7．ほ場単位用水量

（基準　3.2.3、3.3.3関連）

水田のほ場単位用水量は、地域の栽培様式や水管理方式、ほ場条件等によって大きく変化するので、必要な時期に必要量が確保されるよう、営農に係る現況実態や今後の動向も勘案して、合理的な計画を策定する必要がある。

本章においては、ほ場単位用水量の主要素であり、調査計画の基礎単位として取り扱われる蒸発散浸透量（減水深）を中心に解説する。

7.1　初期ほ場単位用水量（初期用水量）

初期用水には、移植栽培を実施する場合には苗代用水と代かき用水、湛水直播栽培を実施する場合には代かき用水、また、乾田直播栽培を実施する場合は初期かん水がある。

以下に、苗代用水、代かき用水について解説する。

7.1.1　育苗方式と水管理

苗代用水は、育苗期間中のかん水や苗床の保湿に必要な用水である。苗代用水量は、育苗面積と育苗方式によって異なる。日数については、例えばハウスによる育苗方式では、稚苗で21日、中苗で35～36日、成苗で40～45日程度となり、苗代における育苗方式では35～45日程度とみればよい。

用水計画に当たっては、どのような用水を使用するか用水系統を含めた検討が必要である。

7.1.2　代かき用水の特徴

乾いた田面に当初かん水された場合の代かき用水の配分内容は、一般的には次のように表される。

代かき用水量＝湛水量＋作土層置換容気量＋心土層置換容気量（C）
＋水面蒸発量＋降下浸透量（E）＋横浸透（畦畔浸透）量

(1)代かき用水量に影響を及ぼす要因

代かき用水量の多寡は、次に挙げるような様々な条件によって左右される。

①　かん水前の作土及び心土における土壌水分の大小、これに影響する水田地下水位の高低とかん水前の降雨状況が関係する。一般に排水のよい乾田で多く、湿田で少ない。

②　土性による相違は主として心土の置換容気量で決まり、砂質土の方が降下浸透が速く、深い土層まで土壌水分が増加するので、粘質土より大きい。

③　水位の低い乾田では、心土に亀裂や礫層など水みちとなる大間隙が存在すると、耕盤から下方へ直接漏水する水量が多く、耕土の薄い扇状地等で特にこの水量が大きくなる。

④　単位面積当たりの取水平均流量が小さくかん水時間が長くなると、同一条件の水田でも浸透量等の要素が大きくなり、多量の水を要する。

⑤　代かき作業の方法によっても用水量は異なる。漏水田等でかん水と同時に水の回った部分から次々に代かきしていくと水量は少なくてすむ。

⑥　かん水前の耕起方法によっても差が出る。例えば、深耕を行うとその年は心土層置換容

気量（C）、降下浸透量（E）が大きくなり多量の水を要することが多い。

以上のように、代かき用水量は水田の立地条件や水管理方式等によって必要量が異なるので、その決定に当たっては、将来におけるほ場の立地条件（土壌条件・水理条件）、水管理方式等を勘案して行うものとする。

(2)代かき用水量の実態と特徴

各地における既往の代かき実態からまとめた代かき用水量は、おおむね**表-7.1**に示すような範囲になっており、以下のような特徴を有する。

① 輪換田や水稲・麦体系で耕作される水田にみられるように耕起深が大きく、耕盤層以下の透水係数が大きくなる水田ほど代かき用水量は大きくなる。

② 代かき時に地下水位を比較的早く高め得る地帯や湛水部分から代かきするような場合には、用水量を小さくすることが可能である。

表-7.1 水田の立地条件と代かき用水量

水田の立地条件	代かき用水量（mm）	土壌の透水係数		
		10^{-6}cm/s以下	10^{-5}～10^{-4}cm/s	10^{-3}cm/s以上
湿田状態	80～120	80～100mm	100～120mm	120mm
乾田状態	120～180		120～150mm	150～180mm
漏水田	150～250			150mm以上

代かき用水量は、土層置換容気量と用水取水時の浸透量の大きさの差異によって異なるので、現地調査結果によるのが一般的であるが、近隣類似地区の観測値を参考に決定する場合もある。

7.1.3 代かき日数

(1)代かき日数の考え方

代かき日数は、最大計画用水量を決定する際に重要な事項であり、長くするほど施設容量は小さく有利となるが、ある程度の期間を超えると水稲生育に支障を来すという制限がある。したがって、代かき日数の決定には地域の営農形態を踏まえ、水稲の作付体系・好適作期と代かき作業機の能力を勘案して効率よく行い得る日数とすることが基本となる。

また、代かき日数の規定要因は、計画地区全体では水稲の作付体系と好適作期により、ほ区単位では経営体系にある機械の作業能力によることが多い。

水稲の移植時期は、水稲の生理的要因と管理上から決まり、田植期がこれら好適期に適合するように代かきを実施するためには、同一作期における代かき日数は最大でもほぼ７～10日間となる。また、農作業上又は気候による収量変動等の危険分散から品種を分散する農家が多いので、作付体系から作期がずれる場合には同一作期より長い代かき日数となる。

一方、代かき作業機の能力は、作業機が大型化するほど１日の作業面積は増大する。将来の営農を考えると、基本的に大型機械化体系が導入される傾向に向かうと予想されるので、代かき日数の計画に当たっては、水田区画の大きさに対応した大型トラクタの作業能力から決めることが合理的となる場合もある。

しかしながら、担い手への農地集積や経営規模の拡大、兼業農家の営農形態等により、代かきや田植作業が特定期間に集中し、従来の代かき期間や用水需要の実態に変化が生じる場合があるので、これらの実態についても十分な検討が必要である。

