

農業土木学会東北支部 第47回研究発表会 **講演要旨集**



平成15年10月29日(水)
福島市:福島テルサ

地下灌漑システム「FOEAS」の開発

株式会社パディ研究所 小野寺恒雄
独立行政法人農業工学研究所 藤森新作、谷本 岳、若杉晃介

1. はじめに

平成 14 年 12 月 3 日に決定された「米政策改革大綱」において、「自然環境の保全など多面的機能の発揮、自給率の向上が図られるよう、田畑輪換を中心とした水田営農、水利用事情などを踏まえた畑地化などの水田の利活用」を推進する必要があるとしている。水田の畑地利用を推進する上で障害となっているのは、「湿害と干ばつ」であり、この対策の一つとして、暗渠施工とこれを利用した地下水位・土壤水分調節がある。従来の地下灌漑の方法としては、暗渠への圧力水の注水や排水路水位の堰上げなどがある。しかし、前者は地下水位を一定に維持することや注入水量の調節が難しく、また、後者は農区全体が均平な場合は比較的容易に水位調節を行えるが、現実には各水田で高低差があることや排水路の堰上げによる法面崩壊、大雨時等の堰管理などの問題を持っている。

一方、最近では用水側より一定水量を暗渠内に注水し、排水側水閘に水位調節機能を持たせた方法も試みられている。しかし、暗渠の上流側から用水を注水する場合、用水中に含まれる泥やゴミなどが暗渠内部に堆積し、やがては暗渠自体が機能しなくなる恐れがある(写真1)。そこで、

暗渠組織を使用して地下灌漑を行う際に、用水中に含まれる泥などを除去できること、万一堆積した場合には簡単に洗浄できること、注水量及び地下水位の調節が容易に行えること、コストを従来の一般的な暗渠排水施工の場合に近づけること、換地等を伴わず既存水田の整備水準を向上することなどを目的に地下灌漑システムの開発を行った。なお、本システムは(独)農業工学研究所と(株)パディ研究所の共同研究によって開発したものであり、特許出願中である。



写真1 用水路に堆積した泥及び暗渠管洗浄時の状況

2. 地下灌漑システム「FOEAS」の概要

(1) 開水路のパイプライン化

開水路からの用水を利用して地下灌漑を行う場合に、末端用水路には水路維持用水も含めた一定量を送水し、さらには、地下水位を一定に維持するためには、少量の用水を常に送水する必要がある。しかし、現実には送水量の調節が非常に難しく、相当量の無効放流を生じる恐れがあり、下流水田まで均一に用水を供給することは不可能に近い。そこで、土水路や老朽化したコンクリート水路の改修と各水田の必要水量を安定的に供給することを目的として、簡易なパイプライン化を考案した。なお、パイプライン化は末端水路において必要とする水量のみが幹線水路から取水されることから、用水不足の解消につながる。さらに、従来の開水路内にパイプを敷設して上に土を盛ることによって、道路の幅も実現する(写真2)。しかし、従来のパイプラインは田面よりも低く埋設されていたが、既設の開水路は田面よりも高い位置にあるため、パイプラインの中には常に空気が入り、水の流れを阻害する。そこで、従来よりも大容量でかつ安価な空気弁を開発し、これをパイプラインの最末端及び途中数カ所に設置することで解決した。



写真2 開水路のパイプライン化による農道の拡幅

ことは不可能に近い。そこで、土水路や老朽化したコンクリート水路の改修と各水田の必要水量を安定的に供給することを目的として、簡易なパイプライン化を考案した。なお、パイプライン化は末端水路において必要とする水量のみが幹線水路から取水されることから、用水不足の解消につながる。さらに、従来の開水路内にパイプを敷設して上に土を盛ることによって、道路の幅も実現する(写真2)。しかし、従来のパイプラインは田面よりも低く埋設されていたが、既設の開水路は田面よりも高い位置にあるため、パイプラインの中には常に空気が入り、水の流れを阻害する。そこで、従来よりも大容量でかつ安価な空気弁を開発し、これをパイプラインの最末端及び途中数カ所に設置することで解決した。

