

エ 用水

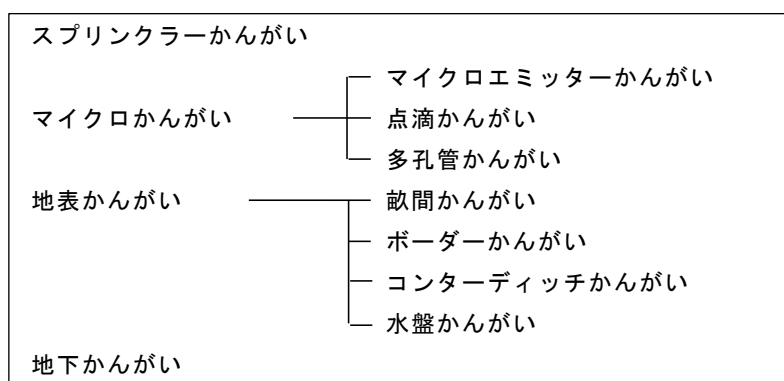
(ア) 末端かんがい方式

畑地化後の末端かんがい方式は、方式ごとに特徴や選定条件のほか、施設整備費及び維持管理費が大きく異なることから、立地条件、営農条件、水利条件、経済性等を踏まえた上で、その地区に適したかんがい方式を選定する必要がある。

【解 説】

1. 末端かんがい方式の分類と特徴

畑地における末端かんがい方式は、以下のように分類される。



末端かんがい方式の分類¹⁾

上記かんがい方式の特徴は以下のように要約される。

1) スプリンクラーかんがい²⁾

スプリンクラーかんがいは、水に高圧をかけ降雨状にして散布を行うかんがい方式である。

この方式は、風による散水分布の偏りが生じやすいが、適当な散水強度を選択することで、地表かんがい方式では避けることのできない用水の地表流送中の深層浸透損失及び地表の不均平（不陸）による浸透損失などを少なくできる。

また、地表かんがいに比べて、少量頻繁なかんがいに適しており、より集約的な利用が可能で、かんがい管理労力も少なくてすみ、果樹園、茶園等では、薬剤散布、凍霜害防止等栽培管理の合理化に利用できる。



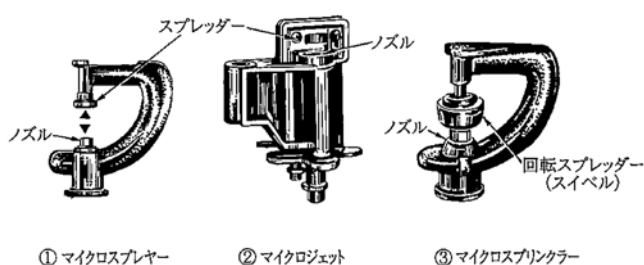
スプリンクラーかんがいの例³⁾

2) マイクロかんがい²⁾

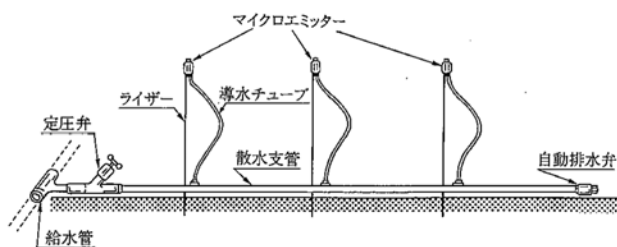
マイクロかんがいは、ほ場配管に取り付けたエミッター等を通して用水を作物の根群域に少量頻繁に供給するかんがい方式である。

この方式では、作物の根群域に低圧かつ少量の用水を頻繁に供給することが可能であり、これによって、根群域の土壤水分をきめ細かくコントロールでき、このような特徴は、特に作物の集約栽培に適している。

また、根群域に限定された部分かんがいが可能なこと及び空き TRAM の活用による降雨の有効化が容易なことから、水源事情が逼迫した地域の露地栽培において、節水かんがいが可能となる。



マイクロエミッターの例⁴⁾



マイクロエミッターの設置事例⁴⁾



散水型の多孔管かんがいの例

3) 地表かんがい

地表かんがいは、地表面を流水又は湛水によって用水を供給するかんがい方式で、均等な水分分布を与えるために、ほ場を一定勾配あるいは平坦に整地するものである⁵⁾。

地表かんがいのうち、コンターディッチかんがい及び水盤かんがいは、土地改良事業としての実施例が少なく、我が国の実情からみても適用の可能性が低いとされることから¹⁾、ここでは、畝間かんがい及びボーダーかんがいのみを対象に主な特徴を記載する。

