

# 転換畑の圃場面傾斜化による排水・灌漑促進効果

若杉晃介\*・藤森新作\*

## 目 次

緒 言 .....	185	3 降雨に伴う排水状況 .....	189
1 はじめに .....	185	傾斜化圃場の土壌物理性 .....	190
2 転換畑における既存の排水・灌漑技術 .....	185	1 試験の概要 .....	190
3 圃場面傾斜化技術 .....	186	2 調査方法 .....	190
傾斜度別の灌漑、排水状況及び土壌流亡 .....	186	3 傾斜化圃場の固相率 .....	190
1 試験の概要 .....	186	傾斜化圃場の均平精度の経年変化.....	191
2 地表灌漑試験 .....	186	1 試験の概要 .....	191
3 表面排水試験 .....	187	2 調査結果 .....	191
4 土壌流亡試験 .....	187	3 傾斜化圃場における水稲栽培 .....	192
傾斜化による排水と灌漑の促進効果 .....	187	結 言 .....	192
1 試験の概要 .....	187	参考文献 .....	192
2 地表灌漑による湛水と排水状況 .....	188	Summary .....	193

## 緒 言

### 1 はじめに

「米政策改革大綱」では、米需要の減少が著しい昨今、田畑輪換を中心とした持続的な輪作体系に基づく水田営農の必要性が唱えられている。しかし、水田において、麦・大豆・飼料作物等の本格的生産を図るためには、低コスト・省力化栽培技術体系の確立と畑作化の阻害要因である湿害や早魘害を克服しなければならない。畑作物は長時間に渡る湛水や多湿状態があると湿害が発生し、一方、早魘時や大豆の開花期においては灌漑を必要とする。特に近年は異常気象が多発していることから、湿害と早魘害の両方に対応できる技術が求められている。また、低コスト・省力化栽培技術体系の確立において、大区画圃場に対応した迅速な灌漑・排水技術を必要としている。

本研究では大規模経営農家等の所有が近年増加している、クローラ型トラクタとレーザープラウ、レーザーレベラーを用いた圃場面傾斜化が田面排水と畝間灌漑の促進に果たす効果、及び傾斜化に伴って発生が懸念される土壌流亡について、農業工学研究所内の圃場で試験を実施した。

また、農林水産省農村振興局資源課による「畑作対応水田基盤管理技術策定調査」において、傾斜化の現地実証試験を実施している圃場で、傾斜化が圃場の土壌物理性に及ぼす影響や傾斜均平精度の経年変化を調査・分析した。

### 2 転換畑における既存の排水・灌漑技術

#### a 排水技術

湿害を回避する一般的な技術には本暗渠施工がある。しかし、これを農家が自ら実施することは、コスト的にも技術的にも不可能に近い。また、営農技術として、土壌の透水性改良や地表水排除を目的とした弾丸暗渠や明渠、畝立てなどもあるが、作付け毎にメンテナンスが伴うことから、大規模経営に適した技術とは言い難い (Table 1)。

Table 1 既存の排水技術  
Existent of drainage techniques

地表水排除	土壌透水性改良	地下水排除
明渠	心土破碎	本暗渠
畝立て	弾丸暗渠	組合わせ暗渠
etc	もみから暗渠	etc
	深耕、土壌改良	
	etc	

#### b 灌漑技術

畝間灌漑が一般的であるが、水尻側まで用水が到達するには長時間を必要とし、水口付近で湿害が発生する恐れがある。他の方法としては、ドリップやスプリンクラ

\*農地整備部水田整備研究室

平成18年1月10日受理

キーワード：傾斜化圃場，転換畑，表面排水，地表灌漑，表面  
浸食

一灌漑もあるが、大規模な土地利用型農業における転換畑には適していない。

一方 暗渠排水組織を活用した地下灌漑方式も存在し、最近では低コストで容易に地下水水位制御が可能なシステムが開発され普及しつつあるが、農家が自らの技術と経費で行うことは不可能である。

### 3 圃場面傾斜化技術

#### a 圃場面傾斜化技術の概要

本技術では、レーザーコントロールシステムを装着した40ps以上のクローラ型トラクタの使用が前提であり、予め定めた傾斜度で発光するレーザー光線に追従するプラウおよびレベラーを使用することで、均平精度の高い傾斜化した圃場面を造る。これによって、低コストで省力的な表面排水と地表灌漑が可能となる。

#### b 発芽・生育の安定化効果

灌漑と排水の促進効果によって、旱魃害や湿害が回避される。また、大豆の播種時期が梅雨と重なり、適期作業が困難となっていたが、表面排水の促進によってこれが解消される。さらに、レーザーレベラーによって均平精度が向上することによって播種深が一定となり、発芽率も向上する。

