

地下灌漑システム OPSIS について

農研機構 野菜花き研究部門
野菜生産システム研究領域
露地生産ユニット

佐々木 英和

はじめに

露地野菜の生産では、競争力の強化や収益性の向上、軽労化などが求められるなかで、気象によって野菜の生育が左右され、しばしば干ばつをはじめとする天候不順や異常気象による減収や品質の低下が生じている。年降水量としては平年値以上であったとしても、一部産地における一時的な少雨の発生が、野菜の生育不良を引き起こし、産地の切り替わり時期等を中心に、出荷量不足にともなう市場価格の高騰が少なくない。こうした環境下にある露地野菜の生産は、圃場への定植後に実施可能な栽培管理手段が限られている。水管理については、スプリンクラーなどの散水・定置パイプによる畑地用灌漑があるものの、機械作業の障害となることから、灌漑設備の設置や移動、撤去の労力が必要であり、十分に活用されていない場合も多い。これまでに著者らは、株式会社パディ研究所、クボタシーアイ株式会社（現 株式会社クボタケミックス）と共同で、露地畑圃場に大規模施工できる遮水シート溝式地下灌漑システム（OPIS: Optimum Subsurface Irrigation System）を開発し、野菜栽培技術での活用を進めてきた。地下灌漑では、耕作部分の地上には土壌を介して野菜へ水を供給するための給水管等がないため、灌漑システムの設置後も機械作業が可能であり、省力化ができる。本稿では、研究開発が進められてい

る OPSIS とそれを活用した野菜栽培技術について、平成 26 年度農研機構シンポジウム「FOEAS・OPIS を活用した露地野菜安定生産技術」での講演と佐々木ら（2014）の報告を基に、新たな知見を加えて解説する。

1. 畑地用地下灌漑システム OPSIS とは

水田転換畑では地下水位制御システム FOEAS の導入により、地下からの灌漑が可能となるが、傾斜畑や水田として利用しない畑地での灌漑は、従来のスプリンクラーや定置パイプが中心であった。先に述べた通り、地下からの灌漑は地上部の耕作部分に設置物がないという利点があるが、それ以外にも散水灌漑や地表灌漑のように、表土の物理性が劣化し流亡することが少ないこと、表面流出や土壌面蒸発による用水の損失が少ないことなど多くの長所があるとされている（千家 1994）。他にも、植物体への土壌や水滴の付着がないことから、病害や葉焼け、凍結等の軽減も考えられる。

開発された遮水シート溝式地下灌漑システム（OPIS）は、暗渠灌漑よりも浅い地中に溝状にした遮水シートの上に防根シートを巻いたポリエチレン製有孔管を重ねて地下に埋設したものである（野菜茶業研究所施工時の試作型）。有孔管に通水し、遮水シートの溝から毛管現象で水を移動させることにより、畑全体の地下水位を上昇させる従来の地下灌漑よりも水分の調節が

でき、地中点滴灌漑（SDI）よりも単位面積あたりの配管設置本数を減らすことをねらっている。現在は、ポリエチレン有孔管の管周囲の一部のみに穴が開いている資材を用い、防根シートの巻き付けを省き、施工・資材コストを低減するような改良も加えられている。共同研究先である株式会社パディ研究所、クボタシーアイ株式会社が中心となり、大規模圃場への設置を可能にする施工機械の開発や部材改良、サトウキビでの実証試験にも取り組まれている。施工については、中小規模圃場や雨よけ施設等でも、有孔管と遮水シートの一体施工ではなくなるものの、トレンチャーを用いた施工も可能である。

