

# 大区画水田圃場における地下水位制御システムの 高度利用に関する研究 —泥炭種、土地利用、冬季の地下水位制御の違いが沈下量 に及ぼす影響—

国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 資源保全チーム ○長竹 新  
国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 資源保全チーム 清水 真理子  
国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 資源保全チーム 奥田 涼太

泥炭農地の沈下抑制のためには、圃場の地下水位を下げすぎないことが重要である。本研究では、異なる2種類の泥炭地の水田と転作田において、地下水位制御システムを利用し冬季に圃場の地下水位を高く維持する圃場としない圃場を設け、圃場の沈下量に対する泥炭の種類の違い、水田と転作田の違い、冬季の地下水位制御の違いの影響を検証した。圃場の水田利用のほか、冬季に地下水位を高く保つことより沈下が緩和される可能性が示された。沈下のしやすさは泥炭によって異なり、間隙の大きい高位泥炭では圃場の沈下量は地下水位の違いの影響を受けやすく、間隙の小さい低位泥炭では高位泥炭と比べて地下水位の違いによらず沈下しにくかった。

キーワード：泥炭沈下、高位泥炭と低位泥炭、土地利用、冬季の地下水位制御

## 1. はじめに

北海道の水田地帯では、食料生産の体質強化に向け、担い手への農地集積と圃場の大区画化・汎用化が推進されている。北海道の主要な水田地帯である石狩川流域は日本最大の泥炭分布地帯でもある。泥炭地域の農地では地下水位の低下がきっかけとなり圃場の沈下が生じやすい。泥炭農地において沈下が圃場内や圃場群規模で異なると、例えば、水田圃場面の不同沈下による湛水深ムラや、暗渠管や圃場周辺の用排水路の不同沈下による機能低下などの問題が生じる。そのため泥炭農地の沈下を緩和する方法の提案が求められている。

泥炭農地の沈下を緩和する基本的な方法は、圃場の地下水位を下げすぎないことである。圃場の地下水位を下げすぎずに泥炭の水分を高く保つことで泥炭の乾燥収縮や分解が抑制され、地下水位以下の土層に対しては浮力が働くことで泥炭の圧密が緩和される。例えば、サロベツの採草地においては、排水路の堰上げにより圃場の地下水位を高く保つことにより、沈下が緩和されたことが報告されている<sup>1)</sup>。また、近年の圃場整備で集中管理孔やFOAESが導入された圃場では、圃場の地下水位を制御することができるため、これを利用した沈下の緩和が期待される。

ところで、泥炭の圧密や圧縮のされやすさは、泥炭の排水履歴の影響<sup>2)</sup>や泥炭の種類・構成植物の影響<sup>3)</sup>を受けることが指摘されている。これと同様に、地下水位制

御による沈下の緩和効果の現れやすさも泥炭の種類や性状によって異なると考えられる。そこで、本研究では異なる2種類の泥炭地の水田と転作田において、地下水位制御システムを利用し冬季に圃場の水位を高く維持する圃場としない圃場を設け、圃場の沈下量に対する泥炭の種類の違い、水田と転作田の違い、冬季の地下水位制御の違いの影響を検証した。

## 2. 方法

### (1) 調査地の概要

調査は北海道美唄市と新篠津村に位置する水田と転作田において行った。以後、美唄サイトと新篠津サイトと呼ぶ。調査期間は2018年4月から2020年4月までの2年間である。

美唄サイトは国営事業で、新篠津サイトは道営事業で、それぞれ2015年に区画整理された。この時に集中管理孔方式の地下水位制御システムが導入された。圃場の形状は、美唄サイトでは長辺方向に170 m、短辺方向に70 mであり、新篠津サイトでは長辺方向に80~115 m、短辺方向に60~70 mである。暗渠(吸水渠)は圃場の長辺と平行に10 m間隔を基本として設置され、1/500の下り勾配を持つ。暗渠の排水路側の末端には水位調整型水閘が取り付けられている。

