

## 戦-39 環境と調和した泥炭農地の保全技術の開発

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 18～平 22

担当チーム：寒地農業基盤研究グループ（資源保全）

研究担当者：横濱充宏、石田哲也、中山博敬、大久保天、岡村裕紀

### 【要旨】

本研究では、泥炭農地の沈下実態を把握するとともに、泥炭農地における地盤沈下の要因の一つである泥炭の分解を抑制し、沈下を防止する手法の開発を目標とする。平成 18～20 年度に行った二次造成後 11 年目の圃場の面的な測定の結果、緩やかではあるが圃場面の沈下が進行していることがわかった。また、泥炭の長期的な分解状況を把握するため試験圃場内に既知の有機物を埋設し、その分解量を計測する試験を実施した結果、地下水位が埋設深より高いと残存率が高いことが明らかとなった。置土による泥炭分解への影響調査では、置土により難分解性有機物の分解が抑制されることが示唆された。さらに、農地に附帯する排水路に堰を設けて排水路内水位を上昇させる試験を実施し、連動する圃場内の地下水位の変動を調査した結果、排水路内貯留水は、排水路から 40～50m 程度の圃場内地下水位を制御すると考えられた。

キーワード：泥炭、分解、沈下、抑制、地下水位

### 1. はじめに

北海道では厚い泥炭土壌からなる農地が広く分布している。泥炭農地では排水に伴う泥炭の圧縮・収縮・分解により、地盤沈下と圃場面の凹凸化が生じ、営農に支障をきたしており、泥炭農地の再整備（以下、二次造成と表記）が必要とされている。一方、泥炭農地の一部は国立・国定公園などに指定された泥炭湿原に隣接している。平成 14 年 12 月に自然再生法が成立し、湿原に隣接する泥炭農地の再整備は、泥炭湿原の保全にも配慮して実施することが不可欠となっている。

このような背景のもと、本研究課題では下記 6 項目についての研究を実施する。

1) 広域的沈下実態の把握解析 (H18～19)、2) 泥炭農地の沈下メカニズムの解明と沈下抑制手法の提案 (H18～22)、3) 泥炭農地地域の耕作道路・小排水系統の実態調査と再整備手法の提案 (H18～22)、4) 泥炭農地の地下水位制御にともなう環境負荷軽減効果の解明 (H20～22)、5) 周辺湿原に配慮した泥炭農地の再整備手法の開発 (H19～22)、6) 湿原に配慮した泥炭農地の持続的利用技術、保全技術のとりまとめ (H22)。

平成 18～20 年度は上述 1)～5)に関連して、二次造成後の泥炭農地での沈下実態および農地に附帯する明渠排水路とその周辺の沈下実態を明らかにするとともに、泥炭農地に生じる沈下量と圃場内地下水位および積雪荷重との関係について考察した。また、長期的な

泥炭の分解状況を把握するため、試験圃場内に既知の有機物を埋設し、その分解量を計測する試験を実施するとともに、泥炭農地から発生する温室効果ガスの連続調査にむけて、実験室内での予備試験を実施した。さらに、農地に附帯する排水路に堰を設けて、排水路内水位を上昇させた試験を実施し、圃場内の地下水位の変動を明らかにするとともに、牧草の生産性についての調査を実施した。

### 2. 広域的沈下実態の把握解析

ここでは、二次造成後の泥炭農地での沈下量計測結果をもとに、圃場の面的な沈下実態を整理し、置土厚と沈下の関係について考察した。また、時間の経過とともに生じる泥炭農地の沈下は地下水位の低下や冬期に作用する積雪荷重と密接に関係しているため、泥炭農地に生じる沈下量と圃場内地下水位および積雪荷重との関係について検討した。

#### 2. 1 圃場の面的な沈下実態について<sup>1)</sup>

##### 2. 1. 1 調査方法

圃場の面的な地盤沈下の調査は、A 町内に位置する泥炭土草地（中間泥炭、層厚約 4.5m）<sup>1)</sup>で実施した。1980 年に約 10 cm の置土を伴った一次造成が行われた圃場内に調査圃場は設置され、長辺約 400m、短辺約 100m の圃場であり（図 1）、長辺の南西側には小明渠排水路が掘削されている。以下では排水路に接する

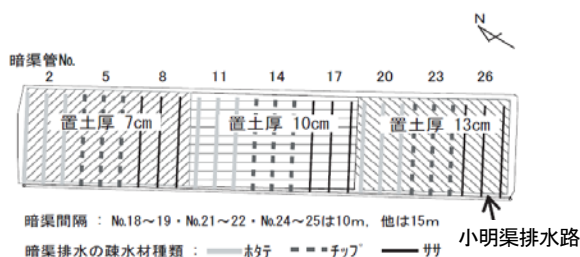


図1 試験圃場の概要

圃場辺を「小明渠側」、反対側を「隣接圃側」と呼称する。

調査圃場では1996年8月～10月に暗渠排水が施工され、同年冬期に置土材が搬入され、荒敷均しが実施された。1997年融雪後、層厚約7cm、約10cmおよび約13cmの置土試験区の敷均しが行われた。以下ではそれぞれを「7cm区」、「10cm区」および「13cm区」、3試験区全体を「全体」と呼称する。なお、1999年度には、13cm区に約20m<sup>3</sup>の鉍質土が搬入され、敷き均された。敷均し範囲等が明確でないため、ここではこの搬入敷均しの影響については考慮に入れないで報告する。

二次造成後の標高変化量を把握するため、1997年8月、1997年11月、1998年5月、1998年12月、1999年5月、1999年12月、2000年7月、2000年11月、2001年11月、2003年11月および2008年10月に、圃場長辺に平行な測線では10m間隔、圃場短辺に平行な測線では20m間隔のメッシュを想定し、その交点で水準測量を実施した。なお、営農作業への支障を回避するため、測点には測量杭等は設置しなかった。

### 2. 1. 2 結果及び考察

試験圃場での1年後(1997年12月～1998年12月)、3年後(1997年12月～2000年11月)、6年後(1997年12月～2003年11月)および11年後(1997年12月～2008年10月)の標高変化量の分布図を図2に示す。なお、観測開始は1997年7月であるが、経年的に調査がなされたのは11月あるいは12月の冬期であり、季節により地下水水位の影響を受けて標高は変化するため、ここでは1997年12月の標高を基準とした。

1年後、隣接圃側で標高が4cm未満の上昇をした区域も認められるが、全体として沈下が進行し、大部分の面積で4cm未満の沈下を、一部で4cm～8cmの沈下を生じている。図2右側の13cm区で他区に比べ、標高が上昇した区域がやや広い。3年後では、1年後の分布図で標高の上昇した区域が減少し、大部分が4cm～8cmの沈下域となり、8cm～12cmの区域もかなり出現し、12cm～16cmの沈下が生じた地点も認められる

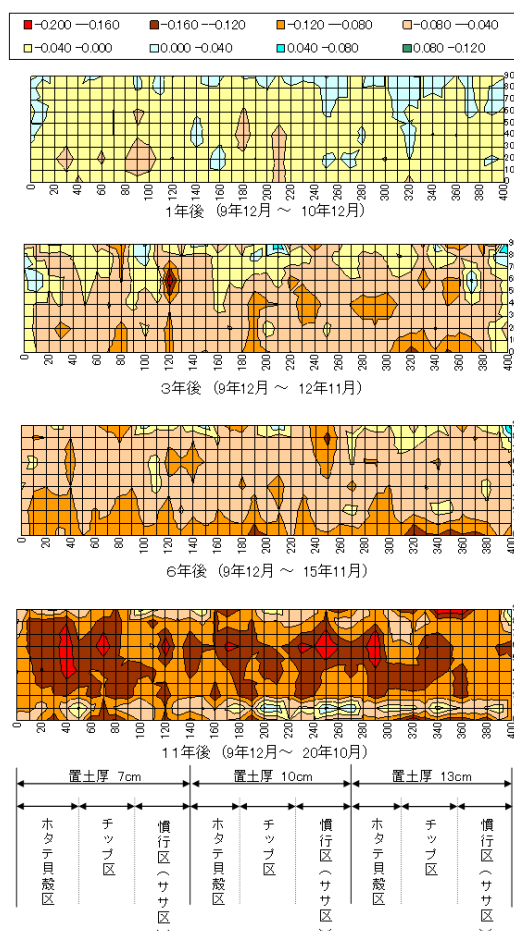


図2 1年後、3年後、6年後、11年後の標高変化分布

ようになり、全体として沈下が進行した。6年後では、3年後の分布図で標高の上昇した区域と0～4cmの沈下が生じた区域が減少し、4cm～8cmの沈下域が増加したが、全体として、3年後に比較し、大きな沈下の進行は認められない。1年後、3年後および6年後を通して小明渠側で沈下が進行し、隣接圃側で沈下の進行が遅い。11年後では明渠近くの一部で6年後と比較して標高が上昇しているがその要因は不明である。6年後の分布図で4cm～8cmの沈下域が11年後ではさらに沈み、12cm～20cmの沈下域が増加しており、全体として沈下が進行した。

1997年8月における標高を基準に、各区の平均沈下量の推移を図3に示した。観測開始後、沈下と上昇を繰り返しながら、沈下量は13cm区で1999年12月まで、他区では2000年7月まで増加し、約4cmとなった。その後、13cm区では2001年11月までに約2cm上昇した。そして、2003年11月の標高は1997年12月の値とほぼ等しく、この4年間では平均沈下量は増大していない。他の区も1997年12月と2003年11月の標高に殆

ど差が無い。しかしながら、2003年11月から2008年10月までの約5年間に約5cmの沈下が観測された。すなわち、二次造成後の圃場においても、長期にわたってゆるやかに沈下が進行することが明らかとなった。

