泥炭地湿原における水位および地表高変動の観測

OBSERVATION OF WATER LEVEL AND PEATLAND SURFACE OSCILLATION

藤村　善安 *　山本　芳樹 *
Yoshiyasu FUJIMURA and Yoshiki YAMAMOTO

It has been pointed out that water levels were not always measured appropriately in mire ecosystem monitoring due to peat surface oscillation. Hence, we measured water level and peat surface oscillation at Nishibetsu mire, eastern Hokkaido as an sample site. The results show that peat surface fluctuated with small range of about 1 cm as water level fluctuated. Therefore, measurement of peat surface fluctuation is not necessarily required for water level monitoring in Nishibetsu mire in case of short-term monitoring. However it is important to use an elevational benchmark in case of multi-year monitoring because peaty ground can be accumulated/shrunk due to plant litter production/peat decomposition.

Keywords：*peat surface oscillation, Nishibetsu mire, ecosystem monitoring, water level fluctuation*

1. はじめに

泥炭地湿原は、過湿な条件によって生態系の生産速度が分解速度を上回る場所に成立する泥炭（未分解の植物遺体）が堆積する湿原である。この泥炭地湿原は、大気中の二酸化炭素を固定・蓄積する機能、洪水緩衝・水質浄化といった調節的な機能のほか、特有の生物の生息地としての価値や文化的な価値を有し、全国の泥炭地湿原（約 1,100km²）の経済的価値は年間 8000 億円以上になると試算されている [1]。

このように重要な泥炭地湿原の特徴は、第一に過湿であるという水文環境によって維持されているため、湿原生態系のモニタリングにあたっては水位の観測が必須項目とされ、実際に多くの泥炭地湿原で水位観測が実施されている。野外における地下水位の観測は、多くの場合観測用の井戸を設けて行われ、その方法については説明する文献 [2),3)] もあり、難しいことではない。しかし、泥炭地の場合には、水位の上昇下降に応じて地表面が上下動することが知られており [4),5)]、それに起因する特有の留意すべき点がある。すなわち、水位計自体が上下動することのないように設置した場合には、地表面と地下水面との距離（以下、相対水位）を知ることができず、水位計を地表面の上下動に連動して動くように設置した場合には地下水面の標高など不動点に対する水位（以下、絶対水位）を知ることができないという点である。

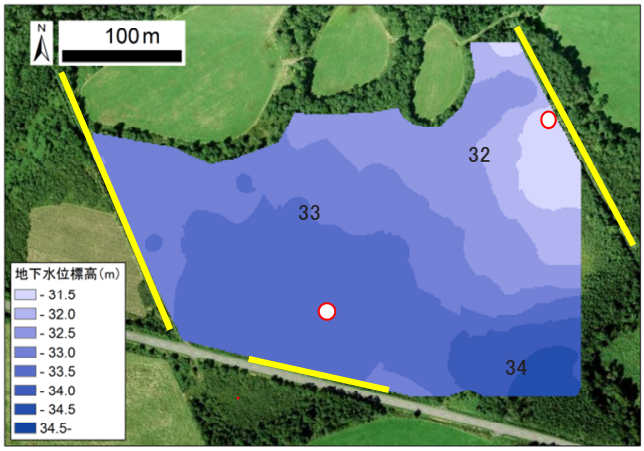
湿原における生物分布や生化学的反応（メタン生成等）を規定する要因としては相対水位が重要で、湿原全体の水収支の推定や空間的な水頭分布を知るうえでは絶対水位が重要な意味を持つ。したがって水位計の設置や、水位観測結果の解釈は、水位観測地点における地表面の上下動といった地盤の不安定さに関わる特性について理解したうえで行われなければならない。しかし必ずしも、地表面の上下動特性を踏まえた観測は行われておらず、例えば八甲田山湿原における水位のモニタリングでは経年的に水位計の水かぶり深度が大きくなっている結果が示されているものの、それが水位の上昇を意味しているのか、あるいは水位計自体の沈下を意味しているのかが判断できない状態となっている [6)]。これは、水位の観測基準が曖昧なまま観測されたために、観測された水位データが実質的に活用性に乏しいものになっている例である。このようなことが起きるのは、地表面の上下動といった地盤の不安定さに関する観測に基づき、水位観測上の留意点を整理するといったプロセスが確立されていないためである。

