

# 泥炭農地の長期沈下の機構解明と制御技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：資源保全チーム

研究担当者：竹内英雄、横濱充宏、小野寺康浩、中山博敬、  
清水真理子

## 【要旨】

本研究では、泥炭農地における長期地盤沈下の機構の解明とその抑制技術を提案し、今後の泥炭地域における食糧生産基盤の維持と環境及び国土保全に資することを目標とする。室内試験により、泥炭の乾燥収縮に伴う沈下が発生する土壌水分条件を明らかにするとともに、泥炭の圧密沈下を抑制可能な地下水位を解明した。調査圃場では、地下水位と土壌水分状態の観測により、泥炭の乾燥収縮による沈下が発生しない地下水位を提示し、また、二酸化炭素放出量と地下水位との関係の観測により、地下水位が高いほど泥炭の分解に伴う沈下が抑制されることを明らかにした。これらの調査結果から、泥炭農地における作物生産の維持と長期沈下抑制を両立させるため、地下水位を 50～70cm 程度に維持することが有効と推察された。

キーワード：泥炭、長期沈下、機構、抑制、地下水位

## 1. はじめに

わが国の泥炭地の面積は約 3,800km<sup>2</sup> であり、そのうちの 3/4 が北海道および東北地方に分布する<sup>1)</sup>。泥炭地の農地化には排水が不可欠であるが、排水による地下水位低下に伴い、地盤沈下という問題が生じる。地盤が沈下すれば地下水位は相対的に上昇することになり、農地は過湿傷害など農業生産性の低下を招く。このため、泥炭農地の地盤沈下を抑制することは極めて重要である。

このような背景のもと、本研究課題では下記の達成目標を設定した。

1)泥炭農地における長期的な地盤沈下が継続するメカニズムおよび条件の提示、2)泥炭農地からの温室効果ガス発生の原因とその増減の条件等の提示、3)泥炭農地における長期沈下抑制技術の基本方策の提案。

## 2. 泥炭農地における長期的な地盤沈下が継続するメカニズムおよび条件の提示

### 2.1 調査方法

#### 2.1.1 調査圃場

調査圃場は北海道豊富町の大規模採草地である。調査圃場に調査サイトを一カ所設定し、地下水位測定、土壌水分ポテンシャル測定、降雨量測定、土壌断面調査、土壌試料採取をそれぞれ近接して行った。

#### 2.1.2 地下水位

地下水位は 2014 年 7 月 8 日から 9 月 18 日まで測定した。地下水位は内径 4cm、長さ 200cm の塩ビ管で下部 150cm に直径 5mm 程度の孔を多数開けたものを地中に埋設し、その中に圧力式水位計をワイヤーで吊り下げて 15 分間隔で計測した。計測値はバロメータで測定した大気圧で補正した。

#### 2.1.3 土壌水分ポテンシャル

土壌水分は 2014 年 7 月 9 日から 10 月 29 日まで測定した。深さ 15cm、25cm、35cm および 50cm に埋設型テンシオメーターを埋設し、15 分間隔で土壌水分ポテンシャル (pF) を計測した。

#### 2.1.4 降雨量

降雨量は転倒升式雨量計により、2014 年 7 月 9 日から 10 月 29 日まで測定した。

#### 2.1.5 土壌断面調査、土壌試料採取

土壌断面調査および土壌試料採取は 2011 年 7 月 12 日、2013 年 11 月 7 日および 2015 年 9 月 8 日に深さ 120cm、幅 100cm、奥行き 180cm の穴を 1 カ所掘り行った。2011 年には深さ 0、10、20、30、40、50、60、70、80、90 および 100cm から、100ml 採土缶によって非攪乱試料を採取し、土粒子の密度、含水率、湿潤密度および強熱減量の分析を行った。2013 年には深さ 0～100cm の間で、厚さ 10cm ごとに、50ml 採土管により非攪乱土壌試料を採取し、pF-水

分曲線の作成、容積重の測定および泥炭の乾燥収縮試験のために供試した。2015 年にも深さ 0～100cm の間で、厚さ 10cm ごとに、50ml 採土管により非攪乱土壌試料を採取し、載荷圧密試験のために供試した。

