

# 稚内中部地区における農作業効率の回復に関する検証報告

稚内開発建設部 稚内農業事務所

○遠藤 英樹  
河野 博幸  
村田 穰

国営総合農地防災事業「稚内中部地区」では、泥炭土に起因する地盤沈下の進行により機能低下した農用地及び農業用排水施設の機能回復を目的に、農用地においては暗渠排水の整備を行い、過湿被害の解消を図っている。

暗渠排水を整備したほ場では、排水性が改善され、結果として地耐力の回復が図られることから、農作業機械の経費節減や作業時間の短縮につながり、農業経営の改善に寄与する。

本報文では、トラクターの走行性の向上に着目し、暗渠排水整備前後におけるトラクターの牽引作業時の走行性試験（牽引力試験）を実施すると共に、トラクターの牽引力の変化による燃料消費量の節減について取りまとめた結果を報告するものである。

キーワード：事業効果、作業性向上、牽引力試験

## 1. 稚内中部地区の概要

国営総合農地防災事業「稚内中部地区」は、北海道宗谷支庁管内稚内市の南部に拓けた863haの酪農地帯であり、大規模な酪農経営が展開されている。

しかし、地域の農業経営は、泥炭土に起因する地盤沈下の進行により、農業用排水路及び農用地の機能が低下し、農用地においては「粗飼料の生産性の低下」、「ほ場のぬかるみによるトラクター作業効率の低下」、「牧草の適期収穫作業が行えない」など、過湿被害や営農上の支障が生じている。

このため、本事業により農業用排水路の改修と暗渠排水及び整地の農地保全工を併せて行い、農業生産の維持及び農業経営の安定を図ることを目的としている。



写真-1 降雨後湛水するほ場（施工前）



図-1 位置図

## 2. 検証調査の概要

本地区では、平成17年度の事業着手以降、事業実施による効果の発現状況を確認するため、事業実施前及び実施後における農用地の機能の変化や事業実施による農業経営の改善について、各種調査（表-1）による検証を行っている。

本報文におけるテーマである農作業効率も、その一環であり、過湿被害に起因するほ場地耐力の低下が、暗渠排水の実施により回復している結果を踏まえ、農作業時の効果の検証として、トラクターの牽引作業における牽引力試験を行ったものである。

表-1 効果検証調査項目及び内容

調査項目	調査方法
トラクター走行調査	現地調査
牧草収量調査	現地調査 (坪刈り)
牧草品質調査	現地調査
地耐力調査	現地調査 (コーンペネトロメーターによる)
営農作業量調査	聞き取り調査 (代表農家)
農家経営調査	聞き取り調査 (代表農家)
降雨調査	アメダスデータ調査

### 3. 地耐力調査結果からの検証結果

平成20年度に行った地耐力調査では、暗渠排水施工実施前後のほ場において、降雨後（1日目、3日目、5日目、10日目）の地耐力の推移を調査した。

地耐力調査にはコーンペネトロメーターを使い、暗渠排水施工前ほ場5カ所、暗渠排水施工後ほ場3カ所（9月、10月各1回）で行った。

調査結果は、暗渠排水施工後ほ場では、降雨後1日目に牽引作業にはやや困難があるが、トラクター単体での走行に支障がない7kgf/cm<sup>2</sup>にまで回復しており、5日目以降は牽引作業に問題のない8kgf/cm<sup>2</sup>を超えている。

一方で、暗渠排水施工前のほ場の結果は、降雨後7日目頃まで、牽引作業が困難な6.0kgf/cm<sup>2</sup>以下の地耐力で推移し、10日目に6.4kgf/cm<sup>2</sup>まで回復しているが、この値は、暗渠排水施工後のほ場の降雨後1日目の値を下回っており、地耐力の回復に多くの時間を要している状況にある。

このように、地耐力の低下したほ場に対する暗渠排水の施工により、降雨後のほ場地耐力が回復し、ほ場内作業の効率化（ほ場内作業可能時間の増）が図られているものと考えられる。

