

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

基準の運用

基準及び運用の解説

付録 技術書

平成 27 年 5 月

農林水産省農村振興局監修
公益社団法人農業農村工学会発行



27 農振第 247 号
平成 27 年 5 月 7 日

各地方農政局長 殿
国土交通省北海道開発局長 殿
内閣府沖縄総合事務局長 殿
北海道知事 殿

農林水産事務次官

土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（畑）」基準に
ついて

土地改良事業の実施に当たり、畑地かんがいの計画を行う際に遵守すべき基本的事項について、別添のとおり土地改良事業計画設計基準計画「農業用水（畑）」基準を定められたので、土地改良事業の実施に当たっては遺漏のないようにされたい。

これに伴い、土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（畑）」の制定について（平成 9 年 6 月 3 日付け 9 構改 C 第 247 号農林水産事務次官依命通達）は廃止する。

以上、命により通知する。



27 農振第 248 号

平成 27 年 5 月 7 日

各地方農政局長 殿
国土交通省北海道開発局長 殿
内閣府沖縄総合事務局長 殿
北海道知事 殿

農村振興局長

土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（畑）」基準の
運用について

土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（畑）」基準について（平成 27 年 5 月 7 日付け 27 農振第 247 号農林水産事務次官依命通知）が制定されたことに伴い、その遵守すべき具体的な運用について別添のとおり定めたので、土地改良事業の実施に当たっては遺漏のないようにされたい。

これに伴い、土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（畑）」の運用について（平成 9 年 6 月 3 日付け 9 構改 C 第 248 号構造改善局長通達）は廃止する。



27 農振第 249 号
平成 27 年 5 月 7 日

各地方農政局農村計画部長 殿
国土交通省北海道開発局農業水産部長 殿
内閣府沖縄総合事務局農林水産部長 殿
北海道農政部長 殿

農村振興局農村政策部農村環境課長

土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（畑）」基準及
び運用の解説について

土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（畑）」基準について（平成 27 年 5 月 7 日付け 27 農振第 247 号農林水産事務次官依命通知）及び土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（畑）」基準の運用について（平成 27 年 5 月 7 日付け 27 農振第 248 号農村振興局長通知）が制定されたことに伴い、土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（畑）」基準及び運用の解説について、別添のとおり作成したので、土地改良事業の実施に当たって参考とされたい。

これに伴い、土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（畑）」の解説及び技術書について（平成 9 年 6 月 3 日付け 9-9 構造改善局計画部資源課長通達）のうち「基準及び運用の解説」は廃止する。



27 農振第 2033 号
平成 28 年 3 月 10 日

各地方農政局農村振興部長 殿
国土交通省北海道開発局農業水産部長 殿
内閣府沖縄総合事務局農林水産部長 殿
北海道農政部長 殿

農村振興局農村政策部農村環境課長

土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（畑）」技術書
について

土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（畑）」基準について（平成 27 年 5 月 7 日付け 27 農振第 247 号農林水産事務次官依命通知）、土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（畑）」基準の運用について（平成 27 年 5 月 7 日付け 27 農振第 248 号農村振興局長通知）及び土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（畑）」基準及び運用の解説について（平成 27 年 5 月 7 日付け 27 農振第 249 号農村環境課長通知）が制定されたことに伴い、土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（畑）」技術書について、別添のとおり作成したので、土地改良事業の実施に当たって参考とされたい。

これに伴い、土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（畑）」の解説及び技術書について（平成 9 年 6 月 3 日付け 9-9 構造改善局計画部資源課長通達）は廃止する。

制 定 の 趣 旨

1. 制定の趣旨

畑地かんがいの計画基準は、昭和 29 年 12 月 1 日に農林省農地局による「土地改良事業計画設計基準 第 2 部 計画 第 1 編 カンガイ 第 4 章 畑地カンガイ」の制定に始まり、昭和 57 年 8 月 10 日に我が国固有の畑地かんがいの考え方を盛り込んだ土地改良事業計画設計基準 計画「畑地かんがい」が制定された。その後、水源開発が次第に困難となり、水源開発を含めた畑地かんがい施設の整備費や施設規模の拡大等により維持管理費が増大したこと、施設園芸の拡大・大型化の急速な進展で、営農・水利用形態が多様化したため、地域条件に対応したより適切な施設整備が必要になったことなどに対応するため、平成 9 年 6 月 3 日に土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（畑）」（以下「本基準」という。）として全面改定を行った。

その後、平成 13 年の土地改良法の一部改正において、土地改良事業の施行に当たって環境との調和への配慮が位置付けられるとともに、平成 24 年に閣議決定された土地改良長期計画では、農業水利施設の戦略的な保全管理が位置付けられた。

これらの施策を、畑地かんがいに係る土地改良事業の計画に反映するため、本基準の内容を改めて制定した。

2. 制定の経緯

本基準の制定に当たっては、平成 21 年度に設置した畑地かんがいに関する専門的な知識を有する学識経験者で構成する「農業用水（畑）計画基準検討意見聴取会」より意見を聴取した上で、改定案を作成した。作成の際には、農村振興局関係課、地方農政局、国営事業所及び都道府県の土地改良事業関係者等に改定案の査読を依頼し、意見の反映に努めた。

平成 26 年 3 月には、食料・農業・農村政策審議会に本基準の改定について諮問を行い、その後、食料・農業・農村政策審議会農業農村振興整備部会技術小委員会での調査・審議、パブリックコメントを経て、平成 27 年 3 月に改定案について答申がなされ、これを受け基準書は平成 27 年 5 月 7 日に、技術書は更なる検討を重ね平成 28 年 3 月 10 日に制定し、関係機関へ通知した。

なお、「農業用水（畑）計画基準検討意見聴取会」の構成は、次のとおりである。（所属は平成 27 年 12 月時点）。

【農業用水（畑）計画基準検討意見聴取会】

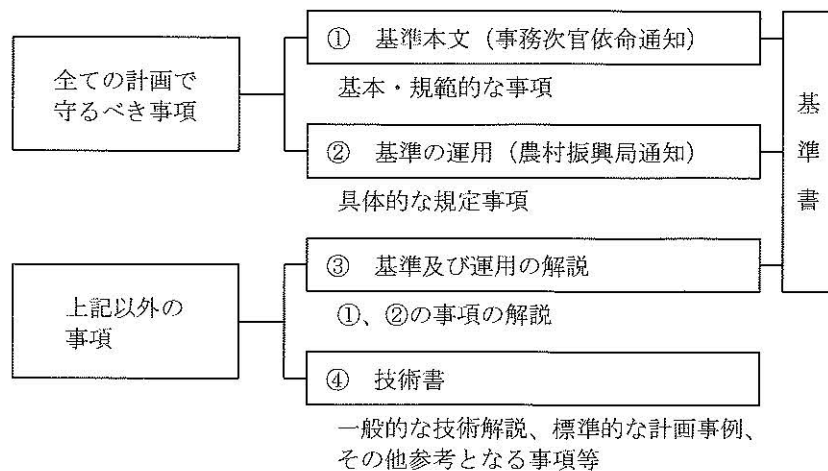
主 査	中野 芳輔	九州大学名誉教授
意見聴取者	安中 武幸	山形大学農学部食料生命環境学科教授
	伊藤 健吾	岐阜大学応用生物科学部生産環境科学課程准教授
	竹内 晴信	地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 農業研究本部中央農業試験場農業環境部研究主幹
	中澤 雄大	株式会社 三祐コンサルタンツ東京支社技術部技術課参事