7.1.4　代かき期間中の必要水量

(1)代かき期間中の必要水量

代かき・田植期の水管理は、代かきを行った後土壌の安定を待っていったん落水した後、再びかん水して田植を行い、その後湛水管理を行うのが一般的である。したがって、代かき期間中の日必要水量は、（当日における代かき用水量）＋（田植（播種）水田における田植（播種）直後のかん水量）＋（前日までの代かき実施済み水田における普通期ほ場単位用水量）となる。

このため、地区の代かき期間中の日必要水量及び最大必要水量は、代かき用水量、普通期ほ場単位用水量、代かき日数が決まれば計画できる。なお、水稲の有機栽培において、雑草抑制等のため複数回の代かきを行う場合は、２回目以降の代かき用水量を、深水代かきを行う場合は、湛水深確保に必要となる上乗せ分の代かき用水量を見込む必要がある。また、地区の事情により田植（播種）後の再かん水量を見込む必要のある場合がある。

(2)等面積方式及び等水量方式の算定式と特徴

代かき期間中の必要水量は、代かき期間の取り方と代かき方式によって大きく異なるが、最大必要水量と総取水量との相互関連を示す代表的な例は以下のようになる。なお、「等面積方式」は、毎日同じ面積ずつ代かきを行う場合、「等水量方式」は、一定の水量を取水し、その範囲でできる限りの面積の代かきを行う場合で、それぞれ地域の実情（地区の水源、施設規模、水利慣行等）を勘案し採用する。

ア　等面積方式の場合

$$q_i = \left\{ \frac{q \cdot A}{n} + \frac{d \cdot A}{n} (i-1) \right\} \cdot 10$$

$$q_{max} = \frac{10 \cdot A}{n} \{ q + (n-1) \cdot d \}$$

式中　q_i：代かき開始後 i 日目の必要水量（㎥/d）
i：代かき開始からの日数（日）
q_{max}：代かき期間中の最大必要水量（㎥/d）
q：代かき用水量（mm）
n：計画代かき日数（日）
d：代かき後の普通期ほ場単位用水量（mm/d）
A：全計画面積（ha）

イ　等水量方式の場合

$$q_i = \frac{10 \cdot d \cdot A}{1 - \{(q-d)/q\}^n} = 一定$$

$$a_i = \frac{(q-d)^{i-1}}{q^i} \times \frac{d \cdot A}{1 - \{(q-d)/q\}^n}$$

式中　q_i：代かき開始後 i 日目の必要水量（㎥/d）
i：代かき開始からの日数（日）
q：代かき用水量（mm/d）
n：計画代かき日数（日）
d：代かき後の普通期ほ場単位用水量（mm/d）
A：全計画面積（ha）
a_i：代かき開始後 i 日目の代かき面積（ha）

最大必要水量では等面積方式の方が等水量方式より大きくなるが、代かき期間中の総取水量では逆に等水量方式の方が等面積方式より大きくなる（ただし、$n = 1$ の場合に限りこれら４種の水量は等しい値となる）。

また、等面積方式では、代かき期の最終日に代かき期における用水量の最大値が生じ、等水

量方式では、代かき初日に代かき面積の最大値が生じる。

7.2 普通期ほ場単位用水量（普通期用水量）

普通期ほ場単位用水量は、期別蒸発散浸透量（減水深）と栽培管理用水量の和として定まり、下記の点に留意して、適正に決定しなければならない。

① 期別蒸発散浸透量（減水深）は、計画地区のほ場の土壌条件及び水理条件によって異なるので、これらの条件を左右する土地利用形態、ほ場条件及び栽培様式を勘案した合理的な量とする。

② 栽培管理用水量は、ほ場条件や栽培様式だけでなく、用排水施設及びその管理方式、水源状況など、様々な要因により変化する。

③ ほ場単位用水量は、栽培様式及び水管理方式の変更及びほ場条件によって大きく変化するので、用水計画に当たっては、将来の条件も想定し、その変化量を明らかにした上で、将来における計画の妥当性をも検討しておく。

7.2.1 期別蒸発散浸透量（減水深）の期別変化

蒸発散浸透量（減水深）の期別変化は、栽培様式並びに測定水田の透水条件によって異なり、おおよそは**図-7.1**に示すような傾向で変動する。

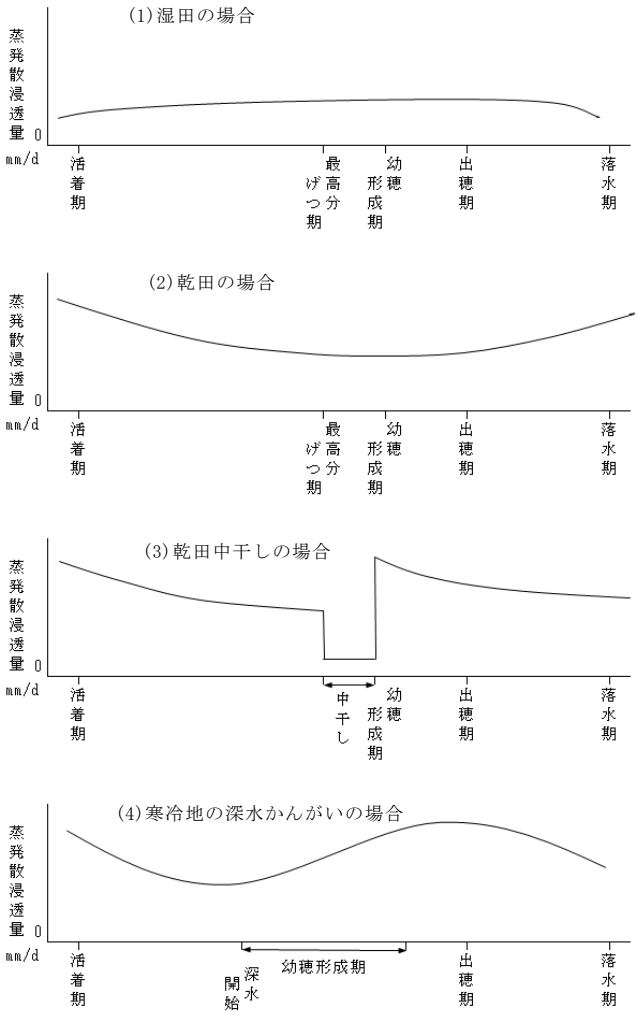


図-7.1 蒸発散浸透量(減水深)の標準的期別変化[1)]