① 畝間かんがい方式²⁾

畝間に流された水が畝の側面から浸潤して作物の根群域を潤す方式である。畝の下流端において根群域に必要十分な水を供給するための水深を確保するために必要な浸入時間だけ湛水するが、上流端から下流端までの到達時間中、上流側では余分な時間だけ湛水するために根群域下方への深層浸透損失が避けられない。

この方式では、地形、土壤のインテークレート、畝長、流し込み流量等によってかんがい適用効率に差が生じ、均一な勾配に仕上げるために土工機械を必要とする。

② ボーダーかんがい方式^{2]}

耕地を低い畦畔で細長く帯状に区切り、一定の緩勾配を付けて、水を薄層流として全面流下させて土壤中に浸潤させる方式であり、牧草類のかんがいに多く用いられる。

深層浸透損失及びかんがい適用効率の考え方は、畝間かんがいと同様である。

畝間かんがいに比べてかんがい労力は少ないが、反面、大きな流下流量を要し、勾配による制約を受けるため、より広範囲にわたる均平が必要となる。

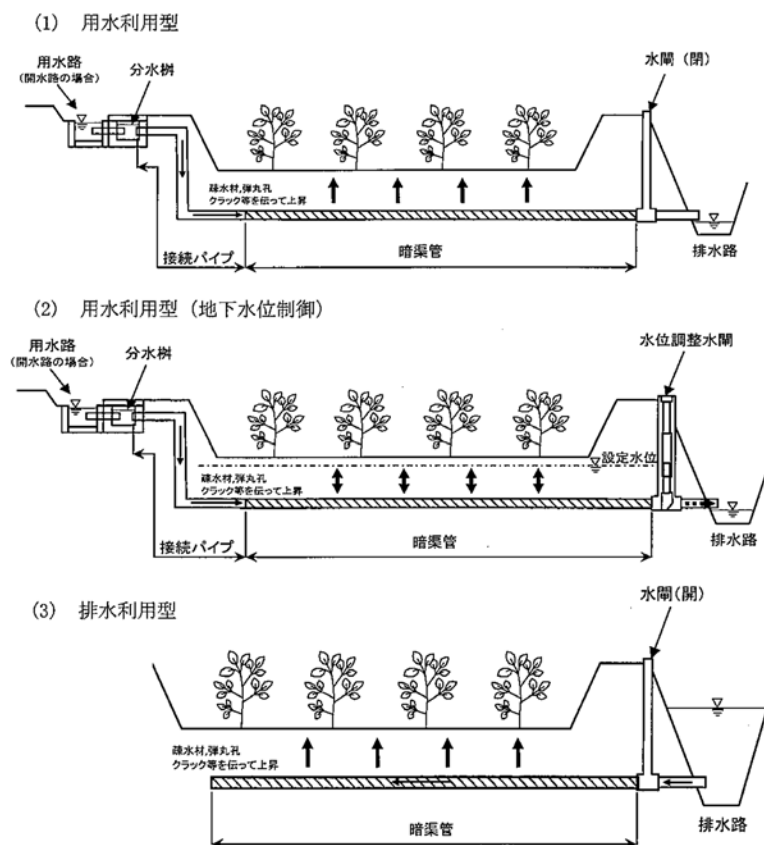


畝間かんがいの例^{6]}

4) 地下かんがい

地下かんがいは、地中に人為的に作られた水源から土壤の毛管上昇作用によって根群に水分補給するかんがい方式である^{2]}。

地下かんがいの分類、適地・条件等の詳細については、計画基準「ほ場整備（水田）」技術書『16. 地下かんがい導入の検討』等を参照する。



地下かんがいの分類^{7]}

2. 末端かんがい方式の適用条件と適用範囲

各種かんがい方式の適用条件と適用範囲は、概ね下表に示すとおりである。

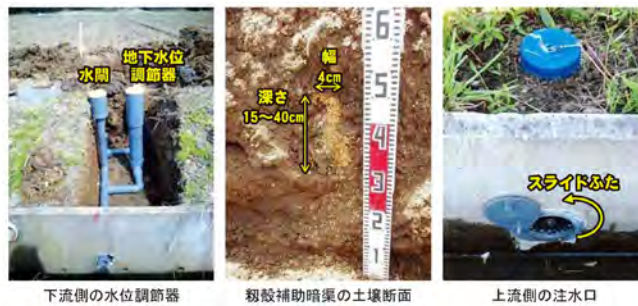
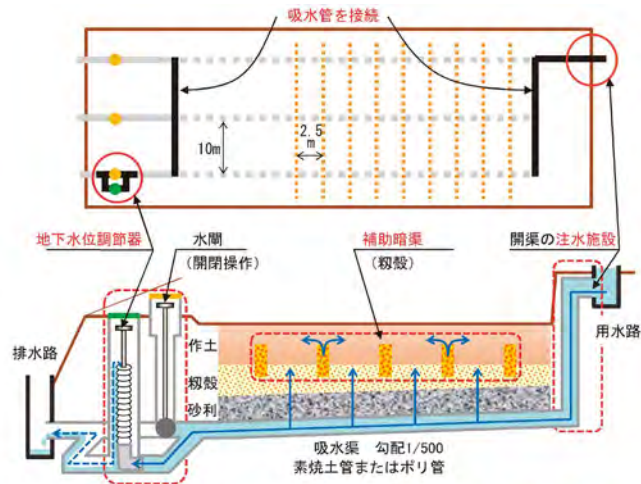
各種かんがい方式の適用条件と適用範囲⁸⁾

かんがい方式	土地の傾斜の範囲	適用土壌及びベーシックインテークレートの範囲	作物への適性・その他	
スプリンクラーかんがい	ほとんど制約がない	ほぼあらゆる土壌に適する (I _B >5mm/hr)	あらゆる作物、果樹に適する。ただし、一部の葉菜類、果菜類には病気が多発することがある。I _B <5mm/hr では泥ねい化し、移動式の適用は困難となることがある。	
