

# 第4章 西別湿原ヤチカンバ群落地の水位観測調査

別海町教育委員会

## 要旨

別海町教育委員会が2地区と3地区に計3地点設置した水位計により測定された水位データのうち、2010年から2019年までの10年間について整理・解析を行った。

水位データには一部に欠測がみられたものの、誤差の最大値は0.039 mであり、モニタリングに問題ない測定精度であった。タンクモデルによる解析では地下水位の計算値が実測値を概ね再現していることから、10年間の水位変動は概ね降水量・降水パターンによるものと考えられた。湿原周囲の排水路、特に東側の排水路が湿原の水を排水し続けているが、排水効果は2010年から大きくも小さくもなっていないことが示された。

地下水位は湿原の植生を規定する最も重要な要因であり、今後も基礎データとして継続的に蓄積することが望ましい。そのためには測定基準の鉄杭を腐食しない素材に変更したり水位計の位置を測定孔の底近くにするなど幾つかの対策が望まれる。

### 4-1 はじめに

第2章で述べたように、道路整備や牧草地化などの開発行為によって西別湿原の面積は大きく減少するとともに、残された湿原も乾燥化が進みつつある。西別湿原を保護していくためには、継続的情報収集とモニタリングに基づいた適切な管理が不可欠である。

別海町教育委員会では、2010年から西別湿原ヤチカンバ群落地に水位計を設置し、現在に至るまで水位モニタリングを継続している。

本章では、2010年から2019年までの10年間の西別湿原水位データの整理・解析を行うとともに、今後の対策について考察する。

なお、本章は、別海町教育委員会が日本工営株式会社に業務委託した「令和元年度西別湿原地下水位データ整理・検討業務委託」の成果品をもとに執筆した。

### 4-2 西別湿原の水文環境の概要

西別湿原における水文環境の概要（別海町教育委員会2013）は以下のようになっている。

- 地表面高は、最高地点から最低地点の差は5 mで、概ね東側の排水路に向かって傾斜している。
- 地下水面標高は最高地点から最低地点の差は3.8 mで概ね地表面に対応している。西側、南側の排水路に向かう動水勾配も認められたが、湿原全体をみると東側の排水路に向かって地下水面は傾斜している。
- したがって、東側の排水路が最も湿原全体に及ぼす影響が大きい。そのため現在の湿原の水文環境を維持しようとする場合、東側排水路の排水機能を高めるような処置はするべきでない。逆に、仮に湿原の水位上昇など期待して堰上げなどする場合には、東側で行うほうが、湿原全体に及ぼす効果が高いと考えられる。

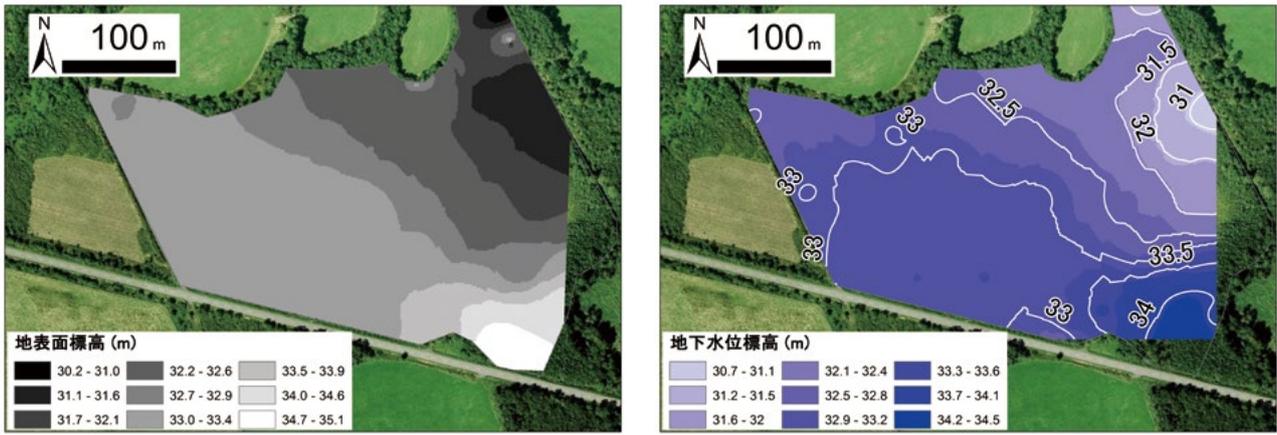


図 4-1 西別湿原の地形（左）および地下水位（右）

### 4-3 地下水位データの整理

#### 4-3-1 データ一覧

データの一覧を表 4-1 に、水位観測地点位置図を図 4-2 に示す。

表 4-1 データ一覧

地点名	北緯	東経	データ期間
別海北	43.39042	145.06285	2010年6月～2019年11月
別海中央	43.38892	145.06059	2011年5月～2019年11月
別海南	43.38824	145.05975	2010年6月～2019年11月

