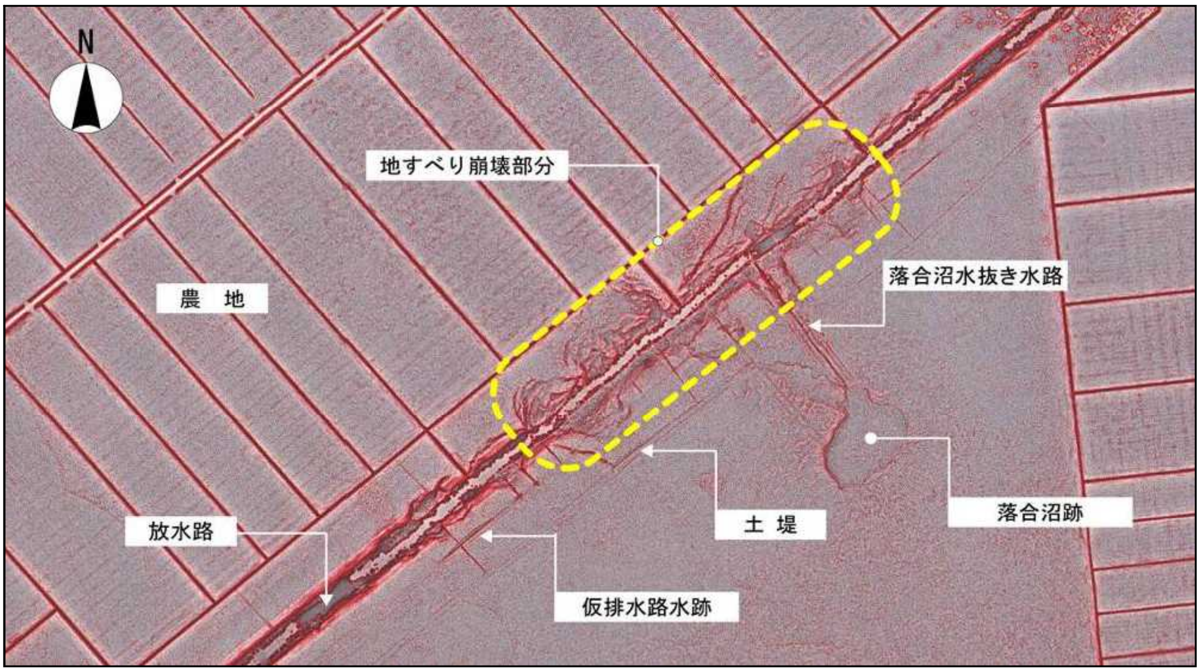
6.2.2 仮堰の設置検討

(1) 水抜き水路について

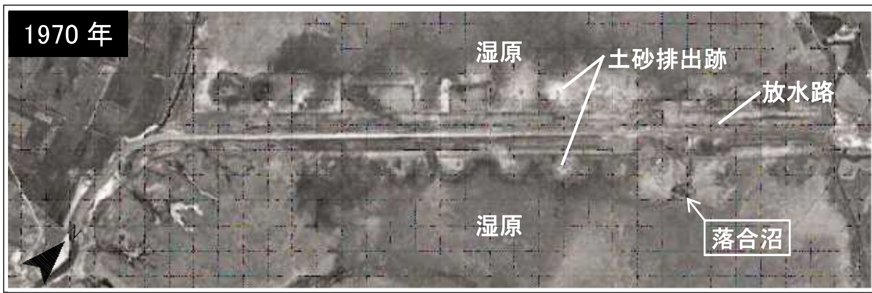
1) 水抜き水路と堰上げ事業の目的

放水路南側一帯には、開削時に浚渫船で吸い上げられた浚渫土からの水分を抜くために水抜き水路が一定間隔で設けられた。また、開削前に落合沼の窪地から北西方向に伸びる水路が存在したが、この周辺で開削後地盤面に無数の亀裂が入り、放水路法面に地すべり崩壊が生じた。この崩壊に対処するため、落合沼から放水路に至る人工水路（落合沼水抜き水路）を設け、地盤の不安定要因となる沼の水を抜くとともに、崩壊が生じた区間については放水路に直交する短い水路を多数開削し、泥炭層の地下水及び地表水の排出を促したものと考えられる。

水抜き水路の堰き止めは、自然再生事業実施計画に基づき実施されるものであり、地下水の流出要因となっている水抜き水路を堰き止め、地下水位低下を抑制して背後の高層湿原植生を維持することを目的としている。