泥炭層の厚さは美唄サイトでは約6 m、新篠津サイトでは約5 mである。表層1 m以内に出現する泥炭は、美

唄サイトではヨシ、ハンノキを主な構成植物とする低位泥炭、新篠津サイトではホロウムソウ、ホロムイソゲ、ツルコケモモ、ヌマガヤを主な構成植物とする高位泥炭である。

## (2) 調査圃場

美唄と新篠津それぞれのサイト内において、近接する水田と転作田を冬季の地下水位制御の違いにより、転作田対照圃場、転作田試験圃場、水田試験圃場とした(図-1, 2)。転作田試験圃場と水田試験圃場では11月末から翌年4月初めまでの約4ヶ月間、水位調整型水閘を閉じ、地下水位を高く維持するようにした(図-3)。具体的には、水閘内の水位が、美唄サイトの転作田試験圃場では圃場面から-55 cm、美唄サイトの水田試験圃場と新篠津サイトの転作田試験圃場、水田試験圃場では圃場面から-40 cm よりも高くなると排水されるようにした。転作田対照圃場では同じ期間に水閘を開放し、自然排水を行った。転作田試験圃場と転作田対照圃場における冬季の地下水位制御以外の営農作業や肥培管理は、営農者の協力を得て可能な限り同様とした。なお、冬季の水供給は降雨や融雪からのみであり、用水路からの取水はなかった。

