

# 泥炭地の草地圃場における暗渠整備等効果の定量化に関する考察

株式会社アルファ技研 ○植屋 賢祐, 櫻庭 淳子, 松中 慧太

## はじめに

泥炭地の草地圃場は、地形・地下水条件および土壌特性に起因して、経年により不陸や地盤の低下が発生し過湿障害を助長するなど、農用地としての機能低下が生じやすい条件にある。このような農用地等の機能回復を図ることを目的として「国営総合農地防災事業」が道内各地の泥炭地で展開されている。農用地等の機能回復により、安定的な収量確保と飼料自給、さらには品質を確保し、以ってわが国の食料自給率向上を図るとともに、消費者への安全・安心な食料提供を可能とするものである。

農用地の機能回復には、排水路と暗渠の一体的な整備により圃場の理工学性を改善し排水機能を回復させることが重要である。排水機能回復の判断指標のひとつとして“地下水位変動の変化”が挙げられる。ただし、地下水位の変動は、その供給源である「降雨」の影響を受けることも自明であり、暗渠整備等効果の指標として地下水位を用いる場合は、この影響に留意を要する。

本報告は、国営総合農地防災事業の実施地区における暗渠整備等の効果について、事業前後の地下水位変動をタンクモデルで表現し定量評価を試みるとともに、その手法の適用性について考察した。

## 1. 対象圃場の概要

調査圃場は、河川河口部の低平な泥炭地帯に位置する2地区の各1圃場である。(表-1)

両地区は、泥炭土に起因した過湿障害など、農用地の機能低下を生じ、この回復を目的として国営総合農地防災事業の実施に至った。現在、既設排水路を改修する農地防災工および暗渠等を整備する農地保全工が順次進められている。

工事着手に際し、その前後にかけて事業効果発現状況の検証を目的とした各種調査が行われており、調査項目のひとつとして、暗渠整備等の効果を検証するための地下水位観測が実施されている。

表-1 対象地区と圃場の概要

項目	A地区A圃場	B地区B圃場
事業期間	H15～H22	H17～H23
事業内容	排水路 暗渠、整地	排水路 暗渠、整地
立地、土性等	河口部 EL3.0m前後 表土, 泥炭土	河口部 EL5.0m前後 表土, 泥炭土

## 2. 暗渠整備等効果の定量把握における課題

地下水位の変動は、水の供給源である降雨量に主たる影響を受ける。

図-1は、A地区A圃場における観測事例である。施工前に少雨(図-1 a)、施工後に多雨(図-1 b)の条件下にあり、施工前に比べて施工後の地下水位が全般に高く推移している。降雨量状況の異なる場合は、観測値の単純な比較から排水整備等の効果として排水機能回復を評価することが難しい。

調査期間の降雨量には差異があるため、事業期間中など限られた期間の調査から暗渠整備等の効果を定量評価する際は、降雨量(降雨パターン)の影響を考慮することが課題となる。

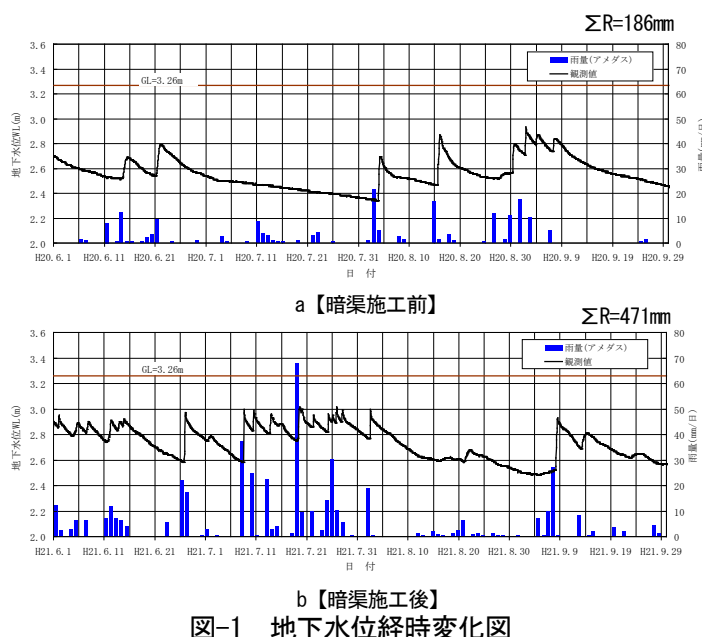


図-1 地下水位経時変化図

### 3. 暗渠整備等による排水機能回復の定量化

#### 3-1 定量化の手法

暗渠整備等による排水機能回復の定量化には、既往の研究成果<sup>1)</sup>を参照し、地下水位変動を係数化して表現できる「タンクモデル」を用いた。この手法は、暗渠施工前後の最適モデルを比較することにより、降雨量によらず、モデル係数の変化から排水機能の回復を定量的に捉えようというものである。

$$h_n = h_{(n-1)} - A_1 \times (h_{(n-1)} - H_{A1}) - A_2 \times (h_{(n-1)} - H_{A2}) + C \times R \quad \dots \textcircled{1}$$