そこで本研究では北海道の西別湿原をフィールドとして、(1) 水位および地表面の上下動を観測すること、および観測結果を踏まえて（2）地表高の変動特性を把握したうえで水位観測上の留意点を整理することを目的とした。

2. 調査地概況

観測は北海道野付郡別海町にある西別湿原（北緯 42 度 23 分、東経 145 度 03 分）で行った。1981 年～ 2010 年のデータによれば、別海町の平均気温は最暖月（8 月）が 18.1℃、最寒月（2 月）が −7.2℃、年間降水量は 1,135mm となっている。

* 技術本部　中央研究所　総合技術開発部



図－1　水位観測地点（赤丸）
図中右上が北東地点、中央が中央地点。
黄線は排水路を示す。既往報告書[9]を基に作図。

西別湿原は、西別川とその支流である測量川にはさまれた湿原で、1965 年の時点では 68 ha あった湿原が、主に農地開発によって減少していった結果残された断片的な湿原で、周囲を排水路に囲まれている[7]。

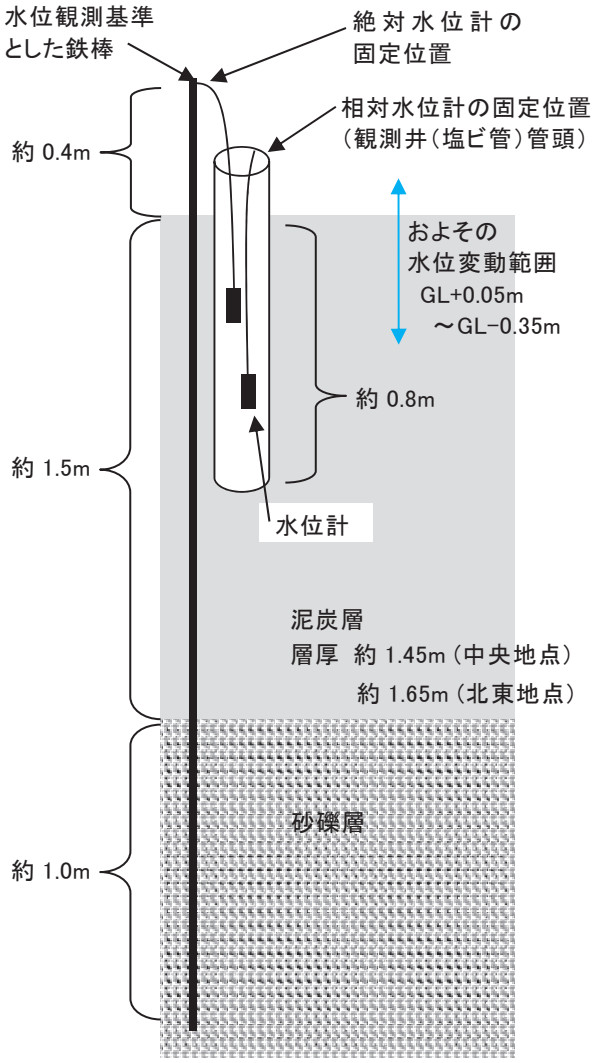
地形・地質的特徴をみると、湿原内の標高は、30 ～ 35m で東側にむかって傾斜している。湿原基底の地質は更新世の茶志骨層に属する氾濫原堆積物で、主に砂と礫から構成されている[8]。その基底の上に、厚さ 0.9 ～ 2.0m の泥炭層が堆積している[7]。

湿原の植生は、中央部にチャミズゴケの優占する植生が広がり、湿原辺縁部はハンノキやヤチカンバからなる湿地林が成立している[9]。ヤチカンバは、この西別湿原のほか日本には十勝地方の更別湿原にのみ生育する希少種で、それぞれの生育地は北海道指定天然記念物に指定され保護が図られている。

3. 観測地点・観測方法

観測は**図－1** に示す 2 地点で行った。この 2 地点は、少ない地点数の観測で湿原全体の状況を捉えることを企図して、水位が高い地点（中央地点）と、水位が低い（北東地点）という位置づけで選定されている[9]。ハンドオーガで掘削した際に観察された各地点の土壌は、中央地点の場合、表層から深度 1.00m まで泥炭、1.00 ～ 1.45m がハンドオーガで何も採取できない固形物の少ない層で、1.45m で砂礫層となっている。北東地点の場合、表層から 0.65m までが泥炭、0.65 ～ 1.60m までが礫が混じる泥炭、1.60m で砂礫層となっている。