※観測は全地点とも無雪期（6月頃～11月頃）のみ。

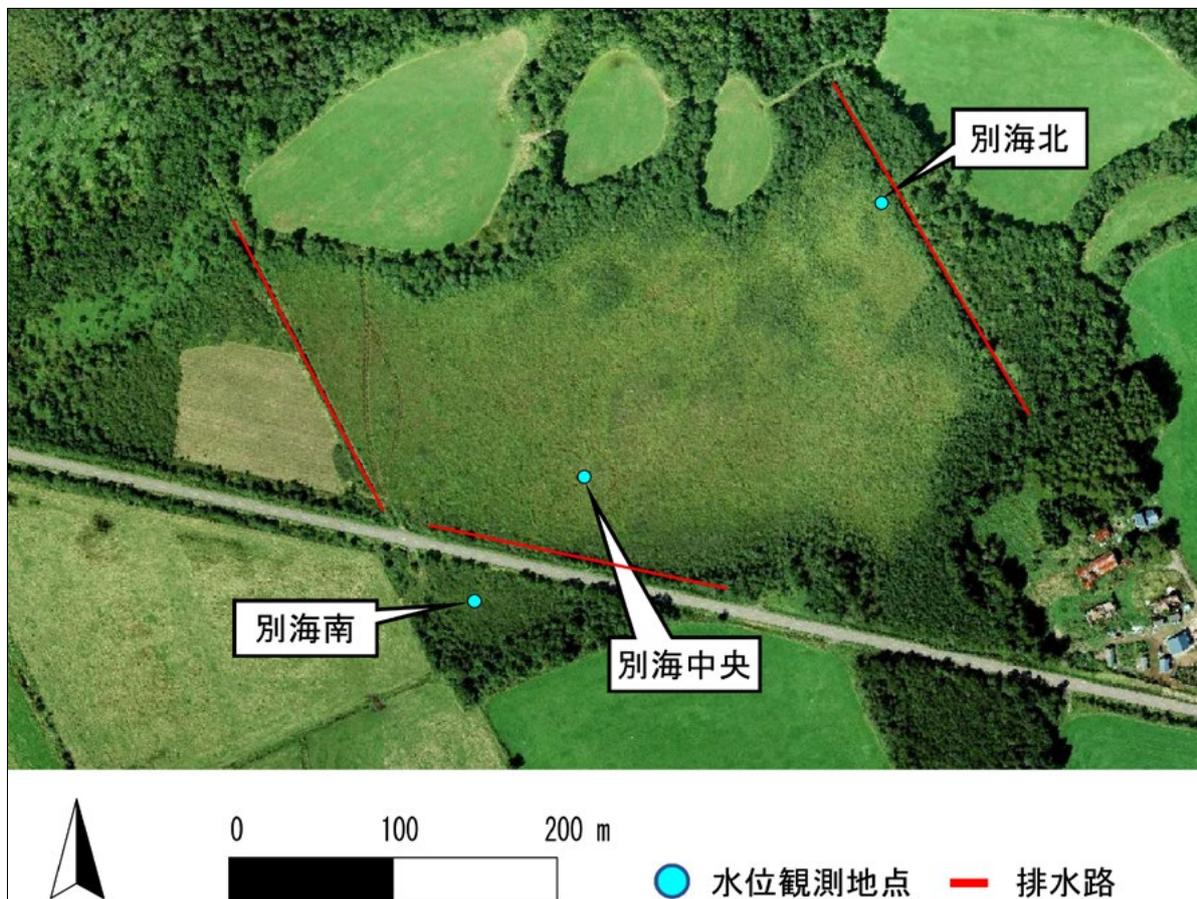


図 4-2 観測地点位置図



### 4-3-3 整理方法

#### 4-3-3-1 作業内容

整理作業の概要は以下に示すとおりである。

- データは一覧表および水位変動図として整理した。
- 参照用に気象庁のアメダス別海の降水量もあわせて整理した。
- 水位を観測していないと思われる場合は欠測として処理した（図 4-4）。
- 2017-2019 年のデータについては、現地での計測結果をもとに精度の確認も行った。