#### c 低コスト・省力化技術の導入

近年、低コスト・省力化技術で注目されている麦及び大豆の不耕起狭畦栽培を行う上でも本技術は有効である。狭畦栽培は、通常は50cm～75cmの畝間に対して、30cmの狭畦とすることで個体本数が増加すると共に、作物自体による日照の地表面到達遮断で抑草効果も発揮され、中耕・培土を省略できる省力的栽培技術である。また、不耕起であることから、地表面が締まり、雨水の降下浸透が抑制されると共に、高い畝が存在しないため、圃場排水の迅速化が図られ、安定的に畑作物を栽培することができる。

なお、本研究は農林水産省農村振興局からの受託研究「畑作対応水田基盤管理技術策定調査」(平成13年度～16年度)において実施したものであり、現地圃場におけるデータ収集等に尽力頂いた本省および各農政局計画部資源課の各位に記して謝意を表します。

### 傾斜度別の灌漑，排水状況及び土壌流亡

#### 1 試験の概要

##### a 試験項目

レーザーレベラーを用いて、傾斜度0，0.5‰(1/2000)，1‰(1/1000)，3‰(1/333)の圃場を造成した。地表面における用水の到達状況と必要用水量、及び湛水後の排水状況と排水量などを通水試験並びに現実の降雨によって把握した。また、傾斜化に伴う表面侵食の発生が懸念されたため、土壌流亡量についても調査した。

#### b 調査圃場の概要

各傾斜度の圃場造成は、所内(30×70m区画)の同一圃場で実施した(Fig.1)。圃場は裸地状態で土壌は関東ロームである。また、コンクリート畦畔で四方が囲まれ、地下60cmの位置にビニールシートが敷かれた有底圃場であり、畦畔漏水及び降下浸透は発生しない。

各傾斜度で造成した後、10mメッシュ(18地点)でレーザー測量器を用いて水準測量を行い、計画高と実測高との差の標準偏差(均平度)を算出した結果、傾斜度0，0.5‰，1‰，3‰で各々が6.3mm，11.8mm，7.5mm，1.2mmであった。ほ場整備事業における基準は27mmであることから、各圃場は十分な均平度であると言える。

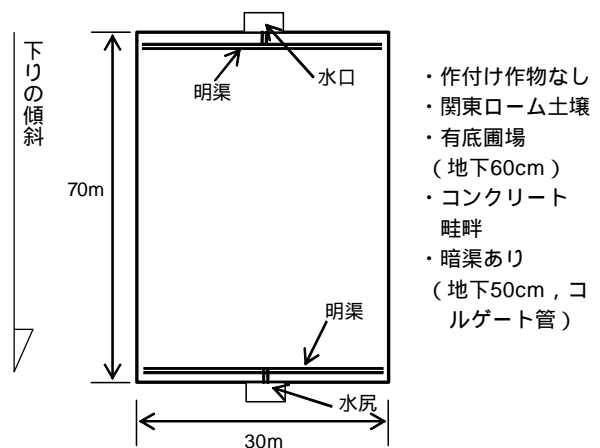


Fig.1 調査圃場の概要  
Survey field

#### 2 地表灌漑試験

##### a 試験方法

地表灌漑を24mm/hで行い、10分毎に用水到達(湛水)状況をスケッチすると共に、圃場全体に到達するまでの時間と用水量を計測した。

##### b 試験結果

水平圃場は用水到達に約2時間を要し、この時の用水量は45.7mmであったが、傾斜化圃場は何れの傾斜度においても水平圃場より30分以上短縮され、用水量も約30%減少した(Table 2)。なお、この試験において、傾斜度は0.5‰より急傾斜としても、用水到達時間及び用水量は変化しないことが判明した。

Table 2 傾斜度別の灌漑状況

Water supply situation at different gradients of slope

傾斜度(‰)	用水供給時間(分)	用水量(mm)	試験前の圃場の体積含水率(%)
0	122	45.7	40.1
0.5	90	35.7	41.9
1	83	30.5	42.1
3	90	31.4	-

- : 未調査

c 明渠施工の効果

水口から流入した用水は、中央部を流下して水尻に到達するが、長辺方向の側面近傍は水尻からの逆流によって満たされるため、圃場全体への用水到達時間が遅延すると共に用水量も多くなる (Fig.2)。そこで、水口側に明渠を施工した結果、用水は明渠からほぼ均一に流下し、時間、用水量はともに明渠なしの1/4以下となった (Fig.1, 2)。なお、均一に流下させるためには明渠の圃場側を均平にする必要がある。