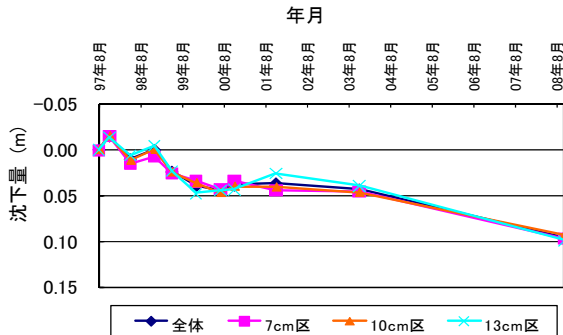


図3 沈下量の平均値の推移

## 2.2 沈下量と地下水位および積雪荷重の関係

### 2.2.1 調査方法

調査圃場はB町内の泥炭農地(低位泥炭、層厚約1.4~3m)で、1989年に造成された草地である。調査圃場の土壌は、鈹質土の客土層(約15cm)の下に、ヨシ、木を主要構成植物とする低位泥炭が堆積している<sup>6)</sup>。図4に調査概要を示す。沈下板の設置位置は、堰上げにもない排水路水位が高く維持されている西側堰上げ排水路から約10m地点(以下、a地点と表記)と、排水路水位が従来どおり低い東側非堰上げ排水路から約

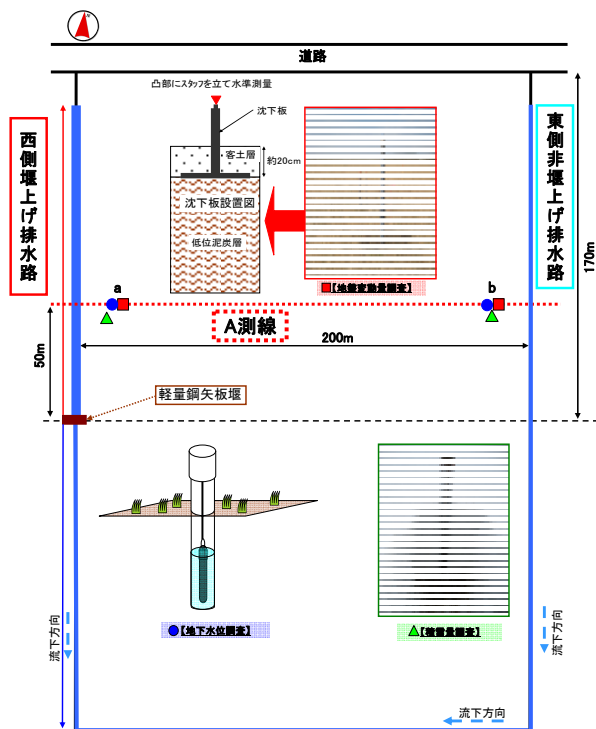


図4 調査概要図

10m地点(以下、b地点と表記)である。沈下板は、自重負荷を軽減するために軽量の塩ビ製で製作したものを使用し、2007年4月に泥炭土層の直上に設置した(図4参照)。地盤変動量は、沈下板ロード上部を約1~2ヶ月に1回の頻度で水準測量を行い観測した。また、沈下板設置箇所近傍には水位計を設置し、地下水位を15分間隔で自動計測した。冬期には、a、b両地点近傍、計2箇所ですご1ヶ月に1回程度スノーサンプリングを行い、積雪深及び重量を測定した。ここでは、2007年8月下旬から2009年3月下旬にかけて観測したデータを用いた。なお、気温、降水量及び積雪深に関する気象データは、B町のアメダスデータを使用した。

### 2.2.2 結果及び考察

図5に地下水位と地盤変動量の経時変化を示す。なお、地下水位については、降雪によりデータ回収ができなかったため、2008年12月以降のデータは表示していない。各月の地盤変動量は、2007年8月24日を基準値として求めた。これは、沈下板設置時における地盤掘削の影響を除く為である。

a地点及びb地点の平均地下水位はそれぞれ26.4cm及び46.8cmであり、20cm以上の大きな水位差が生じていた。地盤変動量の経時変化は、a、b両地点とも春と秋に上昇し、夏と冬に下降している。これは、地下水位の上昇・下降及び冬期の積雪荷重が影響していると考えられる。すなわち、春は融雪、秋は降水量の増加により地下水位が上昇し、逆に夏は降水量が少なくなるために地下水位が低下する。また冬は地下水位が低下するとともに、積雪による重みが地盤に加わっている。a地点とb地点を比較すると、a地点の地下水位はb地点の地下水位より常時高く推移し、これに対応してa地点の方がb地点より沈下量が小さかった。このことから、地下水位を高く維持することで圃場地表面の地盤沈下を抑制出来ることが示唆される。a、b両

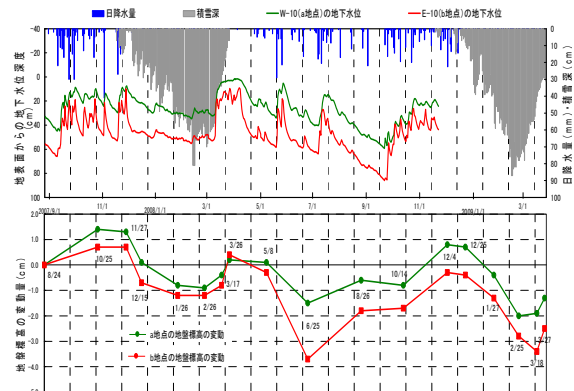


図5 地下水位と地盤変動量の経時変化

地点の差は1年目より2年目の方が少し大きくなっており、今後の推移を注視する必要がある。

次に、積雪期の気温、積雪荷重、地下水位と地盤変動量の関係を図6に示す。2007年度は2007年10月下旬から2008年5月上旬までのデータを、2008年度は2008年10月下旬から2008年3月下旬までのデータを使用した。なお、2008年12月以降の地下水位データについては積雪によりデータ回収が困難であったため表示していない。また、2008年度12月の積雪荷重は調査地点の積雪がなく、値を0とした。

積雪荷重は、2007年度では12月から徐々に増し、2月26日の3.1 KN/m<sup>2</sup>をピークに3月段階では徐々に小さくなっている。一方、2008年度は12月では積雪が確認されなかったものの2月25日で3.2~3.5KN/m<sup>2</sup>、3月18日で3.6~3.8 KN/m<sup>2</sup>であり、2007年度と比べて、積雪荷重のピークが遅くなっている。

地盤変動量は、2007年度ではa,b両地点間に地下水位の差が約20cm生じていたものの、積雪荷重の増加に伴って、両地点ともほぼ同じく沈下している。2008年度もa,b両地点ともほぼ同じく沈下しているが、2007年度より沈下量は大きくなっている。これは上述のとおり、2008年度の積雪荷重が2007年度のそれより大きくなったことが影響していると考えられる。今後、その要因を精査したい。

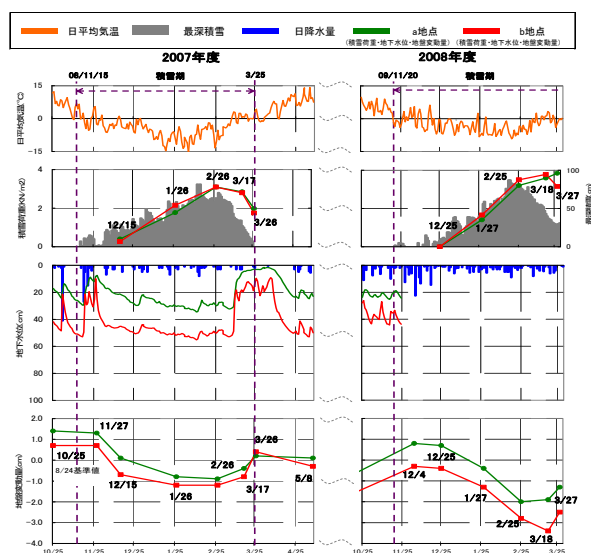


図6 積雪荷重、地下水位と地盤変動量の関係

### 3. 泥炭農地の沈下メカニズムの解明と沈下抑制手法の提案

#### 3.1 リターバッグ法による泥炭土槽内での有機物分解速度の検証<sup>2, 3, 4)</sup>

泥炭地を農耕地化するためには排水促進、すなわち乾燥化が必須となっている。農耕地化に伴う地盤沈下は古くから認識されており、そのメカニズムは乾燥収縮・圧密・有機物分解が複合したものと理解されている。乾燥収縮や圧密は工学的な理解が進んでいるが、有機物分解に関する定量的な知見は乏しい。そこで、秤量した標準有機物を封入したリターバッグを泥炭土層中に埋設し、一定時間経過後の重量減少量から分解速度を計測する手法(=リターバッグ法)を実施した。

調査フィールドは「B町の大規模草地と隣接未墾地(以下、B調査地という)」である。以下、リターバッグ法の概要、試験方法および結果を報告する。

#### 3.1.1 調査方法

##### 3.1.1.1 リターバッグ(litter bag)法の概要

リターバッグと呼ばれるメッシュの袋に一定量の有機物を入れ、これを土中に埋設し、一定時間後に掘り出し、リターバッグの中の有機物残存量を秤量し、分解量を測定するものである。メッシュの袋を利用するのは水や気体の自由な動きを阻害しないためである。したがって、この方法ではメッシュ径よりも小さく細分化した物は、たとえ気体や液体にまで分解しなくても分解消失したこととして測定される欠点を持つ。また、後述する埋設器具を用いた埋設では、試料は垂直に挿入されることになる。

本調査で用いる有機物には以下の2種類を選定した。

①ろ紙：化学分析で一般的に用いられているワットマン製No3濾紙を10cm正方形で切断したもの。セルロースが主体なのでヨシやスゲなど湿性草本を意識した選定。

②ミズゴケ：園芸用品店で一般に販売されているミズゴケ。高位泥炭の代表的構成植生であることからの選定。

メッシュ径1mmのナイロン製の網シートを横11cm×縦13cmで切断し、上記の有機物を封入して四方を



図7 リターバッグ

圧着させた。個々に連番を付け、重量を測定して記録した(図7)。

### 3.1.1.2 埋設機具

機具はノミと埋設具で一組である(図8)。掘削による埋設では土層を著しく攪乱してしまい通気性や通水性など土壌環境を大きく変化させるため、分解程度にも差異を生じさせる恐れがある。そこで、極力、土層攪乱せずに埋設する器具として当研究チームが独自に考案製作したものである。