各地点における水位・地表高観測方法を**図－2** に示す。地下水位観測用の井戸として、多数の穴をあけた塩ビ管を打ちこんだ。塩ビ管の設置深度は中央地点の場合には泥炭の浮き沈み・膨張収縮によって地表高の変動に大きく影響すると考えら



図－2　水位・地表高観測法の模式図

れる 1.00 ～ 1.45m（ハンドオーガで何も採取できなかった固形物の少ない層）を避けて地表下 0.8m までとした。北東地点の場合には、中央地点で認められたような固形物の少ない層は確認できなかったが、中央地点に合わせて地表下0.8m とした。次に観測井（塩ビ管）の付近に泥炭層基底の砂礫層に約 1.0m 埋まるよう鉄棒を打ちこみ、その天端を絶対水位観測用の基準点とした。絶対水位の観測は、基準点とした鉄棒を用いて固定した水位計（絶対水位計）を用いて観測し、相対水位は観測井の管頭に固定した水位計（相対水位計）によって観測した。相対水位計は上昇下降するため、絶対水位計と接触することのないよう、2 つの水位計は深度にして 0.1m 以上の間隔を開けて設置した。ここで相対水位は、地表高に対する相対水位計の設置深度が変化しないという前提で観測しており、その前提を成り立たせるために先述のように地表高変動に大きく影響すると考えられる層を避けて塩ビ管を設置している。ただし泥炭の沈下・収縮が地表下 0.8m より浅い深度で生じた場合には、塩ビ管のみが浮き上がるなどして地表

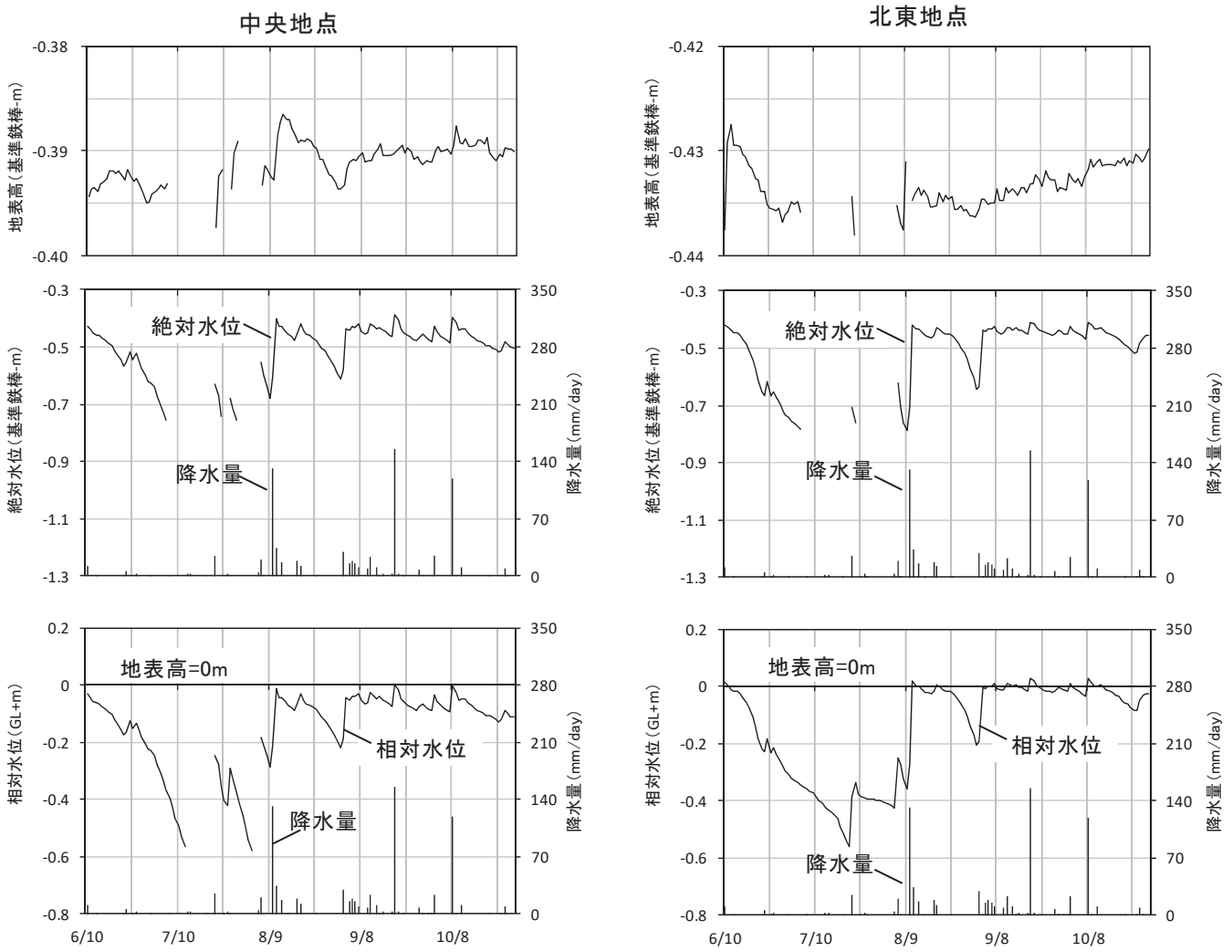
高に対する相対水位計の深度が変化する可能性がある。本稿で示す観測結果はその点に注意が必要である。水位計は応用地質社製 S&DLmini（測定レンジ 5m 測定精度± 5mm 以内）を使用し、別途湿原内で観測した大気圧をもとに補正を行い堪水深（水位計の水かぶり深度）を得た。なお泥炭地においては、植物の生長・分解や動物（作業員も含む）の踏圧によっても容易に地表高が変わるため、ここで使用した水位計の精度（± 5mm）以下の変動については、実際の観測上の問題は生じないと考えられる。