- ここに、 $h_n$  : タンク内の地下水位 (cm)  
 $H_{A1}$ 、 $H_{A2}$  : 流出孔の標高 (cm)  
 $A_1$ 、 $A_2$  : 孔流出係数 (タンクモデル係数)  
 $C$  : 水位上昇係数  
 $R$  : 雨量 (mm/h)  
 $H_{(n-1)}$  : 一時間前のタンク内の水位 (cm)

#### 3-2 タンクモデルを用いた暗渠整備等による排水機能回復の検証

##### (1) タンクモデルの構築

タンクの構成は、対象圃場で地下水位変動が見られた地表面下 1m 程度までの土性が土質調査より概ね単一(泥炭層)と判断できることから「単段タンク」とした。タンクの形状は、地形が平坦で周辺域等からの流入はないと考えて、地下水の供給源を降雨のみとし、流出孔は、比較的早い地下水位変化に係わる上段孔と、それ以外の比較的緩やかで定常的な通減に係わる下段孔の 2 孔から成る簡易なモデルを設定した。(図-2)

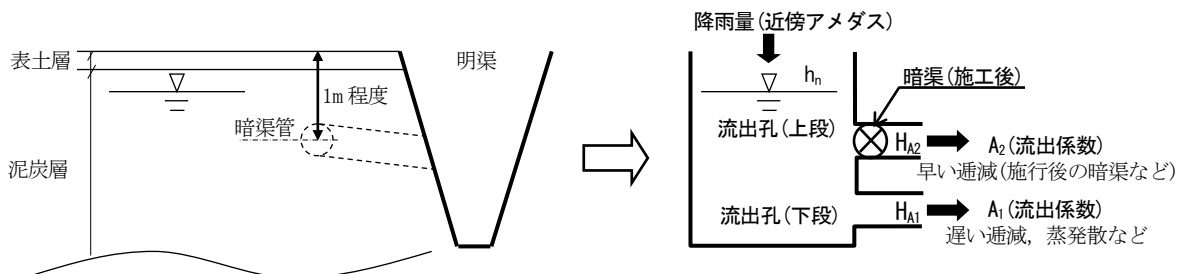


図-2 タンクモデルの概念図

上記の①式で、地下水位の通減に係わる項のうち、上段孔標高  $H_{A2}$  として、暗渠施工前は観測値をもとに地下水位の通減の変化点を与え、暗渠施工後は暗渠施工高を与えた。同じく下段孔標高  $H_{A1}$  は、暗渠施工前後の変化は小さいものと考え EL0m として同値を設定した。

地下水位の上昇に係わる項のうち、雨量は、近傍のアメダスデータを用いた。雨量に対する地下水位上昇の大きさを表す水位上昇係数  $C$  は、暗渠施工前後のそれぞれについて、一雨雨量(日雨量)と地下水位上昇量の関係が明瞭な組み合わせを抽出し、相関分析より求めた。(図-3)

以上の設定条件のもと、孔流出係数  $A_i$  (タンクモデル係数) は、相対誤差を指標とし、これが最小となるように求めた。

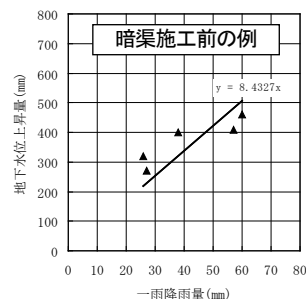


図-3 水位上昇係数  $C$  の設定

なお、地下水位の変動要素の一つである蒸発散量は、ペンマン式より約 3mm/日の値を得たが、蒸発散量を通減項として別途考慮する場合としない場合(孔流出係数  $A_i$  に含む)とで孔流出係数の算定結果にほとんど差異のないことを検証のうえ、簡単化のため①式に示すモデルとした。

(2) 暗渠排水等効果の検証

図-4 の a, b, c は、A 地区 A 圃場の暗渠施工前後における地下水位の観測値とタンクモデルによる計算値との比較である。

図-4 a は、暗渠施工前(H20年)の観測値と、これにもとづき構築したタンクモデルから再現した計算値の比較である。モデル精度を表す相対誤差は 10.0% であり、モデルの適合性は高いと判断できる。なお、比較期間の雨量は、R=186mm であった。

