

18. 砂漠の緑化と圃場整形ロボットの開発をめざして

(株) 錢高組：岡崎 登

1. はじめに

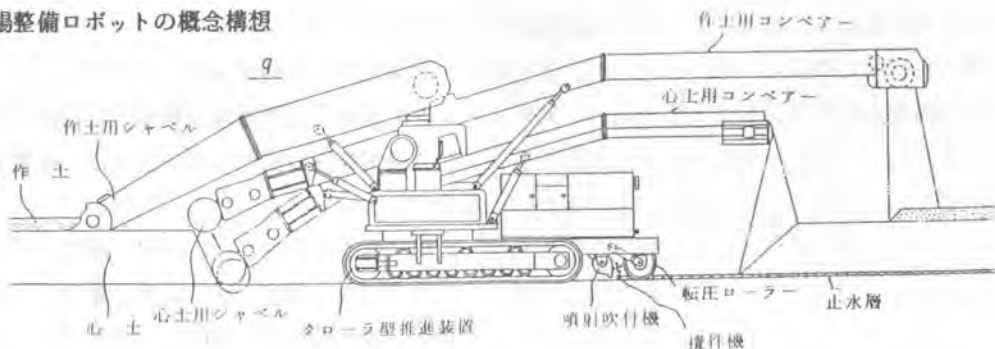
近時、地球環境問題の一つとして、農耕地の荒廃をもたらす砂漠化について、土壌保全の確保等種々研究開発が進められている。

こうした砂漠化しつつある農地、圃場整備を行うにあたって、作土と心土が混合しないように表層の作土と、その下にある心土を上下2段に分離しながら、掘削と同時に最低下部の部分に止水層を転圧しながら、即時に原形土壌を形成するロボットを考案したことに意義がある。筆者は、農業労働者不足に伴う代かき等による苦渋作業を解放するためにも直播方式に切替えた止水層形成ロボットの開発に着目。これを裏付ける研究として止水層形成に際し、石炭灰に混和剤を添加し、透水、締固めによる圧密試験を行い、この結果から止水層形成にかかる施工指針を得たこと。更に本ロボットを製作するうえでの、技術的視点、経済的視点から狭小な国土に合わせるためロボット+止水材供給タンクローリを弱電波コンピュータ・ラジコンを導入夜間作業可能システムとし、本ロボットシステムを作製することによって世界の荒廃砂漠の緑化にも貢献できるものと考えている。

2 圃場止水層形成ロボットの概念

米麦の根は条件によって左右されるが、一般に、地下1mの下層まで伸長するもので、床締めによる漏水防止は、反面土の硬化を招き、根の伸長を阻害するため適切な手法とは言えない。また、漏水田における地下1m位までの根圏域内の土壌水分を精密に制御する水田造成には、約1m位の土を全部はぎ取り、底部と側部にビニールなどの止水物質を敷設し、再び埋戻すという、ビニール水田造成が試みられている。この作業は、作土と心土を選別、分離するための貯留や、埋戻しのために莫大な作業手間、そのための経費がかさむことは周知の事実である。

圃場整備ロボットの概念構想



2-1 開発思想

本ロボットは、作土と心土が混合しないように、表層の作土を厚さ20cm程度と、その下部の心土(地下120cm位)を上下2段に分離して掘削。同時に掘削部の最底部分で止水剤を散布、転圧しながら、作土と心土が互いに混合しないよう即時に後方に送り原型の圃場に復旧する作業ロボットである。

グリーンアッシュ成分の分析結果

| 区 分 | 珪 酸 | ソーダ 可溶燐素 | 鉄 | 石 炭 | 苦 土 | カリ | 燐 酸 | ホウ素 | モリブ デ ン | マ ガ ン | 亜 鉛 |
|--------------|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------------|-------------|-----|
| グリーン アッシュ | % | % | % | % | % | % | % | ppm | ppm | ppm | ppm |
| | 58 | 31.5 | 8.6 | 8.3 | 2.2 | 2.4 | 1.2 | 1200 | 5 | 180 | 300 |