観測は 2015 年 6 月 10 日～ 2015 年 10 月 28 日の無雪期間に 1 時間に 1 回行い、日平均値として整理した。なお本研究では高さの基準とする鉄棒天端の標高は求めておらず、絶対水位の観測結果は鉄棒天端からの鉛直距離として表した。観測開始日の 2015 年 6 月 10 日時点の地表面高（基準鉄棒－m）は中央地点で 0.395m、北東地点で 0.445m であった。

地表面の上下動は、絶対水位と相対水位の差として求め、絶対水位と同様、基準鉄棒からの鉛直距離として整理した。

4. 観測結果

図－ 3 に地下水位および地表高の観測結果を、**表－ 1** に観測結果の概要を示す。水位変動についてみると中央地点、北東地点とも降雨に応じて水位が上昇する類似した変動を示した。経時的変動をみると、両地点とも 6 月の観測開始以降の少雨期間には水位が低下し、7 月上旬から 8 月 10 日の降雨による水位上昇時まで絶対水位計の設置深度を下回り欠測となる日が多かった。得られたデータの中での絶対水位の変動幅（最高水位―最低水位）は、中央地点で 0.368m、北東地点で 0.379m であった。相対水位は中央地点、北東地点とも最大値は地表高付近で、7 月上旬から 8 月 10 日までの水位が低い時期以外は、地表下 0 ～ 0.2m の範囲に水位があることが多かった（**図－ 3**）。



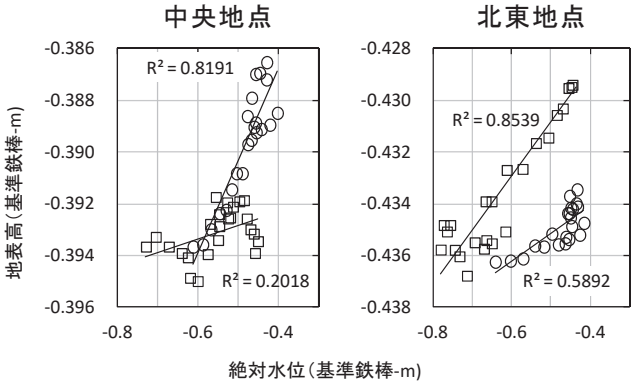
図－ 3 地下水位、地表高観測結果

横軸は 2015 年の月 / 日。降水量は気象庁アメダスの別海観測所のデータ。水位データは一部異常値と思われたデータを除いて整理した。

表－1 地下水位・地表高の観測結果

	中央地点		北東地点	
	絶対水位	地表高	絶対水位	地表高
最高値	−0.389	−0.387	−0.408	−0.427
最低値	−0.757	−0.397	−0.787	−0.438
変動幅	0.368	0.011	0.379	0.011
変動幅比	0.029		0.028	

