

土壌断面の写真



写真 6.1.13 №1 土壌断面



写真 6.1.14 №1 表層の剥離



写真 6.1.15 №2 土壌断面



写真 6.1.16 №2 土壌断面



写真 6.1.17 №3 土壌断面

(2) 浸食・堆積状況調査

図 6.1.6 に、試験区毎に調査期間中の地表変動の最大値から最小値までの幅を示した。変動量がマイナスだと、調査開始時より浸食を受けて地表が削れていたこと、プラスだと堆積していたことを示す。

これをみると、「裸地」と植物が非常にまばらに生えている「ミカヅキグサ群落前線部」では、浸食傾向にあり、浸食量が多いところでは、8 cm も地表が削れていた。それに対して、「ミカヅキグサ群落密生部分」、「ヨシ群落」、「ヌマガヤ群落」は変動量が少なく裸地とくらべて安定した環境であることが示された。

なお、各調査地点における設置したピンごとの測定結果は資料編に添付した。

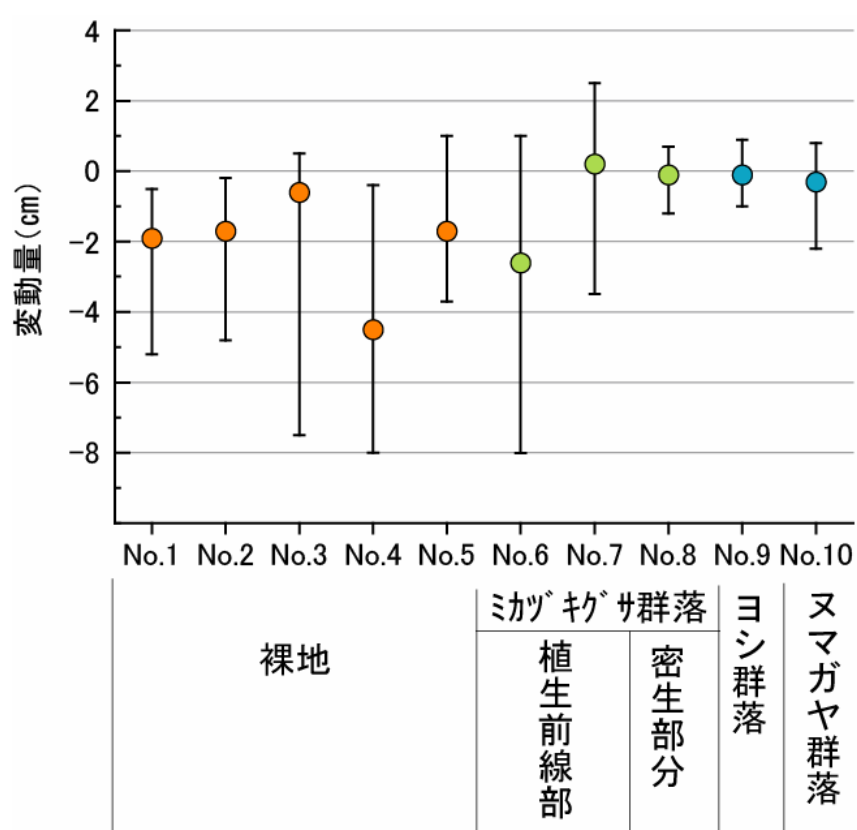


図 6.1.6 7月29日～11月9日間の地表の変動量

現地写真



写真 6.1.18 №1 近景 7月（設置時）



写真 6.1.19 №1 真上 7月（設置時）



写真 6.1.20 №1 近景 9月



写真 6.1.21 №1 真上 9月



写真 6.1.22 №1 近景 11月



写真 6.1.23 №1 真上 11月



写真 6.1.24 №2 近景 7月 (設置時)



写真 6.1.25 №2 真上 7月 (設置時)



写真 6.1.26 №2 近景 9月



写真 6.1.27 №2 真上 9月



写真 6.1.29 №2 真上 11月



写真 6.1.30 №3 近景 7月 (設置時)



写真 6.1.31 №3 真上 7月 (設置時)



写真 6.1.32 №3 近景 9月



写真 6.1.33 №3 真上 9月



写真 6.1.34 №3 近景 11月



写真 6.1.35 №3 真上 11月



写真 6.1.36 №4 近景 7月 (設置時)



写真 6.1.37 №4 真上 7月 (設置時)



写真 6.1.38 №4 近景 9月



写真 6.1.40 №4 近景 11月



写真 6.1.41 №4 真上 11月



写真 6.1.42 №5 近景 7月 (設置時)



写真 6.1.43 №5 真上 7月 (設置時)



写真 6.1.44 №5 近景 9月



写真 6.1.45 №5 真上 9月



写真 6.1.46 №5 近景 11月



写真 6.1.47 №5 真上 11月



写真 6.1.48 №6 近景 7月 (設置時)



写真 6.1.49 №6 真上 7月 (設置時)



写真 6.1.50 №6 近景 9月



写真 6.1.51 №6 真上 9月



写真 6.1.52 №6 近景 11月



写真 6.1.53 №6 真上 11月



写真 6.1.54 №7 近景 7月 (設置時)

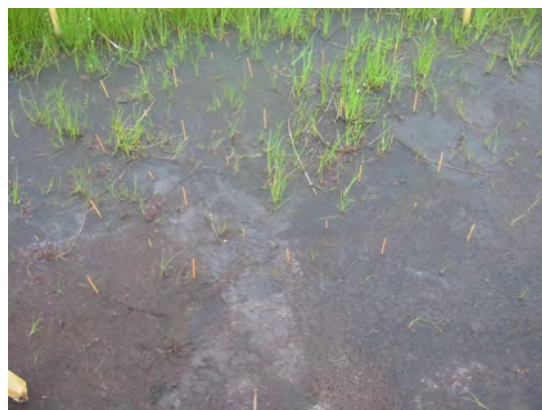


写真 6.1.55 №7 真上 7月 (設置時)



写真 6.1.56 №7 近景 9月



写真 6.1.57 №7 真上 9月



写真 6.1.58 №7 近景 11月



写真 6.1.59 №7 真上 11月



写真 6.1.60 №8 近景 7月 (設置時)



写真 6.1.61 №8 真上 7月 (設置時)



写真 6.1.62 №8 近景 9月



写真 6.1.63 №8 真上 9月



写真 6.1.64 №8 近景 11月

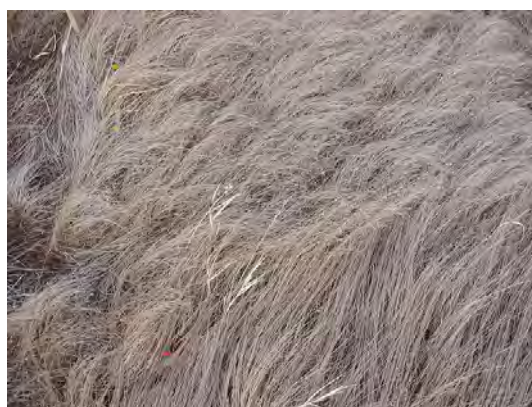


写真 6.1.65 №8 真上 11月



写真 6.1.66 №9 近景 7月 (設置時)



写真 6.1.67 №9 真上 7月 (設置時)



写真 6.1.68 №9 近景 9月



写真 6.1.69 №9 真上 9月



写真 6.1.70 №9 近景 11月



写真 6.1.71 №9 真上 11月



写真 6.1.72 №10 近景 7月 (設置時)



写真 6.1.73 №10 真上 7月 (設置時)



写真 6.1.74 №10 近景 9月



写真 6.1.75 №10 真上 9月



写真 6.1.76 №10 近景 11月



写真 6.1.77 №10 真上 11月

(3) 裸地における植物定着メカニズムの推定

平成17年度業務において、地下水の水質、地下水位、含水比の調査結果および現地観察から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の定着メカニズムを推定した。平成18年度業務では、さらに表層の土壌水分と浸食状況についてデータを得たので、これを加えて再度植物の定着メカニズムを推定した。

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、土中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、採面が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。
- ・ 採面の地下水位は、植物の生育が困難になるほど低くはない
- ・ 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
- ・ 降雨後は水が流れて表層が攪乱される
- ・ 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
- ・ 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、ペースト状泥炭が厚く堆積している箇所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劣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かなり高くなり、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。

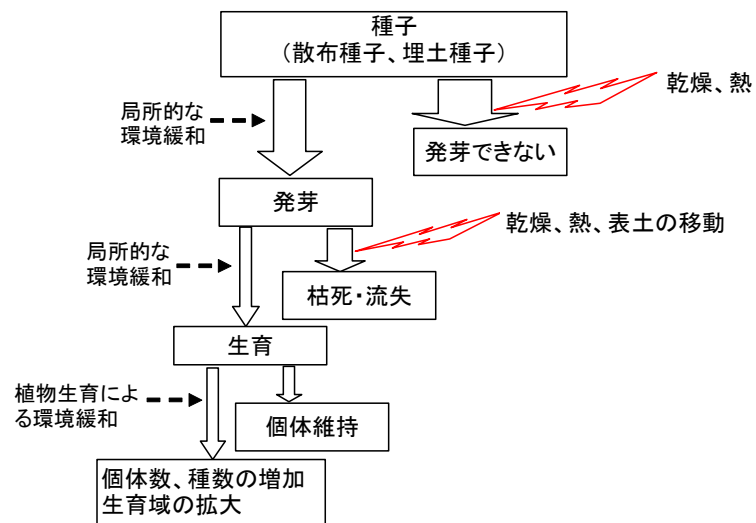


図 6.1.7 水面閉塞後の採面（泥炭が厚く堆積している場合）における植物定着の機構

6.2 開水面への陸域形成に関する情報取得

6.2.1 深度分布およびブロック状泥炭の分布調査

(1) 調査方法

現在水域となっている採面に、採面を横断する測線を設け、測線に沿って2 m間隔で水深と水中に堆積するブロック状泥炭の堆積厚を調査した。水域となっている採面の水中では、泥炭採掘時の工場に送られずに残ったブロック状泥炭が底部に浮遊しながら緩く堆積している。調査では、スタッフで堆積しているブロック状泥炭の上部と掘削面の底部の深さを計測した（図 6.2.1）。

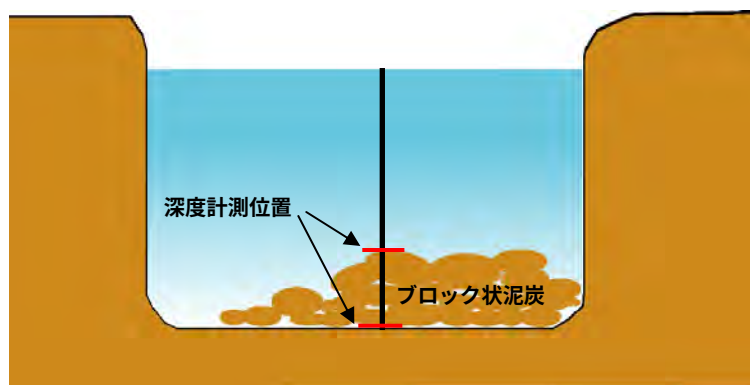
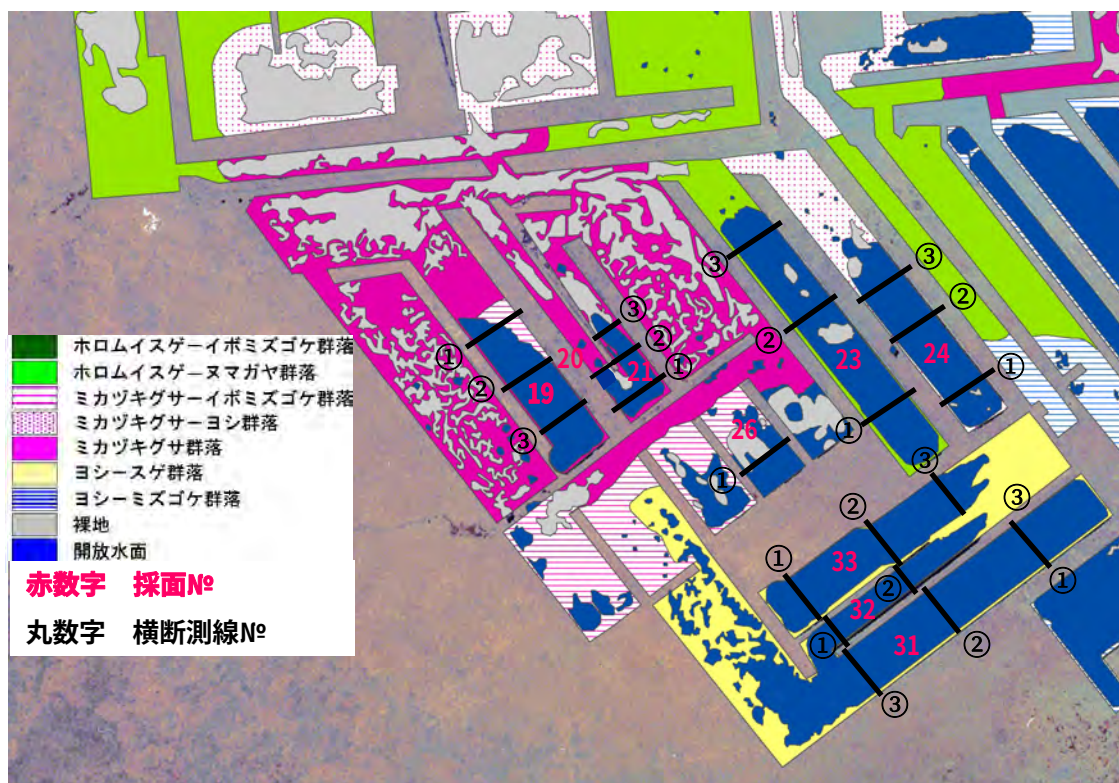


図 6.2.1 深度およびブロック状泥炭堆積厚の計測位置

調査測線の位置を図 6.2.2 に示す。採面№19、№20・21 は、開水面が部分的に残り水深が比較的浅いと推定されるため、今後陸域を形成する候補地となる採面である。この採面に設けた測線は、陸域を形成するための基礎情報として、水際から水底にかけての深度分布を把握するために設置した。

その他の採面は、開水面に陸域を形成する際の埋め立て材料として利用可能なブロック状泥炭の賦存量を推定するために設置した。調査は 2006 年 9 月 20 日～22 日に実施した。



採面№	区分
19、20、21	陸域形成候補地
23、24、26、31、32、33	埋め立て材料（ブロック状泥炭）供給候補地

図 6.2.2 泥炭採掘跡地 調査測線位置

(2) 調査結果

1) 陸域形成候補地における深度分布

№19 および№20,21 における計測結果を図 6.2.3 に示す。各測線の概要を以下に述べる。

①採面№19

採面№19 は、北側が陸化しており、南側半分に開水面が残っている。測線№19-①は採面の横断面の東側半分が陸化している箇所、測線№19-②は陸化している部分の最前縁、測線№19-③は全て開水面の箇所に設定した。

測線№19-①は、水深は一律に 4.5m程度であった。ブロック状泥炭は、西側の水際および東側の陸化した部分との際から 4~6mでは厚さ約 1.5~2.0mで堆積しており、これより中心側では厚さ 0.5m程度であった。

測線№19-②は、水深は 4.0~5.0m程度であった。ブロック状泥炭は、両岸際で厚さ約 1.5m以上で堆積し、これより中心側では厚さ 1.0m以下であった。なお、西岸から 2.0mまでは 4m近く堆積していた。

測線№19-③は、水深は 4.0m程度であった。ブロック状泥炭は、東岸際で約 3.0m堆積し、西から 12m地点で局所的に陸化していることを除くと、全体に堆積厚は薄く 0.5 m以下であった。

②採面№20、21

採面№20 と 21 も採面№19 と同様に北側が陸域化し、南側に開水面が残っている。ただ、採面の幅が採面№19 の約半分であり、水面が閉塞している割合が高い。測線№20、21-①は南部の全て開水面の箇所に設定した。測線№20、21-③は、両岸際に浮島が形成している箇所に設置した。なお、採面№20 側は陸域化していたので№21 側でのみ計測した。測線№20、21-②は、両測線の間中に設置した。

測線№20、21-①は、水深は 3.5m前後であり、ブロック状泥炭は全体的に約 1.5m程度堆積していた。特に岸際では 3.0m以上堆積していた。

測線№20、21-②も、水深は 3.5m前後であり、ブロック状泥炭は全体的に約 1.5m程度と厚く堆積していた。

測線№20、21-③は、水深は 3.0m前後であり、ブロック状泥炭は東岸際で厚さ 2.0 m程度堆積している他は 1.0m以下であった。

以上の結果から、ブロック状泥炭を投入して陸域を形成することを想定すると、採面№19 に較べて採面№21・22の方が、ブロック状泥炭が既に水中に厚く堆積しているので効率的に陸域を形成できると考えられる。