図8 リターバッグ埋設機具

### 3.1.1.3 リターバッグ埋設位置

B 調査地では圃場の附帯明渠を堰上げして排水路水位を高く維持し、圃場内地下水位も連動して高く維持されるか否か等を実証試験している。圃場内地下水位が高く維持された場合における有機物分解に及ぼす影響を評価する一つの指標として、リターバッグ法を実施している。

圃場中央部で深さ約1 mまでの範囲に埋設する方法(以下、多深度埋設という)と、堰上げ水路および非堰上げ水路近傍にリターバッグを客土層直下(深さ約30cm)に浅く埋設し(以下、浅層埋設という)、比較を行う方法を実施した。埋設位置を図9に示した。

### 3.1.1.4 多深度埋設の概要

有機物の分解は好氣的な微生物の作用が主であるから、空気が遮断される深度への埋設や水没によって有機物の分解が遅延すると考えられる。したがって、リターバッグの分解程度は水没や空気の遮断の程度を反映しており、堰上げにより地下水を高く維持することの効果を評価できるものと考えた。そこで、濾紙と水ゴケを封入したリターバッグを、図10に示した多深度に埋設し(平成16年8,11月)分解程度を調査した。リターバッグの回収は、約1年を経過した平成17年10月に第1回、約3年を経過した平成19年11月に第2回を実施した。

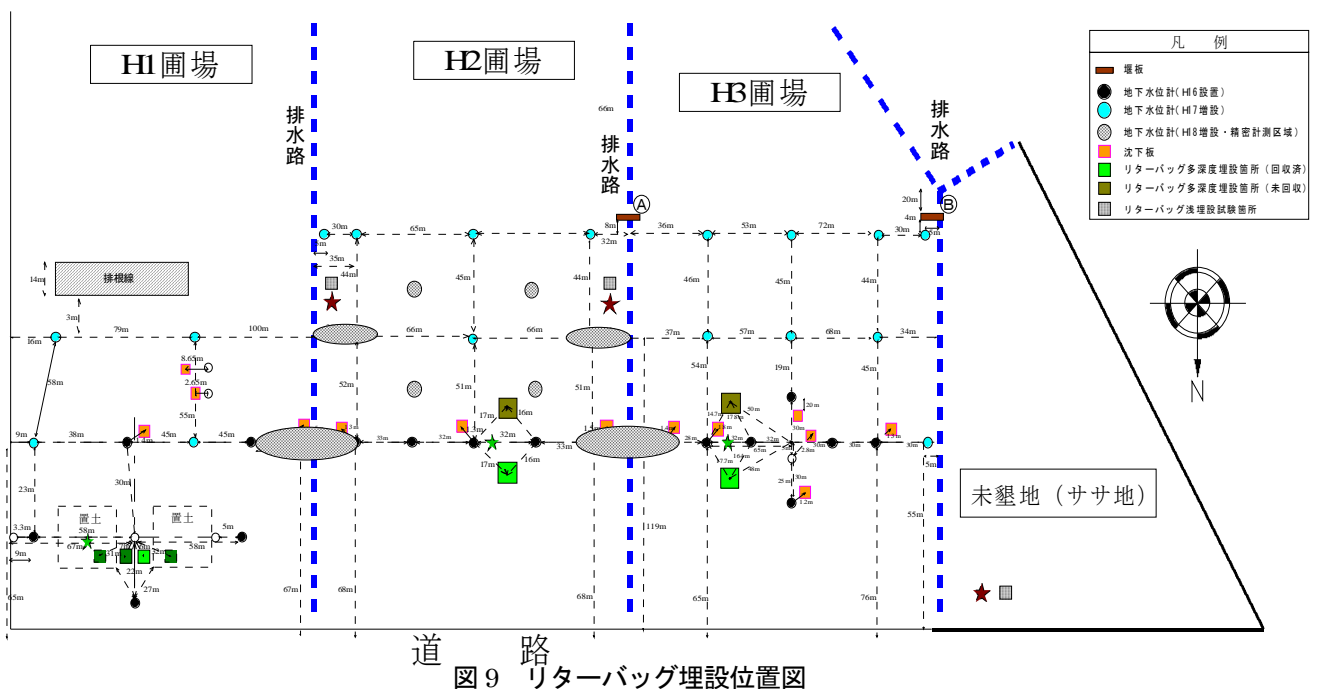


図9 リターバッグ埋設位置図

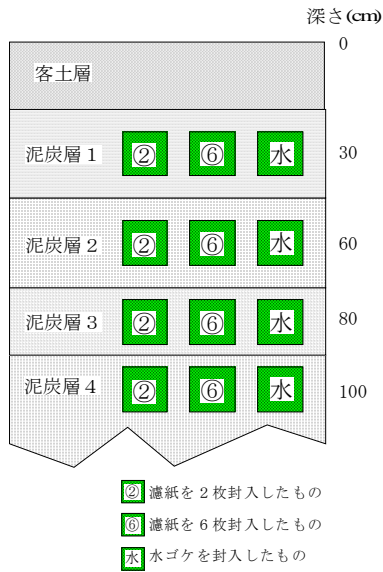


図 10 多深度埋設の模式図

### 3.1.1.5 浅層埋設の概要

多深度埋設の1年経過時点の回収結果から、表層での分解は速やかに進行していることが示された。特に、セルロース系である濾紙は封入した有機物が全く残存していないものもあった。そこで1年以内の短期間での分解程度と地下水位との関係を把握するため、H2 圃場の堰上げ及び非堰上げ排水路近傍に、濾紙を封入したリターバックを浅く埋設した。概要を図 11 に示した。

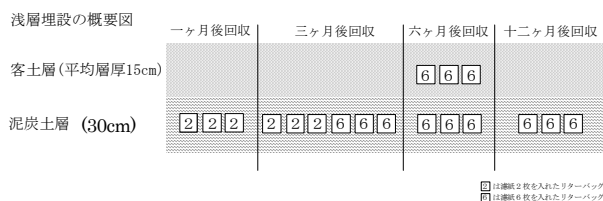


図 11 浅層埋設の概要図

### 3.1.2 試験結果

#### 3.1.2.1 多深度埋設

リターバックの「埋設時と回収時の有機物重量の比率」を残存率とした。埋設後の経過年数が約1年と約3年での残存率を、リターの種類別に図 12～14 に示した。その結果、以下の3点が明らかとなった。

- ①リターの種類に関わらず埋設深度が浅いほど残存率が小さい傾向にある。特に濾紙でその傾向が顕著である。
- ②濾紙2 > 濾紙6 > 水苔の順に残存率が小さい。

#### 3.1.2.2 多深度埋設と地下水位の関係

表 1 に多深度埋設地点近傍で測定した地下水位の階級別日数を示した。地下水位より下部の土層の気相率を0%と考えると、たとえば表 1 の「30cm 以上」とは、

すべての埋設深のリターバックが水没、すなわち空気に触れていないことを意味し、「30～60cm」とは、30cm 深に埋設したリターバックは空気に触れていたことを意味する。表 1 より、埋設深が深いほど、地下水中に没している期間が長く、またすべての地点で地下水位が 80cm 以下に下がった記録はなかった。このことから、地下水に没している期間が長いほど残存率が高くなることが示唆された。

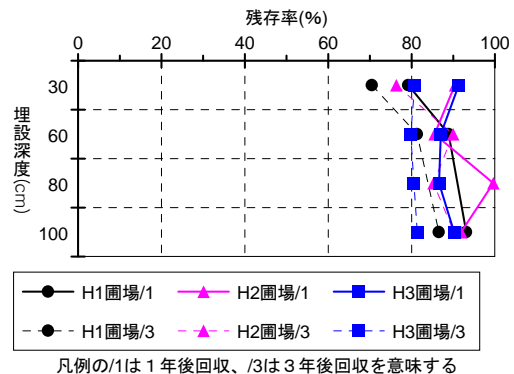


図 12 水苔の残存率の推移 (多深度埋設)

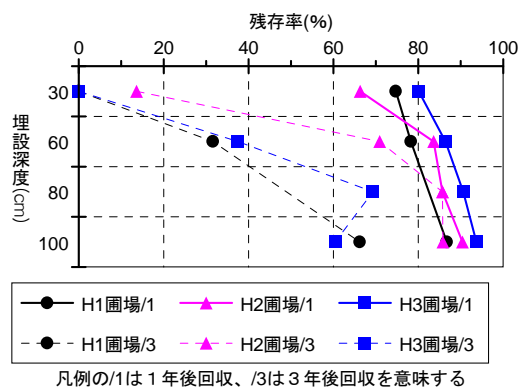


図 13 濾紙6枚の残存率の推移 (多深度埋設)

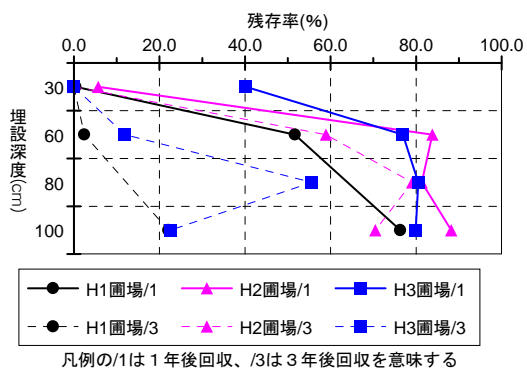


図 14 濾紙2枚の残存率の推移 (多深度埋設)

表 1 日平均地下水位の階級別日数

	日平均地下水位の階級別の日数(日)				
	30cm以上	30～60cm	60～80cm	80～100cm	100cm以下
H1圃場	110	109	12	0	0
H2圃場	128	93	10	0	0
H3圃場	122	94	15	0	0