水位、地表高とも基準鉄棒 −m で示した。変動幅比は、地表高変動幅／絶対水位変動幅を示す。



図－4 地下水位と地表高の相関関係
2 つの期間（6/12 ～ 7/5（□）、および 8/11 ～ 9/1（○））について示す。

地表高の変動についてみると、中央地点では 8 月以降 10 月の観測終了まで、水位上昇時に地表高も上昇し、水位下降時に地表高も下降するという対応関係が認められた。北東地点では 6 月から 8 月下旬まで、水位上昇時に地表高が上昇し、水位下降時に地表高も下降していたが、9 月以降は水位と地表高の変動にそのような対応関係は認められなかった。水位の上昇下降に対応した地表高の上昇下降が認められた 6 月 12 日～ 7 月 5 日の期間、および 8 月 11 日～ 9 月 1 日の期間について、絶対水位と地表高の相関をみると、中央地点では 8 月 11 日～ 9 月 1 日の期間、北東地点では 6 月 12 日～ 7 月 5 日の期間に強い相関が認められた（**図－4**）。得られたデータの中での観測期間全体の変動幅は中央地点、北東地点とも 0.011m であった。水位変動幅に対する地表高変動幅の比率は中央地点で 2.9%、北東地点で 2.8% であった（**表－1**）。

5. 考察

(1) 西別湿原における地表高変動特性

西別湿原の地表高変動特性として、変動要因と変動幅について以下に検討する。泥炭地の地表高変化のメカニズムとしては、泥炭の分解や排水時の圧密による地盤沈下に伴う低下、植物の生長による上昇、泥炭中のメタンガス生成・蓄積やメタンガスの溶解による浮力変化に伴う上昇下降、絶対水位の上昇下降に伴う浮力や体積の変化による上昇下降が知られている[10)～14)]。本研究で観測された地表高変動については、少なくとも水位と地表高変動に強い相関が認められた期間（中央地点における 8/11 ～ 9/5、北東地点における 6/12 ～ 7/5）については、水位変動が要因となっていると考えられる。それ以外の期間の地表高変動については、水位計の誤差範囲におさまりうる変動幅であり、観測上は問題にならない程度といえる。

泥炭地における地表面の上下動幅は、その場所の水位変動幅のほか、泥炭の厚さや性状に規定されると考えられ、ニュージーランドの泥炭層厚 7m の場所における観測例では、年間変動幅 28cm、その場所の水位変動幅に対する地表高変動幅比が 74% に及ぶ例も知られている[4)]。本研究で観測された地表高変動幅は、中央地点、北東地点とも 0.011m、水位変動幅に対する地表高変動幅比は、3% 弱とあまり地表高の変動がない場所であることが分かった。変動が小さい理由としては、泥炭層厚が 150cm 程度と薄いことによると考えられる。

(2) 地表高変動に係る水位観測上の留意点

本研究の観測結果では、西別湿原では水位変動に起因すると考えられる地表高の変動が確認されたが、その変動幅は約 1cm で、絶対水位の変動幅に対する地表高の変動幅は 3% 弱であることが示された。この点を踏まえて西別湿原における水位観測上の留意点は以下のように整理される。

- 観測目的を限定しない基礎データとして水位のモニタリングをする場合、水位の上昇下降に伴う地表高の上昇下降を大きく意識しなくても実用上問題はない。
- ただし、実際に水位変動に応じて地表高が変動することが観測されたことから、高い精度を要する場合には相対水位と絶対水位を区別して観測あるいは解釈を行う必要がある。その際には、0.011m という西別湿原の地表高変動幅は、調査者の立入り等の影響より小さい可能性があるため、作業用の足場を設置して観測井戸周辺に立ち入らなくても良いようにする等の検討も必要となる可能性がある。
- 絶対水位と相対水位のどちらか一方を観測するのであれば、少なくとも経年的な観測を行う場合には、絶対水位を観測するべきである。その理由は植物の生長と枯死の繰り返しによって、泥炭が蓄積して地表高が上昇することが考えられるほか、荷重の増加や泥炭の分解による地表高の低下も想定されるためである。また、1．はじめにで述べたように、地下水の流れ等を検討するために水頭分布を調べることが目的の場合には、当然絶対水位を計測するべきである。なお、観測が長期に及ぶ場合には観測の基準とする点（本研究の場合には砂礫層に固定した鉄棒の天端）についても、1 年に

