

天塩川流域の水循環に関する検討 —地下水流動特性等について—

旭川開発建設部 治水課 ○大澤 修一
秋山 泰祐
矢萩 愛彦

本検討は、今後の天塩川流域の魚類等の生息環境保全をしていくにあたり、流域の水循環や時間軸等を含めた検討を行うため、天塩川全流域（5,590km²）を対象として流域水循環3次元モデルを構築するものである。この水循環モデルには、地表水と地下水、気体等の分布を同時に計算することのできるGETFLOWS（東京大学登坂教授）を用いた。

今回の報告では、モデルを構築するうえでの課題や解析結果から得られた各地区における地下水流動特性等について得られた知見を報告する。

キーワード：3次元モデル、地下水流動

1. はじめに

天塩川は、我が国最北を流れる流域面積5,590km²（全国10位）、幹線流路延長256km（全国4位）の1級水系である。天塩川流域は、北海道北部の社会、経済、文化の基盤をなすとともに、多様な自然環境を有していることから、本水系の治水、利水、環境についての意義は極めて大きい。

本検討では、今後の天塩川流域の魚類等の生育環境保全をしていくにあたり、流域水循環3次元モデルを構築した。

今回は、3次元モデルを構築するうえでの課題や解析結果から得られた各地区における地下水流動特性等について得られた知見について報告する。

2. 流域水循環3次元モデルの構築

(1)流域水循環3次元モデルの概要

天塩川流域水循環モデルの構築は、東京大学登坂教授開発の三次元水循環シミュレーターであるGETFLOWSを用いた。

GETFLOWSは空気、水、その他の溶液（汚染物質、塩水など）の三相を同時に計算することができることから、広域水循環解析において、海岸域での塩水化問題や河川の伏没など地表付近の水の存在状態を扱うことができる。

水循環モデルを構築する過程で入力するデータと計算の結果得られるデータ、構築した水循環モデルの活用により扱える問題について、図-2に整理した。



図-1 天塩川流域図



図-2 GETFLOWSによる水循環モデルの概要

(2) 既存データの収集、整理

天塩川流域水循環モデルを作るにあたり、既存の地形、地質、気象、水文データを収集し整理した。

流域の気象、水文観測地点を図-3に示す。図-3より、名寄盆地から広域のサロベツ湿原など、低平地に観測点が設置されているところが多く、降水量等は気象庁と国交省を合わせても、山地斜面は少ない。

また、春季の融雪水量を推定するために必要となる降水量、気温、積雪深を同時に観測している箇所は、気象庁の6地点（図-3赤枠の観測所、天塩、音威子府、美深、名寄、下川、和寒）しかない。

(3) 流域地質モデル、3次元基本数値モデルの構築

GEIFLOWSによる水循環モデル構築にあたり、天塩川流域の地質モデルを、既往の地質文献と（独）産業技術総合研究所が構築している天塩川下流域の地下水流動モデルのデータを用いて作成した。（図-4）

図-4から、新第三紀以前の古い基盤岩類の上に、これより透水性の良い鮮新世、更新世、完新世の地層が分布していることがわかる。また、士別市から音威子府村にかけて、鮮新統の地層が深さ1000m以上まで堆積する埋没谷が存在することもわかる。

