

釧路川流域の水循環現象の解明について

釧路開発建設部 治水課 ○法村 賢一
鈴木 優一
花巻 雅人

釧路湿原は昭和 55 年に日本初のラムサール条約登録湿地に指定されているが、近年急激に湿原環境が変化しており、平成 15 年から釧路湿原自然再生の取り組みが始まっている。

この取り組みでは、河川水・地下水などの水環境の保全・修復を図るとともに、流域における健全な水循環・物質循環の維持を図ることが重要な課題であるが、水文データなどの分析だけでは、釧路湿原を含む流域全体の水の移動現象を把握することが困難な状況にあった。

本報告では、現況の地下水位や水収支などを数値解析により再現して、釧路川流域の水循環現象の解明に向けて検討を行った結果を報告する。

キーワード：釧路湿原、自然再生、水循環、地下水解析

1. はじめに

釧路湿原は、釧路川に沿って広がる面積約 203km² の国内最大の湿原であり、国指定の特別天然記念物であるタンチョウをはじめ、氷河期遺存種であるキタサンショウウオ等、貴重な動植物が生息・生育する傑出した自然環境を有している。しかし、近年 60 年間で湿原面積が約 3 割減少しており、特に湿原の急激な乾燥化が大きな課題とされている。

このような中、平成15年11月には、NPO、地域住民、学識者等多様な参加による「釧路湿原自然再生協議会」が発足し、平成17年3月に自然再生の基本的な枠組みである「釧路湿原自然再生全体構想」が策定¹⁾され、茅沼地区旧川復元、久著呂川土砂流入対策、幌呂地区湿原再生、水・物質循環系の再生などの調査・検討及び事業の実施が進められている。

このうち、水・物質循環系の再生では、湿原の生命の源となっている河川水・地下水等の水環境の保全・修復を図るとともに、流域における健全な水循環・物質循環の維持・再生を図るために、以下の3つの目標が設定されている²⁾。

- 湿原再生のための望ましい（1980年以前の）地下水位を保全する。
- 釧路川流域の水・物質循環メカニズムを把握し、湿原再生の各種施策の手法の検討や評価が可能となるようにする。
- 湿原や湖沼、河川に流入する水質が良好に保たれるように、栄養塩や汚濁物質の負荷を抑制する。

2. 釧路川流域を対象とした調査・分析

釧路湿原は、地形・地質・気象条件の絶妙なバランスで成り立っているため、流域や湿原の水循環現象を明らかにするには、場の条件である地形・地質状況を把握した上で、調査・観測で捉えられた降水量、河川流量等の水文現象を詳細に分析し、降水、地下水、湧水、蒸発散等の個々の現象から水収支の因果関係を明らかにすることが重要である（図-1）。

(1) 釧路川流域の地形、地質概要

釧路川は、阿寒国立公園の屈斜路湖から流れ出る延長約 154km、流域面積約 2,510km² の一級河川である。この流域の地形をみると、上流部では阿寒岳か

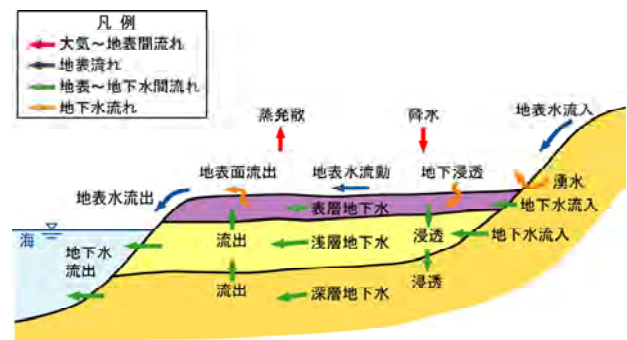


図-1 水循環の主な構成要素

ら屈斜路湖、摩周のカルデラにかけて、起伏の激しい火山地帯が広がっている。また、中流部から下流部にかけては西側に白糠丘陵（標高 200m～400m）、北側に鶴居丘陵（標高 120m～300m）及び東側に根室段丘（40m～120m）が発達し、これら丘陵・段丘地形に囲まれて、低地（釧路湿原）が広がっている。