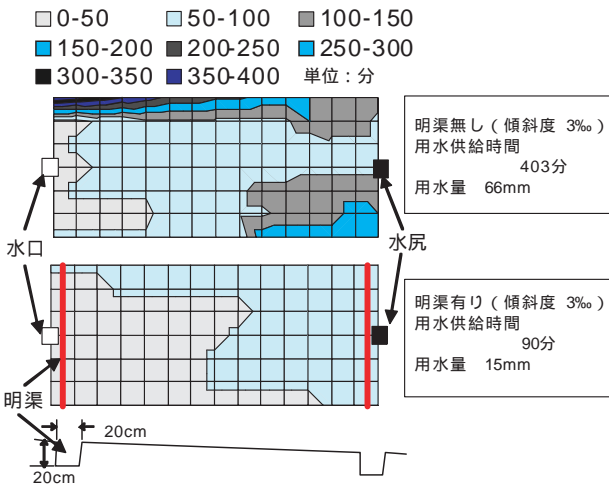


Fig.2 明渠の有無による用水到達時間

Surface irrigation situation with and without open ditch

3 表面排水試験

a 試験方法

傾斜度0, 0.5‰, 1‰の圃場において、24mm/hの掛け流し灌漑を行い、水尻からの排水量を5分ごとに計測した。

b 試験結果

灌漑を開始してから排水が始まるまでの時間は、水平圃場で45分、傾斜度0.5‰で21分、傾斜度1‰で25分であった (Fig.3)。また、排水量は水平圃場で11.6mm、傾斜度0.5‰で18.1mm、傾斜度1‰で18.0mmであった。表面排水を促進するには傾斜度が0.5‰以上であればよく、これよりも急傾斜とする必要がないことが明らかとなった。

4 土壌流亡試験

a 調査方法

排水試験中のSS濃度と排水量から土壌流亡量を算出した。また、調査圃場に隣接した傾斜度1‰のトウモロコシ収穫後 (刈取り後の残渣有り) の圃場と傾斜度2‰で大豆の栽培中の圃場においても同様の調査を実施した。

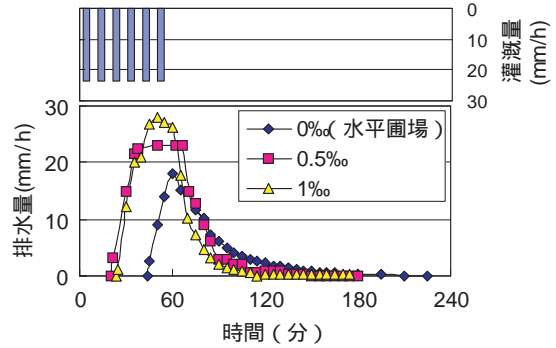


Fig.3 傾斜度別排水量

Water drainage at different gradients of slope

b 調査結果

裸地状態において灌漑した場合、傾斜度0.5‰が3.0g/m<sup>2</sup> (10a当り3kg) で最も少なく、水平圃場は30.9 g/m<sup>2</sup> (同30.9kg) と最も多い結果となった (Table 3)。整地直後で土壌が安定化していない状態における試験であったことが原因して流亡量は多かったと思われる。なお、傾斜の有無や傾斜度による差は見られなかった。

一方、自然降雨に伴う土壌流亡は、裸地状態の傾斜度0.5‰で発生したが、作付け作物や収穫後の残渣で圃場面が覆われた状態ではほとんど発生しなかった。

Table 3 排水試験と降雨による土壌流亡量

Amount of soil loss for Surface Irrigation and rainfall

傾斜度 (%)	圃場内の状態	灌漑方法	用水量・降雨量 (mm)	土壌流亡量 (g/m <sup>2</sup> )
0	裸地	掛流し	24	30.9
0.5	裸地	掛流し	24	3.0
1	裸地	掛流し	24	18.4
0.5	裸地	降雨	126	14.9
1	トウモロコシ収穫後	降雨	126	0.3
2	大豆栽培中	降雨	126	0.4

傾斜化による排水と灌漑の促進効果

1 試験の概要

a 試験項目

農業工学研究所内の40×110m区画の隣接する2筆の圃場を用いて、地表灌漑及び排水試験、現実の降雨に伴う排水状況を調査した。また、区画の形状による効果の違いについて調べた。

b 調査圃場

一筆は傾斜度1‰で傾斜均平、もう一筆は水平均平を行った (Fig.4)。土壌は両圃場ともに、関東ロームである。造成は、平成14年11月に実施し、栽培は麦の後、大豆を不耕起狭畦栽培で行った。