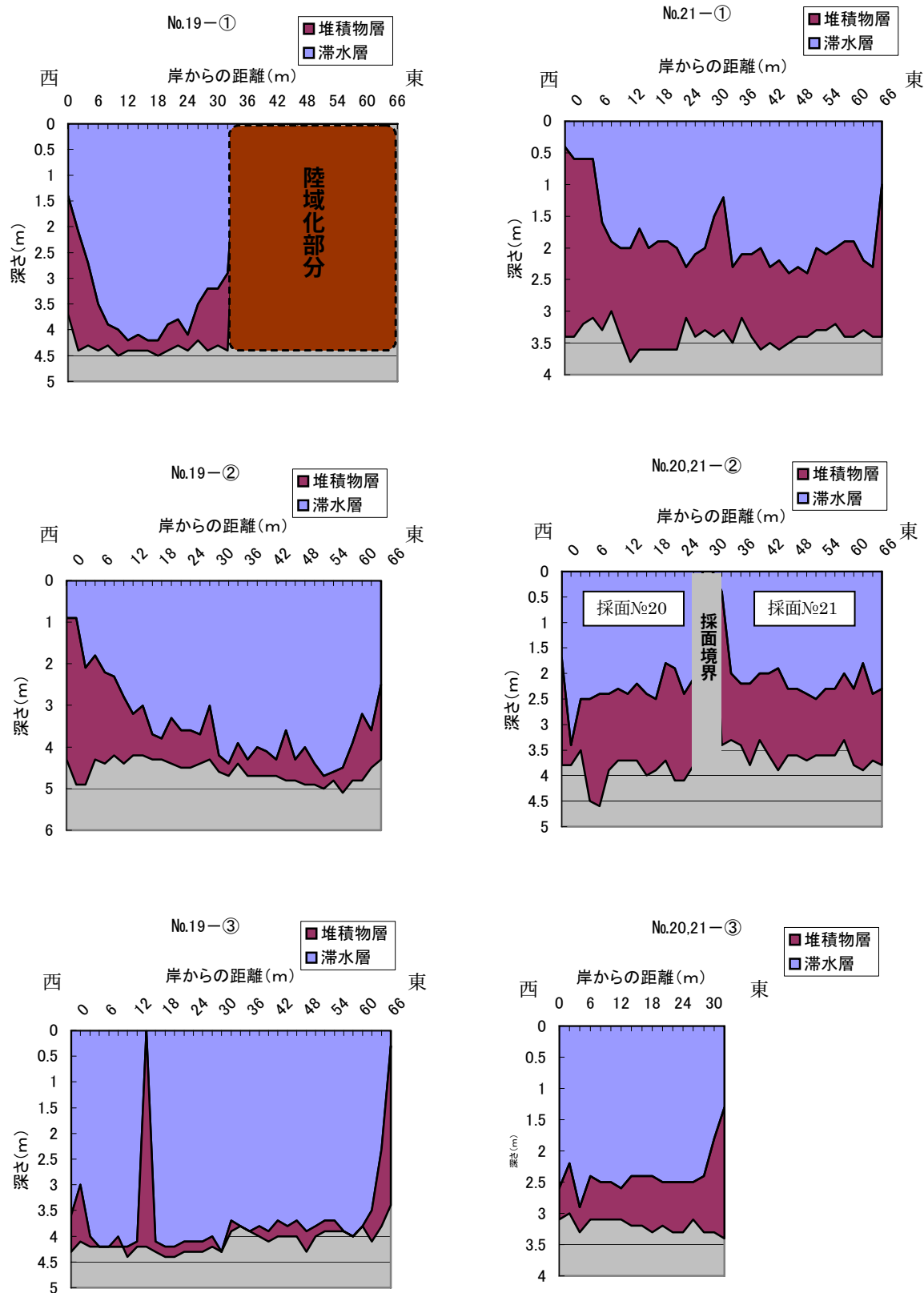


図 6.2.3 横断測線における地形・ブロック状泥炭堆積計測結果

2) ブロック状泥炭の賦存量

各採面における計測結果を図 6.2.4～6.2.6 に示す。

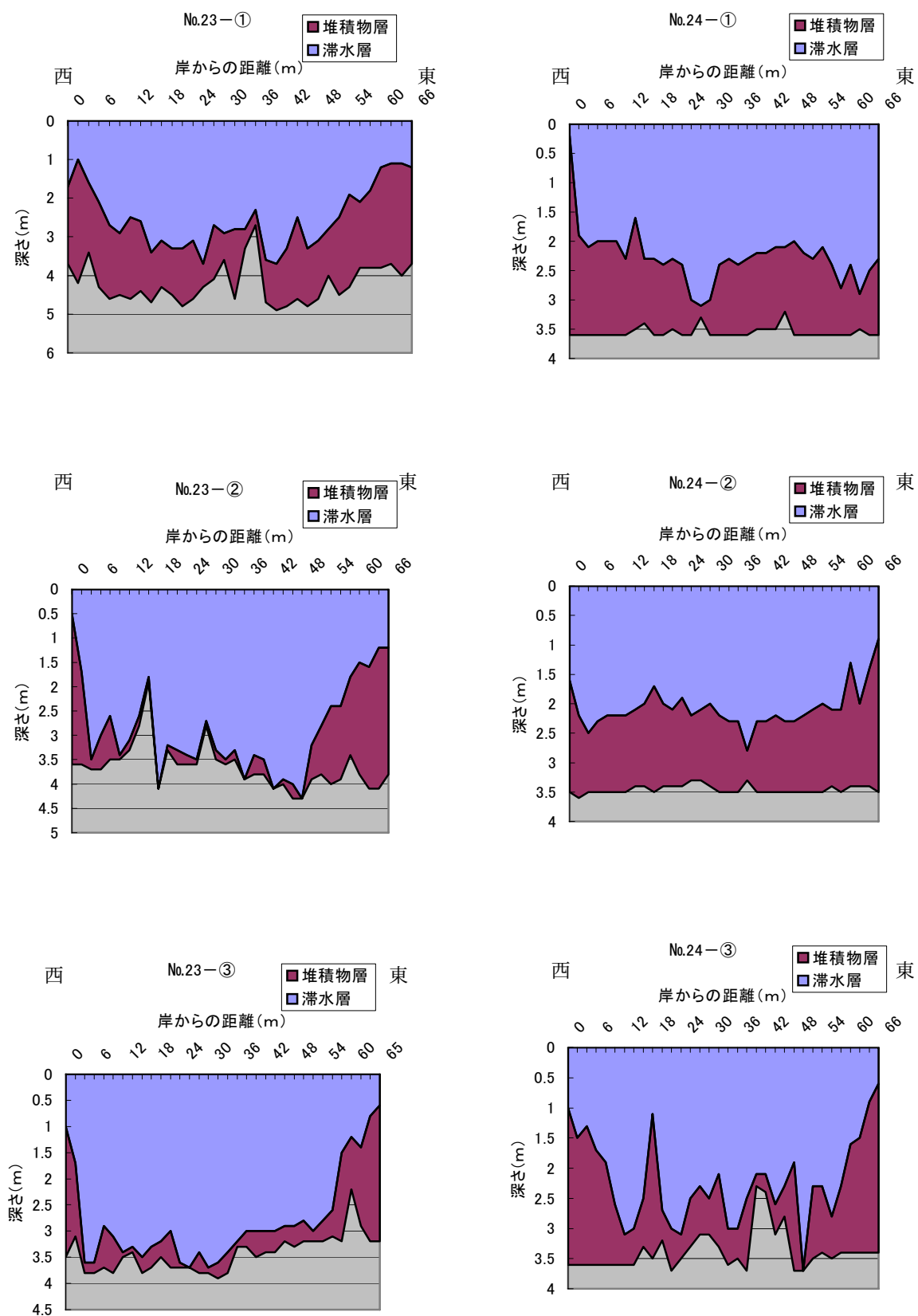


図 6.2.4 横断測線における地形・ブロック状泥炭堆積計測結果

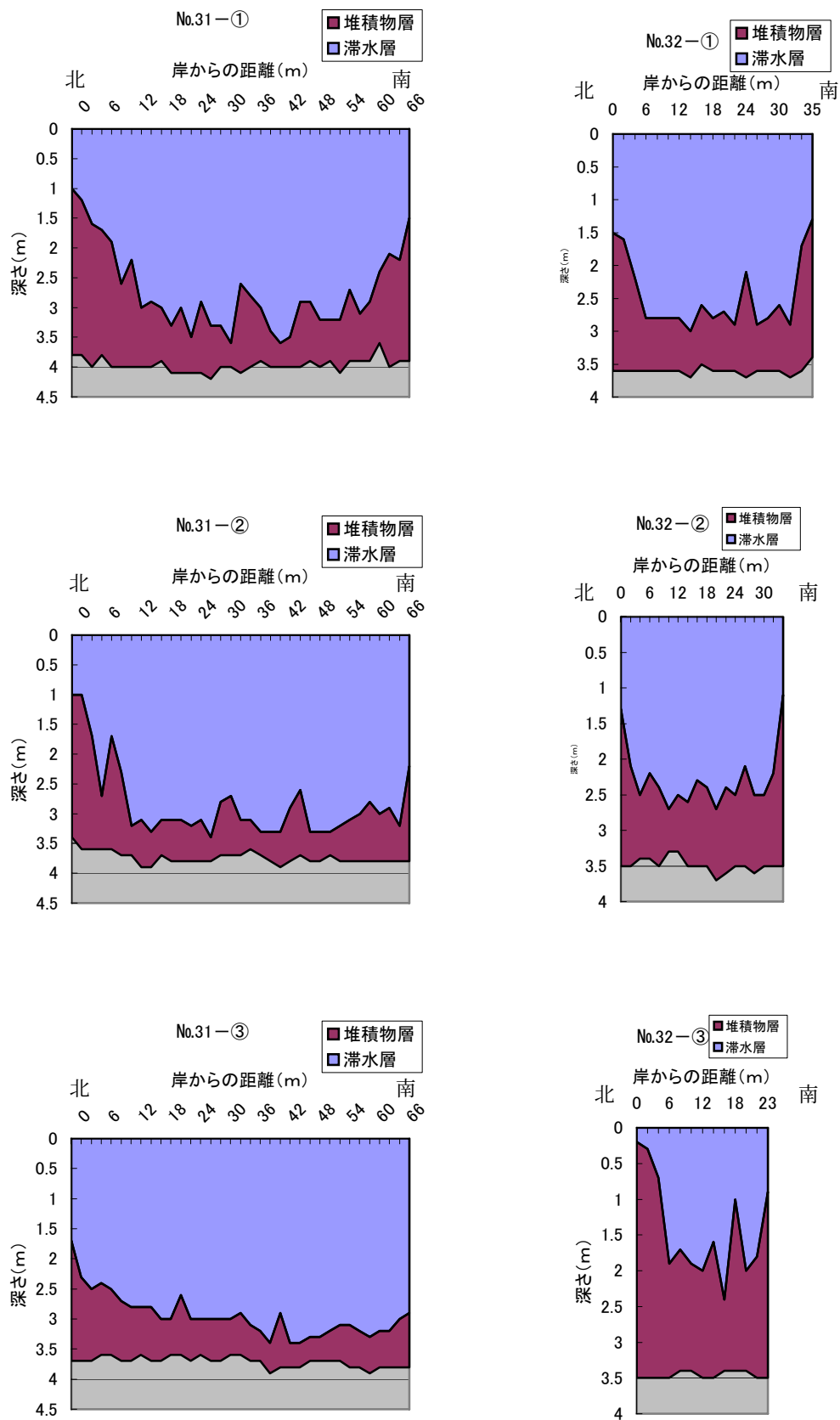


図 6.2.5 横断測線における地形・ブロック状泥炭堆積計測結果

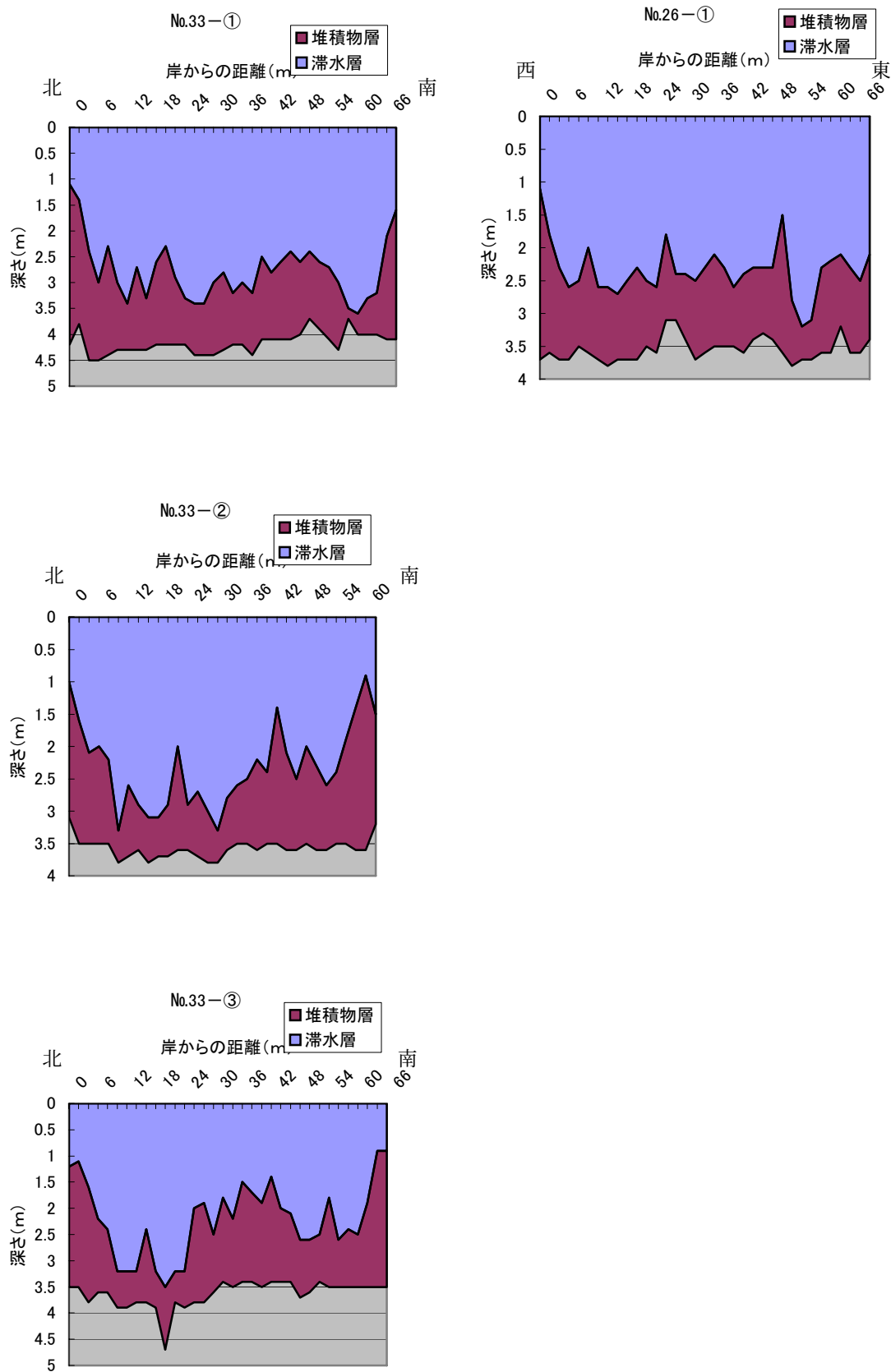
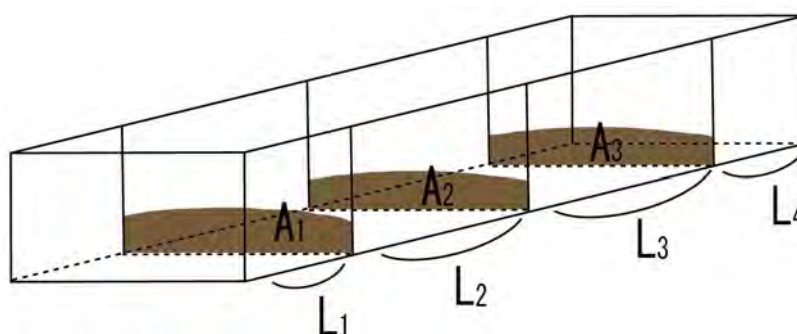


図 6.2.6 横断測線における地形・ブロック状泥炭堆積計測結果

横断測線における計測結果を元に、採面ごとにブロック状泥炭の賦存量を算出した。2本の測線に挟まれている区間は、各測線におけるブロック状泥炭堆積の範囲の断面積を用いた平均断面法で算出した。測線と縁との区間は、測線のブロック状泥炭堆積の範囲の断面積で近似させた（図 6.2.7）。



A：測線におけるブロック状泥炭堆積部分の断面積
L：測線間の距離

$$\text{ブロック状泥炭賦存量} = A_1 \times L_1 + (A_1 + A_2) / 2 \times L_2 + (A_2 + A_3) / 2 \times L_3 + A_3 \times L_4$$

図 6.2.7 ブロック状泥炭賦存量算出の模式

算出したブロック状泥炭の賦存量を表 6.2.1 に示す。ブロック状泥炭は水底に緩く堆積しているため、陸上に搬出すると水分が抜けて体積が目減りすると考えられる。そこで、賦存量は、固形物の密度（水中におけるブロック状泥炭の体積に対する固形物割合）が 1.0、0.5、0.3 の3つの場合について算出した。

埋め立てを行う候補となる採面№19,20,21の開水域の容積は79,673 m³である。これに対し、ブロック状泥炭の賦存量は、固形物の密度が0.5の場合は、採面№19,20,21の賦存量（8,882 m³）と供給源となる採面№23,24,26,31,32,33の賦存量（61,495 m³）と合わせて70,377 m³となる。3つの採面を全て埋め立てるには若干足りないが、№19のみ、あるいは採面№20と21を埋め立てるには十分な量となる。

固形物の密度が0.3の場合は、採面№19,20,21の賦存量（5,329 m³）と供給源となる採面№23,24,26,31,32,33の賦存量（36,897 m³）と合わせて42,226 m³となる。№19満たすには足りないが、採面№20と21を埋め立てるには十分な量となる。

なお、植物を生育させるには、ブロック状泥炭の表面が水面上に現れていればよい。そのため、埋め立てにあたっては、ブロック状泥炭で完全に充填させる必要はなく、緩く重なる程度で良いと考えられる（図 6.2.8）。このように考えれば、賦存量は固形物の密度を0.5程度で算出したもので、妥当だと思われる。

表 6.2.1 ブロック状泥炭の賦存量算出結果

採面No.	泥炭賦存量(m³)						採面容積(m³)	
	密度1.0		密度0.5		密度0.3			
No.19	9,696	17,765	4,848	8,882	2,909	5,329	59,361	79,673
No.20	2,500		1,250		750		5,600	
No.21	5,568		2,784		1,671		14,713	
No.23	20,275	122,990	10,138	61,495	6,083	36,897	82,954	408,861
No.24	21,844		10,922		6,553		60,435	
No.26	3,138		1,569		941		9,294	
No.31	37,131		18,566		11,139		143,134	
No.32	12,783		6,391		3,835		33,050	
No.33	27,819		13,909		8,346		79,995	
合計	140,754	140,754	70,377	70,377	42,226	42,226	488,534	

注1) 採面No.19,20,21 はブロック状泥炭で埋め立てて陸域を形成する候補となる採面
その他の採面は、ブロック状泥炭の供給元の候補となる採面

注2) 賦存量は、密度（水中におけるブロック状泥炭の体積に対する固形物割合）が 0.1、0.5、0.3 の3パターンについて算出した

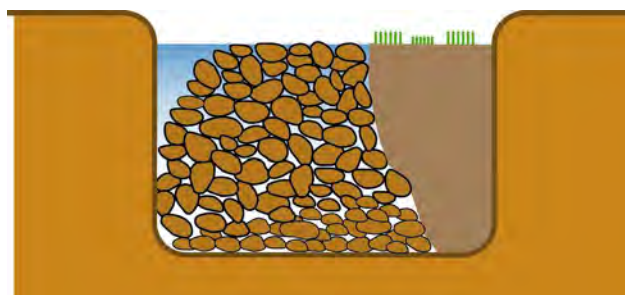


図 6.2.8 ブロック状泥炭による陸域形成のイメージ

また、埋め立て時のブロック状泥炭の運搬が容易なのは、運搬経路を遮られる採面が少なくブロック状泥炭の堆積厚が大きい採面No.23 の測線①、No.33 の測線①～③、No.24 の測線①～③付近からである。埋め立てを段階的に実施する場合は、まずこれらの採面から供給するのが効率的と考えられる。なお、地盤の軟弱な採面を通過する箇所は仮橋を設置する必要がある。また、運搬経路になる箇所には高層湿原植生が分布しており、木道の設置などによる配慮を行うことが望ましい（図 6.2.9）。

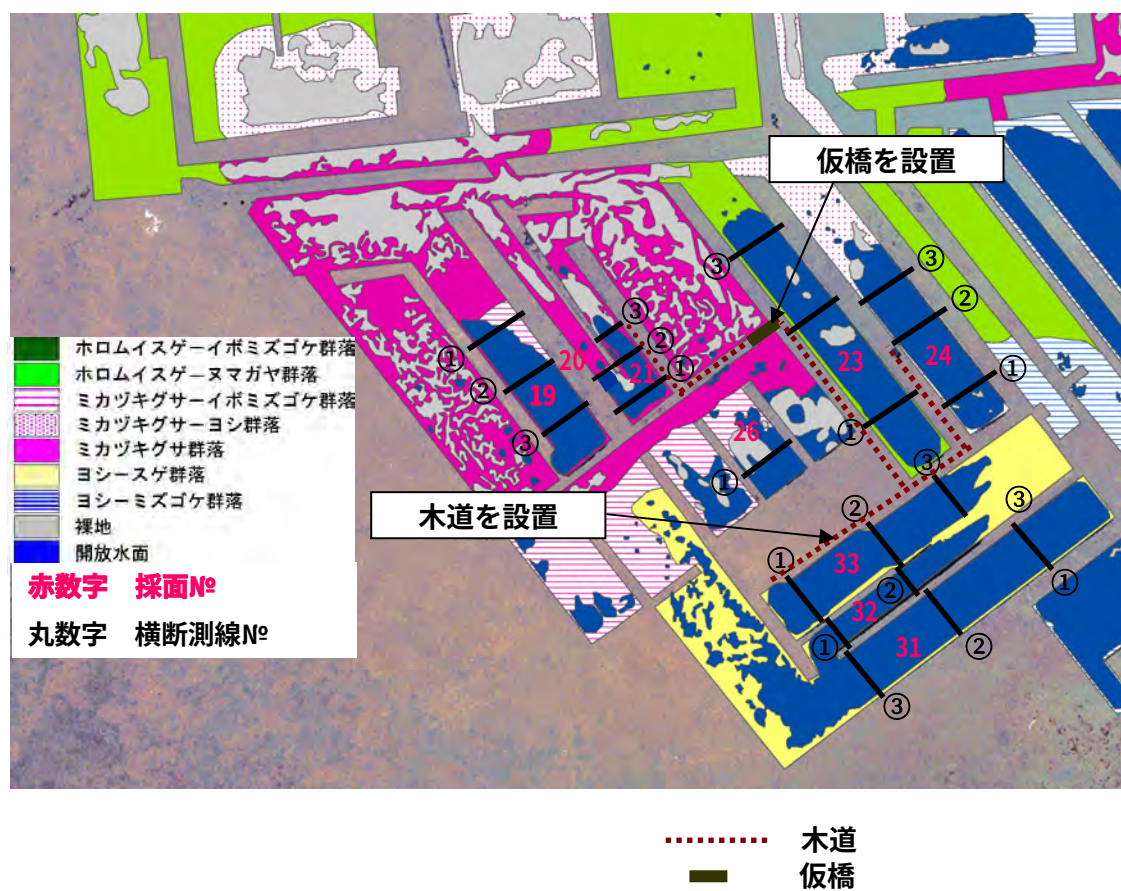


図 6.2.9 ブロック状泥炭運搬ルート

測線現地写真



写真 6.2.1 測線 19-①



写真 6.2.2 測線 19-①水際



写真 6.2.3 測線 19-③



写真 6.2.4 測線 19-③



写真 6.2.5 測線 20.21-①



写真 6.2.6 測線 20.21-③



写真 6.2.7 測線 20.21-③水際



写真 6.2.8 測線 24-②



写真 6.2.9 測線 24-②水際



写真 6.2.10 測線 24-③

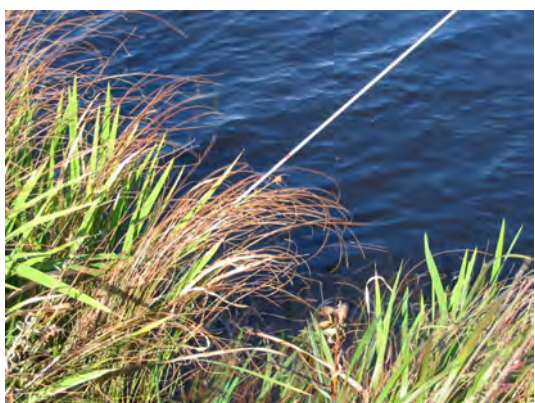


写真 6.2.11 測線 24-③水際



写真 6.2.12 測線 31-①



写真 6.2.13 測線 31-①水際



写真 6.2.14 測線 31-②



写真 6.2.15 測線 31-②水際



写真 6.2.16 測線 31-③



写真 6.2.17 測線 31-③水際



写真 6.2.18 測線 32-①



写真 6.2.19 測線 32-①水際



写真 6.2.20 測線 32-②



写真 6.2.21 測線 32-②水際



写真 6.2.22 測線 32-③



写真 6.2.23 測線 32-③水際



写真 6.2.24 測線 33-②



写真 6.2.25 測線 33-②水際



写真 6.2.26 測線 33-③



写真 6.2.27 測線 33-③水際

3) 外部からの調達可能性

外部から埋め立て材料を調達する場合は、この保全策を実施すること目的として外部の自然地を破壊することは避けるべきである。水路の掘削など他の目的によって採掘される泥炭があれば、それを導入することは可能だと思われる。また、導入した泥炭から出現する植物による遺伝的攪乱を避けるためには、近隣で得られたものにすべきである。

ただし、掘削箇所が農地の場合は農薬や肥料が混入している可能性があり、受け入れは慎重に行う必要がある。

他の自然地の破壊を避けかつ安全性を考慮すると、サロベツ湿原内で自然再生事業の保全策として行われる工事（緩衝帯の造成など）で改変される箇所の泥炭を活用することが望ましい。なお、このような箇所でも、泥炭採掘跡地へ運搬するには労力がかかること、運搬時に湿原を損傷する可能性があることから、慎重な対応が求められる。

また、北東部に隣接する湿原（図 6.2.10）には、泥炭の採掘地がある。仮に、ここで採掘されたものの供給を受けた場合、導入の可能性について検討した。



図 6.2.10 北部湿原の位置

本湿地の面積は約 230ha である。泥炭採掘跡地の近隣にあり、ここから泥炭を導入しても生育種の遺伝的攪乱が生じる可能性が低いと思われる。

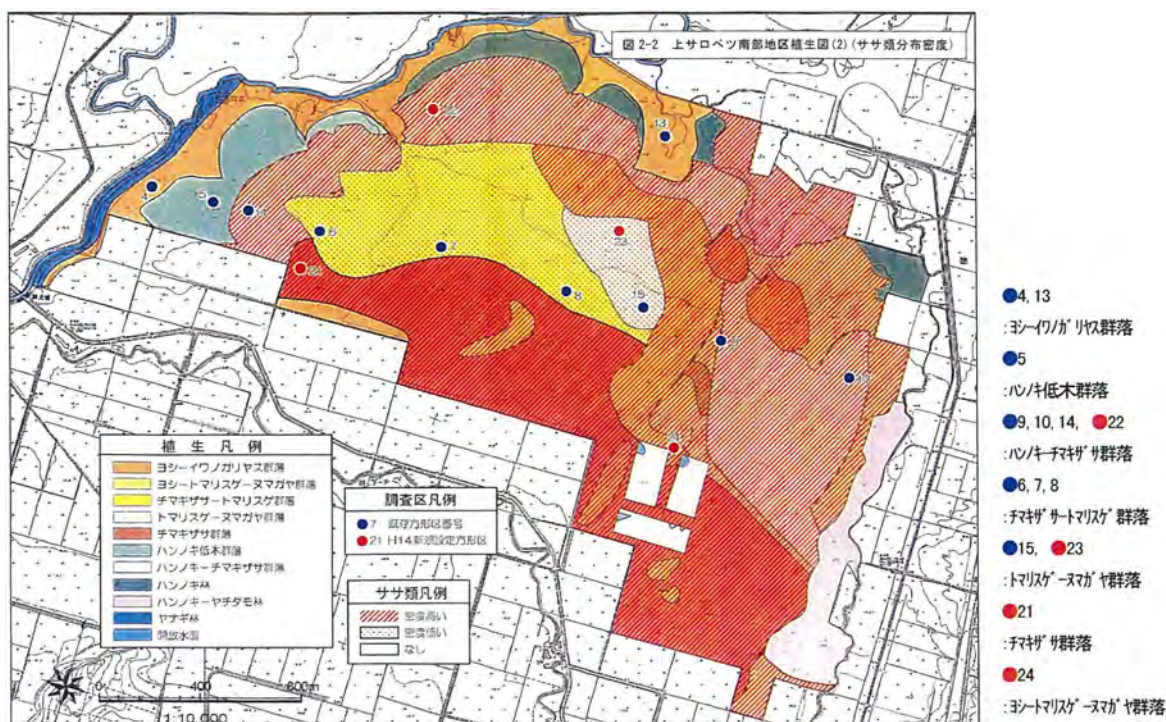
なお、図 6.2.11 に、同湿原の植生およびササの進入状況を示す。同図をみるとこの湿

原は、ハンノキ林、ハンノキ低木群落、ハンノキヤチダモ林、ハンノキチマキザサ群落などの森林群落が生域に分布し、これに囲まれるように草本植物群落であるヨシトマリスゲ・ヌマガヤ群落、トマリスゲ・ヌマガヤ群落、チマキザサ・トマリスゲ群落、チマキザサ群落が分布している。

ここでは農地境界からササの侵入が顕著であり、泥炭採掘跡地周辺の高層湿原植生に類似しているトマリスゲ・ヌマガヤ群落とヨシトマリスゲ・ヌマガヤ群落は中央部にそれぞれ6ha、17haが残されているに過ぎない。なお、これらの群落にもササは侵入している。

以上の情報から埋め立て材料として本湿原の泥炭を採掘した場合、大部分にササの根茎が含まれることになると考えられる。これらを用いて泥炭採掘跡地を埋め立てると新たに陸域化した部分にササが侵入することになり、生態的に望ましくない。

以上から、本湿原は、泥炭採掘跡地の開水面に陸域を形成する際の埋め立て材料の調達先としては、利用可能性は低いと考えられる。



(「平成14年度 サロベツ川環境保全調査業務報告書」平成15年3月北海道開発局稚内開発建設部 より抜粋)

図 6.2.11 北部湿原の植生およびササ侵入状況

以上の検討から、泥炭採掘跡地における保全策としての埋め立ては、採面の水中に堆積しているブロック状泥炭をはじめとする泥炭採掘跡地内で供給できる量で埋め立てられる範囲で、徐々に進めていくことが妥当であると考えられる。

6.3 修復手法の検討

6.3.1 保全の方向性

泥炭採掘跡地は、採掘前には高層湿原植生が広がっていた。採掘後は、工場からもど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つのタイプとは、「工場から戻された泥炭が厚く堆積して陸化した箇所」、「基盤が薄い浮島状の箇所」、「開水面」である。

これらは、植物の生育環境としての条件が異なり、遷移の方向性も異なる。それぞれ、現状を維持した場合の植物の定着可能性を予測し、定着可能なら手をつけずに様子を見守り、植物の定着が困難と予想される場合は、生育環境を整えて植物の定着を促すことが望まれる。

また、修復目標は、可能な限り掘削前の高層湿原植生に戻すことが望ましい。しかし、生育基盤の構造は掘削前とは異質なものになっている。本来の高層湿原植生は、長い年月をかけて植物遺体が堆積した厚い泥炭層の上に成立している。これに対して、「工場から戻された泥炭が厚く堆積して陸化した箇所」は、本来の泥炭とは異なるペースト状泥炭が凝集して陸域が形成されている。「基盤が薄い浮島状の箇所」は、基盤が水面に漂い冠水～過湿状態になっている。「開水面」は、基盤自体が存在しない。そのため、泥炭採掘地の掘削前の高層湿原植生と完全に同質の種組成と構造を持った植物群落を形成するのは困難な可能性がある。一方、湿原内には、高層湿原植生が広く分布しているが、やや乾いた立地にはヌマガヤが優占する中間湿原植生、池塘や水路沿いには抽水・沈水植物群落もみられる。3つの基盤タイプの環境条件がこれらのいずれかに近ければ、そこにみられる植物が生育する可能性が高い。即ち、泥炭採掘地という狭い範囲に限定した場合の本来の植生とは異なるが、広く見た湿原自体としては自然な植物による修復となり、生態的な問題は少ないと思われる。ただし、外来種や湿原には本来生育しない植物の侵入は防ぐ必要がある。

まず、周囲の湿原にみられる植物の定着によって裸地をなくすこと、次に周囲の湿原でその基盤タイプに類似した環境でみられる群落に近づけていくことを目標とすべきだと考えられる。

3つの基盤タイプにおける現況と対策の方向性を図 6.3.1、実施による植生の面積割合の変化のイメージを図 6.3.2 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。