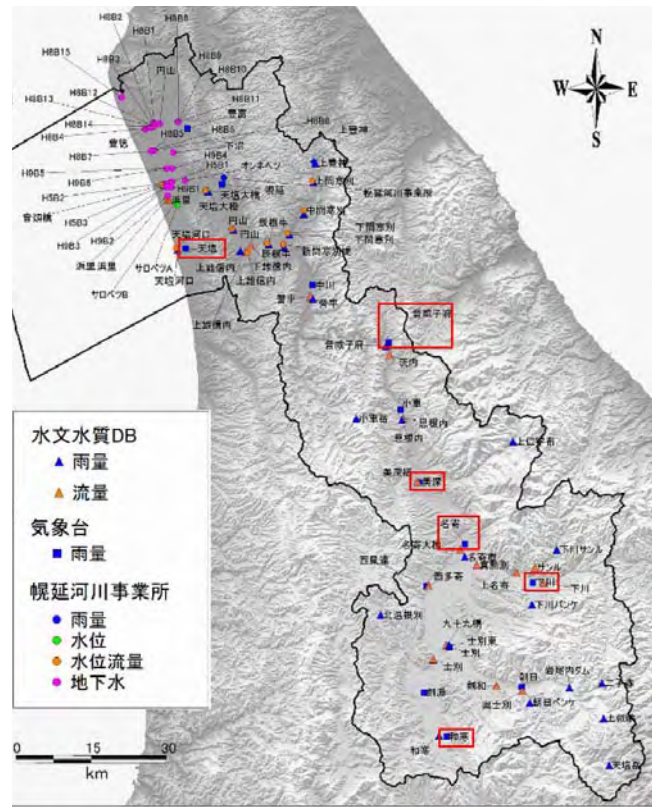


図-3 気象・水文観測地点

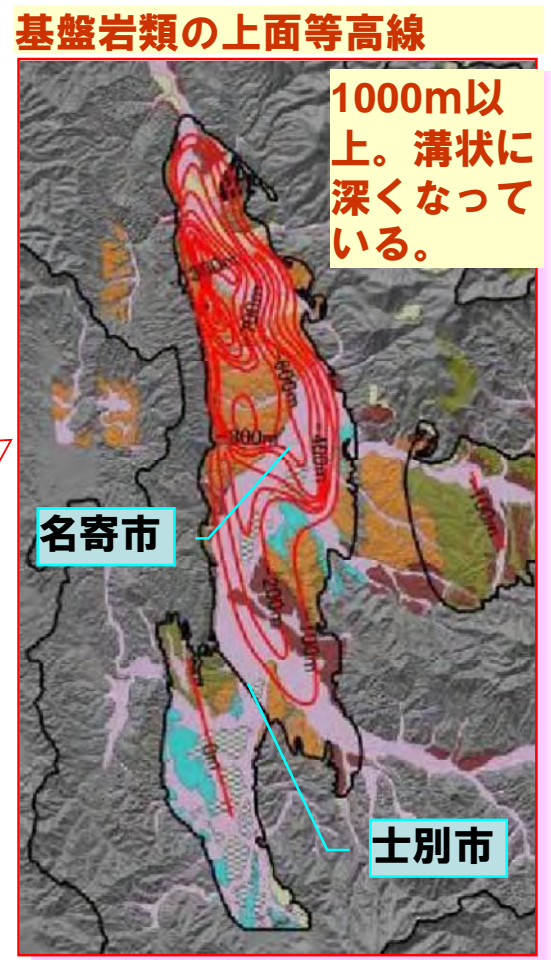
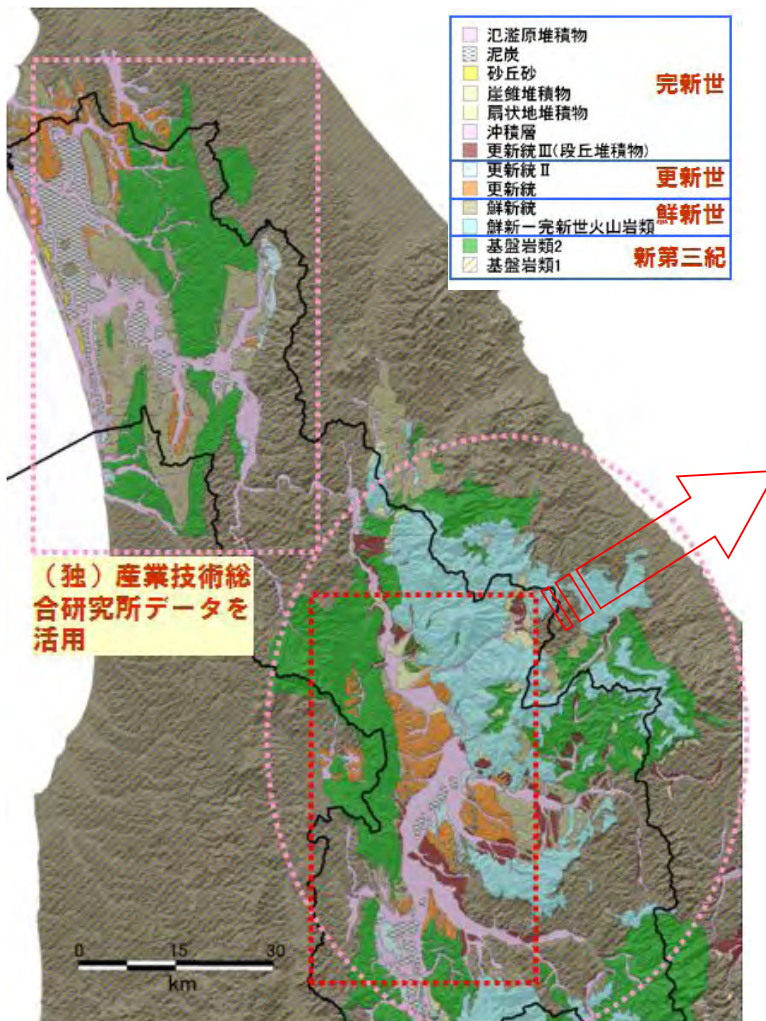