一方、釧路湿原周辺の地質構成は、第三紀の浦幌層群を基底面として、その上位に第四紀更新世の釧路層群（洪積層）、最上位を第四紀完新世の堆積物（沖積層）が覆っている（図-2）。この沖積層には、海進期に堆積した中部泥層と呼ばれる難透水性の粘性土が湿原域の下部に広く分布しており、地表面付近は、未分解の植物遺骸である泥炭層（最上部層）が覆っている。

(2) 湿原内の地下水位分布、変動特性

釧路湿原の周辺は火山灰起源の透水性の高い地層からなる丘陵や段丘に囲まれているため、湿原には河川水のみならず、丘陵からの地下水や湧水が流入し、地下水位を維持していると考えられる。

地下水位観測の結果によると、丘陵を構成する地層である釧路層群中の地下水位（M6）は、年間を通じて概ね安定しており、降水等の影響をあまり受けていない（図-3(1)）。

一方、湿原内の地下水位では、中部泥層を境にして上下で地下水位が異なっており、中部泥層よりも下位の地層（M1-1）では地下水位が地表面より高く、上位の地層（M1-2）では地表面以深 0.5m 程度の範囲に地下水位がある（図-3(2)）。

このことから、湿原内では中部泥層が難透水層となり、上下方向の地下水のやり取りを阻害しているものと判断できる。

中津ら³⁾によると、湿原内の地下水位分布、地下水位と地表面の位置関係、降雨との応答の仕方（変動量、変動波形）は、場所によって異なり、湧水や難透水層、旧河川跡等の複雑な地形の影響を受けていると考えられている。

地下水位が高く、地表を水で満たされた泥炭で覆われている湿原内では、地下水と地表水を区別することは難しく、また、湿原に供給された降雨や地表水及び地下水は、場所や時刻に応じて地下や地表を流れて、湿原を潤しているものと考えられる。

(3) 丘陵縁辺部からの湧水

2004年から2008年に実施した湧水点調査によって確認された湧水点と湧水量の分布を示す（図-4）。

湧水点は丘陵と湿原の境界部や丘陵を流れる小河

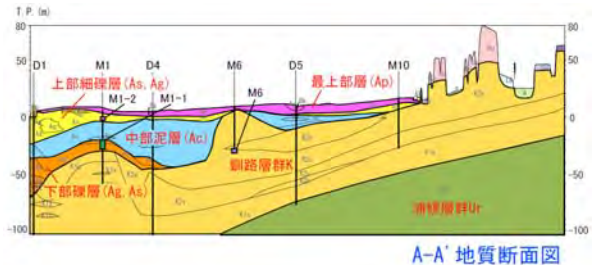
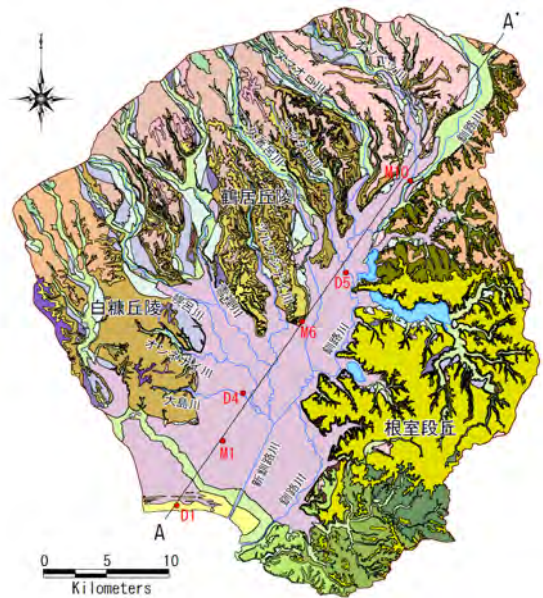