7.2.2 計画における蒸発散浸透量（減水深）

計画期別蒸発散浸透量（減水深）は、試験ほ場における実測あるいは類似地区資料等を用いて将来の土地利用方式、栽培様式、水管理方式等を勘案し設定することとする。既往のデータから整理した試験ほ場の観測値、あるいは類似地区資料が得られない場合には計画地区の立地条件、栽培様式、水管理方式等を勘案して、計画地区の蒸発散浸透量（減水深）を推定できる。

地区内利用可能量算定に際しての留意事項は以下のとおりである。

(1)ピーク蒸発散浸透量（減水深）

蒸発散浸透量（減水深）のうち蒸発散量は、土壌区分、栽培様式等の相違による増減があまり見られないので地区のピーク蒸発散浸透量（減水深）は、浸透量が最大となる時期を採ればよい。また、用排水分離を前提とする単位ブロックの用水計画では、浸透量はかんがい期における土壌条件（透水性）と水理条件（排水路水位又は地下水位によって代表される土壌中の動水勾配）の両者の相互関係によって決まる。一般に、乾田中干しの場合、ピーク蒸発散浸透量（減水深）は中干し後にくることが多い。

(2)計画の基本構想と蒸発散浸透量（減水深）

現況におけるほ場条件が計画におけるほ場条件と同一である場合は、栽培様式の変化のみを考慮し、ほ場条件が現況から大きく変わる場合には、計画におけるほ場条件に合った蒸発散浸透量（減水深）を推定することが一般的である。ほ場条件としては機械化を前提とするだけでなく、水田の高度利用（水田時にあっては、かんがい期における適正浸透の維持と非かんがい期における迅速な排水性、畑転換時において適正水分の維持管理）が更に志向されてくるものと考えれば、透水性が高まり浸透量は増加する傾向となる。

(3)地形区分との関連

蒸発散浸透量（減水深）の大きさを決定する土壌条件、水理条件は、地形条件に応じた特徴を有しており、一定の傾向を示す。

地形別に見た地下水位の概況は**図-7.2**に示すようになっており、地形別にそれぞれ特徴を持っている。主な地形区分ごとに地下水位と土壌条件との関連で蒸発散浸透量（減水深）の傾向を整理すると**表-7.2**のようになる。