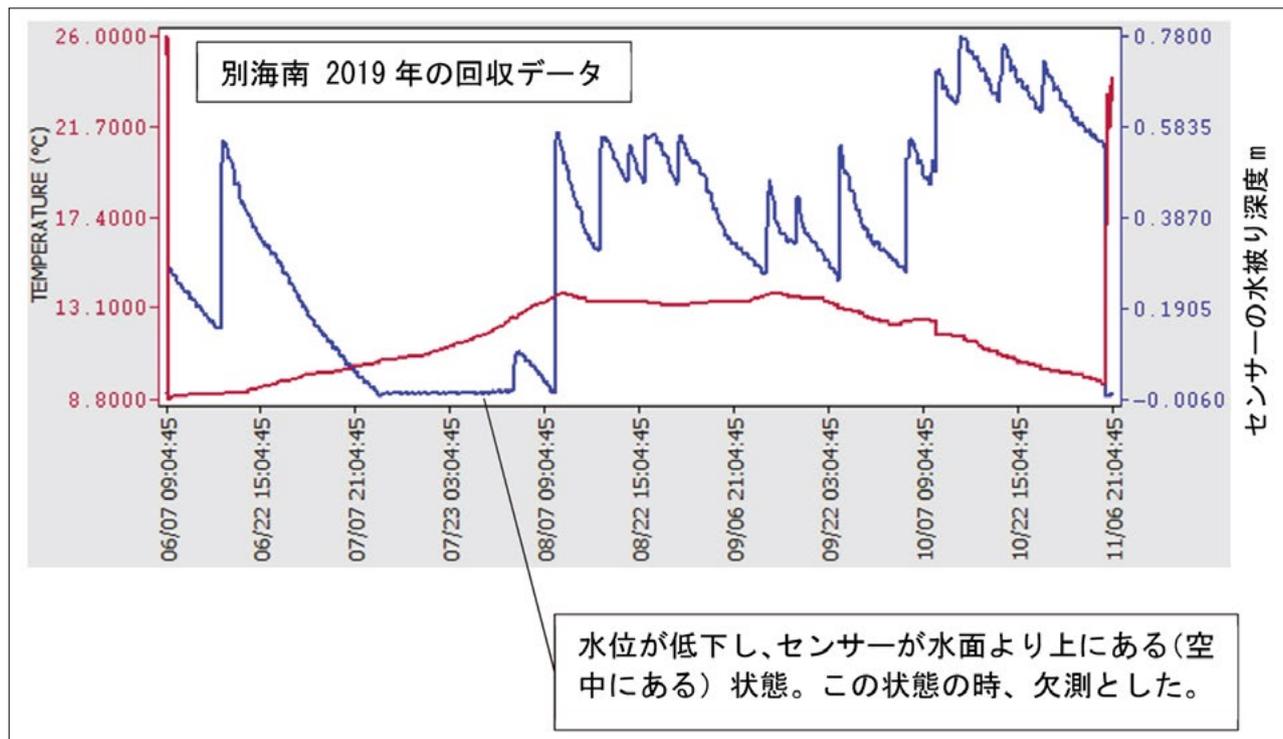


図 4-4 水位を観測していないデータの例

### 4-3-3-2 精度確認

西別湿原での水位観測に係る現地作業は、春季の設置および秋季の回収の年2回であり、その際にコンベックスなどを用いた水位測定も行っている。

ここでは春季に現地で測定した水位をもとに、水位データの換算を行い、秋季の現地測定結果と比較することで誤差を確認した。

なお、観測井を泥炭中に設置している別海北、別海中央については、泥炭下位の礫層に至るよう設置した鉄杭を観測基準とし、沖積土に設置した別海南については観測井の管頭を観測基準としている(図4-5)。



- ・別海北、別海中央は、泥炭層下位の礫層に至るよう設置した鉄杭を観測基準としてる。
- ・別海南は、観測井の管頭を観測基準としている。

図 4-5 各観測地点の観測基準

#### 4-3-4 整理結果

##### 4-3-4-1 精度確認 (2017-2019 年)

2017 年 -2019 年の精度確認結果を表 4-3 ～表 4-5 に示す。誤差が最も大きい場合が 2018 年の別海北の 3.9cm であり、天然記念物管理のためのモニタリングとしては問題ないと考えられる。なお誤差要因としては、水位計自体がもつ誤差 (1cm 以内)、泥炭が浮沈 (上下動) することに伴う誤差 (概ね 1cm 以内、藤村 2018)、現地での水位観測の誤差等が考えられる。

表 4-3 精度確認結果 (2017 年)

No.	項目	別海北	別海中央	別海南
①	設置時 (2017/6/15) 現地確認水位 (m)	-0.480	-0.500	-0.410
②	回収時 (2017/10/18) 現地確認水位 (m)	-0.440	-0.465	-0.410
③	①を基に補正した水位計観測水位 (m)	-0.457	-0.495	-0.387
④	誤差 (② - ③) (m)	0.017	0.030	-0.023

※①②③の水位はいずれも観測基準から見た水位 (観測基準 +m)

表 4-4 精度確認結果 (2018 年)

No.	項目	別海北	別海中央	別海南
①	設置時 (2018/6/11) 現地確認水位 (m)	-0.470	-0.500	-0.420
②	回収時 (2018/11/1) 現地確認水位 (m)	0.024	-0.007	-0.170
③	①を基に補正した水位計観測水位 (m)	-0.474	-0.419	-0.347
④	誤差 (② - ③) (m)	0.039	-0.026	0.007

※①②③の水位はいずれも観測基準から見た水位 (観測基準 +m)

表 4-5 精度確認結果 (2019 年)

No.	項目	別海北	別海中央	別海南
①	設置時 (2019/6/7) 現地確認水位 (m)	-0.510	-0.500	-0.485
②	回収時 (2019/11/5) 現地確認水位 (m)	-0.480	-0.490	-0.455
③	①を基に補正した水位計観測水位 (m)	-0.451	-0.483	-0.483
④	誤差 (② - ③) (m)	-0.029	-0.007	※※

※①②③の水位はいずれも観測基準から見た水位 (観測基準 +m)

※※別海南地点では、2019/8/9 に水位計を懸吊するロープが切れ、水位計が井戸底に着底していた。そのため 8/9 以前を設置時の現地観測結果で、8/9 以後を回収時の現地観測記録で補正した。したがって、2 回の現地観測結果を用いる精度検証は実施できない。