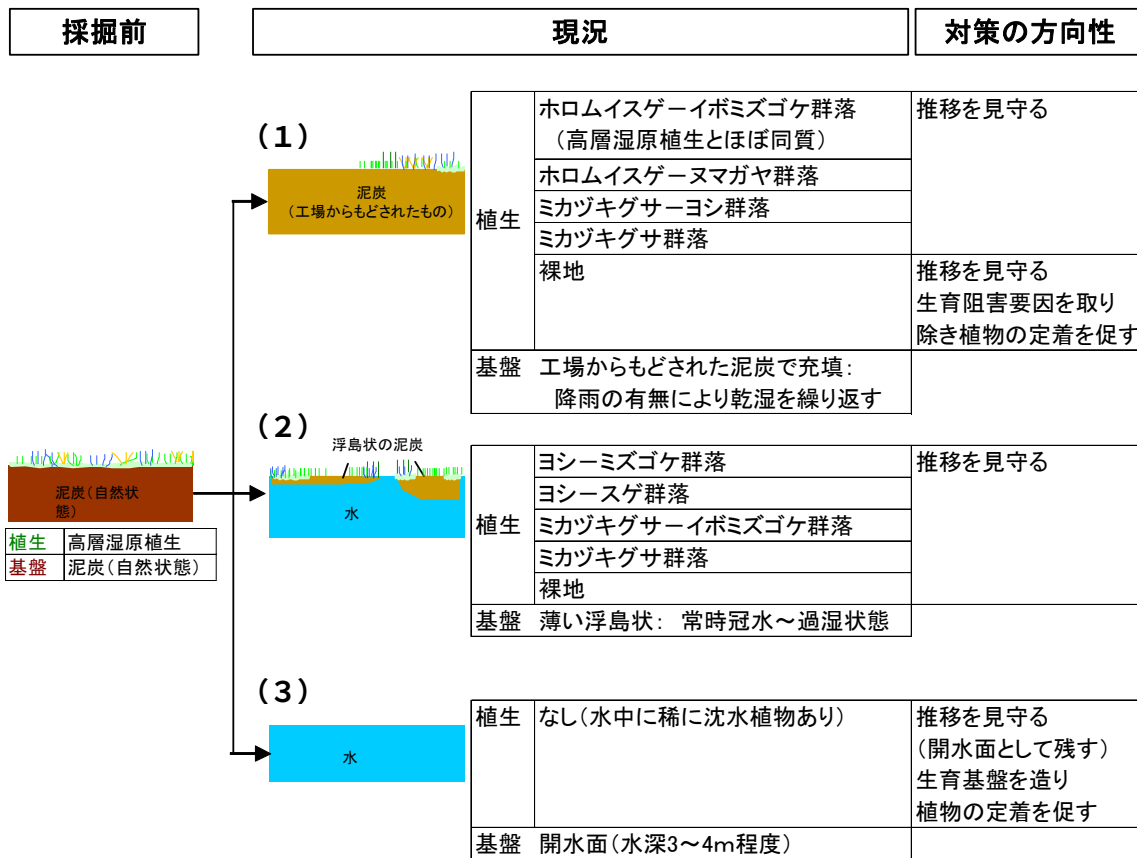
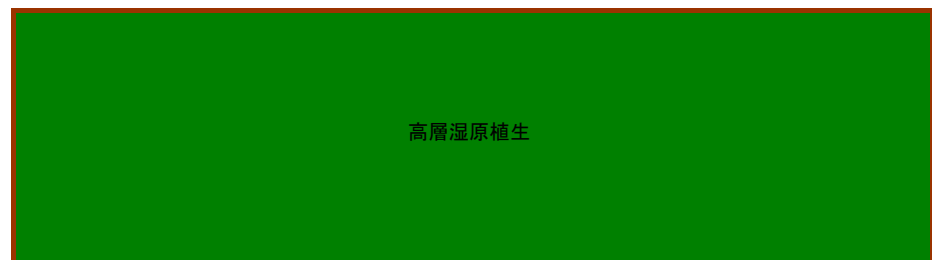
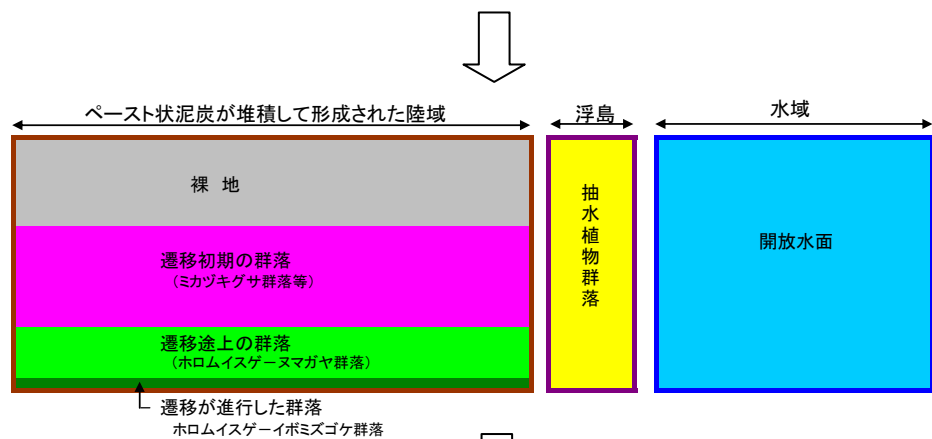


図 6.3.1 基盤・植生の変化と対策の方向性

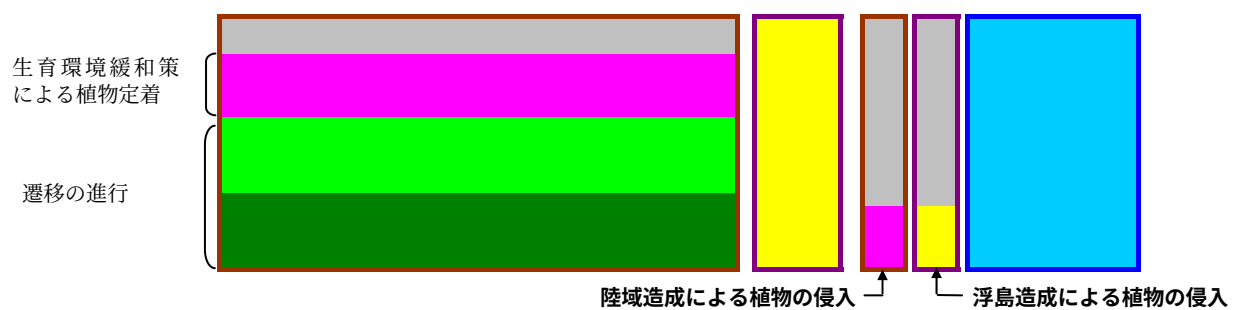
泥炭採掘前



現 在



対策実施数年後



対策実施数 10 年後

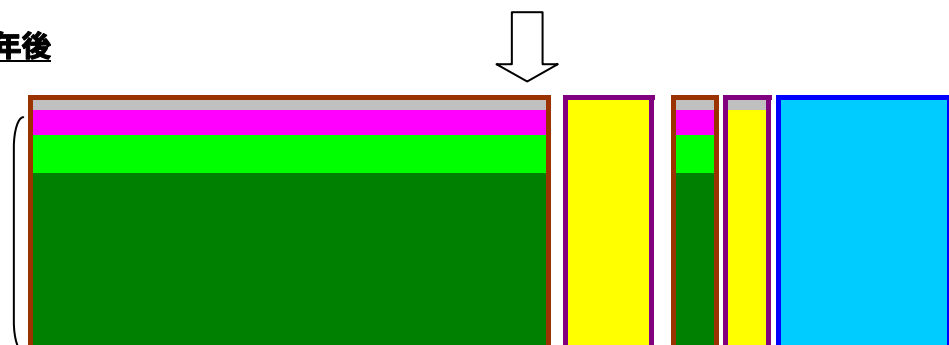


図 6.3.2 対策の実施による再生のイメージ

各基盤タイプにおける対策の方向性を以下に述べる。

(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、ホロムイスゲー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ー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べきである。現在裸地である箇所は、植物の生育阻害要因（乾燥、表土の移動）が強く、今後も植生の発達が困難である可能性が高い。ここでは、生育阻害要因を緩和させて植物の定着を促す対策を施すことが望ましいと考えられる。

この場合の植生修復目標は、10 年程度の直近の目標として、まずは初期の植物群落であるミカヅキグサ群落を成立させ、植生遷移の進行によって 30 年程度の長期的にはホロムイスゲーイボミズゴケ群落に移行していくことを期待するのが適当と考えられる。

なお、採面№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するのではなく、手を加えずに推移を見守る箇所も設ける必要がある。

裸地における対策の方向性と検討課題を以下に示す。

■立地環境の緩和

① マルチ

マルチングによって、表層の攪乱と乾燥を抑制する。

材料は周辺の環境に悪影響を及ぼさないようにヌマガヤやヨシなどを用いるべきである。なお、この材料採取のために本来の湿原植生を改変することがないように注意が必要である。落合沼で堰上げによって水没するヨシ、放水路沿いの土砂堆積地に生育しているヨシなどを材料供給源として検討する。

また、マルチで全面を覆うと植物の発芽が難しくなる。マルチに隙間を空ける、マルチ上に葉が出るように植物個体を植えるなどの措置も検討する。

② 表土移動抑制材の設置

板などを挿して地表に数 cm の突起をつくることによって、表土の移動を抑制する。使用する板の素材、埋め込み間隔・深さなどを検討する。

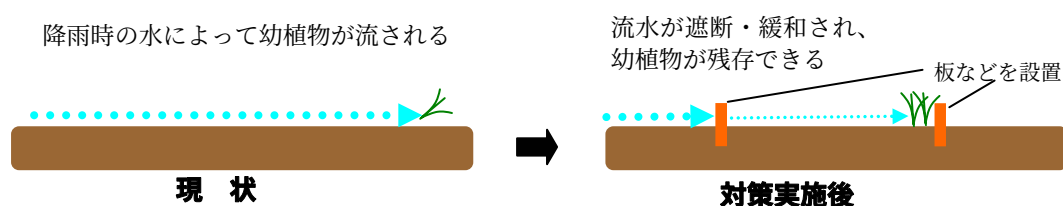


図 6.3.3 表土移動抑制対策イメージ

③土壌改良

土壌構造を改良することによって、表層の攪乱と乾燥を抑制する。

採掘跡地の水底に堆積している泥炭ブロックを鋤きこむことによって、土壌に植物繊維を混入させる。

泥炭ブロックを混入させる量、深さなどを検討する。

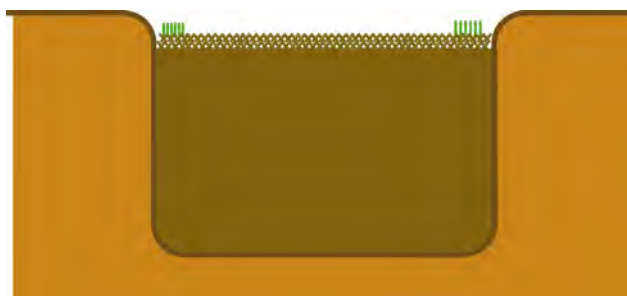


図 6.3.4 土壌改良イメージ

④亀裂の造成

亀裂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周縁効果（水供給、地温の安定）を図る。亀裂の幅、亀裂を入れる密度などを検討する。

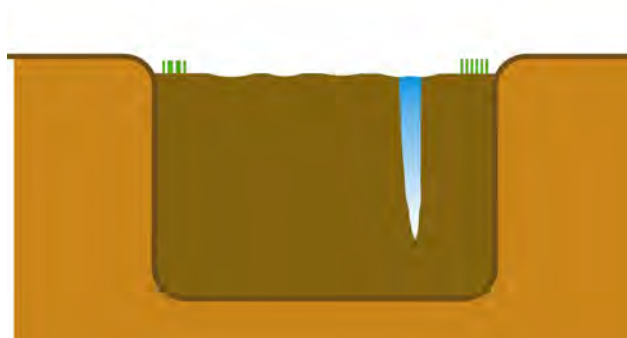


図 6.3.5 亀裂の造成イメージ

⑤溝・窪地の造成

溝や窪地を作ることによって水がたまる箇所を創出し、乾燥を抑制する。効果的な規模、位置などを検討する。

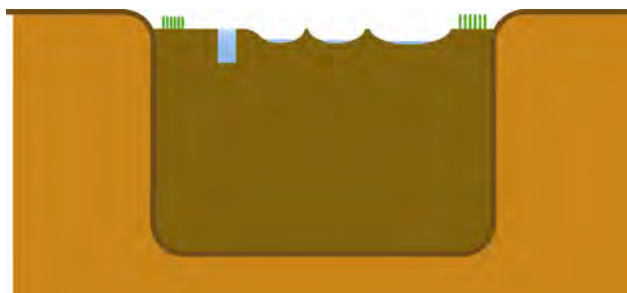


図 6.3.6 窪地の造成イメージ

■植物の導入

立地環境が緩和しても、種子供給が不十分な場合は、植物の定着が遅れるため、上記の対策に加えて、以下の対策を併用することが効果的と考えられる。

⑥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、落合沼で堰上げによって水没する箇所の泥炭などの活用を検討する。

⑦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。

⑧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飼育を検討する。

以上の対策案の効果と実現性の可能性を表 6.3.1 に整理した。

表 6.3.1 裸地における対策の期待される効果と実現性の検討

	対 策	保湿 効果	移動 抑制 効果	実 現 性	備 考
生育阻 害要因 の緩和	マルチ	◎	◎	○	材料供給源に課題
	表土移動抑制材の設置	△	◎	◎	
	土壌改良	○	○	◎	
	亀裂・溝・窪地の造成	○	△	◎	
植 物 の 供 給	土壌撒きだし			△	土壌供給源に課題
	種子散布			○	
	個体移植			△	個体供給源、栽培方法に課題

保湿効果、移動抑制効果 ◎：ほぼ確実に効果期待できる、○：効果可能性あり、△：効果不明
実現性 ◎：実現性大、○：実現性あり、△：実現にあたって制約あり

(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、ヨシースゲ群落、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。

しかし、採面№19、20、21（図 6.2.2 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も良いと思われる。その方法としては、以下のものが考えられる。

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。

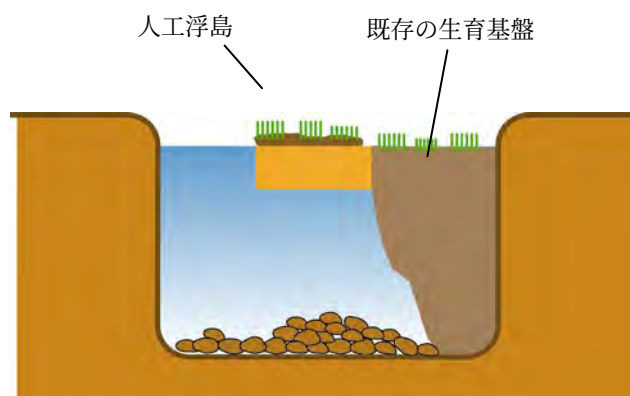


図 6.3.7
人工浮島設置イメージ

②水底に沈殿している泥炭を利用して基盤を拡げる

開水面として残す採面に沈殿するブロック状泥炭を№19、20、21 などに運搬し、浮島を連結させるように埋め立てる。

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。

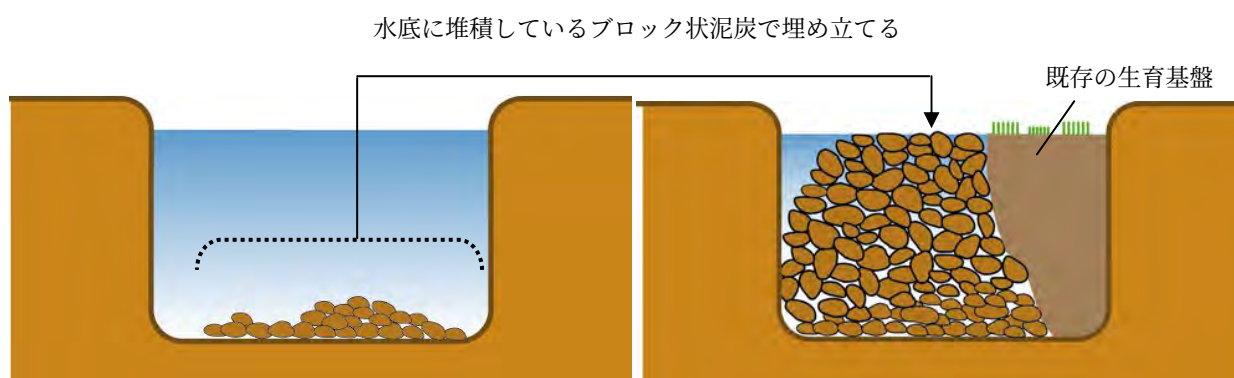


図 6.3.8 泥炭ブロックを活用した生育基盤の拡大イメージ

6.3.2 実証試験計画の検討

(1) 試験実施箇所

実証試験の候補地としては、図 6.3.9 に示す 3 箇所を選定した。候補地①は既存作業道に近接しているためアクセスが良いが、西側の高層湿原域からは離れた位置にある。一方、候補地②および③は国立公園の特別保護区に近接しており、高層湿原域の修復という観点からは重要性が高いが、施工時に湿原植生を傷めないようとくに配慮が求められる。下図に示すように、既存作業道から分岐してササ生育域を通してアクセスする木道を新規に設置し、高層湿原植生への負荷を軽減することが適当と考えられる。

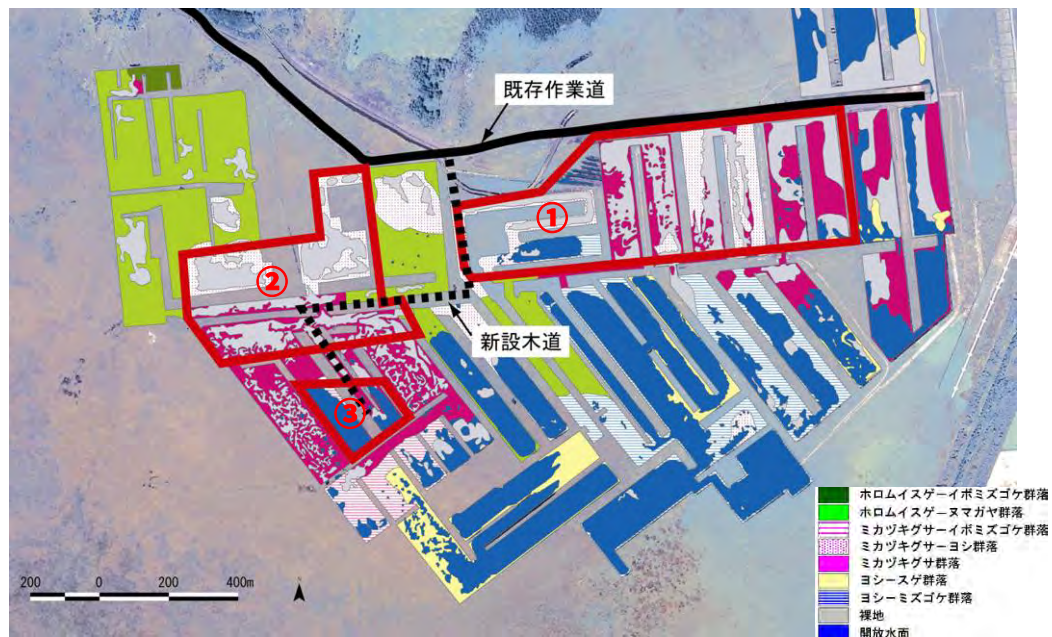


図 6.3.9 実証試験候補地

(2) 各試験区の配置案

1) ペースト状泥炭が堆積する採面の裸地部への植生導入試験

・ 配置案（その 1）

試験候補地①や②に見られる面的な広がりを持つ裸地部において、生育環境緩和策を単独または組み合わせて試行し、各手法の有効性を探る。試験条件の組み合わせを表 6.3.2 に、具体的な配置案を図 6.3.10 に示した。

表 6.3.2 配置案（その 1）における試験条件の組み合わせ

試験条件	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	対
マルチ	●	●	●	●	●	●									
表土移動抑制材の設置	●	●	●	●			●	●							
土壌改良	●	●							●	●					
窪地の造成											●	●			
亀裂の造成													●	●	
種子散布	●		●		●		●		●		●		●		

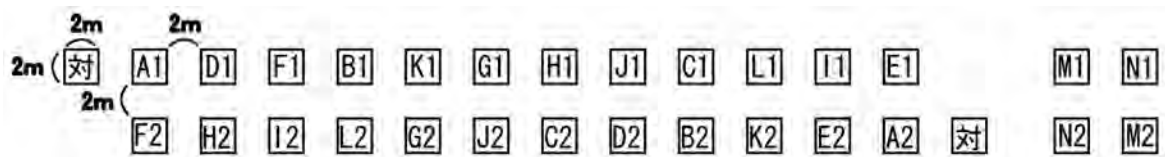


図 6.3.10 試験区配置案（その 1）

・ 配置案（その 2）

浮島裸地部の周縁部にはほとんどの箇所で草本類の侵入が見られるが、これは周囲の湿原から水分供給があるためと推察される。そこで、浮島裸地部と湿原との境界付近に試験区を設定し、生育環境緩和策を組み合わせることで、植物分布範囲の拡大を図る。この試験は、候補地①や②に見られる幅の狭い採掘跡地での実施を想定している。試験条件の組み合わせを表 6.3.3 に示す。この配置案では、試験区を植生域に隣接させるので種子の供給は十分にあると考えられることから種子散布は行わないこととする。また、植生の損傷を避けるために亀裂および窪地の造成も行わないこととする。具体的な配置案を図 6.3.11 に示した。

表 6.3.3 配置案（その 2）における試験条件の組み合わせ

試験条件	B	D	F	H	J	L	対
マルチ	●	●	●				
表土移動抑制材の設置	●	●		●			
土壌改良	●				●		

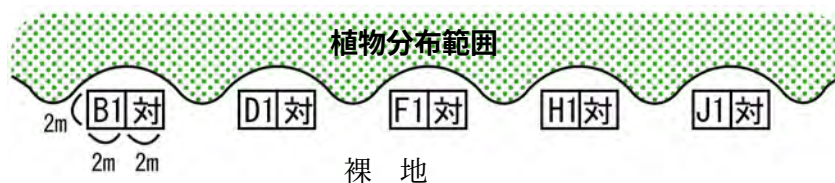


図 6.3.11 試験区配置案（その 2）

2) ブロック状泥炭による埋め立て予備試験

開水面を埋め立てるブロック状泥炭の安定性と植物の定着可能性を把握するために、投入するブロック状泥炭の密度と植物導入の有無という条件の組み合わせによる試験を行う。

投入するブロック状泥炭の密度については、それが少なくても効果が得られれば、材料を有効活用してより広い面積を埋め立てることができる。その目安を得るために検討する。

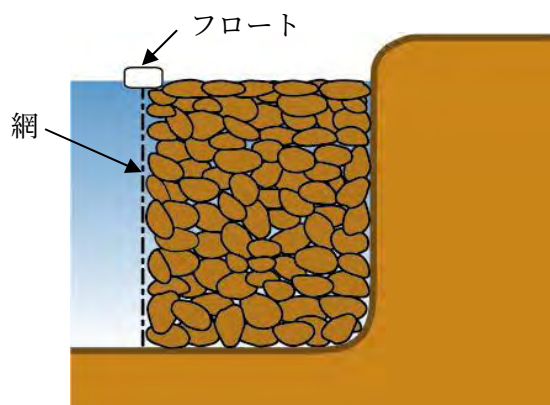
植物については、基本的には導入を行わずに自然に定着することが望ましい。別調査で行われたブロック状泥炭の埋土種子発芽試験では、水中から引き上げられたブロック状泥炭からは、ほとんど発芽がみられないという結果が得られている。一方、埋土種子の発芽は期待できなくても、現地では水散布や風散布によって種子や植物体が漂着して定着する可能性がある。この自然の定着がない場合は、ミズゴケやホロムイスゲなどを導入する必要がある。

これらの情報を得るために表 6.3.4 に示す組み合わせで試験を行う。なお、この試験は、候補地③に見られる開水面が残された採面での実施を想定している。

表 6.3.4 試験条件の組み合わせ

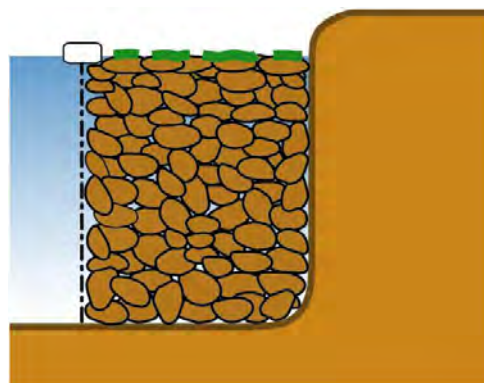
試験区	①	②	③	④	⑤	⑥
ブロック状泥炭密度	大	大	中	中	小	小
植物導入	無し	有り	無し	有り	無し	有り

各試験区の設置イメージを図 6.3.12 に示す。各試験区はフロート付きの網で囲い、その中にブロック状泥炭を投入する。導入する植物は、泥炭採掘跡地で植生が回復した採面から採取したものを使用する。



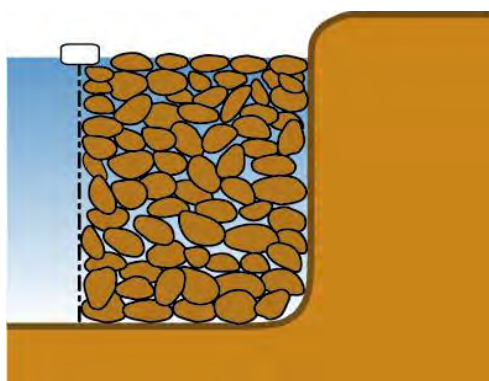
試験区①

泥炭密度大・植物導入なし



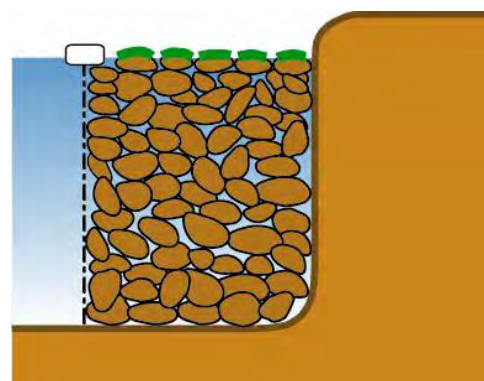
試験区②

泥炭密度大・植物導入あり



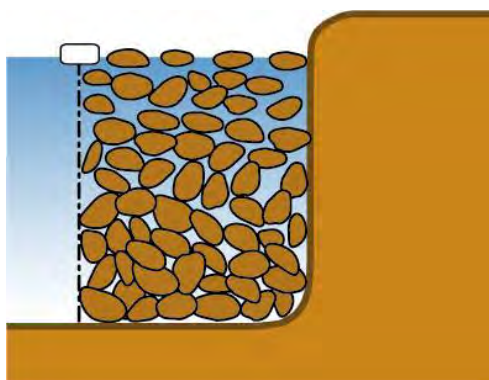
試験区③

泥炭密度中・植物導入なし



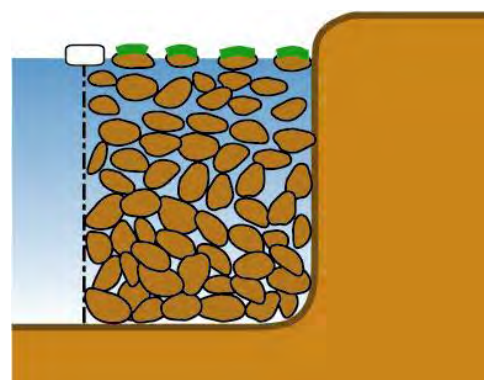
試験区④

泥炭密度中・植物導入あり



試験区⑤

泥炭密度小・植物導入なし



試験区⑥

泥炭密度小・植物導入あり

図 6.3.12 試験区の設置イメージ

6.3.3 モニタリング計画

(1) ペースト状泥炭が堆積する裸地への植生導入試験

実施した生育環境緩和策の効果と植物の定着状況を把握するために、下記の項目について、融雪後の4月から秋季の9月まで毎月1回調査を行う。

① 土壌水分

表層の土壌水分を土壌水分計を用いて計測する。

② 土壌浸食状況

試験区にピンを設置し、ピンの先端から地表までの長さを計測する。

③ 植物

生育する全植物の種名、草丈、植被率(%)を記録する。同時に写真撮影を行う。

(2) ブロック状泥炭による埋め立て予備試験

ブロック状泥炭を維持させるための設備の状態と、ブロック状泥炭の水面への露出状況、植生の生育状況を中心に調査する。以下の調査を、融雪後の4月から5月に1回、植物の生育の最盛期に当たる7月に1回実施する。