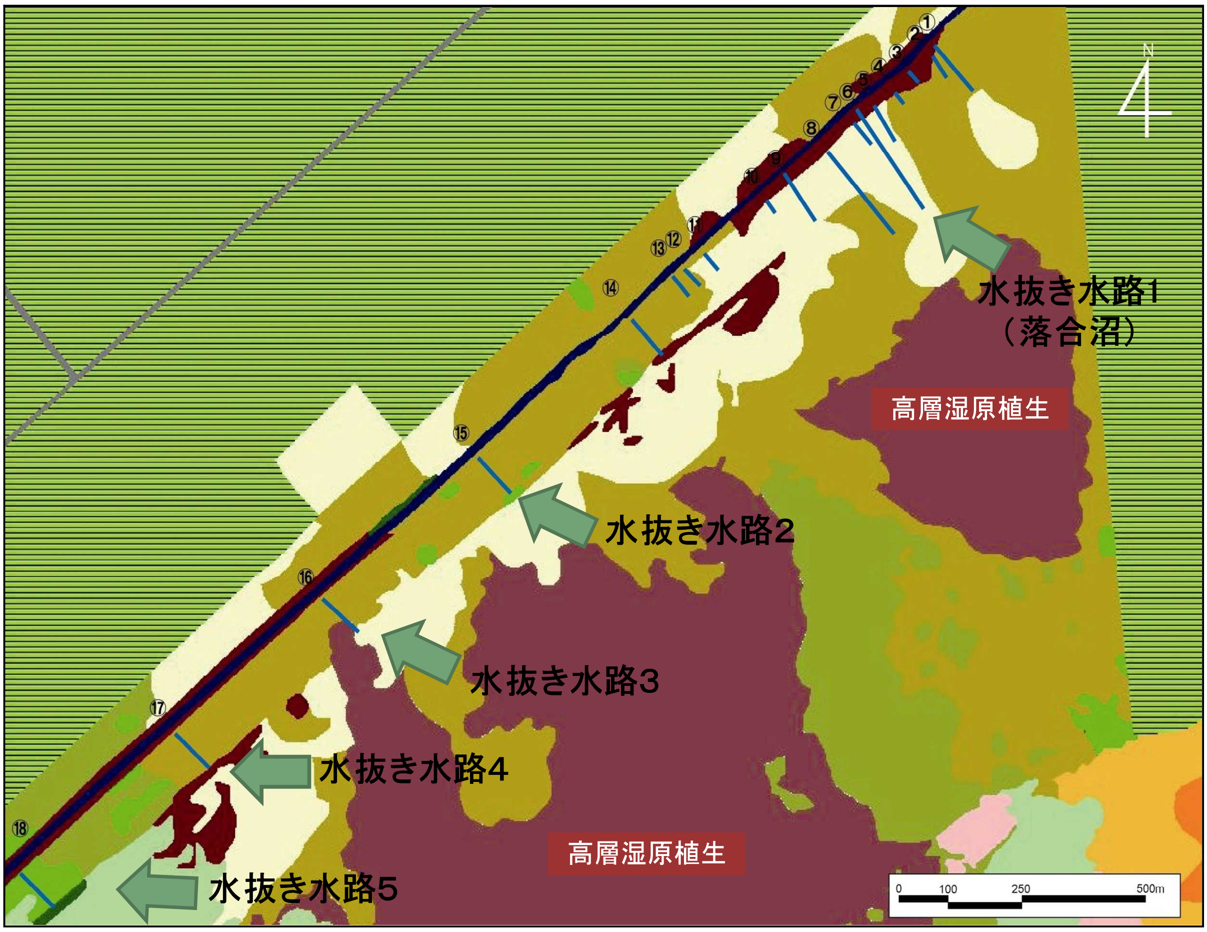
図Ⅱ.6.16 サロベツ川放水路周辺の概況（2000 年）



放水路南側（下側）に土砂が排出された跡が見える。

図Ⅱ.6.17 サロベツ川放水路周辺の航空写真（1970 年）

出典：平成 22 年度サロベツ水抜き水路堰き止め工調査設計等業務



図Ⅱ.6.18 水抜き水路周辺の植生

出典：平成 22 年度サロベツ水抜き水路堰き止め工調査設計等業務

2) 堰き止め対象水路

2010 年度業務において水抜き水路における現況調査が実施され、堰き止め対象とする水抜き水路の考え方が整理された。

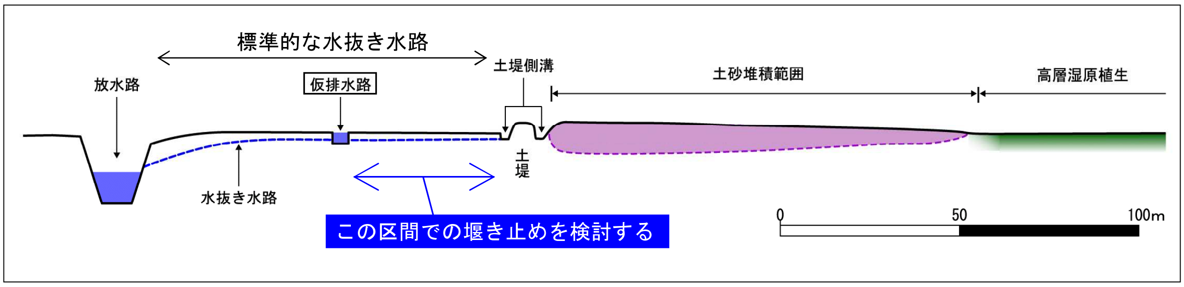
その結果、調査で確認された 18 箇所の水路のうち、堰き止め対象の水路として 5 箇所の水路が選定された。以下にその選定の考え方を示す。

(1) 湿原からの水分流出に及ぼす影響が大きく、堰き止め工によって後背の高層湿原域の地下水位低下を抑制する効果が期待できる「標準的な水抜き水路」を堰き止めの検討対象とする。

(2) 湿原からの水分流出に及ぼす影響が小さいと考えられる「相対的に短い水路」は堰き止めの対象外とする。

(3) 放水路開削時に地すべり崩壊が発生した部分は、堰き止めに伴う地下水位の上昇によって地盤の不安定化を招くおそれがあることから、新たな堰き止めは実施しない。

(4) 仮排水路部分からの地盤の亀裂拡大が一部で確認されていることから、地下水位の上昇に伴う地盤の不安定化を回避するため、仮排水路よりも下流側は手をつけず、上流側での堰き止めを検討する。



堰き止め対象水路

水抜き水路 1（落合沼）、水路 2、水路 3、水路 4、水路 5

図Ⅱ.6.19 水抜き水路位置図

3）堰き止め事業実施状況

堰き止め対象である5箇所の水抜き水路のうち、水抜き水路1、2については既に仮堰上げの検証ののち、堰き止め工が施工されており、その実施状況は以下に示すとおりである。

今年度は、水抜き水路1、2の地下水位、植物等の継続モニタリングを行うとともに、それ以外の水抜き水路3、4、5について、仮堰上げのための調査、検討を行った。

表Ⅱ.6.7 水抜き水路の堰き止め実施状況

水路名称	検討の実施状況	2011年度調査実施内容
水抜き水路1 （落合沼）	2005年11月　仮堰上げ実施 2010年5月　本堰き止め実施	・既設地下水位観測地点、植物コドラート地点の継続調査による堰き止め効果のモニタリング
水抜き水路2	2005年11月　仮堰上げ実施 2011年6月　本堰き止め （盛土実施）	・既設地下水位観測地点の継続調査による堰き止め効果のモニタリング
水抜き水路3	2010年度 仮堰き止め位置の検討実施 →旧河川跡の影響を再検討	・旧河川跡の基盤条件調査 ・地下水流出量の推計 ・既設地下水位観測地点のモニタリング ・植物コドラートの新規設定、調査 ・仮堰上げの検討、実施
水抜き水路4	2010年度 事業実施対象水路として選定	・地下水位計の新規設置、調査 ・植物コドラートの新規設定、調査 ・仮堰上げの検討、実施
水抜き水路5	2010年度 事業実施対象水路として選定	・地下水位計の新規設置、調査 ・植物コドラートの新規設定、調査 ・仮堰上げの検討、実施

(2) 仮堰上げの検討調査

1) 現況把握調査項目

水抜き水路 3、4、5 の仮堰上げを検討するため、下記の現況把握調査を行った。

表Ⅱ.6.8 現況把握調査実施内容

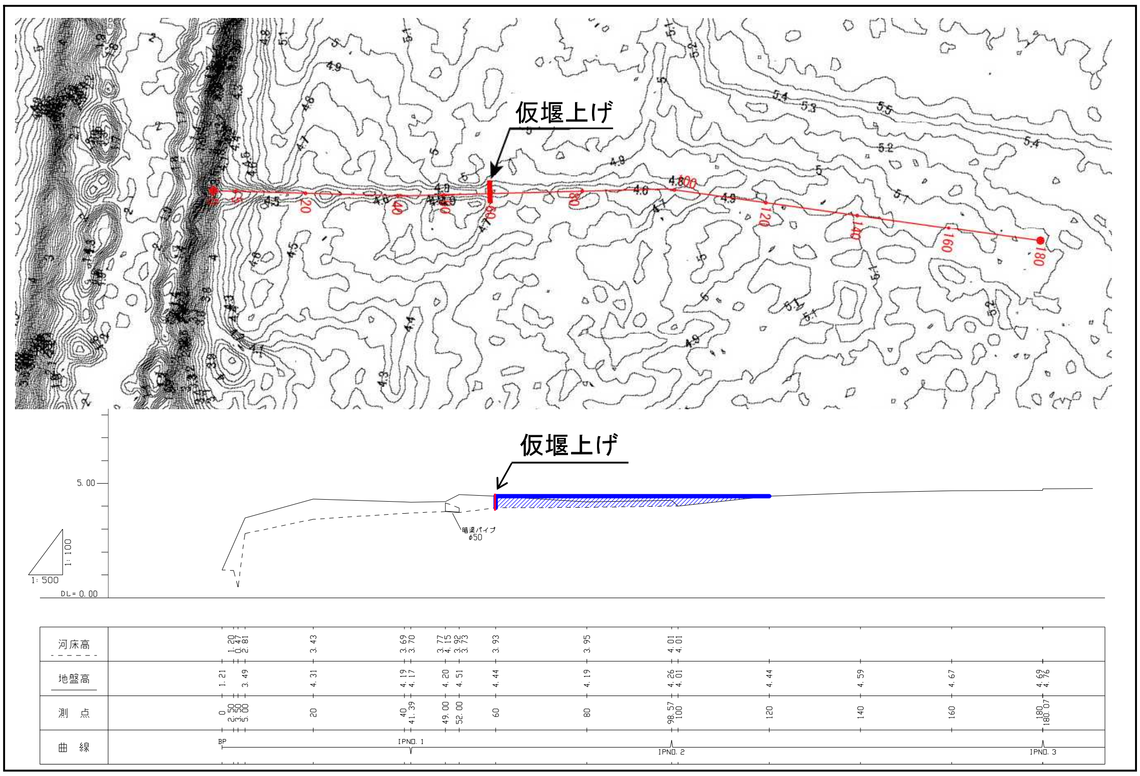
調査項目	内容
地形調査	水抜き水路 3 の地形把握（既往資料） 水抜き水路 4、5 の測量実施、縦横断図の作成
地下水位調査	水抜き水路 3 の地下水位変動の把握 水抜き水路 4、5 の地下水位計の新規設置（各 8 箇所）、データ回収
植物調査	水抜き水路 3、4、5 の植物コドラート新規設定、調査（8 箇所） ※地下水位計設置地点

