

5. 土壌水分関係調査

(基準 2.3 関連)

5.1 調査地点の選定

土壌水分を調査するための地点は、原則として土壌調査に基づく主要な土壌区分ごとに選定する。土壌の物理的性質は、土壌を生成する環境条件である気候、母材、地形などと密接な関係を持ち、さらに、将来の土づくりによっても変化すると考えられる。したがって、これらについては土壌調査結果を十分検討の上、調査地点を選定しなければならない。

また、平均的かつ適正に管理されているほ場における対象作物を選定し、大きな防風林や広い道路に近接している箇所では、これらの影響を避けるため 15 m 以上離れた地点を選定する必要がある。

5.2 土壌水分の測定と表示

土壌水分の測定と表示には多くの方法があるので、測定の目的及びそれぞれの方法の特徴を考慮して決定する。

(1) 土壌水分の測定

現在よく使われている測定方法には次のようなものがある。

ア. 採土法

ほ場の土壌を直接採取（採土）して、水分変化のないように実験室に持ち帰り、100～110℃で一定質量になるまで乾燥させ、その減量をもって土壌水分量とする。採土に当たっては定容積採土器（100 cm³）を用いると便利である。なお、採土すべき試料体積があまり少ないと測定値のばらつきが大きくなるおそれがあるので注意しなければならない。また、試料に礫が含まれる場合は、その大きさが増すほど試料体積を大きくとる必要がある。この方法は、土壌水分の絶対量を直接知り得るもので、土壌水分減少法で正確な消費水量を求めるときに基本となる測定法である。測定結果は、テンシオメータ法、誘電率水分計法及び電気抵抗法等による土壌水分の検証に用いられるので、極めて重要である。

イ. テンシオメータ法（写真-5.1）

土壌中の毛管張力を、多孔物質体を介して圧力計に導いて測定する方法で、一般には多孔物質体にポーラスカップ、圧力計に水銀マンオメータやブルドン管真空計、その他圧力センサ等が用いられ、土壌水分量はあらかじめ用意された $pF^{※1}$ ～体積含水率曲線（土壌水分特性曲線）によって求められる。

テンシオメータは、その機構上測定の範囲は最高 1 気圧（ $pF3.0$ ）までであるが、実際上は比較的湿潤状態（ $pF0\sim2.7$ ）の土壌水分測定に適している。ただし、急激な温度変化は、チューブの容量変化などのため、装置内の圧力変化をもたらす。そのため、ポーラスカップ内と土壌間に水の出入りが生じ誤差の原因となるので、地表部分を発泡スチロールやアルミホイルな

※1 pF ：土壌から水を吸引するのに必要な力を水柱の高さ（cm）で表し、それを常用対数値にしたもの。大きい数値ほど土壌に保持されている力が強い。

SI 単位では cm や MPa 等で表されるが、本基準では従来どおり常用対数値とする。

どで覆い、急激な温度変化を避けるようにすることが望ましい。

ウ. 誘電率水分計法（写真-5.2）

土壌を構成する物質の比誘電率は、空気では 1、土粒子で 3～5 であるのに対し、水は 80 と非常に高い。そのため、これらの混合物である土壌の比誘電率は水の量に大きく依存する。この土壌の誘電特性に基づき、土中に金属棒（プローブ）の付いたセンサを設置し、土壌水分量を測定する方法が誘電率水分計法である。土壌の誘電特性の測定原理の違いによる各種誘電率水分計が開発されている。誘電率水分計を用いると、比較的乾燥状態（ $pF3.0$ 以上）でも作物による吸水を含めた土壌水分量の変動の測定やプローブ長全体の平均体積含水率の算定が可能である。

また、誘電率水分計は肥料分や塩分による電気伝導度や温度等の影響を受ける場合があることや、正確な土壌水分量の測定にはキャリブレーションが必要であることに留意する必要がある。特に、キャリブレーションは湿潤側と乾燥側で可能な限り広い範囲で実施し、均質と見なせる土層ごとに土壌水分～電気出力値曲線（キャリブレーション曲線）を描くことが望ましい。

なお、設置に当たっては、プローブを未攪乱土に挿入し土と密着させる必要があるため、礫の多い土壌ではプローブの挿入が困難な場合がある。さらに、設置後の土の埋戻しは、測定に影響が生じないように掘削前と同等な状態の回復に努めるものとする。

代表的な誘電率水分計法を表-5.1 に示す。

表-5.1 代表的な誘電率水分計法

名称	測定手法の概要	特徴
TDR (Time Domain Reflectometry) 法	電磁波がプローブを往復する時間から誘電率を測定	・信号解析によって電磁波の往復時間が求められる
ADR (Amplitude Domain Reflectometry) 法	電磁波がプローブを往復するときに発生する伝送線のインピーダンスから誘電率を測定	・電圧値として出力され、信号解析が不要である
キャパシタンス法（静電容量法）	静電容量の変化から誘電率を測定	・電圧値として出力され、信号解析が不要である ・TDR 法や ADR 法と比べて地温や電気伝導度の影響を受けやすい