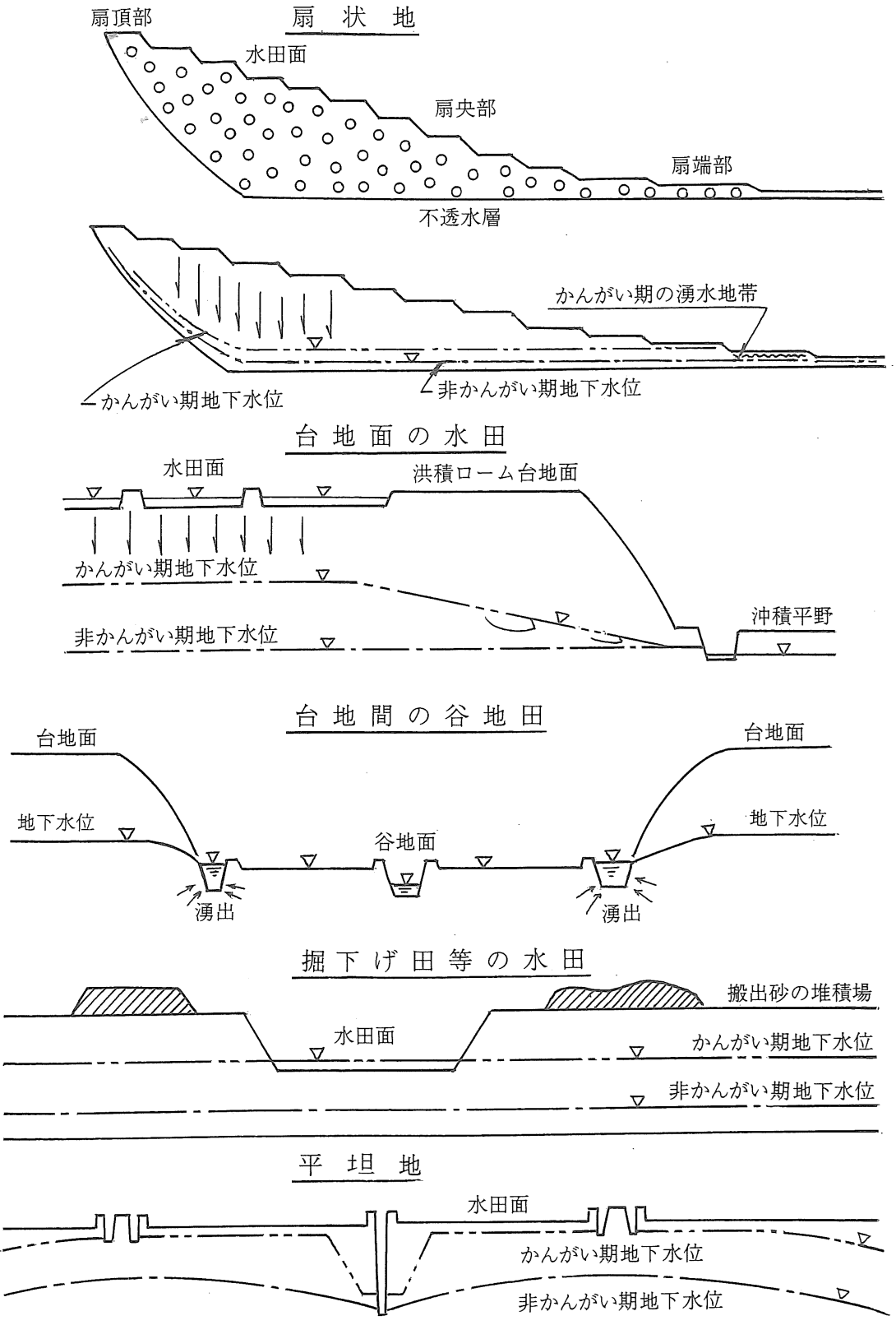


図-7.2 地形別地下水位と浸透機構の模式図

表-7.2 地形区分と浸透量の傾向

地形区分	地下水位	土壌条件	浸透量の大きさ
扇状地	扇頂・扇央部低い	下層に砂礫層が多い，堆積状態によって異なる	沖積平坦地に比べ浸透量が大となる
	扇端部高い	〃	沖積平坦地とほぼ同じ。用排分離され透水係数の大なるものほど大となる
台地	低い	火山灰土	一般に沖積平坦地と比べ大となる
		洪積粘質土	全体的に小さい。土層改良後で適正浸透量に近くなる
		洪積砂礫層	全体的に大きく漏水防止工法が必要
谷底平野	全体的に高い	堆積様式によって異なる	全体的に小さい
	山麓，台地に接する部分は被圧になりやすい	〃	排水改良によって浸透量を増加させることが望ましい場合が多い
山間傾斜地 火山山麓	低い	火山灰土	平坦地に比べ大となる。ほ場整備等によって減少させることができる
一般傾斜地	地形条件によって異なる	粘土質	平坦地と同じで地下水位が高く粘質な土壌ほど小さい
		礫質土壌	地下水位が低く礫質なものほど大となる。逆に地下水位の高い場合には湧水が生じ浸透量が小さくなる
沖積平坦地	高い	堆積様式によって異なる	湿田で粘質なものほど小さい。乾田化した水田で大となる
	低い		
低湿地	高い	堆積様式によって異なる	湿田で粘質なものほど小さい。排水改良後の乾田化で大きくなる

7.2.3 期別蒸発散浸透量（減水深）の算定

(1)期別蒸発散量

計画地区において用水の反復利用可能量を求めるためには、消費されて反復利用できない蒸発散量の算定を必要とする場合がある。また、栽培条件、ほ場条件、水管理条件等の変化に対する蒸発散浸透量（減水深）の変化を算定する場合、比較的変化の少ない蒸発散量を分離して、浸透量の変動を解析することも考えられる（関連項目**6.1.4**(10)排水路浸出量の測定方法）。

期別蒸発散量の算定は、原則として既存資料をもとに、期別の蒸発散量の実測例を参考にするか、用水計画の検討を行う年の蒸発計蒸発量（若しくは気象資料から適当な方法により計算で求めた蒸発散位）に期別の比率を乗じた値によって行う。

(2)地方別期別蒸発散量

蒸発散量の地方別・旬別の標準的な値と、それらの値と蒸発計蒸発量との比として**表-7.3**及び**表-7.4**の実測例が得られている。この表は、実測値の旬別の平均値をとったものであり、計画基準年などの干ばつ年に問題となるような連続干天時における蒸発散量は、この表の値に更に余裕を見込んだものとなる。

具体的には、地方の条件別に、測定された**表-7.3**の最大蒸発散量の値に１㎜程度の余裕を見込んだ値を、**表-7.5**の計画蒸発散量としていることが多い。

表-7.3 地方別蒸発散量の信頼し得る実測値（旬別平均mm/d）[2)]

地方別	4			5			6			7			8			9			10			平	備考
月 旬	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	均	
北海道							3.4	4.9	4.1	4.3	5.0	5.2	5.9	4.4	4.3							4.6	4地区延べ21年間平均
東 北							3.8	4.2	3.3	3.7	4.6	5.4	5.5	5.5	4.5	4.4	3.6					4.4	2 〃 13 〃
関 東								3.4		3.7	4.3	6.4	6.2	6.4	5.6	4.5	4.5	4.5				5.0	1 〃 10 〃
北 陸							3.6	3.9	4.1	4.2	4.0	6.1	5.3	6.4	4.8	6.6						4.9	3 〃 4 〃
東 海								3.8		4.4	3.5	－	5.3	7.1	5.5							4.9	1地区（延べ）1年間の値
近 畿										4.2	4.9	5.7	6.1	4.8	6.5	7.3	5.7	4.7				5.5	1 〃 1 〃
山 陰								5.0		4.5	5.4	6.0	6.4	5.1	5.0	4.3	3.7					5.0	1地区延べ4年間平均
山 陽										4.1	5.0	7.0	6.7	6.6	6.3	4.9	4.4	4.7				5.5	2 〃 4 〃
四 国								3.7		4.9	5.6	6.0	5.8	5.9	5.2	5.0	5.9	4.9	4.7			5.2	1 〃 4 〃
九 州										3.7	5.9	6.1	6.0	6.5	6.3	5.1	5.4	5.1	5.0	4.8		5.4	3 〃 9 〃
全国平均							3.6	4.3	3.9	4.2	4.8	6.0	5.9	5.9	5.4	5.3	4.7	4.8	4.9	4.8		4.9	19 〃 71 〃

※ 数字の下の—は地方別の旬別第１位、…は第２位を示す。

表-7.4 蒸発散量対蒸発計蒸発量比の地方別大勢（mm/d）[2)]