図-4 天塩川流域の地質モデル図

(4) 自然水循環挙動の復元

水循環モデル構築の初期化作業として、図-5に示す地形地質モデルを作成し、格子（メッシュ）に水理パラメータを設定する。そして、1~2mm/日の一定地下水涵養量を連続的に数10万年入力する計算を行う初期化シミュレーションを行うことによって、流域内の地下水と地表水及び沿岸域の塩水の分布状況を復元する。

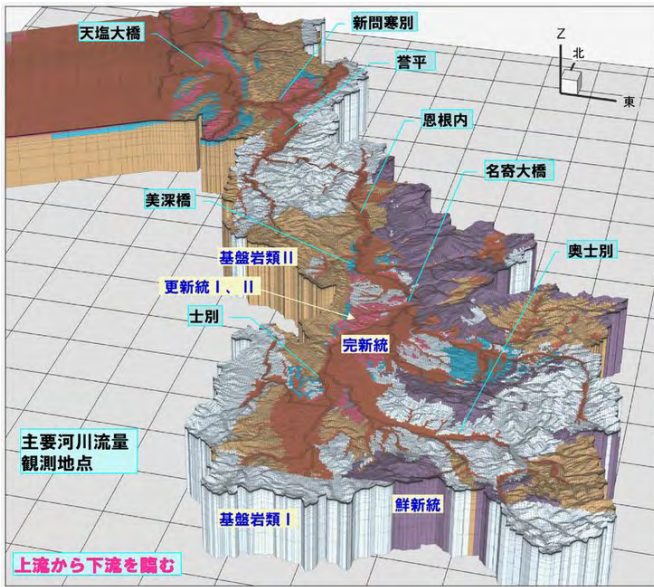


図-5 地形地質モデル

図-6に初期化シミュレーションの手順を、図-7に初期化の結果得られた地表水の分布を示す。

図-7より、以下の流域特性が表現されている。

- ・天塩川流域は、河川や谷に沿って平らな地形面が最上流にまで分布しており、河川近傍は湿地状となっているところも多い。そのような地形的特徴により山地域の谷系に地表水の分布が目立つこと。
- ・名寄盆地には、現河道よりも幅広く地表水の分布が形成されていること。
- ・美深橋付近では東側山地からの流出による水面が形成されていること。
- ・河口域にサロベツ湿原となる地表水分布が形成されていること。