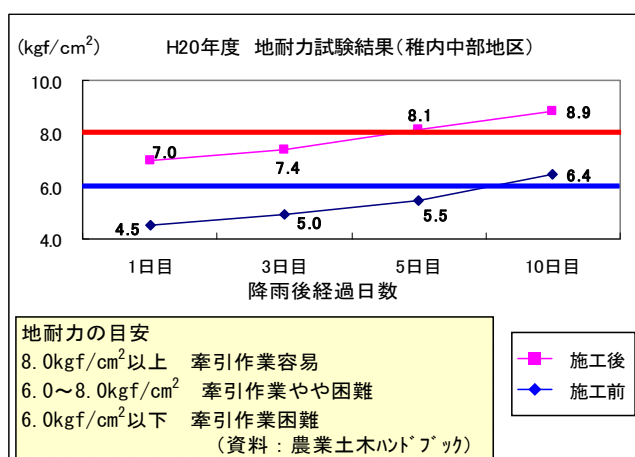


図-2 地耐力試験結果 (2回の平均値)

### 4. トラクターの走行試験の概要

暗渠排水施工後のほ場における地耐力の回復について、営農作業下における農作業機械の走行性を検証するため、トラクターの走行試験を平成20年10月16日に実施した。走行試験の調査方法を以下に示す。

#### (1) 調査方法

##### a) ほ場の選定

調査ほ場は、以下の条件 (図-3) を満たし、試験内容に協力を得られた本地区の受益農家 (A農家) の所有するほ場 (暗渠排水施工前、暗渠排水施工後各1ほ場) とした。

#### 条件

1. 同一農家で暗渠排水の施工前と施工後のほ場を有している。
2. 施工前のほ場は、走行性が悪く重量のある作業機で試験を行うと、ほ場を傷める可能性が高いことから、試験直後に工事に着手するほ場である。
3. 調査に使用するトラクター等の機械及び運転するオペレーターが同一である。

図-3 調査ほ場の選定条件

##### b) ほ場状態

走行試験を行う際のほ場は、暗渠排水の施工に伴う地耐力の回復を検証するため、暗渠排水施工前ほ場と暗渠排水施工後ほ場を選定した。

暗渠排水施工前ほ場は、過去に暗渠排水を施工していない無暗渠ほ場で、施工後ほ場は、平成19年度に施工した、施工翌年のほ場である。

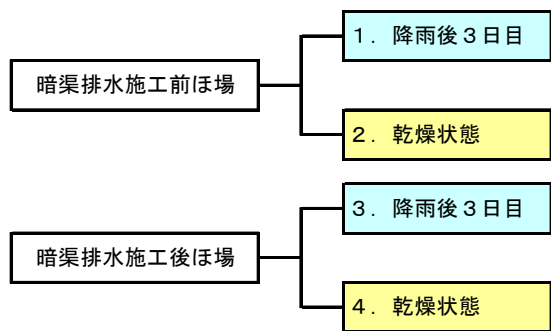
ほ場の傾斜は、牽引力試験の結果に誤差が生じないように、共に平坦地を選定し、ほ場の凹凸の少ない位置に試験区を設定した。試験位置の選定には、農家立ち会いのもと、目視による確認を行った。

試験時の牧草草丈は、暗渠排水施工前ほ場が15cm、暗渠排水施工後ほ場が5cmである。

走行試験を行う際のほ場条件は、降雨後3日目と乾燥状態 (10日以上降雨無し) の4試験区を設定した (図-4)。なお、降雨後3日目のほ場を選定した理由は、農家への事前聞き取りにより、施工済みのほ場では、降雨後2~3日後からトラクターでの作業が行えるとの確認による。

乾燥状態のほ場については、事前に試験区全体をブルーシートで覆い、降雨の影響を受けない状況を作った。

試験ほ場の大きさは、1試験区10m×30mとした。



※乾燥状態は、10日以上降雨なしの状態

図-4 試験区の概要



写真-2 降雨後3日目



写真-3 乾燥状態（シート被覆）

さらに、測定機器として、ロードセル（写真-5）、自動計測機（写真-6）、発電機を準備した。トラクターと牽引計、マニュアルスプレッダーの接続は、次の状態で行った。

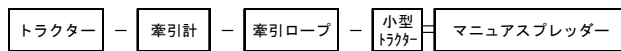


図-5 牽引試験機械の接続状況

表-2 使用機械の状況

機械名	メーカー	規格	備考
トラクター	マコミック	115PS	本機
マニュアルスプレッダー	タカタ	12,000kg	けん引した作業機



写真-4 マニュアルスプレッダー（12t）



写真-5 ロードセル（牽引計）

### c) 使用機械

トラクターの走行試験に使用する農業機械は、トラクター（115PS）、牽引作業機として農家が所有する主要機械のうち、通常作業において最もトラクターへの負荷が大きくなるマニュアルスプレッダー（堆肥積載時）を用いた。