マイクロかんがい	マイクロエミッターかんがい	ほとんど制約がない	あらゆる作物に適用可能。特に、果樹、施設園芸及び軟弱野菜に適している。ノズル孔が細かいため、目詰まり対策が必須。多目的利用も可。	
	点滴かんがい	ほとんど制約がない	あらゆる作物に適用可能。集約的管理を要する作物への補給かんがい、トンネル、マルチ栽培に適している。ノズル孔が細かいため、目詰まり対策が必須。	
	多孔管かんがい	ほとんど制約がない	極端な粘質土を除くあらゆる土壌 (I _B >15mm/hr)	適用作物はスプリンクラーかんがいに同じ。散水強度が大きく、かつ散水分布が長方形となるため、散水域を重複させる必要性は少ない。
地表かんがい	畝間かんがい	1%以下	粘質土、透水性の小さい壤質土 (I _B <75mm/hr)	畝立て作物及び果樹に適用可能。透水性の大きい土壌では適用効率が低くなり、実用的ではない。
	ボーダーかんがい	4%以下	粘質土、透水性の小さい壤質土 (I _B <75mm/hr)	牧草のような散播密生作物に適する。均一の地形勾配と流向に直角方向の均平及び大流量が必要である。
	コンターディッチかんがい	0.5～15%	制約がない	牧草のような密生作物に適用可能。ただし、適用効率は著しく低い。かんがい効率を考慮しなければ、複雑な地形でも適用可能である。
	水盤かんがい	0.2%以下	粘質土に適する (I _B <75mm/hr)	果樹又は水田跡地の牧草などに適用可能。平坦地及び低透水性土壌に適する。

[事例：秋田県における「地下かんがいシステム」の適用について]

轟地区（秋田県）では、一部区域において、砂礫地盤のため地下かんがいによる水位調整が困難であった。

そのため、暗渠排水に注水施設、地下水位調整器及び補助暗渠を備えた「地下かんがいシステム」⁹⁾を導入し、用水路からの取入口に給水柵（250mm×300mm）を設置することで、地下かんがいが困難な区域においても、吸水渠に安定した水量を供給可能となっている。



