

大区画ほ場整備におけるレーザブラウとレーザレベラを用いた低コスト整地工法

藤森 新作・千葉 佳彦・小澤 良夫

「反転均平工法」は、ほ場整備工事において行われている「表土剥ぎ」「表土戻し」を省力化し、レーザブラウによる反転耕起で代替することによって工事コストの大幅な削減を可能とする。従来工法の「ブルドーザによる表土扱い」に対して「ブラウによる表土扱い」と呼べる新工法である。また、レーザレベラはオペレータが熟練していなくとも大区画ほ場を高均平度で仕上げることができる。

今回、北海道北空知地域の大区画ほ場整備工事において本工法を用い、工事費用の大幅な低減が図られた。また、本工法はレーザブラウ施行後、土壌を運土整地に最適な状態にまで乾かすため、排水性の良い汎用ほ場造りに貢献する。

ここでは、反転均平工法の概要と施工実績を報告する。

キーワード：大区画ほ場整備、低コスト、レーザブラウ、レーザレベラ

1. はじめに

食料自給率を向上させるためには、国内農産物生産費の低コスト化を図り、国際競争力を強化することが極めて重要な課題である。そのためには、各種農業技術の開発、普及はもとより、農地の集団化、流動化および担い手農家の育成、さらには、水田の高度利用による麦、大豆、野菜等生産の安定化、低コスト化が重要である。

とりわけ、大区画ほ場整備は農作業効率の大幅な向上に寄与するため、低コスト化に与える影響が極めて大きい。現実に水田のほ場整備において一筆区画が1haを超えるものが各地で造成され、なかにはイタリア並の一筆8ha規模の所もあり、土地改良長期計画に沿うかたちで今後とも大区画化が進み、区画形状は更に大型化すると思われる。

ほ場整備工事は、作土の地力、作土の厚さ、農家の意向等を考慮し、表土扱いを省略する「突き均し工法」か「表土扱い工法」で施工されるが、農家は「突き均し工法」での表土厚の不均一を嫌い、大区画になればなるほど「表土扱い工法」の要望が強い。しかし、大区画化は運土距離が長くなるため、整地工事費の全体事業費に占める割合が高くなる傾向がある。このため、ほ場整備事業

では整地工事費のコスト削減が大きな技術的課題となっている。また、ブルドーザによる施工においては、施工管理基準を遵守したとしても下層土の水分率が高い場合、土壌の練返しが発生し排水不良になりがちであり、その解決も課題である。

このような背景とは別に、現在、農林水産省農業工学研究所所属の藤森は水田における水稲の直播栽培や麦・大豆栽培等において、播種深の一定化や湿害防止による発芽・苗立ちの安定化対策として、1995年よりレーザ光を用いた均平機械の開発指導を行っており基盤整備への応用も提案していた。

これに注目した北海道庁北部耕地出張所の千葉は、コスト低減の観点から当技術をは場整備事業における整地・均平作業へ適用することを決断した。

併せて、昭和40年代のほ場整備でブルドーザの過転圧による排水不良田に苦慮していた当耕地出張所管内の深川土地改良区の参事である佐々木氏は、千葉の提案を積極的に支持し、新工法採用に当たり受益者への説明に千葉と奔走した。

これら関係者によって、当管内における新工法への認知度が深まり、管内の各土地改良区が本技術を積極的に採用し、新工法を「反転均平工法」と命名するとともに独自の設計積算資料の作成に至った。

この結果 1999 年には約 70 ha が本工法で施工され、工事コストの大幅な縮減が図られた。また透水性の良い土層となり、大豆作において生産向上効果を確認することができたのでその概要、工事コスト、農作物の生育状況等を中心に紹介する。

2. 本工法の特長および留意点

本工法の特徴は、

- ① 表土を剥取り、移動、集積せずに、レーザブローによる反転耕起で代替する事により工事コストを大幅に低減する事である。
- ② 下層土の含水率が高くても、反転耕起を行うことで乾燥を促進させるため、従来工法よりも土壌の練返しが少ない。
- ③ 表土の移動が少なく作土層が一定のため、作むらが発生しにくい。
- ④ ゴムクローラトラクタによる牽引作業であるため作業後に田面を傷めない。併せて作業速度も高速化した。
- ⑤ レーザマシンコントローラがトラクタの作業機高を自動制御するため、オペレータの熟練度に左右されることなく、高精度仕上げが可能となる。