① 設備の状態調査

以下の状況を観察する。

- ・ 設備の破損（網のたるみ、杭の破損など）
- ・ 杭の打ち込み等による湿原地盤へのダメージ

② ブロック状泥炭の状況調査

以下の状況を記録する。

- ・ 試験区における水面に露出したブロック状泥炭の面積割合
- ・ ブロック状泥炭の相互の結束状況（植生基盤としての一体性）
- ・ ブロック状泥炭と水面との比高差

③ ブロック状泥炭への植生生育状況調査

生育する全植物の種名、草丈、植被率(%)を記録する。同時に写真撮影を行う。

7. 原生花園跡地の修復手法調査

7.1 土砂剥ぎ取り試験

平成17年度に試験区を設定した土砂剥ぎ取り試験地において、設置後最初の生育期の植物の生育状況を調査した。

7.1.1 試験の概要

(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定着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(平成16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7.1.1に、配置を図7.1.1に示す。

表 7.1.1 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生育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・湿性植物が生育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のヨシが繁茂している場所から移植する。

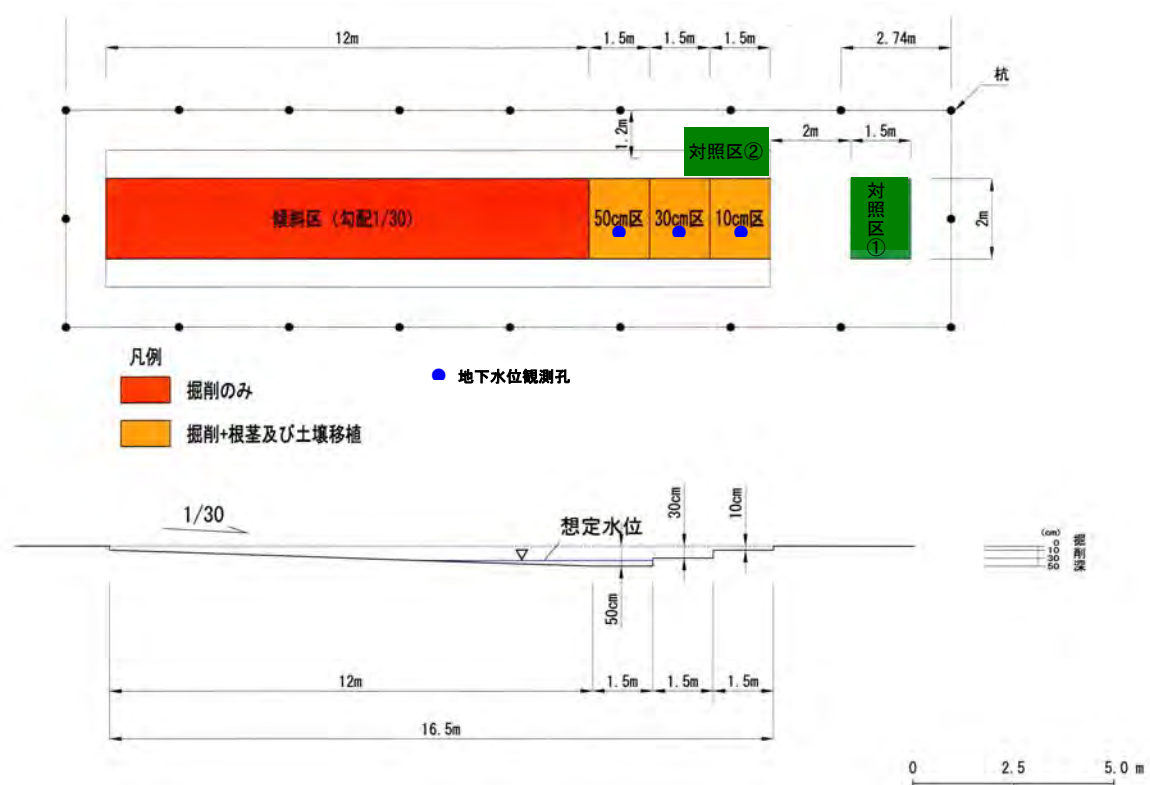


図 7.1.1 試験区の配置

試験区の設定にあたっては、まず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、地下水位観測孔の設置と根茎・土壌の撒き出しを行った。地下水位観測孔は、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ので、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。

試験区の整形は、2005 年 11 月 24～25 日に実施した。地下水位観測孔の設置と根茎・土壌の撒き出し撒きだしは 2006 年 5 月 31 日に実施した。

7.1.2 調査方法

(1) 植物

試験区では、写真 7.1.1 でわかるように満水状態が続いていたと思われ、植物は僅かしか生育していなかった。そこで、全ての生育個体の生育位置と生育位置の水面から水底までの深さを計測した。なお、調査日は満水状態だったので、この値は掘削深と同じになる。対照区では、全出現種の植被率、被度、草丈を記録した。植生調査は、2006 年 9 月 23 日に実施した。



写真 7.1.1 土砂剥ぎ取り試験地の状況
2006. 9. 26

(2) 地下水位

水位観測孔において水面計を用いて、管頭から水面までの高さを計測し、地下水位を算出した。計測は、2006 年 9 月 23 日に実施した。

7.1.2 調査結果

(1) 地下水位

試験区は満水状態であった。対照区では、G.L.-7cm であった。

試験計画時では、平成 16 年度のボーリング調査より地下水位は G.L.-50cm 程度と想定していた。この想定どおりであれば、10cm 区、30 cm 区、50 cm 区の地下水位は、それぞれ G.L.-40cm、G.L.-20cm G.L.-0cm になると予想していた。しかし、各試験区とも水位は地表より上にあり、水没状態になっていた。2007 年は降水量が多かったため、平年より水位が高くなっていた可能性がある。

(2) 植物

図 7.1.2 に植物の生育位置、図 7.1.3 に生育位置の水面から水底までの深さを示す。なお、調査日は満水状態だったので、この値は掘削深と同じになる。

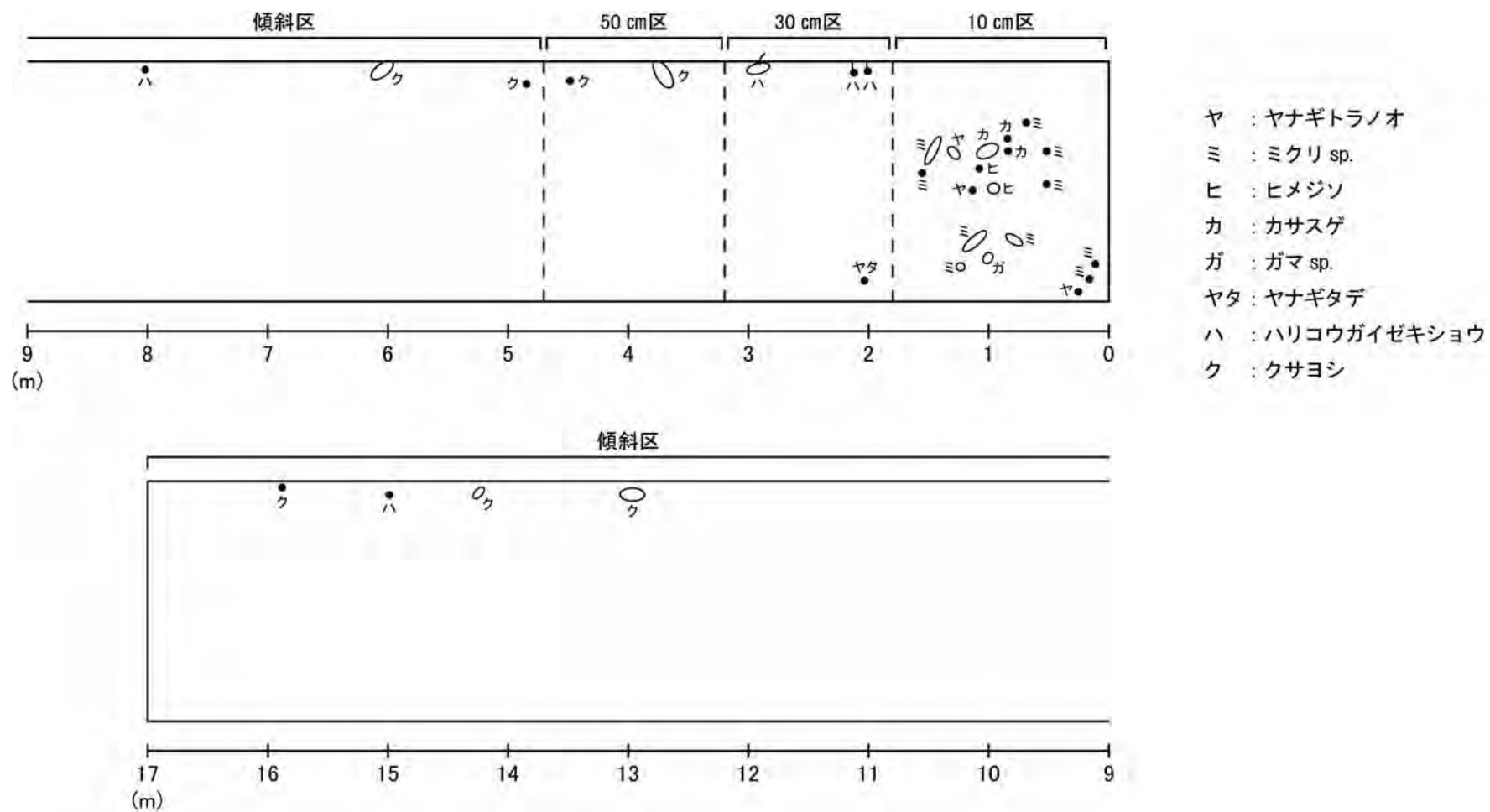


図 7.1.2 土砂剥ぎ取り試験地植物分布状況

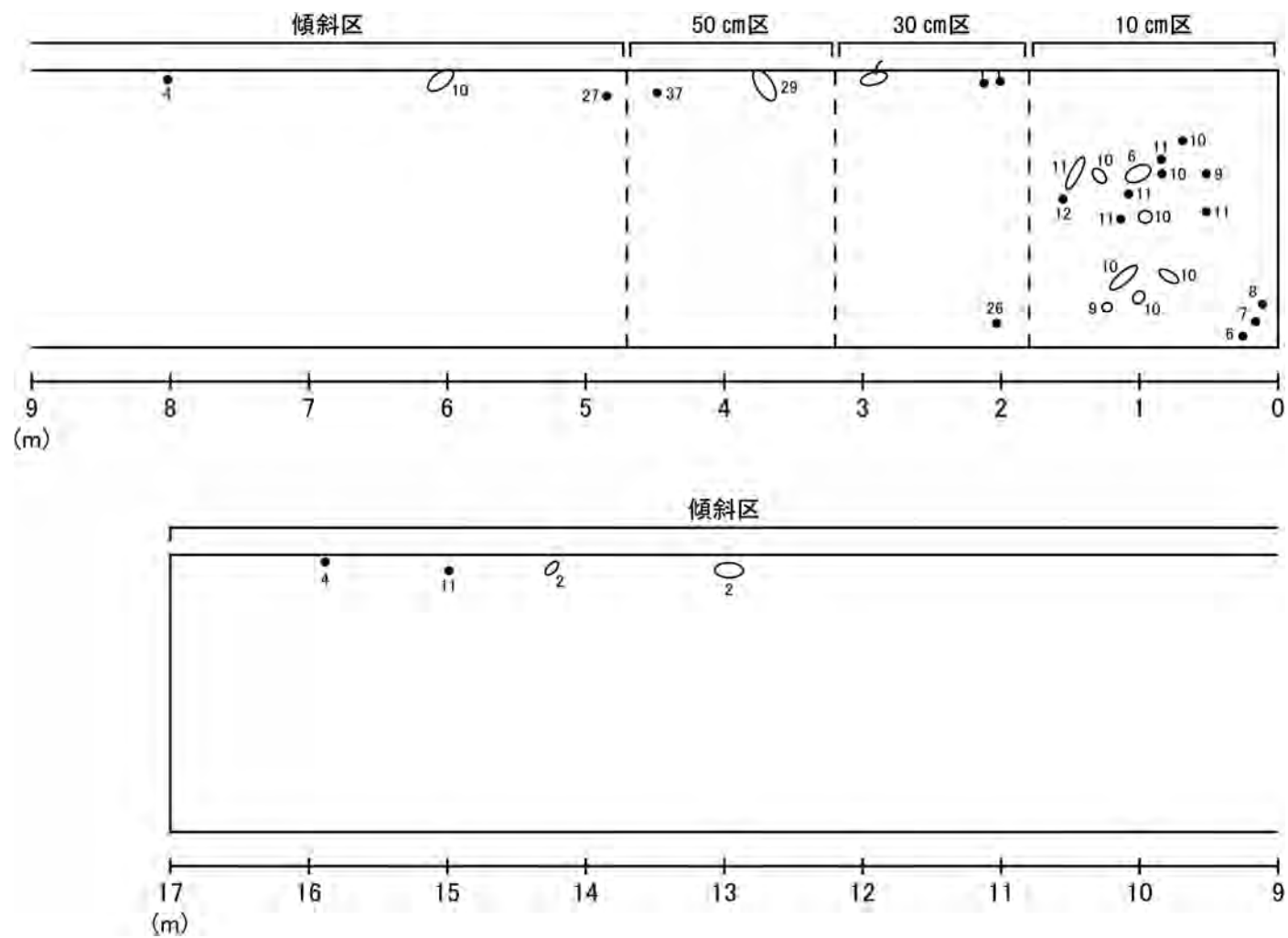


図 7.1.3 土砂剥ぎ取り試験地植物生育箇所の掘削深さ (cm)

表 7.1.2 に土砂剥ぎ取り試験区における植物生育状況を示す。生育していたのは、カサスゲ、ヤナギトラノオ、ミクリ sp.、ヒメジソ、ガマ、ハリコウガイゼキショウ、クサヨシなどの湿性植物だった。

表 7.1.2 土砂剥ぎ取り試験区における植物生育状況

試験区	種名	掘削深(cm)	備考
10cm区	カサスゲ	6	
	ヤナギトラノオ	6	
	ミクリsp	7	
	ヒメジソ	8	
	ミクリsp	8	
	ミクリsp	9	
	ミクリsp	9	
	ミクリsp	10	
	カサスゲ	10	
	ヒメジソ	10	
	ミクリsp	10	
	ガマsp	10	
	ミクリsp	10	
	カサスゲ	11	
	ミクリsp	11	
	ミクリsp	11	
	ヤナギトラノオ	11	
	ミクリsp	12	
30cm区	ハリコウガイゼキショウ	0	水際
	ヤナギタデ	26	
50cm区	クサヨシ	27	水際
	クサヨシ	29	水際
	クサヨシ	37	水際
傾斜区	クサヨシ	2	水際
	クサヨシ	2	水際
	ハリコウガイゼキショウ	4	水際
	クサヨシ	4	水際
	クサヨシ	10	水際
	ハリコウガイゼキショウ	11	水際

調査日:2006.9.23

注)水際:各試験区の水際に生育していたもの

対照区における植生調査結果を表 7.1.3 および表 7.1.4 に示す。

ハリコウガイゼキショウ、ヒメコウガイゼキショウなどの湿性植物に混じって、オオアワガエリ、コヌカグサ、シロツメクサなどの帰化植物、オオバコやコシカギクのような路傍雑草が生育していた。

表 7.1.3 対照区植生調査結果（１）

対照区①(湿原から3.5m)

面積	1.5×2.0m		
群落高	0.35m		
全体植被率	20%		
種名	植被率(%)	被度・群度	高さ(cm)
ハリコウガイゼキショウ	10	1・1	35
ナガボノシロワレモコウ	1	+	15
シロツメクサ	1	+	5
オオバコ	1	+	10
エゾシロネ	1	+	10
オオアワガエリ	1	+	25
イヌビエ	1	+	30
ヒメシロネ	1	+	14
ヒメコウガイゼキショウ	5	1・2	15
クサヨシ	5	1・1	30
カラフトアカバナ	1	+	20
キクsp	1	+	5
コシカギク	1	+	5

調査日：2006.9.23

表 7.1.4 対照区植生調査結果（２）

対照区②(湿原から2m)

面積	1.5×2.0m		
群落高	0.5m		
全体植被率	40%		
種名	植被率(%)	被度・群度	高さ(cm)
ハリコウガイゼキショウ	25	2・2	30
シロツメクサ	1	+	5
ナガボノシロワレモコウ	1	+	15
コヌカグサ	1	+	50
クサヨシ	5	1・1	20
オオアワガエリ	1	+	30
ヤナギsp	1	+	5
ヒメコウガイゼキショウ	1	+	10
スギナ	1	+	10
オオバコ	1	+	5
エゾシロネ	1	+	5

調査日：2006.9.23

掘削深と出現種の対応を整理したものを表 7.1.5 に示す。

掘削の有無で出現種が大きく異なり、未掘削では帰化種や路傍の種が生育するのに対し、掘削した区画では帰化種は混生せずに在来の湿性種が生育することがわかる。なお、掘削深が 30cm を超えると生育種が存在しなかった。

以上から、原生花園跡地では、放置すれば地域本来のものとは異なる植生が成立する可能性が高いのに対し、浅く掘削すれば在来の湿性植物が生育する可能性が大きいことがわかった。ただし、現段階では植被率は非常に低く、開水面になっている。時の経過とともに植生で覆われていくのか、あるいは開水面のまま推移するのかは不明であり、あと数年間はモニタリングをして確認する必要がある。

表 7.1.5 掘削深さと生育植物の対応

種名	生活型		帰化種	掘削深さ(cm)				
				未掘削	0～10	11～20	21～30	31～40
イヌビエ	1年草	陸生		●				
エゾシロネ	多年草	湿生		●				
オオアワガエリ	多年草	陸生	*	●				
オオバコ	多年草	陸生		●				
カラフトアカバナ	多年草	湿生		●				
コシカギク	1年草	陸生		●				
コヌカグサ	多年草	陸生	*	●				
シロツメクサ	多年草	陸生	*	●				
スギナ	多年草	陸生		●				
ナガボノシロワレモコウ	多年草	湿生		●				
ヒメコウガイゼキショウ	1年草	湿生		●				
ヒメシロネ	多年草	湿生		●				
ヤナギsp	木本	湿生		●				
ガマsp	多年草	水生			●			
ヒメジソ	1年草	陸生			●			
ハリコウガイゼキショウ	多年草	湿性		●	●	●		
カサスゲ	多年草	湿性			●	●		
ミクリsp	多年草	水生			●	●		
ヤナギトラノオ	多年草	湿性			●	●	●	
ヤナギタデ	1年草	湿性					●	
クサヨシ	多年草	湿性		●	●		●	●

注)黄色の網がけは、水際の上に生育していたもの

調査日:2006.09.23

現地写真



写真 7. 1. 2 10cm 区 2006. 9. 23



写真 7. 1. 3 30cm 区 2006. 9. 23



写真 7. 1. 4 50cm 区 2006. 9. 23



写真 7. 1. 5 傾斜区 2006. 9. 26

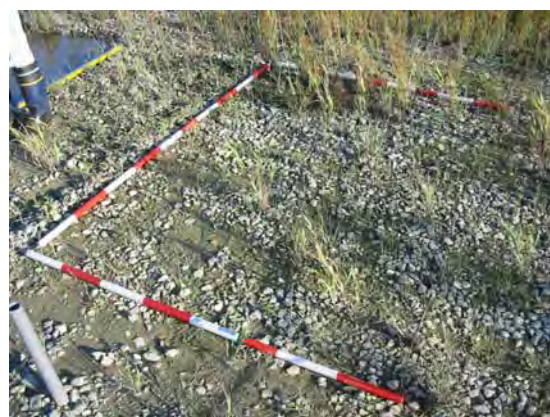


写真 7. 1. 6 対照区① 2006. 9. 23

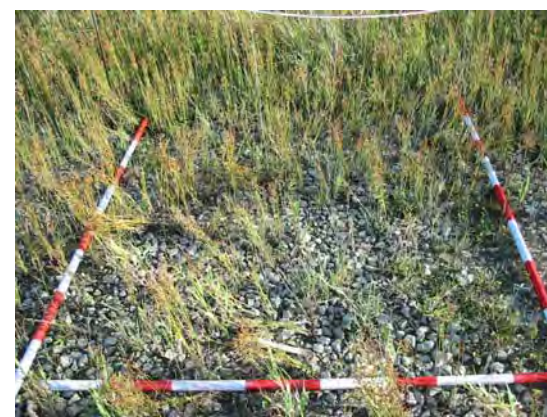


写真 7. 1. 7 対照区② 2006. 9. 23

7.2 地下水流動解析

原生花園跡地の修復手法の検討にあたっては、駐車場およびビジターセンター等の建物基礎となっている盛土の撤去が湿原側の地下水位に与える影響度を検討する必要がある。

盛土撤去による影響としては、湿原地下水が撤去後の湛水面および道路側溝に流出し、南側の湿原側地下水位が低下し、乾燥化が進んでしまうことが考えられる。

ここでは、盛土撤去後の湿原側への地下水位低下の影響範囲を検討するために、断面２次元地下水流動解析を実施した結果を示す。図 7.2.1 には、断面２次元地下水流動解析を実施した断面位置図を示す。検討断面はビジターセンター盛土部が最も湿原側に広く張り出している位置にあたり、盛土の層厚も既存ボーリングデータによれば最も厚く分布している場所である。また、断面の南側にはE測線の地下水位観測孔であるE地点があり、断面南側の地下水位条件として利用できる。



図 7.2.1 地下水流動解析の断面位置図

7.2.1 解析断面モデルの設定

今回使用した解析ソフトは統合型水循環シミュレーションソフトの GETFLOWS Standard で、本ソフトはトンネル掘削、地下構造物の建設等に伴う流況阻害、沢水湧水などの影響予測等に一般的に使われているものである。

(1) 解析領域

解析領域は、図 7.2.2 に示す円山道路盛土から南側湿原にかけての長さ 374m の断面で、図 7.2.3 に示すボーリング調査結果による地質断面図を参考に設定した。解析格子数は、横 126×縦 23 で分割し、合計 2,898 となった。

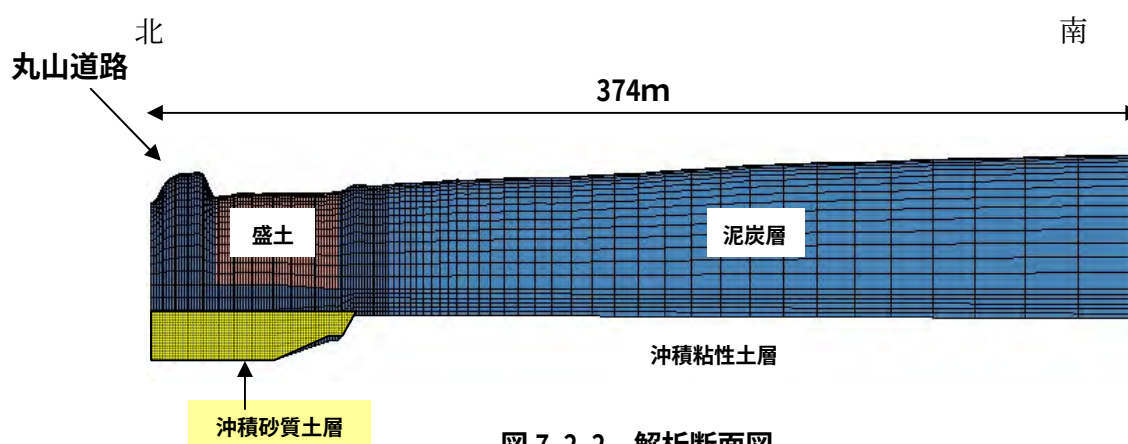


図 7.2.2 解析断面図

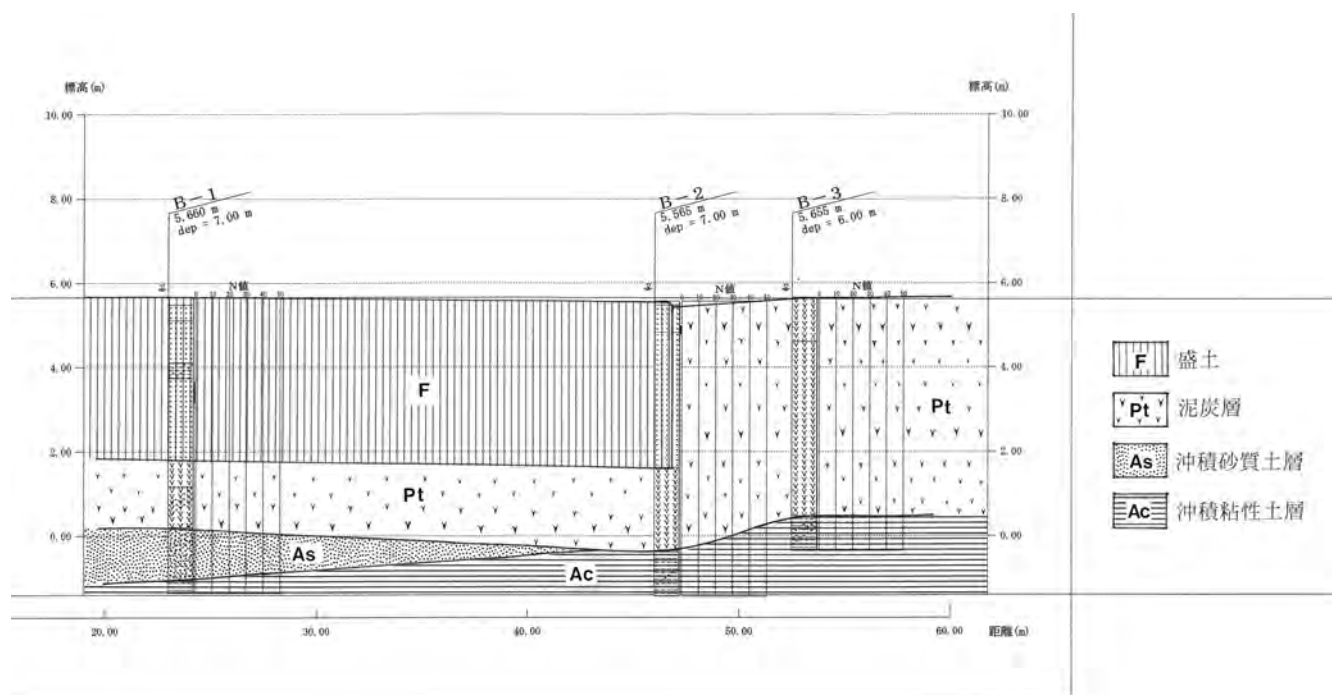


図 7.2.3 ボーリング調査結果による地質断面図

(2) 境界条件とモデルの物性

モデルの境界条件は以下のように設定した。なお、降雨と地下水位の境界条件としては2004年～2006年のうち、最も降水量が少ない2005年のデータを用いて設定し、安全側の検討結果となるようにした。