地下かんがいシステムの概要⁹⁾



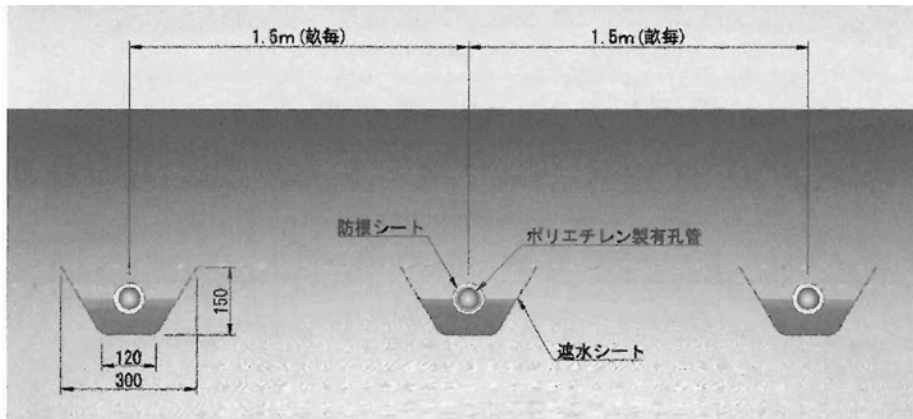
用水路からの取入口における給水柵の設置状況
（地区事例：轟地区（秋田県））

[補足：畑地用地下かんがいシステム OPSIS について]

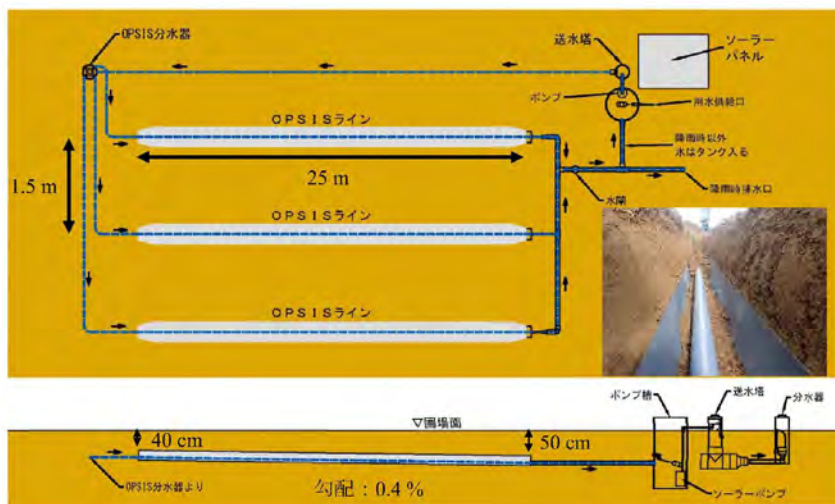
① システムの概要^{10), 11), 12]}

畑地かんがいにおける節水及び労力削減に向けて、「畑地用地下かんがいシステム OPSIS (Optimum Subsurface Irrigation System)」が、(株)パディ研究所、農研機構、クボタシーアイ(株)(現：(株)クボタケミックス)の共同研究により開発された。

本システムは、地下40～50cmに遮水シート(硬質塩化ビニル製遮水シート)とかんがい用パイプ(ポリコルゲート有孔管)を敷設し、毛管により作物の根域に直接かんがいをするものである。



OP SIS の標準断面図^{10]}



OP SIS の構成要素^{12]}

② システムの特徴^{10]}

OP SIS は、以下のような特徴を持ち、用水不足の解消、農作物の品質向上、多収、農作業の合理化・省力化などが期待できる。

- ・地下かんがいは、作物の根域に用水を供給することから、蒸発が抑制され、消費水量が少なく節水かんがいが実現可能である。
- ・かんがいを行っても表層は乾いた状態であることから、ほ場内における収穫等の作業性が向上する。

- ・スプリンクラーかんがいは、水撃による表土飛散、耕土流亡、長時間の泥濘発生等のおそれがあるが、地下かんがいではこうした問題が生じない。
- ・地下かんがい機能とともに暗渠排水機能を兼ね備えていることから、湿害対策にも効果がある。
- ・液肥かんがいを本システムに組み込むことができ、軽労化及び省力化が実現する。
- ・水平から最大10%程度の傾斜地においても、地下かんがいが可能である。
- ・ハウス内のかんがいにも適しており、かんがいに伴う湿度上昇が防止され、病気の発生を抑制できる。また、表土が乾燥した状態を維持できるため作業性が良い。
- ・水質が悪い水及び少量のゴミが混在している水でも利用可能である。
- ・循環かんがいを基本としており、ソーラー発電で水中ポンプを稼働、又は、自然圧パイプラインが可能な省エネルギーシステムである。
- ・少人数で施工可能な機械が開発されている。