2-2 形成方法とその特長

圃場止水材としては、石灰類、セメント、グリーンアッシュ、ペンドナイト等の止水性化学物質を用いて必要十分な透水係数 10^{-6} 以下の被覆膜層を形成する手法である。

本ロボットは、前進しながら、作土と心土が混同しないよう上下2段に分離掘削する手段。ならびに掘削した土を作土および、心土別々に後方転送する手段と、転送した土を使用して後方に原形の土層を復旧して埋戻しする段と、前進しながら心土が掘削された掘削部最底部に止水材を散布、攪拌、転圧または吹き付けて所定の透水係数を保つ被膜を形成する手段とを具えたことを特長とする圃場底部の2段式止水層形成ロボットである。

2-3 産業上の利用分野

本ロボットは、農地造成はもとより、砂丘地の緑化等の基盤整備のハイテク化を狙ったもので、特に漏水性の高い土壌において、米麦などの普通作物の根が活動する約1mの深さの有効土層のさらに下の層で漏水を防止し、その上の土壌水分の精密制御を容易ならしめる圃場基盤整備方法とそれに作用される農業用ロボットである。

2-4 適応対象の範囲

国内の水田288万haのうち、漏水性の高いもの、97万ha、極大なもの17万haであるがその他に砂丘地や砂漠地も本ロボットの適応対象である。

3. 圃場整備への石炭灰応用技術

圃場整備への止水材として石灰類、またはセメント、グリーンアッシュ、ペンドナイト等の止水性化学物質などを用いて必要部分は透水係数 10^{-6} 以下被覆膜層を形成するものであり、経済的な素材としてグリーンアッシュを提唱する。これは火力発電所で微粉灰を燃焼する際に生ずる微粉の灰で、煙を煙突に出す前に回収したものである。

性質としては、浸透液のpHはアルカリ性であるが、土壌の酸性を矯正するには至らない。また、含有されている微量元素はそれぞれの作物に利用される。注目に値するのは粒子の大きさが適当であるので、土壌の物理的改良の効果がある。

グリーンアッシュは作物の根張りをよくし、根の活動を増進させる作用があるのと、含まれている成分が緩効性の効果が発揮されるもので、水田・畑のいずれにおいても、

全量を元肥として利用する。水稻に対しては一般にグリーンアッシュと称して農業に利用される。

圃場整備への石炭灰の利用

(1) 畑地への利用

飛散あるいは泥状化を防ぐために適切な含水比に管理した石炭灰を利用すれば、転圧回数、まき出し厚などが変化しても乾燥密度で 1.1 t/m^3 、透水係数で $(15\sim 20) \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ 程度が確保されており、大きな問題はない。

(2) 水田への利用

水田に利用する場合は、漏水が激しければ稲の生育に大きな問題がある。なお、水との接触に対し弱い特性があるため、止水性の欠除のないよう均等に敷設、転圧することが重要となる。なお、石炭灰単独では、透水係数は 10^{-5} cm/s 程度に造成するのが限度と考えられる。これを更に不透水性を高め、長期安定性を維持するには。

1. セメント、石膏、鉱さいなどを添加、混合する。
2. ベンドナイトを添加、混合する。
3. 粉末粘土を添加、混合する。

これによると、セメント量5%添加で 10^{-6} cm/s 、さらに石膏5%添加することによって 10^{-7} cm/s の透水係数が得られる。一軸圧縮強度も $G'_{28} = 25\sim 66 \text{ Kg/cm}^2$ と高い値を示している。水田への利用を考える場合、強度はこれ程大きな値は必要ない。

安価な材料でより不透水を高めるために、これらの既応の研究成果を踏まえて、石炭灰+セメント+(ベンドナイト、あるいは粉末粘土)についても、その施工性、安定性を含めて検討した。