2) 地形調査結果

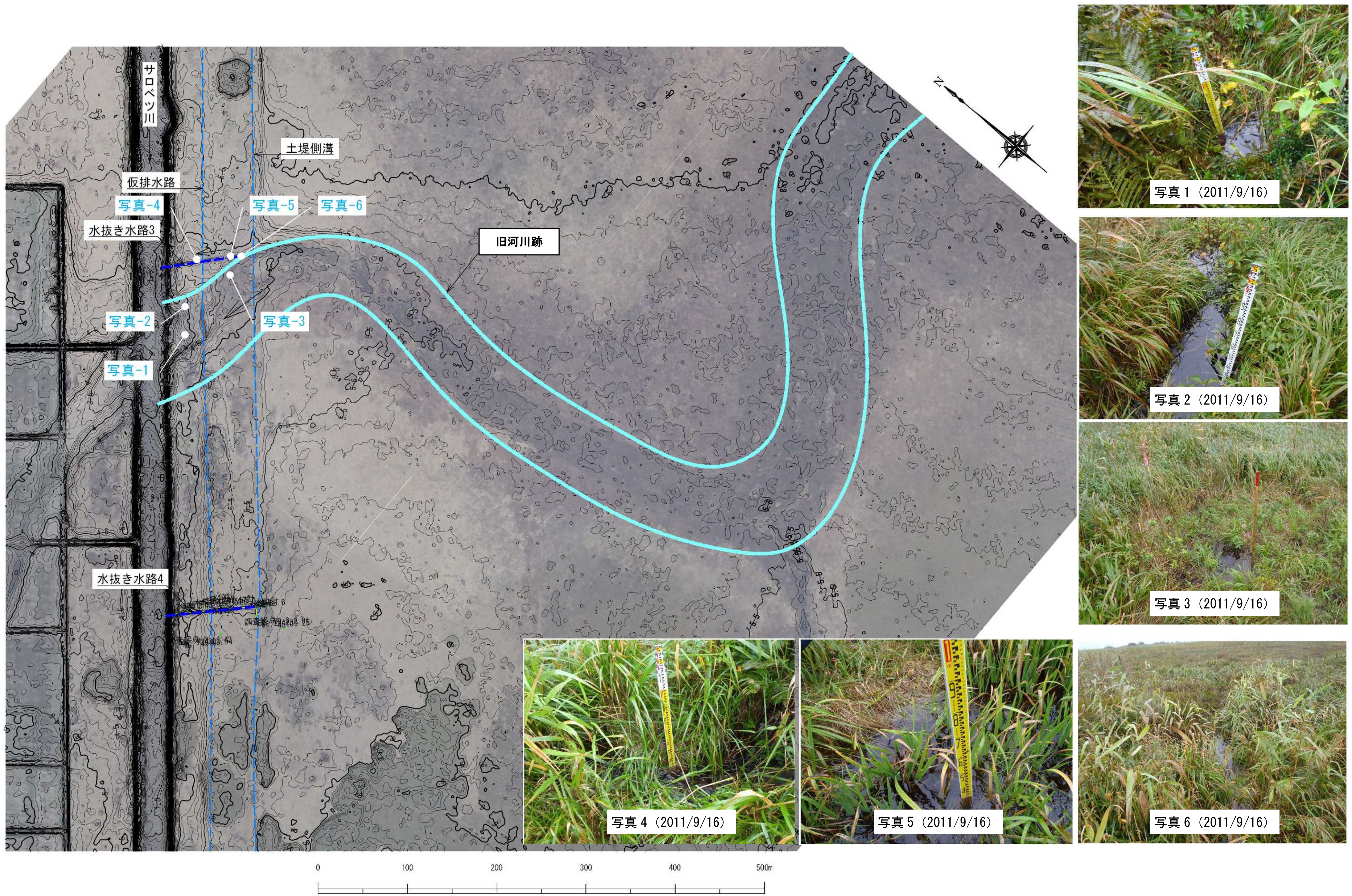
① 水抜き水路 3

水抜き水路 3 については、2010 年度業務の堰上げ検討図を参考にするとともに、平面図については、「平成 14 年度 サロベツ地区自然再生事業地形計測業務」成果の三次元標高データを用いて、GIS プログラムにより 0.1m 間隔の等高線図を作成し、オルソ画像と重ね合わせて作成した。

調査の結果、水抜き水路に隣接する旧河川跡は周辺に比べ地盤高が低く、周辺から表流水が集まりやすい状態であること、また、水抜き水路 3 については、旧河川跡の右岸端部に接続しており、放水路へ水を流出させていると考えられた。



図Ⅱ.6.20 水抜き水路 3 の堰上げ検討図(2010 年度業務)



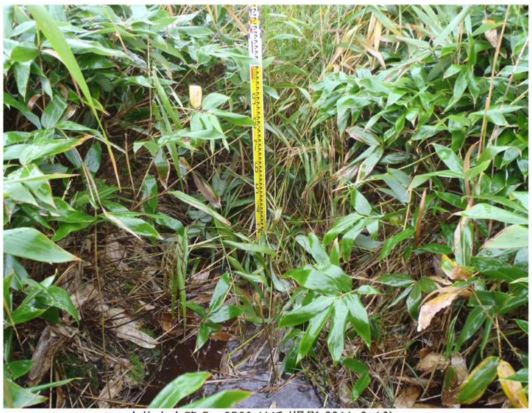
図Ⅱ.6.21 水抜き水路 3 及び旧河川跡の地形

② 水抜き水路 4、5

水抜き水路 4、5 については、縦横断測量の実施により地形を把握し、成果は前項のとおりである。なお、より詳細に地形を把握するため、平面図については、測量図をベースに、「平成 14 年度 サロベツ地区自然再生事業地形計測業務」成果の三次元標高データを用いて、GIS プログラムにより 0.1m 間隔の等高線図を作成し、オルソ画像と重ね合わせて地形図面を作成した。

基本的な地形は水抜き水路 2、3 等と同様であり、サロベツ放水路に合流する直前で大きく落ち込む縦断形状であった。なお水路の河床は枯死したヨシ等の植物の堆積が多く、目視では流水が確認しにくい状況であった。