(2) FOEASの特徴

圃場に埋設した有孔管などによる幹線・支線パイプ及び補助孔(弾丸暗渠等)に対して、用水を供給すると共に、田面排水機能を兼ね備えた、用排水ボックスと地下水位を制御する水位制御器及び貯水制御器を独自のレイアウトで配置することにより、暗渠排水と地下水位制御を両立した(図1)。また、地下灌漑で問題となっていた用水に含まれている泥や砂を特定の管路(幹線パイプ)へ一時堆積させるとともに、その堆積物の除去が簡単に行える。

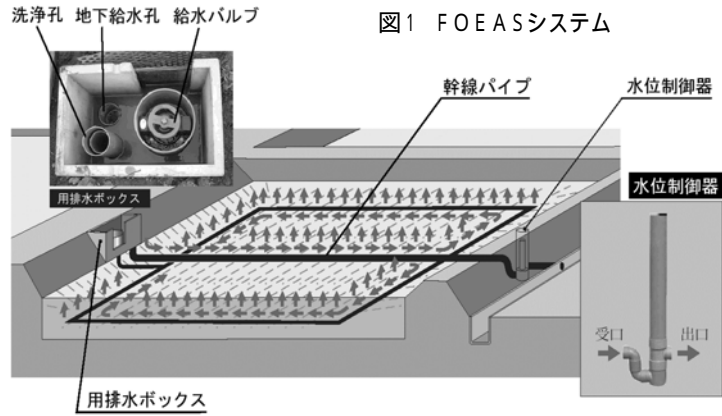


図1 FOEASシステム

(3) 地下埋設管のレイアウトと用水の流れ

用水を幹線パイプを通じて、水位制御器側まで導く間に泥等を沈殿させることから、支線パイプ内にはきれいな用水を供給する。支線パイプ(有孔管)に対して直角に1m間隔で補助孔を設けることで、圃場全体を均一な地下水位・土壤水分とすることができる。支線パイプを浅層(50~60cm)に水平埋設^{*1}することで、掘削時間や疎水材が削減できるため、用排水ボックスや水位制御器、補助孔を施工しても、コストは従来の一般的な暗渠施工代と変わらない。排水路への放流位置が従来よりも高いことから、排水路を浅くすることも可能となる。

(4) 地下水位のコントロール方法

地下水位が低下している場合(図2)

水位制御器の水位設定高よりも地下水位が低い場合には、用排水ボックス内の給水バルブを開栓し、地下給水孔を通じて、幹線パイプ内に給水する。水位制御器まで到達した用水は、支線パイプに流入した後、設定水位に応じて疎水材内を上昇し、疎水材と連結している補助孔を通じて圃場全体に均一に給水される。

図2 地下水位が低下している場合の水の流れ

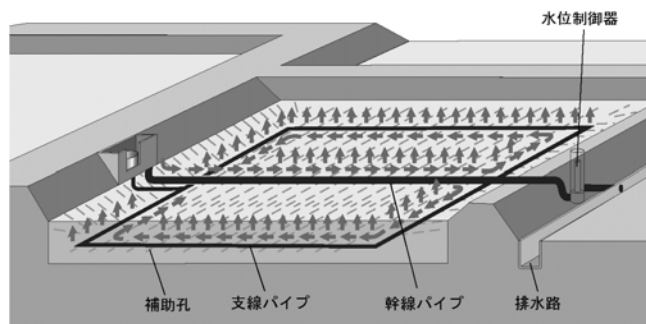
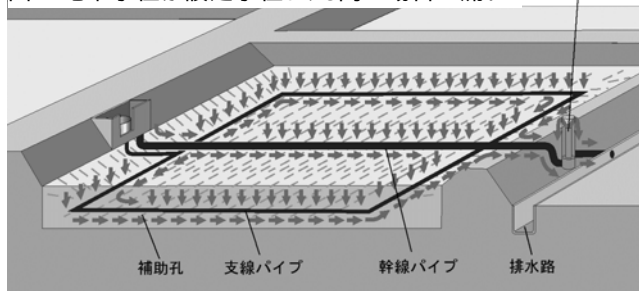