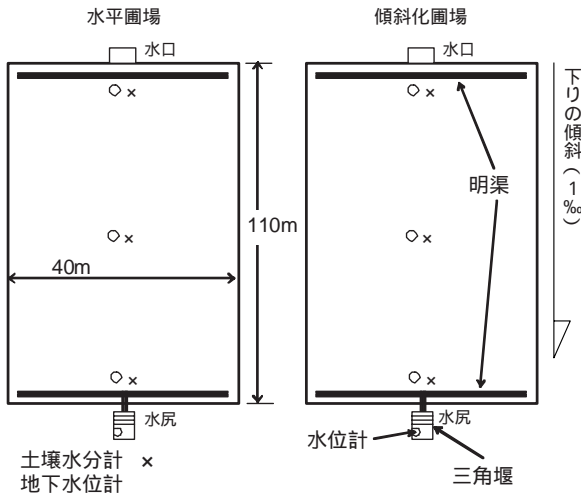


Fig.4 調査圃場と計測器の概要  
Survey fields and measuring instrument

c 調査圃場の平均精度

大豆播種前に10mメッシュで水準測量を行った結果、水平圃場の高低差は2~3cmの範囲内であった (Fig.5)。傾斜化圃場は、水口側と水尻側で約13cmの高低差があり、10m毎に約10mm下がる均等な傾斜を維持していた。また、均平度を算出した結果、水平圃場は5.6mm、傾斜化圃場は7.0mmであった。両圃場は麦の収穫後にも係わらず高い精度で均平化が維持されていたと言える。

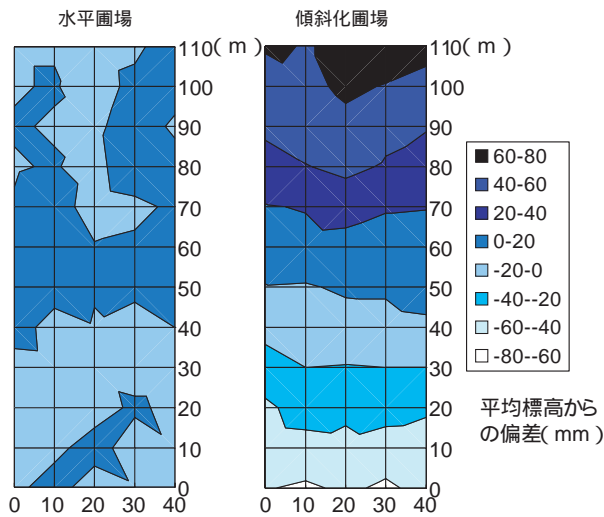


Fig.5 調査圃場の水準測量結果  
Leveling of survey fields

d 計測器の概要

両圃場に水口から10m地点、圃場中央部、水尻から10m地点に地下水水位計及び土壌水分計、水尻に田面排水量を計測するための三角堰を設置した (Fig.4)。また、

水口側には地表灌漑を行う際に均等な用水流下を図ることを目的として明渠を施し、水尻側についても田面排水を迅速に集水するために同様の対策を図った。

地下水位は圧力式水位計を用いて、-100cmから+1cmの範囲の水位変動を10分間隔で計測し、データロガーに記録した。また、土壌水分はTDR土壌水分計を用いて、地表面から-20cmの範囲の体積含水率を10分間隔で計測し、データロガーに記録した。田面排水量は三角堰のヘッド (h) を圧力式水位計で1分間隔に計測し、データロガーに記録して下記の計算式により流量 (Q) を算出した (Fig.6)。

$$Q=0.577Kh^{5/2}$$

Q : 流量(m<sup>3</sup>/min)

h : 三角堰のヘッド(m)

K : 流量係数 = 83+0.00625 / Bh<sup>3/4</sup>

B : 水路の幅(m)

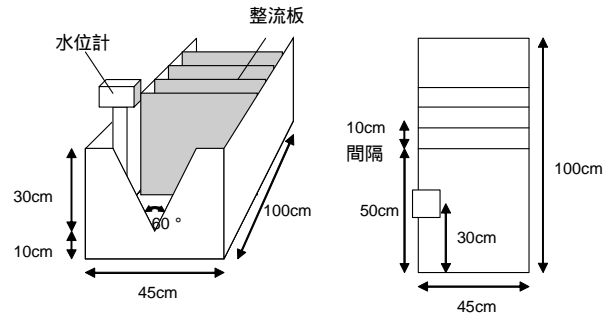


Fig.6 三角せきの概要  
Triangular measuring weir

2 地表灌漑試験

a 調査方法

本試験における両圃場の前提条件は、転換畑で大豆播種後であり、落水口を開放して地表灌漑を行い、圃場全体に用水が到達 (田面が湿潤な状態となる) するまでの時間及び用水量を調べた。また、その後も灌漑を継続して湛水状態とした後の排水状況を、表面排水量及び地下水位、土壌水分によって把握した。灌漑は平成15年8月6日の14:00から翌日の6:00 (17時間) まで約8mm/hの連続灌漑を行い、総量は136mmであった。

b 地表灌漑状況

傾斜化圃場は、灌漑を開始して約4時間後に水尻からの排水が始まり、一方、水平圃場は約9時間後から始まった (Fig.7)。圃場全面への用水到達に要した水量は傾斜化圃場で130m<sup>3</sup>、水平圃場は315 m<sup>3</sup>であり、傾斜化圃場は用水到達時間と用水量は共に水平の半分以下となった。

c 表面排水状況

(1) 田面排水

田面からの排水量は傾斜化圃場が14.6mm (64.2

m<sup>3</sup>), 水平圃場は1.1 mm (5.0 m<sup>3</sup>) となり, 灌漑量に対して傾斜化圃場で10.8%, 水平圃場は0.8%であった (Fig.7)