なお、マニュアルスプレッダーは、機械単体では重心が前傾してしまうため（前輪がない）、牽引計を直接接続することが出来ない（計測値に誤差が生じる）。

このため、マニュアルスプレッダーを小型トラクターに接続した状態（ギアはニュートラル）で牽引試験を行った。



写真-6 自動計測機

#### d) 走行試験と関連して行ったほ場調査

走行試験を行うほ場の状態について、試験前に地下水位観測、地耐力試験（コーンペネトロメーターの貫入試験）、土壌水分率の調査を行い、ほ場状態の違いによる走行性の違いを分析する補足データの収集を行った。

地下水位観測は、試験区に観測孔を3カ所設置し、試験当日に手動水位計にて観測した。土壌水分調査は、地下水位観測孔周辺の土壌サンプルを採取し、後日、水分率を測定した。

$$\text{水分率 (\%)} = \frac{W_w}{W_w + W_s}$$

※W<sub>w</sub>は水重量、W<sub>s</sub>はサンプル土壌重量

- |                       |
|-----------------------|
| 1. 地下水位調査（1試験区につき3カ所） |
| 2. 地耐力調査（1試験区につき5カ所）  |
| 3. 土壌水分調査（1試験区につき3カ所） |

図-6 ほ場関連試験の内容



写真-7 走行試験の様子

## (2) 調査結果

### a) 試験ほ場における関連調査結果

試験ほ場における調査結果は、表-3のとおりである。事業実施前（暗渠排水施工前）のほ場は、地下水位、土壌水分率が共に高くなっている。コーン貫入抵抗値は、地表下20cmまでの平均値が、降雨3日目ほ場では6.54kgf/cm<sup>2</sup>、乾燥状態では6.83kgf/cm<sup>2</sup>と低い値となった。

コーン貫入抵抗値の目安として、6.00～8.00kgf/cm<sup>2</sup>の値の場合、牽引作業が困難な状態になるため、暗渠排水施工前ほ場の結果は、牽引作業に支障が生じ易くなっていると言える。

暗渠排水施工後のほ場では、地下水位、土壌水分率が低くなっている。コーン貫入値は、降雨3日目、乾燥状態ともに7.00kgf/cm<sup>2</sup>を超えており、降雨後3日目

のほ場では、地表下20cmまでの平均値が7.33と牽引作業が困難な値ではあるものの、作業に支障のない8.00kgf/cm<sup>2</sup>に近い値となっている。

暗渠排水施工前ほ場では、地下水位が32.9～34.2cmと高くなっているほか、土壌水分率も高く、これらの要因により地耐力が低くなっていると考えられる。

なお、暗渠排水の設計基準によると、地耐力と地下水位の関係について、地下水位は、地耐力を得たい地点（地表下15cm）より、最低15cm以上低下させなければならぬとされており、この条件に当てはめると、本地区では、地下水位を30cm以下（地表下15cm+15cm）に低下させる必要がある。こうした基準と比較すると、暗渠排水施工後のほ場では、地下水位が50cm以下に低下しており、十分に基準をみたしているが、暗渠排水施工前ほ場は、地下水位が33cm～34cmと条件に達してはいるが、最低条件に近い値である。

表-3 試験ほ場におけるほ場試験結果

試験ほ場	地下水位 (cm)	土壌水分率 (%)	コーン貫入抵抗値 (kgf/cm <sup>2</sup> )	備考	
			地表下20cmまでの平均値		
暗渠排水施工前	降雨3日目	32.9	84.9	6.54	
	乾燥状態	34.2	84.8	6.83	
暗渠排水施工後	降雨3日目	52.8	73.1	7.33	
	乾燥状態	57.8	70.8	7.77	