	中村 和正	独立行政法人 土木研究所寒地土木研究所 寒地農業基盤研究グループ上席研究員		
	宮本 輝仁	独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所農地基盤工学研究領域上席研究員		
	弓削 こずえ	佐賀大学農学部生物環境科学科准教授		
検討会委員	中村 公人	京都大学大学院農学研究科准教授		
幹 事	伊藤 光弘	川島 秀樹	加藤 広宣	鈴木 豊志
	東 崇史	高野 伸	迫 和昭	渡邊 泰浩
	渡邊 雅彦	鈴木 光明	一阪 郁久	小林 賢一
	樺山 大輔	石山 明彦	渡邊 俊介	
事務局	野口 康	松崎 真澄	田中 俊也	

3. 計画基準について

計画基準は、計画基準が本来有すべき規範性と、技術に求められる即時性、柔軟性、選択性等を確保するため、基準本文（事務次官依命通知）、基準の運用（農村振興局長通知）、基準及び運用の解説、技術書の4つで構成されている。

- ・ 上記4つの区分のうち、基準本文、基準の運用には、地域の特性や個別の現場条件などにかかわらず、全ての計画において遵守すべき事項を規定する。
 - ① 基準本文（事務次官依命通知）には、基本・規範的な事項
 - ② 基準の運用（農村振興局長通知）には、基準本文の具体的な規定事項をそれぞれ定める。
- ・ 上記の①及び②で規定した事項について、根拠や背景等を明確にし、それらの適切な運用と技術の向上を図る観点から、③ 基準及び運用の解説を整備する。
- ・ ①及び②の基準で一律に定めない事項、地域の特性や現場の条件等によって選択性のある事項、一般的な技術解説、標準的な計画事例、その他参考となる事項等については、④ 技術書として整備する。



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

基準の運用

基準及び運用の解説

平成27年5月7日

基準書目次

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）	基準及び運用の解説
第1章 総論		
1.1 この基準で取り扱う内容等―― 4	1.1 基準の運用方針―― 4	1.1 この基準で取り扱う内容等―― 5
1.2 定義―― 6	1.2 定義―― 6	1.2 定義―― 7
1.3 事業計画作成の基本―― 12	1.3 事業計画作成の基本―― 12	1.3 事業計画作成の基本―― 13
	1. 用水需要の充足―― 12	1. 用水需要の充足―― 13
	2. 用水利用の効率化―― 14	
	3. 水利用の変化への対応―― 14	3. 水利用の変化への対応―― 15
	4. 施設の管理・運営の視点―― 14	
	5. 関連事業等との調整―― 14	5. 関連事業等との調整―― 15
	6. 他事業との関連―― 16	
第2章 調査		
2.1 調査の基本と手順―― 18	2.1 調査の基本と手順―― 18	2.1 調査の基本と手順―― 19
	1. 調査の区分―― 18	
	2. 調査の手順―― 18	
2.2 概査―― 22	2.2 概査―― 22	2.2 概査―― 23
	1. 概査の目的―― 22	
	2. 概査の内容―― 22	2. 概査の内容―― 23
2.3 精査―― 26	2.3 精査―― 26	2.3 精査―― 27
	1. 精査の目的―― 26	
	2. 精査の内容―― 26	2. 精査の内容―― 27
第3章 計画		
3.1 事業計画作成の手順―― 54	3.1 事業計画作成の手順―― 54	3.1 事業計画作成の手順―― 55
	1. 基本構想―― 54	
	2. 基本計画―― 58	
	3. 施設計画及び管理運営計画―― 58	
	4. 計画の評価と効果判定―― 58	
3.2 基本構想―― 58	3.2 基本構想―― 58	3.2 基本構想―― 59
	1. 受益地の範囲の概定―― 58	1. 受益地の範囲の概定―― 59
	2. 営農・土地利用計画の概定―― 60	2. 営農・土地利用計画の概定―― 61
	3. 用水計画の概定―― 60	3. 用水計画の概定―― 61
	4. 水源計画の概定―― 60	4. 水源計画の概定―― 61
	5. 水需給計画の調整―― 62	5. 水需給計画の調整―― 63
	6. 主要施設計画の概定―― 62	6. 主要施設計画の概定―― 63
	7. 環境との調和への 配慮事項の概定―― 64	7. 環境との調和への 配慮事項の概定―― 65
	8. 協議・調整事項等―― 64	8. 協議・調整事項等―― 65
3.3 基本計画―― 66	3.3 基本計画―― 66	3.3 基本計画―― 67
3.3.1 受益地区の設定―― 66	3.3.1 受益地区の設定―― 66	3.3.1 受益地区の設定―― 67
3.3.2 営農・土地利用計画―― 68	3.3.2 営農・土地利用計画―― 68	3.3.2 営農・土地利用計画―― 69
	1. 営農計画の確定―― 68	1. 営農計画の確定―― 69
	2. 土地利用計画の確定―― 68	

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）	基準及び運用の解説
3.3.3 かんがい方式の確定----- 70	3.3.3 かんがい方式の確定----- 70	3.3.3 かんがい方式の確定----- 71
3.3.4 用水計画----- 72	3.3.4 用水計画----- 72	3.3.4 用水計画----- 73
3.3.4.1 計画用水量の構成要素- 72	3.3.4.1 計画用水量の構成要素- 72	3.3.4.1 計画用水量の構成要素- 73
3.3.4.2 計画用水量の算定手順- 74	3.3.4.2 計画用水量の算定手順- 74	3.3.4.2 計画用水量の算定手順- 75
3.3.4.3 ほ場単位用水量----- 74	3.3.4.3 ほ場単位用水量----- 74	3.3.4.3 ほ場単位用水量----- 75
3.3.4.4 損失水量----- 76	3.3.4.4 損失水量----- 76	3.3.4.4 損失水量----- 77
3.3.4.5 有効雨量----- 76	3.3.4.5 有効雨量----- 76	3.3.4.5 有効雨量----- 77
3.3.4.6 地区内利用可能量----- 78	3.3.4.6 地区内利用可能量----- 78	3.3.4.6 地区内利用可能量----- 79
3.3.5 水源計画----- 78	3.3.5 水源計画----- 78	3.3.5 水源計画----- 79
3.3.5.1 現況利用可能量----- 80	3.3.5.1 現況利用可能量----- 80	3.3.5.1 現況利用可能量----- 81
3.3.5.2 計画基準年----- 80	3.3.5.2 計画基準年----- 80	3.3.5.2 計画基準年----- 81
3.3.6 環境との調和への 配慮に係る計画----- 82	3.3.6 環境との調和への 配慮に係る計画----- 82	3.3.6 環境との調和への 配慮に係る計画----- 83
3.4 施設計画----- 82	3.4 施設計画----- 82	3.4 施設計画----- 83
3.4.1 施設容量等の決定----- 88	3.4.1 施設容量等の決定----- 88	3.4.1 施設容量等の決定----- 89
3.4.2 末端かんがい施設----- 90	3.4.2 末端かんがい施設----- 90	3.4.2 末端かんがい施設----- 91
	1. スプリンクラかんがい----- 90	1. スプリンクラかんがい----- 91
	2. マイクロかんがい----- 92	2. マイクロかんがい----- 93
	3. 地表かんがい----- 94	
	4. 肥培かんがい----- 94	4. 肥培かんがい----- 95
3.4.3 調整施設----- 96	3.4.3 調整施設----- 96	3.4.3 調整施設----- 97
3.4.4 送配水施設----- 100	3.4.4 送配水施設----- 100	3.4.4 送配水施設----- 101
	1. 配水施設----- 100	1. 配水施設----- 101
	2. 送水施設----- 106	2. 送水施設----- 107
	3. 総合水理解析----- 108	3. 総合水理解析----- 109
3.4.5 取水施設----- 112	3.4.5 取水施設----- 112	3.4.5 取水施設----- 113
	1. 頭首工----- 112	1. 頭首工----- 113
	2. ポンプ----- 114	2. ポンプ----- 115
	3. 貯水施設における取水設備- 114	3. 貯水施設における取水設備- 115
	4. 地下水工----- 116	4. 地下水工----- 117
3.4.6 貯水施設----- 116	3.4.6 貯水施設----- 116	3.4.6 貯水施設----- 117
	1. 施設規模の概定----- 120	1. 施設規模の概定----- 121
	2. 位置の選定----- 120	2. 位置の選定----- 121
	3. 概略設計----- 122	3. 概略設計----- 123
3.4.7 管理制御施設----- 126	3.4.7 管理制御施設----- 126	3.4.7 管理制御施設----- 127
	1. 管理制御施設計画の 基本事項----- 126	1. 管理制御施設計画の 基本事項----- 127
	2. 管理制御施設の構成----- 126	2. 管理制御施設の構成----- 127
	3. 管理制御施設計画の手順-- 130	
3.5 管理運営計画----- 132	3.5 管理運営計画----- 132	3.5 管理運営計画----- 133
3.6 事業計画の評価----- 136	3.6 事業計画の評価----- 136	3.6 事業計画の評価----- 137