(平成17年4月20日～12月6日までの231日間)

### 3.1.2.3 浅層埋設

多深度埋設と同様に「埋設時と回収時の有機物重量の比率」を残存率として示した。濾紙2枚の結果は図15のとおりであり、以下の3点が明らかとなった。

- ①埋設後1ヶ月程度では区間差はない
- ②3ヶ月経過では、非堰上水路沿線で残存率が小さくなり、他の区と差がある
- ③多深度埋設で回収した14ヶ月後のデータを予測値と見なして図示した。

また、濾紙6枚の結果は図16のとおりであり、以下の3点が明らかとなった。

- ①埋設3ヶ月後では濾紙2枚と同様の傾向にあった。
- ②埋設6ヶ月後では堰上水路沿線での残存率が他区より大きく、12ヶ月後には明瞭な差異となった。
- ③客土層に埋設して6ヶ月後に回収したリターでは、堰上水路沿線の残存率が明らかに他区より大きかった。

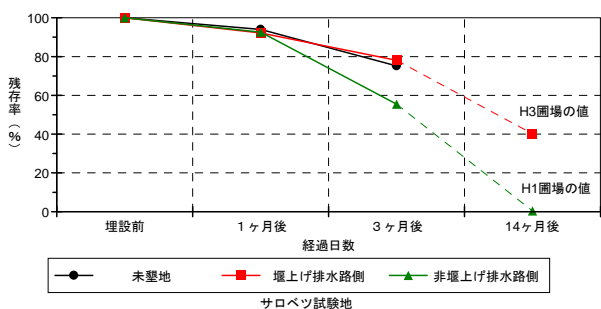


図15 濾紙2枚の残存率の推移 (浅層埋設)

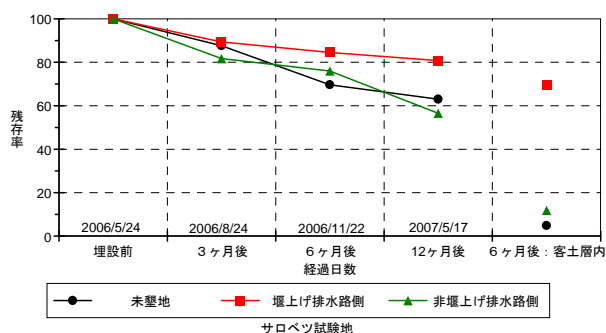


図16 濾紙6枚の残存率の推移 (浅層埋設)

### 3.1.2.4 浅層埋設と地下水位の関係

リターバッグの埋設地点に近い地下水位計での地下水位観測記録を用いて、日平均地下水位がリターバッグ埋設深より高い日数を集計した(表2)。その結果、集計期間の182日間で堰上げ水路側では149日間、非堰上げ水路側では44日間であり、水没状態であった期間に明瞭な差異のあることがわかった。すなわち地下水に没していた期間が長いほど、残存率が高いと考えられた。

表2 地下水位がリターバッグ埋設深より高かった日数

埋設位置	地下水位がリターバッグ埋設深より高かった日数(日)		
	1ヶ月後 (35日間)	3ヶ月後 (93日間)	6ヶ月後 (182日間)
堰上げ排水路側	35	60	149
非堰上げ排水路側	1	3	44

### 3.1.3 考察

浅層埋設試験の結果から、地下水位が高く維持される期間の長い「堰上排水路沿線」に埋設した濾紙のリターバッグの残存率が「非堰上排水路沿線」のものより高い傾向にあることが明らかであった。加えて、最表層の客土層に埋設したものでは顕著な差であった。多深度埋設からも同様の傾向が示された。このことから、地下水位を高く維持することで有機物の分解を抑制する効果は発現できると考えられる。一方、多深度埋設の結果では、水ゴケの残存率と濾紙の残存率では、その挙動に大きな差が示された。このことは、水ゴケや濾紙に代表させた有機物の「質」による差異と考えられる。つまり、地下水位を高く維持することで顕著に分解が抑制される有機物と、そうではない有機物があるということである。具体的には、繊維素(セルロース・ヘミセルロース)は易分解性、木質素(リグニン)は難分解性と考えられ、今後、回収したリターバッグでの、これらの含有量や残存量を分析することで、有機物の質による分解性の難易を明らかにする必要がある。さらに、リターバッグの分解速度を現地の泥炭の分解速度に適用する解析方法を検討する必要がある。

### 3.2 置土による泥炭分解への影響の解明

リターバッグ法による泥炭土層内での有機物分解状況の調査結果から、泥炭と空気の接触を遮断することで、泥炭の分解が抑制遅延できることが強く示唆された。泥炭と空気の接触を遮断する方策として、泥炭を水没させることが考えられる。このことは、泥炭土の生成過程に即して考えれば明らかである。しかし、一般畑や牧草地として利用するにあたって、水没した環境での営農は不可能である。そこで、鈹質土で泥炭土を覆って空気との接触を遮断し、泥炭土の分解消失を抑制するとともに、永続的な地盤沈下を終息させる手法が考えられる。

#### 3.2.1 調査方法

置土の沈下挙動を実測する置土試験に連携して、リ

ターバッグを置土予定地に事前に埋設しておき、速やかに置土による被覆がされ、沈下挙動の観測終了後の置土撤去直後にリターバッグを回収し、その分解程度を計測するという現地試験を行った。試験地は前項で述べた圃場と同じである(図9)。

リターバッグの埋設も、前章で述べた多深度埋設と同じ方式である。

埋設の模式図を図17に示した。

埋設は2004年8月、無置土部での回収は2005年10月(約1年後)、2007年11月(約3年後)置土部での回収は2008年9月(約4年後)に実施した。



図17 置土直下へのリターバッグ埋設の模式図

### 3.2.2 結果

#### 3.2.2.1 置土直下での回収時の土壤状態

2008年9月にリターバッグを回収するために置土を撤去した。その際、土壤状態に大きな差異があった。それは、80cm置土では置土底部に明瞭なグライ層が約15cmの厚さで生成されていたが、40cm置土ではグライ層は全く認められなかったことである。グライ層は土層が還元状態にあることを示す。80cm置土では、施工時に残存していた酸素が微生物の活性により消費され、その後、酸素の供給が途絶え、嫌気性条件下にあったこと、40cm置土では酸素の供給が途絶えなかったことを意味する。

置土による空気の遮断=有機物分解の抑制を期待した試験であったので、期待値を示唆する結果は得られたが、40cm程度の置土では空気の遮断には十分な厚さではないとも言える。

#### 3.2.2.2 置土直下に埋設したリターバッグの残存率

置土直下に埋設し約4年経過後に回収したリターバッグの残存率を、対照区として埋設した無置土部でのリターバッグの残存率と併せて、リターの種類別に図18に示した。結果は以下のとおりである。

##### 1) 水ゴケ

60cmまでの浅い土層では置土直下のほうでやや大きい残存率を示した。100cmの深部では置土の有無に

よる差異は認められなかった。

##### 2) 濾紙

60cmまでの浅い土層では置土の有無に関わらず残存率が小さく、置土による有機物分解抑制効果は認められない。100cmの深部では置土直下で残存率が大きくなる傾向が認められる。

### 3.2.3 考察

置土直下に埋設したリターバッグの残存率で把握された現象は、有機物が分解しやすい物質であるかどうかという「質」と分解が抑制される条件に達するまでの時間との関わりによると考えられる。

濾紙のような易分解性有機物は、短期埋設試験からも明らかなように、浅く埋設した2枚程度の量では1年以内に消滅してしまう。したがって、置土直下への埋設であっても、置土直下が十分な嫌気状態に達して有機物分解が抑制される条件となるまでの期間で、相当程度の分解を受けてしまうということである。

一方、水ゴケのような難分解性有機物が主体となっているものは、少量含まれている易分解性成分の消失は受けても、残存した難分解性有機物の消失は置土により抑制されるということである。

このことは、泥炭農耕地の泥炭土が、一次造成後、

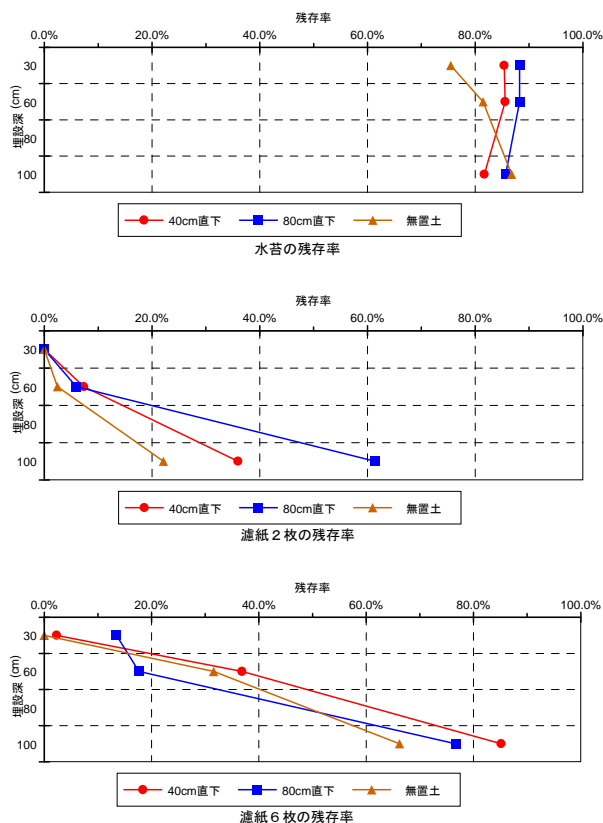


図18 置土直下に埋設したリターバッグの残存率



既に易分解性有機物は失われ難分解性有機物を主体として残存しているのか、いまだに易分解性有機物を多く残存しているのかによって、今後の有機物分解消失を抑制する対策の考え方に指針を与えると考えられる。

