

効率的な傾斜化圃場造成技術の開発

若杉晃介*・藤森新作*

目 次

緒 言	195	8 レーザーレベラー作業.....	197
傾斜化圃場造成方法	195	傾斜化圃場造成技術の開発	198
1 造成作業フロー.....	195	1 一般的な傾斜化圃場造成	198
2 事前調査	195	2 効率的なレーザーレベラー工法	199
3 圃場区画の規模.....	196	3 新工法による傾斜化圃場造成	200
4 傾斜方向	196	結 言	201
5 傾斜度	196	参考文献	201
6 整地時期	197	Summary	202
7 レーザープラウ作業	197		

． 緒 言

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魃害を克服しなければならない。圃場面傾斜化技術は表面水の排除と早魃時における用水供給を迅速かつ効果的に行える営農技術である。この技術では、レーザーコントロールシステムを装着した40ps以上のゴムクローラ型トラクタの使用を前提としており、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。

圃場面を傾斜化する際の造成作業は、通常の水平な整地作業に比べ、運土量が多く作業時間が増大することから、圃場面傾斜化技術を導入する際のデメリットとなる。そこで、本研究では短時間に傾斜化圃場造成を実現する工法を開発した。また、圃場面傾斜化技術を導入する際に、事前の調査や検討事項、通常とは異なる作業工程を行うため、傾斜化圃場造成に関する一連の作業方法等を整理し、技術の普及に寄与することとした。

なお、本工法の開発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。

． 傾斜化圃場造成方法

1 造成作業フロー

圃場面傾斜化技術を導入する際の作業フローをまとめた(Fig.1)。レーザープラウやレーザーレベラーによって傾斜化均平を図る前に表土厚や用・排水路の位置に関する事前調査や傾斜方向、傾斜度、整地時期などを検討する。特に圃場面の傾斜化は表面排水促進を目的とする技術であるが、暗渠排水や心土破碎、明渠といった従来からの排水技術との組み合わせなども考慮しながら土壌条件や排水不良の程度等に応じた対策を講じることが重要である。

2 事前調査

a 表土厚

傾斜方向や傾斜度等を検討するため、圃場の数カ所所で30cm程度掘って、表土の厚さやバラツキ等を調べる。

b 用・排水路の位置

傾斜化に伴い水口側では盛土、水尻側では切土となるため、田面標高は施工前よりも水口側が高く、水尻側は低くなる(Fig.2)。このため、用水路が開水路の場合、水路の嵩上げが必要になる場合があり、また、水尻が従来の圃場面よりも低くなることから、場合によっては排水マス掘り下げが必要がある(Fig.3)。したがって、事前に水口、水尻の標高等を調査し、その結果を考慮した傾斜角度や傾斜方向の設定、また、排水マス等の敷設替え等の造成計画を立てる必要がある。

*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：圃場面傾斜化技術，レーザーレベラー，レーザープラウ，スパイラル工法