### 2.1.6 pF-水分曲線の作成および容積重の測定

2 反復の試料で土壌水分ポテンシャルが pF0.0、pF1.0 の時の体積当たり水分率を砂柱法により、pF1.8、pF2.3、pF2.7、pF3.2、pF3.8 および pF4.2 の時の体積当たり水分率を遠心法により求め、これらにより pF-水分曲線を作成した。また、各試料を 105℃ で 4 昼夜乾燥し、各土層の容積重を求めた。

### 2.1.7 泥炭の乾燥収縮試験

各深さで採取した非攪乱試料を水分飽和後、風乾状態に置き、pF0.0～pF4.2 の間の任意の水分状態まで乾燥させ、沈下量を読み取り顕微鏡を用いて正確に測定した。その後、再び水分飽和させて毎日重量を計測し、重量が変化しなくなったら沈下した試料の再膨潤量を読み取り顕微鏡で正確に測定し、再び水分飽和させても沈下した試料が元の高さまで再膨潤しなくなる pF 値を求めた。深さ 10cm ごとに採取した供試試料の厚さは 25.5mm であるから、各試料により計測した沈下量に 100mm/25.5mm=3.92 を乗じて厚さ 10cm 当たりの沈下量に換算し、換算した深さ 0～10cm、10～20cm、20～30cm、30～40cm、40～50cm、50～60cm、60～70cm、70～80cm、80～90cm、90～100cm の沈下量を合算して深さ 0～100cm における沈下量を求めた。

### 2.1.8 泥炭の載荷圧密試験

深さ 20～30、30～40、40～50、50～60、60～70、70～80、80～90、90～100cm の非攪乱土壌試料について、浮力を考慮した上載荷重を地下水位が 30、40、50 および 90cm の場合について計算し、分銅により所定の上載荷重をかけ、試料からの排水が可能な条件下で各試料の経時的圧密沈下量を計測した。なお、各試料の圧密沈下は試験開始後 10 日目で収束したので、試験は 14 日間で終了した。

深さ 0～100cm の間で、厚さ 10cm ごとの中位から 100ml 採土管により採取した非攪乱試料の容積重の値から、各深度の単位面積あたりの上載荷重が計算できる。なお、地下水面上の上載荷重は浮力を考慮する。そこで、地表面から 30、40、50 および 90cm の深さに地下水位が維持されたと仮定した場合の地表面から 10cm 深度ごとの上載荷重を計算した。その計算値相当の荷重を、深さ 20～30、30～40、40～50、

50～60、60～70、70～80、80～90、90～100cm から 50ml 採土管で採取した非攪乱土壌試料それぞれに分銅を用いて負荷し、各試料の経時的圧密沈下量を求めた。

市販の採土管には厚さ 51mm の 100ml 採土管と厚さ 25.5mm の 50ml 採土管があるが、採土管側壁の摩擦の影響をできるだけ軽減するため、供試土壌の採取には厚さの薄い 50ml 採土管を採用した。深さ 10cm ごとに採取した供試試料の厚さは 25.5mm であるから、各試料により計測した沈下量に 100mm/25.5mm=3.92 を乗じて厚さ 10cm 当たりの沈下量に換算し、換算した深さ 0～10cm、10～20cm、20～30cm、30～40cm、40～50cm、50～60cm、60～70cm、70～80cm、80～90cm、90～100cm の沈下量を合算して深さ 0～100cm における沈下量を求めた。