### 4-3-4-2 一覧表及び水位変動図

欠測の確認および精度確認（2017-2018）を実施した地下水位データを一覧表にまとめるとともに水位変動図を作成した。

一覧表の書式および説明を図 4-6 に、水位変動図を図 4-7 ～図 4-8 に示す。

	A	B	C	D	E	F
1	水位_降水量					
2	time	別海北	別海中央	別海南	降水量	
3		(GL+m)	(GL+m)	(GL+m)	(mm/hour)	
12205	2011/5/24 16:00	0.0303	-0.086	-0.174	0	
12206	2011/5/24 17:00	0.03	-0.087	-0.179	0	
12207	2011/5/24 18:00	0.0303	-0.088	-0.183	0	
12208	2011/5/24 19:00	0.03	-0.089	-0.187	0	
12209	2011/5/24 20:00	0.0303	-0.089	-0.19	0	
12210	2011/5/24 21:00	0.0303	-0.089	-0.191	0	
12211	2011/5/24 22:00	0.0303	-0.089	-0.191	0	
12212	2011/5/24 23:00	0.0303	-0.09	-0.192	0	
12213	2011/5/25 0:00	0.0303	-0.09	-0.192	0	
12214	2011/5/25 1:00	0.0303	-0.09	-0.193	0	
12215	2011/5/25 2:00	0.0303	-0.09	-0.193	0	
12216	2011/5/25 3:00	0.0303	-0.09	-0.194	0	
12217	2011/5/25 4:00	0.0303	-0.09	-0.194	0	
12218	2011/5/25 5:00	0.0303	-0.09	-0.195	0	
12219	2011/5/25 6:00	0.0303	-0.09	-0.195	0	
12220	2011/5/25 7:00	0.0303	-0.09	-0.196	0	
12221	2011/5/25 8:00	0.0303	-0.09	-0.196	0	
12222	2011/5/25 9:00	0.0303	-0.09	-0.197	0	
12223	2011/5/25 10:00	0.0303	-0.091	-0.197	0	
12224	2011/5/25 11:00	0.0303	-0.091	-0.198	0	

- 水位は、各地点の地表面をゼロとし、水位が地表面以下の時を負の値で、水位が地表面以上の時（冠水している時）を正の値で示した。
- 降水量は、アメダス別海のデータを気象庁 Website よりダウンロードしたものを収録した。

図 4-6 水位データの形式

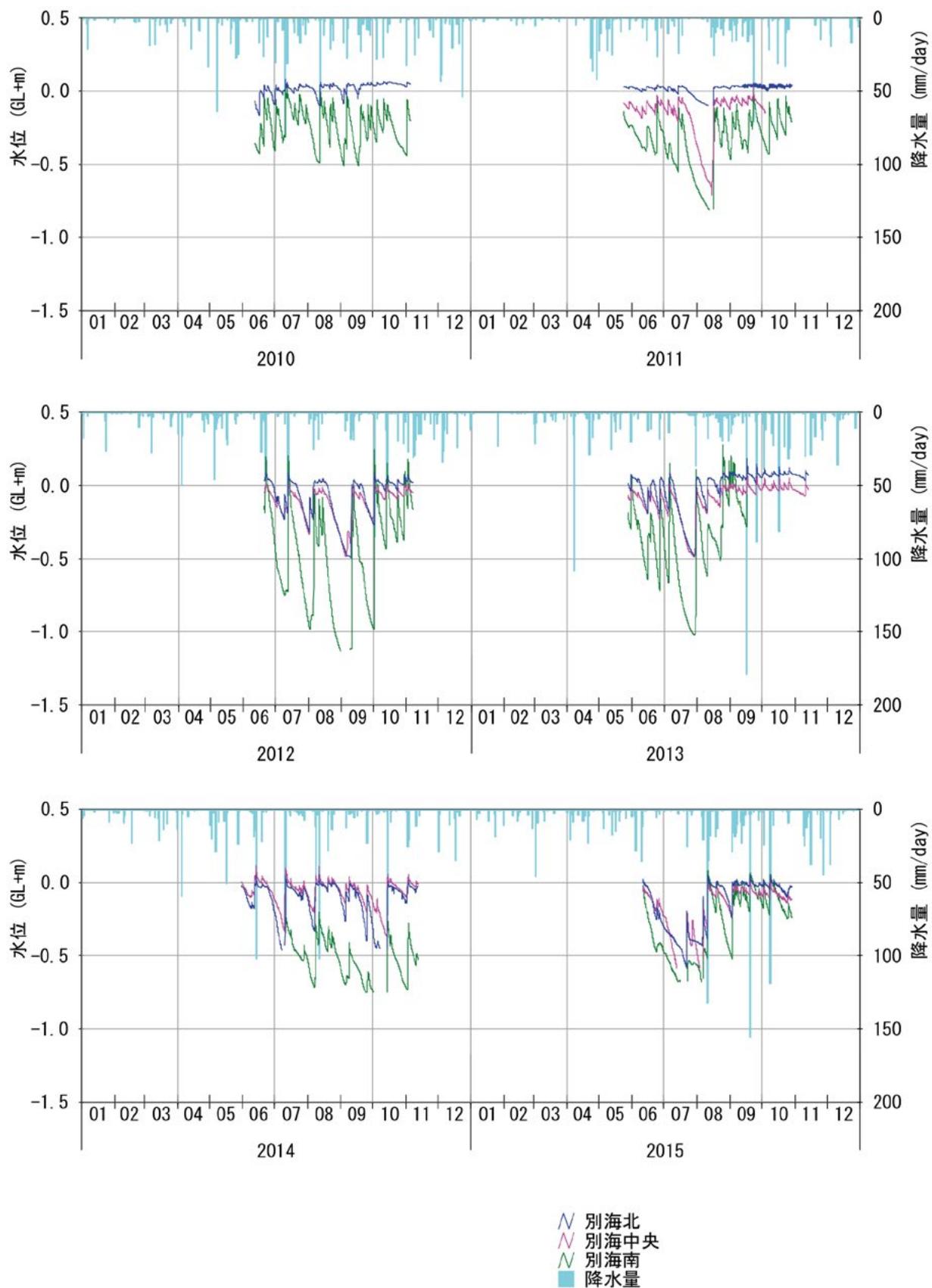


图 4-7 地下水位變動 (2010-2015)