近年では、同一地点で多深度の土壌水分を測定でき、土の攪乱が少ない状態で設置可能なプロファイルプローブを用いる場合があるが、土壌と設置機器に隙間が生じるような状況では正確に測定できない点に留意するとともに、正確な測定のためには現場でのキャリブレーションが必要となる。

エ. 電気抵抗法

電極を内蔵した吸湿体を土中に埋設し、オームメータにより電気抵抗値の変化を測定し、あらかじめ用意した土壌水分～電気出力値曲線（キャリブレーション曲線）により土壌水分を測る方法である。吸湿体には石こうブロックあるいはガラスフィルタブロックを用いた方がよい。特にガラスフィルタブロックは測定範囲が広く（ $pF1.4\sim4.6$ ）、石こうブロックは土壌塩類の

影響を受けることが少ない（ $pF2.0\sim4.6$ ）。

オ. その他の方法

このほか、中性子水分計、熱伝導水分計等を用いた多くの方法があるが、現地の実状に適応したものを試験研究機関等の協力を得て選定する。

なお、誘電率水分計法及び電気抵抗法等で使用する土壌水分～電気出力値曲線（キャリブレーション曲線）は、現地で土壌をサンプリングし、その時の乾燥密度を室内において再現した土壌試料を作成した後、水分量を変化させつつ機器を挿入した際の電気出力値を読み取る作業を行うことで求めることができる。



写真-5.1 テンシオメータ設置状況



写真-5.2 誘電率水分計（TDR法）設置状況

(2) 土壌の水分状態の表示

土壌の水分状態の表示法にはいろいろあるが、畑地かんがい計画において水分量を表示する場合には、土壌の全体積中に占める水体積の百分率、すなわち、体積含水率を用いると水分の水深換算が容易にできる。

また、測定された土壌水分をエネルギー状態（ pF 値）として表示しておく、土性、土壌構造等が違っていても、土壌の水分状態を統一的に理解でき便利である。さらに、土層中における水分の移動状況を解析するのにも役立つ。テンシオメータ法では、測定された負圧そのものを pF 値で表示することができるが、他の方法による場合は、土層の pF ～体積含水率曲線（土壌水分特性曲線）をあらかじめ作っておき、これを用いて換算を行う。

なお、土壌の pF ～体積含水率曲線（土壌水分特性曲線）は吸引法、遠心法、蒸気圧法などによって求める。図-5.1 に pF ～体積含水率曲線（土壌水分特性曲線）とその測定法及び土壌水分測定法の適用範囲を示す。

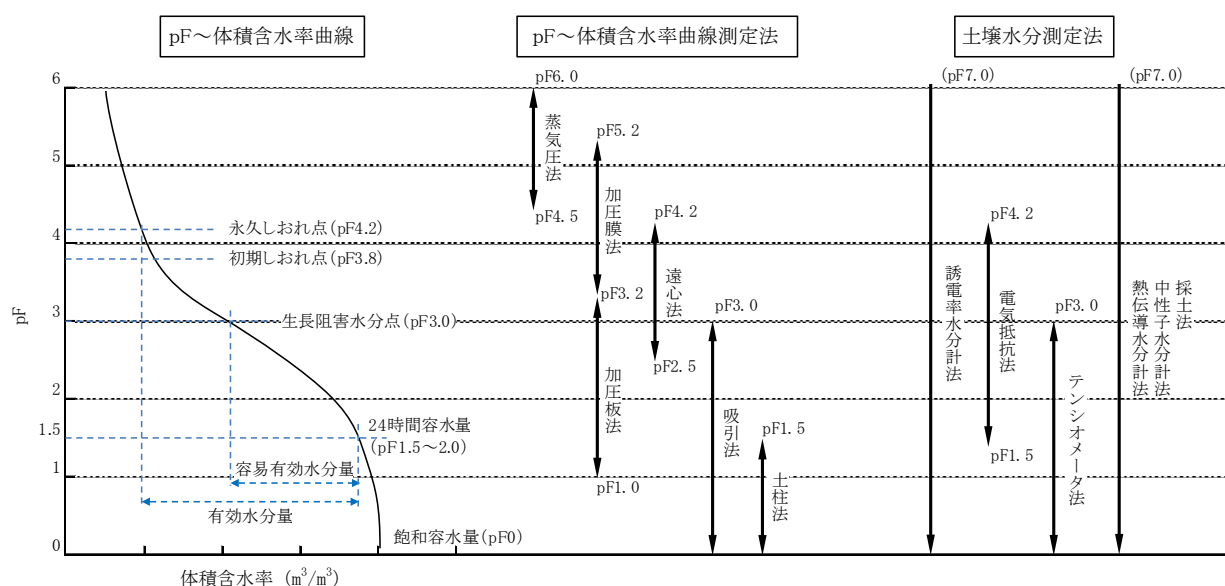


図-5.1 pF～体積含水率曲線（土壌水分特性曲線）とその測定法及び土壌水分測定法の適用範囲

5.3 水分定数等の決定

(1) 土壌水分特性調査

土壌水分特性として、畑地かんがい計画に重要なものは、24 時間容水量と生長障害水分点の土壌水分である。これらはいずれも調査地点より採取した生土について直接測定により求める。