図3 地下水位が設定水位よりも高い場合の流れ

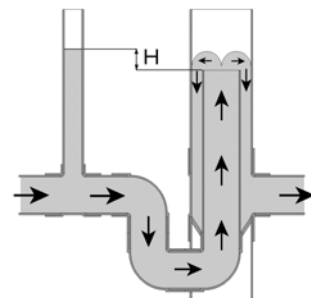


地下水位が設定水位よりも高い場合(図3) 用水が過剰に給水された場合や降雨に伴う浸透水によって、水位制御器の水位設定高よりも地下水位が高くなった場合は、過剰水が補助孔から支線パイプに集水され、水位制御器の上部(水位設定高)から越流して排水される。

(5) 支線パイプ(吸水渠)の管径

暗渠排水の最大排水量である50mm減水深の場合における50a区画水田の排水量は $2.9 \frac{\text{t}}{\text{sec}}$ ($5000 \text{ m}^2 \times 50\text{mm}/86,400$)で地下灌漑水閘の越流水深は50mmとなる(図4・5)。このことから、暗渠排水時の最大動水勾配^{*2}を250mm以内としておけば田面下300mm(大豆など畑作物栽培時において最適と思われる地下水位)の地下灌漑時においても田面に湛水する恐れはない(図6)。また、地下灌漑時の最大用水供給量は水稻栽培時における普通期の日減水深を採用し、その時の水田内最大水位差(用水柵 幹線パイプ 支線パイプ)を50mmとする。排水時と地下灌漑時の双方で検討し、太い方の管径を採用する。

図4 地下灌漑水閘からの越流試験



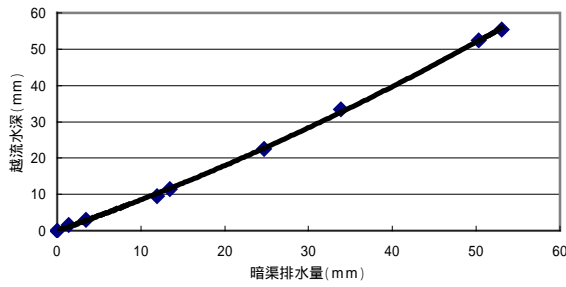


図5 50a区画における排水量と水閘越流水深

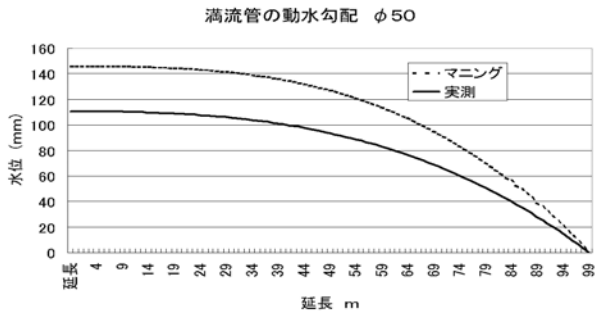


図6 50mm 管における溝流時の導水勾配

吸水管延長 100m、間隔 10m、日排除量 50mm の場合の動水勾配を示す。この場合のマンニング式は $n=0.012$ を採用した。また、実測値はポリパイプにおける流量と水位差の関係の実験を行い、その実測値から計算した。実測値の方が 20% 程度水位差が少なくとも流れるが、これは余裕とみればよい。

(6) 補助孔の施工間隔

農工研内の関東ローム水田において、地下灌漑を行い、目標とする地下水位を維持するために必要な補助孔の間隔を調査した結果では、1.0~1.5m が望ましいことが明らかとなった(図7)。

岩手県胆沢南部地区の重粘土土壌の水田において、補助孔の間隔と土壌水分の関係性を調査した結果、土層改良の基準ラインから 0.5m までの位置が最も地下灌漑に対する反応のよいことが明らかとなった。本暗渠のみの場合には地下灌漑を行っても、その中間地点では土壌水分の増加が見込めない(図8)。