## 2.2 結果および考察

調査サイトでの土壌は深さ 15cm までが鈹質土の置土層でそれ以下が分解のやや進んだ低位泥炭土であった（図 1）。

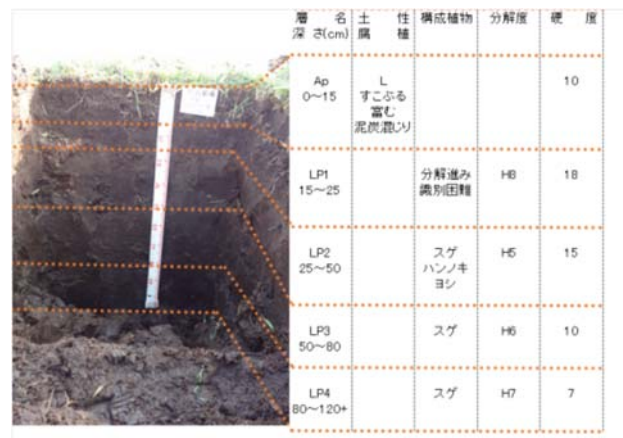


図 1 調査圃場の土壌断面

採取した土壌試料の間隙比および強熱減量について図 2 に示す。圃場面から深さ 20cm より浅いところでは、それ以深の強熱減量より小さい値となった。この強熱減量の分布から、圃場面から 20cm 付近まで客土の影響があるものと考えられた。それに対して、圃場面からの深さ 40cm より浅いところの間隙比は、それ以深の間隙比に比べて小さい値を示し、地表面に向かって徐々に小さい値となった。圃場面から深さ 30cm および 40cm では、強熱減量はそれ以深の値と変わらないものの、間隙比は深さ 50cm 以下の値より小さいものとなった。このことは 30cm および 40cm 付近の泥炭土は乾燥収縮あるいは圧密により間隙比の小さい状態になった結果と考えられた。

調査圃場における観測期間中の地下水位は深さ79cmから-4cmの間で推移した(図3)。

このような地下水位の条件下で、調査圃場における観測期間中の土壌水分ポテンシャルは地表からの深さが浅いほど乾燥する傾向を示した。泥炭層内(深さ25、35、50cm)における土壌水分はpF0.0からpF2.2の間で推移し、pF2.2より乾燥することはなかった(図4)。

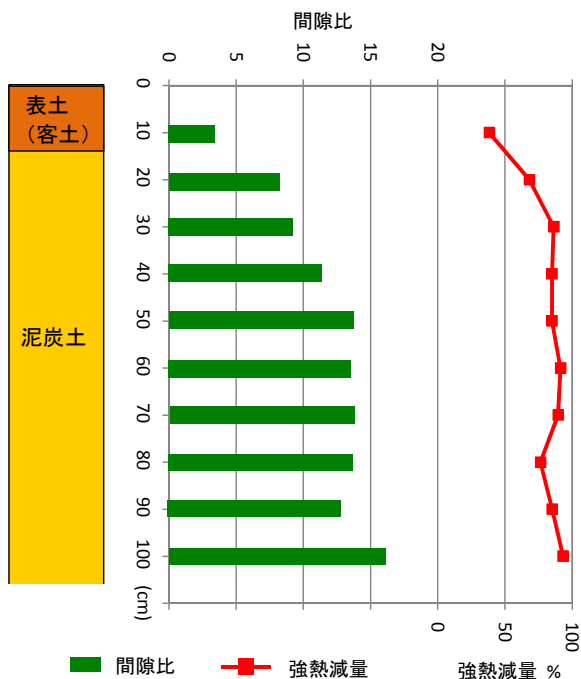


図2 地表面からの各深さにおける土壌の間隙比及び強熱減量

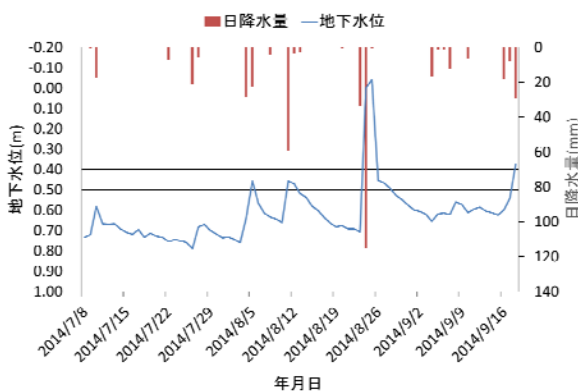


図3 調査圃場の地下水位

泥炭における乾燥時および水への再浸漬時の乾燥収縮に起因する沈下量の推移を図5に示す。泥炭が乾燥することにより泥炭の乾燥収縮が進行し、泥炭がpF4.1まで乾燥すると、深さ20~100cmにおける乾燥収縮による沈下累計量は152mmにのぼり、水に再浸漬しても沈下量は121mmにまでしか回復しなかった。水への再浸漬後の沈下量の計測結果から、