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	備考
北海道			1.1～1.3	1.3～1.4	1.4～1.6			4地区延べ16年間平均
東 北			1.1～1.2	1.2～1.3	1.3～1.4	1.4～1.5		2 〃 11 〃
関 東			1.3	1.3～1.5	1.4～1.5	1.7		1 〃 10 〃
北 陸			0.9～1.0	1.0～1.4	1.5～1.7	1.3		2 〃 2 〃
東 海			0.8	1.0～1.2	1.2～1.6			1地区1年間の値
近 畿				0.8～1.2	1.2～1.4	1.5～1.7		2地区延べ2年間平均
山 陰			1.1	1.1～1.2	1.1～1.2	1.2		1 〃 4 〃
山 陽				1.2～1.4	1.4～1.6	1.5～1.7		2 〃 4 〃
四 国			1.1	1.0～1.2	1.0～1.2	1.1～1.5		1 〃 4 〃
九 州				1.0～1.1	1.2～1.4	1.4～1.6	1.5～1.4	3 〃 9 〃
全国平均			0.9～1.2	1.0～1.4	1.1～1.6	1.3～1.7	1.5～1.4	19 〃 63 〃
早期栽培		0.8～1.0	1.1～1.2	1.3～1.5	1.3～1.4			3 〃 6 〃
晩期栽培				0.8	0.9～1.0	1.1～1.4	1.4～1.1	1 〃 4 〃

表-7.5 地方別計画蒸発散量（mm/d）

地 方	計画蒸発散量	地 方	計画蒸発散量
北海道	6.0～7.0	近 畿	7.0～8.0
東 北	6.0～7.0	山 陰	6.5～7.5
関 東	6.5～7.5	山 陽	7.0～8.0
北 陸	6.5～7.5	四 国	7.0～8.0
東 海	7.0～8.0	九 州	7.0～8.0

(3)期別浸透量

ほ場における浸透条件は、①土地生産力の増大による水稲の収量増大・品質向上、②土地利用の高度化、③機械化による労働作業の能率向上、④水管理の合理化、等を図る上で重要な役割を有しているので、地区状況に応じて適正な浸透量を確保できるよう検討する必要がある。

浸透量は、栽培様式及び水管理方式によって大きく変化するほ場の水理条件及び土壌条件に規定されるので、浸透はこれら条件の変動を勘案して期別に算出する。

浸透量のうち、上記の条件によって著しく変化するのは主に降下浸透量である。降下浸透量はかんがい期の土壌条件（透水性）と水理条件（排水路の水位や地下水位によって代表される土壌中の動水勾配）に左右される。したがって、両条件とその変化の状況を的確に把握する。

7.2.4 栽培技術における適正浸透量の考え方

(1)透水条件による水田の分類

一般に降下浸透量を左右する要因としては、かんがい期における土壌条件と水理条件の二つがあり、この両者の相互関係によって浸透量は決まってくる。この関係を定性的に示すと**表-7.6**のような水田の分類が可能となる。この表で水理条件は、あくまでもかんがい期間中の水理条件を意味し、非かんがい期に地下水位が低下するような乾田でも、かんがい期に排水路水位や地下水位が田面近くまで高まる場合には、水理条件は不良となる。また、土壌の透水性は、水田土層（深さ0.6～1.0mくらいまで）のうちの最も透水性の小さい土層の透水係数を意味し、一般には耕盤の透水性がこれに該当する場合が多いが、ときには代かきした作土の透水性が該当することもある。なお、（ ）内の数字はいずれもおおよその目安であって厳密なものではない。厳密には土壌水分吸収力で表すのが妥当であるが、実用上あえて排水路水位で代表させた。よって台地や扇状地の水田などで地下水位が低く開放浸透を起こしている場合には、例え排水路水位が高くても水理条件としては良好と考えてよい。

この表において、Ａ～Ｉのそれぞれの水田の性格を述べると以下のようになる。

Ａ：土壌の透水性が大きく、地域全体の地下水位が常時低い浸透量の過大な漏水田である。礫質台地、扇状地、火山山麓、砂丘地等の水田がこれに当たり、粘質土の客土、床締め等によりＤの状態に近づける必要がある。

Ｃ：透水性は大きいが、かんがい期の地下水位が高いために浸透が過少となっている水田である。低湿地帯の中にある砂質土、泥炭地がこれに当たり、排水改良乾田化や用排水の分離によってＡに近づき、浸透量は著しく増加する。

Ｇ：地形的に見て水理的条件は良いにもかかわらず、土壌の透水性が悪いことに起因する湿田である。①亀裂の発達しない粘質土地帯、②不透水層の浅い水田、③耕盤が特に発達した水田、④代かきで作土の透水性低下が著しい水田等がこれに当たり、①～③は土層改良によって、④は乾田直播によって浸透量は増加する。

Ｉ：水路水位が常時高く、かつ、透水性が悪い浸透不良田である。一般の低湿田地帯は、そのほとんどがこの両者に起因して浸透が少なく、単純な排水改良だけではあまり浸透量は増加しない。適正浸透量に近づけるためには、暗渠を浅く密に行って非かんがい期の土壌乾燥効果により亀裂を発達させて透水性を改良するか、心土破砕等の土層改良を行ってＤの状態に近づけねばならない。

B、D、E、F、H：

A、C、G、Ｉのそれぞれ中間的性格の水田でB、D、Eは一般にほぼ適正浸透量を示す標準的な水田と考えてよく、F、Hは浸透不良田に属する水田である。

表-7.6 透水条件による水田の分類[3)]

水理条件＼土壌条件		土壌（最小透水量）の透水性		
		大（$k=10^{-3}$以上）	中（$k=10^{-4\sim-5}$）	小（$k=10^{-6}$以下）
排水路水位	低（田面より0.8m程度以下）	A	D	G
	中（田面より0.8～0.3m程度）	B	E	H
	高（田面より0.3m～湛水面）	C	F	I

※ kは土壌の透水係数（cm/s）

(2)適正浸透量についての知見

水田の透水性が水稲の収量に及ぼす効果に関し、適正浸透量（水稲生産のために望ましい水田土壌の降下浸透量）を意識した水管理が一般化している。また、機械化を前提とする水稲作では、生育後半の浸透が重要であり、収量の低下を来すことなく十分な地盤の支持力を発現させるため、浸透性の確保が必要である。さらに、水田の高度利用という観点から浸透性の確保は一層重要となってきていることから、以下のア～ウに基づき適正浸透量を構成することが可能である。