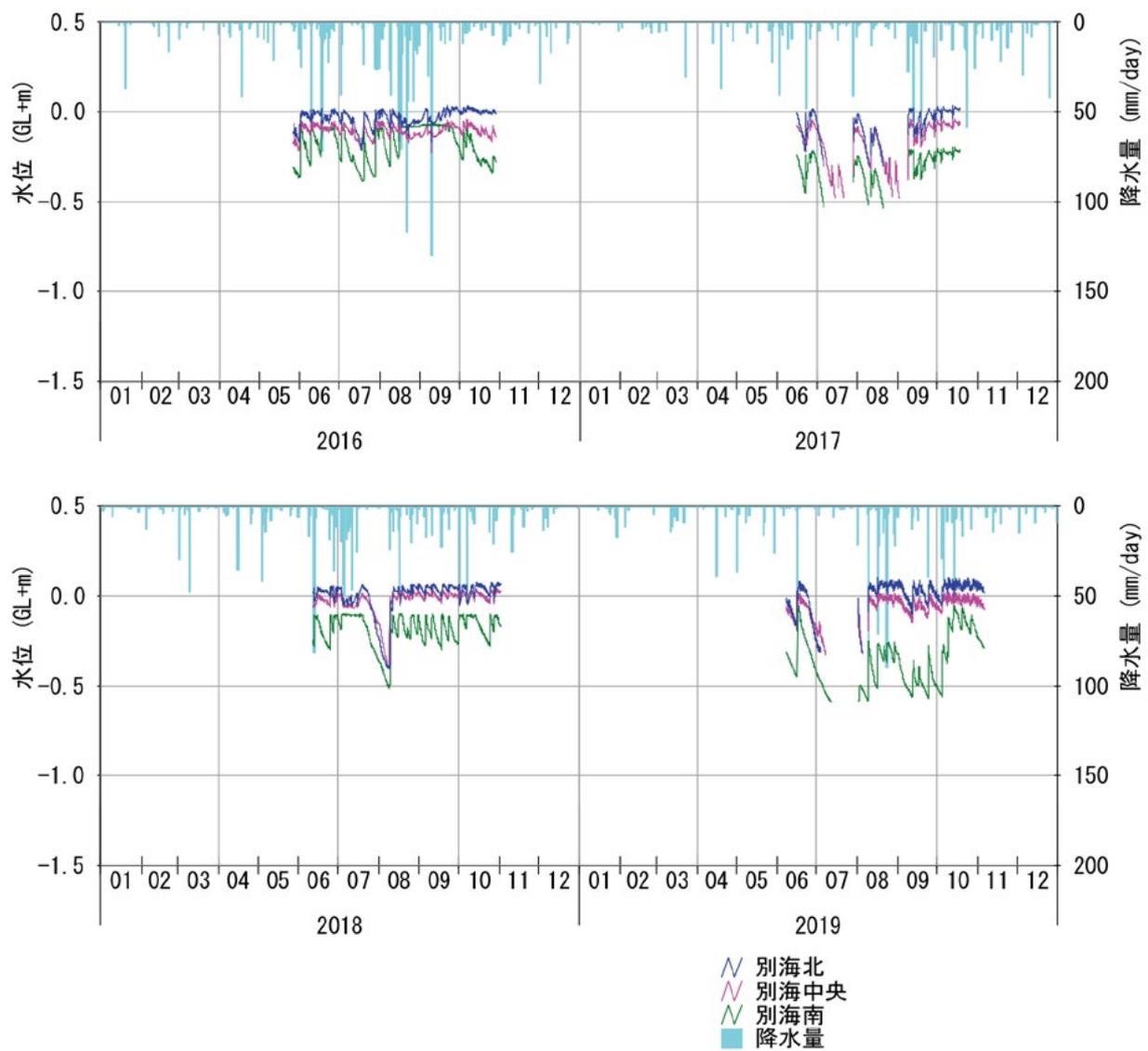


図 4-8 地下水位変動 (2016-2019)

## 4-4 地下水位データ解析

### 4-4-1 地点毎の特徴の把握

地点毎、年ごとの統計値を表 4-6～表 4-8 に示す。これら統計値と地下水位変動図（図 4-7 図 4-8）より読み取れる特徴を表 4-9 にまとめた。

表 4-6 別海北地点の水位観測結果統計値

年	平均値 (GL+m)	中央値 (GL+m)	最高値 (GL+m)	最低値 (GL+m)	データ数 (日)	備考
2010	0.02	0.04	0.08	-0.16	146	
2011	0.02	0.03	0.05	-0.10	153	水位低下側に欠測あり。
2012	-0.08	0.00	0.10	-0.49	140	
2013	-0.01	0.05	0.19	-0.48	170	
2014	-0.10	-0.06	0.06	-0.46	157	水位低下側に欠測あり。
2015	-0.15	-0.04	0.06	-0.58	140	
2016	-0.03	-0.02	0.04	-0.21	155	
2017	-0.07	-0.04	0.04	-0.30	82	水位低下側に欠測あり。
2018	0.00	0.04	0.08	-0.40	143	
2019	0.01	0.05	0.11	-0.31	117	水位低下側に欠測あり。

表 4-7 別海中央地点の水位観測結果統計値

年	平均値 (GL+m)	中央値 (GL+m)	最高値 (GL+m)	最低値 (GL+m)	データ数 (日)	備考
2010	—	—	—	—	0	
2011	-0.15	-0.10	0.03	-0.71	133	
2012	-0.12	-0.08	0.05	-0.49	140	
2013	-0.08	-0.05	0.13	-0.49	170	
2014	-0.06	-0.04	0.12	-0.37	166	
2015	-0.15	-0.09	0.02	-0.58	127	水位低下側に欠測あり。
2016	-0.10	-0.10	-0.04	-0.23	155	
2017	-0.17	-0.12	-0.02	-0.47	108	水位低下側に欠測あり。
2018	-0.03	0.00	0.06	-0.40	143	
2019	-0.06	-0.03	0.06	-0.32	122	水位低下側に欠測あり。