泥炭がpF2.2以上に乾燥しなければ、乾燥収縮により沈下した泥炭は再浸漬により再膨張し、乾燥収縮する前の状態に復帰することが示唆された。したがって、泥炭をpF2.2以下の水分状態に保持することができれば、乾燥収縮に伴う泥炭の沈下は抑制できると推察された。また、調査圃場における地下水位と土壌水分ポテンシャル(図3と図4の関係)の観測結果は、観測期間中の地下水位が79cmより浅ければ、泥炭層の土壌水分ポテンシャルの観測点である深さ25cm、35cmおよび50cmにおける土壌水分ポテンシャルがpF2.2以下で推移していることを示しており、地下水位を80cm程度に保てば、泥炭層のpF値をpF2.2以下にできることが示唆された。これらの結果と乾燥収縮試験結果(図5)を併せて考えると、地下水位を深さ80cm程度に保つことができれば、乾燥収縮による泥炭の沈下が防止できると推察された。

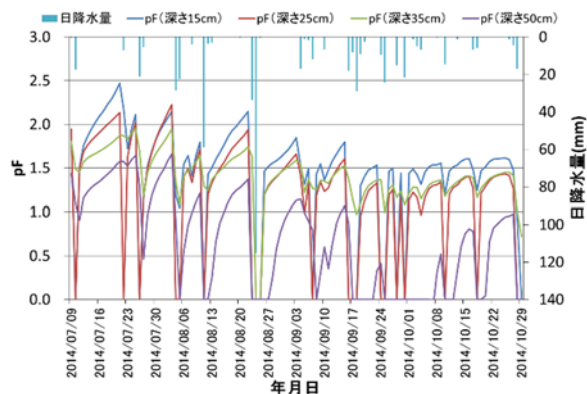


図4 調査圃場の土壌水分ポテンシャル

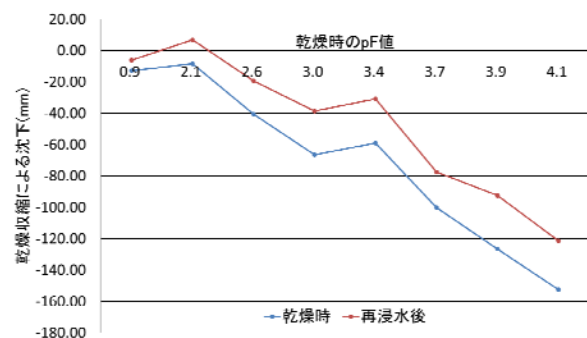


図5 泥炭の乾燥収縮による沈下

地下水位と泥炭の圧密沈下との関係を図6に示す。地下水位を地表下90cmにまで低下させると、深さ15~90cmまでの泥炭の浮力が失われて泥炭の圧密沈下が進行し、深さ15~100cmの泥炭層の累積圧密沈下量は49mmに達することが示唆された。一方、地下水位が地表下50cmより浅い状態に保持された

時には、泥炭の圧密沈下がほとんど発生しないことが推察された。なお、測定開始0日目の圧密沈下の深さの初期値がマイナスとなっているが、これは、試料採取から試験開始までできるだけ試料が乾燥しないように保存したものの、保存期間中に若干乾燥することは避けられず、試料が若干乾燥することにより収縮し、試料が沈下したことによると考えられた。また、地下水位を深さ30cm、40cmあるいは50cmに保持することを想定した試験では、経時的に試料が隆起していることが観察されたが、これは、設定地下水位以下の試料は水に浸漬するため、試料が飽和膨潤したことによると考えられた。