(2) 地下水位・湛水時間

灌漑を開始して約6時間後に両圃場で湛水が発生した (Fig.7)。湛水継続時間は傾斜化圃場で約12時間, 水平圃場では約16時間となり, 傾斜化圃場は水平圃場よりも4時間早く湛水が解消した。

(3) 土壌水分

試験開始前の土壌水分は両圃場ともに35%であったが, 湛水中は38%前後まで上昇した (Fig.7)。また, 湛水の解消後, 約6時間で両圃場の土壌水分の低下が始まった。

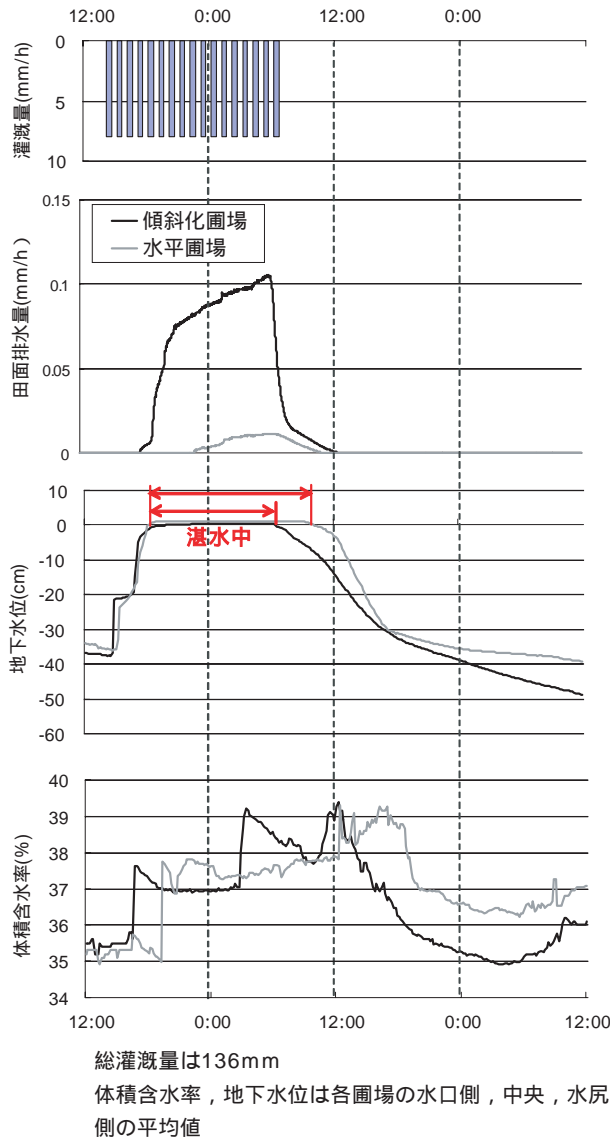


Fig.7 地表灌漑試験による田面排水量, 地下水位, 体積含水率

Amount of water drained from field surface, volume water content and subsurface water level for Surface Irrigation

傾斜化圃場は田面排水量が多く, 湛水の解消も早かったことから, 水平圃場に比べて速やかに平衡状態となった。

4 降雨に伴う排水状況

a 調査方法

平成15年8月14日から15日の降雨 (総降雨量150mm) による田面排水量及び地下水位, 土壌水分の計測を行った。

b 調査結果

(1) 田面排水量

傾斜圃場で23.4mm (103.0 m<sup>3</sup>), 水平圃場は14.0 mm (61.6 m<sup>3</sup>) となり, 流出率は傾斜圃場が17.2%, 水平圃場は10.3%であった (Fig.8)。地表灌漑試験時の