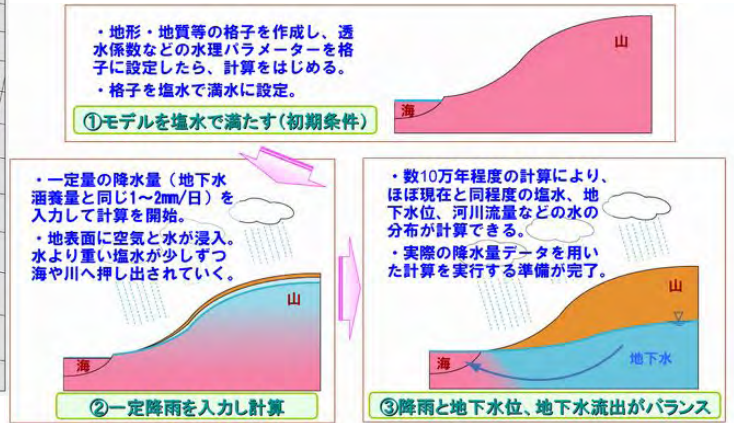


図-6 初期化シミュレーションの手順

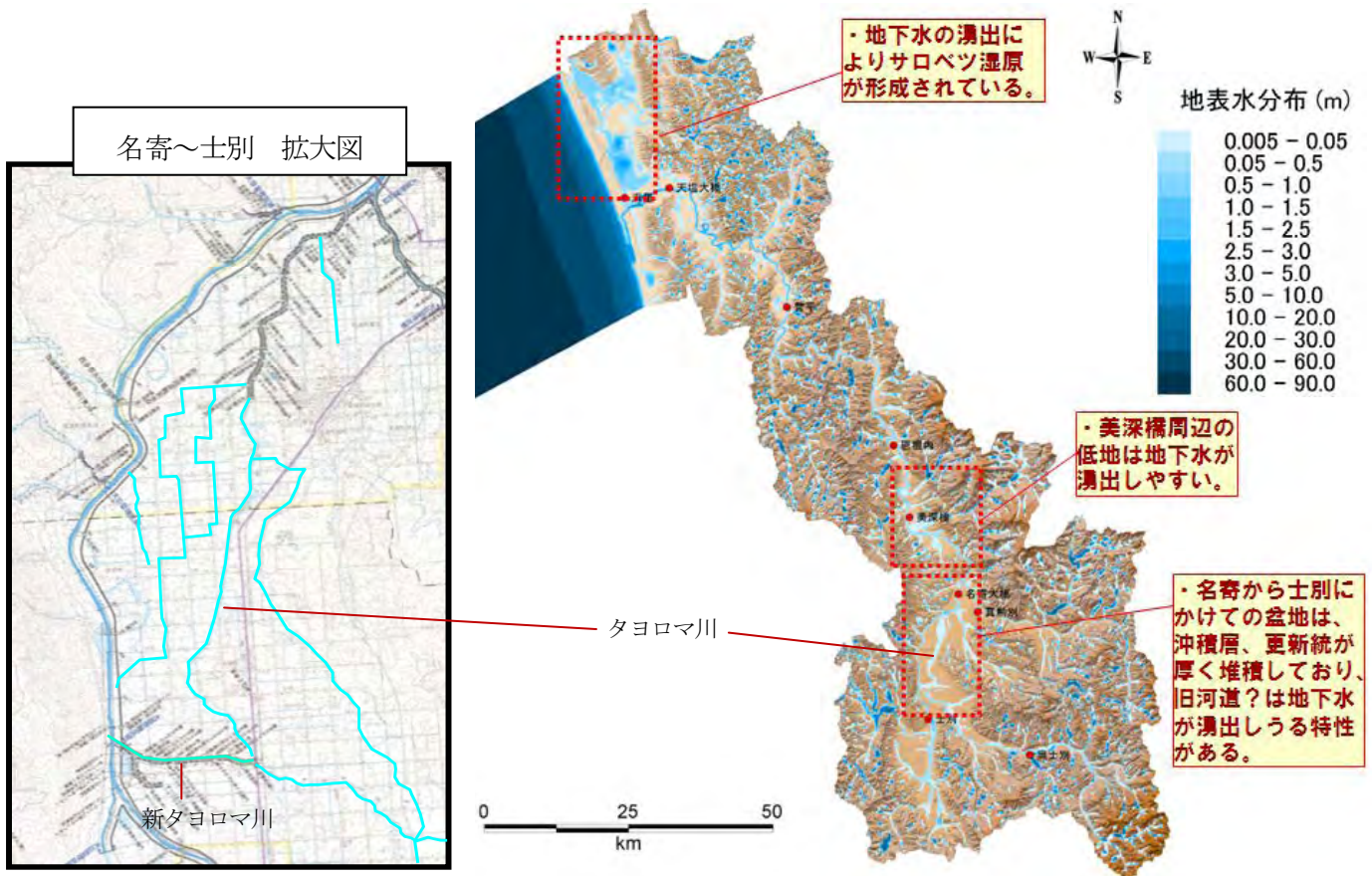


図-7 初期化シミュレーションによる地表水分布

3. 現況再現

収集した水文データを整理し、降雨データを用いた年降水量の確率計算を行った。図-8より、現況解析年は平水年とみなせる2004年とした。

(1)河川流量の再現

現況再現を行うための降水量、融雪量を既存の気象観測データから推定した。まず、標高補正した降水量を用い、真勲別地点の流量を計算した結果を図-9に示す。

図-9より、夏季から秋季の流出の再現性は良好となったが、融雪期の流出量が少ないことがわかる。

融雪期の河川流量の再現性を向上させるため、観測河川流量から流量観測地点上流域の融雪降水量を推定することにより現況再現を行った。この結果を図-10に示す。

図-10より、融雪期の流出量を再現できたといえる。

また、表-1に示した2004年融雪降水量と観測河川流量から推定した年融雪降水量の比較より、観測河川流量から推定した年融雪降水量は、2004年融雪降水量に比べ、約1.55倍多いことが判明した。これは、冬季の雨雪量観測所が6地点しかないため、流域内の積雪量には標高や斜面の向きなどによる空間的なばらつきが存在し、現状では積雪量を正確に把握できていないことを推察させる。