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
<p>第 1 章 総論</p> <p>1.1 この基準で取り扱う内容等</p> <p>この基準は、土地改良法（昭和 24 年法律第 195 号）に基づく農業用の用水施設の新設、変更等の事業及びその他の事業における、畑地かんがいを中心とする農業用水の確保を行うための事業計画の作成に当たり、配慮すべき点並びに土地改良事業の計画について必要となる基本事項及び標準的な考え方を定めるものである。</p> <p>また、この基準は、ほ場における水利用から水源の決定までに至る総合的な用水の利用形態、配水・送水の方式を勘案し、必要な用水量、水質等を確保する事業計画を作成することを通じて、地域の農業・農村の発展方向に合致する内容とする。</p>	<p>第 1 章 総論</p> <p>1.1 基準の運用方針</p> <p>土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水(畑)」(以下「基準」という。)は、土地改良事業計画(以下「事業計画」という。)の作成に際し、基本的な考え方等を示すほか、個々の調査計画作業の効率化、あるいは、事業計画としての構成の一貫性、類似条件下での事業計画相互の均質性を確保するために定められている。</p> <p>したがって、事業計画を構成するそれぞれの計画(営農・土地利用計画、用水計画、水源計画、施設計画等)の組み立て及びこれらの計画相互の関連を確実に保つことにより、複雑多岐な計画の作成作業を容易に進められるよう、また、地域の特性を十分に考慮して事業計画の内容に反映することにより、地域の実態に即した最適な事業計画を作成するよう、この基準の運用を行うことが基本となる。</p> <p>計画担当者はこの基準の示す方向に沿いながら、担当者自身の経験に基づく判断と固有の創造力によって、現地の実情に即した最良の計画を樹立するように努めることが必要である。</p>

基準及び運用の解説

基準1.1及び基準の運用（以下「運用」という。）1.1では、この基準及び運用の適用対象となる事業及び内容を規定するとともに、基準及び運用の位置付けを明らかにしている。

(1) 取り扱う範囲

この基準は、畑地かんがいを主とする農業用水の確保を行うための事業の計画に関して基本的な考え方等を総合的観点から述べたものである。このため、この基準においては、主として畑地かんがい用水について取り扱うこととなるが、農業用水全般に関することについても、検討を行うことが用水計画、水源計画、施設計画等の側面から合理的であるので、事業計画を作成する上で、土地改良事業以外の事業の計画に関することも含めて、これらを配慮すべき点等として総合的に取り扱うこととしている。

また、この基準は、水源から末端ほ場に至るまでの各段階における計画の整合性を考慮して、全体にわたる関連必要事項を取り入れている。

なお、この基準は、普通畑、樹園地及び牧草畑を対象にしたものである。そのため、転換畑は普通の畑地とは条件が異なるので、本基準の対象とはしないが、本基準の中で適用可能な部分については適用しても差し支えない。

（転換畑とは、水田の畑利用に際して畑地として利用されている期間の水田をいう。）

(2) 他基準等との関連

この基準と関連するその他の土地改良事業計画設計基準（このうち計画に係る基準を「計画基準」、設計に係る基準を「設計基準」という。以下同じ。）等については、それぞれの基準等の趣旨を尊重しつつ、相互に組み合わせて利用するものとする。

水田かんがいに係る部分については、他に定める土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（水田）」等に基づき、計画を策定するものとする。

この他、用水の水温・水質に関しては、計画基準等を別途に定めているので、これらと密接な連携を図るよう留意する。

【関連技術書について】

この基準及び運用で定めてない事項については、関連する技術書等を参照して、計画担当者が的確な判断を個別に行っていく必要がある。技術書には、各種の関連技術を掲載しているので参照されたい。以降、この欄において、それぞれの基準及び運用に規定する事項に関連する技術書や参考資料を列挙するので参照されたい。

- 「土地改良事業計画設計基準の運用について」（昭和57年7月29日 57構改D第600号構造改善局長通達）
- 「農業農村整備事業の事業費単価の一層の抑制等について」（平成7年3月16日 6構改D第677号 構造改善局長通達）

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
<p>1.2 定義 農業用水とは、かんがい用水及びこれと一体として利用される用水である。</p>	<p>1.2 定義 農業用水は、営農・施設利用上一体として利用される用水が含まれ、土地改良事業において確保の目的となる用水よりも範囲は広い。 かんがい用水は、作物の生育を始め、作物生産技術に関連した作物栽培を行うための農用地の利用・保全等に必要な用水である。 畑地かんがいは、主として、普通畑、樹園地及び牧草畑において栽培される畑作物の生育環境の保持・改善等のために必要な用水を畑地に供給することである。 なお、農業用水のうち、かんがい以外の用途に供される用水を地域用水という。例えば、畜産に係る飲雑用水等の営農用水のほか、防火用水、消流雪用水、環境用水等が挙げられる。</p>

基準及び運用の解説

基準 1.2 及び運用 1.2 では、この基準及び運用で取り扱う農業用水等の定義を明らかにしている。

畑地かんがいは、畑作物に必要な用水の補給及び栽培管理の合理化に必要な用水の供給を行うことにより、計画地域の土地生産性及び労働生産性の向上に資することを目的とする。

畑地かんがいの実施により、作物に必要な水分補給がなされ、畑作物の収量の増大及び品質の向上が図られるとともに、栽培環境の改善、気象災害の防止、管理作業の省力化等が可能になる。このように、畑地かんがいをを行うことは、収益性の高い作物と品種の導入、栽培体系の合理化、土地利用の高度化及び計画的な生産と出荷を可能とし、営農発展の基礎となるものであるから、その計画に当たっては、このような広い視野で検討を行うことが必要である。

(1) 水分補給

畑地かんがいの基本は、畑作物に必要な土壌水分を人工的に供給することであり、水源から水を耕地に導いて組織的にこれを配分し、農作物の水分要求量を満たし、土地の生産力を増進させることである。

畑において、作物に必要な水分の供給は、降雨によっても賄われるが、自然の降雨だけでは、常に畑作物の水分要求量を満たすとは限らない。我が国は、アジアモンスーン地帯に位置することから、年間降雨量が比較的多く、降雨だけでは不足する水分に対してのみを補給すれば足りるという補給かんがいの考え方が強く、乾燥地帯や半乾燥地帯のように、通年又は季節的に絶対的な水分不足が生ずる地域とは異なる。

したがって、補給水量は、畑作物の全水分要求量に比べて必ずしも大きなウェイトを占めるとは限らない。

しかし、降雨の分布は、年によっても季節によっても不安定で、干天が連続したり強雨があたりるので、降雨の総量や平均値だけでは過不足の判断が難しい。特に夏期においては、畑作物の蒸散が盛んなこともあり、干天が連続し、水分不足を生ずると、作物の生育に及ぼす影響もととりわけ大きいことから、この時期のかんがいは過乾燥の状態をなくし、土壌水分を作物生育に最も適する範囲内に保つことによって、収量の増大、品質の向上をもたらす、生産安定化の効果が高いことが認められている。また、用水施設の設置とあいまって、土地利用の高度化が進むと夏期以外にも水分補給の必要性が増大してくる。