表 4-8 別海南地点の水位観測結果統計値

年	平均値 (GL+m)	中央値 (GL+m)	最高値 (GL+m)	最低値 (GL+m)	データ数 (日)	備考
2010	-0.24	-0.22	0.03	-0.51	146	
2011	-0.33	-0.30	0.02	-0.81	153	水位低下側に欠測あり。
2012	-0.44	-0.37	0.25	-1.13	131	水位低下側に欠測あり。
2013	-0.37	-0.33	0.29	-1.02	112	
2014	-0.52	-0.51	-0.20	-0.75	112	水位低下側に欠測あり。
2015	-0.27	-0.20	0.08	-0.68	132	水位低下側に欠測あり。
2016	-0.17	-0.16	-0.06	-0.38	155	
2017	-0.30	-0.27	-0.19	-0.53	82	水位低下側に欠測あり。
2018	-0.19	-0.16	-0.10	-0.51	143	
2019	-0.35	-0.35	-0.04	-0.59	130	水位低下側に欠測あり。

表 4-9 各地点の水位変動の特徴

項目	特徴等
地表面に対する平均的な水位	<ul style="list-style-type: none"> <li>別海北が最も高く、冠水している期間も長い。次に別海中央が高く、別海南が最も低い。</li> <li>別海北で高いのは、湿原の中でも低い位置にあり周囲からの流入を受けやすいためと考えられる。</li> <li>別海南で低いのは、農地と道路に囲まれた小さい区域に位置しており、排水されやすいためと考えられる。</li> </ul>
降雨に対する水位の上昇	<ul style="list-style-type: none"> <li>別海北と別海中央は、降雨に対する水位の上昇が、別海南に対して小さい。</li> <li>別海北と別海中央の土壌に対して、別海南の土壌は間隙率が低いことを示していると考えられる。</li> <li>別海南では、2016年8-9月と2018年の全期間に水位がGL-10cm程度で頭打ちになっている。このような変動パターンは堰によって上限側の水位が規制される場所で認められることが通常であり、別海南でこのような変動が認められた理由は不明である。2019年には水位がGL-0.04m以上となっていることから、少なくとも2019年時点で、GL-10cm付近で水が漏れる構造となっているわけではない。</li> </ul>
降雨後の水位の低下	<ul style="list-style-type: none"> <li>上昇時の特徴と同様、別海北と別海中央に比べ、別海南は水位低下速度が大きい。これは観測場所の土質や排水のしやすい場所であるかが関係していると考えられる。</li> <li>どの地点も水位計よりも水位が低下したことによる欠測があった。孔底に届かない範囲でできるだけ低く水位計を設置し、欠測を防ぐことが望ましい。</li> </ul>

## 4-4-2 タンクモデル解析

### 4-4-2-1 目的

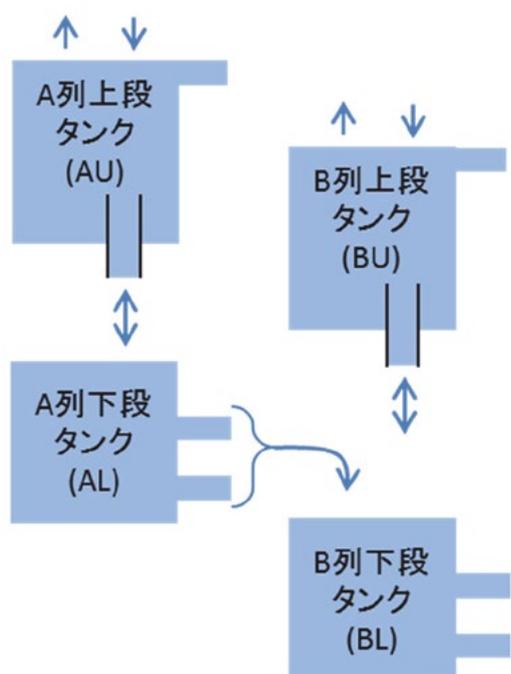
表層地下水の水位は、主に降水および地形によって規定されている。そのため年によって異なる降水量・降水パターンに応じて、水位も変動することになる。一方で天然記念物としての湿原管理の点では、降水量・降水パターンの変動に起因しない水位の変動があった場合には、原因として地形的な改変等が疑われ、何らかの対応が必要となる可能性がある。したがって、観測される水位の変動が降水の変動によるものか否かを判断する必要がある。

そこで、降水量を入力値として水位変動を再現する泥炭地タンクモデルを用いて、2010-2019年の水位変動に降水量に起因しない変動が生じたかを検討した。ここでは、泥炭地の植生がまとまって維持されている別海北と別海中央の水位変動について検討した。

### 4-4-2-2 タンクモデルについて

泥炭地タンクモデルは、泥炭地の水位変動をタンク内の水位変動として表現するモデルで、流域からの河川流出を再現するタンクモデル（菅原 1972）を参考に考案されたものである（Umeda and Inoue 1985）。北海道内では、釧路湿原、サロベツ湿原、美唄湿原の地下水位変動の検討に利用されている（Umeda and Inoue 1985, He and Inoue 2015）。

本検討では、別海中央が湿原内の高い場所に、別海北が湿原内の低い場所にあること（別海町教育委員会 2013）を踏まえ、図 4-9 に示す 1 列 2 段のタンクを、2 列の連成させたモデルを構築して地下水位の再現計算を行った。