しかしながら、適正用水量（適正浸透量＋蒸発散量＋栽培管理用水量）から計画用水量を先に定め、それを実現させるような土地改良事業を進める考え方においては、水田の適正浸透量に近づけるような対策が必要となるため、工事費面からの検討が必要となる。具体的には、過度の漏水田に対しては粘質土の客土・床締め等によって過大な浸透を防止し、排水不良の湿田に対しては暗渠排水によって乾田化を図り、不透水性の土層を有する水田では心土破砕等の土層改良を行うなどが考えられる。

ア　水稲の高収条件

水稲の収量を高める上での透水効果については多くの研究がなされ、水稲の収量と降下浸透量との間にはある程度の相関があり、収量の増加を図る上での適正浸透量が存在することが明らかになってきた。この適正浸透量を決定する要因としては①養分吸収の調節、②阻害要因の排除、③これら①、②の関連による根の活性の強化及び光合成の増加等が相互に複雑に関連することが挙げられ、それらが総合された結果として水稲の生育、収量に影響を及ぼすものとされている。

高収条件としての浸透量は、地域及び土壌条件によって異なることが知られている。また、期別での透水効果は、最高分げつ期以前はむしろマイナスに働き、後期においてその効果が著しい傾向がある。

イ　機械走行効率

水稲作の機械化は、耕うん・整地・防除の各作業が中心であり、機械一貫作業体系（播種、田植及び収穫運搬を含めた一連の機械化作業体系）が確立されている（**表-7.7**）。こうした中で、水田における地耐力が主要な問題となってきている。水田における地耐力

は、乾燥によって発揮された強度増加もかんがい期の湛水により元に戻るという履歴を繰り返すことから、地耐力を高めるためには排水・乾燥を早める土壌構造、排水機構としなければならない。排水・乾燥を早めるには土壌の透水性は大きいほど好ましい条件であるが、大きすぎると、水稲の高収条件の点で問題が起こってくる。現在のところ、機械の走行性や水稲の収量低下限界等から考えると、20～30mm/d程度の蒸発散浸透量（減水深）が確保されていることが望ましいとされる（**表-7.8、7.9**）。

表-7.7　水田機械化のためのほ場条件（重粘土地帯）[4)]

	耕種作業		ほ場条件の内容
機械走行性（支持力）	耕起（砕土）	ホイルトラクタロータリ（プラウ）	コーン支持力 作土層（平均）200kN/m²以上 耕盤（平均）300kN/m²以上 （6.0ｃｍ² コーン）
	防除作業	トラクタマウント型散粉機	
	代かき	ホイルトラクタ（補助走行装置装着）	コーン支持力 作土層 耕盤（平均）250kN/m²以上
	収穫	コンバイン､バインダ	コーン支持力 作土層（平均）150kN/m²以上 耕盤（平均）250kN/m²以上
ほ場排水土壌乾燥	水田	水稲湛水期	蒸発散浸透量（減水深）10～20mm/d
		水稲非湛水期	湛水排除　２日 地下水位降下速度（湛水消失後２日　40cm）
	畑（乾田）	作物普通畑作物 乾直水稲 水稲畑作を含む	湛水排除　１日 地下水位、地表下50cm以下 地下水降下速度、降雨後１日、40cm以下
		砕土時の土壌水分	塑性限界以下までの土壌乾燥化が容易

表-7.8　重粘土水田の排水に関する目標値[4)]

項目＼時期別		湛水期 移植栽培 中干し期まで	非湛水期		参考 （転換畑）
			湿潤期 太平洋側刈取り期まで 日本海側秋冬期	乾期 太平洋側秋～春期 日本海側春期	
蒸発散浸透量（減水深）		10～20mm/d	25～50mm/d	―	―
湛水（降雨）消失速度		―	50mm/d	60mm/d	50～100mm/d
降下浸透速度		10～15mm/d	25～50mm/d	50～60mm/d	50～100mm/d
土壌透水係数		10^{-5}cm/s	5×10^{-5}cm/s	10^{-4}cm/s	10^{-4}cm/s以上
降雨後２日目の	20cm土壌水分	―	pF0.7	pF1.2	―
	地下水位	―	30cm	40cm	40cm
降雨後７日目の	20cm土壌水分	―	pF1.5	pF1.7	―
	地下水位	―	50cm	50cm	60cm

表-7.9 土層の改良目標[5)]

項目			改良目標値
水田	透水性	降下浸透量	15～25mm/d（20～30mm/d）
		最小透水土層の透水係数	10^{-4}～10^{-5}cm/s
	地耐力※	耕うん時又は収穫時	平均 400kN/m^{2}以上 最小 200kN/m^{2}以上
		代かき時	平均 200kN/m^{2}以上
畑	透水性		20～50mm/d 以上

※ コーンペネトロメーター（コーン面積6.45cm^2、先端角30°）を使用して、田面から深さ０～15cmの間を５cmごとに測ったコーン指数。

ウ 水田の高度利用から見た適正浸透量

田畑輪換を行う水田では、畑としての利用時に畑状態としての好適条件を、田としての利用時に水田状態の好適条件を確保する必要があり、水田の畑利用を行わない場合よりは透水性が良くなければならない。このため、田畑輪換を行う水田の蒸発散浸透量（減水深）は、連作田の蒸発散浸透量（減水深）より大きめになる傾向がある。よって、田畑輪換を行う水田においては、浸透管理が十分にできるよう排水組織及び管理施設の整備による用排水の制御を図ることが重要である。