注1：地下水位は水位計による耕地面からの深さの計測値

注2：土壌水分率は地表面から深さ20cmまでの値（地表下10cmと20cmの平均）

### b) 牽引力試験結果

牽引力の測定方法は、牽引開始から牽引終了までの測定時間の中で、トラクターの速度が安定した状態で計測した10区間の平均値として整理した。

暗渠排水施工前及び施工後におけるマニュアルプレッダの牽引力は、降雨3日目の状態では、暗渠排水施工後が施工前に比べ0.82倍（716kgf÷878kgf）の牽引力となり、牽引力が約2割程度小さくなる結果となった。なお、暗渠排水施工後のほ場における牽引力試験結果で、降雨3日目ほ場の牽引力が乾燥状態のほ場に比べ小さくなっているのは、降雨3日目の3回目の牽引力が618kgfと小さくなっているためである。これは、トラクターの走行したほ場表面の凹凸が小さく、牽引力の変動幅が低位で推移したためである。（表-4）

一方で、乾燥状態のほ場での試験結果は、施工後が施工前の0.96倍と大きな差が見られなかった。これは、暗渠排水施工前ほ場においてもほ場が乾燥した状態では、地耐力が比較的高かった（6.83kgf/cm<sup>2</sup>）ことや、試験ほ場は、過去20年以上草地更新を行っておらず、牧草の根がマット状に絡みあうなど、ほ場表面の支持力が比較的大きくなった可能性が考えられる。

しかし、降雨後3日目の結果は、暗渠排水施工後、施工前の間に地耐力の差が見られ、この違いが牽引力

の差となって現れたものと考えられる。

さらに、トラクター走行後のほ場状態を比較すると、暗渠排水施工前では、地表にタイヤの後が残り（写真-8）、一部牧草がめくれ上がる様子が見られ、ほ場を傷めて牧草の生育に支障が懸念されるが、暗渠排水施工後のほ場では、ほ場のめくれは見られず、ほ場を傷めることは無かった（写真-9）

表-4 牽引力試験結果

試験区	試験	牽引力 (kgf)
暗渠排水施工前 (降雨3日目)	1回目	879
	2回目	884
	3回目	872
	平均	878
暗渠排水施工前 (乾燥状態)	1回目	786
	2回目	786
	3回目	819
	平均	797
暗渠排水施工後 (降雨3日目)	1回目	767
	2回目	764
	3回目	618
	平均	716
暗渠排水施工後 (乾燥状態)	1回目	777
	2回目	755
	3回目	776
	平均	769



写真-9 走行後のほ場状況（暗渠排水施工後）

### 5. 牽引力の違いによる燃料消費量の検証

トラクターの走行試験の結果、暗渠排水施工前後のほ場におけるトラクターの牽引力に約2割の差が生じる結果となった。この結果は、作業機を牽引するトラクターの動力（エンジン）に影響が及ぶが、動力は、牽引力（抵抗）と速度に関係し、次の式で算定することが出来る。

$$\text{動力[PS]} = \text{牽引力[kgf]} \times \text{速度[m/s]} \div 75 (\text{PS換算係数})$$

$$\text{※ } 1\text{PS} = 75\text{kgf} \cdot \text{m/s} \text{ (動力換算)}$$

このように、速度を一定とした場合、トラクターの動力は、牽引力の違いにより変化するものである。

さらに、トラクターの燃料消費量[g/h]は、動力[PS]に燃料消費率[g/PS・h]を乗じる事によって求めることができる。

このため、本試験結果で得られた2割の牽引力の差では、トラクターの動力が2割小さくなり、さらにトラクターの燃料消費量について2割の節減が図られると推定できる。

よって、トラクターの走行速度を一定（時速10km）とした場合の、暗渠施工前後のほ場におけるトラクターの燃料消費量、燃料費の節減を試算すると、燃料消費量で1.6リットル/h、燃料費換算で105円/hの節減が図られ、これは約20%の燃料経費の節減率と試算できた。