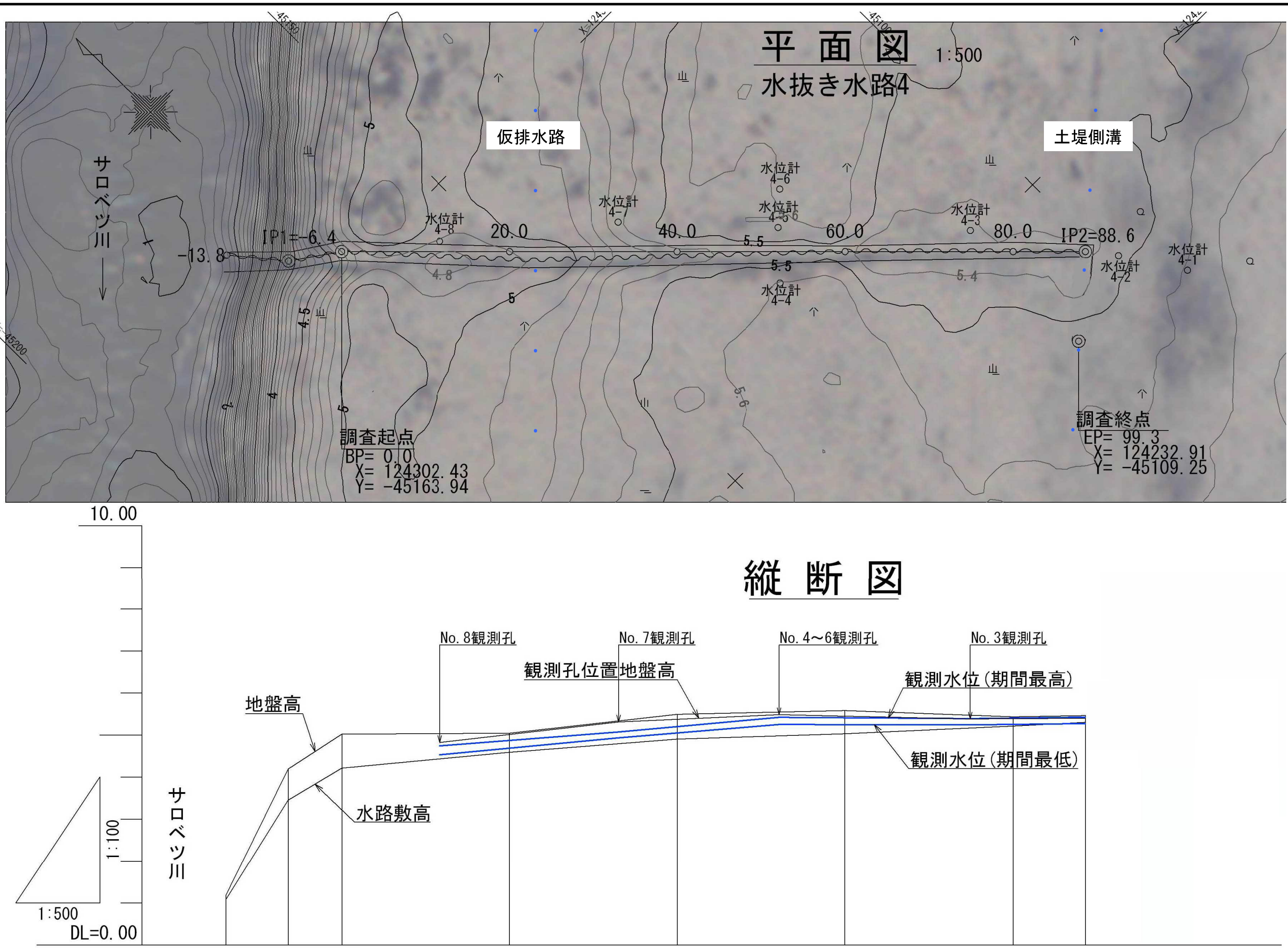

水抜き水路 4　SP40 付近(撮影 2011.9.16)


水抜き水路 5　SP30 付近(撮影 2011.9.16)


水抜き水路 4　SP70 付近(撮影 2011.9.16)

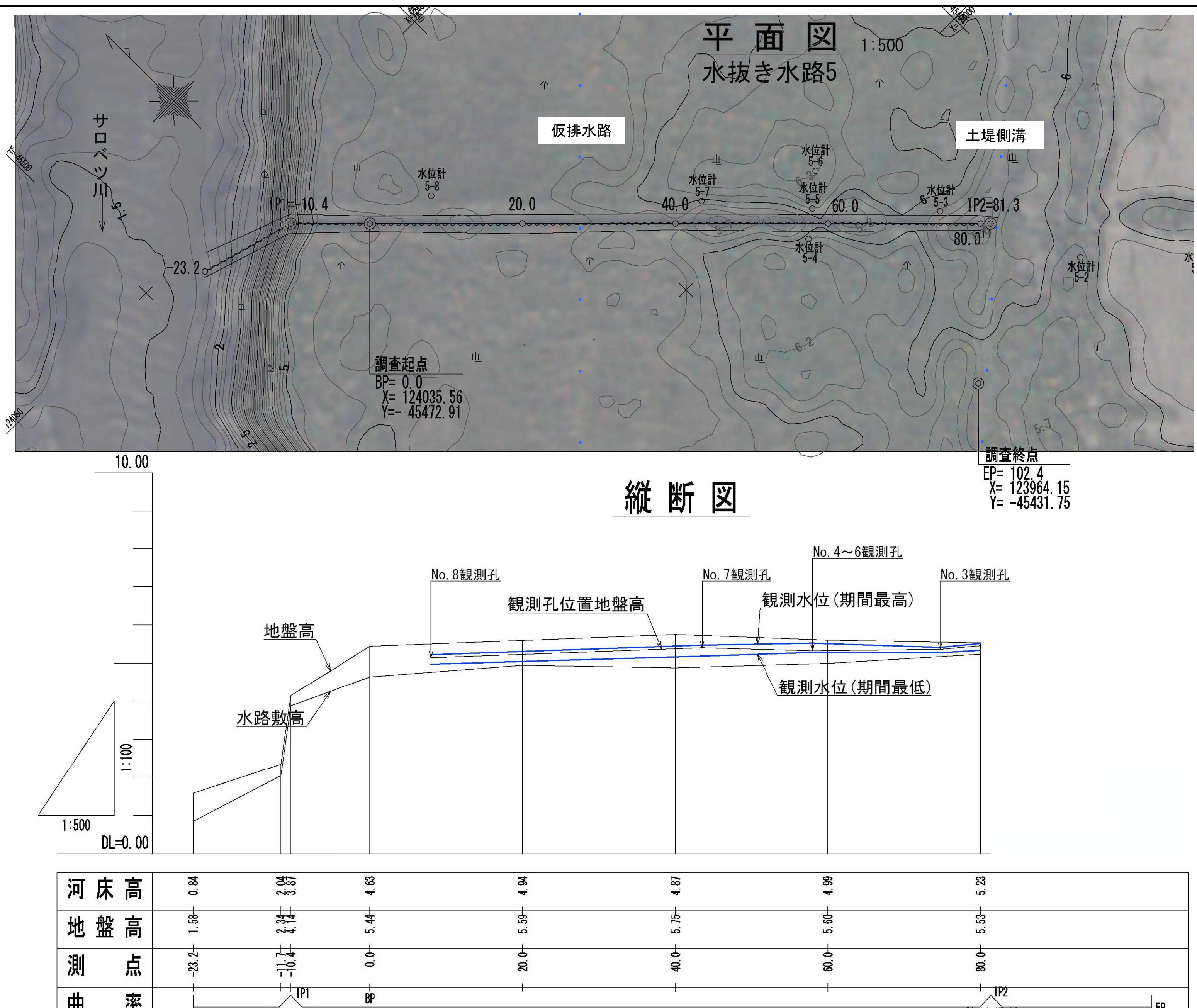

水抜き水路 5　SP60 付近(撮影 2011.9.16)

写真Ⅱ.6.4 水抜き水路 4、5 の河床状況（9 月）



河床高	1.08	3.45	4.21	4.59	4.90	5.03	5.21	5.30
地盤高	1.18	4.19	5.02	5.04	5.49	5.58	5.43	5.46
測点	-13.8	-6.4	0.0	20.0	40.0	60.0	80.0	88.6
曲率	IA=15-21-08 IP1	BP IA=9-57-39					IP2 IA=94-17-34	EP