図-2 釧路湿原の地質分布

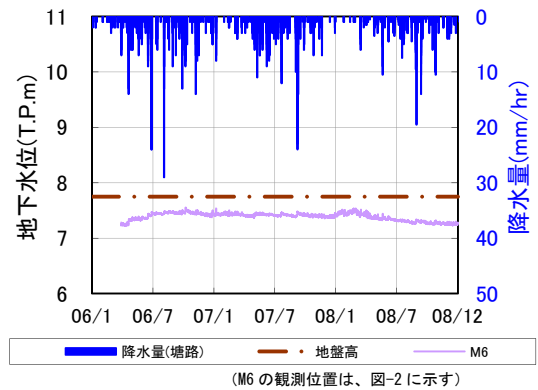


図-3(1) 2006～2008年の地下水の観測水位（丘陵）

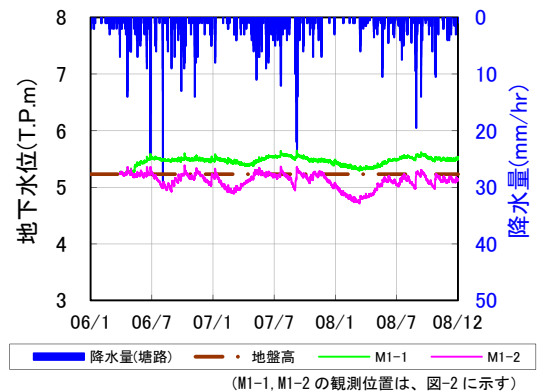


図-3(2) 2006～2008年の地下水の観測水位（湿原内）

川沿いに多く分布している。また、湧水点や湧水量は、湿原東側に比べ湿原西側の方が多い傾向にある。これは、湿原東側の根室段丘に比べ、湿原西側の山体や丘陵が高く、かつ、集水域（涵養域）も湿原東側（257.6km²）に比べ、湿原西側（792.7km²）の方が3倍程度大きいことを反映した現象であると考えられる。なお、定点観測（Y1～Y10）によると湧水量は場所により異なるものの季節変化は小さい（図-5）。

(4) 湿原域の水収支

釧路川流域で2007年に観測した降水量、河川流量及び湧水量を集計し、湿原範囲の水収支を推定した（表-1）。なお、蒸発散量は、ソーンスウェイト法により求めた可能蒸発散量に、工藤ら⁴⁾に示された蒸発散比（0.59）を乗じて算出した。また、地下水流入量及び流出量は、調査・観測で明らかにすることが困難であるため不明とした。

この観測結果をもとに推定した水収支では、流入量と流出量の差は比較的小さく、釧路湿原内に流入及び流出している水を概ね把握できているものと考えられる。なお、その差分は不明とした地下水流入量及び流出量であると推定される。

(5) 水循環に関する調査、分析結果のまとめ

釧路川流域を対象とした調査・分析結果により得られた知見を以下にまとめる（図-6）。

- 海進期に堆積した中部泥層（Ac）が湿原域に広く分布している。
- 中部泥層（Ac）は、難透水性であるため上下の地下水の移動を阻害している。
- 丘陵部の地下水位は、降雨の影響をあまり受けず、年間通じてほぼ一定である。
- 湿原西側丘陵の方が、東側丘陵より比高差が大きく、集水面積（涵養域）も3倍程度大きい。
- 丘陵縁辺部からの湧水点や湧水量は、東側丘陵よ