農工研内の実験水田において、ほ場の傾斜及び土層改良と大豆収量との関係性を調査した結果、補助孔間隔 1.0m と 1.5m では平均で 380kg/10a となった(表1)。土壌水分を安定的に維持することによって収量増加を期待できることが明らかとなった。

上記結果を総合的にみて、組み合わせ暗渠による排水性の改善または地下灌漑による地下水位及び土壌水分の調節を図るためには、補助孔間隔を密にする必要があり、その間隔は 1m 程度が望ましいといえる。

(7) 新しい土層改良工法

アーム式土層改良工法

バックホーのブーム先端に取り付けた自在補助孔施設装置によって、掘削長最大 5m で予め設定した深さに口径 10cm の管状の間隙とその周囲に多数の亀裂とを形成する(図 9)。従来のトラクタ牽引の弾丸暗渠施工では不可能であった、田面外からの掘削を始めることも可能であり、上部水田や地区外からの湧水処理にも適している。また、施工後の圃場を自機により踏圧を掛けることも無く、良好な透水性を保つ。装置には 1m 間隔で 2 つの弾丸を取り付けている(図 10)。

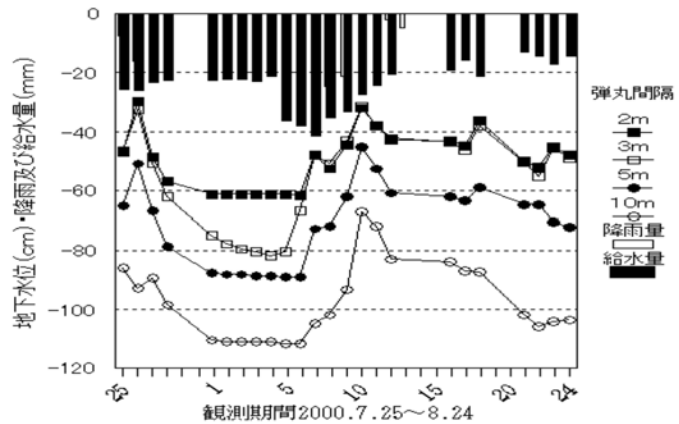


図7 補助孔間隔と地下水位の関係

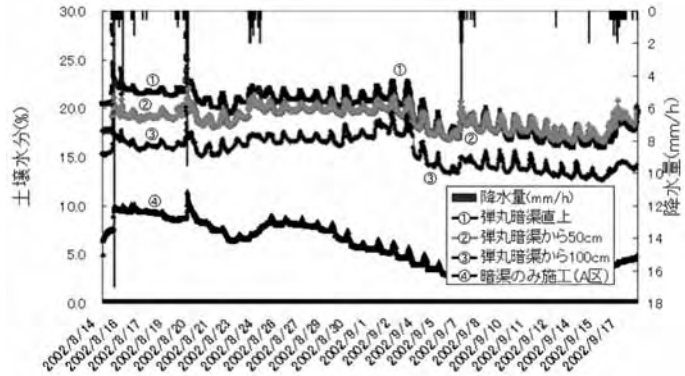


図8 補助孔間隔と土壌水分の関係

弾丸間隔	ほ場の勾配						
	傾斜1%			水平			
	暗渠管上	暗渠中間	平均	暗渠管上	暗渠中間	平均	平均
1.0m	344.0	504.2	424.1	282.6	412.6	347.6	385.9
1.5m	412.7	394.3	403.5	208.3	520.1	364.2	383.9
2.5m	254.9	215.6	235.3	230.5	269.3	249.9	242.6
5.0m	120.8	98.4	109.6	219.6	226.2	222.9	166.3
平均	283.1	303.1	293.1	235.3	357.1	296.2	294.7