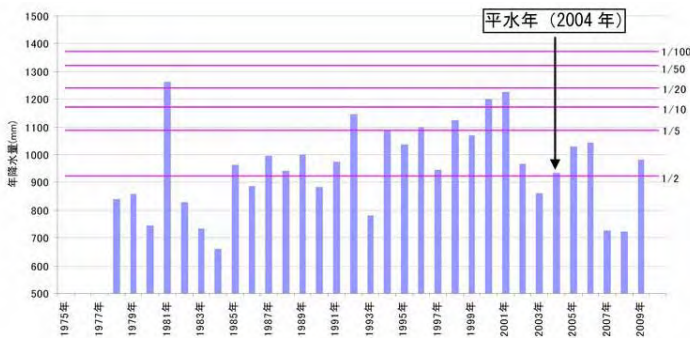


図-8 年降水量の確率計算 (名寄)

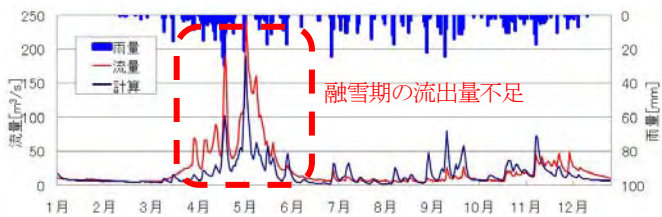


図-9 2004年の降水量からの河川流量の再現 (真勲別)

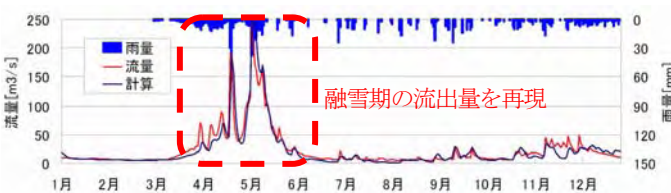


図-10 2004年の観測河川流量からの河川流量の再現 (真勲別)

表-1 2004年融雪降水量と推定融雪降水量の比較

	2004年観測河川流量から推定した融雪降水量	2004年の融雪降水量
年融雪・降水量(mm)	1,938	1,250

(2)地下水流動の再現

2004年の観測河川流量から日融雪・日降水量を推定して計算した地下水流動状況を示す。図-11は浅層地下水と深層地下水の地下水水頭等高線である。

図-11より、浅層(不圧地下水)は地形面の形態と類似した形態となった。深層(被圧地下水)は深部の地質構造の影響を受けた水頭分布となった。浅層について、計算値と観測値を比較したグラフより、再現性は良好であると考えられる。