2. OPSIS からの給水時の水分動態

OPIS の最適な給水管設置深や設置間隔を解明するために、水分動態の解析を行った。雨よけパイプハウス（間口×長さ 9×20m、つくば市観音台、図-1）内に遮水シート溝式地下灌漑システムを試作し（図-2）、降水による影響を除いて実験した。試験圃場は、淡色黒ボク土であり、土壌物理性を表-1 に示した。異なる埋設深からの給水による水分動態の違いを調査するために、給水管を排水側最深部が 40cm 深（遮水シートの溝上端の位置）となるよう 1/90 傾斜で埋設し、埋設深約 25, 30, 35cm の地点について、それぞれの給水管から直角方向に、50,



図-1 野菜栽培試験用雨よけパイプハウス（現 農研機構野菜花き研究部門）

表-1 試験圃場の土壌物理性

三層分布	気相率	30.4%
	液相率	47.2%
	固相率	22.4%
重力水孔隙率	pF1.5	30.4%
	pF3.0	14.2%
容積重		0.6 g/cm ³
飽和透水係数		5.32*10 ⁻³ cm/s
粒径組成	粗砂	15.9%
	細砂	20.6%
	シルト	43.1%
	粘土	20.4%

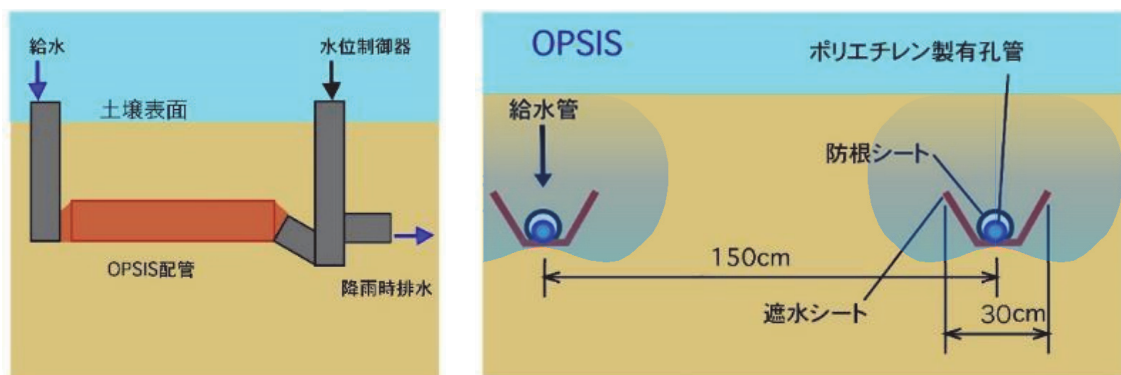


図-2 遮水シート溝式地下灌漑システム（OPIS）の全体模式図（左）と給水管断面図（右）

70, 90cm 離れた 20cm 深土壤の水分吸引圧（pF 値）を測定した。灌漑量は 9 日間で合計 7,295L 給水し、給水管が傾斜しているために土壤に浸透しない分は、給水管末端から排水された。給水管からの水平距離 50cm 地点では、給水開始 24 時間後には全ての埋設深で pF 値が低下した。70cm 地点では、給水開始 48～72 時間後に pF 値が低下し、その後給水中は埋設深 30cm で埋設深 25, 35cm よりも低い pF 値が維持された。90cm 地点では、どの埋設深でも給水開始から pF 値の低下まで時間がかかり、最も低下した給水開始 240 時間後に埋設深 30cm で pF2.2 であった。

本試験土壤で水が移動しやすかったと思われる埋設深 30cm について、給水管を水平に埋設した OPSIS（遮水シートの上端が 30cm 深）を用いて、雨よけパイプハウス内で実験を行った。灌漑は 6 日間行い、合計 3,897L を給水した。その結果、給水開始から 3 時間以内に給水管から水平距離

10cm 地点で pF 値の低下がみられた。50cm 地点では、給水開始 24 時間後には pF 値が低下し、速やかな水の移動が認められた。70cm 地点では pF 値の低下は遅れ、90cm 地点ではさらに遅れて、給水開始 96 時間後から pF 値が下がり始めた。90cm 地点で pF 値が最も低くなったのは、給水停止から 51 時間後であり、pF2.3 と水は届くものの、より給水管に近い地点に比べて pF 値の低下はわずかであった。