#### 4. 泥炭農地域の耕作道路・小排水系統の実態調査と再整備手法の提案<sup>1)</sup>

過湿な泥炭地を農用地として利用するためには、排水改良や客土などが必要不可欠とされ、作物の生産性や作業効率の向上が図られてきた。しかし、これら泥炭農地の一部においては、排水にとまなう地下水位の低下が、泥炭の圧密や乾燥収縮、ひいては泥炭自体の分解消失などを進行させることによって、地盤の不均一な沈下が次第に顕著となり、営農上支障をきたすようになってきている。

ここでは、圃場に隣接する小明渠排水路と沈下量との関係を明らかにするため、図1で示した圃場での測量結果を用いて、排水路からの距離と沈下量との関係を解析した。また、一次造成から約18年経過した道北地方の泥炭農地における測量結果を整理し、沈下量を算出した。

排水路からの距離毎の沈下量を図19に示した。隣接圃側（排水路からの距離：90m）の測線では観測を開始してから3年間の標高は観測開始時の値より大きく、それ以降も沈下と上昇が認められ、観測開始の1997年8月から2003年11月までの平均沈下量は1cmである。一方、この期間での小明渠側の沈下量は8cmに達する。このように排水路に近い測線ほど沈下量は大きく、遠い測線ほど沈下量は小さい。2008年10月の沈下量は隣接圃場側で7cm、小明渠側で11cmであり、差はやや小さくなったものの、排水路に近い部分の沈下が大きかった。

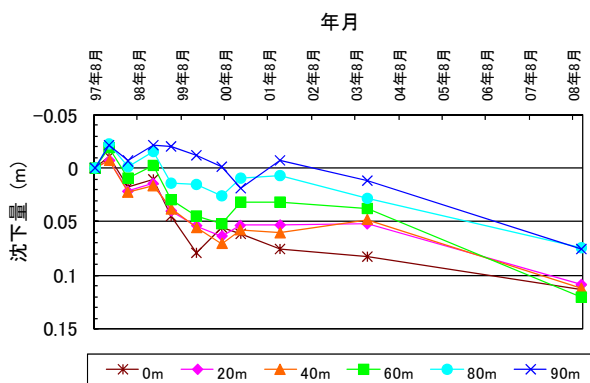


図19 沈下量の平均値の推移

図20の白抜きの数字は一次造成から2005年秋までの約18年間で生じた沈下量である。なお、造成直前の標高が明らかとなっている地点に限られており、図には9地点についての沈下量を示している。圃場中央部での沈下量と比較して、排水路近傍での沈下量が大きい傾向を示した。

排水路近傍の地下水位は、圃場中央部より大きく低下していることが明らかとなっており、このことが沈下量の違いに影響を及ぼしていると考えられる。

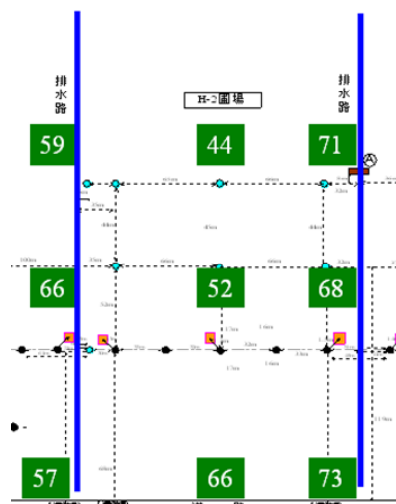


図20 一次造成後18年間で生じた沈下量(cm)

#### 5. 周辺湿原に配慮した泥炭農地の再整備手法の開発

##### 5.1 圃場内地下水位調査<sup>5,6,7,8,9)</sup>

農地が湿原と隣接する場合、農地の排水を目的として開削された明渠排水路の影響で、湿原側の地下水位も低下することが懸念される。今後、このような圃場の再整備を実施する際には、湿原の地下水位低下への影響を少なくする手法を採用する必要がある。ここでは、農地に附帯する明渠排水路に堰を設けて、排水路内水位を高く保つことにより地下水位低下を抑制する方法を検討した。なお、今回の試験では、明渠排水路水位と泥炭農地内の地下水位を調査し、明渠排水路に貯水することによる泥炭層内の地下水位の影響範囲を推察した。

##### 5.1.1 調査方法

図21に調査概要を示す。調査は、B町の試験圃場のうち、H2圃場を対象に行った。H2圃場は、道路と3本の排水路に囲まれており、道路から約170m南に向かった西側の排水路内に軽量鋼矢板堰を設置し、堰より上流側の排水路水位を高く維持している。

水位計は、排水路と直交する形で東西方向に設置し、

堰から約 50m 上流側に位置する測線（以下、処理区と表記）と下流側約 50m に位置する測線（以下、未処理区と表記）の 2 測線で観測を行った。処理区は、西側のみ排水路水位が高く維持されている。一方、未処理区の東側及び西側の排水路水位は、従来どおり低い状態である。排水路水位の観測は西側排水路で 2 地点、東側排水路で 1 地点行った。水位観測には、絶対圧水位計（S&DL mini、5m レンジ）使用し、15 分間隔で自動計測した。降水量は、B 町のアメダスデータを用いた。

ここでは、処理区と未処理区の観測結果を比較し、排水路堰上げに伴う圃場内地下水位への影響について、2007 年及び 2008 年の 6 月～11 月にかけて観測した水位データを用いて検討した。なお、水位の観測位置、排水路から観測地点までの距離及び観測地点の略記号については、図 21 を参照いただきたい。

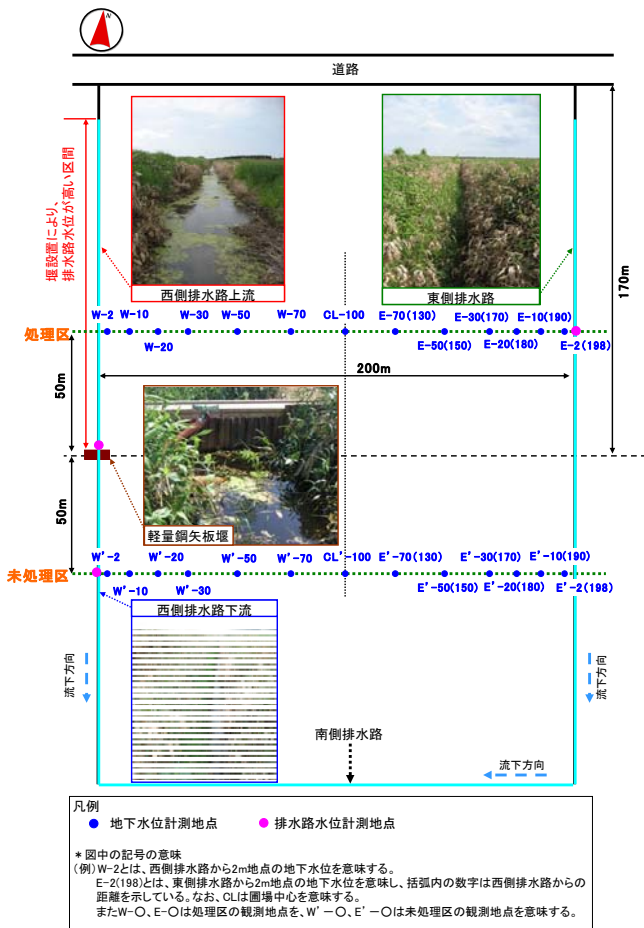


図 21 調査概要図

## 5.1.2 調査結果および考察

### 5.1.2.1 排水路水位の経時変化

図 22, 23 に 2007 年と 2008 年の東側及び西側上下流の排水路水位の経時変化を示す。なお排水路水位は標

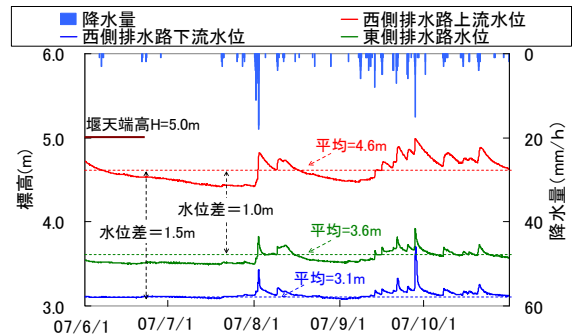


図 22 排水路水位の経時変化(2007 年)

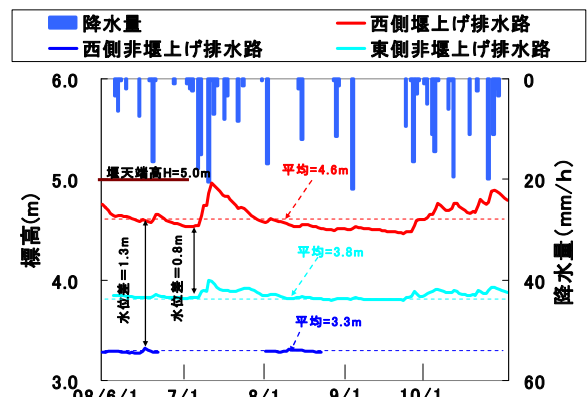


図 23 排水路水位の経時変化(2008 年)

高で表した。西側排水路に設置した堰の天端高は 5.0m である。2007 年の西側排水路上流の水位は、6 月から 7 月にかけて降雨が非常に少なかったため徐々に低下したが、8 月以降は降雨により回復し、西側排水路下流より平均 1.5m、東側排水路より平均 1.0m 高く推移した。西側排水路上流は、堰上げに伴い水位が上昇しており、観測期間を通して高く維持されていた。2008 年は 8 月から 9 月にかけて降雨が少なかったが、堰上げしている部分は 2007 年と同じ程度の水位を保った。