大区画の田畑輪換を行う水田においても、連作田と比較して蒸発散浸透量（減水深）は大きめになる傾向にあるが、畑地又は水田としての利用頻度、地下水位等の栽培様式以外の要因や、鎮圧等の作業による物理的要因によって、一般的な傾向と異なる浸透が生じる場合がある。このため、適正浸透量の検討に当たっては、地域の田畑輪換におけるこうした実情を踏まえることが望ましい。

7.3 ほ場単位用水量の変化

一般に、ほ場単位用水量の増減は、主に蒸発散浸透量（減水深）の増減の傾向に対応し、代かき田植期と中干し後の再かん水時から出穂期にかけて極大値を持ち、その後は漸減するといった傾向がある。

このほ場単位用水量の増減パターンは、小ブロック水田における実測によるほか、用水管理が比較的よく行われており、反復利用がない支線用水路掛りの用水系統ブロック（最大は地区単位）で計測された取水量（又は分水量）をもとに、施設管理用水量等を勘案して作成することもできる。

また、ほ場単位用水量は、期別の変化だけでなく、短期的、長期的に需要量が変化するという特徴を有する。このうち、長期的な用水量の変化の要因としては、気象等の自然条件の変化による影響を始めとして、以下のような社会経済的諸条件の変化が考えられるので、計画策定段階では、地区の実情を十分踏まえ、弾力的な運用が可能となるように留意する。

(1)栽培・水管理方式に伴う変化

機械化、省力化を軸とする栽培方式（乾田直播法、湛水直播法等）は、従来と全く異なるかんがい期初期の水管理を要求することはいうまでもなく、用水量そのものにも影響を及ぼす。

また、水田の高度利用（田畑輪換、裏作の実施）や経営規模の拡大に伴う水田利用体系の変化、有機栽培における雑草抑制のための水管理、寒冷地における深水かんがいの実施等は、土壌条件や作期、水管理方式等を変えてきており、期別用水量にも影響を及ぼしている。

さらに、集団で行う防除作業等が水田の用水管理に影響を与える状況もある。例えば、一部の除草剤を集団作業で散布する場合には、広い面積にわたって同時に落水しておくことが前提となり、落水後一斉に再湛水することになると、一時的に多量の用水を取水する必要が生じる。

それぞれの栽培・水管理方式に対応する用水量計画上の留意点と事例調査から得られた用水量変化は以下のようになる。

ア　直播栽培に伴う変化

乾田直播栽培は、代かきを行わないというほ場管理上の特徴から用水量にも大きな変化をもたらす場合がある。乾田直播田の用水量に関する試験結果から見ると、乾田直播栽培の導入に伴う用水量変化はあらゆる水田地域で起こるわけではなく、火山灰地、沖積扇状地、暗渠排水による乾田化の進んだ水田等の、心土層の透水性が大きく、かつ、かんがい期にも地下水位があまり高くならない水田においてその変化が著しく、従来、代かきを入念に行って作土に不透水層をつくり、それによって浸透を抑制していたような水田で浸透量の増加が著しい。一方、かんがい期に地下水位が高くなるか、あるいは心土層や耕盤等に著しく透水性の低い土層が存在するような水田では、その変化がほとんど現れていない。乾田直播栽培における用水消費機構と用水量変化の特徴を透水条件との関連で整理すると以下のようになる。

① 代かき用水量は不要となるが、その代わりに初期かん水量が必要となる。ただし、その水量は代かき用水量より20～40%程度少なくてすむ場合が多い。

② 心土層の透水性が大きいこと等により用水量の増加が見られる場合には、初期かん水直後の浸透量が特に大きく、かん水後10～20日でほぼ安定した値にまで低下するが、安定後も普通移植栽培に比べればなお大きな値を示す。

③ 浸透量増加の原因は、代かきを省略するための降下浸透量増加と横浸透（畦畔浸透）量増加の二つであり、周囲の条件によっては後者が大きな増加要因となる場合がある。

④ 降下浸透量の増加は、耕盤以下の心土層の透水性及びかんがい期地下水位（排水路水位）によって決まる。心土に透水係数が1×10^{-5}cm/s程度以下の土層が存在する場合やかんがい期の地下水位が当初から田面近くまで高まっている場合等においてはその増加量は小さい。

⑤ 作土層は、代かきを行わなくとも湛水するだけで、浸水により透水性の低下が進行する。これは、かん水後、浸透量が次第に低下する原因である。

⑥ ケンブリッジローラ等によってほ場面を適切に鎮圧したほ場は、鎮圧を行わないほ場に比べて降下浸透量が抑制され、用水量が少なくなる場合がある。

乾田直播栽培方法は、その導入に伴う用水量増加が著しいと推定される地区において広く導入する場合、作期の分散等について検討が必要である。また、乾田直播栽培に伴う用水増加量が大きいと推定される場合には、排水路の堰上げによる浸透抑制、ベントナイト客土、床締め等の対策が効果的な場合もある。

なお、乾田直播は一般の移植栽培に比べて湛水期間が10～20日程度短いのが普通であるから、初期浸透量がやや増大しても、かんがい期間中の総用水量はそれほど増加しない場合もあり、貯水池などの水源計画に際しては、浸透量の増加と作期の移動、湛水期間の短縮などの両面から期別用水量を検討しなければならない。

さらに、湛水直播栽培の場合には、代かきの有無が用水量に関係する。しかしながら、湛水直播は一般には浸透量の少ない低平地帯に導入される場合が多いので、代かきが行われなくても乾田直播に比べて用水量増加はあまり問題にならないことが多い。代かきを行う場合には、蒸発散浸透量（減水深）の変化は移植栽培と基本的に変わるところはない。

イ　飼料用米等の栽培に伴う変化

主食用米と作期の異なる飼料用米等を作付けすることにより、労働時間及び水需要のピークが分散される。作期の変化に伴ってかんがい期間も変化することから、水利権を変更しない場合にはかんがい期間が水利権の許可期間外となることがあることに留意する必要がある。