3. OPSIS からの給水によるレタスとホウレンソウの生育

OPIS の基本特性が明らかになったところで、OPIS による給水がレタスとホウレンソウの生育に及ぼす影響について調べた。

レタス品種‘極早生シスコ’を 2012 年 8 月 27 日にセルトレイに播種し、ガラス室内で育苗した。9 月 19 日に OPSIS を設置した雨よけパイプハウスに定植し、マルチ被覆栽培(図

-3) を行った。灌水は、埋設深 30cm の給水管から毎週 800 ないし 1,600L を給水した。9 月 25 日から 27 日にかけて約 900L（降水量約 36.6mm 相当）給水すると、土壤水分は給水管から水平距離 45cm 地点までは、マルチ被覆なしで行った通水試験と同様に速やかに pF 値の低下がみられた。60～75cm 地点は、毎週給水を繰り返すことで緩やかに pF 値は低下した。定植 30 日後のレタスの生育は給水管直上よりも 30cm 地点で最も地上部重が大きく、さらに給水管から離れるにしたがって地上部重は小さい傾向がみられ、75 cm 地点では 30cm 地点に比べて小さかった。11 月 12 日の収穫調査では、地上部全体、結球部ともに 45 cm 地点の株で生育がよい傾向が認められ、給水管からの距離が 45cm よりも近い 0 cm 地点、または遠い 60, 75 cm 時点では低下した。

ホウレンソウ品種‘ソロモン’を 2012 年 11 月 29 日に OPSIS を設置した雨よけパイプハウスに播種し、



図-3 収穫調査前のレタスの生育 (2012年11月9日)



図-4 収穫調査時のハウレンソウの生育 (2013年3月5日)

栽培期間を通じてべたがけ被覆をした。12月4日から18日までは毎週1,600L、12月25日から2月19日までは、隔週で800Lずつを給水した。播種1週間後に約1,600L（降水量約65mm相当）給水すると、土壌水分は水平距離40cm地点までは、速やかにpF1.7以下まで低下した。一方、80cm地点では毎週1,600L給水時はほぼ一定であったが、隔週給水では給水により一時的な低下を繰り返しながら、徐々に2.7まで上昇した。3月5日（図-4）に収穫調査した結果では、草丈は水平距離40cm地点が最も長い傾向がみられ、給水管直上で短かった。地上部重も、40cm地点が大きい傾向にあり、給水管直上は低下し、40cm地点より近くなるほど、あるいは遠くなるほど小さい傾向がみられた。ハウレンソウでは、60、80cm地点は、給水管直上の0cm地点に比べて生育の低下は少なかった。