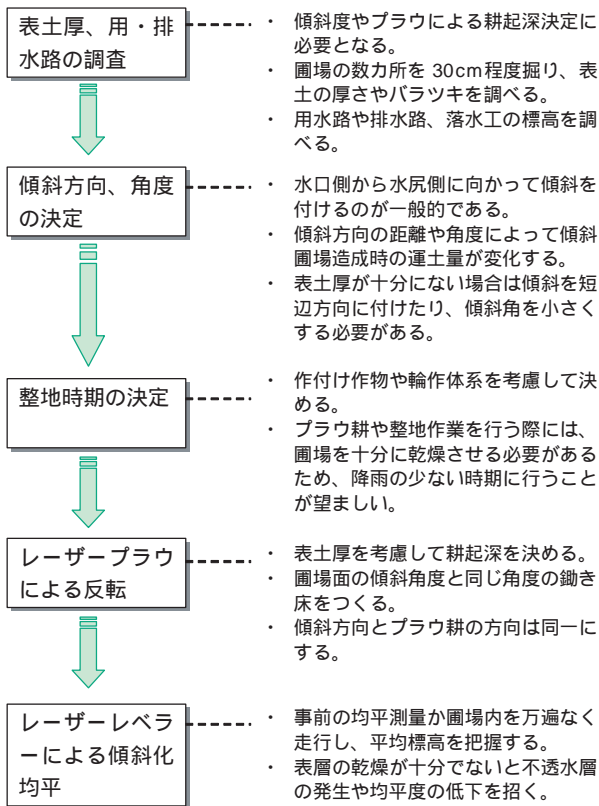


Fig.1 造成作業フロー
Flow chart of leveling work

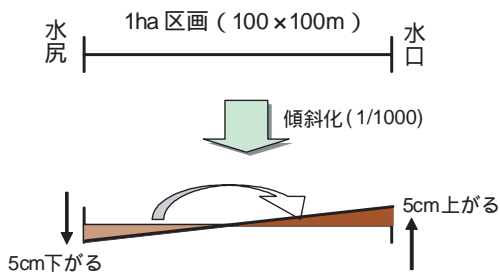


Fig.2 傾斜化後の水口・水尻の標高変化

Change in altitude of inlet and outlet after sloping farm field



Fig.3 排水マスの敷設替え
Drainage box construction

3 圃場区画の規模

区画 (傾斜方向の距離) が大きくなると整地時の運土量増大や表土に心土が混入するといった問題が発生する。また、区画が小さすぎると整地作業が困難となることから1ha程度が望ましい (Fig.4)。

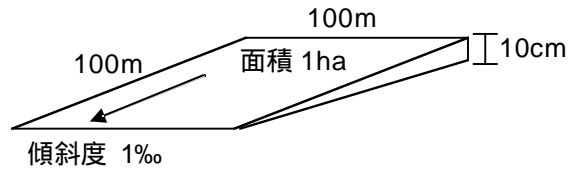


Fig.4 傾斜化圃場のモデルサイズ
Model size of sloped farm field

4 傾斜方向

傾斜方向は水口側から水尻側に向かって低くなるように付けるのが一般的である。しかし、傾斜化した際の高低差が10cm以上ある場合や表土厚が少ない場合は心土が露出し、作物の生育に支障をきたす恐れがあることから、短辺方向に傾斜を付ける。なお、この際には排水を水尻まで導く必要があるため、額縁明渠を施工する。

岐阜県海津町の2ha区画 (278m × 72m) において、長辺方向と短辺方向の両方で傾斜化均平 (傾斜度1%) を図った事例では、長辺方向の場合で28cmの高低差が生じ、切り土部で心土が露出して生育障害が生じた (Fig.5)。また、運土量の増大によって造成に6.3h/haを要した。一方、短辺方向の場合は心土が出ることもなく、造成時間も2.6h/haと大きく減少した。なお、短辺方向に傾斜化を図った場合においても、栽培方向は作業効率の面から長辺方向となり、畝や作物が障害となり畝間に湛水が発生する恐れがあることから、大豆栽培においては不耕起狭畦栽培を採用するなどの検討が必要である。

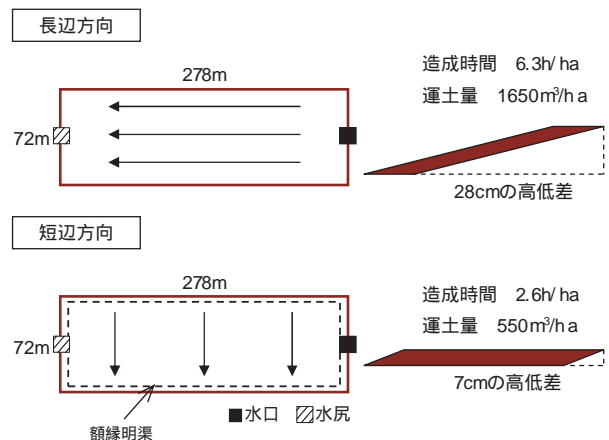


Fig.5 傾斜方向の違いが造成作業に与える影響

Influence that difference of direction of slope gives to work of leveling the land