なお、将来土づくりを行う場合は、土づくり後の土壌を想定して測定することが望ましい。

ア. 24 時間容水量

諸外国の乾燥地の例では有効水分の上限界を示すものとして、ほ場容水量の概念が通常採用されている。すなわち、ベーマイヤーとヘンドリクソンの定義によれば、多量の降雨のあった後、水の下降運動の割合が非常に小さくなったときの土壌水分量として定義される。また、モーアとリチャーズらによれば、土壌中の不飽和透水係数がゼロとなったときの水分量として提唱されている。ロージェの定義に従えば、土壌が保持し得る懸垂水の最大量ということになる。

しかし、我が国における岩田や竹中らの測定例をみれば、重力水の下降終了を基準とする意味でのほ場容水量は、大量の降雨後、数日を経た時点の場合が多いことが示されており、土性や土壌構造によって変化するため、ほ場容水量の時点をもって水消費の出発点とすることには問題が残されている。

したがって、現在では、有効水分の上限は、ほ場容水量の概念にとらわれず、時間規制で定義することが一般的であり、十分な降雨又はかんがいの後、ほぼ 24 時間を経過したのち、土壌中に保留される水分を 24 時間容水量として採用している。すなわち、24 時間を経過すれば標準条件下の土壌では大部分の重力水は排除され、残る重力水も、根毛の活発な吸水により大部分が有効利用されるとの考え方に基いている。

24 時間容水量の pF 値は、有効土層の深さによって異なるが、既往の検討成果によると多くの場合 pF1.5～2.0 に相当する。

測定に当たっては、選定した調査箇所 100 mm 以上を給水し、ビニルなどで覆う。その 24 時間後、各層の試料を採取するが、土層が緻密で排水不良を生じやすいようなときには、かんがい水量をあまり多くせず、現実のかんがい水量程度にとどめる必要がある。

イ. 生長阻害水分点

有効水分の下限界についての研究経緯を見ると、ブリッグスとシャンツの永久しおれ点が最初のものであろう。その後、多くの研究者によって、永久しおれ点がほぼ $pF4.2$ 付近の値を示すことが確かめられている。ベーマイヤーとヘンドリクソンは、永久しおれ点までは作物の正常生育が阻害されないと主張したが、その後の研究はこのような見解に対して否定的な結果を示している。

特に、我が国のような湿潤地帯では、作物がこのような極限状態にまでさらされる危険は比較的少なく、畑地かんがいは単なる作物体の維持よりも、より積極的な作物の品質向上と増収にその意義があるとの見解が一般的である。

このような立場から我が国においては、有効水分の下限界は永久しおれ点ではなく、生育に支障が多少でも現れるならば、その時点の水分を下限とすべきであるとの見解が定着してきた。このように生長阻害が起こり正常な生育を行い得なくなるときの水分量を生長阻害水分点と呼んでいる。

このときの水分は pF 値で 3.0 前後である場合が多い。もちろん、土壌の違いによって多少変動することがある。砂土では $pF3.0$ を下回る場合があり、ロームなどでは逆にこれを上回る場合もみられるので、厳密には土壌水分減少法により水分減少を実測し、水分消費量が著しく減退するときの土壌水分を調べる必要がある。しかし、計画値としては、遠心法又は加圧板法によって $pF3.0$ の水分量を生土について実測すれば十分である。

なお、作物の種類によっては、かんがい時の水分状態が品質に大きい影響を与えることがあるので、計画に当たっては慎重な配慮が必要である。

また、温州みかんを中心としたカンキツのマルドリ方式（地表を防水・透湿性マルチシートで覆って、さらに、その下にドリップチューブを設置してかん水・施肥を行うことにより、水分・栄養状況を天候に関わらず人為的に制御する栽培方式）では、ある時期に適度な水分ストレスを与えるために、生長阻害水分点よりも乾燥状態で水管理を行うことがある。

ウ. 容易有効水分量（RAM）※²

作物の生育に有効な水分は、いくつかに分類されている。24 時間容水量から永久しおれ点（ $pF4.2$ ）までの水分が有効水分量であるが、畑地かんがいを積極的に活用し、作物の増収と品質の向上を図るため、一般的に作物を極限の水分状態に置くことは回避されている。容易有効水分量（RAM）は、24 時間容水量と生長阻害水分点の間に分布し、正常生育に有効な範囲の土壌水分を指し、実用的には有効水分量として扱われている。

我が国の火山灰土は比較的保水性がよく、容易有効水分量（RAM）は 20%（体積比）付近の値を示す場合が多い。砂丘土などではこの値は低く、数%にすぎない。一般の鉾質土はこの中間の値を示す場合が多い。