(2) 栽培管理の合理化

本基準では、水分補給以外の①栽培環境の改善、②気象災害の防止、③管理作業の省力化等を一括して栽培管理の合理化と称する。

畑地かんがいのための施設費は次第に高額になり、水価も高くなることから、営農の発展の手段として、栽培管理の合理化を積極的に取り入れ、事業効果を高める必要がある。

しかし反面、ある種の栽培管理の合理化には一時的に多量の水を要し、施設容量が大きくなったり、また水操作が複雑になることから付加的な管理施設を要するため、水分補給かんがいの容量や施設に比較して高価なものになる場合がある。栽培管理の合理化のために、過大な施設費や維持費が見込まれたり、多大な管理労力を要したり、あるいは十分な効果があがらないと考えられる場合には、その内容を考え直すべきである。

一方、比較的多雨地帯等で水分補給の効果よりも栽培管理の合理化が大きい場合には、栽培管理の合理化に必要な施設容量によって、水分補給が賄われる場合もあると考えられる。

目 次
(技 術 書)

1. 畑地域の農業用水	(基準1.2関連)	141
2. 農業用水の区分とその特徴	(基準1.2関連)	149
3. 土壌調査における土壌区分	(基準2.3関連)	152
4. インテークレートの調査	(基準2.3関連)	155
5. 土壌水分関係調査	(基準2.3関連)	160
6. 他事業関連調査	(基準2.3関連)	169
7. かんがい方式の特徴と選定条件	(基準3.3.3関連)	171
8. 計画日消費水量等の決定	(基準3.3.4.3関連)	176
9. 計画間断日数と1回の計画かんがい水量	(基準3.3.4.3関連)	197
10. マイクロかんがいにおける計画日消費水量等の決定	(基準3.3.4.3関連)	198
11. 施設畑(ハウス)の計画日消費水量等	(基準3.3.4.3関連)	205
12. 栽培管理用水量の決定	(基準3.3.4.3関連)	212
13. 計画用水量の決定	(基準3.3.4.6関連)	222
14. 機能保全対策と更新等	(基準1.2、1.3、2.1、2.2、2.3、 3.2、3.3、3.4、3.5関連)	223
15. 機能診断調査と機能診断評価	(基準1.2、1.3、2.1、2.2、2.3、 3.2、3.3、3.4、3.5関連)	227
16. 環境との調和への配慮(生態系)	(基準1.2、1.3、2.1、2.2、2.3、3.1、3.2、 3.3、3.3.6、3.4、3.5、3.6関連) ..	233
17. 環境との調和への配慮(景観)	(基準1.2、1.3、2.1、2.2、2.3、3.1、3.2、 3.3、3.3.6、3.4、3.5、3.6関連) ..	246
18. 環境との調和への配慮(水質)	(基準1.2、1.3、2.1、2.2、2.3、3.1、3.2、 3.3、3.3.6、3.4、3.5、3.6関連) ..	262
19. スプリンクラ等の分類と選定	(基準3.4.2関連)	275
20. スプリンクラの散布特性	(基準3.4.2関連)	279
21. スプリンクラかんがいにおける配管方式の決定	(基準3.4.2関連)	283
22. スプリンクラ及び管路の設計と管材	(基準3.4.2関連)	287
23. マイクロかんがい	(基準3.4.2関連)	295
24. 地表かんがい	(基準3.4.2関連)	300
25. 肥培かんがい	(基準3.4.2関連)	311
26. 末端かんがい施設における調節装置の分類と選定	(基準3.4.2関連)	319
27. 配水槽	(基準3.4.3関連)	323
28. 配水施設の規模と配置	(基準3.4.4関連)	326
29. 配水施設の施設容量と自由度	(基準3.4.4関連)	329
30. ファームポンド	(基準3.4.4関連)	333
31. 配管計画における管径の決定	(基準3.4.4関連)	340
32. 薬液及び肥料混入処理	(基準3.4.4関連)	344
33. 送水方式の種類と選定	(基準3.4.4関連)	347
34. 調整池	(基準3.4.4関連)	351
35. 総合水理解析の検討	(基準3.4.4関連)	353
36. 用水路の形式と構造	(基準3.4.4関連)	356
37. 附帯施設の形式と構造	(基準3.4.4関連)	358
38. 地下水工	(基準3.4.5関連)	361
39. 貯水施設	(基準3.4.6関連)	363
40. 管理制御施設	(基準3.4.7関連)	367
41. 小水力発電施設及び太陽光発電施設	(基準3.4関連)	381
42. 管理運営計画	(基準3.5関連)	390
43. システムの計画と総合評価	(基準3.6関連)	395

1. 畑地域の農業用水

(基準 1.2 関連)

畑地域における農業用水は、主として第二次世界大戦後の食料増産期以降に、我が国の温暖湿潤な気象条件等に合わせ開発・整備されてきた。こうした農業用水は、農作物の生育に必要な水分補給のみならず、栽培管理の合理化等にも用いられ、畑地域における営農発展の基礎となっている。

本章においては、このような畑地域における農業用水の意義や変遷及び近年の施設整備の状況等を紹介する。

1.1 畑地における農業用水の意義

我が国は、アジア大陸の東端の太平洋側に位置し、周囲を海に囲まれた、北東から南西に細長い列島であり、その中央部を走る脊梁山脈には、標高 3,000 m に達する山もある。また、アジアモンスーン地帯の北端部に位置し、年間平均降水量が 1,600~1,800 mm という世界でも有数の多雨地帯である。

しかし、島国であるために河川の流域が狭く、さらに、山地の多い急峻な地形であるために河川の勾配が大きいことから、上流部に降った雨の大半は、河川に流出し、数日中に海へ流下してしまう。このため、降雨がかんがい用水として有効に利用される水量は極めて僅かなものとなる。

このような自然条件の下で、我が国では、長い年月をかけて膨大な費用と労力を投入し、水田農業を発展させてきた一方で、畑地は一部の地帯を除き、水田農業の副次的な地位を占め、一般的に丘陵地、台地、砂丘地等、水利の不備な地帯に立地した。畑地は、傾斜地が多く土壤侵食を受けやすいこと、肥沃度が低いため作物収量が低いことなどの状況にある上、生産基盤としての整備が遅れ、不安定かつ低生産性を余儀なくされてきた。

これに加え、我が国のような湿潤地帯では、作物の根は表層に分布しやすいため、干天が続けば比較的早い時期に被害を受ける。一般に梅雨の多湿な時期を経過した後、7月下旬~8月の夏期に高温となって蒸発散量が大きくなるため、降雨の分布が不順な場合には干ばつとなりやすい。したがって、この時期に適切な補給かんがいを行うことができれば有効である。

このような考えの下、我が国の畑地かんがいは、当初、水利条件が不利な地域に干害防止を目的とした、外国の乾燥地帯の技術が導入された。しかし、湿潤地帯である我が国では、用水を多目的に利用する技術の開発を進めることで、その位置付けを変化させてきた。すなわち、作物への水分補給のほか、栽培環境の改善、気象災害の防止、管理作業の省力化等、営農上多目的に用いられるところにその特徴がある。例えば樹園地では、散水かんがい施設における輸送力と散布力を利用し、病虫害防除、液肥散布、潮風害防止や凍霜害防止などが実用的技術として取り入れられている。

一方、普通畑や施設畑では、その営農の複雑さを反映し、かんがい用水の用途が更に広範囲にわたる場合があり、播種・定植前の散水や液肥用水、太陽熱を利用した土壤の消毒、家畜の飲用水、農機具・農用トラック等の洗浄水などに使用されている事例がある。なお、牧草地でも、ふん尿やでんぷん廃液を散布する肥培かんがいの効果が認められている。また、東日本では、7、8月のみならず4、5月頃にも晴天の連続がみられ、この時期が播種・定植に当たることもあって、かんがいの効果が高く、また同時期の風食防止にも役立つ。