1回程度は測量によって標高を確認することが望ましい。

- 観測方法の項で記したように、観測井戸（塩ビ管）の抜け上がりが生じる可能性を考慮すると、必ずしも本研究の方法では地表高変動を捉えきれない可能性が残る。特に観測井の設置深度が、泥炭の浮き沈み・膨張収縮が生じる深度である場合には、別途地表高の観測を行うことが望ましい。別途行われた地表高観測方法の例としては、本研究の方法より精度が劣る可能性があるが GPS を用いた方法[12),15)]、連続的なデータ取得は難しいが定期的な地表高測量により調べた方法[16)]が挙げられる。

現在泥炭地の水位計測で一般に行われているのは、相対水位の観測である[17)]。本研究で示したように絶対水位の観測は難しいことではない。水位観測の方法は目的に応じて定められるものであるが、今後は絶対水位の観測を行うことも検討に入れることが望ましい。

参考文献

1） 笹渕紘平：湿地が有する経済的価値の評価結果について . 湿地研究、5、pp.41-48、2014

2） 中田達、塩沢昌：水文・水質環境の調査法 . 鷲谷いづみ・宮下直・西廣淳・角谷拓編、保全生態学の技法 調査・研究・実践マニュアル、東京大学出版会、pp.239-257、2010

3） Bohn CC.：Guide for fabricating and installing shallow ground water observation wells. USDA Forest service Rocky Mountain Research Station, Research Note RMRS-RN-9, pp.1-5, 2001

4） Fritz C., D.I. Cambell, and L.A. Schipper: Oscillating peat surface levels in a restiad peatland, New Zealand-magnitude and spatiotemporal variability, Hydrological Processes, 22, pp.3264-3274, 2008, DOI: 10.1002/hyp.6912

5） 梅田安治、井上京：泥炭地における地盤変動の実態解析 . 農林水産技術会議事務局編、湿原生態系保全のためのモニタリング手法及び農用地からの影響緩和方策の確立に関する研究（研究成果 297）、農林水産会議事務局、pp.17-22、1995

6） 生物多様性センター：モニタリングサイト 1000 陸水域（湖沼・湿原）2009-2013 年度とりまとめ報告書、2014

7） 橘ヒサ子、吉野裕幸、新沢一修、佐藤雅俊：西別湿原の植物生態学的研究、（財）自然保護助成基金 1994-1995 年度研究助成報告、pp.183-194、1997

8） 松井公平：五万分の一地質図幅説明書 西別（釧路第 11 号）、北海道地下資源調査所、1973

9） 別海町教育委員会：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、2013

10） 宮地直道、神山和則、大塚紘雄、粕渕辰昭：美唄泥炭地における地盤沈下 . 日本土壌肥料学会誌、66、pp.465-473、1995

11） 藤村善安、冨士田裕子、水田裕希：サロベツ湿原におけるチマキザサおよびミズゴケのフェノロジー観察結果、北海道大学植物園研究紀要、第 10 号、pp.1-7、2010

12） Glaser, P.H., J.P. Chanton, P. Morin, D.O. Rosenberry, D.I. Siegel, O. Ruud, L.I. Chasar, and A.S. Reeve：Surface deformations as indicators of deep ebullition fluxes in a large northern peatland, Global Biogeochemical Cycles, 18, GB1003, 2004, DOI:10.1029/2003GB002069

13） Strack M, Kellner E, Waddington JM.：Effects of entrapped gas on peatland surface level fluctuation. Hydrological Processes, 20, pp.3611-3622, 2006

14） 飯山一平・宮崎毅・中野政詩・井本博美：地下水位変動に伴う泥炭土の収縮・膨張について . 農業土木学会論文集、205、pp.1-11、2000

15） Reeve, A. S., Glaser, P.H., and Rosenberry, D.O. :Seasonal changes in peatland surface elevation recorded at GPS stations in the Red Lake Peatlands, northern Minnesota, USA, Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 118, 1616–1626. , DOI:10.1002/2013JG002404

16） 小野寺康浩、石渡輝夫、橋本論：二次造成泥炭草地における地盤変動の経年変化 . 寒地土木研究所月報、638、pp.10-16、2006

17） 環境省生自然環境局生物多様性センター：モニタリングサイト 1000 陸水域調査 湿原調査マニュアル第 5 版、2016