(2) 畑地水分消費調査

調査地点において、土壌水分の変動を実測し、有効土層、制限土層、土壌水分消費型（SMEP）等を定める。

ア. 有効土層と制限土層

畑地かんがい計画でいう有効土層とは、根群の有無にかかわらず、24 時間容水量に到達したあと、一定期間に土壌面蒸発や作物根の水分吸収や毛管補給などにより水分消費が行われる土層を指す。なお、乾燥期間が長くなるほど、作物による水分消費が行われる土層は深くなるた

め、統一規定としておよそ間断日数程度の乾燥期間をとることとしている。

制限土層とは、有効土層内において、水分消費に最も支配的な役割を果たし、この層の水分状態が、作物の生育、収量、品質に直接影響を与える土層を指している。したがって、土層断面の観察や根群の分布状況などから判断して、ある程度土層の位置を推察することができるが、計算上は、容易有効水分量（RAM）と土壌水分消費型（SMEP）とから計算される層別の容易有効水分量（RAM）が最小となる土層として定められている。また、ほ場における経時的な土壌水分減少が実測できるときには、間断日数に近い連続干天期間後、ある土層の水分減少量が他の土層に比べて著しく小さくなったとき、この土層を制限土層と決定することができる。すなわち、この土層内では、土壌水分は生長阻害水分点にまで低下しており、このためにこの土層（主として表層から 20 cm ぐらいまでの場合が多い。）の水分減少が停滞し、より下層での水分消費が進むことを示している。

イ. 土壌水分消費型（SMEP）※3

有効土層における水分減少量は一律ではない場合が多く、普通は表層から下層になるにしたがって減少する。有効土層全体の水分減少量に対する層別の水分減少量の割合を示したものが土壌水分消費型（SMEP）であり、かんがい水量決定の要素として重要な意味を持っている。

土壌水分消費型（SMEP）は、作物、土壌、生育時期等が異なれば当然異なるものであり、本来実測を必要とする。

一方、これまで我が国で行われた測定結果を整理すれば表-5.2 のようになる。

このように、多くの測定結果の集積が進んだことなどから、計画日消費水量を推定法で算定する場合は、有効土層が単一土壌であれば、根群域の土壌水分消費型（SMEP）はほぼ一定とし、根群域を四等分した土層の上部から、測定結果の平均的値である 40、30、20、10% を算定に利用してもよい（根群域については技術書「8. 計画日消費水量等の決定」を参照すること。）。

なお、特別な水分管理を行う場合は、土壌水分消費型（SMEP）も通常の間断かんがいとは異なり、表層消費型、全層消費型、下層消費型などがあるため、現地における測定が望ましい。

※2 RAM : Readily Available Moisture の略

※3 SMEP : Soil Moisture Extraction Pattern の略

表-5.2 土壌水分消費型（SMEP）の例

作物 分類	作物名	根群域の下限 (m)	土壌水分の消費割合（％）				備考
			1 層	2 層	3 層	4 層	
普通 作物	ばれいしょ	0.4～0.6	40	30	20	10	
	らっかせい	0.5～1.0	50	25	15	10	
	菜豆	0.5～0.7	40	30	20	10	
	大豆	0.6～1.3	36	30	22	12	
	てんさい	0.7～1.2	33	30	22	15	
	小麦	1.0～1.5	40	30	20	10	
	たばこ	0.5～1.0	40	30	20	10	
	さとうきび	1.2～2.0	30	30	25	15	
	かんしょ	1.0～1.5	30	30	25	15	
	スイートコーン	0.9～1.5	36	30	22	12	
	クローバー	0.6～0.9	57	21	13	9	
	牧草	0.5～1.0	40	30	20	10	
	青刈りとうもろこし	1.0～1.7	40	30	20	10	
	アルファルファ	1.0～2.0	36	30	22	12	
	ソルガム	1.0～2.0	36	30	22	12	
	普通作平均	—	39	29	21	11	
野菜 (果菜)	きゅうり	0.7～1.2	40	30	20	10	かなり深い根系 短根種 深根性
	きゅうり	0.3～0.6	50	25	15	10	
	ピーマン	0.5～1.0	50	25	15	10	
	なす	0.3～0.6	50	25	15	10	
	なす	0.7～1.2	40	30	20	10	
	すいか	1.0～1.5	40	30	20	10	
	メロン	0.3～0.6	57	21	13	9	
	かぼちゃ	1.0～1.5	40	30	20	10	
	トマト	0.7～1.5	50	25	15	10	
	トマト	0.7～1.5	33	30	22	15	
	(根菜) にんじん	0.5～1.0	57	21	13	9	
	にんじん	0.5～1.0	40	30	20	10	
	だいこん	0.5～1.0	40	30	20	10	
	(葉菜) さといも	0.5～1.0	40	30	20	10	
	キャベツ	0.4～0.5	45	27	18	10	
	はくさい	0.4～0.5	45	27	18	10	
	アスパラガス	0.5～0.9	44	30	19	7	
	野菜平均	—	45	27	18	10	
永年性 作物	茶	0.7～1.5	40	30	20	10	成木 深い根系
	茶	0.5～1.0	33	30	22	15	
	みかん	1.0～1.5	40	30	20	10	
	ぶどう	1.0～2.0	57	21	13	9	
	ぶどう	1.0～2.0	33	30	22	15	
	かき	1.0～2.0	40	30	20	10	
	もも	0.5～1.0	40	30	20	10	
	永年性作物平均	—	40	29	20	11	
花き	ゆり（球根）	0.1～0.2	33	30	21	16	
	全体平均	—	39	29	20	12	