調査期間中の栽培作物は、水田では水稻、転作田では大豆である。また、美唄サイトでは2019年の大豆収穫前に秋播き小麦の播種(間作)が行われた。

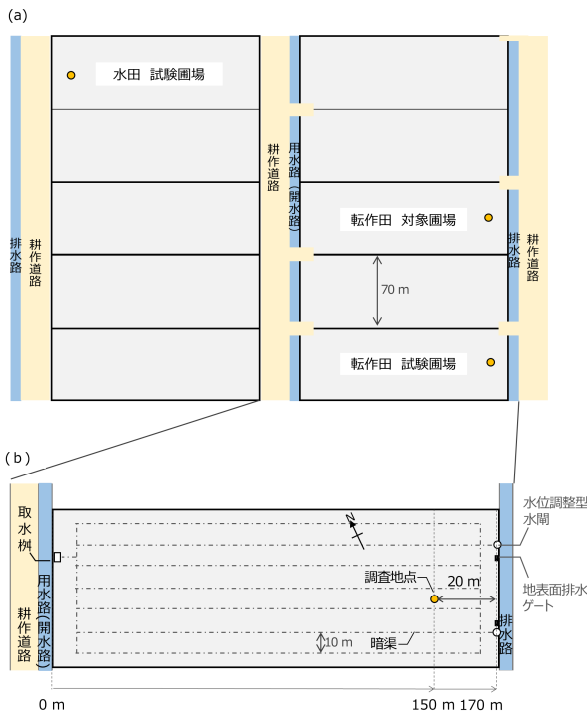


図-1 美唄サイトにおける(a)調査圃場の配置と(b)調査圃場内の観測点の位置

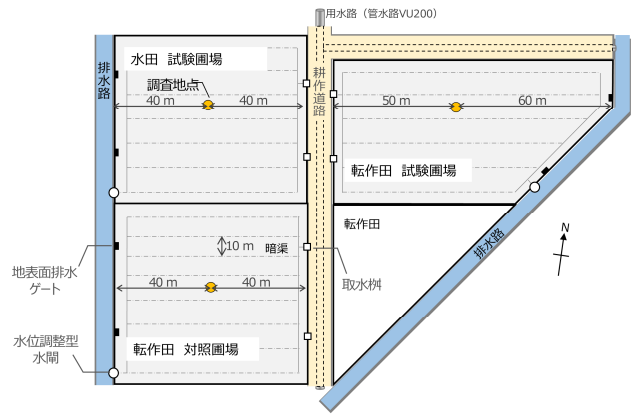


図-2 新篠津サイトにおける圃場と観測点の位置

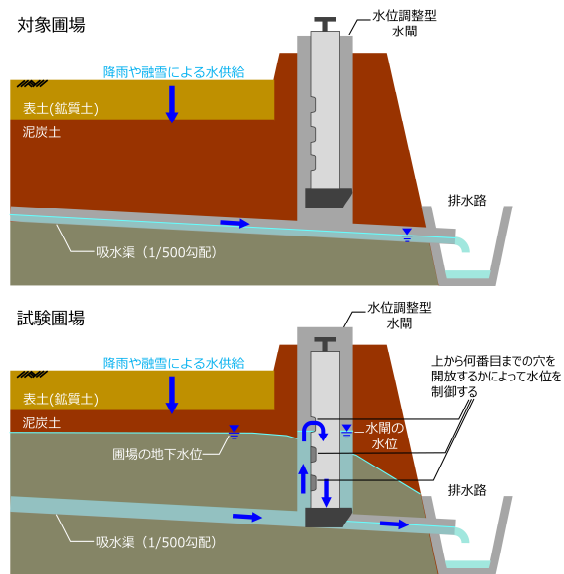


図-3 水位調整型水閘の操作による冬季の地下水位制御の模式図

## (3) 調査方法

美唄サイトでは各圃場の排水末端側の畦畔法尻から長辺方向に20 mの位置に、新篠津サイトでは圃場の中央に観測点を配置し(図-1, 2)、沈下量調査と地下水位調査、土壌断面調査を行った。なお、美唄サイトでは1圃場内の複数地点で地下水位計測を行っており、このうち、新篠津サイトと地下水位の頻度分布が似ている地点を今回の検証対象の地点とした。

沈下量調査では、圃場面標高と泥炭層内の2深度(美唄サイトの転作田で-50 cmと-80 cm、そのほかの圃場で-60 cmと-80 cm)に設置した沈下板の標高を半年ごとに計測した。以降、測量日を境として、4月から10月までを夏季、10月から4月までを冬季と呼ぶこととする。なお、使用した沈下板は300 mm×300 mm×8 mmの有孔の塩化ビニル板で、一辺を鋭角に処理している。美唄サイトでは2016年11月に、新篠津サイトでは2018年4月に各観測点で小坑を掘削し、攪乱されていない断面に沈下板を水平に差し込んで設置した。沈下板の標高

は、地表からゾンデ（長さ1 mで先の尖った棒）を垂直に差し、その頂部の標高を計測することで求めた。

地下水位調査では、有孔管に格納した圧力式水位計を圃場面から-150 cmの位置に設置し、30分間隔で計測した。降水量は調査圃場近傍で転倒マス式雨量計により計測し、欠測期間は近傍の AMeDAS の値を採用した。積雪深は、レーザー式もしくは超音波式積雪深計を美唄サイトの水田対照圃場と新篠津サイトの水田試験圃場の中央部付近に設置し、1時間間隔で11月中旬から翌年3月中旬まで計測した。積雪深計周辺の積雪荷重を、スノーサンプラーを用いて12月から3月まで月に1回の頻度で計測した。

土壌断面調査では、表土（鈣質土）層と沈下板の埋設深を境に3層に分けた泥炭層（概ね-40 cm~-60 cm、-60 cm~-80 cm、-80 cm~-100 cm）のそれぞれの中心付近から採取した。不攪乱土壌試料を乾燥密度、孔隙率、間隙比、重量含水比の分析に用い、攪乱土壌試料を強熱減量と繊維含量の分析に用いた。繊維含量は、泥炭を2 mmメッシュと0.15 mmメッシュの篩の上で水洗し、篩に残った繊維物質の乾物重量とした。

多群間での平均の差の検定には、Tukeyの多重比較（有意水準=5%）を用いた。

### 3. 結果

#### (1) 泥炭の理化学性

泥炭の理化学性はいずれもサイト間で有意に異なり、繊維含量（図4）、強熱減量、重量含水比、間隙比（図5）のいずれも新篠津サイトが美唄サイトに比べて大きかった。

#### (2) 表土と積雪由来の荷重

表土（鈣質土）の層厚および乾土荷重はサイト間と圃場間での有意差は無く、全6圃場の平均で層厚が31.3 cm、荷重が3.24 kN m<sup>-2</sup>だった。積雪深と積雪荷重は2月から3月にかけて最大となった（図7(a)）。最大積雪荷重は美唄と新篠津のどちらにおいても2018-2019年（美唄：3.79 kN m<sup>-2</sup>、新篠津：3.91 kN m<sup>-2</sup>）が2019-2020年（美唄：1.73 kN m<sup>-2</sup>、新篠津：2.17 kN m<sup>-2</sup>）よりも大きかったが、両年ともサイト間での有意な差は無かった。