領域北側：不透水境界

領域南側：定水頭境界（E地点の2005年の平均地下水位：6.031mで固定）

領域下端：不透水境界（沖積粘性土を不透水層と仮定）

領域上端：流出境界

降雨条件：2005年の年間降水量の30%（0.857mm/day）を地下浸透させる

次に、モデルの各土層に与える透水係数は以下のように設定した。

盛土層： $1.06 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ （平成16年度調査のB-1孔透水試験結果を採用）

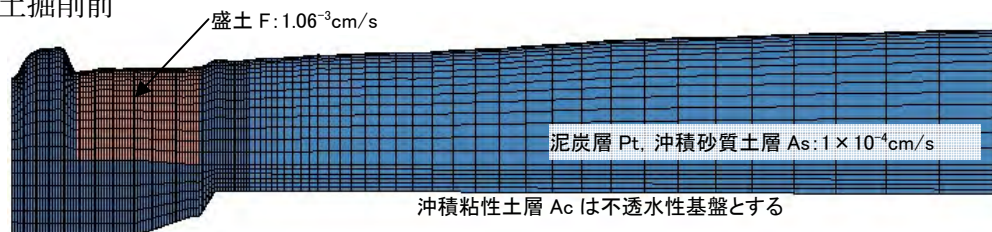
泥炭層： $1 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ （平成17年度の水抜き水路地下水流動解析と同じ）

沖積砂質土層： $1 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ （道路土工 排水工指針の一般値より設定）

(3) 解析ケース

解析ケースは、盛土掘削前と掘削後の2ケースで実施した。

① 盛土掘削前



② 盛土掘削後

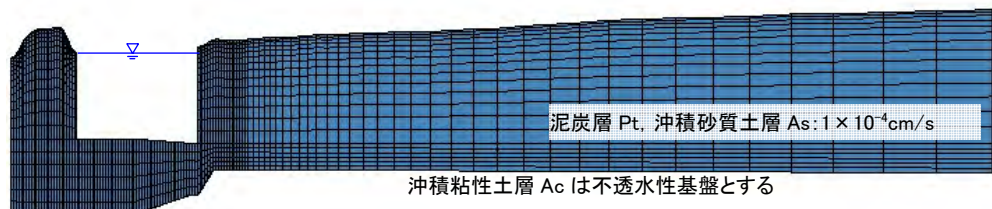


図 7.2.4 解析ケース（盛土掘削前・後）

7.2.2 解析結果

盛土掘削前と掘削後の解析結果を図 7.2.5 に示す。また、表 7.2.1 には盛土部および盛土直近、湿原部における掘削前後の地下水位標高とその変動量を示す。

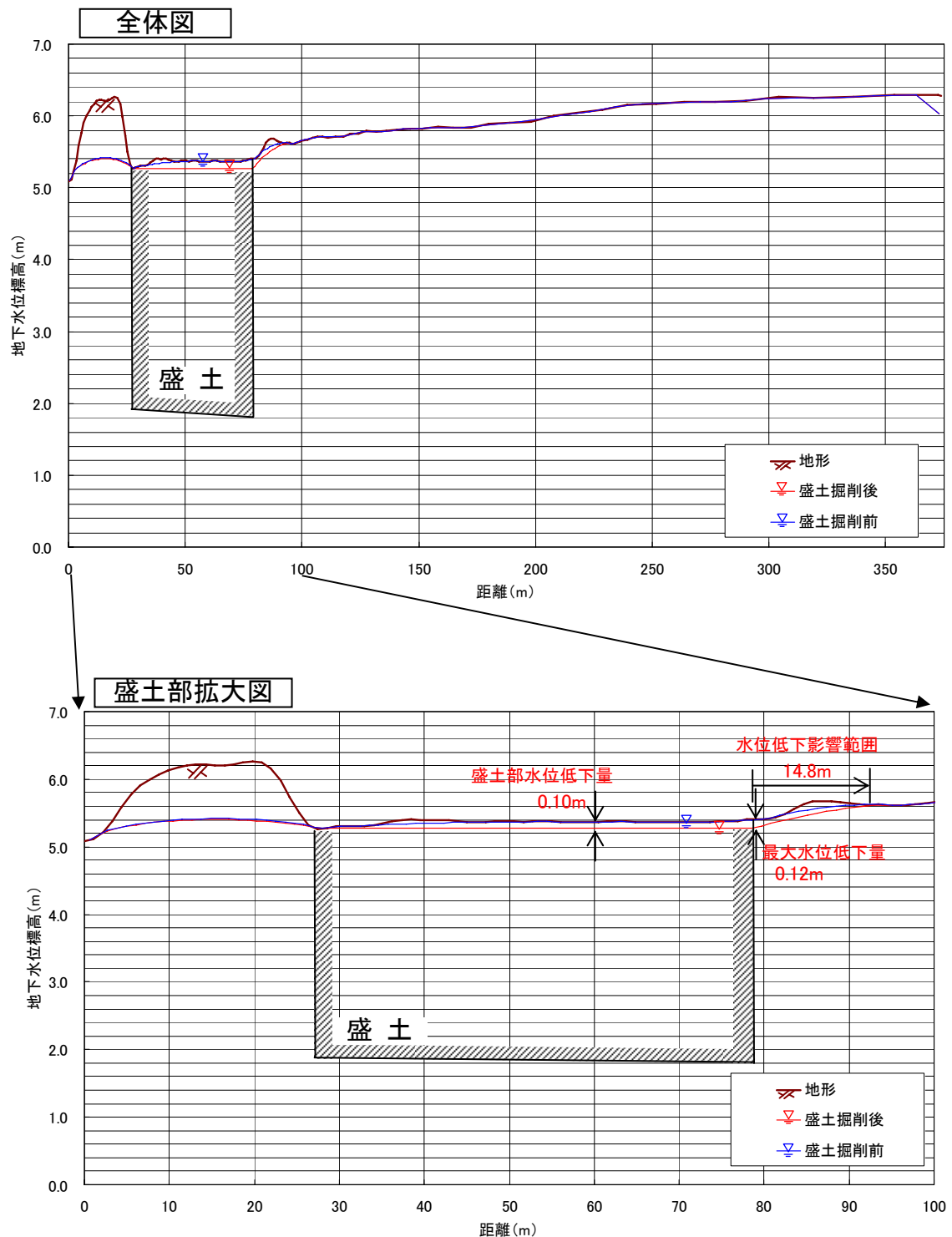


図 7.2.5 地下水流動解析結果

地下水流動解析の結果から、盛土部においては掘削前と掘削後で 10cm の水位低下が予測され、その影響は盛土端部から湿原側に約 15m の範囲で及ぶと考えられる。また、盛土直近の湿原では、約 12cm の地下水位低下が予測されるが、影響範囲よりも湿原奥部ではほとんど影響は現れないと考えられる。

したがって、盛土撤去の影響としての地下水位低下はビジターセンター盛土部の周辺に局所的に限定されることが考えられる。

- ・影響範囲　：　盛土掘削部より 14.8m（水位低下量約 0.01m）
- ・水位低下量：　最大　0.122m（盛土直近）

表 1．盛土掘削前・後における地下水位，および地下水位低下量

位　　置	盛土部 (X=59.9m)	盛土直近 (X=78.6m)	湿原 (X=100m)
盛土掘削前水位	5.368m	5.390m	5.651m
〃　　後水位	5.268m	5.268m	5.651m
地下水位低下量	0.100m	0.122m	0.000m

7.2.3 今後の課題

原生花園跡地の修復手法の検討を進めるにあたり、今後課題となる事項としては以下の項目が上げられる。

- ① 盛土掘削による湛水面と道路側溝の連続による栄養塩の流入対策
- ② 盛土掘削時の道路盛土および湿原地盤の安定上の問題と矢板等の工法の検討
- ③ 盛土撤去後の植生再生に関する手法検討

8．ペンケ沼の土砂流入の実態調査

8.1 浮遊土砂量調査

8.1.1 浮遊土砂の採取

浮遊土砂量調査および流量観測は、図 8.1.1 に赤丸で示した 9 地点（下エベコロベツ川上流部、下エベコロベツ川中流部、登龍沢川、下エベコロベツ川下流部、オンネベツ川、オンネベツ川合流後、福永川、ペンケ沼流入部、ペンケ沼流出部）で、高水時、低水時および中間的な水位時の 3 時期にわたって計 5 回（ペンケ沼流出部のみ 3 回）実施した。写真 8.1.1 に各調査地点の状況を示す。また、それぞれの調査の実施時期および水位を表 8.1.1 に示した。

浮遊土砂量調査にあたっては、各調査地点で水面から水深の 20% および 80% の深さの 2 箇所（水深が 30cm 以浅の場合には 60% の深さで 1 箇所）で約 1L ずつ濁水を採取した。採取した濁水は、試験室にて $1\mu\text{m}$ のメンブランフィルターで濾過し、固形物の乾燥重量を測定し、浮遊土砂濃度 (mg/kg) を求めた。写真 8.1.2 に現地での採水状況を示す。

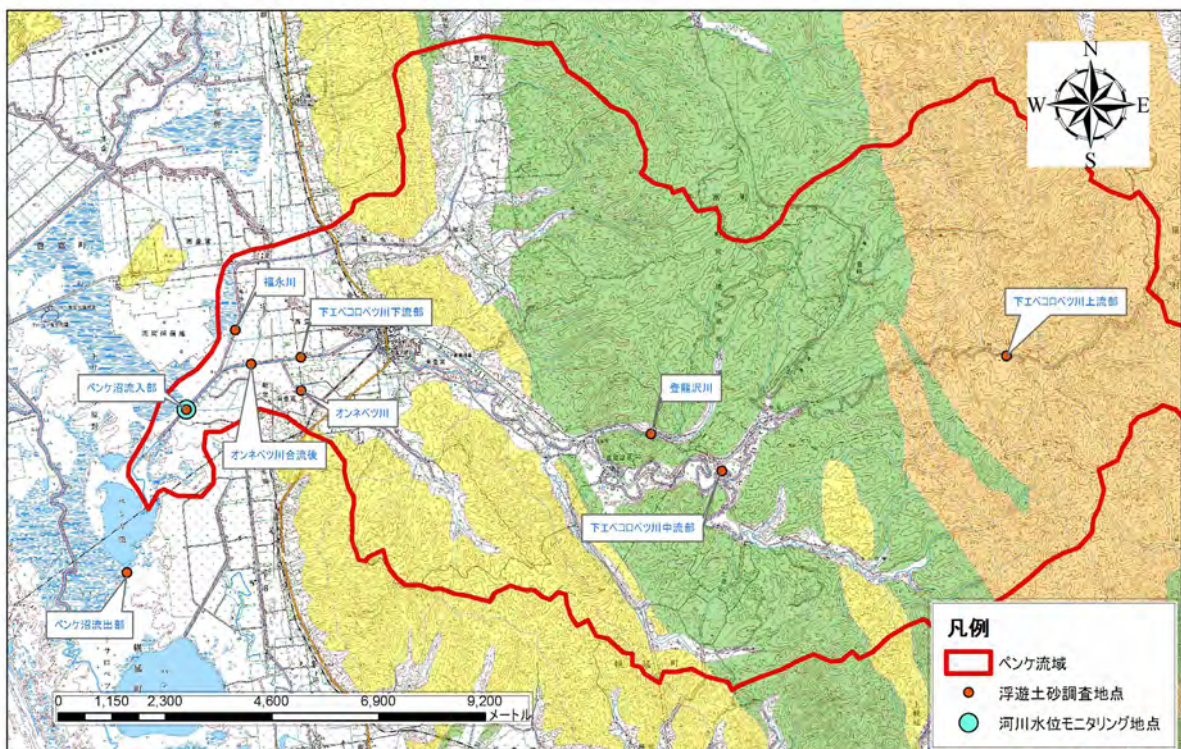


図 8.1.1 ペンケ沼流域の浮遊土砂量調査位置図



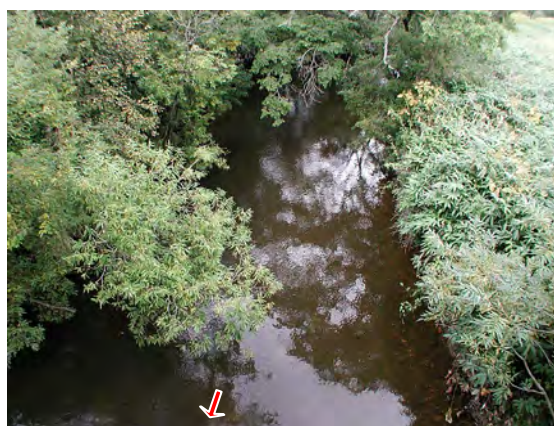
下エベコロベツ川上流部（↓：流れの方向）



登龍沢川



下エベコロベツ川中流部（下流側）



下エベコロベツ川中流部（上流側）



下エベコロベツ川下流部（下流側）



下エベコロベツ川下流部（上流側）

写真 8.1.1 浮遊土砂量調査地点



オンネベツ川



オンネベツ川合流後



福永川



ペンケ沼流入部



ペンケ沼流出部

写真 8.1.1 (続き) 浮遊土砂量調査地点

表 8.1.1 各調査の実施時期および水位

調査地点名	第一次調査 2006/9/20 ～9/21	第二次調査 2006/9/22	第三次調査 2006/10/17 ～10/18	第四次調査 2006/11/2	第五次調査 2006/11/14 ～11/15
下エベコロベツ川上流部	○	○	○	○	○
登龍沢川	○	○	○	○	○
下エベコロベツ川中流部	○	○	○	○	○
下エベコロベツ川下流部	○	○	○	○	○
オネベツ川	○	○	○	○	○
オネベツ川合流後	○	○	○	○	○
福永川	○	○	○	○	○
ペンケ沼流入部	○	○	○	○	○
ペンケ沼流出部	○		○		○
ペンケ沼流入部流量 (m ³ /min)	384.71 低水位	246.64 低水位	894.23 高水位	620.32 中間	691.44 中間



写真 8.1.2 採水状況（上）および水温測定状況（下）

8.1.2 流量観測

流量観測にあたっては、各調査地点で流水断面を測量した後に、流速を求め、流水の断面積と流速を乗じることによって流量を推算した。流速は、小型プロペラ式流速計あるいは水深が流速計の適用範囲外（およそ 1m 以深）の場合は浮子法を用いて測定した。

流速計を用いた調査では、川幅が狭い場合（およそ 10m 以下）には中心付近で 1 箇所、川幅が広い場合（およそ 10m 以上）には左岸側、中心、右岸側の 3 箇所で、水深の 20%および 80%の深さ（水深が 30cm 以浅の場合には 60%の深さのみ）で流速を測定した（写真 8.1.3）



写真 8.1.3 流速計による流速測定状況

一方、浮子法を用いた調査では、浮子が一定の間隔を流下する時間を測定し流速を得た。

どちらの場合でも、あらかじめ測量した河床横断面と観測時の水位標高に基づいて流水の断面積を求め、流速を乗じることによって流量を推算した。

以上の結果から求められた流量と採水の分析によって求められた浮遊土砂濃度を乗じることによって浮遊土砂量が得られる。表 8.1.2 に調査結果一覧を示す。

また、図 8.1.2～8.1.6 には下エベコロベツ川流域の流量および浮遊土砂量を模式的に表した。さらに図 8.1.7 には下エベコロベツ川の流量および浮遊土砂量の変化をグラフで示した。

なお、各調査地点における観測結果の詳細は、巻末資料に示す。

表 8.1.2 調査結果一覧

第一次調査(9/20～9/21)

調査地点名	水温 ℃	水位 BM m	杭頭標高 m	水面標高 m	平均流速 m/min	流量 m ³ /min	浮遊土砂(上) mg/kg	浮遊土砂(下) mg/kg	浮遊土砂濃度 mg/kg	浮遊土砂量 kg/min
下エベコロベツ川上流部	12.9	-0.89	65.52	64.63	30.01	23.69	5	-	5.0	0.12
下エベコロベツ川中流部	12.9	-1.57	32.52	30.95	49.38	171.99	4	4	4.0	0.69
登龍沢川	11.2	-0.85	35.74	34.89	29.74	35.20	5	-	5.0	0.18
下エベコロベツ川下流部	15.1	-0.76	4.18	3.42	50.29	250.00	5	6	5.5	1.37
オンネベツ川	16.2	-0.70	7.92	7.22	23.69	19.78	18	-	18.0	0.36
オンネベツ川合流後	14.1	-0.41	2.92	2.51	61.15	340.56	12	11	11.5	3.92
福永川	14.8	-0.29	2.74	2.45	46.85	107.70	20	23	21.5	2.32
ベンケ沼流入部	15.7	-1.03	2.27	1.24	39.58	384.71	11	12	11.5	4.42
ベンケ沼流出部	15.4	-1.80	-	0.585	測定不能	-	11	40	25.5	-

第二次調査(9/22)

調査地点名	水温 ℃	水位 BM m	杭頭標高 m	水面標高 m	平均流速 m/min	流量 m ³ /min	浮遊土砂(上) mg/kg	浮遊土砂(下) mg/kg	浮遊土砂濃度 mg/kg	浮遊土砂量 kg/min
下エベコロベツ川上流部	9.8	-0.94	65.52	64.58	18.22	9.51	2	-	2.0	0.02
下エベコロベツ川中流部	11.4	-1.60	32.52	30.92	33.03	109.64	3	3	3.0	0.33
登龍沢川	8.9	-0.89	35.74	34.85	19.64	18.21	4	-	4.0	0.07
下エベコロベツ川下流部	11.9	-0.93	4.18	3.25	48.65	149.41	4	-	4.0	0.60
オンネベツ川	13.8	-0.78	7.92	7.14	12.29	7.35	10	-	10.0	0.07
オンネベツ川合流後	11.8	-0.61	2.92	2.31	35.00	160.96	4	6	5.0	0.80
福永川	11.5	-0.41	2.74	2.33	32.06	50.74	9	9	9.0	0.46
ベンケ沼流入部	12.2	-1.13	2.27	1.14	28.91	246.64	7	6	6.5	1.60
ベンケ沼流出部	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

第三次調査(10/17～18)

調査地点名	水温 ℃	水位 BM m	杭頭標高 m	水面標高 m	平均流速 m/min	流量 m ³ /min	浮遊土砂(上) mg/kg	浮遊土砂(下) mg/kg	浮遊土砂濃度 mg/kg	浮遊土砂量 kg/min
下エベコロベツ川上流部	10.0	-0.76	65.52	64.76	54.73	81.97	76	150	113.0	9.26
下エベコロベツ川中流部	9.9	-1.075	32.52	31.445	59.71	575.89	48	70	59.0	33.98
登龍沢川	10.0	-0.72	35.74	35.02	56.44	74.84	52	56	54.0	4.04
下エベコロベツ川下流部	10.0	-0.17	4.18	4.01	57.53	660.81	36	40	38.0	25.11
オンネベツ川	10.9	-0.54	7.92	7.38	49.85	68.12	95	98	96.5	6.57
オンネベツ川合流後	10.2	0.18	2.92	3.10	69.26	753.00	41	55	48.0	36.14
福永川	11.0	0.24	2.74	2.98	56.63	393.43	70	130	100.0	39.34
ベンケ沼流入部	10.5	-0.34	2.27	1.93	49.01	894.23	43	360	201.5	180.19
ベンケ沼流出部	9.1	-1.95	-	0.735	21.80	719.33	31	34	32.5	23.38

第四次調査(11/2)

調査地点名	水温 ℃	水位 BM m	杭頭標高 m	水面標高 m	平均流速 m/min	流量 m ³ /min	浮遊土砂(上) mg/kg	浮遊土砂(下) mg/kg	浮遊土砂濃度 mg/kg	浮遊土砂量 kg/min
下エベコロベツ川上流部	5.1	-0.83	65.52	64.69	33.92	37.78	5	-	5.0	0.19
下エベコロベツ川中流部	4.7	-1.18	32.52	31.34	39.16	409.88	5	5	5.0	2.05
登龍沢川	5.1	-0.85	35.74	34.89	45.02	27.91	2	-	2.0	0.06
下エベコロベツ川下流部	5.0	-0.455	4.18	3.725	54.92	460.56	10	8	9.0	4.15
オンネベツ川	6.7	-0.69	7.92	7.23	18.01	15.57	3	-	3.0	0.05
オンネベツ川合流後	5.0	-0.15	2.92	2.77	59.28	470.21	11	10	10.5	4.94
福永川	5.6	-0.31	2.74	2.43	37.45	81.56	4	9	6.5	0.53
ベンケ沼流入部	5.3	-0.72	2.27	1.55	47.28	620.32	4	4	4.0	2.48
ベンケ沼流出部	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

第五次調査(11/14～15)

調査地点名	水温 ℃	水位 BM m	杭頭標高 m	水面標高 m	平均流速 m/min	流量 m ³ /min	浮遊土砂(上) mg/kg	浮遊土砂(下) mg/kg	浮遊土砂濃度 mg/kg	浮遊土砂量 kg/min
下エベコロベツ川上流部	3.8	-0.85	65.52	64.67	36.88	23.08	2	-	2.0	0.05
下エベコロベツ川中流部	4.0	-1.16	32.52	31.36	36.58	392.09	5	3	4.0	1.57
登龍沢川	4.3	-0.825	35.74	34.915	42.10	29.81	1	-	1.0	0.03
下エベコロベツ川下流部	4.0	-0.405	4.18	3.775	49.37	431.77	3	6	4.5	1.94
オンネベツ川	4.5	-0.615	7.92	7.305	36.56	40.06	3	3	3.0	0.12
オンネベツ川合流後	4.0	-0.10	2.92	2.82	53.62	447.44	3	3	3.0	1.34
福永川	4.7	-0.025	2.74	2.715	40.45	156.31	2	5	3.5	0.55
ベンケ沼流入部	4.1	-0.54	2.27	1.73	44.59	691.44	2	3	2.5	1.73
ベンケ沼流出部	4.8	-2.78	-	1.565	21.29	935.74	46	26	36.0	33.69