### 5.1.2.2 排水路内貯留水が地下水位に及ぼす影響範囲

図 24, 25 に 2007 年と 2008 年の処理区及び未処理区の地表面、地下水面の断面形状と排水路水位を示す。圃場内の地下水位は、標高で表した（以下、標高水位と表記）。標高水位及び排水路水位は、月平均値を用いている。なお、2007 年の処理区の W-50 地点及び未処理区の E'-70 地点の全期間と、2008 年の CL-100 地点の 9, 10 月データは水位計の不具合のため欠測となった。地盤高は、地下水位観測孔近傍で測量した値を用いた。地表面は、局所的に凹凸がみられるが、処理区、未処理区ともにほぼ平坦である。2007 年の標高水位は、両区とも 7 月が最も低く、また 2008 年は両区とも 9 月が最も低くなった。これは、各年の降雨が少なかった時期と一致する。2007 年、2008 年ともに、処理

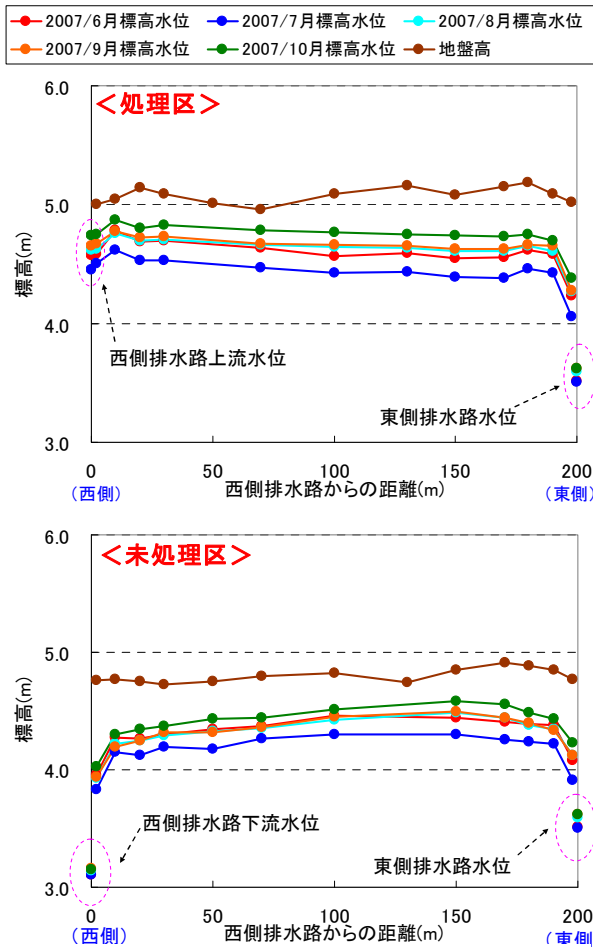


図 24 地下水面と排水路水位(2007年)

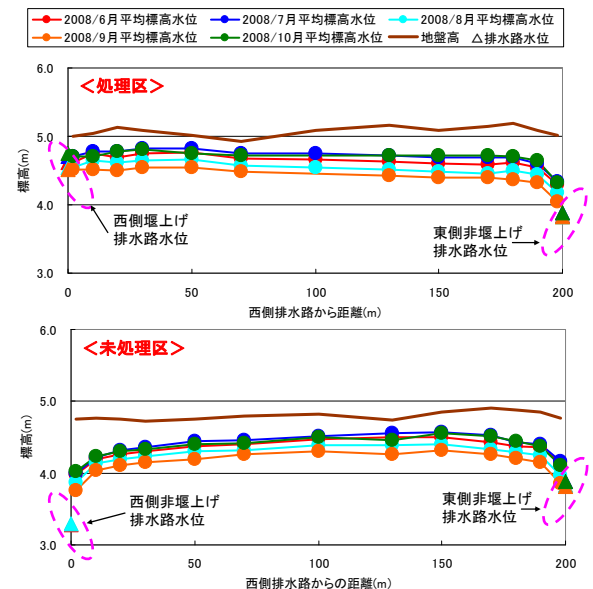
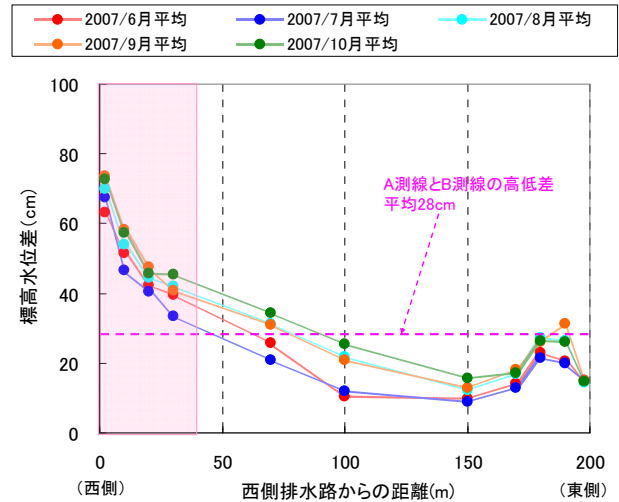
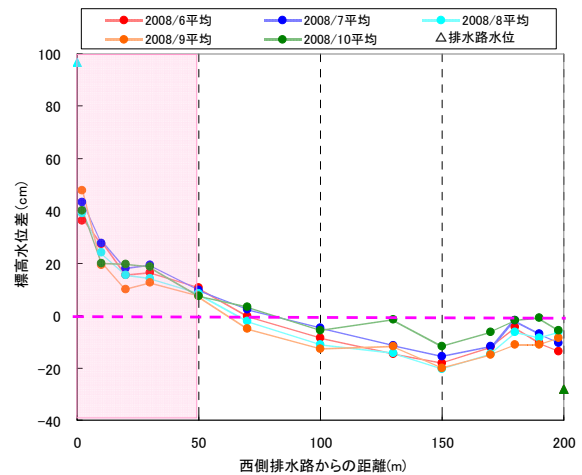


図 25 地下水面と排水路水位(2008年)

区の東側は排水路の堰上げを行っていないため、排水路に向かい標高水位が大きく低下した。西側は、堰上げによって排水路水位が高く維持されていたため、標高水位の低下が抑制されていた。また圃場内の標高水



\* 標高水位差(cm)=処理区の標高水位-未処理区の標高水位  
図 26 西側排水路からの距離に伴う標高水位差の違い(2007年)



\* 標高水位差(cm)=(A測線の標高水位-28cm)-B測線の標高水位  
図 27 西側排水路からの距離に伴う標高水位差の違い(2008年)

位は、西側から東側に向かって緩やかに低下していた。一方未処理区は、東側、西側ともに排水路の堰上げを行っていない。このため、両側の排水路に向かい標高水位が大きく低下していた。また圃場内の標高水位は、東側から西側に向かって緩やかに低下していた。未処理区の標高水面形状が、排水路の堰上げを行う前の処理区の水面形状と同様であると仮定すると、堰上げを行うことにより、西側排水路から圃場中央部までその影響が及んでいることが示唆された。

そこで、堰上げを行った排水路が、圃場内の標高水位にどのくらいの範囲まで影響を及ぼすのかを検討するため、西側排水路からの距離と、処理区の標高水位から未処理区の標高水位を引いた値(以下、標高水位差と表記)の関係を図 26, 27 に示す。なお、処理区及

び未処理区の平均地盤高はそれぞれ 5.08m、4.80m であり、処理区と未処理区の間には平均 28cm の高低差が生じていた。すなわち標高水位差が 28cm の場合は、地表面から地下水面までの距離（以下、地下水位と表記）が処理区と未処理区で同じであることを意味する。また、標高水位差が 28cm より大きい場合は、処理区と比べて未処理区の地下水位が低いことを意味し、標高水位差が 28cm より小さい場合はその逆を意味する。2007 年については前述のとおり、6～7 月は降雨が非常に少なかったため、圃場全体の標高水位が低くなった。ただし、図 26 に示したとおり、西側排水路から約 40m 地点までは標高水位差が 28cm 以上を示しており、処理区の地下水位が未処理区に比べて高くなっている。すなわち、少雨時においても約 40m 地点までは排水路内貯留水が圃場内へ供給されていることが示唆される。同様に 2008 年については、図 27 に示したとおり、西側排水路から約 50m 地点までは標高水位差が 28cm 以上を示している。一方、兩年とも 70m 地点より遠方では標高水位差が 28cm 以下となっており、未処理区の地下水位が処理区より高くなっている。仮に未処理区の地下水位が処理区と比べて常時高い位置にあると考えるならば、排水路内貯留水の圃場内への供給範囲は 100m 近くまで及んでいる可能性がある。しかしながら、未処理区の地下水位が処理区に比べて常時高い位置にあるのかどうかは判然としなかった。以上のことから、本調査圃場においては、降雨による水分供給の有無に関係なく、排水路内へ貯水することにより、少なくとも 40m～50m 程度の範囲までは地下水位の低下を抑制できることが示唆された。

## 5.2 地下水位制御による牧草生産性への影響調査

圃場内地下水位を高く維持することは、牧草の生育にも影響を与えると考えられるため、牧草の生育調査を実施する必要がある。そこで、地下水位の異なる箇所新たに設けた試験区において草丈調査及び収量調査を実施し、地下水位と牧草生育との関係を検討した。

### 5.2.1 方法

図 28 に生育調査試験区の概要を示す。試験区は H2 圃場内の両排水路近傍に設定した。これは、試験区内の圃場内地下水位の高さが大きく異なるようにするためである。この試験区において、平成 18 年度秋より、「草地の簡易更新マニュアル」（北海道農政部、道立農業・畜産試験場、平成 17 年 4 月）に記載されている「表層攪拌法」に準じて、簡易更新を行った。播種は平成 19 年 8 月に実施した。播種量は、チモシー（品種：ホ