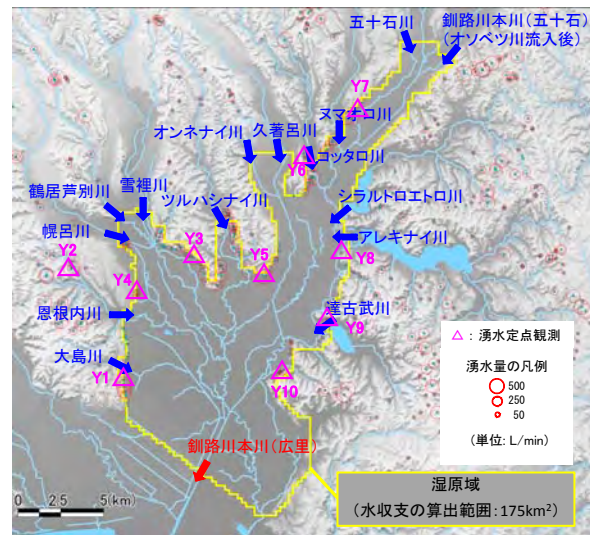


図-4 湧水点と湧水量の分布

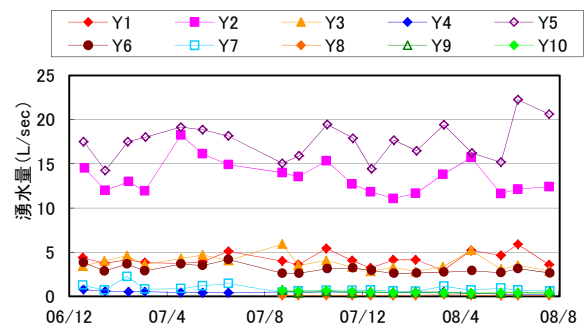


図-5 定点観測による湧水量の季節変化（観測期間：2006年12月～2008年7月）

表-1 観測による釧路湿原の水収支（2007年）

流入量		流出量		流入量-流出量
降水量	514	蒸発散量	137	
河川流入量	4,866	河川流出量	5,457	
湧水量	6	-	-	
地下水流入量	?	地下水流出量	?	
合計	5,386	合計	5,594	

（単位：10³m³/day）

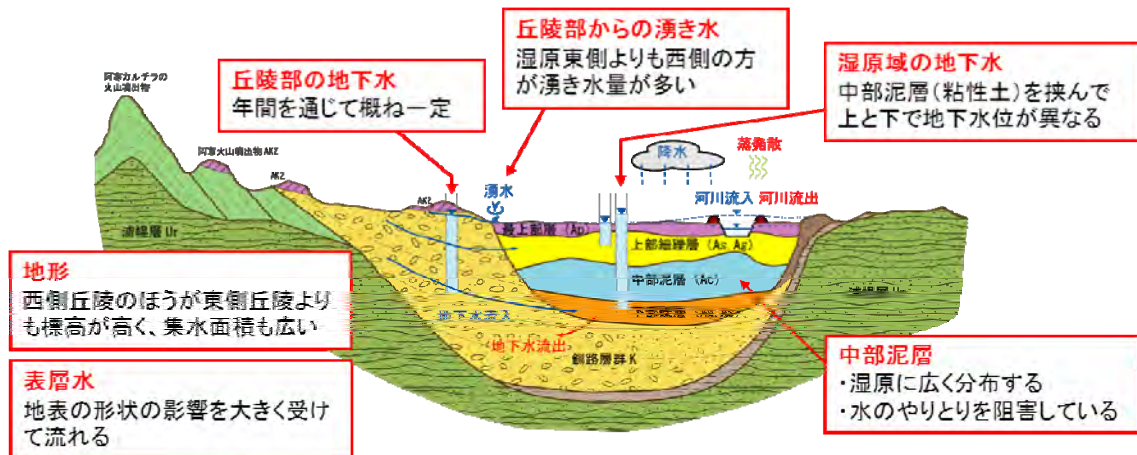


図-6 水循環に関する分析結果のまとめ

りも西側丘陵で多く、湧水量は年間通じてほぼ一定である。

このように釧路湿原の水循環現象は、三次元的な地形・地質構造の影響を大きく受けることや地表水と地下水を区分することが困難であるなど、様々な要因が関連しあった複雑な現象であると考えられる。

このため、観測された水文データの分析だけでは水循環現象を完全に把握することは難しいと考えられ、数値解析により推測することが必要と考えた。

3. 水循環現象の数値解析

調査・観測で得られた知見に基づき、釧路川流域の水循環現象を解明するため、数値解析により地下水の流入量及び流出量を推定した。

(1) 数値解析モデル

数値解析モデルとしては、地表水・地下水統合型水循環モデル (GETFLOWS) を用いた。このモデルは、釧路湿原の水循環現象を表現する上で必要となる以下の2つの特長を有する。