5 傾斜度

傾斜化した圃場における用水到達および排水試験の結果から、造成する傾斜度が0.5‰（1/2000）以上であれば効果は変わらないことが明らかになっている（若杉・藤森，2006）。傾斜の程度は表土厚や用水路や落水口の高さといった土壌条件や圃場条件，作業条件等から総合的に判断する必要があるが，傾斜度が大きくなると運度量が増大することから，傾斜度は小さい方が望ましい。しかし，実際に営農現場で整地する際の均平精度は20～30mmとなるため，傾斜度が穏やかすぎると凹部で湛水が発生する場合があります，このことを考慮すれば1‰程度の傾斜度が適当である。

6 整地時期

輪作体系の中で，一般的には水稻作と麦作の間の9月中旬～11月中旬に整地作業を行う。整地に掛かる日数は，1haの圃場を前提とした場合では，プラウ耕に1日，その後の土壌乾燥で2日，傾斜化均平作業で1日が必要である。一連の作業には約4日～5日が掛かることから，5日以上降雨のない時期を選ぶ必要がある。

一方，麦作と大豆作の間（5月下旬～6月下旬）における作業も考えられるが，梅雨時期で降雨が多く，時間的な余裕もないことから困難な場合が多い。なお，最適な整地時期は全国各地の気象条件や栽培作物によって変化する。

7 レーザープラウ作業

傾斜化圃場造成後の表土厚を一定にするため，レーザー光線によって制御されたプラウにより，精度の高い傾斜した鋤き床を造る（Fig.6，7）。そのため，レーザー光線と圃場面の傾斜方向が一致するように発光器を設置する。また，必要とする耕起深を15cmとする場合（傾斜方向の延長100mで傾斜1‰の場合）は，傾斜上端の耕起深が15cmとなるように設定する。一方，作土が厚く土壌も膨軟でプラウ耕の必要がないと判断される圃場においても，地表部に作物残渣があるとレベラーで運土を行う際に盛土部に残渣が集積し，均平度が低下するなどの障害が発生する恐れがあることから，プラウ耕で反転させることが望ましい。

8 レーザーレベラー作業

a レーザーレベラー作業機

レーザーレベラーは均平度±15mmで整地ができる機械である（Fig.8）。通常の均平作業を行う場合はレーザーを水平に発光するが，傾斜圃場造成の場合は設定した傾斜角に合わせたレーザーを発光することで斜めに均平化を図ることができる（Fig.6）。また，レベラーの種類には直装式と牽引式があり，使用する作業機械（トラクタ）によって選択する必要がある（Fig.8，9）。

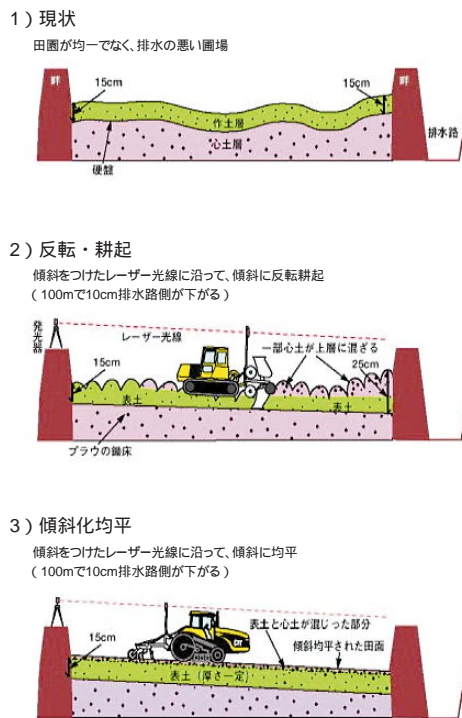


Fig.6 傾斜化整地均平作業
Work of making level and sloped farm field



Fig.7 レーザープラウ作業
Work of laser plow



Fig.8 レーザーレベラー（直装式）とゴムクローラ型トラクタ
Laser leveler attached on a crawler tractor



Fig.9 レーザーレベラー（牽引式）とホイール型トラクタ
Laser leveler attached on a wheel tractor

b トラクタの選択

トラクタに直装式レベラーを装着して、一定の角度で発光されるレーザー光線に合わせてレベラーを上下させるためには、レーザーコントロールセットを必要とする (Fig.8)。直装式レーザーレベラーは幅によって4タイプがあり、ゴムクローラ型トラクタの馬力との関係は、3m幅で40~60ps、4m幅は60~100ps、5m幅は100~125ps、6m幅は200ps以上である。