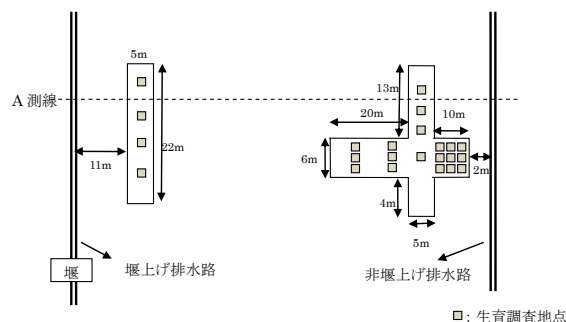


図 28 生育調査試験区の概要図

ライズン) を 2.0kg/10a、シロクロバ（品種：ソーニャ）を 0.2kg/10a である。

生育調査は、非堰上げ試験区では排水路からの距離が約 3, 5, 10, 15, 20, 30m の地点で（以下、「非セキ〇〇m 地点」と表記する）、堰上げ試験区では排水路からの距離が 14m の地点で（以下、「セキ 14m 地点」と表記する）実施した。草丈調査は各地点 10 個体を測定し、その平均値を求めた。収量調査は各地点 3～4 箇所、0.5m × 0.5m の方形枠 (0.25m<sup>2</sup>) を用いて枠内の牧草を地面から約 5cm の高さで刈り取った。刈り取った牧草はチモシー、チモシー以外のイネ科牧草、マメ科牧草、雑草に分別し、それぞれの生草重を測定した後、通風乾燥機にて 70℃で 48 時間乾燥させ、乾物重を測定した。なお、一番草の草丈調査は平成 20 年 5 月 9 日、6 月 5 日、6 月 24 日の 3 回、二番草は 8 月 6 日、8 月 30 日の 2 回実施した。また、一番草の収量調査は 6 月 24 日、二番草は 8 月 30 日に実施した。

### 5.2.2 結果及び考察

図 29 に A 測線で観測した地下水位の月平均値を示す。セキ 14m 地点と、非堰上げ排水路側で地下水位が比較的高い非セキ 30m 地点と比較すると、生育期間を通してセキ 14m 地点が非セキ 30m 地点より 15cm 程度高く推移した。また、降雨が少なかった 8 月には、セキ 14m 地点が 20cm 以上高い値となった。すなわち、いずれの

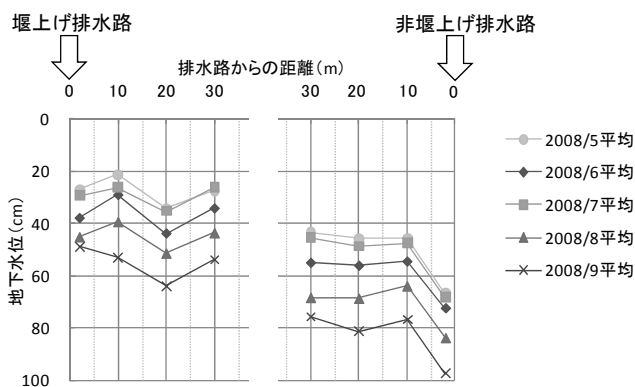


図 29 A 測線で観測した地下水位

月においても、堰上げ側圃場の地下水位が非堰上げ側圃場のそれより高かった。

図 30 に草丈調査の結果を示す。一番草生育期間は、いずれの調査地点においてもほぼ同じ高さで推移した。二番草生育期間は、収穫時点では非セキ 3m 地点が最も高く、最も低かった非セキ 15cm と比較して 30cm の差が生じたが、地点間での一定の傾向は認められなかった。

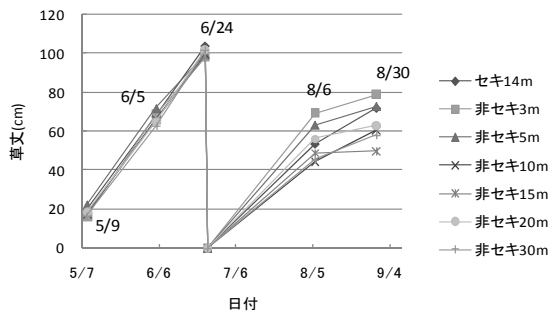


図 30 草丈の推移

図 31 に一番草の乾物重を、図 32 に二番草の乾物重を示す。なお、収量は 1m<sup>2</sup> 当たりで換算して表示した。また、生草重は乾物重と同じ傾向を示したので、データは示していない。一番草では、セキ 14m 地点の収量が最も多く、全収量に占めるチモシーの割合は約 9 割であった。残り 1 割は、チモシー以外の牧草が大部分を占めた。チモシー以外の牧草は、リードカナリーグラス、ケンタッキーブルーグラス、レッドトップであった。非堰上げ側の調査地点では、非セキ 20m 地点及び 30m 地点の収量が多かったが、地下水位との関係は明確ではなかった。二番草では、セキ 14m 地点及び非セキ 3m 地点の収量が、他の調査地点より多い結果となった。非堰上げ側の調査地点での収量と地下水位の関係は、一番草と同様に明確ではなかった。年間の乾物重 (図 33) は、地下水位が高く維持された堰上げ側の調査地点での収量が、非堰上げ側のいずれの調査地点より多い結果となった。すなわち、堰上げに伴い上昇する地下水位の高さが 30cm 程度までの場合、収量は増加することが示唆された。

なお、北海道立上川農業試験場天北支場 (浜頓別町) から出されている定期作況報告によると、天北支場内の採草地 (チモシー) で調査した一番草収穫時 (6 月 19 日) の草丈は 109cm、乾物収量は 769kg/10a (=769g/m<sup>2</sup>) であった。上述した堰上げ試験圃場での調査結果は天北支場の値に近く、今回簡易更新した試験区の牧草は正常に生育していると考えられる。二番草については、天北支場では三番草を刈り取る体系で調査しているため、比較できなかった。

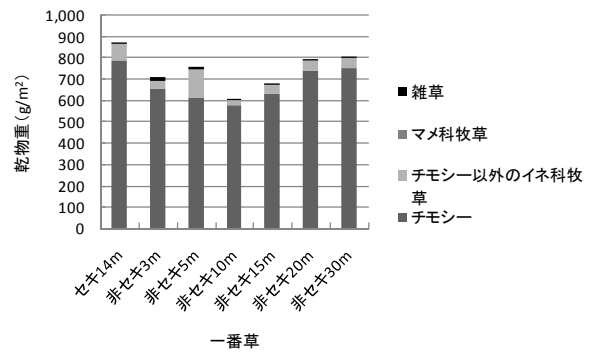


図 31 一番草の乾物重

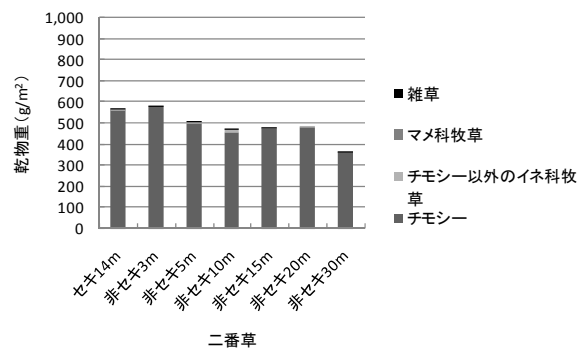


図 32 二番草の乾物重

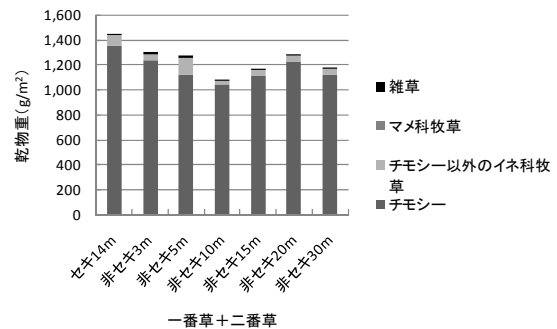


図 33 年間(一番草+二番草)の乾物重

## 6. 泥炭農地の地下水位制御にともなう環境負荷軽減効果の解明

泥炭農地は排水により乾燥が進むと、泥炭自体が分解し、温室効果ガスの一つである二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) が大気中へ放出される。地下水位を高く維持することは、泥炭の分解を抑制することにもなり、温室効果ガス抑制効果を明らかにする必要がある。また、農地からは、メタン (CH<sub>4</sub>) や亜酸化窒素 (N<sub>2</sub>O) などの温室効果ガスも揮散しており、地下水位を制御することによるこれらのガス揮散の変化も明らかにする必要がある。今年度は、次年度に予定している現地圃場での連続調査に向けた予備試験として、泥炭農地で採取したブロック状の泥炭を用いて、実験室にて観測計器の動作確認とガスサンプリングを試行した。

## 6.1 方法

1 辺が約 30cm の立方体状の泥炭サンプルの採取は、2009 年 1 月下旬に、道北地方の泥炭農地で実施した。圃場の表層約 20cm は客土したと思われる鈹質土が存在し、その下 20~40cm の泥炭は、やや分解が進行しているようであったため、採取したサンプルは、深さ 40~70cm に位置する低位泥炭とした。サンプルは 3 つ採取し、輸送中の衝撃で崩壊しないようにコンパネで保護するとともに、乾燥防止のためビニール袋で密封した後、プラスチック製コンテナに入れて、暖房設備のない倉庫で保管した。

ガスのサンプリングは、図 34 に示すような開閉式チャンバーを立方体状の泥炭サンプルに設置し、ふたを閉じた直後を 0 分とし、その後 20, 40, 60 分後にチャンバー内のガスを採取した。また、表面から 5cm 深の地温と、チャンバー内の気温を測定した。採取したガスサンプルは、ガスクロマトグラフ (N<sub>2</sub>O : GC-2014 (検出器 ECD) CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> : GC14B (検出器 TCD)) でガス濃度を分析した。温度による影響を確認するため、気温の低い倉庫内で測定した後、装置を暖房設備の整った実験室内へ移設して試験を行った。

また、採取したブロック状泥炭の側面の一部を切り取り、含水率、灼熱損失、全窒素分析を行った。



図 34 開閉式チャンバー設置状況

## 6.2 結果及び考察

泥炭の分析結果は含水比が 87~90%、灼熱損失が 80~88%、全窒素が 0.04~2.9mg/g であり、水分及び有機質の多い泥炭であった。

温度については、倉庫内実験時はチャンバー内気温が 6.0~7.5℃、地温は 5.4~5.7℃であり、室内実験時はチャンバー気温が 22.8~23.5℃、地温は 21.3~21.9℃であり、計測期間内で大きな変動はなかった。