A 列（上流側）：別海中央  
B 列（下流側）：別海北  
の水位変動をそれぞれ再現した。

上段タンクでは降水および蒸発散による水の出入りを計算し、さらに下段のタンクとの浸透と毛管上昇による水の出入りを計算する。

ここで、降水は気象庁のアメダス別海のデータを用い、蒸発散は同じくアメダス別海のデータを基に計算されたポテンシャル蒸発量を農業環境技術研究所のデータベースから入手して用いた。

A 列の下段タンクからの流出は、B 列に入る構造とした。  
本モデルでは、実測値が無雪期のみのため、積雪・融雪は考慮していない。

図 4-9 本検討におけるタンクモデルの構造

各タンク内水位の計算は下記の式によった。

●上段タンク（A列、B列共通）

$$W_t = W_{t-1} + R - E - Q_1 - QI_2 + QO_2$$

$$Q_1 = \begin{cases} W_t - H_1 & (W_t > H_1) \\ 0 & (W_t \leq H_1) \end{cases}$$

$$QI_2 = \begin{cases} (W_t - H_2) \cdot A_2 & (W_t > H_2) \\ 0 & (W_t \leq H_2) \end{cases}$$

$$QO_2 = \begin{cases} 0 & (W_t > H_2) \\ H_2 - W_t & (W_t \leq H_2) \end{cases}$$

●A列下段タンク

$$W_t = W_{t-1} + QI_2 - QO_2 - \sum QA_i$$

$$QA_i = \begin{cases} (W_t - H_i) \cdot A_i & (W_t > H_i) \\ 0 & (W_t \leq H_i) \end{cases}$$

●B列下段タンク

$$W_t = W_{t-1} + QI_2 - QO_2 - \sum QB_i + \sum QA_i$$

$$QB_i = \begin{cases} (W_t - H_i) \cdot A_i & (W_t > H_i) \\ 0 & (W_t \leq H_i) \end{cases}$$

ここで、 $W_t$ ：時刻  $t$  におけるタンク内水位、 $R$ ：降水量、 $E$ ：蒸発散量、 $Q_1$ ：タンク上部の横穴からの流出量（溢水量）、 $QI_2$ ：下段タンクへの浸透量、 $QO_2$ ：上段タンクへの上昇量、 $H_1$ ：上段タンクの上限值、 $H_2$ ：下段タンクへの流出孔の高さ、 $A_2$ ：流出孔  $H_2$  の係数、 $QA_i$ ：A列下段タンク流出孔（上側・下側）からの流出量、 $QB_i$ ：B列下段タンク流出孔（上側・下側）からの流出量、 $H_i$ ：下段タンク流出孔（上側・下側）の高さ、 $A_i$ ：下段タンク流出孔（上側・下側）の係数、である。