ゴムクローラ型トラクタは接地面積が広いことから、接地圧は100psで1.7kgf/cm²と低く、過転圧による透水性の悪化や均平精度を損なうことなく作業ができる。一方、牽引式はホイール型トラクタでも装着が可能である (Fig.9)。牽引式は大量の土を運ぶのに不向きなことから、50a以下の圃場規模に適している。

傾斜化圃場造成技術の開発

1 一般的な傾斜化圃場造成

a 一般的な造成工法

傾斜化圃場造成と通常の水平圃場整地作業ではレーザーブラウとレーザーレベラーの工程が異なることから、幾つかの圃場条件や作業条件による作業効率を調べた。傾斜化圃場では表土厚を一定にするため、レーザーブラウによって傾斜に反転耕起するが、トラクタの走行は水平圃場と同様である。

傾斜化圃場では、その後レーザーレベラーにより傾斜を付ける方向に前進と後進を繰り返し (一般工法)、全て同じ動きによって徐々に運土し、傾斜を付ける (Fig.10)。また、水平圃場の整地も同様に圃場全面に前進と後進を繰り返して均平を図る。単純な方法であるため簡単にでき、区画による制限を受けにくい、後進時は運土・整地作業を行っていないため時間ロスが発生する。

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「畑作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8カ所の傾斜化圃場とそれに隣接する水平圃場を対象とした (Table 1)。地区に

よって面積は異なるが、全て直装式レベラーとクローラ型トラクタを使用し、圃場面積に相応したトラクタやレベラーを使用した。傾斜度は熊本県白浜地区のみ0.5%としたが、それ以外は1%で造成した。

c レーザーブラウの作業効率

区画の形状や使用する機械、土壌条件等によって、作業効率は変化する。区画が2haと大きく、使用トラクタが200psを超える岐阜県海津地区や福井県河合地区は、0.3 h/ha、1.4 h/haと速い (Table 1)。一方、熊本県白浜地区は重粘土壌であることから、6.4 h/haを要した。また、傾斜化圃場と水平圃場の作業効率はほとんどの地区で同じ程度であった。

d レーザーレベラーの作業効率

区画の形状や使用する機械、土壌条件以外にオペレーターの熟練度等によっても異なるため、調査地区間の差が大きい (Table 1)。なお、茨城県新利根地区と福井県河合地区、岐阜県海津地区は、圃場面傾斜化技術の実証試験開始以前からレーザーレベラーによる均平化を図っていたため、水平圃場の整地時間は各々1.3、1.0、0.4 h/haと短時間であった。

傾斜化圃場の造成時間は同一地区における水平圃場整地と比較して、約2倍を要する。傾斜化圃場の造成時間を短縮することが、技術の普及に繋がることから、レベラー作業を短時間で行える工法を確立する必要がある。