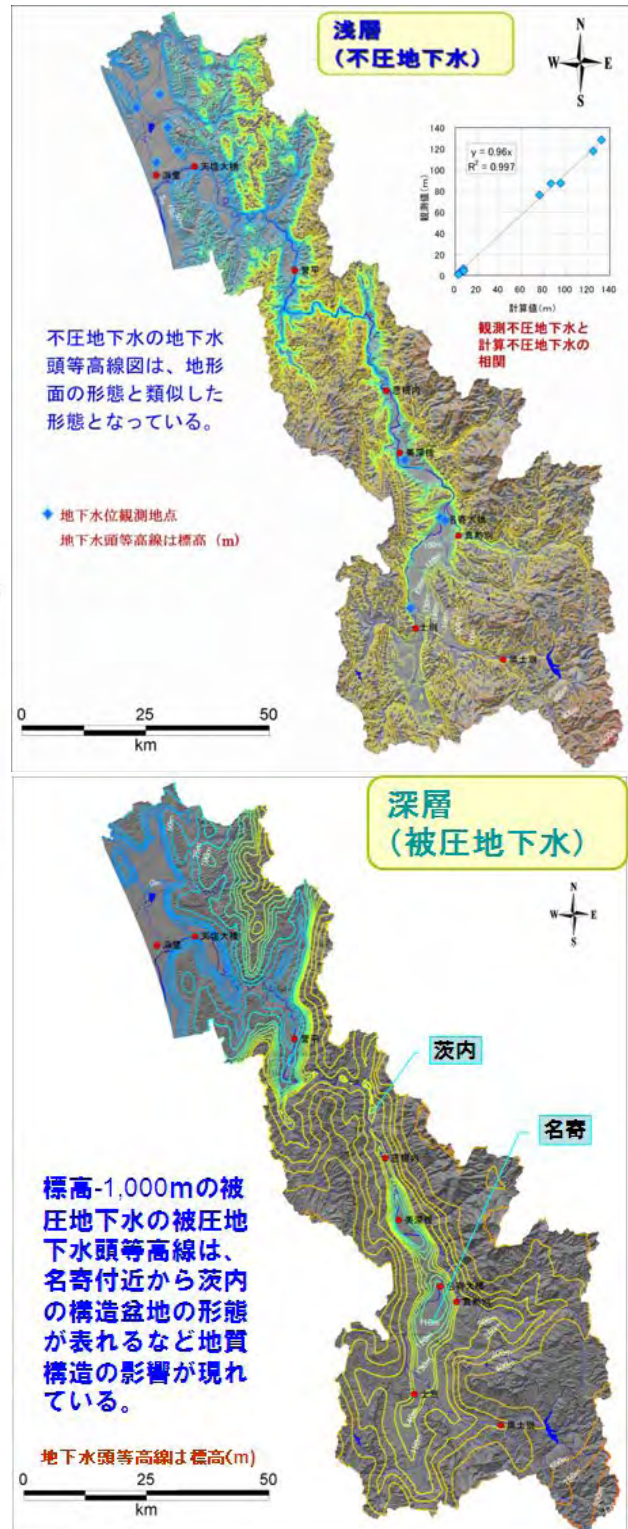


図-11 地下水水頭等高線 (浅層・深層)

(3)地下水湧出・流動状況

低水位時の地下水湧出状況を図-12に示す。図-12において、赤色の方がより湧出量が多いことを示している。

地下水の湧出は、地形や山体地質の状況により流出のしやすさの特徴が形成されていると考えられる。

具体的には、問寒別川下流、美深橋から茨内付近において地下水の流出が顕著にみられる。

この湧出した地下水がどのように河川へ流出してくるのかを把握するために地下水の流れを計算した。その結果を図-13に示す。図-13より、河川へ流出する地下水は、概ね地形の形態（勾配）に沿って山頂部、斜面上部から河川へ向かう流れであり、山頂部から放射状に河道へ向かう流線が描かれていることがわかる。また、流線が込み入る場所は地下水の流動量が多いと推察できる。

図-13に示した3断面に対し、地下水の流れを図-14から図-16に鳥瞰図で示した。

問寒別川流域では、上流よりも下流の地下水流動経路が長い傾向がみられる。また、地下水の流線は、下流の方が密になる傾向にある。地下水等ポテンシャル線の形態からは、地下深部の地下水が上向きの流れとなって流出しやすい特性がみられる。