- a) 湿原周辺や湿原内の地形及び三次元的な地盤構造をモデルに組み込むことができる。
- b) 地下水と地表水の流れや相互の水のやりとりを考慮しながら一体的に計算できる。

(2) 数値解析の流れ

数値解析では、はじめに、大局的な地表水（河川水、湧水など）や地下水（主に丘陵部の地下水）を再現するため、釧路川流域全体（85km×45km）を対象に、深度領域は地表面から基盤面である浦幌層までを地層の層厚に応じて12分割し、平面領域は250m×250mの格子サイズでメッシュ分割してモデル化を行った（図-7）。

次に、湿原内部の地下水位の分布や流動傾向を再現するため、釧路川流域全体の数値解析で得られた地表水、地下水の分布を境界条件として、湿原域（30km×20km）を対象に、深度領域は地表面から中部泥層の上面までを地層の層厚に応じて12分割し、平面領域は100m×100mの格子サイズでメッシュ分割してモデル化を行った（図-8）。

(3) 釧路川流域を対象とした解析結果

2005年1月～2007年12月の月平均降水量を与えて数値解析を行い、得られた地表水、地下水の分布を示す（図-9）。この解析結果によると、丘陵と湿原の境界部や丘陵を流れる小河川沿いに多く分布して

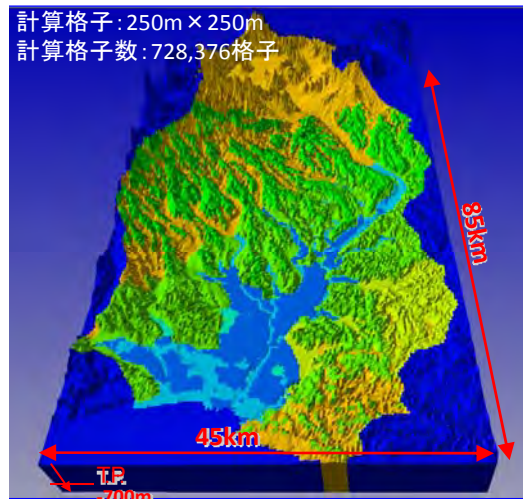


図-7 釧路川流域モデル

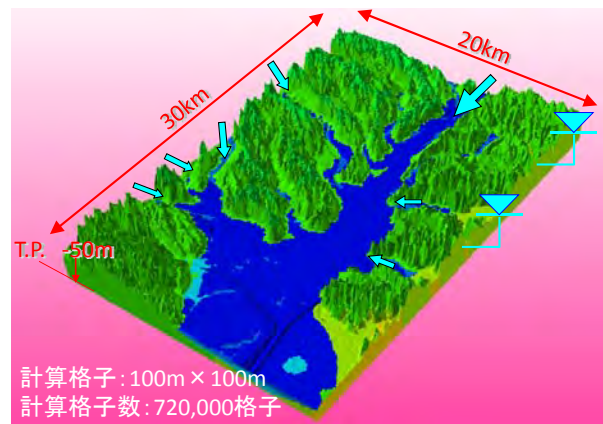


図-8 湿原域モデル

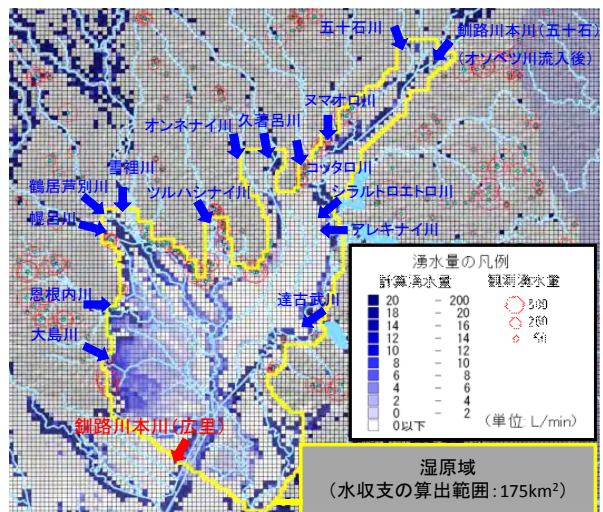


図-9 計算で得られた湧水量の分布

表-2 計算による釧路湿原の水収支(2007年)