図Ⅱ.6.22 水抜き水路４の地形

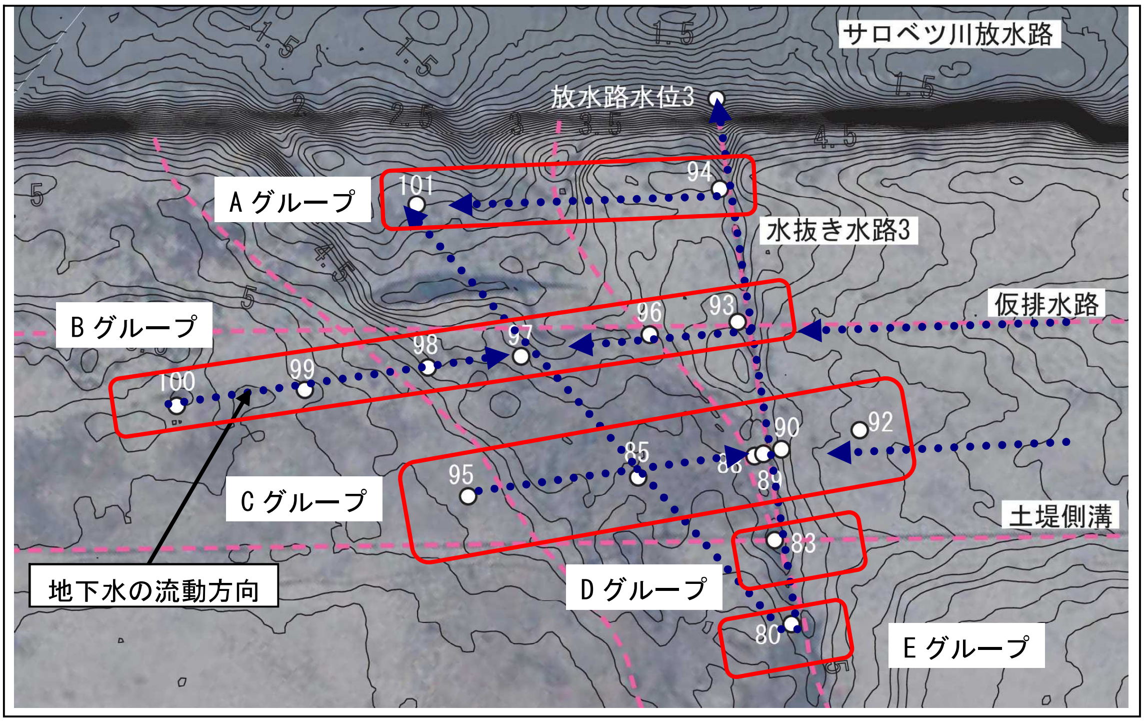


図Ⅱ.6.23 水抜き水路５の地形

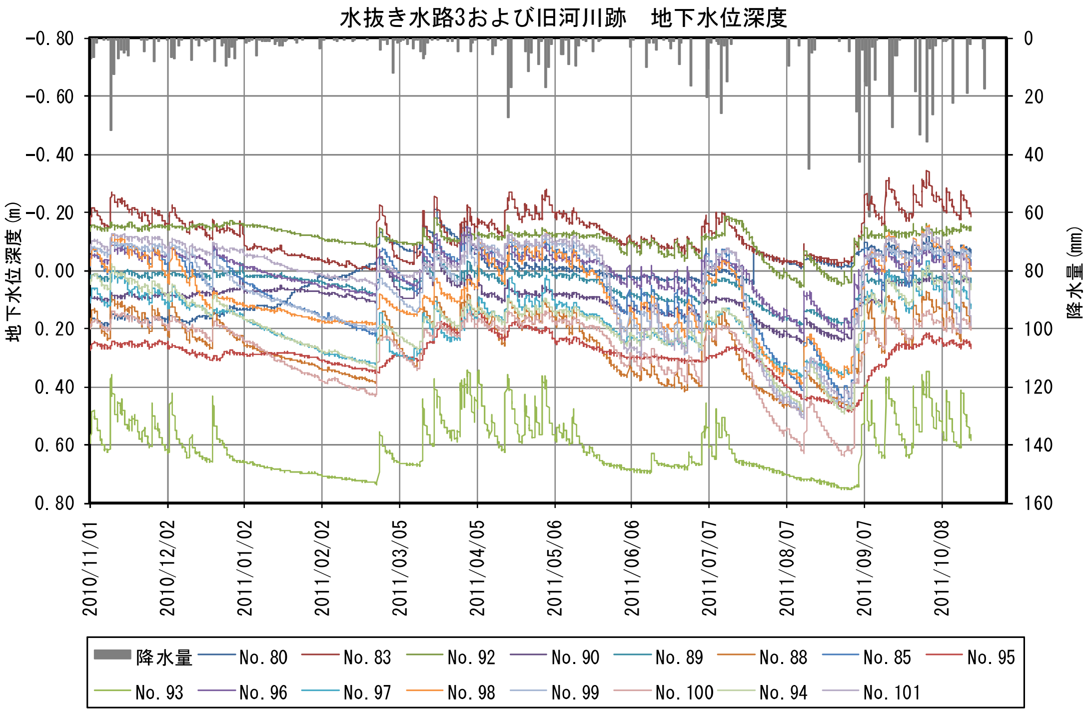
3) 地下水位調査結果

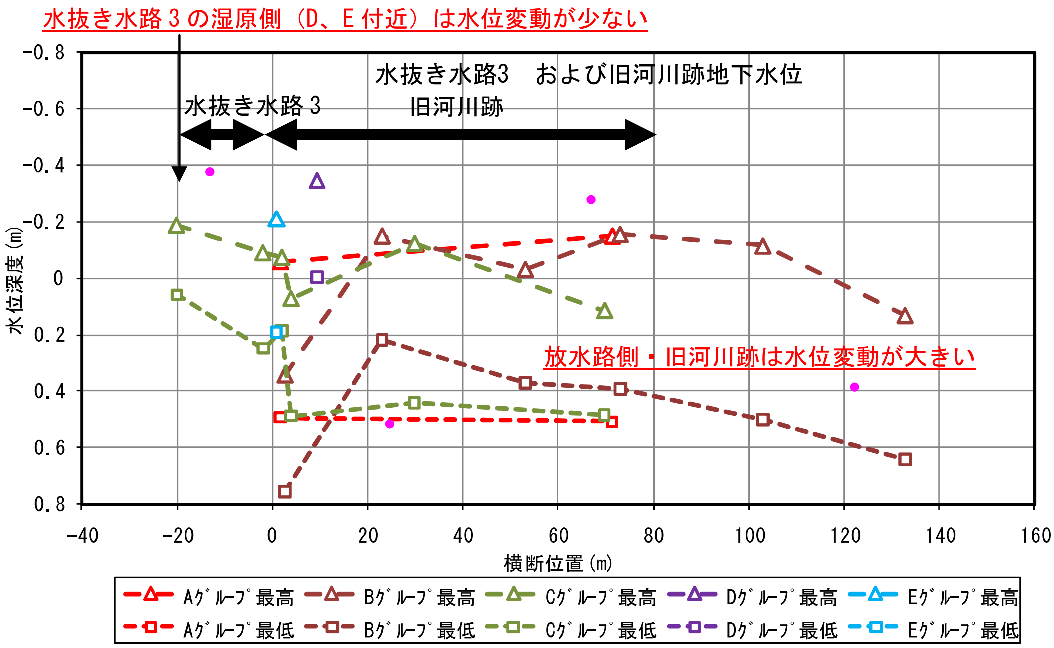
① 水抜き水路３

水抜き水路 3 の地下水位については、前述のとおり、水路を流れる表流水の影響で、比較的地下水位が高く保たれており、確実に放水路への水の流出が発生していることが確認されている。また、隣接する旧河川跡の地下水位が、水抜き水路 3 に比較して低いことから、旧河川跡についても地中を通って地下水が流出していると考えられる。水抜き水路 3、旧河川跡について、水位計が設置されている横断面でその動向を確認したところ、放水路岸から約 80mの C グループ地点では、旧河川跡に比較し、水抜き水路３の地下水位が低いことが確認された。したがって、旧河川跡を流れる地下水の一部が C 付近（放水路岸から 80m地点）において、水抜き水路３へ流れ込んでいると推測される。