茨内から美深付近までは、天塩川右岸側に透水性のよい地層が分布するため、地下水流出が多い可能性を推察できる。

名寄盆地周辺では、農業用水路が多くみられる。これは、タヨロマ川にほぼ沿っており、低地に埋没している旧河道の可能性を推察できる。

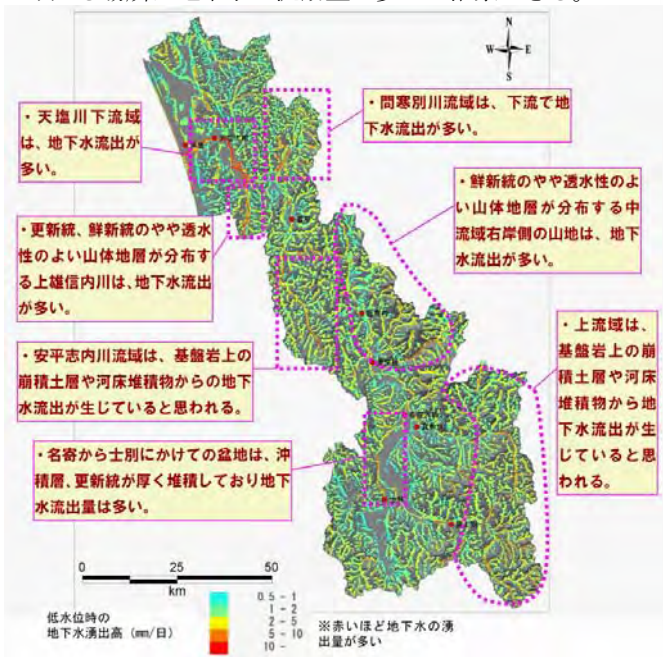


図-12 2004年の低水位時の地下水湧出状況

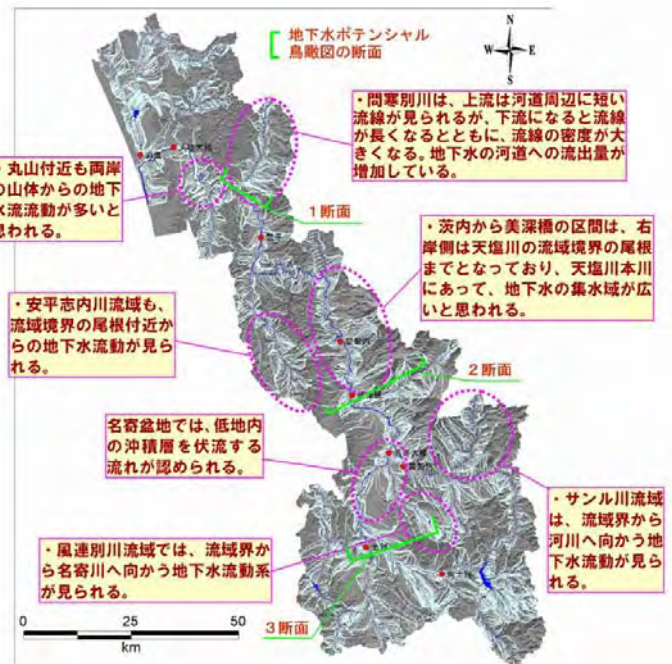


図-13 2004年の低水位時の地下水流動状況

●問寒別川流域の地下水流動

問寒別川は、上流よりも下流の地下水流動経路が長い傾向がある。

地下水の流線は、下流のほうが密になる傾向がある。

地下水等ポテンシャル線の形態には、地下深部の地下水が上向きの流れとなって流出しやすい特性が見られる。

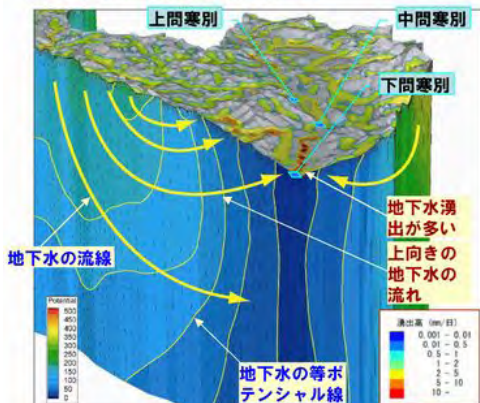


図-14 問寒別川流域の地下水流動

●茨内・恩根内・美深付近の地下水流動

- ＞茨内から美深付近までは、天塩川右岸側には鮮新統のやや透水性のよい地層が分布している。この区間は低水比流量が大きくなっており、地下水流出が多い可能性を推察できる。
- ＞山頂からの長い地下水流動経路が見られる。