以上に示した営農上使用される水は農家の経営に密着したものであり、その効果は大きい。このような水利用ができるように、畑地かんがい施設の設計や管理運営の際には、配慮が必要となる。

1.2 畑地かんがいの変遷

畑地かんがいは、畑地農業の担い手である農家の要請とかんがい技術や研究の進歩を踏まえて、時代のニーズに応えながら発展してきた。

歴史的には、明治以前に大阪・名古屋の近郊で綿井戸と呼ばれる素掘りの井戸を利用した綿栽培が畑地かんがいの先駆けといえる。また、大正と昭和の初めには都市近郊の保水力の乏しい砂土地帯の野菜作など限られた地域に畑地かんがいが見られた。

畑地かんがいが広く検討され始めたのは第二次世界大戦後である。極端な食料や物資の不足を反映し、陸稲や普通畑作物などの食糧の増産に結び付けるための手段として昭和20年(1945年)の緊急開拓事業計画により畑地かんがいが検討された。昭和27年(1952年)に都道府県営畑地かんがい事業が国の補助対象となり、さらに昭和28年(1953年)から小規模な団体営事業も国の補助対象となった。この頃に、畑地かんがいは農業基盤整備事業としての位置づけがなされ、神奈川県相模原地区(昭和23年(1948年)着工)、愛知県豊川用水地区(昭和24年(1949年)着工)、また砂丘かんがいの先駆けとして鳥取県北条砂丘地区(昭和27年(1952年)着工)が、初期の大規模な事業として開始された。

その後は、露地野菜を主たる対象に畑地かんがいを利用した経営研究の段階を迎え、干害防止の有効な手段として広く取り上げられるようになった。ここで主体となって進められたのは土水路などを利用したうね間かんがいであったが、かんがい効率及び施設の利用率が低かった。

一方、農業基本法の制定(昭和36年(1961年))以降は、農業生産性の向上と農業所得の増大のため、積極的に増収や品質向上を図るようになり、作物の選択的拡大が行われるようになった。その方向に沿った露地野菜・果樹・施設園芸の増加に伴い、愛知用水公団が設立され愛知用水(昭和30年(1955年)着工)が多目的用水事業として着工された。その後、綾川(昭和33年(1958年)着工)、笠野原(昭和33年(1958年)着工)、群馬用水(昭和38年(1963年)着工)などの畑地用水を確保する大規模な事業が開始された。これに続く、総合農政の展開と米の生産調整の状況の下では、畑地の生産力を高度に利用することと畑作営農の再編整備を行うことに力点が置かれ、東郷(昭和47年(1972年)着工)、一ツ瀬川(昭和49年(1974年)着工)、牧之原(昭和49年(1974年)着工)、南予用水(昭和49年(1974年)着工)、南薩(昭和45年(1970年)着工)などの地区において、畑作物の主産地形成を目指した畑地かんがい事業が開始された(図-1.1)。

この時期には、畑地かんがいに関する技術面の試験・研究が飛躍的に進展した。昭和21年(1946年)に開拓研究所が設立されると、畑地かんがいの研究が重要な課題として取り上げられ、各地でかんがい試験が始まり、昭和28年(1953年)に鳥取大学の砂丘試験地でスプリンクラが導入された。昭和32年(1957年)には広島県団体営小団地開発整備事業追崎地区でスプリンクラによる散水かんがい方式の第1号が導入された。また、かんがい方法も移動式スプリンクラによる散水かんがいが行われるようになった。昭和40年(1965年)頃からは、畑地かんがい試験とともに、その基礎となる水分生理や、土壌水分動態に関する研究が行われるようになり、畑地かんがいの目的も必要な時期に必要な水を供給し、計画生産、計画出荷を図ることに変化した。かんがいの方法も樹園地等では固定配管が行われ、レインガンも利用されるようになり畑地かんがいにおける自動化施

設が急激に普及した。昭和45年(1970年)以降は、畑地かんがい施設を効率的に利用して、農業及び液肥の散布を行うほか、表土の風食防止、凍霜害防止、肥培かんがい等の多目的かんがいが行われるようになった。

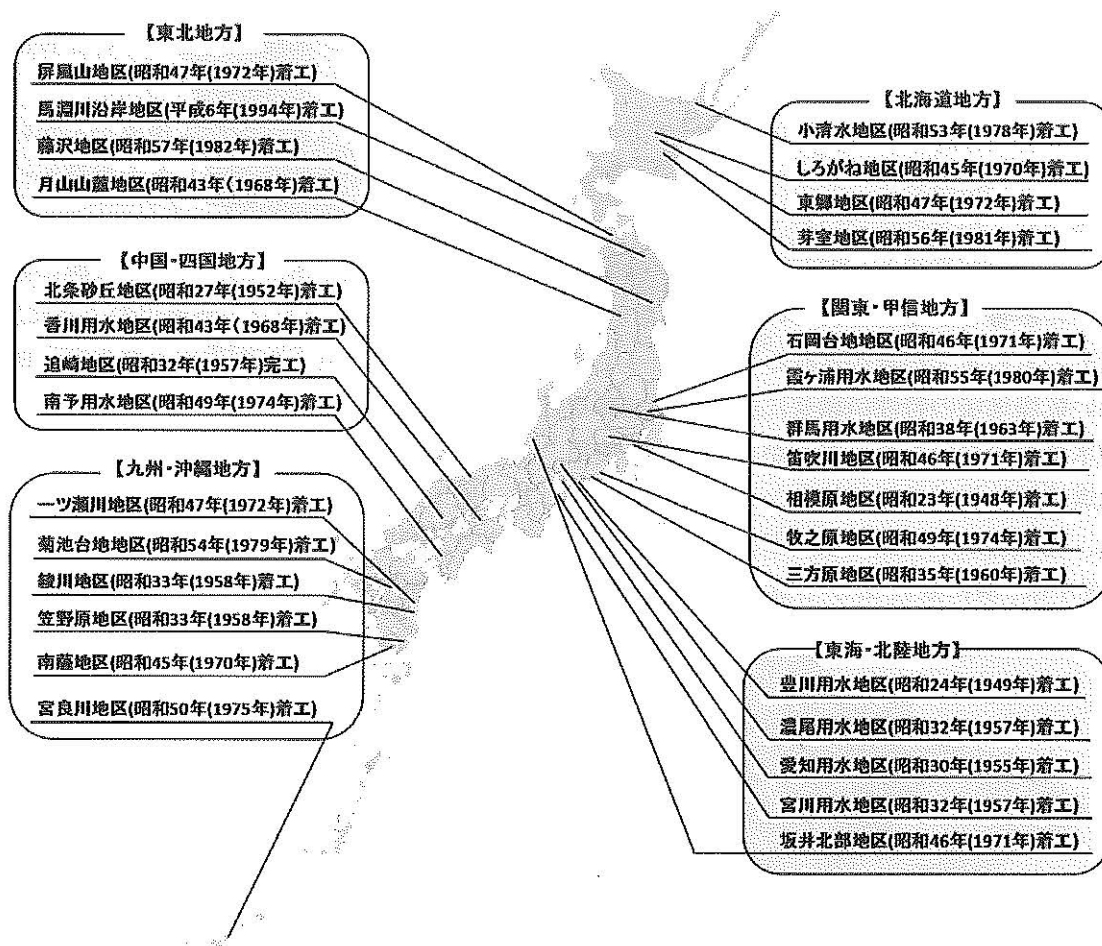


図-1.1 主な畑地かんがい事業地区

しかし、農業を取り巻く情勢は、その後急速に変化し、畑地かんがい施設の整備の進め方に影響を与えた。農産物の需給緩和や農産物輸入の自由化などにより、作物の品質改善・作期調整・選択自由度の増加など営農・経営面の強化が求められ、畑地かんがいは、これらを実現する手段として位置付けられた。すなわち、畑地かんがいを契機に、地域農業の再編を促し、農業生産の拡大を可能とし、その成果として地域振興を図った。これは、用水利用を通じた農村地域全体の活性化を期待する方向に沿っており、畑地域における用水確保のあり方に質の変化をもたらしている。