3. 末端かんがい方式の選定について

我が国では、スプリンクラーによる散水かんがいが一般的に適用されており、凍霜害防止、病虫害防除等を主目的とするスプリンクラーの開発・改良も進められている¹⁾。

一方、水田の畑利用を行う場合には、水田かんがい施設をそのままの形で使用することが望ましく、畝間かんがい方式が採用される場合が多いとされ¹³⁾、かんがい方式によって特徴、選定条件のほか、施設整備費及び維持管理費が大きく異なる。

そのため、畑地化後の末端かんがい方式については、現地における以下の諸条件や農業者の意向を勘案した上で、計画基準「農業用水（畑）」技術書『7. かんがい方式の特徴と選定条件』、同「ほ場整備（畑）」技術書『22. 土地利用形態とかんがい方法』等を踏まえて、その地区に適したかんがい方式を選定する必要がある。

- | | | |
|--------|---|--|
| ① 立地条件 | ： | 土地の傾斜・等高線の状態等の地形条件、土壌の透水性等の土壌条件、風向風速等の気象条件 |
| ② 営農条件 | | |
| 栽培作物 | ： | 作物の種類によるかんがい方式の規制要因 |
| 栽培方法 | ： | 植栽密度、畝立ての方法、輪作体系等 |
| 集団化の程度 | ： | 作付の集団化、協業経営の可能性、機械化の程度 |
| 経営の規模 | ： | 経営面積の大小、営農計画等 |
| ③ 水利条件 | ： | 水源水量の制約、必要水量、かんがい効率等 |
| ④ 経済性等 | | |

末端かんがい方式の選定に当たって検討すべき諸条件¹⁾

(イ) 畑地かんがい施設の整備

水田地域の一部区域を畑地化する場合、事業実施に伴い水田及び畑が混在することとなり、水田かんがい及び畑地かんがいの双方に対応した施設整備が求められる。

畑地化後の用水路の形式は、末端かんがい方式等を踏まえて選定するが、水田及び畑が混在した地区において、施設の維持管理の合理化等の観点から、水田かんがい用水及び畑地かんがい用水を合わせたパイプライン化を検討している事例もみられる。

【解 説】

1. 畑地化後に水田と畑が混在する場合におけるかんがい施設の整備について

水田の畑地化が用水系統全体又はブロック単位で実施される場合は、既存の水田かんがい施設を畑地かんがいに対応した水利施設へ転換するなどの再整備が必要となる¹⁴⁾。

しかし、「ほ場整備実施時に一部区域を畑地化する」または「既にはほ場整備実施済みの地区で、畑地化に適した区域を選定して基盤整備を行う」など、水田の畑地化を行うケースの大半において、事業実施に伴い水田及び畑が混在することから、水田かんがい及び畑地かんがいの双方に対応した施設整備が求められる。

2. 畑地化後の用水路の形式について

畑地化後の用水路の形式は、畑地化後のかんがい方式等を踏まえて、適切な水路形式（開水路又はパイプライン）を選定する。

1) 開水路形式

既設用水路が開水路形式の地区において、水田の畑地化後に畝間かんがいを行う場合は、既設開水路の活用を検討するが、ポンプを用いてスプリンクラーかんがいを行っている事例もある（八森地区（秋田県））。

なお、開水路による用水供給を行う場合、用水中に雑草の種子が混入し、かんがい用水を利用したほ場で雑草が繁殖するおそれがある（畑地化後は水田時と異なり湛水利用されないため、雑草抑制が困難）。

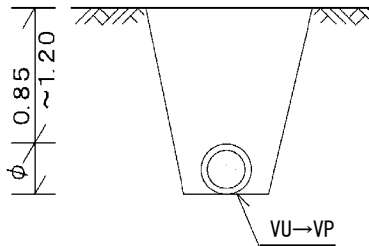
2) パイプライン形式

パイプラインについては、水田かんがい用、畑地かんがい用及び併用パイプラインシステムに分類され、水田かんがい用パイプラインシステムの水圧は一般に低圧で使用されることが多く、畑地かんがい用の場合は高圧で使用されることが多い¹⁵⁾。