(8) コスト

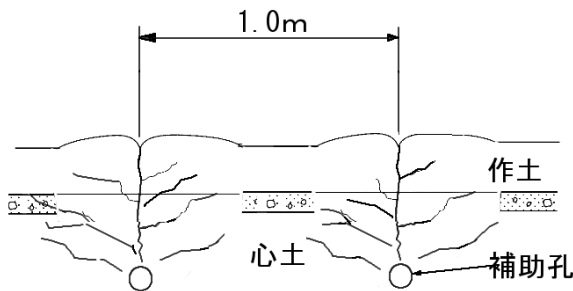


図9 補助孔の断面

従来の暗渠とFOEASの10アール当たりのコスト比較を行った(表2)。30アール区画の場合では、従来の暗渠が80千円に対し、FOEASは137千円で57千円のアップになる。また、50アール区画の場合では従来の暗渠が78千円に対しFOEASは115千円でその差は37千円となる。さらに、用水路の管路化が既に図られている場合には、その差は僅か8千円である。FOEASは地下水位制御ができること、用水路の管路化による漏水防止と幹線水路からの取水量削減(用水不足の解消、揚水機場運転経費の削減)、道路の拡幅(大型農業機械導入への対応)といった付加価値、及び畑作の安定多収と品質の向上を考えた場合には、従来型の暗渠施工を計画する際にFOEASの導入についても検討すべきと考える。



表2 標準的な暗渠排水とFOEASのコスト比較(1例)

図10 アーム式土層改良機(補助孔作業機)

既設用水パイプラインがある場合のコスト(10aあたりの単価比較)

	基準面積30a				基準面積50a			
	暗渠排水		FOEAS		暗渠排水		FOEAS	
	金額	備考	金額	備考	金額	備考	金額	備考
暗渠排水工	68,000		66,000		68,000		64,000	
水閘工	4,000	開閉	10,000	地下水位設定	2,000	開閉	6,000	地下水位設定
補助孔	8,000	間隔2m	9,000	間隔1m	8,000	間隔2m	9,000	間隔1m
小計	80,000		85,000		78,000		79,000	
用排ボックス工			10,000				6,000	
洗浄孔			3,000				2,000	
小計			13,000				8,000	
合計 +	80,000		98,000		78,000		87,000	

コンクリート用水路にパイプラインを布設した場合のコスト(10aあたりの単価比較)

	基準面積30a				基準面積50a			
	暗渠排水		FOEAS		暗渠排水		FOEAS	
	金額	備考	金額	備考	金額	備考	金額	備考
用水PL工			25,000	VU200 30m			20,000	VU200 40m
給水栓工			9,000	低圧弁1個所			5,000	低圧弁1個所
空気弁工			1,000	0.18個所/30a			1,000	0.3個所/50a
盛り土敷砂利			4,000				3,000	
小計			39,000				29,000	
合計 + +	80,000		137,000		78,000		116,000	

(9) おわりに

大豆栽培では、開花時の土壤水分不足が莢先熟の一因であると考えられており、一般的には畦間灌漑を行っているが、圃場全体に一律に用水を供給することは難しく、用水側等で湿害が発生することがある。地下水位制御システム「FOEAS」は、既存の暗渠に僅かな装置を付加することで、暗渠本来の機能である土壤水分の排除のみならず、地下水位を自由に制御することができ、畑作物が必要とする地下水位、土壤水分を維持することが可能である。ここで開発した技術によって、水田が多目的に利用され、水田農業が多様に発展すれば幸いである。

参考文献:

- *1 谷本岳・若杉晃介・藤森新作・小野寺恒雄・浅利達朗: 弾丸暗渠を組み合わせた無勾配暗渠排水試験() - 降雨時における排水特性- 平成15年度農業土木学会大会講演会 講演要旨集 p.702~703
- *2 小野寺恒雄・谷本岳・若杉晃介・藤森新作・浅利達朗: 弾丸暗渠を組み合わせた無勾配暗渠排水試験() - 無勾配暗渠の動水勾配- 平成15年度農業土木学会大会講演会 講演要旨集 p.704~705