#### (3) 地下水位

冬季の地下水位制御を行っていない期間の地下水位は圃場の土地利用によって異なり、水田試験圃場が転作田試験圃場・対象圃場よりも高かった。冬季の地下水位制御を行った期間の地下水位は水位制御を行ったかどうかで異なり、水田・転作田試験圃場が転作田対照圃場に比べて高く維持された（図7(c)）。沈下板の標高測量を行った各測定日間での地下水位の中央値は、美唄サイトで

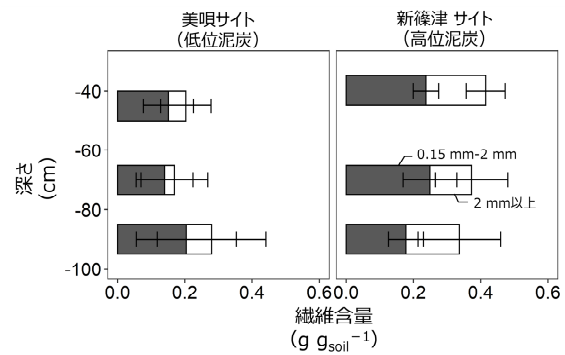


図4 泥炭の乾土重あたりの繊維含量（エラーバーは3反復の標準偏差を表す。）

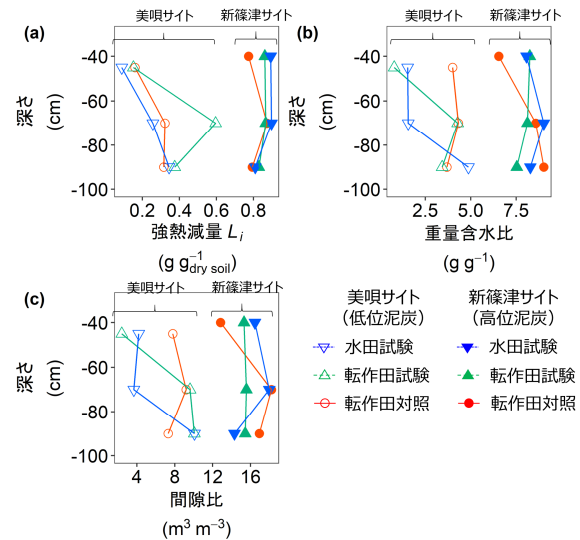


図5 泥炭の物理化学性の深度分布

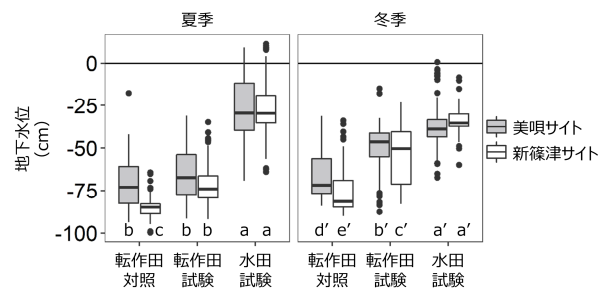


図6 地下水のボックスプロット（各季節内で有意な圃場間差がある場合、異なる記号で示す）

は転作田対照圃場、転作田試験圃場、水田試験圃場でそれぞれ夏季に-73、-65、-29 cmであり、冬季に-72、-47、-39 cmだった。新篠津サイトの転作田対照圃場、転作田試験圃場、水田試験圃場ではそれぞれ、夏季に-85、-74、-29 cm、冬季に-82、-50、-35 cmだった。同じ圃場利用方法同士のサイト間差は無い、もしくはサイト間差よりもサイト内での圃場間差の方が大きかった（図6）。ただし、新篠津サイトの転作田対照圃場は常にすべての圃場の中で最も水位が低かった。