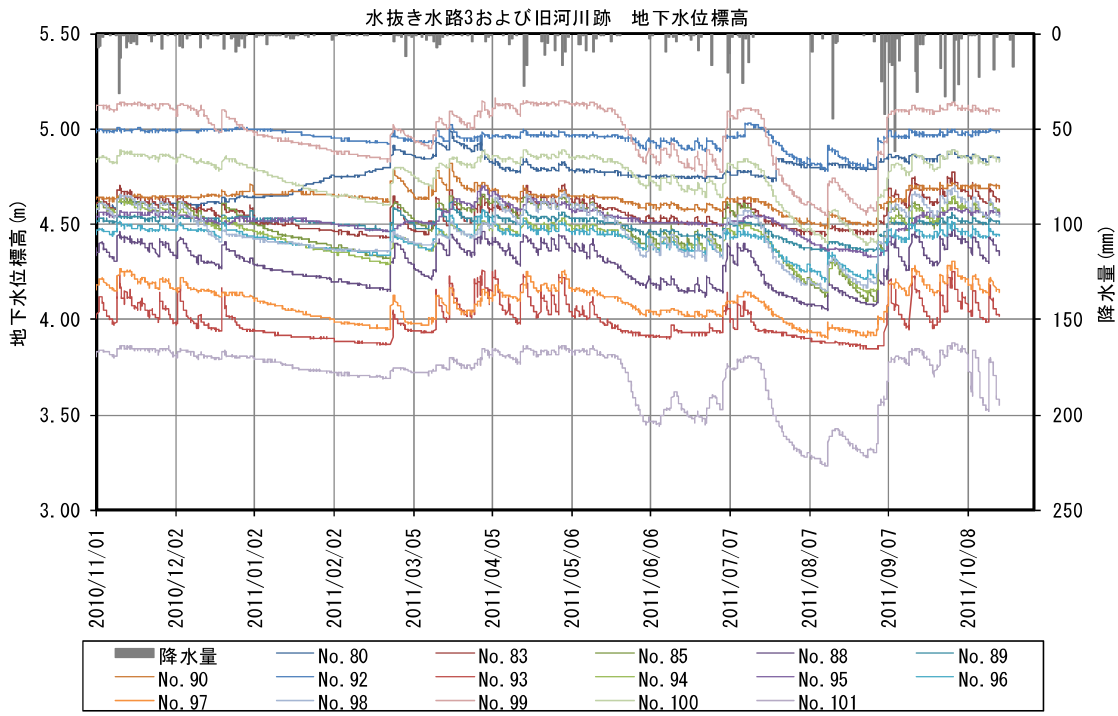


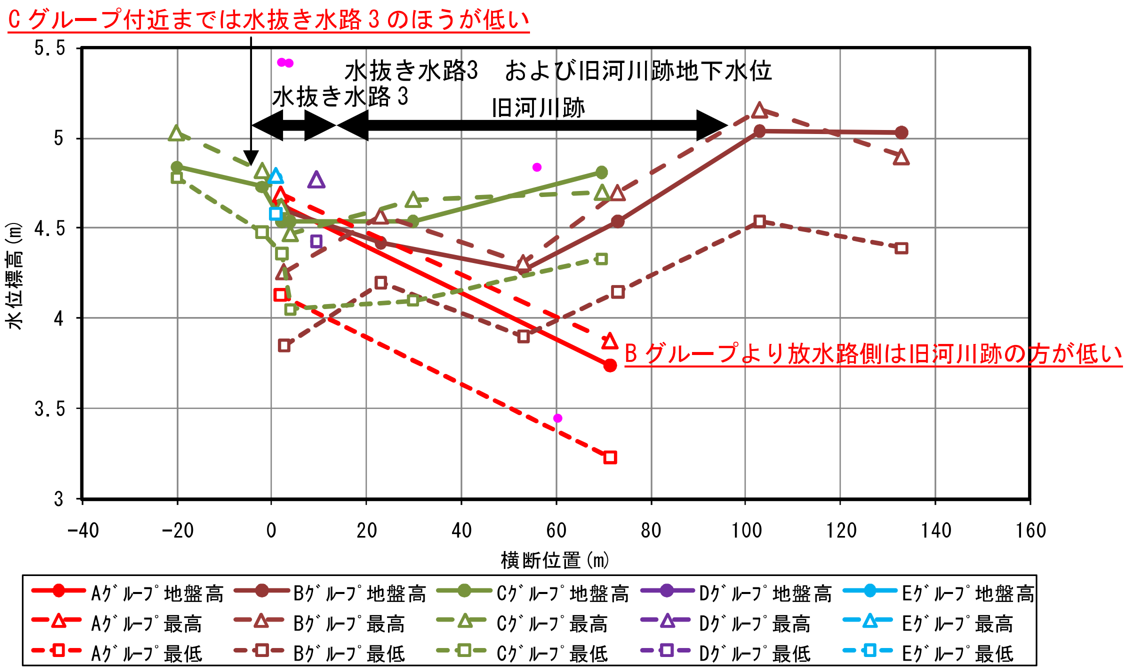
図Ⅱ.6.24 水抜き水路３の地下水位動向



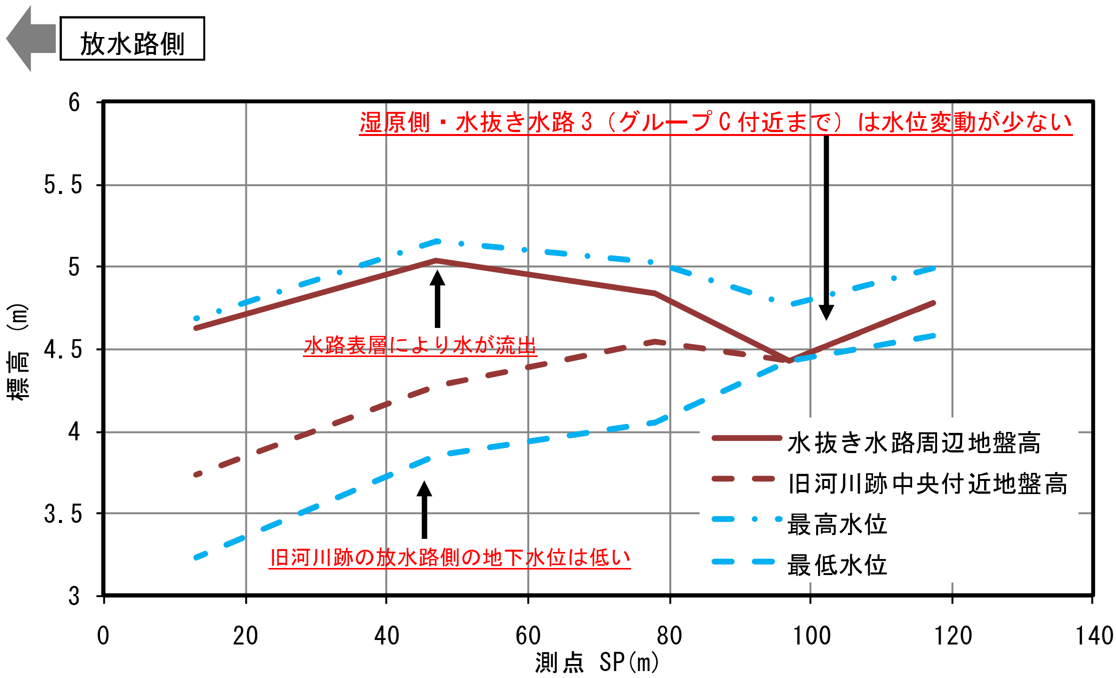


図Ⅱ.6.25 水抜き水路 3 及び旧河川跡の地下水位深度





図Ⅱ.6.26 水抜き水路3及び旧河川跡の地下水位標高



図Ⅱ.6.27 水抜き水路３及び旧河川跡の地下水位標高（縦断方向）

② 水抜き水路4､5

水抜き水路4、5については、地下水位計が設置されていないことから、仮堰上げの効果を検証するため、地下水位計の設置を行った。設置にあたっては、水路縦断方向に地下水位変化が顕著であることを踏まえ、縦断方向に重きを置き、各 8 地点設置した。また、設置後に動作確認も含め、地下水位計のデータを回収した。