このような地域振興に果たす畑地かんがいの役割の増大と農村における用水の位置付けの変化に伴い、畑地用水を確保する事業においても、洗浄用水や飲雑用水などの用水の多目的利用の検討が更に促進されている状況にある。また、畑地かんがいの研究もこの方面で充実されている。

2. 農業用水の区分とその特徴

(基準 1.2 関連)

2.1 農業用水の区分

農業用水は、農業・農村の維持・発展に係る利水の総体であり、主としてかんがい用水と地域用水（営農用水を含む。）で区分される。その区分について、機能を考慮して整理すると表-2.1 のとおりとなる。

表-2.1 農業用水の区分

区分		機能	代表的な例
かんがい用水		作物の生育促進 栽培管理 施設の管理 水質の改善	苗代、代かき、深水、高温障害対策の掛け流し、準備用水（地下水水位上昇、水田の融雪） 栽培環境の改善、気象災害の防止、管理作業の省力化 配水管理、水路維持、水位維持 農作物への被害防止
地域用水	かんがい用水以外の営農用水	洗浄 農業用施設の管理 家畜飲雑用	収穫物・農機具の洗浄 施設の保温・冷房 家畜飲用、畜舎の洗浄・冷房、牛乳の冷却
	狭義の地域用水	飲雑用 防火・消流雪 環境の維持等	農業集落等の飲用・生活用 防火用、農業集落一般の消流雪用 景観維持修景用（親水）、環境維持用（浄化）

畑地かんがい用水以外の農業用水を確保しようとする場合においては、農業用水の機能等を十分に検討した上で、必要な用水量を畑地かんがい用水量とは区分して取り扱う必要がある。

以下に、地域用水について解説する。

(1) かんがい用水以外の営農用水

かんがい用水以外に、農業を営むために利用される用水であり、収穫物・農機具の洗浄や施設の保温・冷房、家畜の飲用、畜舎の洗浄等のための用水が含まれる。

(2) 狭義の地域用水

営農用水以外の地域の生活に密接な関連を有する用水であり、農業集落等の飲用・生活用、防火用、農業集落一般の消流雪用、景観維持修景用、環境維持用等の用水が含まれる。

農業水利施設を活用して、新たに消流雪用水、環境用水を流す場合には、一般に市町村が水利権を取得し施設の他目的使用をしている。

なお、消流雪用水及び環境用水の取得については、国土交通省から許可基準等^{*1)2)}が発出されている。

ア. 飲雑用水

飲雑用水については、上水道の普及等により、需要は減少している。

イ. 防火用水

防火用水の使用は、流水の排他的かつ継続的使用に当たらないことから、水利使用の目的にはなり得ないという解釈がある。それゆえ、現在、水利使用目的に記載されている場合につい

ても、水量は「かんがい用水」の内数であることが多い。

ウ. 消流雪用水

豪雪地帯では、克雪対策の一環として、消流雪施設の整備が進められている。

エ. 環境用水

環境用水は、親水空間、修景等生活環境又は自然環境の維持、改善等を図ることを目的とした用水である。

2.2 農業集落排水処理施設処理水の再利用

夏場などの降雨の少ない期間においても農業用水を確保し、営農の安定を図るため、農業集落排水施設で処理された生活雑排水（処理水）を再利用している事例があり、概要を表-2.2に示す。

表-2.2 処理水をかんがい用水へ再利用した事例

区分	再利用の内容
事例その1	農業集落排水施設の処理水をため池にポンプで送水し、農業用水として再利用。ため池に直接流入していた生活雑排水が農業集落排水施設により適正に処理され、ため池の水質も改善。
事例その2	農業集落排水施設の敷地内への給水スタンドの設置及び農業集落排水施設に隣接するほ場への点滴かんがい用ホースの設置（個人設置）など、処理水をかんがい用水として再利用するシステムを構築。

2.3 農業用水の特徴

(1) 広域的な水循環

農業用水の大きな特徴は、自然界の水循環と融合した形で利用されていることにある。上水、工業用水等がその使用量の大部分を消費するのに対し、上流で取水され農地に導かれた農業用水は、使用后河川や地下水に還元され、下流で再び農業用水や都市用水などに利用される性格を持っており、顕著な特色を有している。また、水路を通る過程で、ろ過され酸素を取り込むことで、水質を浄化する機能が発揮される場合もある。

(2) 必要水量の変動

農業用水の必要量は、作物の生育の過程により変化するほか、気象条件、土壌条件等の自然的諸条件の変化等によっても影響を受けるという特性を持っている。

例えば、降雨量の変動は、かんがいの必要量を変動させるほか、その長期的な変動傾向は水源水量の安全度にも影響を与える。さらに、低温による生育の遅延等によってかんがい期間を延長することなど、気象条件によってかんがいの時期、期間、水量が変化することがある。

ほ場への取水が管水路から行われる場合には、給水栓の開操作の時間的集中に起因して、給水栓ごとの吐出量に大きな差が生じるなど、送配水管理上の障害が発生することがある。また、開水路形式の幹線用水路から管水路形式の配水施設に分水される場合には、分水量の短期変動が幹線用水路の水位・流量に影響して送水管理を不安定にすることもある。これらの障害を回避するためには、管水路形式の配水施設における用水利用の特徴を理解しておく必要がある。

8. 計画日消費水量等の決定

(基準 3.3.4.3 関連)

計画日消費水量の決定手法には、土壤水分減少法、ライシメータ法、チェンバー法等の実測法とペンマン法等の気象データからの推定法がある。

ここでは、計画日消費水量の決定方法として、土壤水分減少法を用いた実測法と、ペンマン法により計算する蒸発位を用いた推定法を紹介する。

8.1 土壤水分減少法を用いた決定手法

土壤水分減少法は 24 時間容水量からの土壤水分の減少量を測定する方法であり、有効土層内の消費水量を求めるための適切な方法の一つと考えられる。なお、これらの実測はかんがい期間を通じて実施することが望ましいが、多大の労力と時間を要することになるので消費水量が最大となる期間に重点的に行い、その他の期間については信頼できる近傍の実測資料や推定法を用いてもよいものとする。

また、消費水量は、測定期間中の気象条件に左右されるので、測定中は降雨量や蒸発散に関連する気象因子（蒸発計蒸発量、日射量、日照時間、温度（最高・最低・平均）、湿度、風速等）を併せて観測することが望ましい。