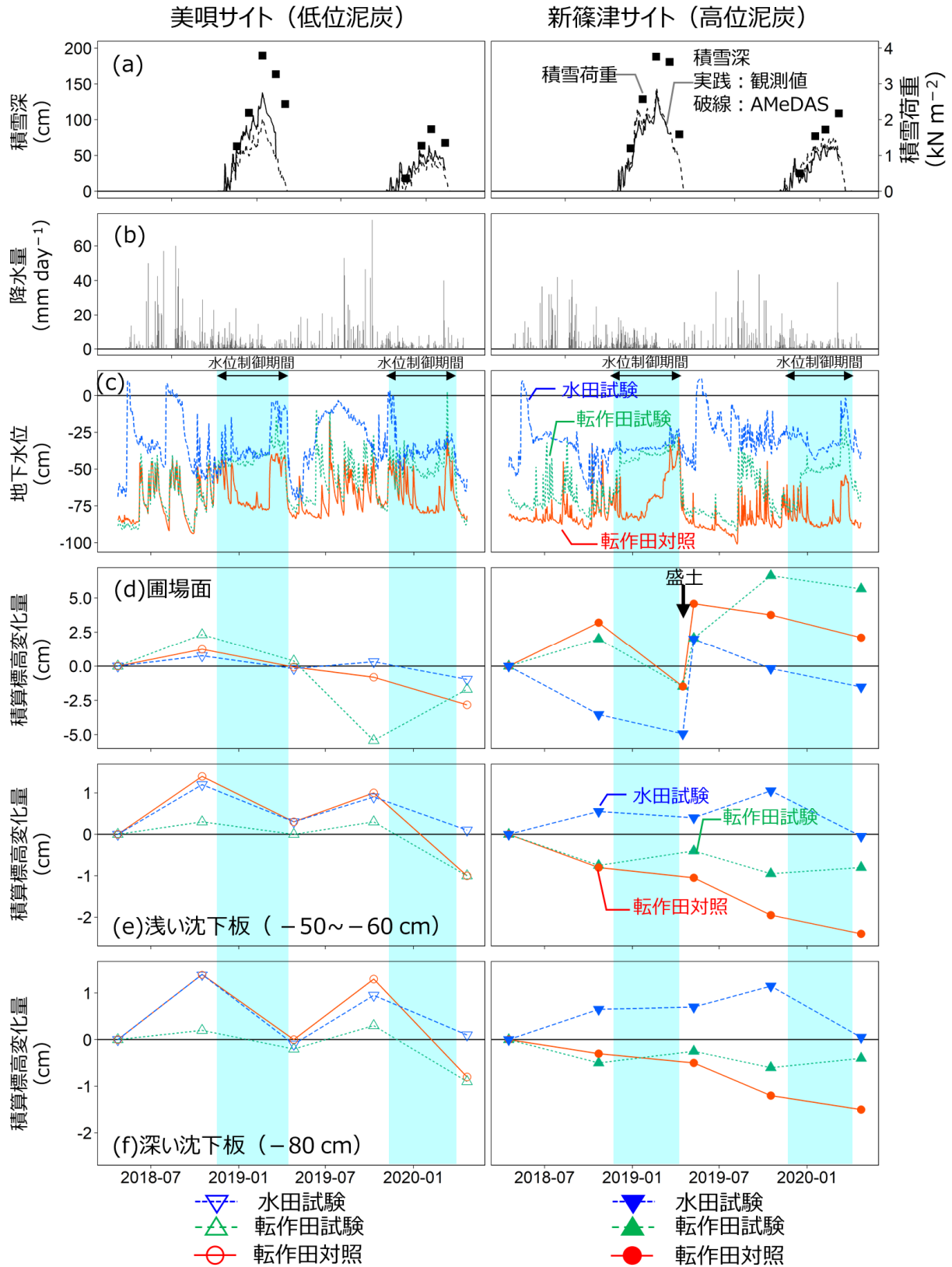


図-7 (a)積雪深と積雪荷重、(b)降水量、(c)地下水位、(d)圃場面の積算標高変化量、(e)浅い沈下板の積算標高変化量、(f)深い沈下板の積算標高変化量の経時変化 (図中の水色部分の期間に、水田試験圃場と転作田試験圃場において水閘を操作し地下水位の制御を行った。)