図 35、36 に倉庫内実験時の CO<sub>2</sub> 及び N<sub>2</sub>O の濃度とチ

ャンバーを閉じてからの時間との関係を、図 37、38 に室内実験時の結果を示す。なお、CH<sub>4</sub>については、倉庫内及び室内試験のいずれのガスサンプルからも検出

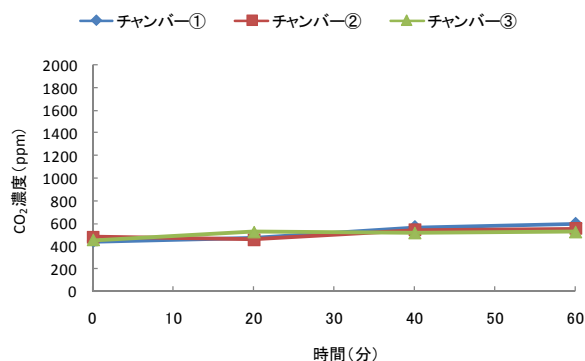


図 35 チャンバー内 CO<sub>2</sub> 濃度変化(倉庫内実験)

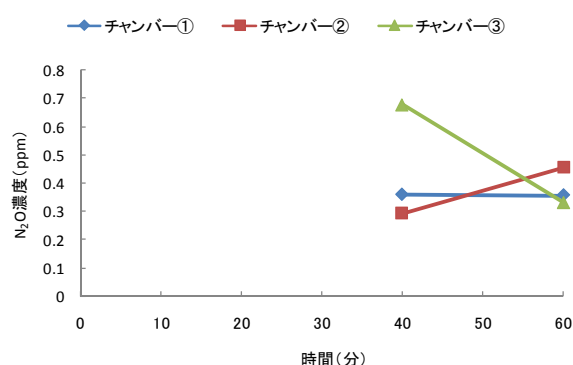


図 36 チャンバー内 N<sub>2</sub>O 濃度変化(倉庫内実験)

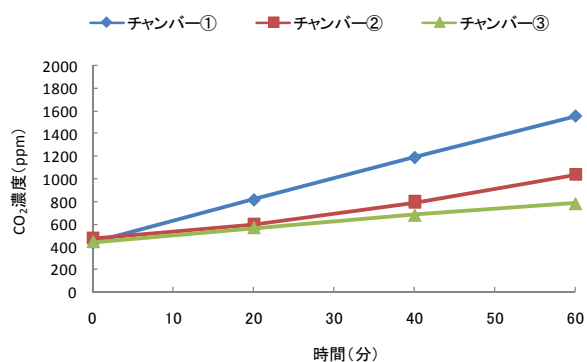


図 37 チャンバー内 CO<sub>2</sub> 濃度変化(室内実験)

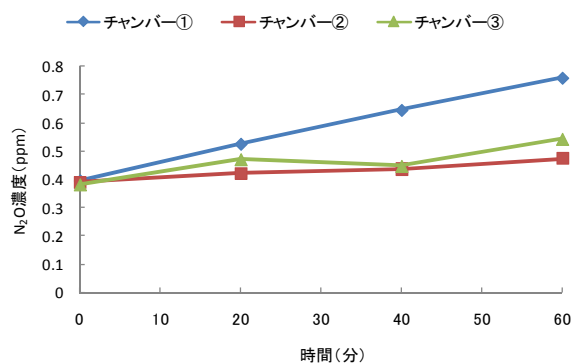


図 38 チャンバー内 N<sub>2</sub>O 濃度変化(室内実験)

されなかった。気温及び地温が低かった倉庫内試験では、時間の経過とともにCO<sub>2</sub>濃度がわずかに上昇した。N<sub>2</sub>Oについては0分と20分のガスサンプルからは検出されず、40分と60分の値と時間の経過との関係は明確ではなかった。気温及び地温が高かった室内実験では、時間の経過とともにCO<sub>2</sub>濃度及びN<sub>2</sub>O濃度が上昇した。今回の予備試験の結果から、低温時の調査では、チャンバー内のガス濃度の上昇速度が非常に緩慢であることが明らかとなった。したがって、次年度より実施する現地調査では、低温時にはチャンバーを閉じてからの計測時間を延長してガスサンプリングする必要があることがわかった。

## 7. まとめ

平成18年度～20年度は、二次造成後の泥炭農地での沈下実態及び農地に付帯する明渠排水路とその周辺の沈下実態を明らかにするとともに、泥炭農地に生じる沈下量と圃場内地下水位および積雪荷重との関係について考察した。また、長期的な泥炭の分解状況を把握するため、試験圃場内に既知の有機物を埋設し、その分解量を計測する試験を実施するとともに、泥炭農地から発生する温室効果ガスの連続調査にむけて、実験室内での予備試験を実施した。さらに、農地に付帯する排水路に堰を設けて、排水路内水位を上昇させた試験を実施し、圃場内の地下水位の変動を明らかにするとともに、牧草の生産性についての調査を実施した。

二次造成の泥炭草地での置土深の異なる試験圃場では、造成後の2年間は沈下が進行し、その後4年間の標高変化に大差はなかった。しかし、その後5年間で約5cmの沈下が観測され、ゆるやかではあるが沈下が進行していた。

泥炭の分解に関しては、リターバッグの残存率の結果より、次の三つについて明らかとなった。①埋設日数が同じであれば、水苔>濾紙(セロース)の順に残存率が高い。②有機物の組成が同じ資材では、埋設深が深いほど残存率が高い。③地下水位が埋設深より高いと残存率が高い。また、置土による分解の抑制については、濾紙のような易分解性有機物は置土直下への埋設であっても、置土直下が十分な嫌気状態に達するまでの期間に相当量が分解してしまい、一方、水ゴケのような難分解性有機物が主体のものは残存割合が多く、置土により分解が抑制されていると考えられた。

排水路水位と圃場内地下水位に関しては、堰上げを行った西側排水路上流の水位は、堰上げを行っていない東側及び西側下流の排水路水位と比較して、約1.0m

以上高く維持されていた。これにより、処理区の西側では、排水路水位の上昇に伴い地下水位の低下が抑制されていた。処理区と未処理区の地下水位を比較検討した結果、本調査圃場において、排水路内貯留水が圃場内の地下水位に及ぼす影響範囲は、排水路から40m～50m程度と考えられた。

地下水位制御による牧草生産性への影響については、年間の乾物重の結果では、地下水位が高く維持された堰上げ側の調査地点での収量が、非堰上げ側のいずれの調査地点より多い結果となった。すなわち、堰上げに伴い上昇する地下水位の高さが30cm程度までの場合、収量は増加することが示唆された。

泥炭農地で採取したブロック状の泥炭を用いて、実験室にて観測計器の動作確認とガスサンプリングを試行した結果、低温時にはチャンバー内のガス濃度の上昇速度が非常に緩慢であることが明らかとなった。したがって、次年度より実施する現地調査では、低温時にはチャンバーを閉じてからの計測時間を延長してガスサンプリングする必要があることがわかった。

## 参考文献

- 1) 小野寺康浩ほか：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第638号、pp.10～16、土木研究所寒地土木研究所、2006
- 2) 石田哲也ほか：泥炭地用のリターバッグ埋設器具の開発とこれを用いた3種の有機物の分解量、日本土壤肥料学会誌、第76巻第2号、pp.187～191、日本土壤肥料学会、2005
- 3) 石田哲也ほか：泥炭農地における有機物分解と抑制方法、第48回土壤物理学学会講演要旨集、pp.58～59、土壤物理学学会、2006
- 4) 石田哲也ほか：リターバッグ法による農地開発された泥炭土の中の有機物分解特性調査、寒地土木研究所月報第654号、pp.2-8、土木研究所寒地土木研究所、2007
- 5) 池田泰久ほか：附帯明渠堰上げが泥炭農地の地下水位に及ぼす影響、第55回農業土木学会北海道支部研究発表会講演集、pp.94～97、農業土木学会北海道支部、2006
- 6) 池田泰久ほか：明渠排水路堰上げによる地下水位の変化と有機物分解抑制について、第50回(平成18年度)北海道技術研究発表会、CD-ROM、北海道開発局、2007
- 7) 池田泰久ほか：泥炭農地の附帯明渠堰上げが地下水位と地盤高に及ぼす影響、第56回農業農村工学会

北海道支部研究発表会講演集、pp. 112-115、農業農村工学会北海道支部、2007

8) 池田泰久ほか：排水路堰上げが泥炭農地の地下水位に与える影響、第 51 回北海道開発局技術研究発表会論文集、CD-ROM、北海道開発局、2008

9) 岡村裕紀ほか：排水路堰上げによる泥炭農地の地下水位変動について、第 52 回北海道開発技術研究発表会論文集、CD-ROM、北海道開発局、2009



## DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PRESERVATION TECHNOLOGY FOR PEATY FARMLAND

**Abstract :** The purposes of this study are to examine the settlement status of peaty farmland and develop methods to control peat decomposition (a cause of subsidence in such land) and promote the prevention of subsidence. The progress of subsidence was revealed in facial surveys of a field eleven years after secondary development conducted between FY 2006 and 2008, although such progress was gradual. In addition, known organic matter was buried in the test field, and its deterioration rate was measured to clarify the long-term decomposition status of peat. The results revealed that the preservation rate was higher if the groundwater level was above the depth at which the sample was buried. A study of the effects of soil dressing on the status of peat suggested that its application inhibited the decomposition of persistent organic matter. A test to raise the water level to that of a drainage channel attached to the test farmland by building a dam in the channel was also conducted, and variations in the relevant groundwater level in the field were studied. The results indicated that the water retained in the drainage channel controlled the groundwater level in the test field within a range of 40 to 50 m from the channel.

**Key Words :** peat, decomposition, subsidence, inhibition, groundwater level