土壤水分減少法を用いた計画日消費水量等の決定手順は、図-8.1 のとおりである。

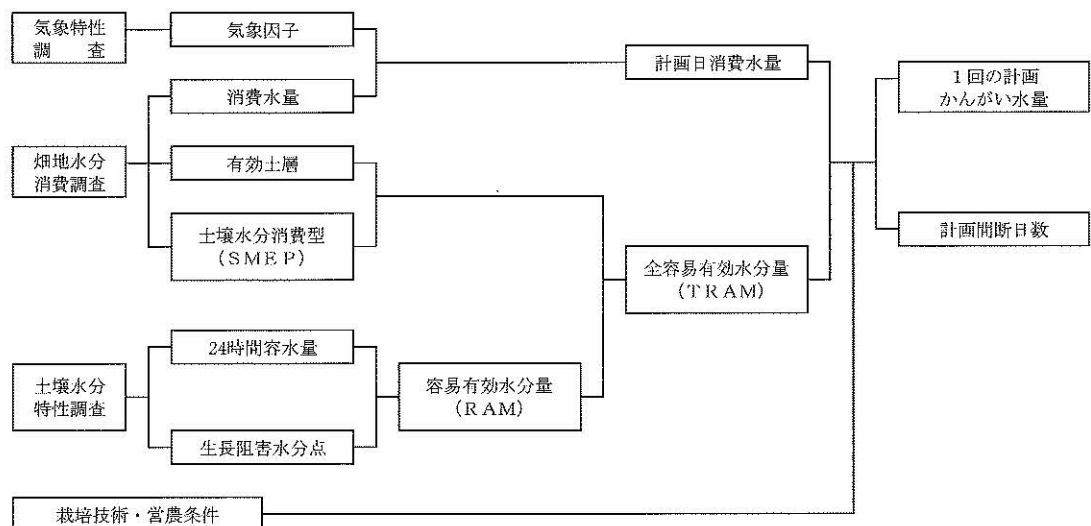


図-8.1 土壤水分減少法を用いて計画日消費水量等を決定する手順

(1) 土壤水分の測定

十分な降雨又はかん水の後、24 時間経過してから測定を開始する。かん水する場合はほ場全域で均等に行う。土壤水分は、1 日の間で変動するため測定時刻は一定とし、比較的気象条件が安定している時間帯（例えば午前 5 時から 9 時の間）に測定することが望ましい。測定の位置は吸水根が平均的に分布している場所を選ぶものとし、次のような位置とする。

ア. うね立てをしている場合（図-8.2 (a)）

株の両側約 10 cm の位置

イ. うね立てをしていない場合

- ① 条播：作物の株間中央部よりやや株寄り（麦類の場合は、株の両側約 10cm の位置）
- ② 散播：株より約 10 cm のところ（麦類の場合は、株から任意の位置）

ウ. 果樹（図-8.2 (b)）

樹冠の外縁部よりやや幹寄りの位置とし、平面的にみた実測の位置は東西、南北など条件の異なる場所で 2 か所以上を選ぶ。

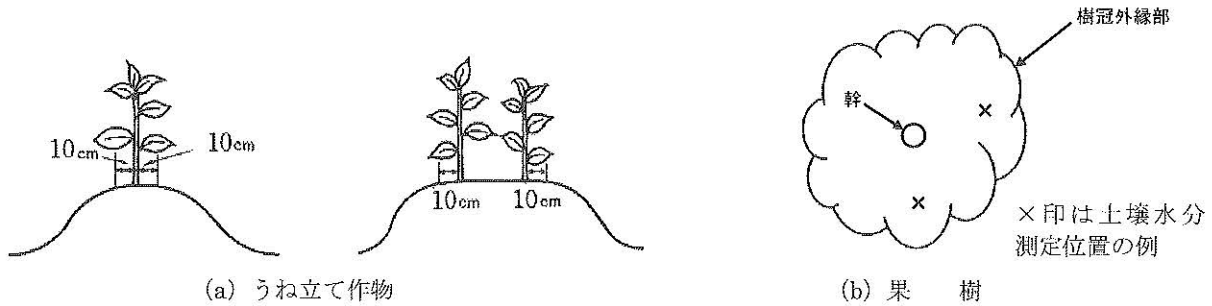


図-8.2 土壤水分測定位置

土壤水分の測定深は原則として畑面より 5、15、25、35、50、70 cm の位置とする。図-8.3 に示す①～⑥の位置の土壤水分はそれぞれ土層 D_1 ～ D_6 の部分の平均値を示す。なお、土層断面の観察等により有効土層が浅いと考えられる場合には深部の測定は省略してもよい。

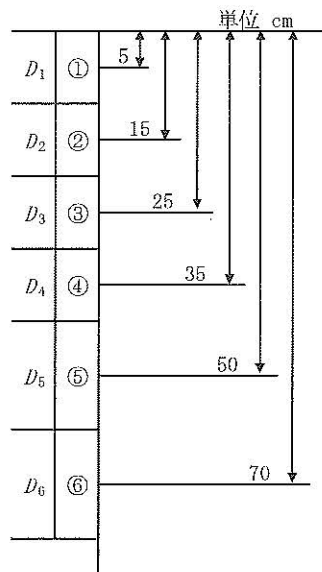


図-8.3 土壤水分測定深

(2) 計画日消費水量の算出

日消費水量（1日当たりの消費水量）は、日々の気象因子により変動するので計画値の決定に際しては次のような検討を加え調整する必要がある。

- ① 計画に用いる日消費水量を極めて短期間の実測値だけで決定することには問題があるので、実測及び推定法によりある栽培管理上のステージで同一とみなしうる期間の日消費水量の平均値として求める。

計画上の日消費水量をある期間の平均値として考えるならば、その間の曇天や小雨（計画上、無効降雨となるような雨）の日は日消費水量が確実に減少しているため、このような値も結果的に考慮されることとなって実情に近い値を決定することができる。

- ② 土壌水分減少法により日消費水量の実測値が得られても、①において求めた値をそのまま計画値として採用できるとは限らない。一般には実測が行われた期間の気象因子と計画基準年のそれとを比較し、修正を施す。

上記①及び②の検討に当たっては蒸発計蒸発量を用いるのがよい。蒸発計蒸発量は、蒸発位に関与する多くの気象的要因を総合的に表現するもので、実測値が得られるならば測定値の修正は簡単に行うことができる。もし蒸発計蒸発量の累年の測定値が得られなければ、あらかじめ日射量、日照時間、温度、湿度、風速等との相関関係を統計的に解析しておく必要がある。

これらの検討の結果、最終的に計画値として決定された日消費水量を計画日消費水量といい、期別の最も大きな値を計画最大日消費水量という。

日消費水量 Σe_n は、有効土層（深さ ΣD_n ）の毎日の土壌水分の実測結果から次の式（8.1）により求める。

$$\Sigma e_n = e_1 + e_2 + \dots + e_n \quad \dots \dots \dots (8.1)$$

$$e_1 = \frac{1}{10} \cdot (M_1 - M'_1) \cdot D_1 \quad , \quad e_2 = \frac{1}{10} \cdot (M_2 - M'_2) \cdot D_2 \quad , \quad \dots \dots \dots ,$$

$$e_n = \frac{1}{10} \cdot (M_n - M'_n) \cdot D_n$$

ここで、

- D_1, D_2, \dots, D_n : 図-8.3 に示した各層の厚み (cm)
 M_1, M_2, \dots, M_n : 各層のその日の土壌水分測定値 (体積%)
 M'_1, M'_2, \dots, M'_n : 各層の翌日の土壌水分測定値 (体積%)
 e_1, e_2, \dots, e_n : 各層の土壌水分消費量 (mm)

ただし、降雨日及び降雨停止後 24 時間以内の実測値は除外する。また、1 日で土壌水分差が明確でない場合は 2~3 日単位で計算する。旬別日消費水量は原則としてその旬に実測された平均日消費水量とする。

8.2 ペンマン法を用いた決定手法

ペンマン法とは、熱収支法と空気力学的方法を組合せたもので、気象観測所の気象データからペンマン式により蒸発位を計算できる。この蒸発位に主として作物の種類と生育ステージによって決まる作物係数を乗じて蒸発散量を推定できる。なお、本章では蒸発位の基準表面を自由水面として算定することとしている。

ペンマン法により計算された蒸発位に作物係数を乗じて推定した蒸発散量から有効土層への下層からの上向き補給水量を差し引くことで計画日消費水量が算定できる。

ペンマン法を用いた決定手法では、全国一律の基準で観測されている気象観測所の気象データから蒸発位を計算して蒸発散量を推定し、これを用いて計画日消費水量が算定できるため、現場での