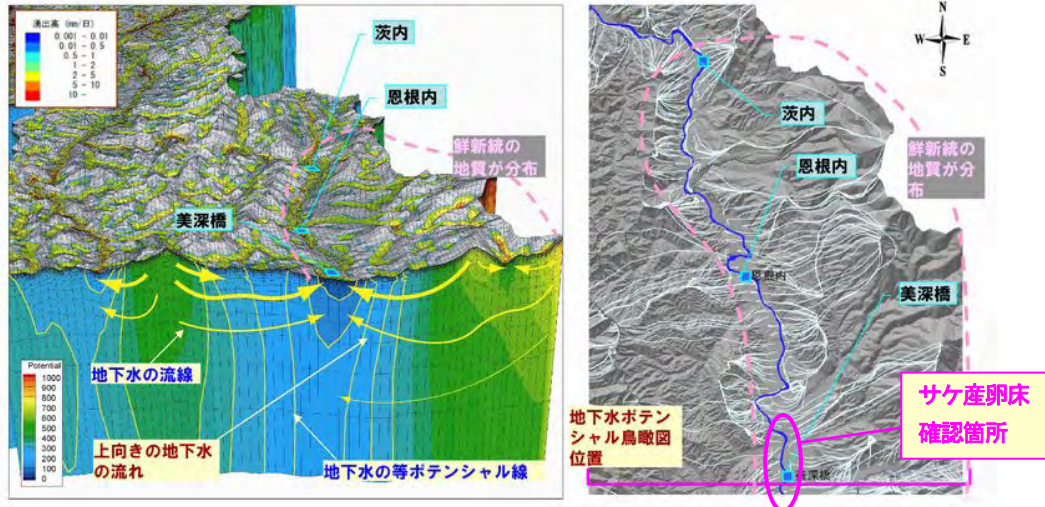


図-15 茨内・恩根内・美深付近の地下水流動

●名寄盆地の地下水流動（3断面）

- ＞名寄盆地周辺の山地・丘陵からの地下水は、盆地の低地に向かう上向きの流れが見られる。
- ＞天塩川右岸側の土風山に至る東の山麓からの地下水は、名寄盆地で浅層の地下水となって伏流状に天塩川と平行した流れとなっている。

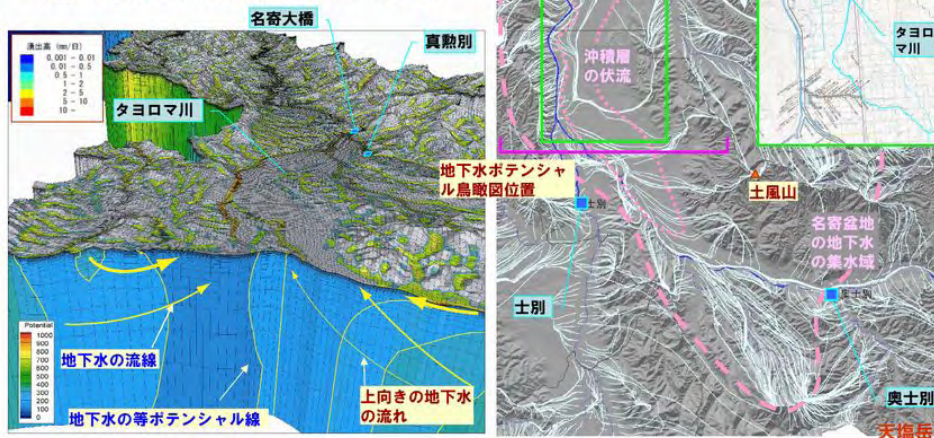


図-16 名寄盆地の地下水流動

4. まとめと今後の課題

今回構築した流域水循環3次元モデルについて、以下の知見が得られた。

- ・地下水の湧出は、地形や山体地質の状況により流出のしやすさの特徴が形成されていると考えられる。
- ・名寄盆地周辺では、天塩川本川と並行して流れる浅層地下水の流線や地表水の分布がみられた。これは、現在河川改修されているタヨロマ川にほぼ沿っており、低地に埋没している旧河道の可能性が推察された。
- ・河川の流況に影響を与えている地下水流出は、問寒別川流域の本川との合流付近とその上流や、美深付近、名寄盆地、その他いくつかの支川で多くみられた。

また、天塩川流域内の降水量や積雪の分布は、整備されている気象観測地点によっても捉えられない空間的なばらつき（不均一性）を有していることが推察された。

今後、本モデルを用いることにより、美深橋付近ではサケの産卵床が確認されていることなどから、地下水の湧出状況と流域の水利用や河川の魚類等との関係を検討できる可能性が高いと考えられる。

参考文献

- 1) 天塩川における魚類等の生息環境保全に関する平成21年度年次報告書. 天塩川魚類生息環境保全に関する専門家会議資料(2010)