等を挙げることができるが、一方では、

- ① レーザブローの反転耕深の関係から、施工可能な最大田面標高差（一筆計画区画内における旧水田の最大田面標高差）は、現在のところ 50 cm 未満としている。
- ② 心土層に礫がある場合は均平だけの施工となる。
- ③ 表土の残存率は現在のところ 70～80%程度であるが、農業改良普及センターや農家の判断は営農上許容できる範囲である。

等の点もある。なお、施工に当たっての一般的な留意点は次のとおりである。

- ① 表土厚の事前調査を必ず行う。
- ② 耕作道、畦畔、ターン農道に必要な土量から排水路掘削残土等を差引いた土量計算を行い、事前調査した表土厚を考慮しながらレーザブローの耕起深を決定する。
- ③ 下層土に泥炭層が含まれる場合は、十分な

検討のうえ適用を決定する。

3. 反転均平工法の使用機械

反転均平工法で適用する機械と作業内容を以下に述べる。



写真-1 ハンプブレーカ作業



写真-2 レーザブロー作業

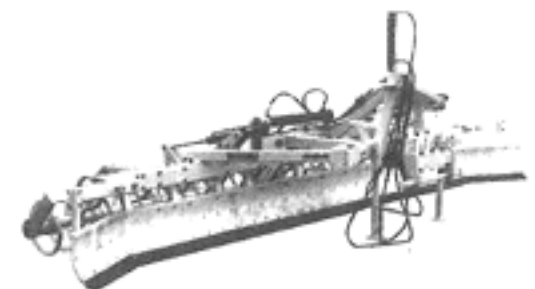


写真-3 レーザレベラ

① ゴムクローラトラクタ

レーザブラウなど作業機の牽引作業

② バンプブレーカ

残雪水の排除や工事途中の雨水の排除を促進するための心土破砕作業（準備工）（写真—1参照）。

③ レーザブラウ

レーザ制御機器によって一定の深さで制御された反転耕起の作業（写真—2参照）。

④ レーザレベラ

レーザ機器で制御された運土および整地の作業（写真—3参照）。

⑤ ブルドーザ

耕作道、畦畔土およびターン農道の掘削、押土、敷均し、転圧の影響。

旧排水路の埋戻し作業。旧耕作道の撤去作業。

⑥ バックホウ

耕作道、畦畔およびターン農道の法面整形の作業。

4. 施工手順

北海道樺戸郡新十津川町北花月地区第1工区21-2ほ場における実際の施工の例を、図—1の模式図に沿って説明する。

(1) 現況および現況断面

図—1 (a), (b) に示すとおり最大田面標高差が30 cm ある6枚のA, B, C, D, E, Fのほ場である。

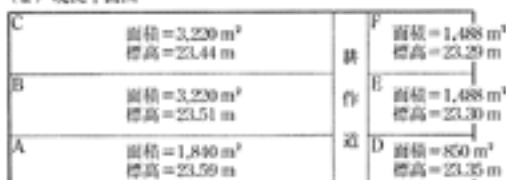
(2) 耕作道、畦畔の撤去

耕作道および畦畔を16 t 湿地ブルドーザで撤去し、その土を新規造成の耕作道、畦畔に流用する（図—1 (c) の工程1）。

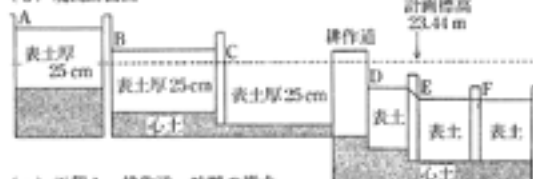
(3) 用・排水路の掘削

用水路および排水路の掘削は0.6 m³級のバックホウで行う。また、掘削残土は畦畔築立に流用

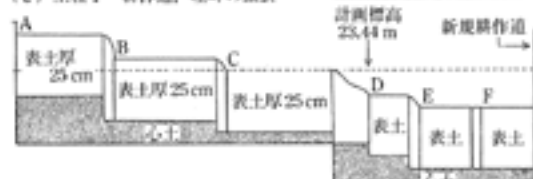
(a) 現況平面図



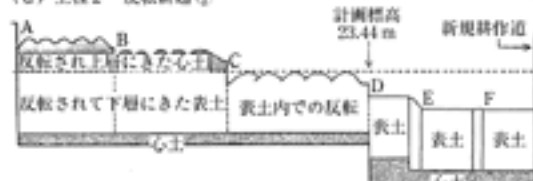