平成18年度サロベツ自然再生事業
浮遊土砂量調査

第一次調査

調査日：平成18年9月20～21日

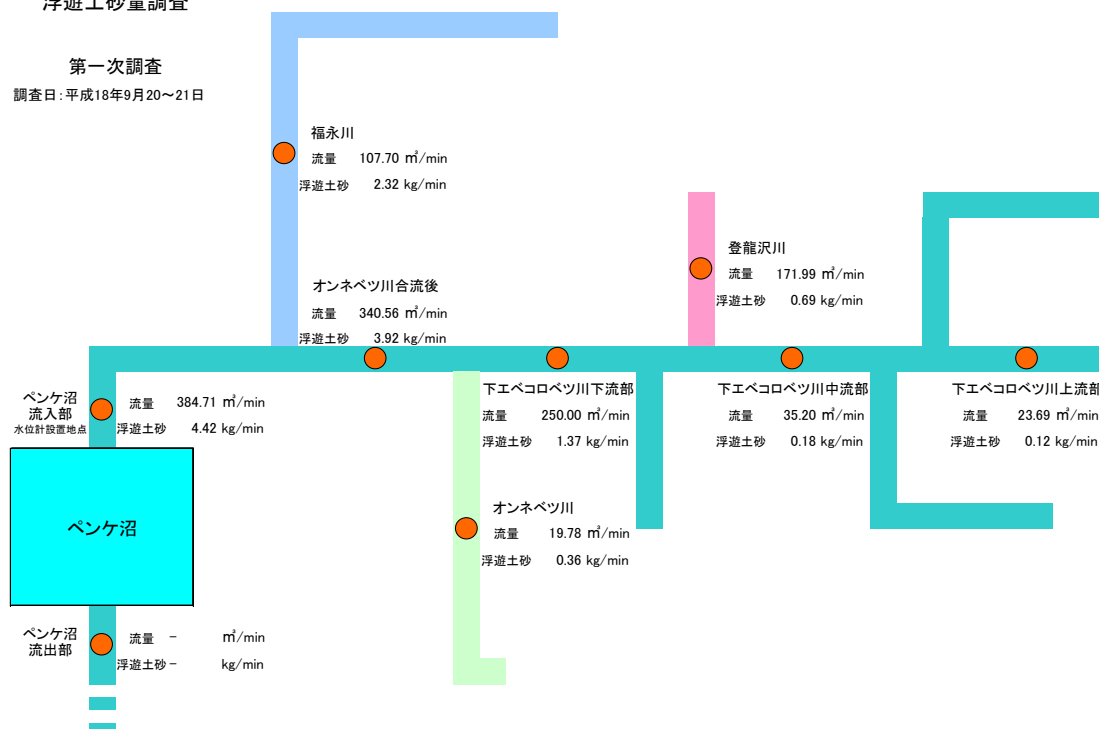


図 8.1.2 下エベコロベツ川流域の流量および浮遊土砂量（第一次調査）

平成18年度サロベツ自然再生事業
浮遊土砂量調査

第二次調査

調査日：平成18年9月22日

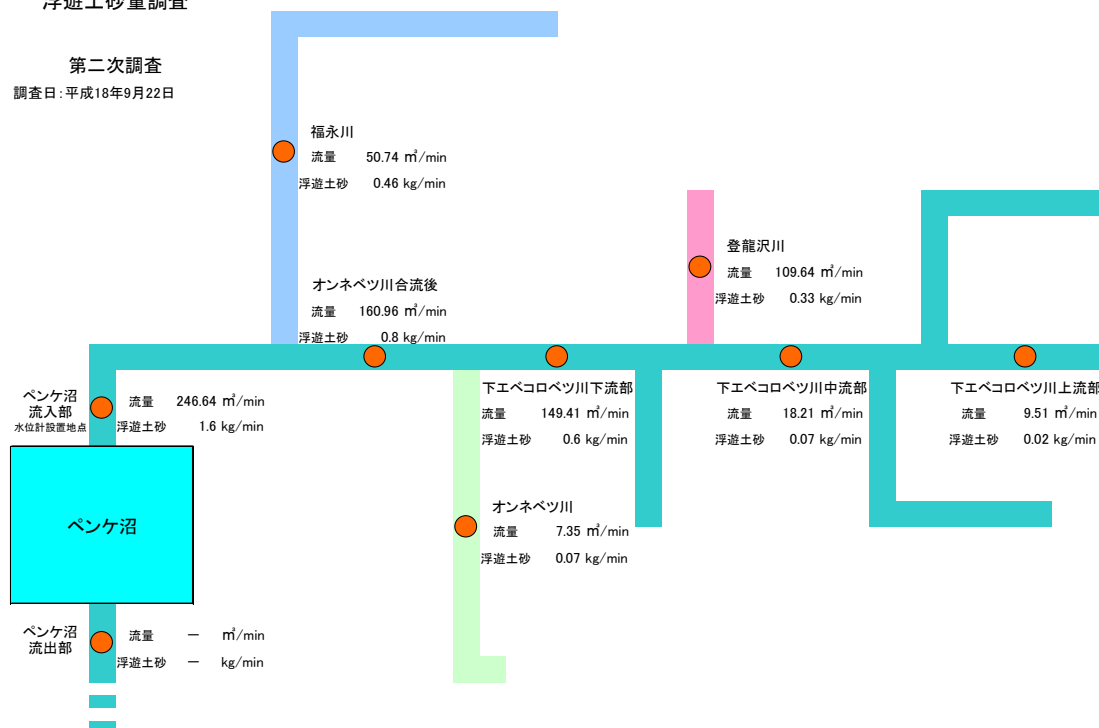


図 8.1.3 下エベコロベツ川流域の流量および浮遊土砂量（第二次調査）

平成18年度サロベツ自然再生事業
浮遊土砂量調査

第三次調査

調査日：平成18年10月17～18日

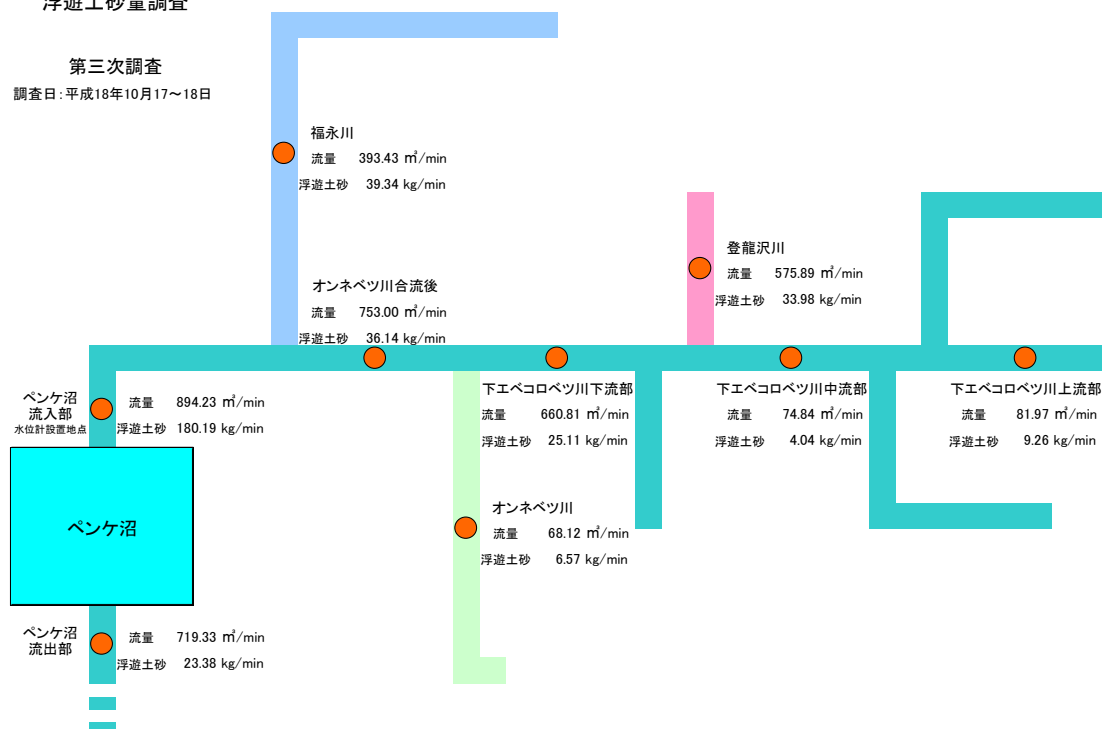


図 8.1.4 下エベコロベツ川流域の流量および浮遊土砂量（第三次調査）

平成18年度サロベツ自然再生事業
浮遊土砂量調査

第四次調査

調査日：平成18年11月2日

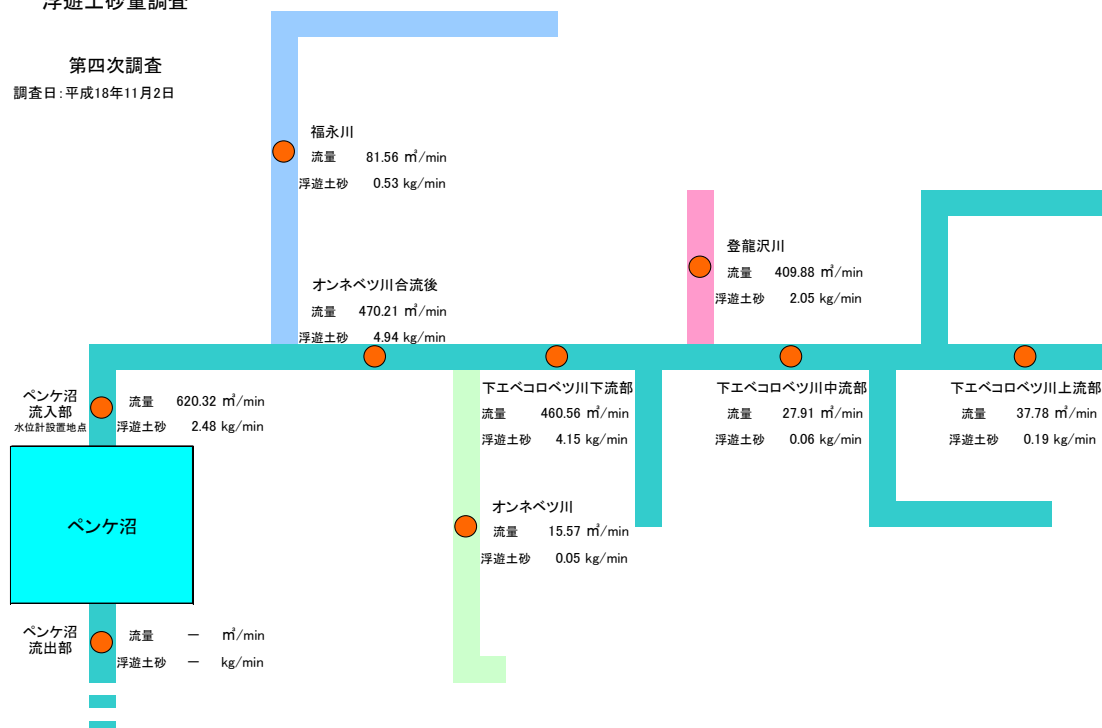


図 8.1.5 下エベコロベツ川流域の流量および浮遊土砂量（第四次調査）

平成18年度サロベツ自然再生事業
浮遊土砂量調査

第五次調査

調査日：平成18年11月14～15日

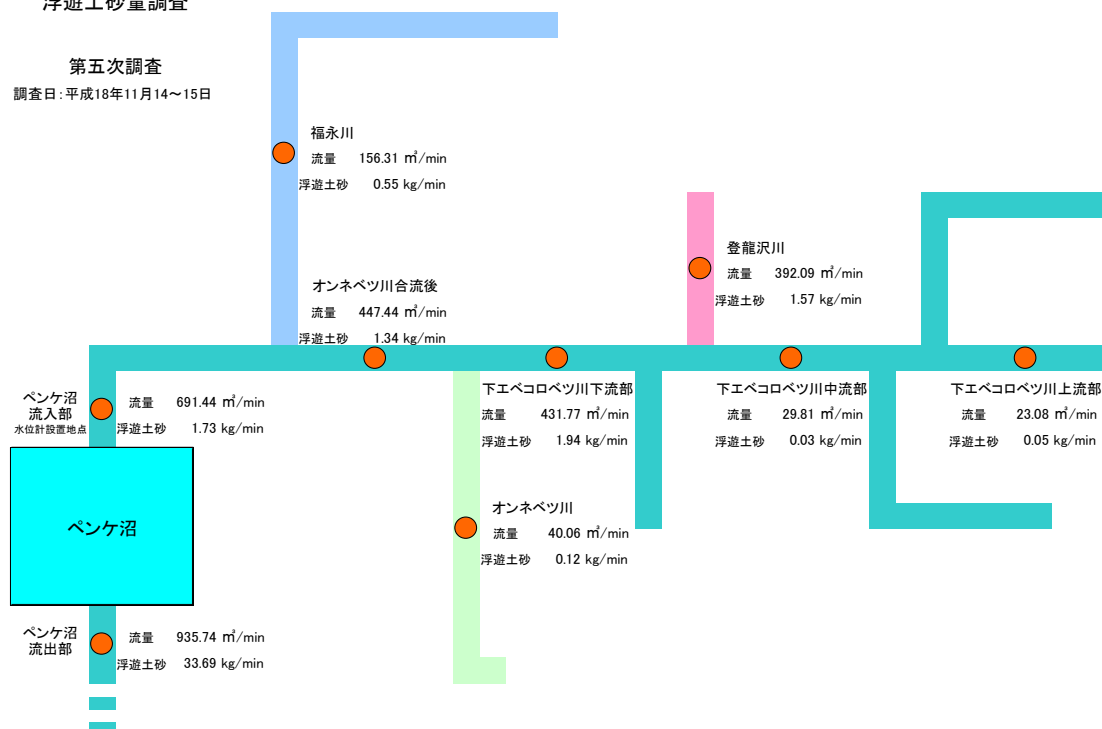


図 8.1.6 下エベコロベツ川流域の流量および浮遊土砂量（第五次調査）

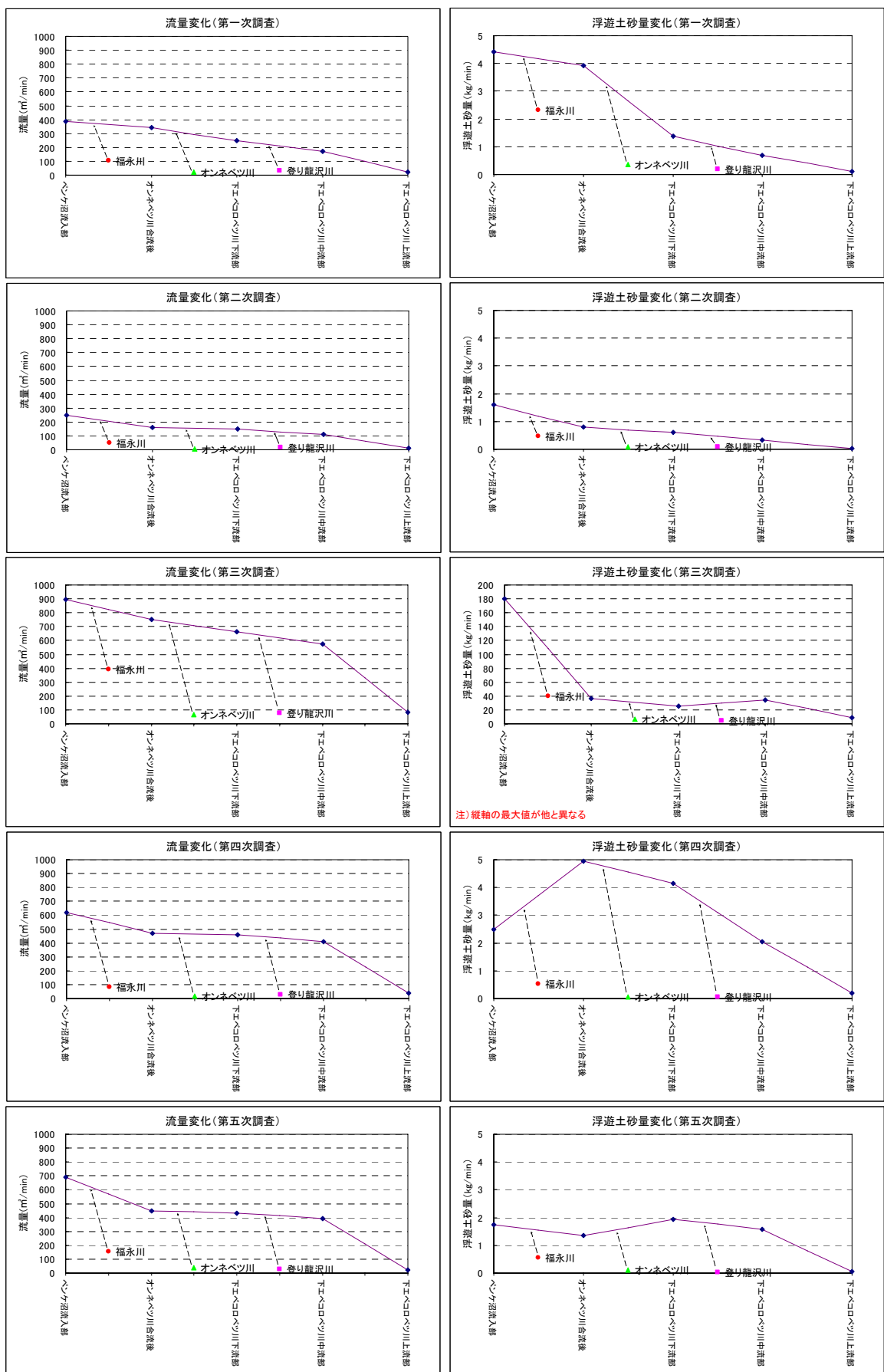


図 8.1.7 下エベコロベツ川の流量および浮遊土砂量の変化

8.1.3 流入河川の水位モニタリング

水位モニタリングにあたっては、ペンケ沼流入部（図 8.1.1 中の緑丸）において自動記録式水位計を設置し、河川水位の連続観測を実施した。以下に本業務に用いた自動記録式水位計の仕様を示す。

名称：応用地質株式会社製 S&DL 水位計 MODEL-4677

水位測定精度： $\pm 0.1\%$ FS（水位分解能 1cm）

測定間隔：1 分～10 日（本調査では 1 時間間隔とした）

メモリ容量：57000 データ

電源：単一アルカリ電池×3 本

観測の結果、2006 年 10 月 27 日から同 12 月 14 日までのペンケ沼流入部の水位データが得られた。水位モニタリング結果を図 8.1.8 に示す。

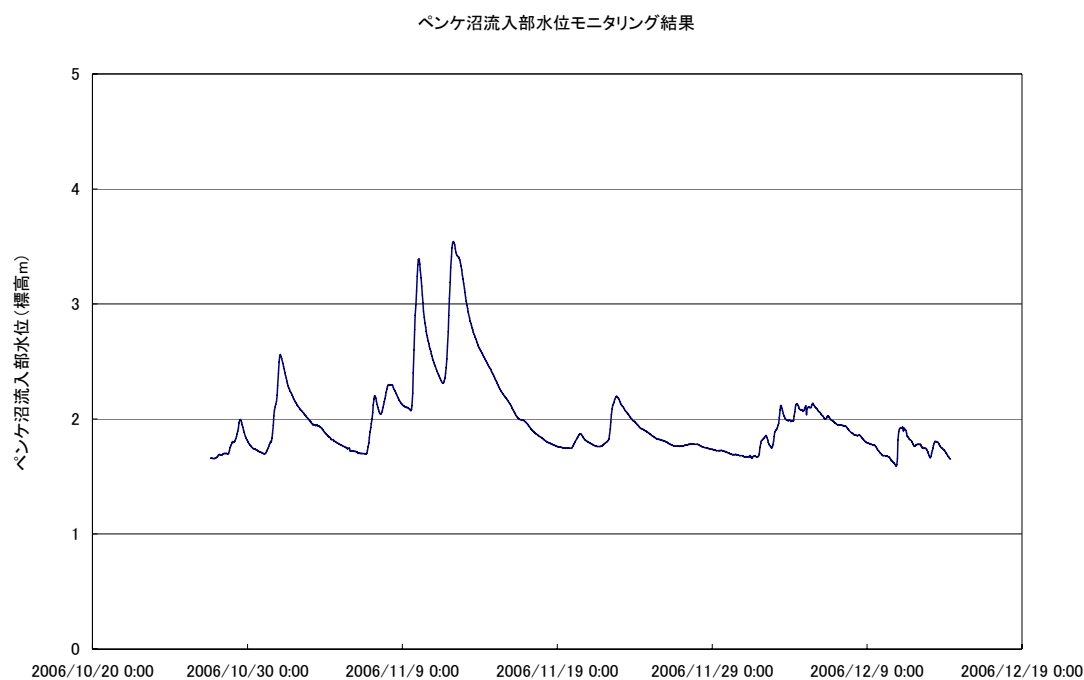


図 8.1.8 ペンケ沼流入部の水位モニタリング結果

ここで、このペンケ沼流入部の水位と、稚内土木現業所によって観測された下エベコロベツ川の水位（豊富温泉付近）とを比較すると、非常によい相関が認められることがわかる（図 8.1.9）。

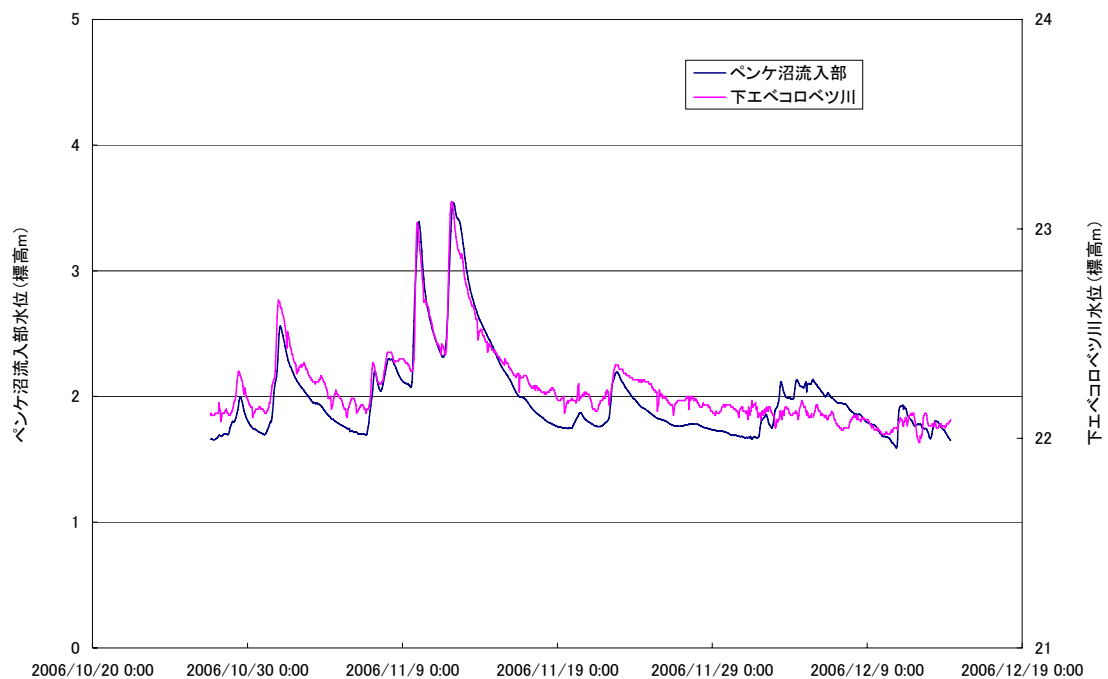


図 8.1.9 ペンケ沼流入部の水位と稚内土木現業所観測下エベコロベツ川水位

したがって、これら 2 つの水位の関係式を求めることによって、過去の下エベコロベツ川の水位から、ペンケ沼流入部の水位を再現することが可能となる。図 8.1.10 にペンケ沼流入部の水位と稚内土木現業所によって観測された下エベコロベツ川の水位との関係式を示す。

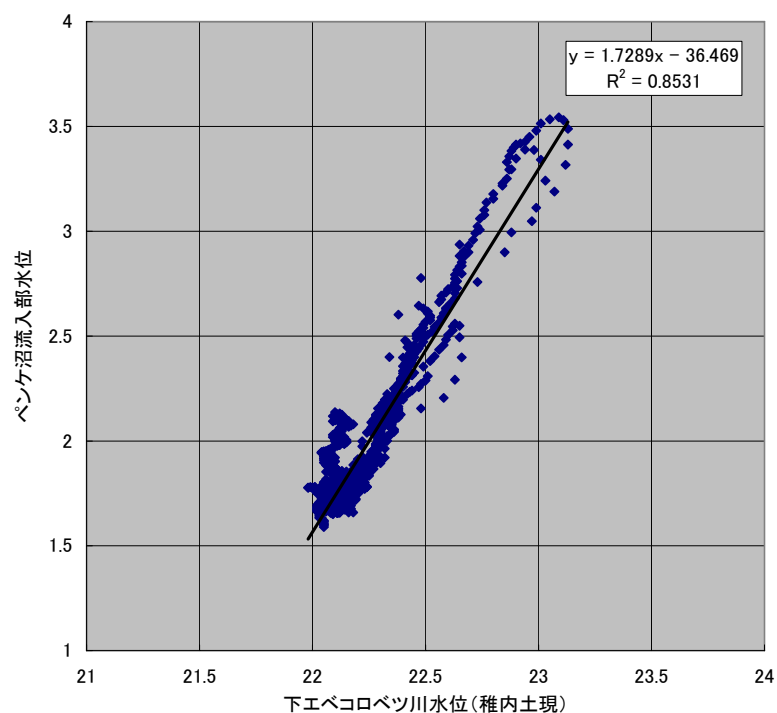


図 8.1.10 ペンケ沼流入部の水位と稚内土木現業所観測下エベコロベツ川水位

ここで最小二乗法により関係式を求めると、次式が得られた。

$$y = 1.7289x - 36.469$$

ただし、 x ：下エベコロベツ川水位（標高 m）

y ：ペンケ沼流入部水位（標高 m）

この関係式によって、下エベコロベツ川水位から計算されたペンケ沼流入部の水位と、実測のペンケ沼流入部の水位とを比較すると、非常によい再現性が保たれているといえる（図 8.1.11）。

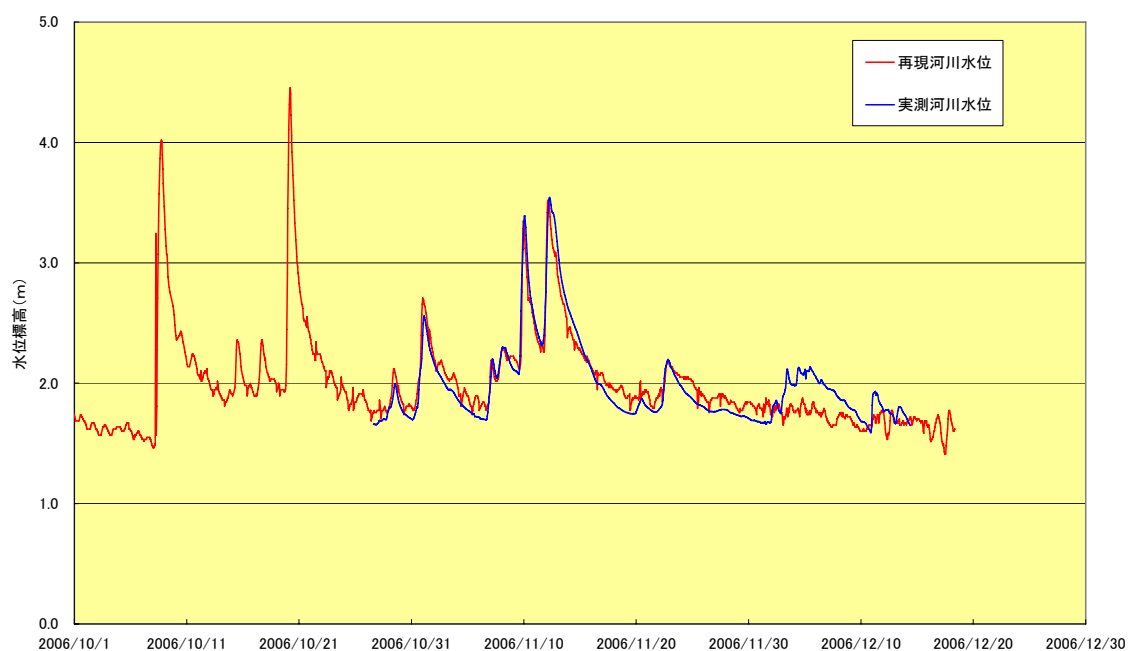


図 8.1.11 ペンケ沼流入部の再現河川水位と実測河川水位

8.1.4 河川流量の検討

流量観測の結果によると、各調査地点の水位と流量には比例関係が認められた。例として水位モニタリングを実施したペンケ沼流入部の水位と流量の関係を図 8.1.12 に示す。