出典：平成 2 年度畑地用水量調査（計画基準改定）報告書。ただし、アスパラガス、ゆり（球根）の出典は、平成 26 年度計画基礎諸元調査報告書。

ウ. 全容易有効水分量（TRAM）※⁴の決定

有効土層内の容易有効水分量（RAM）の合計が全有効水分量（TAM）※⁵である。これに対して制限土層内の平均土壌水分が、24 時間容水量から生長阻害水分点まで低下した時点の、有

効土層内で消費された全水分量を全容易有効水分量（TRAM）といい、全有効水分量（TAM）と区別する。言い換えると、全容易有効水分量（TRAM）は有効土層より下層への損失水を生じさせない最大限のかんがい水量であり、1回の計画かんがい水量の上限値となる。

また、作物の水分吸収等により、制限土層の有効水分が消費された時点では他の土層には有効水分が残っている。しかし、ここでかんがいすれば、有効土層全体の土壌水分を常に生長阻害水分点以内に保つことができ、作物の正常な生育を期待することができる。

全容易有効水分量（TRAM）は、計算上からは次の式（5.1）に示したように制限土層の容易有効水分量（RAM）を制限土層の土壌水分の消費割合（SMEP）で除して求める。しかし、制限土層が明確でない場合には、各土層の容易有効水分量（RAM）をその土層の土壌水分の消費割合（SMEP）で除し、それらの値のうち最小値を全容易有効水分量（TRAM）とする。

$$\text{全容易有効水分量 TRAM} = (f_c - M_L) \cdot D \cdot \frac{1}{C_p} \quad (\text{mm}) \quad \dots \dots \dots (5.1)$$

ここで、

f_c : 24 時間容水量（体積含水率、%）

M_L : 生長阻害水分点（体積含水率、%）

D : 制限土層の厚さ（mm）

C_p : 制限土層における土壌水分の消費割合（SMEP）（%）

一方、これまで我が国で行われた測定結果を整理すれば、有効土層内の全有効水分量（TAM）に対する全容易有効水分量（TRAM）の割合は、表-5.3 のようになる。

このように、多くの測定結果の集積が進んだこと等から、計画日消費水量を推定法で算定する場合は、全体の平均値である 70% を根群域における全有効水分量（TAM）に対する全容易有効水分量（TRAM）の割合として算定に利用してもよい。

表-5.3 有効土層内の全有効水分量に対する全容易有効水分量の割合（TRAM/TAM 比）

土性	平均値	標準偏差	データ数
HC	0.77	0.11	16
SiC	0.72	0.15	6
LiC	0.72	0.15	51
CL	0.63	0.11	59
SCL	0.78	0.08	12
SiL	0.63	0.16	3
L	0.63	0.12	34
SL	0.70	0.14	37
LS	0.71	0.16	5
S	0.67	0.13	5

※4 TRAM : Total Readily Available Moisture の略。「総迅速有効水量」という場合もある。

※5 TAM : Total Available Moisture の略

参考文献

-
- 長谷川周一：水分の計測とその応用、農業機械学会誌 59(5)、pp113～116（1997）
 - 登尾浩助：実践 TDR 法活用－土壤中の水分・塩分量の同時測定－、土壤の物理性 93、pp57～65（2003）
 - 中島 誠・井上光弘・澤田和男・クリス ニコル：ADR 法による土壤水分量の測定とキャリブレーション、地下水学会誌 40(4)、pp509～519（1998）
 - 宮本輝仁・塩野隆弘・亀山幸司・井口三郎・盛永一美・田中和博・長谷川昌美：畑地灌漑計画基礎諸元の算定へのキャパシタンスセンサーの適用性について、農業農村工学会論文集 81(6)、pp99～106（2013）
 - 齊藤忠臣・藤巻晴行・安田 裕：誘電率水分計の温度依存性の校正、土壤の物理性 109、pp15～26（2008）
 - 宮本英輝・長 裕幸・伊藤祐二・筑紫二郎・江口壽彦：種々の電気伝導度条件に対する静電容量式土壤水分センサーの校正モデル、植物環境工学 21(2)、pp86～91（2009）
 - 井上光弘：塩水を含んだ砂に対する誘電率水分計の測定精度の評価、水文・水資源学会誌 11(6)、pp555～564（1998）
 - 山中 勤・開発一郎・ウインバートル・ダムバウグアイ：TDR による土壤水分量測定値の温度依存性とその原位置測定データに基づく補正、水文・水資源学会誌 16(3)、pp246～254（2003）
 - 小林政広・酒井正治：2 種類の土壤水分計のキャリブレーション、九州森林研究 55、pp86～90（2002）
 - 廣野祐平・野中邦彦：TDR を用いた茶園土壤中の養水分動態のモニタリング、農業農村工学会誌 76(9)、pp805～808（2008）
 - 井本博美・鴨下顕彦・加藤洋一郎・常田岳志・宮崎 毅：Profile Probe による黒ボク土と立川ロームの土壤水分測定－室内キャリブレーションと現場測定－、土壤の物理性 104、pp51～60（2006）
 - 森永邦久・島崎昌彦・草場新之助・星典宏：カンキツ生産の新しい技術・マルドリ方式－その技術と利用－、(独)農業・生物系特定産業技術研究機構 近畿中国四国農業研究センター（2005）