(b) 現況断面図



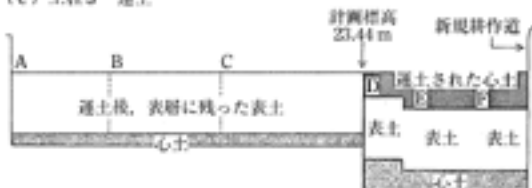
(c) 工程1 耕作道、畦畔の撤去



(d) 工程2 反転耕起①



(e) 工程3 運土



(f) 工程4 反転耕起②



(g) 工程5 整地・均平



図—1 十津川北花月地区21-2ほ場施工手順模式図

する。

(4) 耕作道造成、畦畔築立

今回の工事は現況の耕作道、畦畔を撤去した土を流用して新規耕作道、畦畔の施工を行ったが、プラウによる反転で上方に上がってきた心土を利用する場合は図-1の工程2の後作業となる。

(5) 用・排水路のトラフ設置

(6) 反転耕起①

レーザブラウで計画標高よりAとB、および計画標高と同じCの各ほ場をそれぞれ40 cm、32 cm、25 cmの深さで反転耕起する。実作業上はレーザ制御で耕した底が一定になるため、自動的に耕起深が変わり作業は楽である。耕起深の設定は次の(1)式による(図-1(d)の工程2参照)。

$$\text{耕起深} = \text{現況標高} - \text{計画標高} + \text{表土厚} \quad (1)$$

(7) 運 土

反転によって上層にあがった心土をレーザレバで、Aは15 cm、Bは7 cmの掘削を行い、D、E、Fへ運土する(図-1(e)の工程3参照)。

(8) 反転耕起②

計画標高より低いD、E、Fにおいて、A、Bから運土した心土を下層に、下層となっている表土を上層に逆転させるためレーザブラウで反転耕起する(図-1(f)の工程4参照)。耕起深さはそれぞれ34 cm、39 cm、39 cmである。

(9) 整 地

最後に全体を均平にする。レバでの均平精度は標準偏差 $\sigma=10$ mm、最高+3 cm、最低-2.5 cmと極めて良好な結果を得ることができた(図-1(g)の工程5参照)。

5. 施工実績

(1) コストの比較

北花月地区第1工区21-2ほ場の工事を従来工法で実施した場合の直接工事費は約1,393千円かかると試算されるが、これに対して反転均平工法

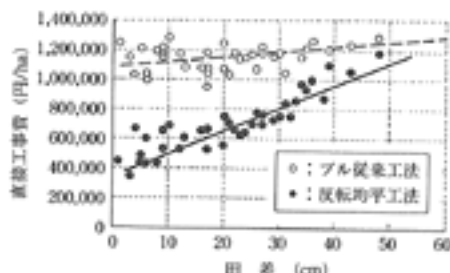


図-2 従来工法と反転均平工法の工事費の比較

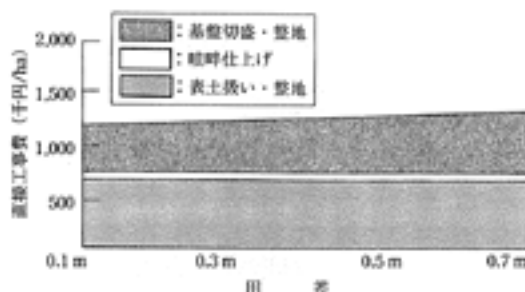


図-3 従来工法の直接工事費内訳

で施工した今回は約873千円で済み37%の大幅なコスト削減となった。

今回、北部耕地出張所管内で68.17 haの工事が反転均平工法で実施され、直接工事費は約48,600千円であった。これを従来工法で行った場合には約70,150千円(試算)となり、金額で21,550千円、削減率で30%強という大幅なコスト削減となっている。