以上から、泥炭の乾燥収縮による沈下および圧密による沈下を効果的に抑制するには、地下水位を地表下50cmより浅い状態に保つことが有効であることが示唆された。

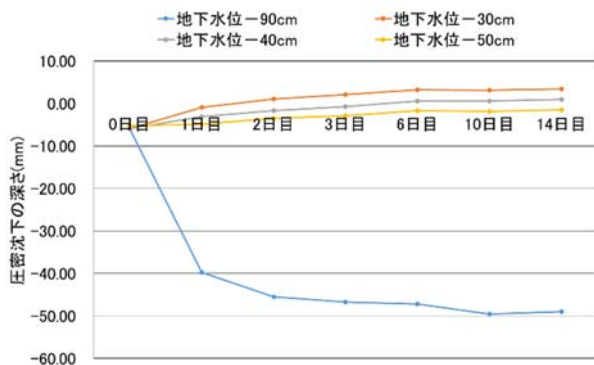


図6 地下水位が泥炭の圧密沈下におよぼす影響

### 3. 泥炭農地からの温室効果ガス発生の原因とその増減の条件等の提示

#### 3.1 調査方法

##### 3.1.1 調査圃場

調査圃場は前述した北海道豊富町の大規模採草地である。

##### 3.1.2 温室効果ガス放出量の測定

調査圃場にルートマット（厚さ5cm程度）を除去した区（根なし区）と地上部の牧草を刈り取った区（根あり区）を3カ所ずつ設けた。30cm四方の架台を表土に深さ3cm程度差し込み、架台に自動で蓋の開閉が可能なアクリル製チャンバーをかぶせた後、チャンバー内の空気を赤外線CO<sub>2</sub>アナライザーとの間で循環させて温室効果ガス（二酸化炭素）の放出量を測定した。温室効果ガス放出量の測定日は2014年7月下旬～10月下旬の延べ9日であり、9時、12時、15時の1日3回観測を実施した。なお、観測実

施日の9時以前に、チャンバー内に生えている牧草ないし雑草を刈り取った。これらのデータと近接地点で観測した地下水位および土壌水分のデータとを照合し、温室効果ガス放出量と地下水位との関係および温室効果ガスと土壌水分との関係を調べた。

### 3.2 結果および考察

泥炭は分解により二酸化炭素を放出するので、泥炭農地における二酸化炭素放出量と地下水位ならびに土壌水分との関係を解明することにより、泥炭の分解を抑制する地下水位条件ならびに土壌水分条件を考察することが可能である。調査圃場からの二酸化炭素放出量と地下水位との関係を図7に、調査圃場からの二酸化炭素放出量と土壌水分ポテンシャル(pF)との関係を図8に示す。図7および8から、二酸化炭素放出量は地下水位および土壌水分ポテンシャルと強い相関関係にあることが推察された。また、地下水位が地表下から浅いほど二酸化炭素放出量が低下し、地下水位の制御により、泥炭の分解を抑制できることが示唆された。

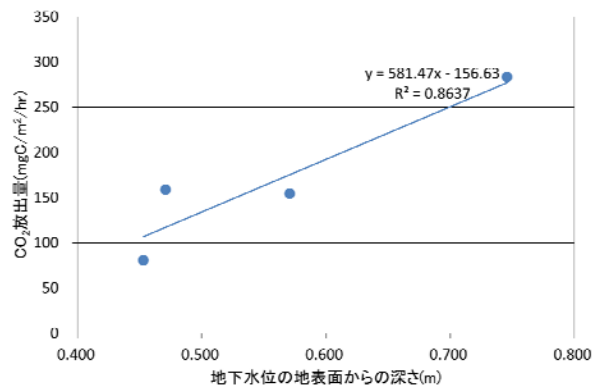


図7 二酸化炭素放出量と地下水位との関係

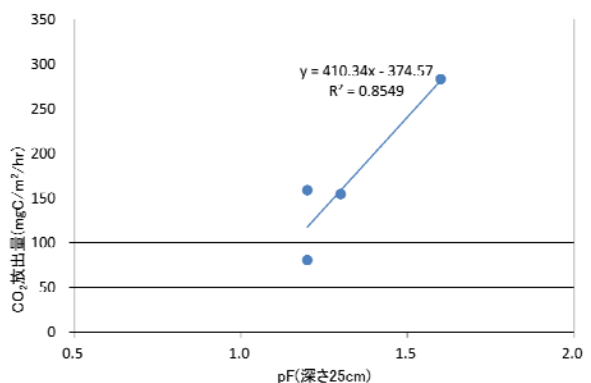


図8 二酸化炭素放出量と土壌水分との関係

### 4. 泥炭農地における長期沈下抑制技術の基本方策の提案

前述の試験結果より、泥炭の沈下は、泥炭農地の地下水位を地表下 50cm より浅く保つことにより効果的に抑制できることが示唆された。また、泥炭農地における二酸化炭素放出量の観測結果から、泥炭の分解は地下水位をできるだけ浅く保つことにより抑制できることがわかった。