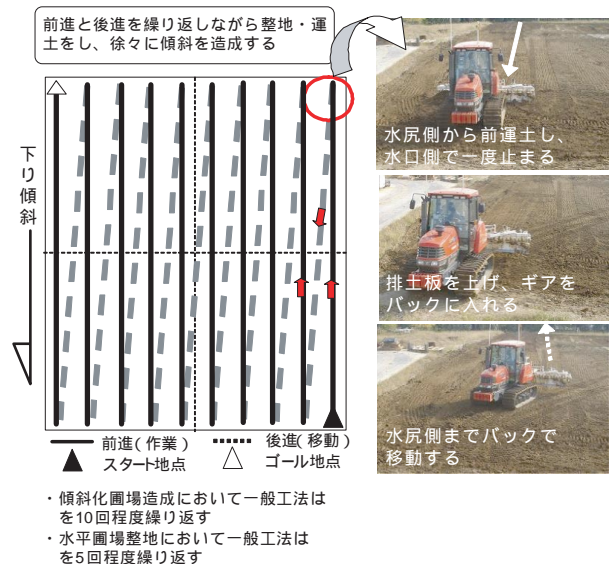


Fig.10 一般工法による傾斜化圃場造成及び水平圃場整地時のトラクタの走行軌跡

Tractor traveling traces in the conventional method for reclamation of sloped farm field and ground leveling of horizontal farm field

Table 1 傾斜化圃場造成と水平圃場整地時間
Reclamation of sloped farm field and ground leveling of horizontal farm field working hours

		北海道 南幌地区	宮城県 古川地区	茨城県 新利根地区	福井県 河合地区	岐阜県 海津地区	兵庫県 加西地区	島根県 斐川地区	熊本県 白浜地区
傾斜化圃場	面積(ha)	1.5	1.0	0.8	3.5	2.0	0.6	1.0	1.0
	傾斜度(‰)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5
	レーザーブラウ (h/ha)	2.0	2.0	1.3	1.4	0.3	3.0	3.9	6.4
	レーザーレベラー (h/ha)	7.6	8.0	6.1	8.6	6.0	27.1	14.0	12.0
水平圃場 (通常圃場の 整地)	面積(ha)	1.8	2.0	1.3	1.0	2.0	0.6	0.5	1.0
	レーザーブラウ (h/ha)	3.0	2.0	3.0	-	0.3	3.0	2.2	6.4
	レーザーレベラー (h/ha)	3.6	4.0	1.3	1.0	0.4	13.3	7.2	9.5
使用機械	トラクタの種類	クローラ型	クローラ型	クローラ型	クローラ型	クローラ型	クローラ型	クローラ型	クローラ型
	トラクタの馬力(ps)	100	120	100	200	238	75	85	105
	レベラーの幅(m)	4	5	4	5	6	4	4	4
土壌タイプ	泥炭土	重粘土	泥炭土	重粘土	砂壤土	重粘土	重粘土	重粘土	重粘土

2 効率的なレーザーレベラー工法

a 新工法の開発

(1) 2段階工法

傾斜化を図る圃場を盛土部分と切土部分の2つのステージに分けて運土・整地を行う2段階工法を開発した(Fig.11)。1行程の移動距離が短いため、一度に大量の運土ができるメリットがある。一般工法と同じく後進時は運土・整地作業を行っていないため時間ロスが発生するが、傾斜方向の距離が大きくなると運土量や移動距離が増大することから、圃場の形状によっては有効な工法である。

(2) スパイラル工法

前進を主体として、運土・整地作業を行う工法を開発し、作業時間の短縮を図った(Fig.12)。

圃場の両端で大きく回転し、次の整地ラインに進むため、走行を停止することなく効果的に運土ができる。なお、一般工法や2段階工法では、後進時にオペレータは常に後ろを振り返る必要があり、肉体的な負担が大きかったが、これが軽減できる。