土壌水分減少法による消費水量の測定を省略できるという特徴がある。

ペンマン法を用いた決定手法の手順は、図-8.4 に示すとおりである。

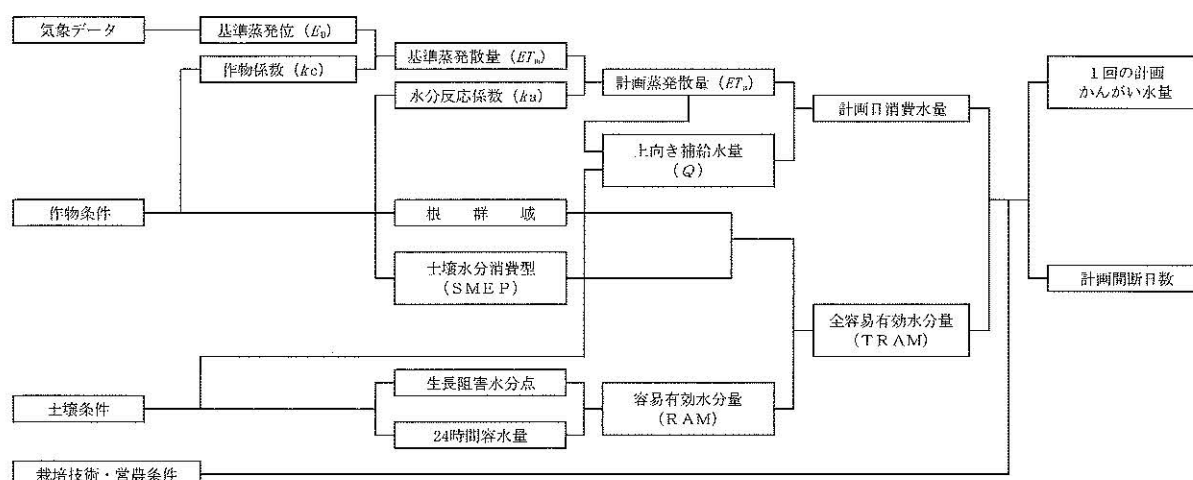


図-8.4 蒸発散量を推定して計画日消費水量等を決定する手順

ここでは、露地畑、樹園地及び牧草地において栽培される作物の水分補給用水量を、ペンマン法を用いて決定する場合について紹介する。なお、施設畑については技術書「11. 施設畑（ハウス）の計画日消費水量等」を参照されたい。

(1) 基準蒸発位 (E_0)

基準蒸発位 (E_0) は、用水計画のための蒸発ポテンシャルを水深 (mm/day) で表したものであり、気象データを用いてペンマン式により算定される水面蒸発量 (蒸発位 (E_p)) を基に定める。

ア. 気象観測所の選定

ペンマン法の適用に必要な気象データは、表-8.1 に示すとおり日平均気温、1日当たりの日照時間、日平均風速、日平均相対湿度である。算出される蒸発位は、気温が高く、風速が強く、日照時間が長く、湿度が低いほど大きくなる。

これらの気象観測値は、気象観測所の立地環境や属する気候区によって大きく異なる。このため、事業計画地区の近傍の気象官署（地方气象台、測候所等）あるいは地域気象観測所（以下「アメダス4要素観測所」という。なお、「4要素」とは降水量、気温、風速、日照時間である。）における気象観測値の整備状況を調査し、気象データを収集、解析して、事業計画地区の気象条件を代表し蒸発位の計算に必要な気象データが十分に整備蓄積されている気象観測所を選定することが重要である。

気象官署は事業計画地区の近傍に位置することが少なく、事業計画地区とは立地条件、気象条件が異なる場合もあることから、アメダス4要素観測所の気象データを活用した方が、事業計画地区の気象特性をより正確に反映できる場合もある。アメダス4要素観測所では、湿度のデータを測定していないが、湿度は蒸発位の計算値に及ぼす影響が小さいことから、近傍の気象官署のデータ又は地区内を代表する実測値を代用してもよい。また、観測地点の中間に地区が位置する場合等では複数地点でのデータの比較検討を行うものとする。

気象データについては可能な限り長期間のデータを用いるものとし、気象官署については30年間以上、アメダス4要素観測所では観測開始以降全期間(約30年間)とし、また、観測所の移転によるデータの不連続や欠測値がある場合は、近傍のデータから推測する等の対策を講じる。

蒸発位を計算する際、気象官署のデータを用いる場合とアメダス4要素観測所のデータを用いる場合の特徴を整理すると表-8.2のとおりとなる。

表-8.1 ペンマン式の計算に必要な気象データ

気象データ	注 意 事 項
日平均気温 (°C)	
1日当たりの日照時間 (h)	日照計の機種が、観測所と測定年月日により異なっており、機種の違いによる測定値の差を修正する必要がある。
日平均風速 (m/s)	風速の測定地上高度も把握する必要がある。
日平均相対湿度 (%)	気象官署のみで測定されている。

表-8.2 気象観測所のデータの特徴

	気象官署 (地方气象台、測候所等)	アメダス4要素観測所
長所	ペンマン式に必要な気温、湿度、風速、日照時間の全てが測定され、長期間のデータ蓄積がある。	観測地点が多い(全国約840か所21km四方に1か所)。かんがい計画地域と比較的よく似た環境下にあることが多い。
短所	観測地点が少なく、その分布も都市部、海岸部に集まっている(全国約160か所)。	湿度のデータが測定されていない。データの蓄積が少ない(全国的整備は1981年に完了)。

イ. ペンマン式の概要と蒸発位 (E_p) の計算

ペンマン式にはいくつかの種類があるが、ここではペンマンが1948年に最初に発表した次の式(8.2)を用いるものとする。計算に必要な気象データは、気温、日照時間、相対湿度、風速の4要素で、その日平均値、日総量を用いる。

$$E_p = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot \frac{S}{l} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \cdot f(u_2)(e_{sa} - e_a) \quad \dots \dots \dots (8.2)$$

ここで、

- E_p : ペンマンの蒸発位 (mm/day)
- S : 純放射量 (日照時間、気温、湿度から計算) (MJ/m²/day)
- Δ : 温度飽和蒸気圧曲線の勾配 (気温から) (hPa/°C)
- l : 水の蒸発潜熱 (気温から) (MJ/kg)
- γ : 乾湿計定数 (定数: 0.66) (hPa/°C)
- $f(u_2)$: 風速係数 (風速から) (高度2mでの風速 u_2 (m/s)から)
- e_{sa} : 気温での飽和蒸気圧 (気温から) (hPa)
- e_a : 空気の蒸気圧 (湿度と湿度観測地点の気温から) (hPa)

ペンマン式の計算途中で純放射量を推定するが、その際、蒸発位を求めたい蒸発面のアルベド(日射の反射率)を入力する必要がある。ここではアルベドに水面での値0.06を用いること

とする。水面では蒸散はないので、このときの蒸発位を特に蒸発位 E_p と呼ぶ。なお、この蒸発位は日本で一般に使用されてきた小型蒸発計蒸発量とよく一致する。

次に、ペンマン式の計算手順を図-8.5 に、ペンマン式の計算プログラムの一例を表-8.3 に、また、そのプログラム用のデータと計算結果を表-8.4、表-8.5 に、表計算により求める場合の様式例を表-8.6 に示す。

気象関係のデータ以外に、日射量を計算するため計算時点の経度と計算月日の赤緯が必要である。赤緯は理科年表等に記載されているが、日付（1月1日からの通算日数（以下「通日」という。））からも計算できるのでその方法を採用した。

また、地球太陽間の距離を考慮している。地球公転軌道は楕円で、楕円の焦点の一つに太陽がある。そのため季節により太陽との距離が若干異なり、1月上旬に最も接近し、7月上旬に最も離れる。地球太陽間の距離も通日から計算でき、プログラムでは1行追加するだけなのでここでは考慮している。