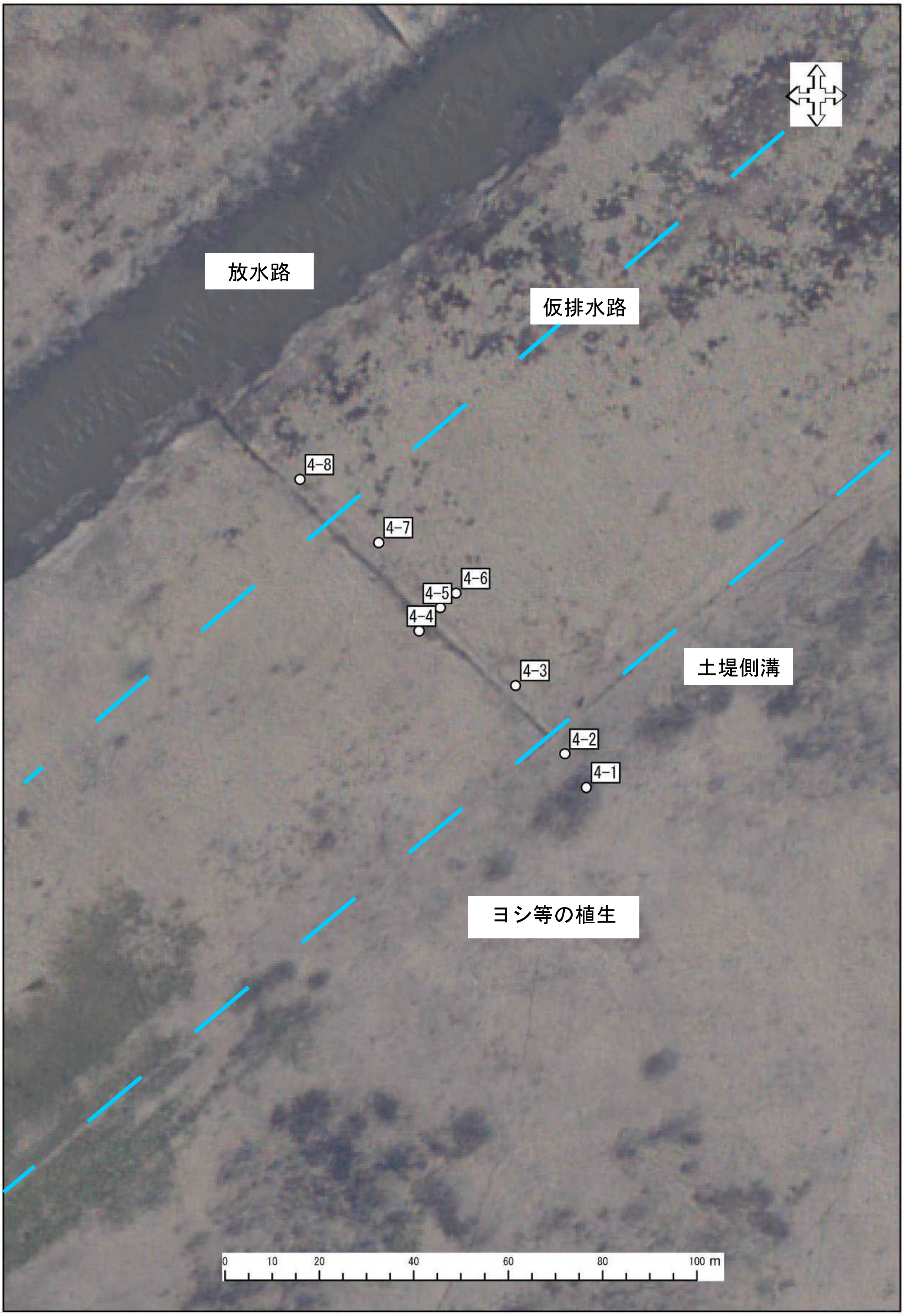
地下水位観測孔の位置等は以下に示すとおりである。

表Ⅱ.6.9 水抜き水路4の地下水位観測孔位置

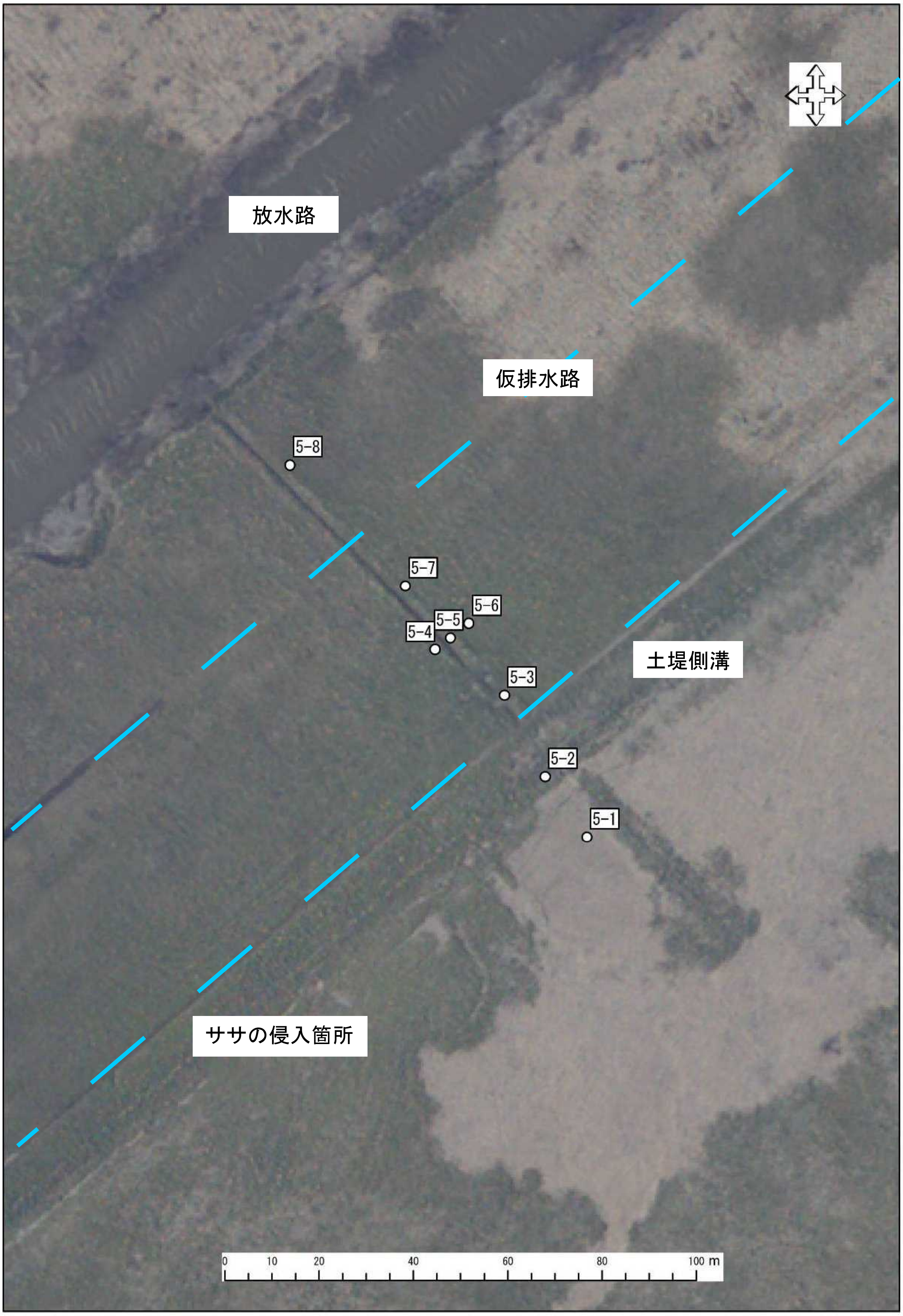
観測地点名	X座標	Y座標	観測地点 地盤高 （m）	観測孔 天端高 （m）
4-1	124229.773	-45094.111	5.557	6.198
4-2	124236.799	-45098.715	5.404	6.005
4-3	124251.379	-45109.106	5.379	5.979
4-4	124262.921	-45129.568	5.519	6.135
4-5	124267.771	-45125.061	5.480	6.174
4-6	124270.886	-45121.692	5.576	6.282
4-7	124281.660	-45138.103	5.305	5.888
4-8	124295.050	-45154.781	4.820	5.340