回転による運土の次は、横方向の均平精度の向上を図るために斜め走行を行い、最後に縦走行で仕上げる。

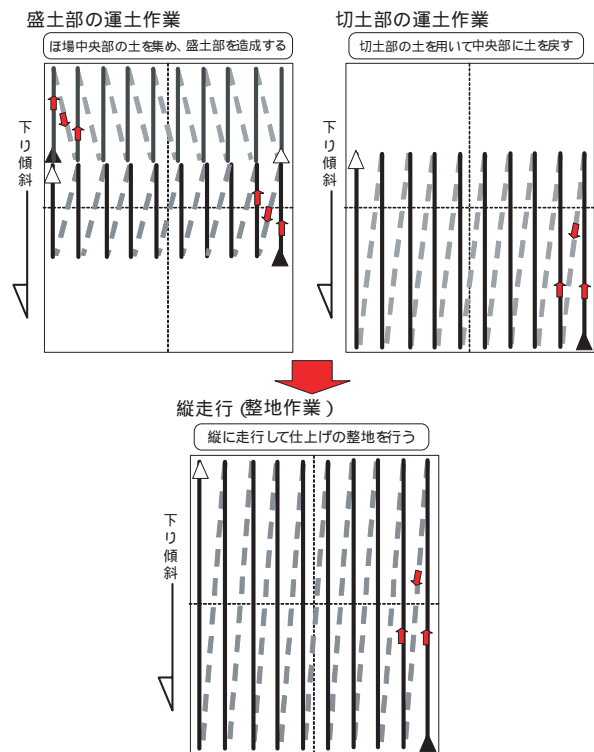


Fig.11 2段階工法によるトラクタの走行軌跡
Tractor traveling traces in the two stages method

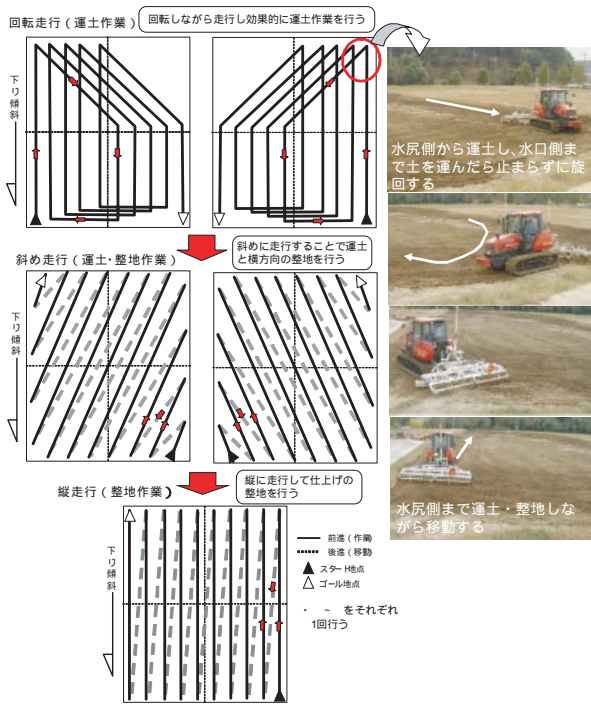


Fig.12 スパイラル工法によるトラクタの走行軌跡
Tractor traveling traces in the spiral method

b 付帯技術の開発

(1) 水口側の運土方法

トラクタの車両長分の運土は、前・後進作業のみではできず、従来は後進と排土板の裏側で行っていた (Fig.13)。そこで、トラクタが水口部へ斜めに進入する方法を開発した。前進による水口際までの運土が可能となり、作業時間の短縮が図れる。



Fig.13 斜め走行による水口側の運土状況

Soil conveyance situation for diagonal running on water inlet area

(2) 整地作業で余剰となった土の処理方法

傾斜造成の最終段階で運土した土が余剰となる場合がある (Fig.14)。その際、余剰土を適切に処理しないと不陸が発生し、湿害を誘発させる恐れがある。また、余剰土を圃場全面に散らすと多くの時間と労力を要するため、水口側に土を寄せる方法を開発した。

水口側は盛土であり時間の経過と共に沈下する恐れがあることから、余剰土をこの部分に集積してトラクタのクローラ部で転圧すれば沈下を防止でき、さらには作業時間の短縮化が図れる。