(2) コスト削減の要因分析

反転均平工法と従来工法の直接工事費を田面標高差別に比較したのが図-2である。この図から分かるように従来工法は田面標高差に比例して工事費が高くなるものの、その上昇率は低い。これは図-3で明らかのように従来工法における表土剥き、整地費用が全体の50~55%を占め、田面標高差に係わりなく、扱う土量の厚さに応じてかかる必要な経費だからである。

一方、反転均平工法の工事費を分析したのが図-4である。ここで明らかのように、「表土剥き」「表土戻し」を代替しているレーザブラウの作業経費が極めて低く、コスト削減の大きい要素となっている。

反面、運土、整地費が工事費の大半を占めてお

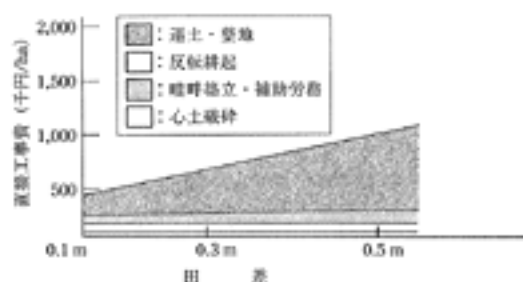


図-4 反転均平工法の直接工事費内訳

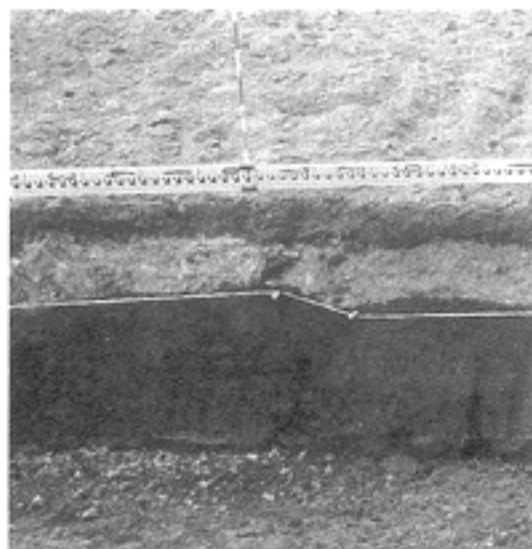


写真-4 工事終了後の置換土の残存状況。下層の黒い土が心土。真中部が置換土。置換土の上の黒い土は試験区以外から運土された表土

り、田面標高差が大きくなるほど従来工法との費用差が少なくなっている。これは、レーザレベラが整地用機械として開発されたことに起因し、1回の運土量がブルドーザより少なく、運土時間がかかるからであり、後述する運土用レベラにて解決することができる。

(3) 表土と心土の分離状況

上述したように本工法で工事コストの削減に大きく寄与しているのは、表土扱いを反転耕起で代替していることにある。そこで、レーザブラウによる反転耕起において、どの程度表土と心土が分離されているかが問題となる。レーザブラウの反転状況を把握するには種々の方法が考えられるが、ここでは、最終的に出来上がったほ場の表層部に所定の表土が残っているか、その割合を下記の方法でテストした。

図-5のように心土と明らかに色の違う土壌を表土と置換えた後にレーザブラウで反転し、反転直後に断面を念のために観察し、さらにレーザレベラで運土、整地した後、すなわち、工事完成後に再度断面を観察した。

工事完成後の断面をみると表土の大半が表層に残っており、断面スケッチの面積比率では工事後で71%であった（写真-4参照）。完全に表土と心土は分離していないが、営農上問題のない範囲の割合と考える。

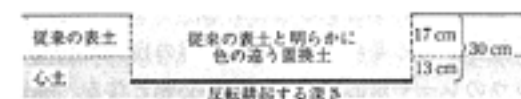


図-5 反転テスト前のテスト区断面図（表土厚17cmほ場であった。耕起深さ30cm）

(4) 作物の生育状況

本工法の特徴は、透排水性の良いほ場状態に仕上がることである。この顕著な事例として、1999年6月上旬に地区内のK氏のほ場において、大豆が播種された後の生育状況を紹介する。播種日は、反転均平工法区も従来工法区も6月13日で、肥培管理等は両区とも同様に行っている。写真-5は播種後97日目（9月19日）の反転均平工法区における生育状況であり、写真-6は同日撮影の従来工法のものである。