レタスの生育は、給水管から水平距離45cm地点で最も優れ、給水

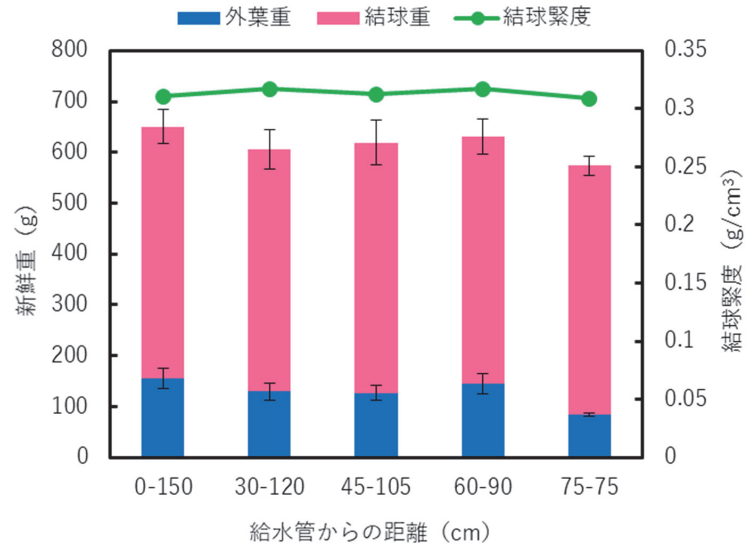


図-5 給水管からの距離別レタスの生育（縦線は標準誤差を示す）

管直上の0cm地点で劣った。これは、リーフレタスでの過剰な灌漑が収量の減少を引き起こすという報告(Thompson and Doerge 1996)と一致した。0cm地点では、特に給水直後にpF値が45cm地点よりも低くなっており、過湿による湿害、あるいは肥料成分の流亡により生育が劣っている可能性が考えられた。一方、45cm地点よりも生育が劣った60、75cm地点では給水後のpF値の低下は少なく、レタスに乾燥ストレスがかかり、生育が低下していることが考えられた。ハウレンソウでは、水平距離40cm地点で生育がよく、やはり給水管直上では劣った。しかし、レタスが水平距離45cmよりも遠い地点で生育が抑制されるのに比べると、ハウレンソウでは給水管から離れてもそれほど抑制されず、栽培する品目にあわせて灌水基準が必要と考えられる。

4. OPSIS を用いたレタス栽培と OPSIS 露地圃場でのハウレンソウ栽培

これまで得られた試験結果を基に、実際の野菜栽培技術の開発に向けて、複数の給水管から灌水してレタスと OPSIS を設置した露地圃場でのホ

ウレンソウの栽培試験を行った。

レタス品種‘シーカー’を2013年4月1日にセルトレイに播種し、ガラス室内で育苗した。5月2日に OPSIS を設置した雨よけパイプハウスに定植し、マルチ被覆栽培を行った。1.5m 間隔で設置された給水管から通水することで、中央75cm地点は両側の給水管からの灌水となり、給水管からの距離によるレタスの生育差は小さくなり、6月17日の収穫調査では、最も生育の良かった地点のレタス結球重は最も劣った地点のレタスの約1.04倍におさまり、結球緊度にも違いはみられなかった（図-5）。

2014年4月9日にハウレンソウ品種‘クロノス’を OPSIS 設置露地圃場（つくば市観音台）に播種した。給水管の設置深は30cm、配管間隔は1.4mとし、対照区は天水のみ、OP SIS 区は土壌pF2.5を目安に降水量10～20mm相当を給水した。給水以外は、慣行の業務・加工用ハウレンソウ栽培管理とした。収穫調査は、生食用より遅く5月26日に行った。農研機構野菜花き研究部門（つくば市）では、降雨の影響を避けるために雨よけパイプハウスでの試験をしているが、より実際の生産現場に近い露地圃場において

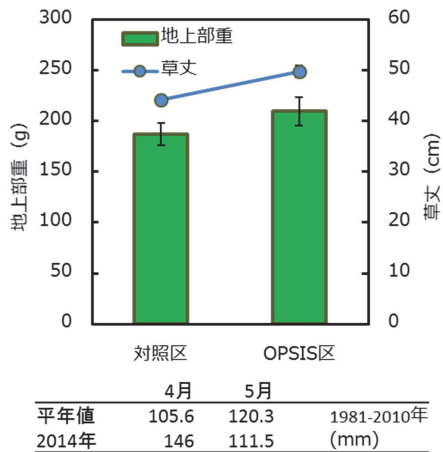


図-6 OPSISによる業務・加工用ホウレンソウの生育と栽培月間の降水量
(縦線は標準誤差を示す)