なお、土寄せにより水口側の傾斜度が大きくなった場合においても、傾斜化のメリットを損なうことはない。

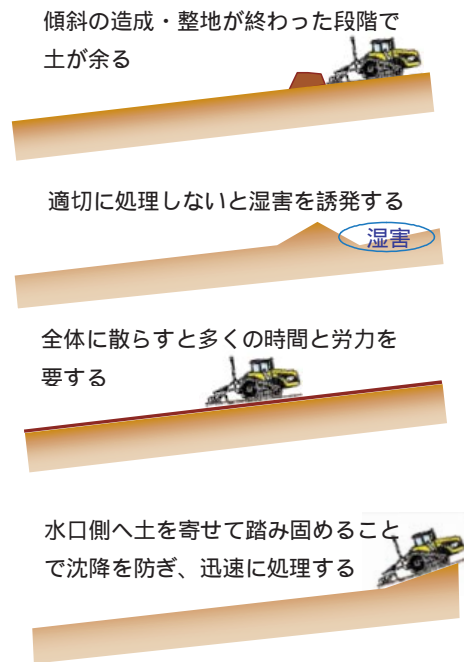


Fig.14 余った土の処理方法
Method of processing surplus soil

3 新工法による傾斜化圃場造成

茨城県新利根地区 (泥炭土壌) 及び熊本県白浜地区 (重粘土壌) の100m x 100mの区画において、新たに開発した2工法を用いて、傾斜度1‰と0.5‰の圃場を造成した。

スパイラル工法は一般工法の約半分の時間と走行距離で造成でき、一般工法による水平圃場の整地作業とほぼ同等であった (Table 2, 3)。また、均平度は4mmと十分な精度であった。一方、2段階工法は、走行距離は短縮するが、時間短縮には至らなかった。しかし、傾斜方向が100m以上で大量の運土を必要とする場合には有効な工法である。

Table 2 茨城県新利根地区の傾斜化圃場造成時間
Working hours of reclamation of sloped farm field in
Ibaraki Prefecture shin-tone area

	傾斜化圃場造成			水平圃場 整地
	一般工法	2段階 工法	スパイラル 工法	一般工法
作業時間 (h/ha)	6.1	6.5	3.3	3.0
走行距離 (km)	45.0	36.3	20.8	20.0
均平度(mm)	5.9	8.2	4.2	3.8

*均平度は10mメッシュで水準測量した結果と計画高との差の標準偏差。基盤整備の基準は27mm程度。

Table 3 熊本県白浜地区の傾斜化圃場造成時間
Working hours of reclamation of sloped farm field in
Kumamoto Prefecture Shirahama area

	傾斜化圃場造成 スパイラル工法	水平圃場整地 一般工法
作業時間 (h/ha)	4.0	5.1
走行距離 (km)	27.1	26.0
均平度(mm)	16.6	19.6

結 言

圃場面傾斜化技術を導入する際に問題となっていた作業時間の増大をスパイラル工法の開発によって解消した。同工法はトラクタの前・後進のみで行っていた運土・整地作業を前進走行を主体としたものに変更するだけで導入できる。水平圃場の整地とほぼ同等まで作業時間を短縮でき、稲・麦・大豆体系による大規模な土地利用型農業を展開する担い手農家等への圃場傾斜化技術の普及を可能とした。

なお、本報告を基にした、圃場面傾斜化マニュアルが農村振興局から発行されており、この技術の普及によって、稲・麦・大豆を主体とした土地利用型農業が推進されることが望まれている。

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局資源課(2005): 傾斜化技術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): 転換畑の圃場面傾斜化による排水・灌漑促進効果, 農工研技報, 204

Developed of efficient construction of sloped farm field

WAKASUGI Kousuke, FUJIMORI Shinsaku

Summary

For the full-scale production of barley, soybean, crops for feed, or other farm produce in a paddy field, key factors include establishing a low-cost and labor-saving farming technique and overcoming possible wet damage and drought damage which constitute impedimental factors to conversion from paddy field to upland field. Sloping of farm field is a farming technique to quickly and effectively implement both the drainage of surface water and the supply of water during drought, though the conventional methods offer a disadvantage of taking a longer period of time for earth conveyance. Therefore, the spiral method has been developed to reduce the working hours. Moreover, the manual and the prior investigation matter needed when technology of sloped farm field was introduced were arranged.

Keywords : Sloped farm field, Laser leveler, Laser plow, Spiral method