流入量		流出量		流入量-流出量
降水量	514	蒸発散量	137	
河川流入量	5,008	河川流出量	5,547	
湧水量	52	-	-	
地下水流入量	110	地下水流出量	0	
合計	5,684	合計	5,684	

(単位: 10³m³/day)

いるという湧水点調査の傾向が再現できている。

また、数値解析結果をもとに集計した湿原の水収支を示す(表-2)。湧水量は、調査により集計された量よりも多いが、これは、湿原内の河川や沼地の底等、調査では確認できないような場所での湧水が数値解析では表現されているためであると考えられる。同様に、調査では把握できなかった地下水の収支は、流入量が $110 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{day}$ で流出量は無しという数値解析結果が得られた。これは、湿原に流入した地下水は湿原を潤した後、すべて地表水として流出することを意味するものである。

なお、数値解析により得られた釧路湿原の水収支は、流入量全体に対する降水量と河川流入量を合わせた比率が97%を占めており、調査・観測では把握しきれない湧水量と地下水流入量の占める割合はごく小さいということが推定された。

(4) 湿原域を対象とした解析結果

2005年1月～2007年12月の月平均降水量を与えて数値解析を行い、降水の影響が少ない時期(2005年9月)における湿原内の地下水の水位分布を1m間隔の等標高線で示す(図-10)。このように任意の地点で得られた計算水位の妥当性については、湿原内の計算水位と観測水位との相関によって確認した(図-11)。その結果、計算水位と観測水位の差は±50cm程度の範囲で分布しており、湿原内の水位分布をある程度表現していると考えられる。

次に、2005年9月7日～9月13日の時間降水量を与えて数値解析を行い、地下水位の上昇・低下傾向について観測水位と比較したところ、観測値に比べて計算値が緩慢で、変動パターンを再現できていない地点がある(図-12)。これは、湿原内に多く存在する河川や旧河川跡といった微地形を100m×100mの格子サイズでは、十分に表現出来ていないためであると考えられる。

そこで、湿原西部の幌呂地区(6km×7km)を対象に、0.1m～600mのサイズの異なるメッシュを組み合わせて河川や排水路の地形を詳細に表現し、集水域の範囲までを閉境界とした解析モデルを作成した(図-13)。また、モデルの境界条件としては、実際に観測された幌呂川等の流量を与えることとした。

2010年の1年間について日降水量を与えた計算を行い、降水の影響が少ない時期(8月12日)について観測値と比較した結果、計算水位と観測水位の差は±20cm程度の範囲に分布した(図-14)。また、変動傾向も精度良く再現することができた(図-15)。

このように、地形及び境界条件を詳細に表現することで、湿原内の地下水位及びその変動傾向を数値

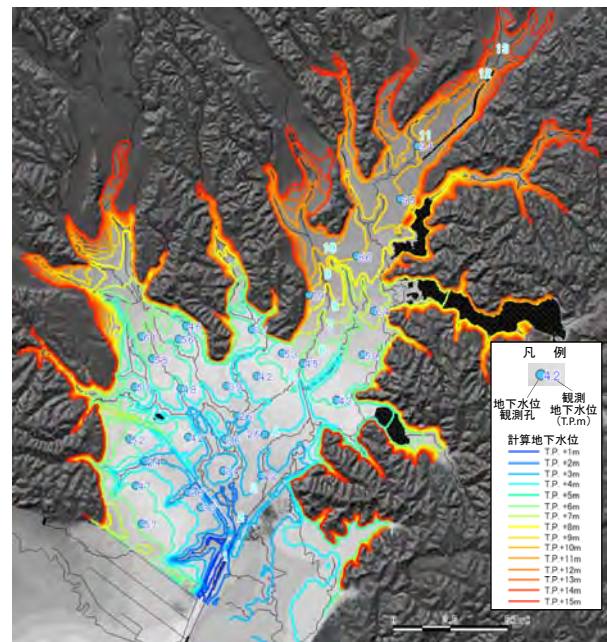


図-10 計算地下水位コンター(2005/9/7)