図-4 b は、暗渠施工後(H21年)の観測値と、図-4 a と同じ暗渠施工前(H20年)のタンクモデルによる計算値の比較である。この場合、相対誤差は 33.3% となり、モデルの適合性に大きな低下が見られた。しかし、比較期間の雨量は暗渠施工前の H20 年に比べ約 2.5 倍の R=471mm であり、計算地下水位は観測値より高い結果となった。これは、暗渠整備等による地下水位の大幅な低下(排水機能改善)を示唆するものである。

図-4 c は、暗渠施工後(H21年)の観測値と、これにもとづき同定したタンクモデルから再現した計算値の比較である。相対誤差は 8.0% であり、モデルの適合性は高く、図-4 a と同等の精度が得られている。

本モデルの場合、暗渠排水等の機能回復は A<sub>2</sub> の変化に反映される。A<sub>2</sub> の最適値は、施工前の 0.0037 に対して、施工後は 0.0043 と約 16% 大きくなった(図-5)。A<sub>2</sub> の増大は、流出量の増加と地下水位の逡減の促進を示すことから、暗渠施工によって排水が促進された結果を定量的に示す指標と判断できる。

図-6 は、同圃場で計画暗渠排水量(30mm/日)を入力雨量として与え、暗渠施工前後の各最適モデルにより地下水位変動を再現した事例である。暗渠施工前の地下水位が降雨によって上昇した後、GL-0.5m(過湿障害の目安)まで低下するのに 7 日を要する場合でも、施工後は水位上昇が小さく 3 日以内に低下している。このように、本モデルによって排水機能の回復目標達成を定量評価できる。

なお、上記検討の中で、最適なタンクモデル定数を同定する指標に用いた相対誤差 J の算定にあたり、地下水位の基準高は、暗渠施工高を考慮して GL-1m に設定した。

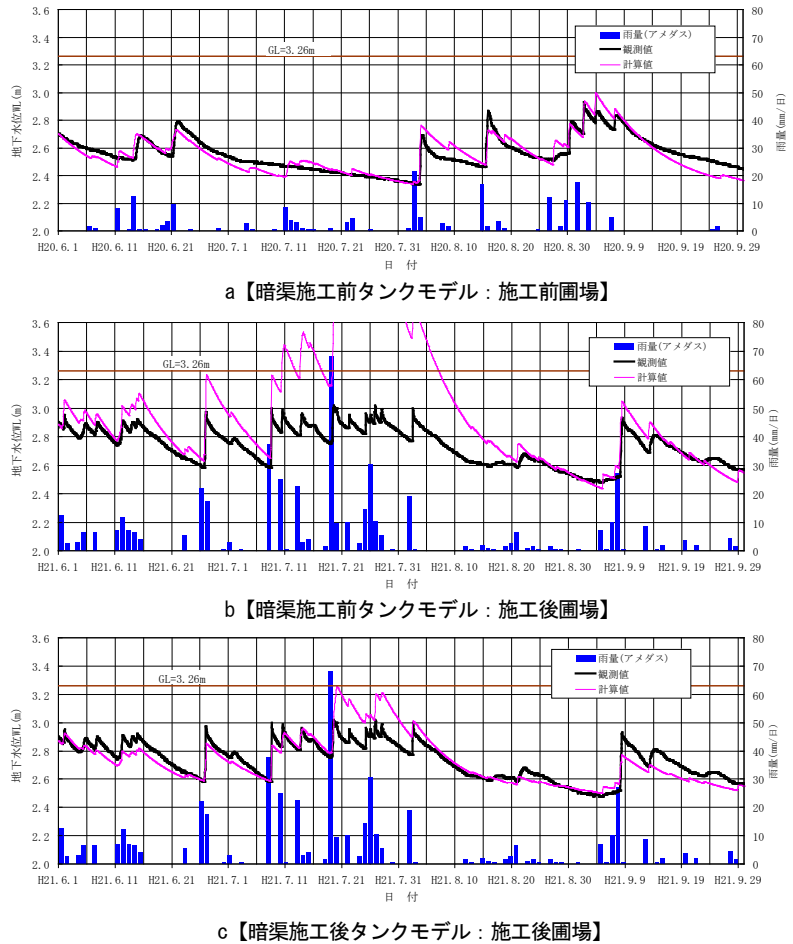


図-4 地下水位の観測値と計算値の比較図【A 地区 A 圃場】

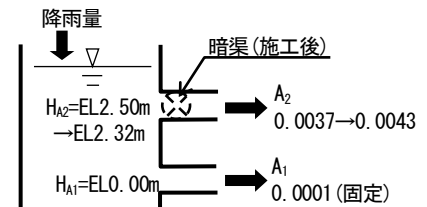
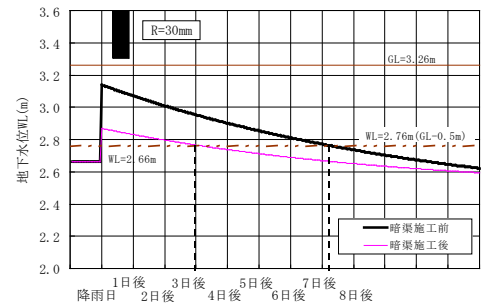