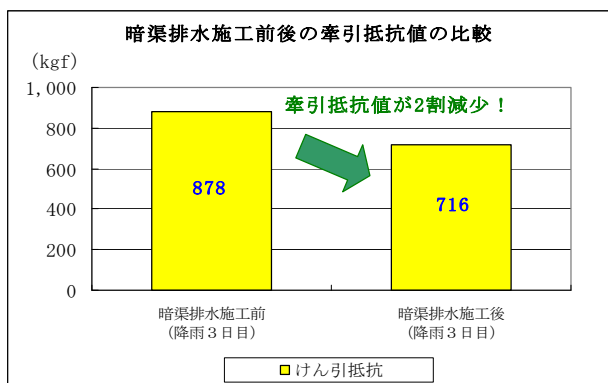


図-7 湿状態における牽引抵抗値の比較



写真-8 走行後のほ場状況（暗渠排水施工前）

表-5 時間当たり燃料消費量の差

試験ほ場	牽引力 (kgf)	走行速度 (m/s)	牽引出力 (ps)	燃料消費率 (g/psh)	燃料消費量 (g/h)	リットル換算燃料消費量 (L/h)	時間当たり燃料費 (円/h)	燃料費比率
	①	②	③=①×②÷75	④	⑤=③×④	⑥=⑤÷0.86kg/L	⑦=⑥×軽油66円/L	
暗渠施工前	878	2.8	32.8	220	7,216	8.4	554	100
暗渠施工後	716	2.8	26.7	220	5,874	6.8	449	81
差	162		6.1		1,342	1.6	105	

※軽油単価は農家が利用している免税軽油の値  
※燃料費比率は、暗渠施工前を100とした時の値

この結果を基に、A農家から聞き取った年間作業時間(462.4時間)から、単純に燃料費の試算を行うと、年間約5万円の燃料費の節減が図られる結果となった。

さらに、燃料消費量の削減を二酸化炭素の排出量に換算すると、年間1,942kgの排出量が削減できると試算でき、事業効果として、温室効果ガス排出量の削減にも寄与している。

A農家経営状況	
経営面積	95.0ha (乾草55.0ha、放牧40.0ha)
年間機械作業時間	462.4時間 (乾草 398.4時間、 放牧 64.0時間)
○燃料費節減	
燃料節減額	462.4時間 × 105円/h = 48,552円/年
○温室効果ガス(CO <sub>2</sub> )の削減量	
1h当りCO <sub>2</sub> 削減量	1.6% <sub>2</sub> /h × 2.62 (係数) = 4.2kg/h
年間CO <sub>2</sub> 削減量	462.4時間 × 4.2kg/h = 1,942kg

図8 年間燃料費節減額及びCO<sub>2</sub>削減量 (A農家試算)

## 6. おわりに

今回の調査では、暗渠排水施工後と暗渠排水施工前で、トラクターが作業機を牽引する時の牽引力に差が見られ、約2割の違いが生じる結果となった。

この結果から、暗渠排水施工後のほ場では、降雨後の排水性に改善(地下水位の低下)が見られ、地耐力の回復も早く、トラクターの牽引作業における牽引力が小さくなったと言える。さらに、牽引力の違いは、トラクターの消費動力の違いとなり、牽引力の差分だけ消費燃料も少なくなるという結果となった。

以上から、暗渠排水工の実施により、結果的に排水性が良く、十分な地耐力を有するほ場が造成されることは、効率的でエネルギー消費の少ない(今回の調査では約2割減)営農作業の展開に繋がるほか、無理な作業によ

るほ場の損傷、ひいては牧草生育へのマイナス要因が少なくなると言える。

## あとがき

今回報告を行ったトラクターの走行試験の結果は、泥炭土型の総合農地防災事業における事業効果の一部である。

今後は、牧草収量調査を始めとする各種事業効果調査の結果を複合的に検証し、事業の実施による農業経営の改善について、効果発現のプロセスに沿った検証を行いたい。

特に、降雨後の地耐力の回復が早ければ早いほど、ほ場内作業可能時間が増加し、牧草の収穫期においては、適期収穫が容易になるものと考えられる。

謝辞：トラクター走行調査にあたって、調査に協力・支援を頂いた、北海道大学農業循環工学研究室近江谷准教授を始め、その他多くの関係者の皆様に対して、紙面を借りて深く感謝致します。

## 参考文献

- 1) 改訂 農業機械ハンドブック(農業機械学会編 昭和44年)
- 2) 土地改良事業計画設計基準 計画「暗渠」(農林水産省構造改善局 平成12年11月)
- 3) 農業動力学(朝倉書店 昭和50年)
- 4) 温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン(平成19年3月 環境省地球環境局)