表Ⅱ.6.10 水抜き水路5の地下水位観測孔位置

観測地点名	X座標	Y座標	観測地点 地盤高 （m）	観測孔 天端高 （m）
5-1	123953.584	-45401.694	5.700	6.400
5-2	123966.325	-45410.593	5.768	6.455
5-3	123983.608	-45419.197	5.406	6.110
5-4	123993.287	-45433.930	5.533	6.123
5-5	123995.770	-45430.659	5.523	6.235
5-6	123998.874	-45426.708	5.524	6.153
5-7	124006.811	-45440.179	5.471	6.034
5-8	124032.422	-45464.680	5.224	5.804



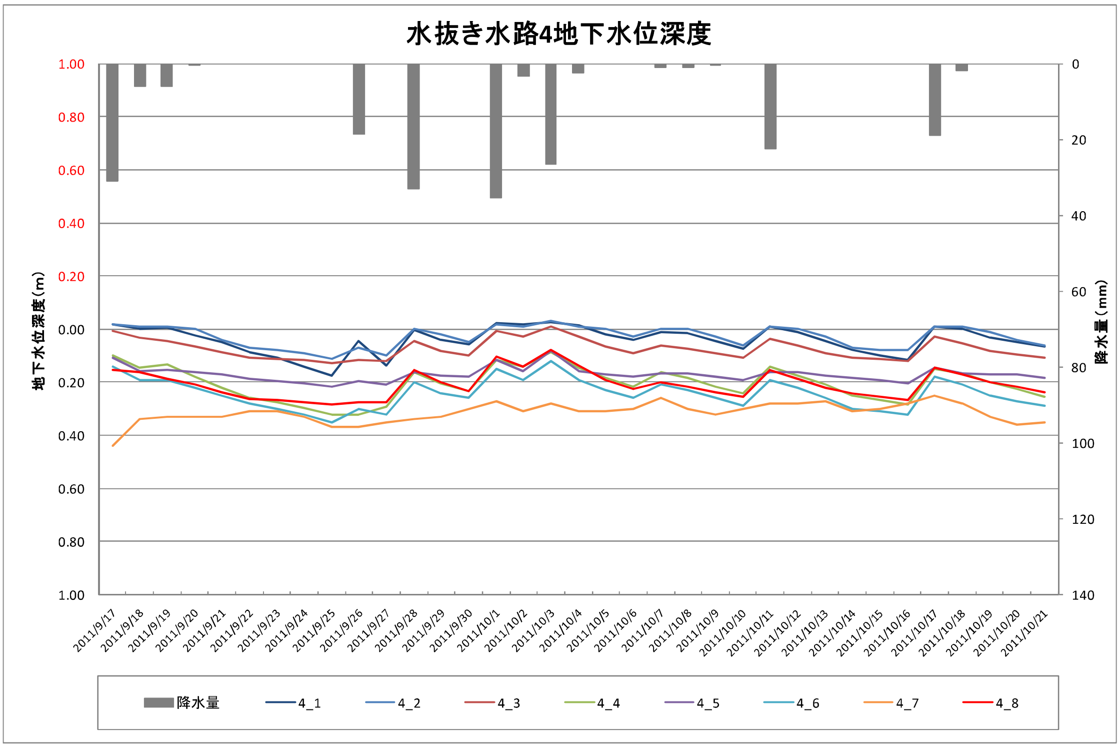
図Ⅱ.6.28 水抜き水路4の地下水位計設置地点（ベース図2000年航空写真）

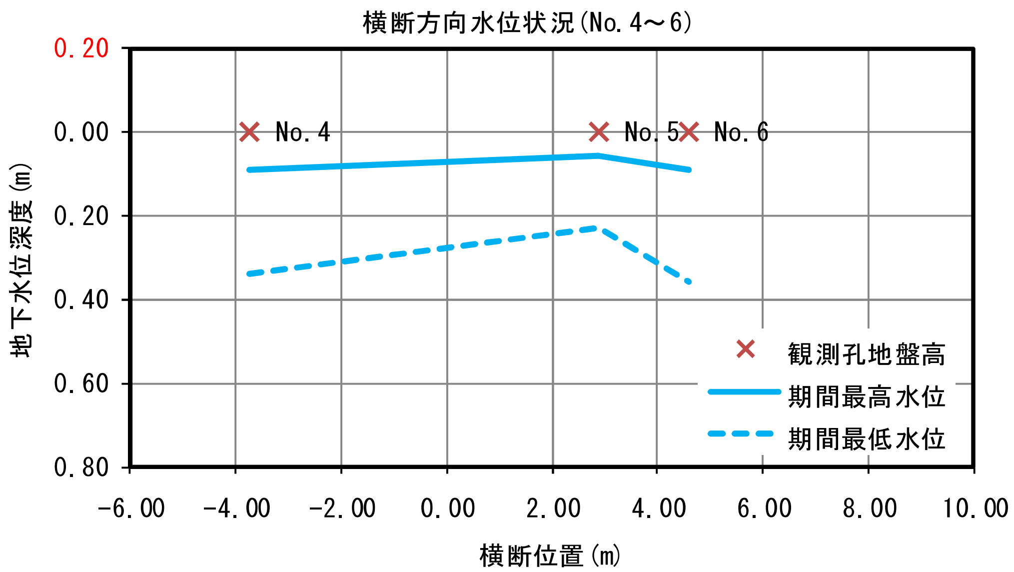


図Ⅱ.6.29 水抜き水路 5 の地下水位計設置地点（ベース図 2000 年航空写真）

地下水位計は機材の準備の都合により、9 月の設置となったため、回収したデータは 9 月～10 月までの 1 ヶ月間となった。1 ヶ月間の傾向をみると、水抜き水路 4、5 とも類似した動向となっており、変動範囲は GL+10cm 付近から GL-40cm の範囲となった。

縦断方向に関しては、水抜き水路 2 や 3 と同様に、放水路に近づくにしたがって地下水位が深くなる傾向となった。





図Ⅱ.6.30 水抜き水路 4 の地下水位深度