6. 他事業関連調査

(基準 2.3 関連)

主要な関連事業及び調査内容は、次のとおりである。

6.1 土地改良事業

計画、設計及び施工計画の策定に資するため、地区及びその周辺地域において、農業用排水施設の改良、農道整備、客土及び暗渠排水等の土地改良事業が計画中若しくは実施中であるか、又は実施されたことがあるかどうかについて農業農村整備事業管理計画等を活用して確認する。これらの事業がある場合には、これらの事業において定められた計画設計の諸元、路線配置、構造、施工年度、施工時の状況、地元負担金の年償還状況並びにこれらの事業に対する土地改良区、市町村、農協及び農業関係者の評価等を計画書、設計書の資料及び聞き取りにより調査する。

6.2 その他事業

(1) 河川改修事業

地区及びその周辺地域における河川について改修計画がある場合は、改修後の路線位置、河川幅、断面、勾配、洪水位、平水位、敷高、施工時期、単位排水量、地区の湛水状況、用地の生み出し方法等を調査する。

(2) 国、県、市町村道の改修、新設事業

地区及びその周辺地域において国、県、市町村道の改修及び新設の事業計画がある場合は、その路線位置、敷地幅、構造、幅員、施工時期、用地の生み出し方法等を調査する。

(3) 利水事業等

地区及びその周辺地域において発電、洪水調節等各種ダム事業及び上水道、工業用水事業等の事業計画がある場合は、その水利用等の計画内容を調査する。

6.3 地域指定等

(1) 農業振興地域整備計画

計画は、農業振興地域整備計画において定められる農用地利用計画及び農業生産基盤の整備開発計画と調整のとれたものでなくてはならないので、農業振興地域整備計画の内容を十分把握しておく必要がある。

(2) 市街化区域等に関する地域指定

都市計画法により市街化区域、用途地域等として指定された区域を明確にし、市街化区域内における用水、排水及び道路と事業の関係について、次のとおり調査し、農業関係投資の是非を判定する。

用水については、当該区域内における現況所要水量、不足水量、水利用状況、水利慣行、地区内の用水施設に対する管理費負担の状況等を調査する。

排水については、当該区域内から流出する排水量、地区内の排水施設に対する管理費負担の状況、排水慣行等を調査する。

道路については、地区に接する道路の位置、幅員、構造、改修計画等を調査する。

(3) 営農機械の導入及び施設設置事業並びにその他農業施策に関する事業

地区及びこれと関連する地域においてトラクタ、各種ハーベスタ等の営農機械の導入事業、調整及び貯蔵のための施設、野菜、果樹の集出荷施設等の施設設置事業、山村振興計画、野菜生産出荷近代化計画、果樹振興計画等がある場合は、これらの事業内容及び計画内容を調査する。

(4) 国立公園等

地区及びその周辺地域において、国立、国定、県立等各種公園、自然環境保全地域、鉦区区域等の土地利用規制区域の有無を調査し、規制区域がある場合は指定区域、規制内容等を十分把握しておく必要がある。

7. かんがい方式の特徴と選定条件

(基準 3.3.3 関連)

7.1 かんがい方式の特徴

かんがい方式には種々の方式があるが、それぞれのかんがい方式の特徴は次のように要約できる。

(1) スプリンクラかんがい方式

スプリンクラかんがい方式は、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。スプリンクラには種々の型式とサイズがあり、散布円の直径、散水分布型、適用圧力がそれぞれ異なる。一般的には、地表定置管又は埋設定置管をほ場に設置し、その上に一定間隔ごとにスプリンクラを取り付けて散布し、散布円を重ね合わせることによって、できるだけ均等に散布されるようにする。インテークレートとの関連で、適当な散水強度を選択することによって、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、地表の不均平（不陸）による浸透損失などを少なくできる。一方、風による散水分布の偏りが生じやすい。地表かんがい方式と比較すれば、少量頻繁なかんがいに適し、より集約的な利用ができる。かんがい管理労力も少なくすむ。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。

また、平坦な大規模ほ場のほか一般の畑地で、省力的な自走式スプリンクラの適用事例も増えている。

(2) マイクロかんがい方式

マイクロかんがい方式とは、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り、マイクロエミッターかんがい方式、点滴かんがい（ドリップかんがい）方式、多孔管かんがい方式の総称である。