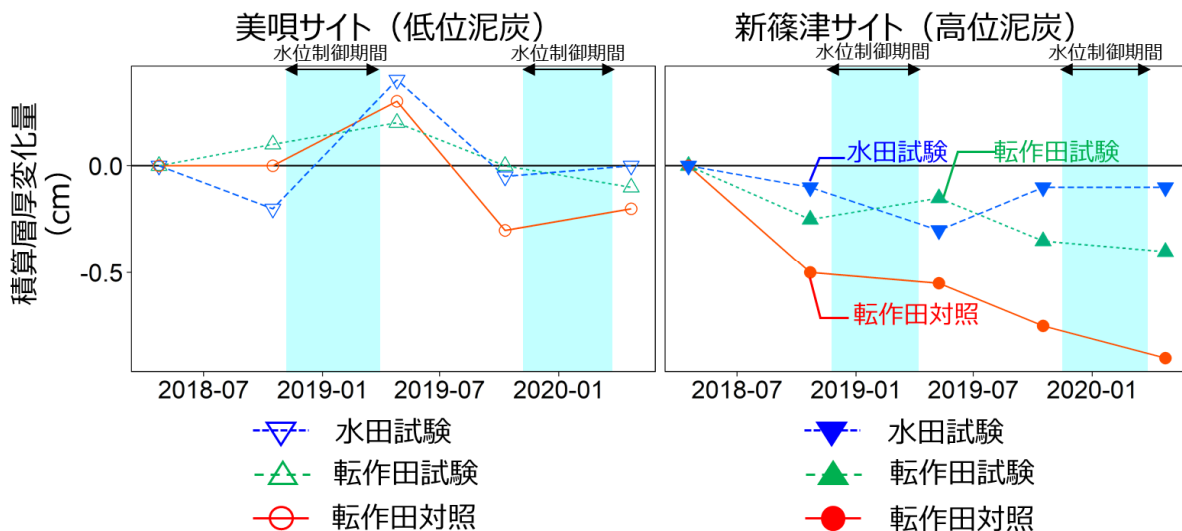


図-8 浅い沈下板と深い沈下板の間の層厚変化量

表-1 沈下板の標高変化量、浅い沈下板と深い沈下板の間の層厚変化量と初期層厚あたりの層厚変化量

	標高変化量 (cm)		層厚変化量 (cm)		(層厚変化量/ 初期層厚) ×100 (%)	
	圃場面	浅い沈下板	深い沈下板	沈下板間	沈下板間	沈下板間
	美唄	新篠津	美唄	新篠津	美唄	新篠津
水田試験	-1.0	-1.5	0.1	-0.1	0.1	0.0
転作田試験	-1.7	5.7	-1.0	-0.8	-0.4	-0.1
転作田対照	-2.8	2.1	-1.0	-2.4	-0.8	-1.5

#### (4) 沈下板の沈下量と沈下板間の層厚変化量

圃場面は、営農期間中の耕うんや客土の影響で標高の変動が大きく (図-7(d))、沈下量の把握が難しい。そのため本報では沈下板の挙動について検討する。

沈下板標高の経時的な変化は、サイトと圃場によって異なった (図-7(e), (f))。美唄サイトの沈下板は、全ての圃場のどの深度においても上下動を繰り返した。新篠津サイトの沈下板は、水田試験圃場と転作田試験圃場では上下したが、転作田対照圃場では経時的に常に沈下した。次に調査開始から2年間での沈下板の標高変化量 (表-1) に着目する。水田試験圃場については両サイトとも沈下板の標高変化量は-0.1~0.1 cmであり、初期標高からの変化は小さかった。また、両サイトとも水田試験圃場よりも転作田試験圃場と転作田対照圃場の方が沈下板の沈下が大きかった。さらに、転作田の対象圃場と試験圃場を比較すると、美唄サイトでは両圃場間の差は0.1 cm以下だったが、新篠津サイトでは転作田試験圃場に比べて転作田対照圃場の方が約3倍沈下が大きかった。