も試験を進めており、当然ながら降雨の影響を受け、少雨や高温干ばつ時における OPSIS による野菜の減収軽減効果を検証する機会は多くない。しかしながら、本試験時の降水量が平常値の約 1.14 倍であったにも関わらず、OP SIS の活用によって 1 割以上の地上部重の増加がみられ (図-6)、少雨、干ばつ時以外でも OPSIS によるホウレンソウの生育促進が明らかとなった。その後、雨よけパイプハウスで繰り返した業務・加工用ホウレンソウの栽培試験では、OP SIS による灌水開始基準は、土壌 pF2.2 から 2.3 程度が適当である結果が得られた。

以上のことから、複数の給水管から灌水することでレタスの生育のばらつきが抑えられること、露地栽培のホウレンソウで平常値並降水量下でも OP SIS からの給水により生育促進されることが明らかとなった。

おわりに

通水試験での水分動態からは、給水管の埋設深 25, 30, 35cm (遮水シートの上端) で比較すると、本試験土壌では埋設深 30cm が最も優れていると考えられた。この埋設深は、耕耘する

ことを前提とした地下点滴灌漑の配管埋設深 20~70cm (Camp 1989) の範囲内になっているものの、機械作業による土の偏りによっては耕耘により給水管を破損する恐れもあり、30cm よりも深い埋設深が必要とされる場合も考えられる。現在は、雨よけパイプハウス内の OP SIS 給水管を埋設深 40cm に設定し、実験を進めている。

試験結果では、OP SIS の給水管から 70~80cm 程度離れた地点までは十分な量の水が供給され、レタスとホウレンソウの栽培が可能であった。したがって、給水管の間隔を 150cm 以下にすると、給水管に挟まれた全ての地点に水が届き、作畝や定植位置を任意に設定できることが明らかとなった。栽培管理を容易にするには、給水間隔を狭くすることで達成できるが、直接導入コストに関わってくる問題でもある。

今回紹介したような研究所内での雨よけパイプハウスや露地圃場での栽培試験以外にも、農林水産省「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業」により 2015 年に茨城県東茨城郡茨城町露地圃場でのキャベツ生産で実証試験を行い、平常値並の降水量があったものの約 1~2 割の増収を確認することができた。現在は、農林水産省「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」による宮城県亘理郡山元町の無加温ハウスでのホウレンソウ栽培に取り組んでいるところである。

OP SIS は、設置したまま機械管理作業が可能な灌漑システムであり、少雨・乾燥時にも十分な給水が可能で、

露地野菜生産の安定化が期待されるツールである。設置コストの低減や効率化のために、施工機械の開発と配管資材等の改良を行うとともに、土壌条件や作型にあわせた水分管理法を最適化し、露地野菜の安定生産技術として導入できるよう研究を進めること、露地圃場での少雨・乾燥時における野菜の生育抑制軽減効果を実証する必要がある。また、設置によるメリットを高めるために、新たな排水機能の付与や UECS (Ubiquitous Environment Control System) などを用いたきめ細かな土壌水分管理、生育制御などの可能性を追求していく予定である。

引用・参考文献

- Camp, C.R. 1998. Subsurface drip irrigation: A review. Transactions of the ASAE 41, 1353-1367.
- 小野寺恒雄・藤森新作 2014. 畑地用節水型地下灌漑システムの構造と機能. 畑地農業 670, 13-20.
- 小野寺恒雄ら 2016. 地下灌漑用部材の敷設装置および敷設方法. 特許第 5929302 号.
- 佐々木英和ら 2014. 遮水シート溝式地下灌漑システムを用いた給水制御方式がレタスとホウレンソウの地上部および根部の生育に及ぼす影響. 根の研究 23, 5-13.
- 佐々木英和ら 2015. 遮水シート溝式地下灌漑システム (OP SIS) からの給水によるキャベツの生育. 園芸学研究 14(別 2), 454.
- 千家正照 1994. 地下灌漑. 農業土木学会誌 62, 449.
- Thompson, T.L. and T.A. Doerge 1996. Nitrogen and water interactions in subsurface trickle-irrigated leaf lettuce: I. Plant response. Soil Sci. Soc. Am. J. 60, 163-168.