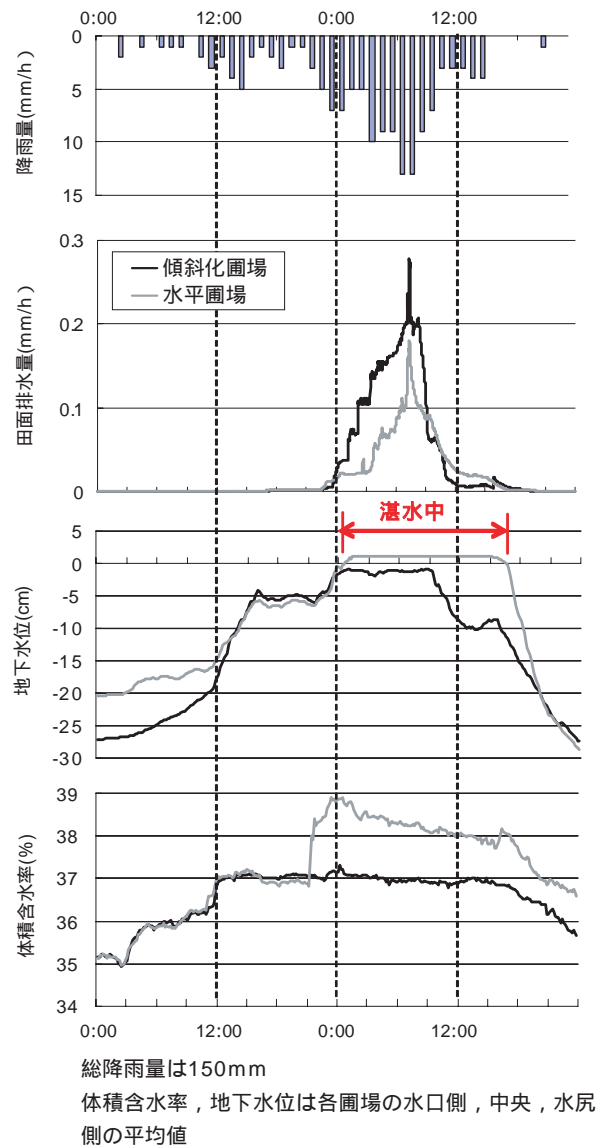


Fig.8 自然降雨時の田面排水量, 地下水位, 体積含水率

Amount of water drained from field surface, volume water content and subsurface water level during the rainfall

流出とは異なり、降雨は圃場全体に均一に降るため、排水の始まる時間は両圃場でほぼ同時であった。また、降雨強度がピークとなった13mm/hの時に田面排水量もピークを示した。

(2) 地下水位・湛水時間

水平圃場は地下水位が上昇して約17時間湛水状態となったが、傾斜化圃場は湛水には至らなかった (Fig.8)

(3) 土壌水分

水平圃場は湛水に伴い土壌水分が急激に上昇し38~39%になったが、傾斜化圃場は水平圃場に比べ1~2%低い状態で推移した (Fig.8)。そのため、傾斜化圃場は降雨後も速やかに土壌水分が低下した。

傾斜化圃場の土壌物理性

1 試験の概要

a 試験項目

傾斜化圃場の造成に伴い、圃場内に切土部と盛土部が発生する。盛土部分は土が膨軟となることから、鎮圧を行わないと時間の経過と共に沈下する恐れがある。一方、切土部分は心土が表面に出現するなど土の組成が変化する恐れがあることから、三相分布を測定し、傾斜化が土壌の物理性に与える影響を調査した。

b 調査圃場の概要

農林水産省農村振興局資源課による「畑地対応水田基盤管理技術策定調査」において、圃場面傾斜化技術の実証を行っている全国7地区の圃場を対象とした (Table 4)。地区によって作付状況や面積は異なるが傾斜度は全て1‰であった。

2 調査方法

三相分布はRI水分密度計 (Soil and Rock Engineering社製 形式ANDES) を用いて表土から10cmの範囲で計測した。計測は各調査圃場の傾斜方向において、圃場を4等分する測線を設け、その測線上に

10m間隔で測点を設定した (Fig.9)。水口側から中央の測線は測線“C”，右側は測線“R”，左側は測線“L”とし、それぞれの測点は測点1，測点2，測点3・・・とした。各地区の傾斜化圃場に隣接する水平圃場については測線“C”の水口側，中央，水尻側の3つの測点を設けて同様の調査を行った。

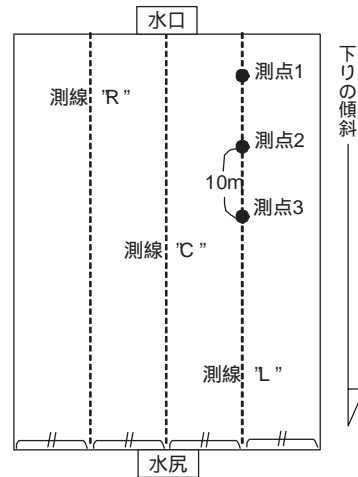


Fig.9 三相分布計測地点  
Research points of three phases of soil

3 傾斜化圃場の固相率

調査地区毎に作付け状況や土壌の違いがあり、固相率は大きく異なっていた (Fig.10)。圃場内において、盛土部 (水口側) は固相率が低く、切土部 (水尻側) は高いことが予想されたが、明確な差は認められなかった。このことから、事前に表土厚の調査を行い、心土が露出しないことを確認し、造成時に盛土となる部分に十分な転圧を加えることで、傾斜化造成が土壌の物理性に与える影響は少ないと思われた。

Table 4 調査地区の圃場概要  
Farm fields at each survey area

調査地	北海道	宮城県	茨城県	岐阜県	福井県	兵庫県	島根県
	南幌地区	古川地区	新利根地区	海津地区	福井地区	加西地区	斐川地区
作付状況	麦収穫前	大豆播種後	麦収穫後	麦収穫後	大豆播種後	麦収穫後	大豆播種後
区画 (m×m)	172×83	105×91	100×90	75×280	174×200	124×50	103×50
調査地点	17×3	9×3	9×3	6×3	16×3	11×3	9×3
傾斜度	1‰	1‰	1‰	1‰	1‰	1‰	1‰