マイクロかんがい方式では、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することができる。マイクロかんがい方式のこのような特徴は、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によって、水源事情が逼迫した地域の露地栽培においては、節水かんがいが可能となる。

ア. マイクロエミッターかんがい方式

マイクロエミッターかんがい方式は、ノズルとスプレッダから構成されるエミッターによってかんがいする方式で、エミッターの構造から次の三つに分類される。

① マイクロスプリンクラ

スプレッダが回転しノズルからの水を放射状に散布する。水分補給以外に、凍霜害防止、病虫害防除等、栽培管理の合理化にも利用される。

② マイクロジェット

エミッターは非回転スプレッダとノズルから構成される。種々のスプレッダにより、いろいろな散水パターンの設定ができる。育苗、軟弱野菜の水分補給、病虫害防除等に用いられる。

③ マイクロスプレーヤ

平たいスプレッダと口径の小さなノズルから構成され、霧状微細水滴をつくる。ハウス栽

培の微気象調節、病虫害防除、水分補給に用いられる。

イ. 点滴かんがい（ドリップかんがい）方式

点滴かんがい方式とは、地表に設置されたドリップエミッター又はドリップチューブから、減圧された小さな流量で、連続的に根群域の土壤に用水を滴下供給するかんがい方式である。

① ドリップエミッター

エミッターをほ場配管に取り付けて用水を減圧滴下する。減圧方式にはオリフィスの急拡大損失を利用するものと螺旋状の小断面流路の摩擦損失を利用するものの二つのタイプがある。

② ドリップチューブ

チューブの軸方向に隔壁による二重流路をもち、用水が1次側流路の小孔（分配孔）から2次側流路に流入する際に減圧し、滴下孔からはほ場に滴下するときにさらに減圧し、点滴状に用水をほ場に供給する。

また、近年、温州みかんを中心としたカンキツの新しい栽培技術として、ドリップチューブを設置し、その上に防水・透湿性マルチシートで覆った液肥・かん水制御装置により、水分・栄養状況を天候に関わらず人為的に制御する栽培方式が導入されている。この栽培方式は「マルチ」と「ドリップかんがい」の名称の一部をとって「マルドリ方式」と呼ばれ、適度な水分ストレス管理による果実の品質向上やかん水・施肥労力の低減、マルチによる抑草効果で除草作業の省力化に効果を発揮している。

ウ. 多孔管かんがい方式

多孔管かんがい方式には、硬質多孔管によるものと多孔ホースによるものがある。また、散水型の多孔管を用いた降雨状散水方式が、スプリンクラかんがい方式よりも設置が低コストで、維持管理が容易であることから近年普及している。この方式はスプリンクラかんがい方式の特徴も有するが、多孔管かんがい方式として分類する。詳細については、同技術書「23. マイクロかんがい」を参照すること。

① 硬質多孔管

塩化ビニル、ポリエチレン、アルミニウム等の硬質管の表面に設けた多数の細孔から散布する方式であり、散水強度は孔の数で調整可能である。

② 多孔ホース

高分子材料の軟質ホースに多数の細孔を設け、これによって散布する。可とう性に富み、軽量で扱いやすい。ビニルマルチの下等でよく用いられる。

(3) 地表かんがい方式

ア. うね間かんがい方式

うね間に流された水がうねの側面から浸潤して作物の根群域を潤す方式である。給水路を一定の間隔に配置し、うね間を緩勾配に整地し、給水路より各うね間に一定の流量を流し込み流下させる。うね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、上流端より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を避けることはできない。この方式では、地形、土壤のインテークレート、うね長、流し込み流量等によってかんがい適用効率に差が生ずる。また、均一な勾配に仕上げるために土工機械を必要とする。

イ. ボーダーかんがい方式

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、土壤中に浸潤させる方式である。深層浸透損失及びかんがい適用効率についての考え方は、うね間かんがい方式と同様である。うね間かんがい方式と比較してかんがい労力は少なくすむが、反面、大きな流下流量を要し、勾配による制約を受けるのでより広範囲にわたる均平が必要となる。牧草類のかんがいに多く用いられる。

ウ. コンターディッチかんがい方式

かんがい水を導く溝を等高線に沿ってほぼ 1,000 分の 1 の勾配で設け、この溝にある給水口から斜面を流下させてかんがいする方式である。比較的地形の複雑な傾斜地でも適用できるが、かんがい適用効率は低い。

エ. 水盤かんがい方式

地表を平坦にし、区画を畦畔でとり囲み水路又はパイプで水を導き入れて間断的に湛水させる方式である。平坦な地形で、浸透性の小さい土壌のところで採用される。

(4) 地下かんがい方式

地中に人為的に作られた水源から土壌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。給水源の状態や施設の形態などから、地下水面を設定する時を地下かん水法、設定しない時を地中かん水法と呼んで区別している。

地下かん水法はある深さに地下水位を設定し、地下水面からの毛管上昇によって水分補給するかんがい法で施設の形態から開渠式と暗渠式の 2 つに分けられる。

地中かん水法は圧力水を注入した暗渠や多孔管などをある深さに埋設し、これら線状及び点状の給水源から水分補給する方式で、圧力の大きさによって正圧かんがい、低正圧かんがい、負圧かんがいの 3 つに分けられる。