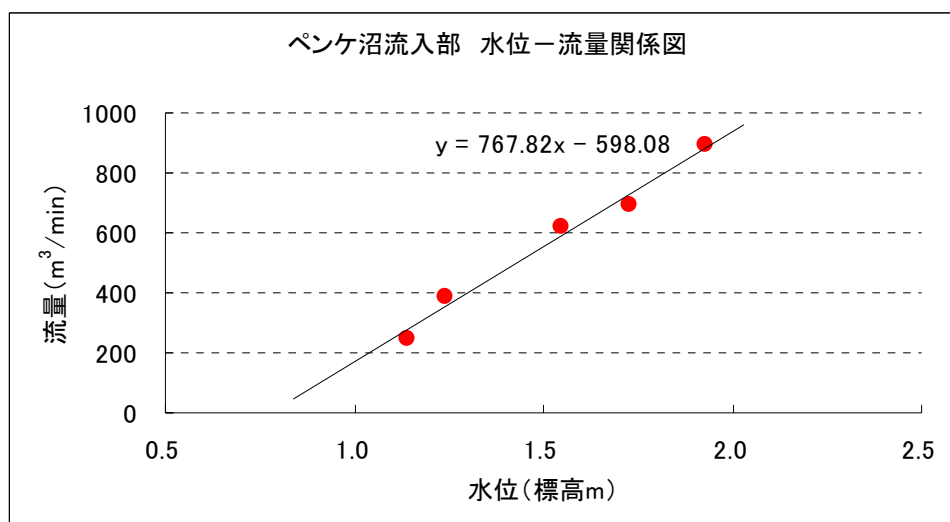


図 8.1.12 ペンケ沼流入部の水位と流量

ここで最小二乗法により関係式を求めると、次式が得られた。

$$y = 767.82x - 598.08 \quad \dots \dots \dots \text{式 8.1}$$

ただし、 x ：水位（標高 m） y ：流量（ $\text{m}^3/\text{分}$ ）

そこでこの関係式を用いて、前述の方法で再現した 2000 年から 2007 年におけるペンケ沼流入部の河川水位から流量を求めると、図 8.1.13 の結果が得られた。ただし 2000 年については、4 月 4 日～11 月 30 日の水位データしかない。また 2002 年については、4 月 1 日～6 月 30 日の水位データが欠測している。

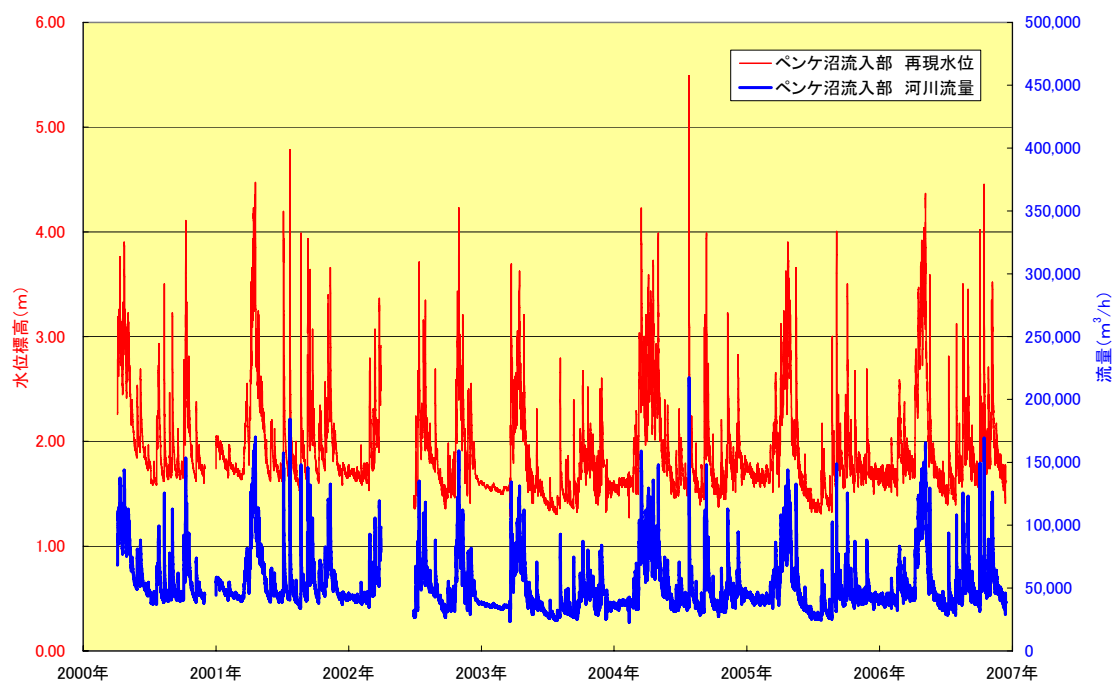


図 8.1.13 2000 年～2007 年におけるペンケ沼流入部の河川水位と流量

したがって、2001 年から 2006 年のペンケ沼への年間流入量は表 8.1.3 の通りと考えられる。なお、2002 年については、欠測期間（4 月 1 日～6 月 30 日）の流量は含まれていない。また 2006 年については、12 月 19 日以降の流量は含まれていない。

表 8.1.3 2001 年～2006 年のペンケ沼への年間流入量

	ペンケ沼への河川流入量 (m^3)
2001 年	495,415,284
2002 年	※1) 346,010,944
2003 年	373,675,887
2004 年	458,615,655
2005 年	425,921,945
2006 年	※2) 458,372,015

※1) 4～6 月は欠測 ※2) 12 月 18 日まで

8.1.5 浮遊土砂量の検討

採水の分析によって得られた浮遊土砂濃度に流量を乗じることで、浮遊土砂量（負荷量ともいう）を推算した。

各調査地点における流量と浮遊土砂量の関係を図 8.1.14 に示す。いずれの地点においても、流量の増加にともなって浮遊土砂量が飛躍的に増えるという傾向が認められた。

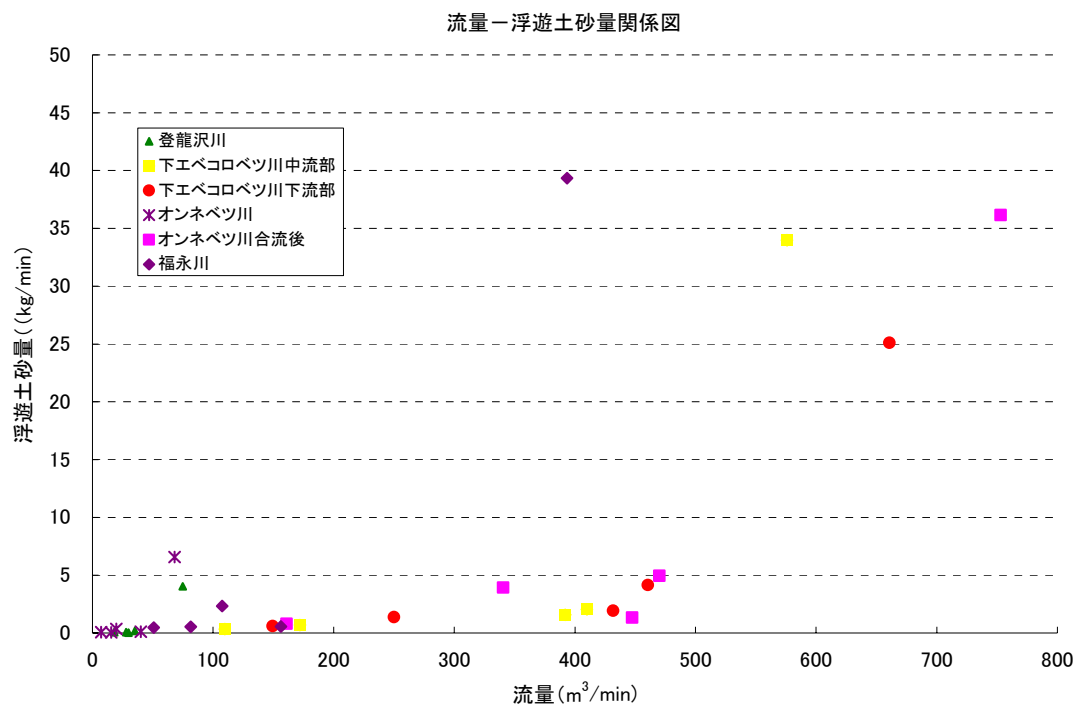
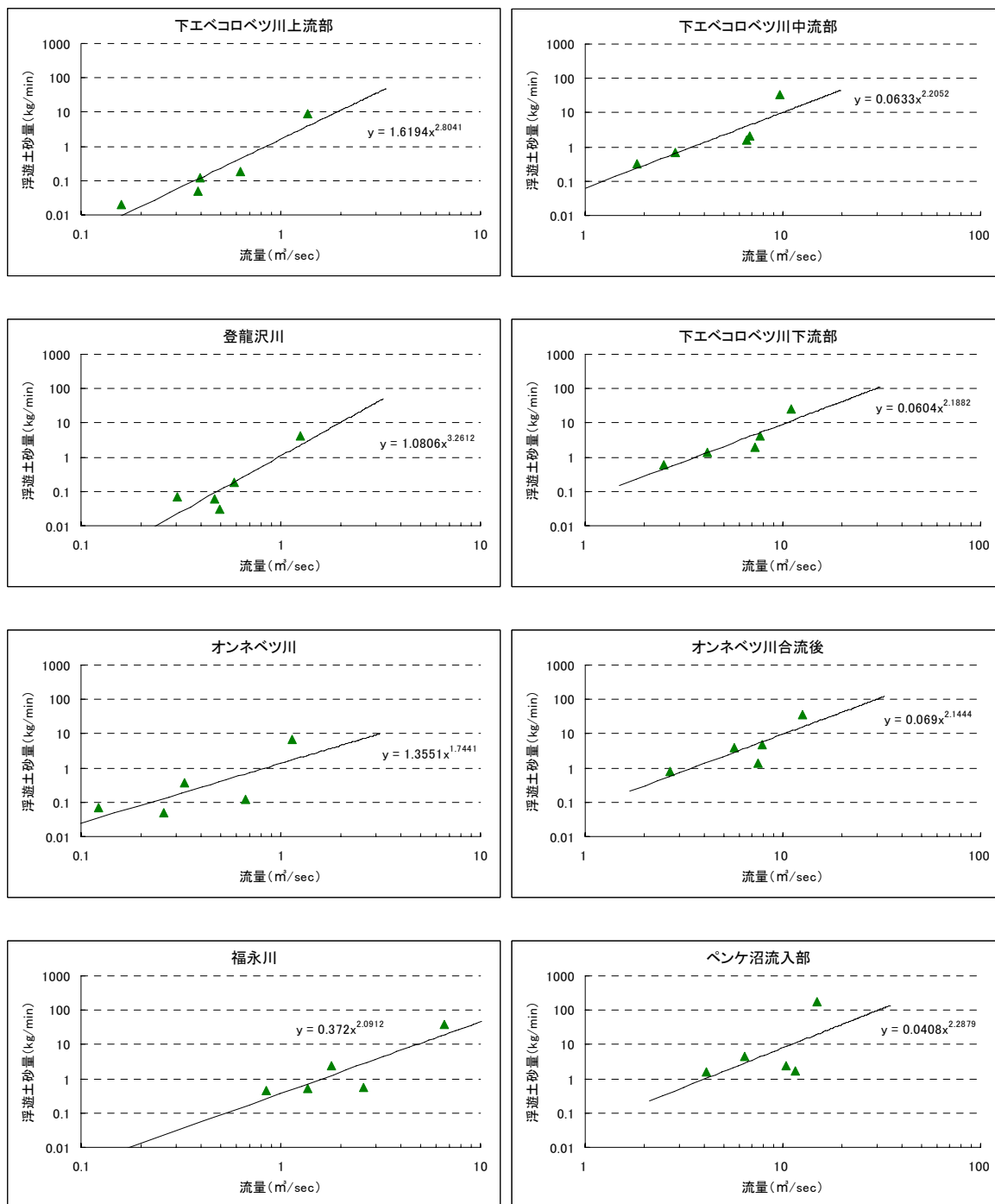


図 8.1.14 流量と浮遊土砂量

各調査地点の流量と浮遊土砂量を図 8.1.15 に示す。両軸を対数とした場合に両者には直線的な相関が認められた。



注) 左側 5 地点は横軸を 0.1~10 に、右側 5 地点は 1~100 にとってある。

図 8.1.15 各調査地点の流量と浮遊土砂量 (両軸対数)

ここで、最小二乗法によりペンケ沼流入部における流量と浮遊土砂量(図 8.1.15 最下段右)の回帰式を求めると、次式が得られた。

$$C = 0.0408Q^{2.2879} \quad \dots \dots \dots \text{式 8.2}$$

ただし、Q：流量 (m³/秒) C：浮遊土砂量 (kg/分)

なお、図 8.1.15 では流量と浮遊土砂量の回帰式として、1つの式を用いるのが良いのか、あるいは流量によって複数の式を使い分けるのが妥当なのかは明瞭ではない。しかし、この点を論ずるにはサンプル数が不足しているため、ここでは一つの回帰式で近似できると仮定した。

次に、この関係式を用いて、2002 年～2007 年におけるペンケ沼流入部の流量から浮遊土砂量を求めると、図 8.1.16 の結果が得られた。

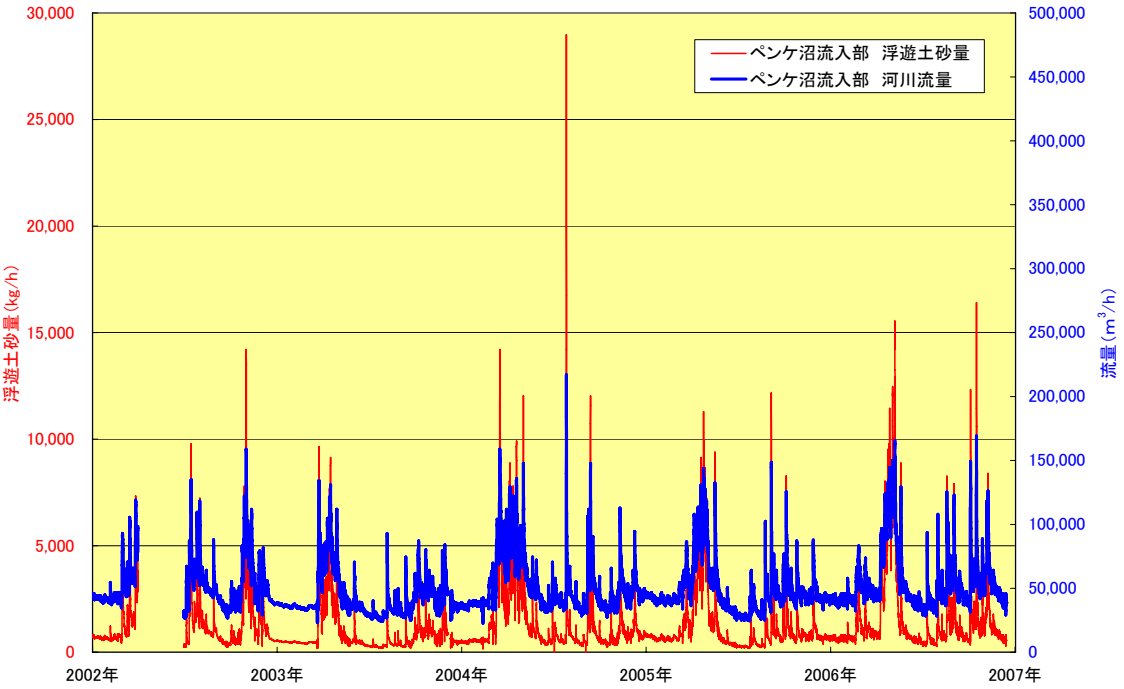


図 8.1.16 2002 年～2007 年におけるペンケ沼流入部の流量と浮遊土砂量

以上の考察から、2001 年から 2006 年にペンケ沼にもたらされたと考えられる年間浮遊土砂量（負荷量）は、表 8.1.4 の通りである。

表 8.1.4 ペンケ沼にもたらされた浮遊土砂量（2001 年～2006 年）

	ペンケ沼への河川流入量 (m^3)	ペンケ沼への浮遊土砂流入量 (kg)
2001年	495,415,284	14,378,244
2002年	※1) 346,010,944	※1) 8,887,650
2003年	373,675,887	7,805,757
2004年	458,615,655	12,434,471
2005年	425,921,945	10,420,028
2006年	※2) 458,372,015	※2) 13,132,496

※1) 4～6月は欠測 ※2) 12月18日まで

次に、ペンケ沼からの浮遊土砂の流出量について検討する。ペンケ沼流入部と流出部における流量と浮遊土砂量を表 8.1.5 に示す。

表 8.1.5 ペンケ沼流入部と流出部における流量と浮遊土砂量

	ペンケ沼流入部		ペンケ沼流出部	
	流量 m^3/min	浮遊土砂量 kg/min	流量 m^3/min	浮遊土砂量 kg/min
第一次調査	384.71 (9/20)	4.42 (9/20)	測定不能* (9/21)	— (9/21)
第三次調査	894.23 (10/17)	180.19 (10/17)	719.33 (10/18)	23.38 (10/18)
第五次調査	691.44 (11/15)	1.73 (11/15)	935.74 (11/14)	33.69 (11/14)

()内は調査日

*潮汐の影響により流量が測定できなかった。

ただし、第一次調査時は、潮汐の影響で流れが停滞していたため、流量を測定できなかった。また、第五次調査時は流出量が流入量を大きく上回っている。豊富町アメダスの記録では、11月9日に22mm、11日から12日にかけて27mmの降雨があった。そのため、ペンケ沼流出部を調査した11月14日には、それらの降雨による増水がまだペンケ沼に貯留されており、流量および浮遊土砂量が多く観測されたと考えられる。一方、翌日に実施したペンケ沼より上流の調査地点では、既に降雨の影響が収まった後だったと考えられる。よって、第五次調査時の流入量と流出量とを同列に比較することができない。以上のことから、ここでは第三次調査（高水時）の観測結果をもとに検討する。

第三次調査時のペンケ沼から流出する浮遊土砂量 (23.38kg/min) は、流入する浮遊土砂量 (180.19kg/min) に対して約 13%であった。したがってこの時ペンケ沼にもたらされた浮遊土砂のうち、ペンケ沼内に堆積したのは 87%程度で、残りは下流に流出したものと推測される。

前回の深淺測量を実施した 2002 年 11 月 21 日から、今回の深淺測量を実施した 2006 年 10 月 18 日までの約 4 年間に、ペンケ沼にもたらされたと考えられる浮遊土砂量の合計は、およそ $42.6 \times 10^6 \text{kg}$ であったと推算される (図 8.1.17 参照)。沖積層 (粘性土) の湿潤密度は $1.2 \sim 1.8 (\text{tf}/\text{m}^3)$ 、沖積層 (砂質土) の湿潤密度は $1.6 \sim 2.0 (\text{tf}/\text{m}^3)$ とされている*。浮遊土砂の 87%が堆積したとすると、例えば上記の中間の比重 (1.6) とした場合、4 年間でおよそ $23,000 \text{m}^3$ に相当し、年平均ではおよそ $5,800 \text{m}^3/\text{年}$ となる (同図参照)。

*出典：土質力学 (第 2 版) , 近畿高校土木会 編

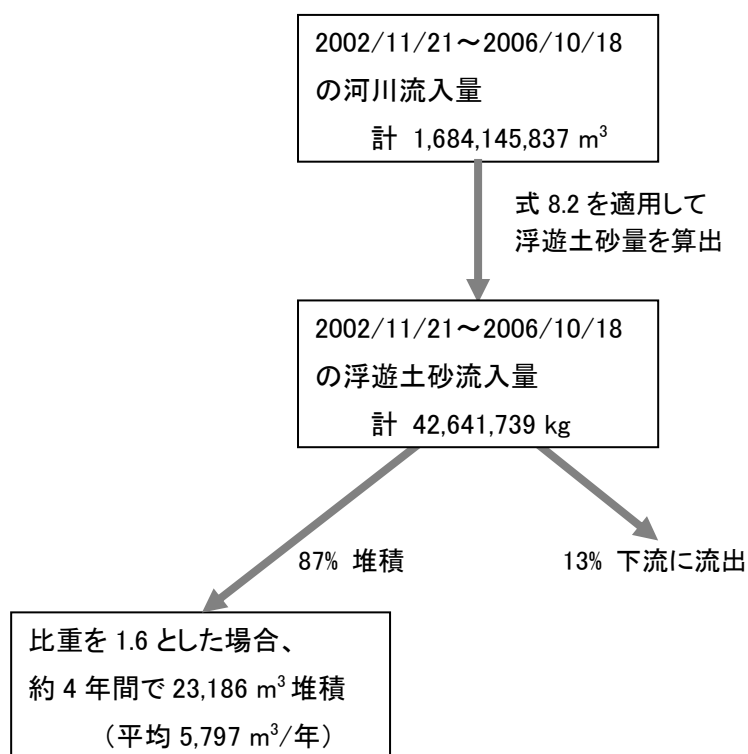


図 8.1.17 2002 年～2007 年における浮遊土砂量の計算手順

8.1.6 流域ごとの浮遊土砂量への影響

流域ごとの浮遊土砂量への影響を考察するために、高水時である第三次調査時の下エベコロベツ川の上流部からペンケ沼流入部に至る浮遊土砂量および浮遊土砂濃度の変化を図8.1.18に示す。

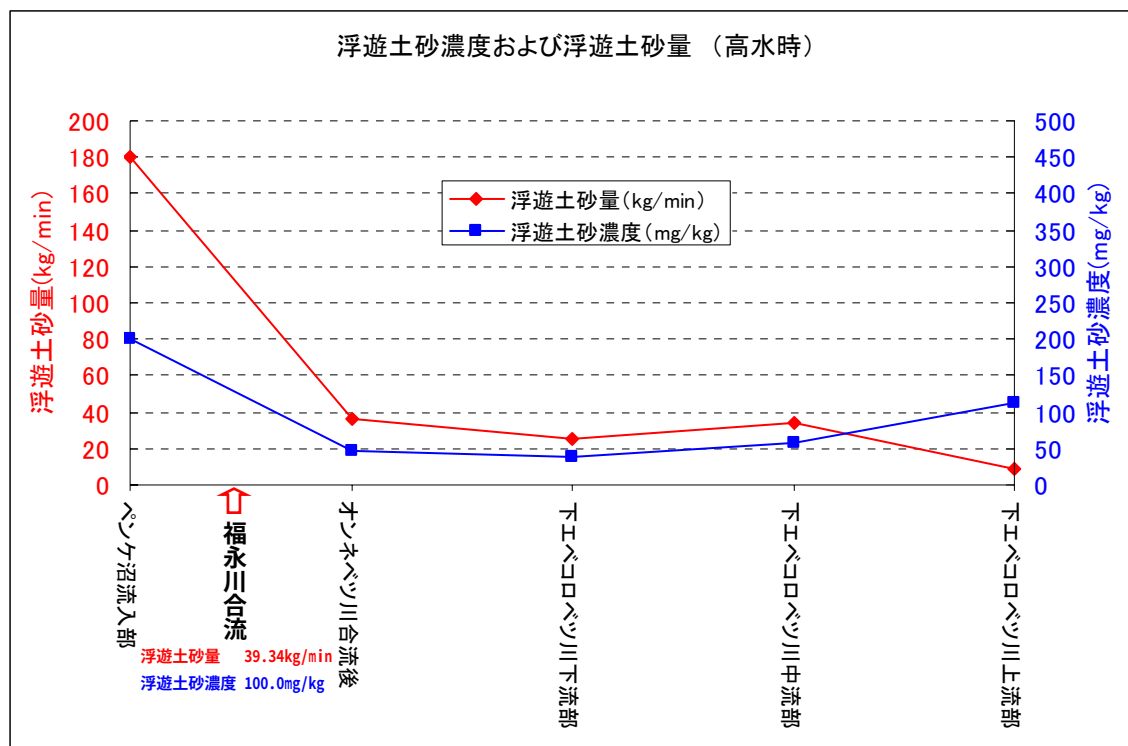


図 8.1.18 下エベコロベツ川の浮遊土砂濃度および浮遊土砂量の変化

図によると、下エベコロベツ川上流部から下エベコロベツ川下流部にかけて浮遊土砂濃度は113mg/kg から 38 mg/kg へと低下しており、浮遊土砂量も増えていない。したがってこの間に合流してくる豊幌川およびペンケエベコロベツ川、登龍沢川および清水川の浮遊土砂濃度は低く、全体への影響も小さいと考えられる。

その下流のオンネベツ川合流後では、浮遊土砂濃度および浮遊土砂量はやや増加して、それぞれ 48mg/kg, 36.14mg/min となっているが、下エベコロベツ川の流量が約 753 m³/min に対して、オンネベツ川の流量は約 68 m³/min とかなり小さいためその影響は限定的である。

一方、最下流のペンケ沼流入部では、浮遊土砂濃度および浮遊土砂量が急激に増加して、それぞれ 201.5mg/kg, 180.19mg/min となっている。

この間に合流する福永川の浮遊土砂濃度は100.0mg/kg、浮遊土砂量は39.34mg/minであり、流量も合流後の流量が約 894 m³/min であるのに対して、福永川の流量は約 393 m³/min と比較的大きな割合を占めている。

したがって、この浮遊土砂量の増加に対する福永川の影響は大きいと考えられる。

さらに、流路内の段丘（高水敷）からの土砂の供給も想定される。福永川合流地点付近からペンケ沼流入部に至る流路内には、水路の河床低下にともなって高水敷状の段丘が形成されており、この段丘面上に細かい砂が堆積している（写真 8.1.4, 写真 8.1.5）。この段丘面の地形は増水の後に変化していたことから、一定以上の流量に達して段丘面が冠水すると、これらの砂が再び輸送されてペンケ沼へ流入している可能性が高い。