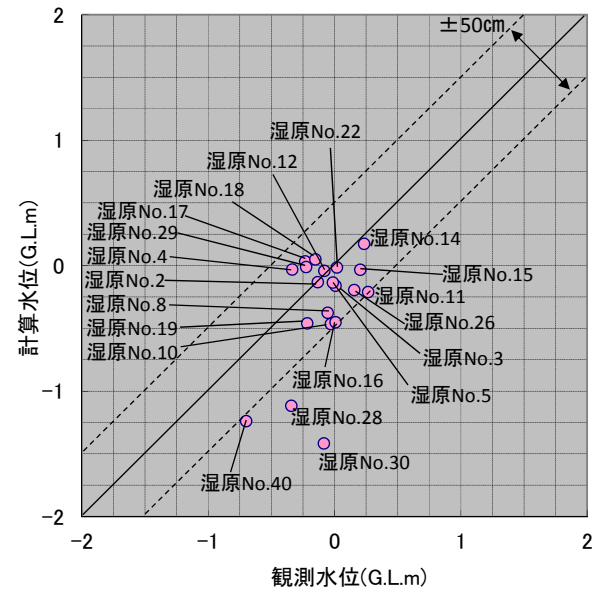


図-11 計算水位と観測水位の相関(2005/9/7)

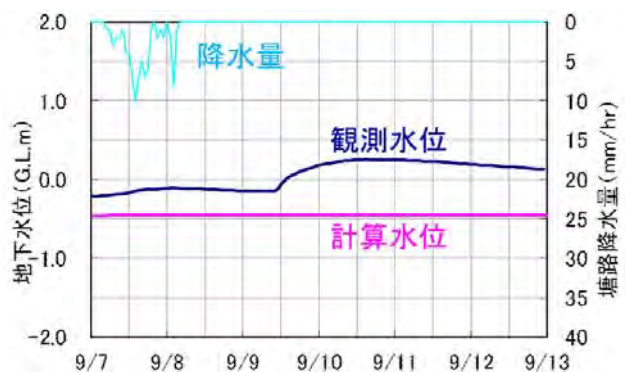


図-12 計算水位と観測水位の変動傾向の比較
(湿原 No. 19 : 2005/9/7～9/13)

解析で推定することが可能となったと考えられる。

4. おわりに

本報告では、釧路川流域の水循環現象の解明に向けて現状の調査・観測結果をもとに三次元地下水解析を行い、以下のような結論を得た。

- a) 丘陵縁辺部からの湧水は、東側丘陵よりも西側で多く、丘陵縁辺部からの湧水量は年間通じてほぼ一定である。
- b) 釧路川流域を対象とした数値解析では、調査では把握しきれなかった湧水や地下水量を含めた釧路湿原の水収支を推定することができた。
- c) 釧路川流域の水収支は、流入量全体に対して河川流入量と降水量の合計が97%を占め、湧水量と地下水流入量の占める割合はごく小さい。
- d) 釧路湿原内を対象とした数値解析では、河川や排水路の地形及び境界条件を詳細に表現することによって、観測水位との差を±20cm程度の範囲で地下水位を推定し、また、その変動傾向も精度良く再現することができた。

現在、幌呂地区では、この数値解析モデルを用いて事業実施による地下水位の変化や冠水頻度を予測し、湿原植生の回復効果の予測に活用している⁵⁾。

今後は、得られた水循環現象の知見や数値解析モデルを用いて、1980年以前の望ましい地下水位を保全するための施策の検討を更に進めるとともに、上流域の森林伐採や地下水の過剰揚水等が湿原の水環境に及ぼす影響予測等にも活用していきたい。

謝辞：本検討を進めるにあたり、水循環検討会の委員のご指導を頂きました。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 釧路湿原自然再生協議会，釧路湿原自然再生全体構想，2005.
- 2) 釧路湿原自然再生協議会 水循環小委員会，第4回水循環小委員会資料，2005.
- 3) 中津隆文，吉村俊彦，能代靖己，釧路川流域の健全な水・物質循環の保全に向けて，北海道開発技術研究発表会論文集，2007.
- 4) 工藤啓介，中津川誠，釧路湿原の水循環と地下水の動向について，北海道開発土木研究所月報No.626，2005.
- 5) 釧路湿原自然再生協議会 湿原再生小委員会，第9回湿原再生小委員会資料，2011.