7.2 かんがい方式の選定に当たっての基本的な考え方

主なかんがい方式の選定に当たっての基本的な考え方は以下のとおりである。

(1) スプリンクラかんがい方式

スプリンクラかんがい方式は、急速に発達し、畑地かんがいのほとんどがこの方式で、栽培管理の合理化に適した方式といえる。その理由は、次のとおりである。

- ① 主要畑地帯は主に火山灰土壌でインテークレートが大きく、地表かんがい方式では深層浸透損失が大きいためスプリンクラかんがい方式が適用しやすい。
- ② 1 回のかんがい水量が少なく、かつ、頻繁なかんがいが可能であるから、降雨の分布に対応して行う補給かんがいに適している。
- ③ 傾斜や起伏の多い地形に適用しやすい。
- ④ 管路であるために起伏地に配水しやすく、つぶれ地が少ない。
- ⑤ さまざまな区画に対応しやすい。
- ⑥ 根群域の浅い場合においても比較的均等にかんがいができる。
- ⑦ 小規模で集約的な営農においてかんがい労力が少なく使用が容易である。
- ⑧ 営農の技術水準が高く、スプリンクラかんがい方式の利用が可能である。
- ⑨ 工業技術力が優れ、資材、器材が改良開発され、入手が容易である。

これらは、スプリンクラかんがい方式の特徴でもあるが、反面、スプリンクラかんがい方式の欠点は、次のとおりである。

- ① 風によって散水分布が影響を受ける。

- ② 一般には 0.29MPa 内外の水圧を必要とするため動力費が高む。
- ③ 散水分布を重ね合わせることによって初めて均等な分布を得られるので、ほ場の整備ができていないところでは使用しにくい。

(2) マイクロかんがい方式

マイクロかんがい方式は、スプリンクラかんがい方式では小回りがきかないような小区画のほ場や集約的管理を要する作物に適している。散布距離は比較的短いものが多く、限定されたほ場面に的確にかんがいすることができる。かんがい強度は目的に応じて、大きいものから小さいものまで広範囲に選ぶことができる。また、小区画のほ場で用いられることが多いので、散布のオン・オフ操作が容易であり、少量頻繁なかんがいが容易に可能となる。このことは、土壌の水分管理を容易にし、集約栽培を可能にするとともに、用水の深層損失率を小さくすることになる。このように限定されたほ場面に散布ができることと、少量頻繁なかんがいが容易なことから、水源事情が厳しい場合にも、この方式が有効である。マイクロかんがいの中でも、特に点滴かんがいや多孔管かんがいは、施設（ハウス）園芸、トンネル栽培において設置が容易であり、除草などの作業手間を大幅に軽減できる。

(3) 地表かんがい方式

地表かんがい方式（うね間かんがい方式及びボーダーかんがい方式）は、比較的平坦で粘質土壌のようなインテークレートの小さい土壌地帯では有利である。ほ場を均一な緩勾配に整地するために精度のよい土工機械を使用するが、整地の土量が大きくなるような起伏地や傾斜地では適用できない。この方式は圧力水を必要としないので動力費は必要ないが、かんがい時間中の給水路からの取水及び給水路の水位管理等に労力がかかる。設計されたうね長又はボーダー長ごとに給水路が配置されるので一方向への緩傾斜地では計画が立てやすいが、起伏地では水路配置が難しい。

(4) 地下かんがい方式

地下かんがい方式を選定するためには、表土の土性が上方及び側方に比較的速やかに水分を毛管移動させられるようなものであること及び土壌の透水性が良好である上、比較的浅い位置に不透水層が存在し深層への浸透による水分の損失が防止できること等の条件が必要である。

近年では、傾斜地でも適用可能な地下かんがい技術が開発されている。

以上述べたような各方式の特徴と欠点を理解することがかんがい方式の選定のために必要である。方式選定に当たっては気象調査、土壌調査、地形調査、営農調査及び農家の意向調査を基礎に、施設コスト、維持管理費等の経済性、水源事情等を考慮して総合的に判定する。

参考文献

- 菅野正道：中野芳輔の畑かんセミナーNo. 37 産・官・学・民の連携による畑地かんがい自走式散水機器の開発、畑地農業第 667 号、pp10～16 (2014)
- 島崎昌彦・星 典宏・森永邦久・草場新之助：カンキツ生産の新しい技術 マルドリーその技術と利用一、畑地農業第 585 号、pp2～35 (2007)
- 島崎昌彦・草場新之助・根角博久・森永邦久：気象の極端化のウンシュウミカンへの影響を軽減する「マルドリ方式」、農業農村工学会誌 81(4)、pp285～288 (2013)
- 近畿中国四国農業研究センター：周年マルチ点滴灌水同時施肥法（マルドリ方式）技術マニュアル (2003)
- 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 号、pp13～20 (2014)