浅い沈下板と深い沈下板の間の層厚の経時変化を図-8に示す。美唄サイトの圃場では沈下板間の層厚は増減し

て推移した。新篠津サイトの圃場では沈下板間の層厚は減少傾向であり、特に転作田対照圃場の層厚減少が最も大きかった。次に調査開始から2年間の層厚変化に着目する。ただし、圃場によっての初期層厚が異なるため、初期層厚あたりの層厚変化量すなわち単位層厚あたりの層厚変化率 (%) に換算すると、新篠津サイトの圃場は、美唄サイトの同じ管理条件の圃場よりも層厚の減少が約6倍大きかった (表-1)。

#### 4. 考察

今回の結果では、水田試験圃場は美唄サイトと新篠津サイトの両サイトとも沈下板の沈下量および沈下板間の層厚変化量は小さく、沈下量と層厚変化量のサイト間の差も小さかった。その一方で、転作田として畑利用した場合は、美唄サイトよりも新篠津サイトの方が沈下板の沈下量および沈下板間の層厚減少が大きかった。転作田対照圃場については地下水位のサイト間差の影響も考えられるが、転作田試験圃場については地下水位のサイト

間差が小さいため、地下水位以外の要因も影響していると考えられた。以下ではその要因について検討する。

まず、積雪荷重と表土由来の乾土荷重にはサイト間や圃場間の差が無いことから、転作田の沈下量や層厚減少量のサイト間での違いに積雪や表土の量に由来する荷重の違いが影響している可能性は低いと考えられた。

次に、新篠津サイトの泥炭は、美唄サイトの泥炭に比べて土砂の混入が少なく繊維含量が多いため、間隙比や含水比が大きかった。一般に含水比や間隙比が大きい泥炭ほど圧縮や圧密を受けやすい。このため、美唄サイトに比べて新篠津サイトの方が圃場の畑利用や、冬季の自然排水などによって地下水位が低くなる場合に沈下が大きくなりやすいと考えられた。特に新篠津サイトの転作田対照圃場の地下水位はすべての圃場の中で最も低かったため、地下水位の低さと泥炭性状の両方の影響により沈下と層厚の減少がすべての圃場の中で最も大きくなった可能性が考えられた。美唄サイトの低位泥炭は間隙が小さく、新篠津サイトの高位泥炭と比べて沈下しにくい性質であり、地下水位の違いによる沈下への影響が現れにくかったと考えられた。

## 5. まとめ

圃場の水田利用のほか、冬季に地下水位を高く保つこ

とより沈下が緩和される可能性が示された。沈下のしやすさは泥炭によって異なり、間隙の大きい高位泥炭では圃場の沈下量は地下水位の違いの影響を受けやすく、間隙の小さい低位泥炭では高位泥炭と比べて地下水位の違いによらず沈下しにくかった。大区画化された圃場を畑利用や田畑輪換する場合には、泥炭性状を把握した上で、冬季の地下水位制御や圃場の水田利用といった圃場の沈下抑制策を取り入れた営農計画が重要となるだろう。

**謝辞：**本研究の実施にあたり、現地調査や資料提供にご協力いただいた関係農家、北海道開発局札幌開発建設部 岩見沢農業事務所の関係各位に謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 岡村裕紀・中山博敬・大久保天：排水路堰上げによる泥炭農地の地下水位変動について—小雨時における動向—, 第52回北海道開発技術研究発表会, 技-30, 2009.
- 2) 梅田安治・平岡秀展：泥炭の乾燥履歴と圧密特性について, 土質工学会北海道支部技術報告集, 20, pp.37-44, 1980
- 3) 梅田安治・神谷光彦：泥炭の土質特性の指標としての構成植物, 農業土木学会論文集, 121, 39-46, 1986