区画は傾斜方向×等高線方向

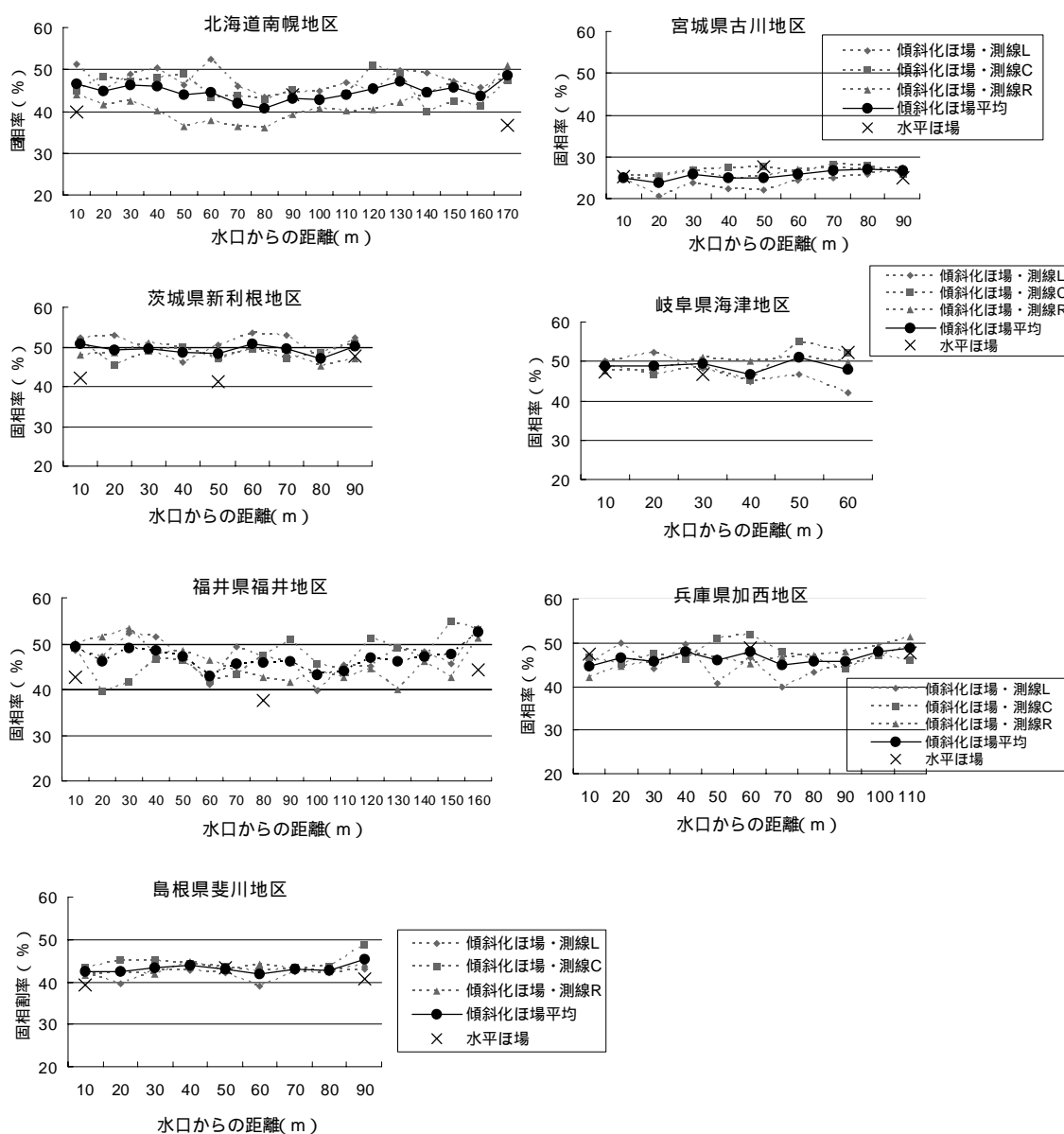


Fig.10 調査地区の傾斜化圃場と水平圃場の固相率  
Solid phase of sloped farm field and horizontal farm field at each survey area

### 傾斜化圃場の均平精度の経年変化

#### 1 試験の概要

##### a 試験項目

傾斜化による灌漑及び排水促進効果の経年変化は、圃場造成に要する経費と関わって、農家の営農コストに影響を与えることから、現実の営農現場において均平精度の経年変化を調査した。