しかし、泥炭農地において作物生産性を維持するためには、地下水位をある程度のレベルにまで下げることが必要である。

したがって、泥炭農地における長期沈下抑制技術の基本方策の提案にあたっては、作物生産性の維持が最優先事項であり、作物生産性が維持される範囲内において、できるだけ地下水位を上げ、泥炭の乾燥収縮、圧密および分解による沈下を抑制する手法が提案されなければならない。

農林水産省構造改善局が平成 12 年 11 月に発行した土地改良事業計画設計基準計画「暗きょ排水」基準書技術書<sup>2)</sup>では、作物生育から見た望ましい地下水位が示されており、望ましい常時地下水位として、水田では 40～50cm、畑および水田の畑利用では 50～60cm、樹園地等では 60～70cm が示されている。

このことを踏まえ、作物生産性と泥炭の沈下抑制を両立させた泥炭の長期沈下抑制技術として、泥炭農地の地下水位を 50～70cm 程度に維持することが有効と推察された。

## 5. まとめ

泥炭農地における長期沈下機構について試験検討を行い、以下のことが示唆された。

- 1) 泥炭の乾燥収縮に伴う沈下は土壌水分状態が pF2.2 より乾燥した時に発生する。
- 2) 泥炭農地においては地下水位が 80cm 程度であれば、泥炭層が pF2.2 より乾燥した状態に達し難い。
- 3) 泥炭の圧密に伴う沈下は地下水位が 50cm より浅い場合は発生し難い。
- 4) 泥炭の分解は地下水位の上昇に伴い抑制される。

また、これらの結果と作物生産性の観点から推奨される地下水位とを照合した結果、作物生産性の維持を考慮した上での泥炭農地の沈下対策として、地下水位を 50～70cm 程度に維持することが有効と推察された。

今後は、本研究の中で、室内試験により得られた知見を踏まえ、泥炭農地における長期沈下機構について、現場レベルでの更なる検証が必要である。また、地下水位と暗渠施工深との関係の圃場レベルで

の観測と解析が必要である。

## 参考文献

- 1) 久馬一剛ら：土壌の事典，p. 266, 1993
- 2) 農林水産省構造改善局：土地改良事業計画設計基準計画「暗きょ排水」基準書技術書，p. 37, 2000

# A STUDY ON ELUCIDATION OF LONG-TERM SUBSIDENCE MECHANISM AND TECHNIQUE TO SUPPRESS LONG-TERM SUBSIDENCE AT PEAT ARABLE LAND

Budgeted : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Cold-Region Agricultural Development Research  
Group (Rural Resources Conservation)

Author : TAKEUCHI Hideo

YOKOHAMA Mitsuhiko

ONODERA Yasuhiro

NAKAYAMA Hiroyuki

SHIMIZU Mariko

**Abstract** :The aim of the study is to elucidate mechanism of long-term subsidence, to propose technique for suppressing long-term subsidence, to contribute for maintenance of food production base, and to conserve environment and land at peat arable land. The authors made clear about the soil moisture condition at which subsidence occurs by peat shrinkage through a chamber experiment. They proposed the ground water level at which subsidence by peat shrinkage never occurs by observing ground water level and soil moisture condition in a field. They elucidated the ground water level at which suppresses peat subsidence by compression through a chamber experiment. They clarified the higher ground water level was the slower peat degradation proceeded by investigating the relationship between CO<sub>2</sub> flux and ground water level in a field. Maintaining the ground water level around 50 cm seemed to be effective for reconciling maintenance of crop production and suppression of long-term subsidence at peat arable land.  
**Key words** :peat, long-term subsidence, mechanism, suppression, ground water level