図-5 施工前後のタンクモデル定数変化



※GL-0.5m以上が3日以上：一時過湿，7日以上：常時過湿  
図-6 仮定雨量による排水機能回復の検証事例

$$J = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{Q_{ci} - Q_{oi}}{Q_{oi}} \right| \times 100$$

ここに、J : 相対誤差(%)  
 N : データ数  
 i : データ番号  
 Q<sub>c</sub> : 計算水位 - 基準高  
 Q<sub>o</sub> : 観測水位 - 基準高

同様の検討を行った B 地区 B 圃場におけるタンクモデル定数等を併せて表-2 に示す。これら 2 圃場の事例は、泥炭地の草地圃場におけるタンクモデルを適用した暗渠整備等効果の定量化について以下を示唆した。

表-2 タンクモデルの諸係数と適合性の比較

①土層構成が単純な圃場を対象とする場合は、降雨を入力とした単段の簡易なタンクモデルにより、適合性の良好な地下水動態の数値モデル構築が可能である。

②最適なモデル定数(A<sub>2</sub>)は、暗渠の施工前に比して施工後の値が増加する。(排水の促進)

③流出孔標高(H<sub>2</sub>)は、暗渠施工後(暗渠施工高)に比して施工前が高い。(地下水水位低下の促進)

対象圃場		A地区A圃場		B地区B圃場	
タンクモデル					
施工前	H <sub>A1</sub> EL (m)	0.00		0.00	
	H <sub>A2</sub> EL (m)	2.50		4.90	
	A <sub>1</sub>	0.0001		0.0012	
	A <sub>2</sub>	0.0037		0.0400	
	再現精度 (相対誤差%)	施工前	施工後	施工前	施工後
	10.0	33.3	6.5	111.6	
施工後	H <sub>A1</sub> EL (m)	0.00		0.00	
	H <sub>A2</sub> EL (m)	2.32		4.60	
	A <sub>1</sub>	0.0001		0.0012	
	A <sub>2</sub>	0.0043		0.0950	
	再現精度 (相対誤差%)	施工前	施工後	施工前	施工後
	-	8.0	-	10.0	

#### 4. まとめ

- ①総合農地防災事業における暗渠整備等の効果を、その主目的である地下水水位変動について定量評価する場合、降雨量(降雨パターン)の影響を受ける。
- ②この場合、事業前後の調査記録を単純に比較しても、事業本来の排水機能回復の把握は難しい。
- ③本検討は、既往の研究成果を参照したタンクモデルによる地下水変動の係数化手法により、降雨量によらず、暗渠整備等の効果をモデル定数変化として定量的に把握できることを示唆した。
- ④計画雨量等を入力雨量として、暗渠施工前後の各最適モデルで地下水水位変動を再現し、過湿レベルにある期間等の変化を検証することで、排水機能回復の達成を定量的に評価できる。
- ⑤タンクモデルを用いた地下水変動を係数化する手法は、事業実施による排水機能回復の定量評価に有効と考えられる。(後年の継続したモニタリングとモデル設定により機能評価が可能)

#### おわりに

本報告は、国営総合農地防災事業における排水整備等実施前後の地下水水位変動をタンクモデルで係数化することにより、その効果を定量評価できる可能性を示唆した。今後は、検討年や圃場の追加による本手法の有効性および重粘土地帯などへの適用性などについて検証していくことが有効と考える。

また、本手法は、継続的なモデル係数変化の把握により、経年による圃場の排水機能の低下を定量評価することが可能であり、暗渠の性能照査および更新適期の判断指標など、ストックマネジメントの視点からの活用も有効と考えられる。

最後に、本報は、北海道開発局よりご発注頂いた調査・設計業務成果の内容の一部を紹介させていただいたものであります。本調査の実施と発表の機会を与えて下さいました、北海道開発局担当各位に深謝いたします。また、本報の執筆にあたり貴重なご助言を賜りました北海道大学名誉教授梅田安治博士に深く謝意を表します。

- 1) 梅田安治：泥炭地の水文特性に関する研究 昭和 58・59 年度科学研究費助成金(一般研究 B) 研究成果報告書，昭和 60 年 2 月