そのため、水田かんがい用の既設水路がパイプラインであっても、畑地化後に散水栓（末端給水栓）で所定の水圧を確保できなければ加圧する必要があるため、既設の管種が求められる水圧に対応しない場合は、水圧に適した管種への敷設替えが必要となる。

なお、水田の畑地化に当たって、既設開水路をパイプライン化する場合、既存水源が基本的に頭首工又はため池であることから、取水口からの全線パイプライン化について検討する必要がある。

[事例：畑地化に伴う管水路管種の見直し（和地太田地区（愛知県））]



水田かんがい用に整備された既存の管種(VU：薄肉塩ビ管)を畑地かんがい用の高圧パイプラインに適した管種(VP：厚肉塩ビ管)に敷設替え

また、水田地域の一部区域を畑地化して水田及び畑が混在する地区で併用パイプラインシステムを採用する場合、畑地かんがいでは散水栓で高圧を必要とすることから、システム全体としては高圧パイプラインとなり、水田かんがいに対する減圧対策が必要となる¹⁵⁾。

[事例：美幌川地区（北海道）におけるパイプライン化の検討]¹⁶⁾

美幌川地区（北海道網走郡美幌町）では、畑地化の進行により水田及び畑が混在しており、次回の水利権更新に向けた水利用計画の策定が進められている。

本地区の水利用計画（案）では、受益者の意向を踏まえて、配水計画は既存の水利施設の活用を基本としつつ、施設の維持管理の合理化等の観点から、水田かんがい用水及び畑地かんがい用水を合わせたパイプライン化を検討することとしている。

○美幌川地区の水利用計画（案）に係る基本事項（抜粋）

- ・ 暫定水利権 1.043m³/s に対し変更水利権は 0.240m³/s となり、1/4 以下に減少。
- ・ 配水計画は既存の水利施設の活用を基本とする。
- ・ 水田かんがい用水は既設用水路の更新整備でも対応可能であるが、今後の維持管理の合理化を考慮し、水田かんがい及び畑地かんがいを合わせてパイプライン化を行う。

美幌川地区の水利用計画（案）に係る主な課題¹⁶⁾

項目	課題
水利用	<ul style="list-style-type: none"> ・ 営農形態の変化などから水利用期間が前後に広がっている ・ 高台にある改良区受益外の農家に新規の水利用希望者がいる ・ 余剰水利権水量を有効に活用すべき
水利権	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水利権期間を変更できないか ・ 次回の水利権更新は単純更新ではなく、実態に即した水利用目的と水量にする
施設	<ul style="list-style-type: none"> ・ ローテーションブロック内に水田と畑とが混在する場合の取水方法は ・ リールマシンに必要な水圧は十分か ・ 農地の集約化、ほ場内配管の敷地、施設配置などはどうなるか ・ 転作田で水田用水の設計流量を設定すると、管径が大きくなるなど事業費への影響は ・ 温水ため池の既設利用のため、老朽化した越流壁を補修する
維持管理	<ul style="list-style-type: none"> ・ 維持管理の省力化、合理化を図る
自然環境	<ul style="list-style-type: none"> ・ 温水ため池は自然環境としての価値があるため、原形での使用を継続する ・ 管水路化後も美幌第1幹線用水路の土水路に生息するホタルのための放水が出来るか

(ウ) かんがい用水の水質

水田を畑地化し、従前の水田かんがい用水を畑地かんがいに利用する際に、用水中の砂、礫等による末端かんがい施設が目詰まりが懸念される場合は、水質及び末端かんがい方式の種類を勘案し、フィルター等を設置する必要がある。

畑地化後における施設園芸の導入に当たって、従前の水田かんがい用水が水質面で原水として適さない場合には、地下水（井戸水）等の利用を検討する必要がある。

【解 説】

1. 水田かんがい用水を利用する場合における末端かんがい施設が目詰まりについて

畑地かんがいの場合、用水中に混入している砂、礫、木片等の浮遊物質（SS）は、散水口が目詰まりの原因となり、水圧のかかるスプリンクラーより、散水口の水圧の低い点滴（ドリップ）かんがいの方が影響を受けるとされる¹⁷⁾。