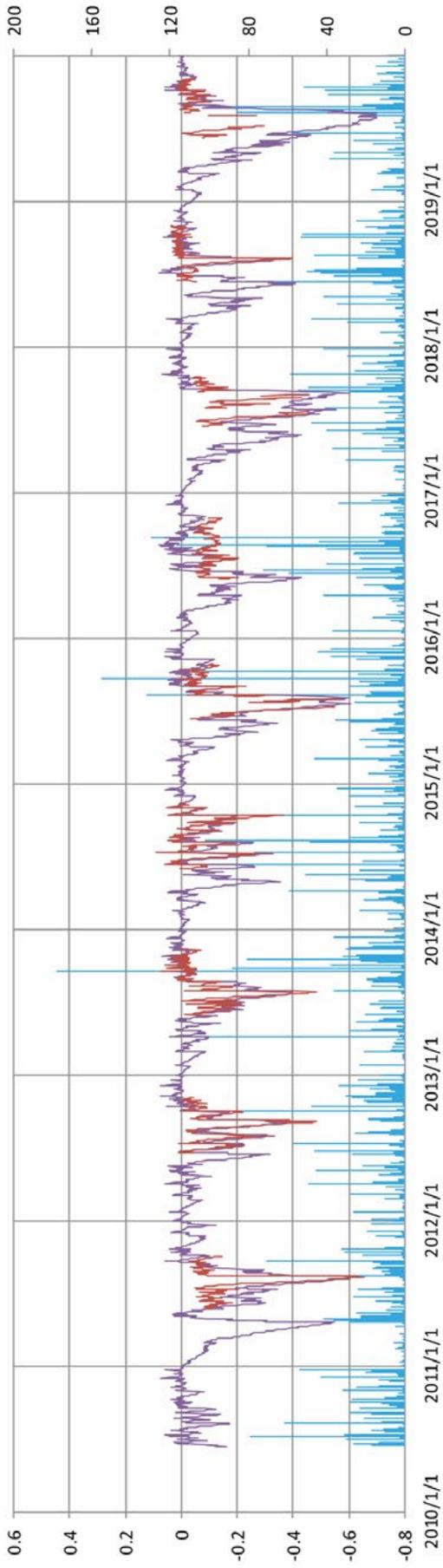
#### 4-4-2-3 解析結果

タンクモデルによる地下水位の再現結果を図 4-10 に示す。

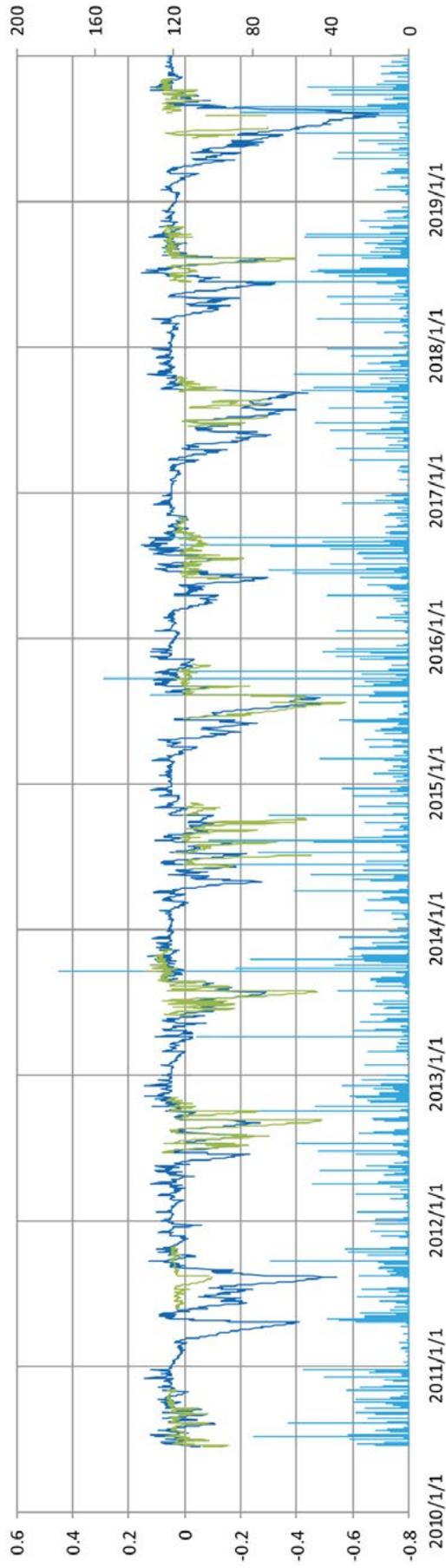
実測値を概ね再現する良好な計算結果が得られた。したがって、2010 年から 2019 年の期間に見られる水位変動は概ね降水量・降水パターンの変化によるものと考えられる。

積雪・融雪を考慮しない本モデルでも、毎年の実測開始（6 月頃）時点から概ね良好な計算結果が得られているのは、水位に対する融雪の影響が実測開始前には小さくなっているためと考えられる。2011 年の別海北および 2019 年の別海中央・別海北は実測値に対して計算値が低い傾向にある。

2011 年の別海北の実測値が他の年に比べて低下していない理由は不明であるが、別海中央には見られない傾向であり、また単年度のみの特異な変動のため機器の異常といった湿原の状態と関係しない要因による可能性が考えられる。2019 年については、最も水位が低下したと考えられる時期の水位が欠測しているため詳細な検討は困難であるが、2 地点で共通した傾向のため、今後も同様な傾向が継続するか等、観測結果を見る際には留意が必要である。



— 降水量  
— 計算値: 別海中央  
— 実測値: 別海中央



— 降水量  
— 計算値: 別海北  
— 実測値: 別海北

図 4-10 タンクモデルによる地下水位再現結果

## 4-5 考察

### 4-5-1 西別湿原の水位の10年間の変化

タンクモデル解析の結果からは、10年間の水位変動は概ね降水量・降水パターンによって説明された。またどの地点も経年的・継続的な水位低下や上昇の傾向は認められなかったことから、湿原の水位は10年間同様の状態を維持していると考えられる。このことは、2010年の調査時点で湿原内の水が周囲の排水路、特に東側の排水路に流動していることが指摘されていたが、その状況が現在も継続している（排水路は湿原の水を排水し続けているが、その排水効果が大きくも小さくもなっていない）ことを示している。

したがって、湿原の水位上昇を期待する場合には、（特に東側）排水路の堰上げ・埋戻しが方策として考えられる。

### 4-5-2 今後の観測継続にあたっての留意事項

地下水位は、湿原の植生を規定する最も重要な要因であり、また観測が容易であるため、今後も基礎データとして継続的に蓄積することが望ましい。

今後の観測にあたっての留意事項としては以下が挙げられる。

- 観測誤差を小さくするため、観測基準としている鉄杭を、観測井（塩ビ管）と合わせてテープなどでとめない。泥炭地の場合、観測井を設置している泥炭が浮沈（上下動）する可能性がある。礫層に至るよう設置した鉄杭は、泥炭自体の浮沈の影響を受けずに観測を行うためのものであるため、テープ等では固定しないようにする。
- 長期観測することを想定し、観測基準の鉄杭を、ステンレスあるいは他の腐食等しない素材の杭に置き換える。
- 水位の欠測を防ぐため、水位計はなるべく低く、孔底近くに設置する。
- 動物などによる被害を防ぐため、水位計を吊るすロープ等にはカバーを付ける等の保護対策を行う。

## 文献

別海町教育委員会 (2013) 北海道指定天然記念物「西別湿原ヤチカンバ群落地」調査報告書。

藤村善安 (2013) 別海町ヤチカンバ群落地水文環境調査報告。「北海道指定天然記念物「西別湿原ヤチカンバ群落地」調査報告書」。別海町教育委員会。

藤村善安 (2018) 泥炭地湿原における地下水位変動と地表高変動。湿地研究 8: 169-175。

He X, Inoue T (2015) Peatland tank model for evaluation of shallow groundwater table data without height reference from benchmark. International Journal of Environmental and Rural Development 6-1: 16-21.

菅原正巳 1972. 水文学講座 7 流出解析法。共立出版。

Umeda Y, Inoue T (1985) The influence of evapotranspiration on the groundwater table in peatland. Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido Univ. 62: 167-181.