写真をみて分かるように従来工法区は発芽がまばらであり、生育も著しく悪い。反転均平工法区では収穫時期に向かい、きれいな枯れ上がりが見



写真-5 反転均平工法の播種後97日目（9月19日）の大豆。収穫に向かい、きれいに枯れ上がってきている



写真-6 従来工法区の播種後 97 日目的大豆。発芽、生育ともに悪く雑草も繁茂している

えてきているが、従来工法区では大豆の生育が悪く雑草の繁茂を容易にしている。

この原因は、排水不良による湿害に他ならない。写真-7 は播種後 50 日目の 8 月 2 日に両区を対照的にみたものであるが、耕作道を挟んで左側の従来工法区の枕地部分は生育が悪く滞水している。こうした排水状況の違いがどうして発生したのかが問題である。K 氏のほ場の工事は、両工法とも 5 月初旬に開始されており、天候等の自然条件は同じである。また、従来工法も施工管理基準に基づいて施工している。

そこで土壌水分率調査をしてみたが、工事施工前のそれは、両工法区とも田面では低いものの、5 cm より下はすべて 50% を超えた高い状態にあった（表-1 参照）。北海道の 5 月初旬はこのような状態が多く見られ、従来工法によって表土を



写真-7 右側：反転均平区、左側：従来工法区。播種後 50 日目の生育状況

表-1 新士津川 K 氏ほ場の深さ別水分率

深 さ	水分率
表面	43.50%
5 cm	55.50%
10 cm	54.20%
15 cm	53.30%
20 cm	52.30%
25 cm	52.30%
30 cm	51.50%
35 cm	51.40%
40 cm	51.20%

剥ぎ、堆積を行っても土壌乾燥は進行せず、結果としてブルドーザの走行による土壌の繰返しが発生し、土層の三相分布が乱され、透排水性の良くないほ場ができてしまうものと考ええる。

一方、反転均平工法はレーザブラウで反転することによって土壌の乾燥を促進させている。

農家もまた経験的に反転耕が最も早く乾くことを知っており、従来から春先には耕起作業を行っている。本工法はこうした営農技術の基本を活用したものであり、乾燥後に運土整地を行うことと、接地圧の小さいゴムクローラトラクタを牽引に利用するため繰返しが極端に少ない。また、レーザレベラは排土板の後方にスプリングタインが装備されており、排土板による切土面を常時ほぐしながら、表面積を大きくして乾燥を促進しながら運土、整地を行っており、このことも繰返しの少ないことの一要因と考ええる。

今後、シリンダ・インタークレート試験や降下浸透量の計測等を実施し、データの裏付けを深めなくてはならないが、問題は作物栽培にどのような効果をもたらすかということであり、各種の栽培試験を実施する予定でいる。

6. 今後の課題

(1) 機械上の課題

(a) レーザブラウ

ブラウの特性上から、耕起深が深くなければならぬほど耕起幅を大きくしなくてはならず、高馬力のトラクタを必要とすることから、トラクタの能力に限界がある場合には、馬力効率の良い二段耕ブラウのレーザ対応機種の開発が必要となる。併せて二段耕ブラウは心土と表土の分離度合いが良いことから、本報告以上の反転効率が期待できる。

さらには、二段耕プラウは同一のトラクタにおいて、従来のプラウよりも田面標高差の大きい場合への対応が可能となり、本工法の適用範囲が広がる。現在、二段耕プラウの1次テストは終了しており、この段階では心土と表土の分離度も良く、レーザ対応への技術的な詰め段階にある。

(b) レーザレベラ

本工法ではレーザレベラの作業時間比率が高い。この原因は、前述のとおりレーザレベラの1度の運土量が少なく、運土に時間がかかることにある。今後、さらなる低コスト化を図るためには、運土量をブルドーザ並みとするレベラの開発が必要である。

運土用レベラの開発はすでに1次テストを終了しており、1度の運土量は2~3 m³となる見通しで、今までのレベラの2~3倍の運土量となるため、工事コストはさらに削減できるものと想定される。

(2) 工程上の課題

(a) 畦畔築立の問題

畦畔は基盤土と連結して漏水を防ぐ。またある程度の土壌水分がなければ築立できない。したがって、外周の用排水路、畦畔、耕作道の施工後に反転耕起を行う。しかし、畦畔等は心土を利用して築立することから、原則として運土後耕起を行う盛土部についても、畦畔に近い部分だけに限り事前に耕起し、心土を産み出して畦畔を築立する必要がある。