以上の考察から、高水時における浮遊土砂量への影響を流域ごとに検討した場合、福永川流域の影響は大きいと考えられる。さらに、下エベコロベツ川の福永川合流地点付近からペンケ沼流入部に至る流路内も、堆積土砂の2次移動という形で大きな負荷を及ぼしている可能性が高い。なお、オンネベツ川流域は全体への影響は小さいものの浮遊土砂濃度が高く、同流域の土地利用・植生・傾斜等の特徴は土砂の生産ポテンシャルを論ずる際に検討に値する。



写真 8.1.4 下エベコロベツ川流路内の段丘（オンネベツ川合流後）



写真 8.1.5 段丘上の細粒堆積物（ペンケ沼流入部）

8.2 沼内堆積土砂の変化量調査

ペンケ沼では平成 14 年度に深浅測量によって湖底の形状が把握されている。ここでは、2002 年以降の 4 年間に沼内に堆積した土砂量を把握するため、新たに実施した深浅測量結果ならびに砂州先端部における縦横断測量結果をもとに推算を行った。

8.2.1 ペンケ沼深浅測量結果

ペンケ沼の深浅測量は 2006 年 10 月 18 日に実施し、沼内を船外機付きのゴムボートで移動しながら GPS で位置を特定し、湖底までの水深を計測し、併せて底質の確認を行った。深浅測量の結果をもとに、2002 年の結果との比較を行うために、調査日の水面標高から湖底面の標高を算出した。図 8.2.1 には 2006 年のペンケ沼の湖底面標高コンターおよび底質を示す。また、図 8.2.2 には、2002 年の湖底面標高コンターおよび底質を示す。また、図 8.2.3 には 2002 年から 2006 年の間の湖底面変化量の分布図を示す。

2006 年の湖底面は 2002 年と比較して、主に砂州先端部の沖合やその周囲の湖底面が高くなっている傾向が読みとれる（図 8.2.3 中 C' 5 周辺）。これは、下エベコロベツ川から流入した土砂が砂州出口付近で堆積し、沼の埋積が進んでいることを表している。一方で、砂州の両側にも高まりが読みとれる（図 8.2.3 中 A 3, B 4. 5, B 5. 5, A 6 付近）が、これはロッド測量した際の誤差である可能性がある。

また、底質分布を比較すると、2002 年の調査箇所数が 2006 年調査に比較して少ないが、砂州の主軸付近（A 5、B 5、C 5）では砂～砂礫が分布し、砂州の周囲と砂州の延長上には砂、砂州から離れた水深のある地点では泥～砂が分布しているという傾向には大きな変化がなかった（A 6 地点のみ、泥～砂が砂の分布に変化した）。

次に、2002 年から 2006 年の間の湖底面変化をすべてペンケ沼への土砂堆積によると仮定して、この間の土砂堆積量の推定を行った。湖底面変化量を積分し、2002 年 11 月 21 日から 2006 年 10 月 18 日までの堆積土砂量を計算すると、約 $7,500\text{m}^3$ ($7,545.258\text{m}^3$) となった。

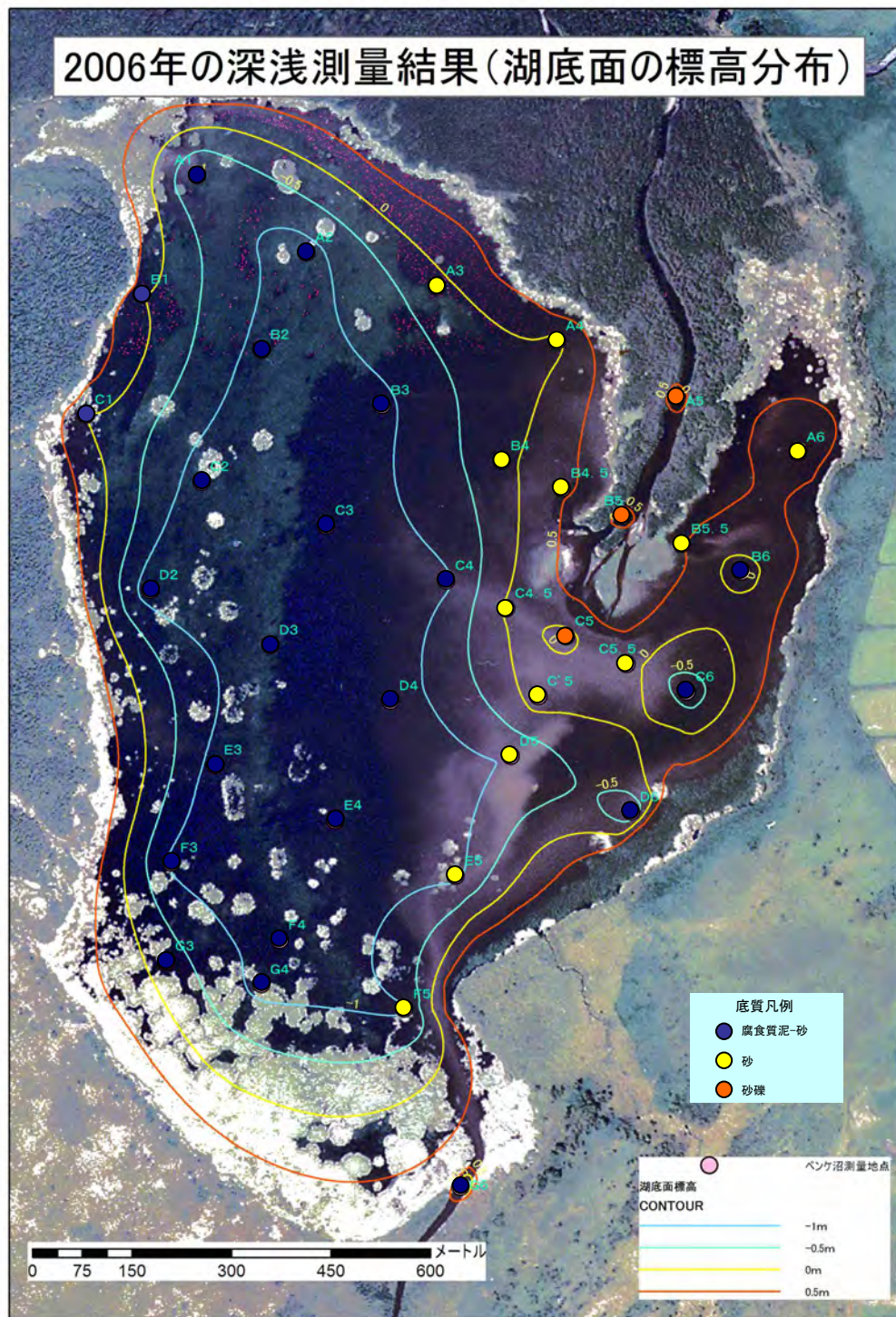


図 8.2.1 2006 年のペンケ沼湖底面標高コンターおよび底質

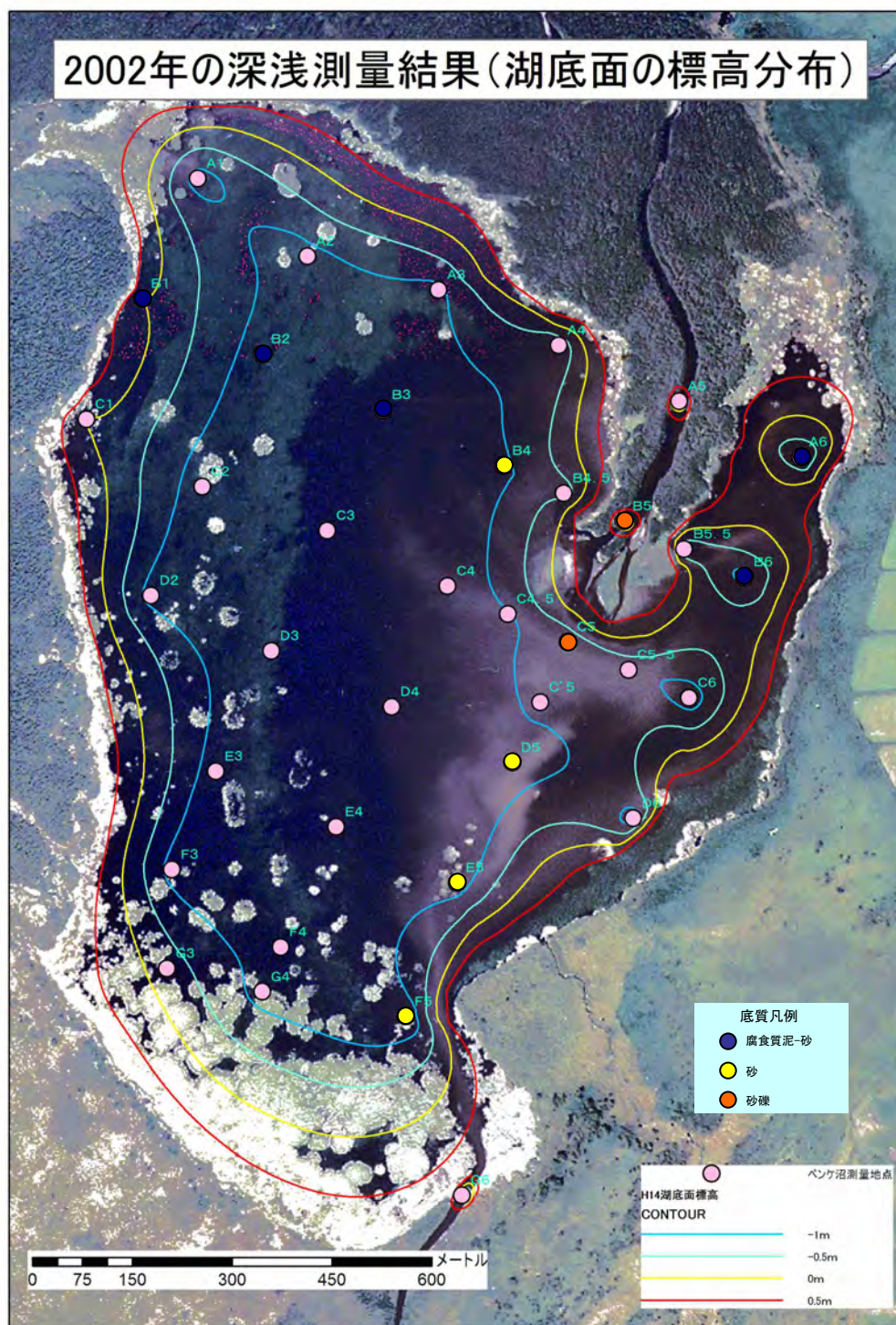


図 8.2.2 2002 年のペンケ沼湖底面標高コンターおよび底質

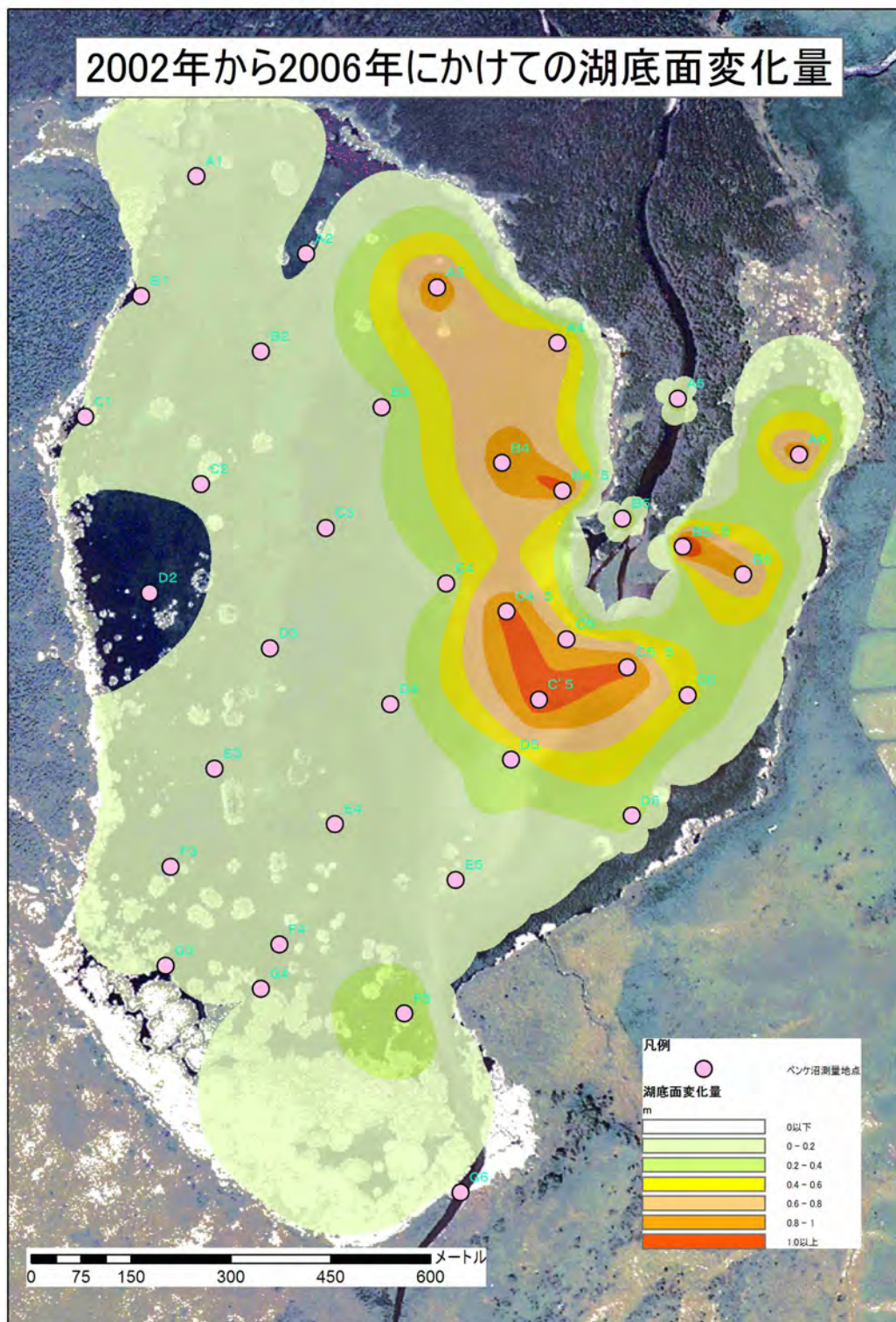


図 8.2.3 2002～2006 年にかけての湖底面の変化量

8.2.2 ペンケ沼砂州先端部の縦横断測量

ペンケ沼砂州部における近年の堆積物の水面上の堆積量を把握するために、砂州先端部において縦横断測量を実施した。測量測線は図 8.2.4 に示す東南東―西北西方向の 12 測線（a～l）と、それに直交する 14 測線（1～14）で、20m メッシュに区切られている。

図 8.2.5 には、a～l 断面の分布図を示す。図 8.2.4 と図 8.2.5 からは、下エベコロベツ川がペンケ沼に流入する付近では砂州が大きく 3 つに分かれていて、それぞれの砂州の間を網状に流路が流れていることが分かる。

次に、表 8.2.1 には、各横断面における地形標高の一覧を示す。ここで、水面上に出ている砂州の堆積量を検討するために、縦横断測量時の水位（標高 0.41m）を基に水面上に現れていたと考えられる砂州測点を抽出し、図 8.2.4 の写真に見られる 2000 年の砂州の分布域からはずれた地点を近年に埋積が進んだ砂州と考えた（ハッチ掛けの部分）。

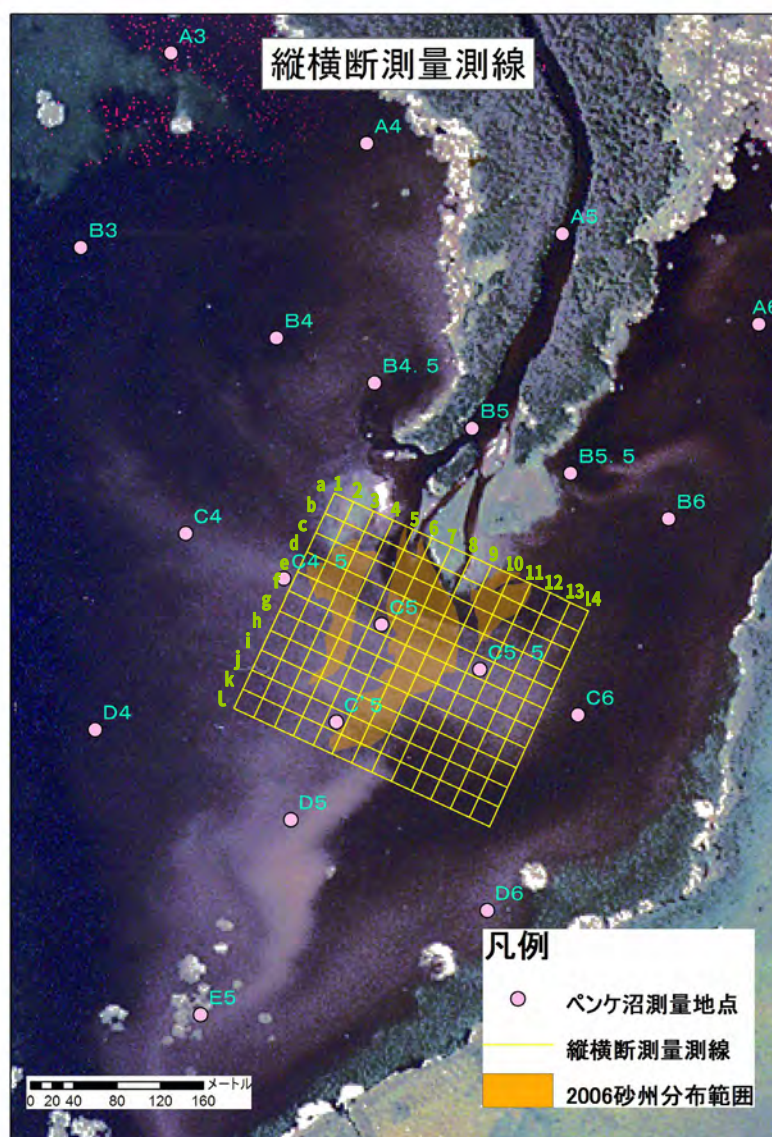


図 8.2.4 ペンケ沼砂州先端部における縦横断測量測線（空中写真は 2000 年撮影）

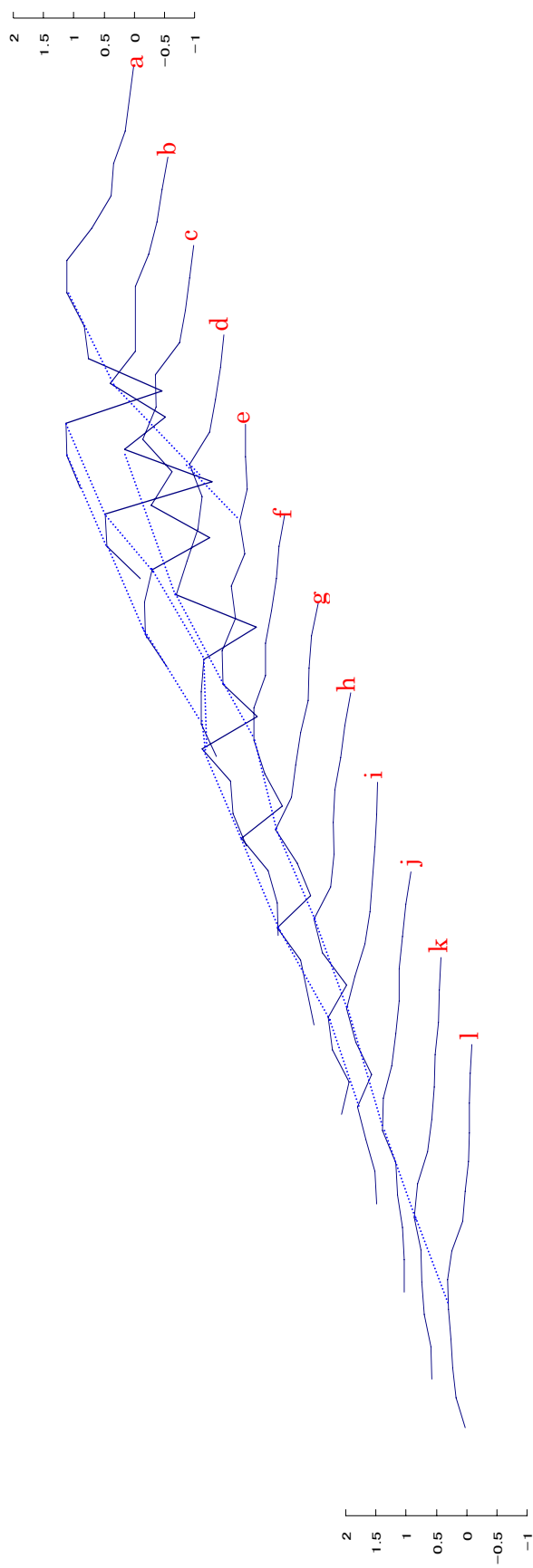


図 8.2.5 砂州先端部横断面の分布図

表 8.2.1 ペンケ沼砂州先端部の標高一覧

		縦断測線													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
横断測線	a	0.90	1.12	1.13	-0.46	0.76	0.83	1.12	1.12	0.70	0.38	0.34	0.15	0.08	0.01
	b	0.42	0.92	0.94	-0.66	0.66	0.04	0.87	0.49	0.49	0.49	0.29	0.17	0.09	0.00
	c	0.45	0.78	0.79	0.68	-0.19	0.69	0.38	0.82	0.62	0.63	0.27	0.18	0.12	0.06
	d	0.17	0.39	0.39	0.36	-0.43	0.77	0.61	0.44	0.38	0.57	0.27	0.18	0.11	0.06
	e	0.17	0.37	0.40	0.83	0.00	0.52	0.53	0.33	0.39	0.19	0.27	0.16	0.18	0.18
	f	0.15	0.17	0.30	0.71	0.09	0.36	0.52	0.52	0.34	0.34	0.26	0.18	0.14	0.06
	g	0.07	0.17	0.27	0.62	0.12	0.32	0.64	0.40	0.34	0.27	0.16	0.14	0.10	0.01
	h	0.09	-0.02	0.23	0.29	0.02	0.38	0.51	0.26	0.20	0.22	0.19	0.11	0.04	-0.05
	i	0.02	0.04	0.18	0.31	0.09	0.33	0.47	0.34	0.19	0.12	0.08	0.04	0.02	0.00
	j	0.05	0.05	0.07	0.15	0.17	0.38	0.36	0.23	0.17	0.12	0.12	0.07	0.02	-0.05
	k	0.09	0.11	0.20	0.24	0.25	0.36	0.30	0.15	0.09	0.05	0.04	-0.01	-0.02	-0.05
	l	0.02	0.17	0.23	0.26	0.30	0.32	0.25	0.07	0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.09

：2002年に既に砂州であった地点

単位：標高m

：今回の調査時に砂州になっていた地点

赤字：今回の調査時に砂州になっていた地点のうち、水面上に砂州があった地点

ここで、砂州のうち 2002 年に既に砂州であった地点（表 8.2.1 の青色）を除いた範囲（今回の調査時に砂州になっていた地点）の体積を、縦横断測量時の水位（標高 0.41m）を基準に計算する。今回の調査時に砂州になっていた地点（同表の緑色）のうち、標高が 0.41m 以上の地点（同表の赤字）の水面上の高さを求め、メッシュの大きさである 20m×20m の範囲に適用して水面上の砂州の体積（V1）を計算する。

$$\begin{aligned}
 V1 \text{ (m}^3\text{)} &= (3c, 4e \sim 4g, 5b, 6c \sim 6e, 7d \sim 7i, 8d, 8f, 9b \sim 9c, 10b \sim 10d \text{ の各水面上の高さの和}) \\
 &\quad \times \text{メッシュの面積} \\
 &= ((0.79 + 0.83 + 0.71 + 0.62 + 0.66 + 0.69 + 0.77 + 0.52 + 0.61 + 0.53 + 0.52 + 0.64 + 0.51 + \\
 &\quad 0.47 + 0.44 + 0.52 + 0.49 + 0.62 + 0.49 + 0.63 + 0.57) - 0.41 \times 21) \times 400 \\
 &= 4.02 \times 400 = 1,608 \text{ (m}^3\text{)}
 \end{aligned}$$

8.3 埋塞状況および負荷量の検討

浮遊土砂量調査および沼内堆積土砂の変化量調査の結果をまとめ、ペンケ沼の埋塞状況および浮遊土砂量（負荷量）を検討する。

浮遊土砂量調査の結果、前回の深淺測量を実施した2002年11月21日から、今回の深淺測量を実施した2006年10月18日までの約4年間に、ペンケ沼にもたらされたと考えられる浮遊土砂量（負荷量）は、およそ $42.6 \times 10^6 \text{kg}$ であった。そのうちペンケ沼内に堆積したのは87%、およそ $23,000 \text{m}^3$ であったと推算された。

一方、沼内堆積土砂の変化量調査の結果、同じ約4年間にペンケ沼の湖底に堆積したのは $7,500 \text{ m}^3$ であったと推算された。また、砂州として堆積した粗粒堆積物は 1608 m^3 であった（水面より上の部分）。

以上の結果からペンケ沼の埋塞は依然として進行していることが判明した。堆積速度は、浮遊土砂量調査から約 $5,800 \text{ m}^3/\text{年}$ 、沼内堆積土砂の変化量調査の結果から約 $2,300 \text{ m}^3/\text{年}$ と見積もられた。2つの調査結果の差が生じた要因として、浮泥として沈殿した分が考えられる。今回の沼内堆積土砂の変化量調査の結果には浮泥の分は含まれていない。また浮遊土砂量を計算する際の誤差も考えられる。

今後の課題としては、流量から浮遊土砂量を推算する回帰式の精度向上が挙げられる。今回の調査では1つの回帰式で近似したが、流量によって複数の回帰式を用いる可能性を検討するために、さらにサンプルを増やすことが求められる。特に高水時のペンケ沼流入部および流出部における観測が重要である。他には、浮遊土砂中の有機物の混入量の調査が挙げられる。