Kenichi Houmura, Yuuiti Suzuki, Masato Hanamaki

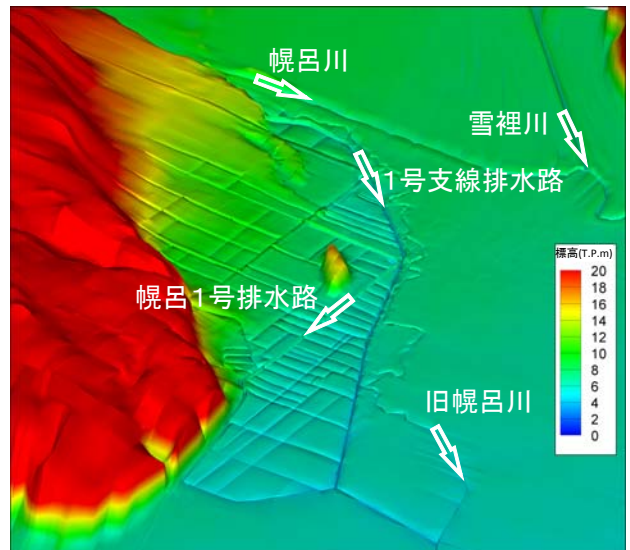


図-13 河川や排水路の地形表現の状況 (幌呂地区モデル)

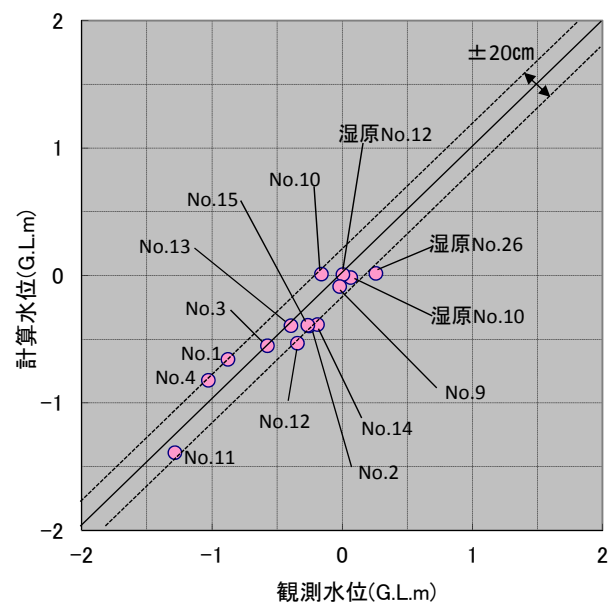


図-14 計算水位と観測水位の相関 (2010/8/12)

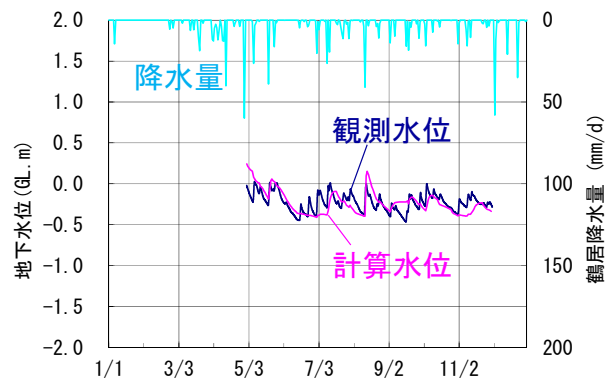


図-15 計算水位と観測水位の変動傾向の比較 (No. 2 : 2010/5/1~11/31)