このため、盛土部の畦畔際への運土量が増加し、運土に長時間を要する。運土用レベラの開発によって運土時間の短縮は可能となると想定されるが、田面標高差の高いところについては、切土部から畦畔に必要な土量を運搬車によって盛土部畦畔へ運搬することもコスト面から検討する必要がある。

(b) 各作業の有機結合

従来工法で使用される機械は、大部分がブルドーザとバックホウであり、機械作業の工程管理は比較的単純である。しかし、本工法では従来の機械に加え、パンブレーカ、レーザプラウ、レーザレベラと3種の機械が加わることから、天候や土壌変化に応じた緻密な工程管理を行うことが重

要となる。

(3) 経年的調査の必要性

本工法は、誕生してまだ日が浅く、経年的な調査が必要である。調査は従来工法との比較で行う予定であり以下に調査項目を列記する。

- ① 施工後の水稻の生育・収量調査
- ② 麦・大豆を中心とした水稻以外の生育・収量調査
- ③ 降下浸透量調査
- ④ 地耐力調査
- ⑤ 不等沈下調査
- ⑥ 最大田面標高差等の適用限界の把握調査

7. おわりに

反転均平工法は、常農用レーザ機械を利用して大規模な基盤整備工事を行うものである。1995年度に試験的に茨城県で施工したが、当時は全くの手探り状態であり、工法の名前すらなかった。それが、北海道北部耕地出張所を中心に、農水省農業工学研究所、道立中央農試、深川土地改良区を始めとした多くの土地改良区、さらには受益農家や施工業者等幅広い層との意見交換やアイディア提供によって急速に形づくられてきた。

本工法の第1の特長は表土扱いをプラウの反転耕起で代替することによって、施工費の削減が図れることにある。

これは、基盤整備事業費の効率的執行だけでなく農業経営者においては事業費の負担軽減となり、生産費の低コスト化に寄与する。

第2の特長は透排水性の良いほ場に仕上がることである。

大区画で透排水性の良いほ場は、稲、麦、大豆、野菜等を中心とした土地利用型農業の低コスト化の絶対条件であり、本工法はそうしたほ場を農業経営者に提供できる。

第3の特長は、田面均平度が向上することと作土層が一定になることである。

そのため、作むらが少なくなるだけでなく、無代播き移植栽培や直播栽培の導入、代播き時間の短縮等の効果も期待できる。

また、レーザレベラを使用して高い均平度を維

持っている千葉県農事組合法人米本では毎年、代掻き用水量が従来の半分になっているという報告もあり、こうした均平精度の高い施工が全国的に展開された場合、水利用上の効果は計り知れないと言える。

現時点では、施工実績も限られているが、空知支庁東部耕地出張所管内では、泥炭地での試験施工を開始した。また、多くの県から本工法に対する問合せが来ている。

今後は、各地においてさまざまな土質や自然条件での施工実績を重ね、工法として確立し、北海道で燃え上がった「低コストでは場に優しい工法・反転均平工法」の火を絶やすことなく、本工法が広く活用されることを期待するものである。

【参考文献】

- 1) 藤森新作：低コスト水田農業の展開を可能とする新たな基盤整備技術。平成9年度農業土木学会中央研修会(1998.3)
- 2) 千葉佳彦ほか：基盤整備事業における反転均平工法の確立に向けて、第48回農業土木学会北海道支部研究発表会講演集(1999)
- 3) 藤森新作ほか：レーザーブラウとレーザーレベラを利用した

反転均平工法の開発とその効果。平成11年度農業土木学会講演要旨集(1999)

- 3) 農林水産省構造改善局計画部資源課：Harvest, No.2, 大規模委員耕作経営の新しい潮流(1997)

【筆者紹介】

藤森 新作(ふじもり しんさく)

農林水産省

農業工学研究所農地整備部水田整備研究室長



千葉 佳彦(ちば よしひこ)

北海道空知支庁

北部耕地出張所長



小澤 良夫(おざわ よしお)

スガノ農機株式会社

耕法プロジェクトチーム課長