特に、マイクロかんがいにおいては、エミッターが目詰まりを起こすと散水の均一性が著しく低下するほか、砂等の微粒子や有機物など水に浮遊しているものが、散布支管の下流端近くの流速が小さい箇所に堆積、又は管壁に付着することで管路の断面積が小さくなり、流れが悪くなる場合がある¹⁸⁾。

このため、水田を畑地化し、従前の水田かんがい用水を畑地かんがいに利用する際に、用水中の砂、礫等による末端かんがい施設が目詰まりが懸念される場合は、水質及び末端かんがい方式の種類を勘案し、フィルター等を設置する必要がある。

2. 畑地化後に施設園芸を行う場合のかんがい用水について¹⁹⁾

施設園芸においては、より良質な水がより高い収量をもたらすことから、利用可能水量と電気伝導率（EC）、水素イオン濃度（pH）等の水質成分の分析・把握は必須であり、施設園芸における原水の基本的な要件は以下の2点である。

- ・病原菌及び有害物質を含まないこと
- ・肥料及び培養液の組成、濃度を乱さないこと（理想としては無機塩類成分を含まないものが望まれる）。

一方、河川水、農業用水といった地表水は、渇水期、豊水期など、年間で水質変動が大きく、また流域の自然環境及び産業活動による水質変動が起きやすいこと等から、施設栽培、特に養液栽培では農業用水はあまり利用されず、地下水（井戸水）、雨水及び水道水の利用割合が大きい。

そのため、施設園芸において、農業用水（従前の水田かんがい用水）が水質面で原水として適さない場合^{※1)}には、現地条件、新規水源の確保に要するコスト等を勘案し、地下水（井戸水）等の利用を検討する必要がある。

※1 後述「参考資料（6）かんがい用水の水質基準について」を参照。

引用文献

- 1] 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「農業用水（畑）」『基準 3.3.3 かんがい方式の確定』
- 2] 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「農業用水（畑）」技術書『7. かんがい方式の特徴と選定条件』
- 3] 「肝属中部畑かんだより『台地に畑かん・潤う農業』Vo1.13 (H29.3)
- 4] 土地改良事業計画指針「マイクロかんがい」『1.2 マイクロかんがいの定義』
- 5] 「改訂6版 農業農村工学標準用語辞典」(公社)農業農村工学会
- 6] 西谷光生「中東乾燥地域における灌漑水管理に対する我が国の協力～イラクの参加型水管理の事例～」世界の農業農村開発 65、(一財)日本水土総合研究所 (2022)
- 7] 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「ほ場整備（水田）」技術書『16. 地下かんがい導入の検討』
- 8] 「畑地かんがい技士養成講習会テキスト（令和6年度）」(一社)畑地農業振興会、P. II-8
- 9] 「地下かんがいシステム利用マニュアル」秋田県農林水産部農地整備課・秋田県農業試験場(2018.2)
- 10] 小野寺恒雄・藤森新作「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、P. 13～20 (2014)
- 11] 若杉晃介ら「畑地用地下灌漑システム OPSIS と ICT を活用した遠隔・自動制御による節水技術の開発」農業農村工学会誌 85(10)、P. 11～14 (2017)
- 12] 安西俊彦ら「畑地農業が抱える諸問題を解決する地下灌漑システム OPSIS」2023年度（第72回）農業農村工学会大会講演会講演要旨集
- 13] 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「ほ場整備（水田）」技術書『4. 田畑輪換と区画計画』
- 14] 土居邦弘「畑地化・汎用化における農業用水の課題」畑地農業 789、P. 1～8 (2024)
- 15] 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」技術書『6. パイプラインシステムの設計』
- 16] 青木謙治ら「水田の畑地化における現場での課題」2022年度（第71回）農業農村工学会大会講演会講演要旨集
- 17] 増島 博「農業土木技術者のための水質入門(その2)－水質と作物生育－」農業土木学会誌 52(9)、P. 51～56 (1984)
- 18] 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「農業用水（畑）」技術書『26. 末端かんがい施設における調節装置の分類と選定』
- 19] 奥島里美「施設園芸における水利用 4. 用水の管理・調整」畑地農業 775、P. 24～29 (2023)