##### b 調査圃場の概要

調査は、農林水産省農村振興局資源課による「畑地対応水田基盤管理技術策定調査」において傾斜化を図った、茨城県新利根地区（泥炭土壌）の傾斜化圃場と隣接する

水平圃場で実施した（Table 4）。この圃場は、平成13年6月に傾斜度1‰で造成し、その後大豆と大麦の不耕起栽培を行った。また、水平圃場も傾斜化圃場と同時に整地均平化を図り、同様の営農を行った。

#### 2 調査結果

造成直後の均平度は傾斜化圃場と水平圃場でそれぞれ11.9mmと10.3mm、その後、大豆と大麦を作付けたが均平度はほとんど変化せず、傾斜度も維持されていた（Table 5, Fig.11）。ただし、枕地部分は収穫時にコンバインの旋回によって轍が発生することから、この部分の整地を必要とする。

Table 5 調査圃場の均平度  
Land leveling accuracy of survey fields

単位：mm

調査時期	傾斜化圃場	水平圃場
傾斜化均平後 (平成13年6月)	11.9	10.3
大豆収穫後 (平成13年11月)	12.2	13.2
大麦収穫後 (平成14年6月)	12.6	13.5

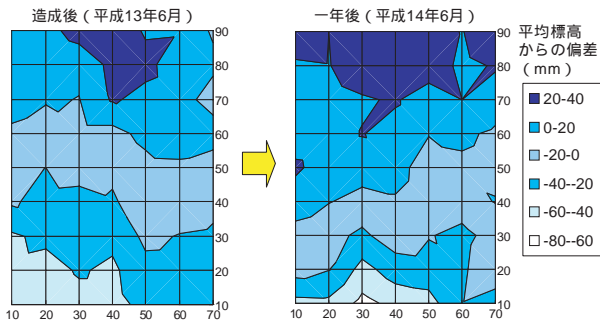


Fig.11 傾斜化圃場の造成一年後の標高マップ  
Altitude after making sloped farm field and after one year

3 傾斜化圃場における水稻栽培

水平圃場は既存の排水技術である、明渠や弾丸暗渠を必要とするが、傾斜化と不耕起栽培の組み合わせは、その効果の1年以上の継続が可能であり、営農の省力化が実現する。また、傾斜度1%で水稻の栽培を実施した事例では、圃場の全体収量は水平圃場と大差がみられなかった (Table 6)。

Table 6 傾斜化圃場的水稻収量  
The rice crop at sloped farm field

単位：kg/10a

	傾斜化圃場	水平圃場	栽培方法	備考
宮城県古川地区	258	265	移植	冷害により収量減少
	536	542	移植	
岐阜県海津地区	412	424	乾直	
兵庫県加西地区	227	240	移植	台風により収量減少
熊本県白浜地区	428	419	移植	

結 言

圃場面傾斜化技術の導入に伴って、灌漑、排水、作物生育、営農技術等に与える影響と効果を検証した。その結果、

- 1) 表面排水が促進され、長時間の湛水が発生せず、湿害が回避される。また、地下水位や土壤水分が速やかに低下し、圃場面が迅速に乾燥する。
- 2) 地表灌漑時には、用水供給時間の短縮と用水量の削減が図れる。特に、水口と水尻の距離が長いほど、その効果は顕著である。
- 3) 地表灌漑を行う際、水口側に明渠を施工することで、用水が均一に圃場面を進行し、傾斜化の効果がさらに向上する。
- 4) 傾斜度は0.5%以上であれば、傾斜度を大きくしても、その効果は変わらない。
- 5) 傾斜化が降雨に伴う表土の侵食に与える影響は少ない。
- 6) 傾斜化が圃場の土壤物理性 (固相率) に与える影響は少ない。

圃場面傾斜化技術の普及に当たり、適用マニュアルを作成し、農村振興局において印刷・発行を行った (農林水産省, 2005)。また、短時間で傾斜化圃場の造成を図れる工法の開発を行った (若杉・藤森, 2006)。

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局資源課 (2005) : 傾斜化技術適応に当たっての手引き - 畑作対応水田基盤管理技術策定調査 -
- 2) 若杉晃介・藤森新作 (2006) : 効率的な傾斜化圃場造成技術の開発, 農工研技報, 204



# Drain and irrigation facilitator effect on making sloping farm field of converted fields

WAKASUGI Kousuke, FUJIMORI Shinsaku

## Summary

To promote the full-scale production of barley, soybean, crops for feed, or other farm produce in farm fields converted from paddy fields, an essential requirement is overcoming possible wet damage, drought damage or other impedimental factors to upland farming. Therefore, a new technology that reclaimed the sloping farm field was developed. This technology makes the sloping ground with high accuracy by using the laser plow and laser leveler controlled by the laser light beam.

Then, the effect that the sloping farm field gave to surface drainage and surface irrigation was examined in this research. And the influence given to physics and erosion of the soil was examined.

Keywords : Sloped farm field, Converted field, Surface drainage, Surface irrigation, Soil loss