石炭灰+セメント+石膏を混合した結果

含水比30%の石炭灰硬化体試験結果(湿空)

| No | 配 合 (%) F - C - G | 目 標 含水比 (%) | 7 日 材 令 | | 28 日 材 令 | |
|----|----------------------|----------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|
| | | | 一軸圧縮強さ (kgf/cm ²) | 透 水 係 数 (cm/S) | 一軸圧縮強さ (kgf/cm ²) | 透 水 係 数 (cm/S) |
| 1 | 5 - 5 - 0 | 30 | 18.2 | 2.1×10^{-6} | 25.0 | 1.3×10^{-6} |
| 2 | 2.5 - 5 - 2.5 | 30 | 44.0 | 1.3×10^{-7} | 66.0 | 1.4×10^{-7} |
| 3 | 1.5 - 5 - 3.5 | 30 | 41.0 | 1.9×10^{-7} | 71.5 | 1.1×10^{-7} |
| 4 | 0 - 5 - 5 | 30 | 44.0 | 1.6×10^{-7} | 88.9 | 7.9×10^{-8} |
| 5 | 7.5 - 5 - 7.5 | 30 | 33.5 | 2.5×10^{-7} | 55.0 | 1.2×10^{-7} |
| 6 | 0 - 20 - 0 | 30 | 58.6 | 4.7×10^{-8} | 135.2 | 1.9×10^{-9} |
| 7 | 5 - 20 - 0 | 30 | 96.8 | 7.6×10^{-8} | 225.4 | 1.1×10^{-9} |

4. 開発に関する考察

(1) 技術的視点

1. 圃場に進入するために農免道路を使用することが多いが、農免道路の最小幅は4mなので、ロボットの最大幅は2m、本体重量10t以内とし、普通トラックにより分解しないで搬送が可能なものとする。

2. 一単位の作業班は、ロボット+止水材供給用伴走タンクローリとその交代車、計3台とし、ロボット搬送用トラックは極く一時的なものなので含めない。

3. 圃場の作業開始点への潜入と作業終了時の補修はロボット上の運転手による操縦とする。

圃場の対辺に向かう直線作業は、レーザーと弱電波を用いる。基準点と進行方向が張る角度をロボットに搭載するコンピュータにより決定する方法による全自動直進とし、対辺での180度転回と、圃場からの離脱は伴走タンクローリからのラジコンによるものとする。また、掘削深度は高速回転するレーザーにより作成された平面を基準とする自動制御によるものとする。

4. ジャベルのストローク幅は1.8 m、直線作業時の進行速度は2 m/分とし、100 mの直線作業を50分とし、1 ha (100m×100m) を35往復で完了することを目標とする。

1 haの全作業時間は、直線作業のための59時間に、潜入、回転、離脱などの諸補助作業時間を加え、72時間、計9日と予定する。

5. 上記作業のための要員は、危険監視補助員1名を含めて4名とする。止水材の運搬、タンクローリ要員を除く3名は圃場作業員とする。

(2) 経済的視点

ロボットの年間稼働日数270日、年間作業面積を30 haと仮定して1 ha当たりの経費を概算すると、

1. ロボットの償却費=10万円(約8時間償却)
2. タンクローリ2台分の償却費=10万円()
3. 人件費 1.8万円×4人×9日=65万円
4. 止水機その他消耗品 100万円(単価2000円として500㎡分)
5. 総合計=上記合計185万円×1.2=222万円

毎年、各地で農業基盤整備が実施され、9000億円余の国費が充当されているが、その中で圃場整備のための1 ha当たりの経費は900万円±10%である。

水止層形成作業は当然その中に含まれていることになるので、1~3までの経費85万円はさらに圧縮の見込みがある。

(3) その他の視点

1. 土地の狭い日本の風土に合わせているので、ロボットの大きさも幅2 m、自重が10 tに制限されるが、砂漠地などの水田造成ならば大型高能率機械とすることも可能である。

2. 直進制御法は、レーザー+弱電波+コンピューターを主とするものの他に、弱電波+コンピューターによるものも考えられる。

前者は経済的であるが所要直進精度を何mの範囲で満足しうるかを実験的に確かめる必要がある。

いずれも、夜間作業は可能である。なお、深度制御のためのカジ取りのため、専用新デバイスの開発が必要となるので別途考慮中である。