ウ　作期の変化

作期移動の原因としては、田畑輪換あるいは水稲裏作麦の導入・廃止、営農面の作物の組合せ、水稲品種の変化、早植及び遅植の実施等が挙げられる。

作期の移動に伴う用水量の変化としては、水管理の変化による浸透量の変化と気象条件の変化に伴う蒸発散量の変化が考えられるが、作期移動に伴う蒸発散量の変化は少ないため、水管理の変化による浸透量変化によるものが大部分となる。

浸透量は、中干しの前後で大きく異なるため、作期の変化に伴う中干し期の移動が用水量へ影響する。また、作期移動はかんがい期間とかんがい期における期別必要水量を大きく変えることから、計画における作期別面積配分には十分な検討を要する。

エ　水田の畑利用

田畑輪換に伴う用水量変化としては、①水田を畑利用した場合の用水量と②畑利用から再度水稲作へ転換した場合の検討が必要である。水田を畑利用した場合の用水量は、転換作目によって異なる。水田時の用水量より小さくなるのが一般的であるが、水田非かんがい期における用水の確保が必要となることが多い。

一方、水田を畑利用し再度水稲作に転換した場合、透水性が大きくなっているため、一般的には降下浸透量が増加する傾向にあり、横浸透（畦畔浸透）量も増加している場合がある。

水田畑利用後（還元田）の水田透水性の変化は、畑利用時における土壌条件の変化によって異なる。畑利用時の土壌条件は、土壌の透水性と構造を迅速な排水性と適度な保水性、通気性といった畑地土壌の好適条件に近づけるよう努力がなされる。したがって、還元田の土壌条件については、若干なりとも畑地の性質を得て耕盤層の透水性が良くなっており、初期用水量及び中干し後の用水量が増加する場合が多い。

また、田畑輪換が地区内の用水量全体に及ぼす影響は、輪換面積によって異なる。輪換面積の小さいうちは、浸透量の増加分が畑利用部分の水田に相当する水量より少ないため全体の取水量が全面積水稲作付時より少なくなるが、輪換面積が大きくなると還元田の増加使用水量が大きくなり、全体取水量が全面積水稲単一作付時より大きくなるお

それもあるので注意する。

なお、田畑輪換においては、還元田の前の作目が何であるかによって、かんがい期の時期が変化することもあり、作目の選定は用水計画における用水量を設定する上で重要な要素となる。

オ　防除作業上の水管理

（ア）薬剤使用に伴う水管理

病虫害防除や除草作業において、その薬剤の種類によっては、いったん田面湛水を落とす場合がある。このような時には再湛水時に一時的にピークが現れる。こうした方法を導入しようとする場合には、計画の合理性を判断するため、用水量ピークの高まる程度、用水路断面改造の程度等を踏まえた方法を慎重に比較検討する。

（イ）有機栽培における雑草抑制のための水管理

水稲の有機栽培においては、除草作業に要する労力の多さが普及拡大の阻害要因の一つとされており、その対策の一環として、複数回の代かきや深水管理が行われている。

水稲の有機栽培における代かきは、主に発芽した雑草や雑草種子の除去・埋没を目的としており、一般に数週間ほど間隔をあけて２～３回程度行われる。また、深水管理は、代かきと組み合わせて雑草の発生及び生育の抑制を図るものである。

なお、対象とする雑草の種類、深水管理の実施期間、目標とする湛水深などは地域により異なることから、各都道府県で指導されている栽培技術の内容を確認することが重要である。

カ　冷害対策上の水管理

冷害地帯における水田の水温は、収量に大きく影響する。東北・北海道では７月中旬から８月上旬にかけての水温が高いほど収量が増加することが認められている。特に、幼穂形成期における低温の発生は水稲の収量に決定的な障害となる。この幼穂形成期における低温対策として深水による幼穂保護効果が大きいことが認められており、深水かんがいが広く実施されるようになってきている。深水による温度効果と稔実歩合の間には密接な関係があり、湛水深15cm以上で効果が著しいと言われている。

なお、幼穂形成期の低温によって異常が起こる障害型冷害の危険期は、出穂前12～13日を中心とした１週間程度である。しかし、危険期に一挙に地区全体の湛水深を増加することは水量的にも困難が伴うので、有効穂数決定期から徐々に湛水深を増加させ危険期の初めまでに必要湛水深を確保するという方法もある。

深水かんがいに伴う稔実歩合の変化には**図-7.3**に示すような試験結果がある。

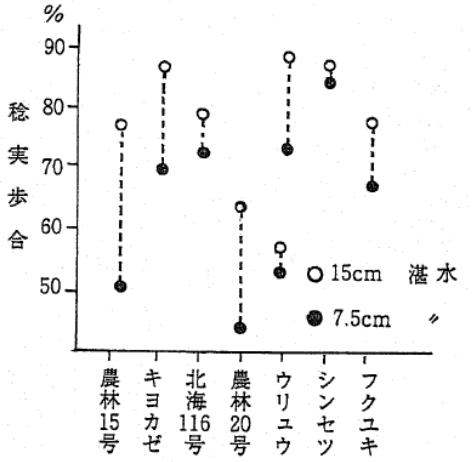


図-7.3　水深を異にした場合の品種別稔実歩合（昭和40年移植、遠別）

キ　中干し期間の延長

メタンガス排出抑制を目的として、地域の慣行的な中干し期間より長期間の中干しを行う取組が進められている。一般に中干し後はほ場の浸透量が増え、再かん水時に必要となる用水量が増加する傾向にある。中干し期間の延長が実施される場合、湛水期間や再かん水時期が変化するため、総用水量やピーク用水量への影響について留意する必要がある。

(2)ほ場条件による変化

区画整理や用排水分離等が実施されると用水量が大きく変化する地区がある。取水量の増加により計画用水量の確保が可能な地区では、このための用水量変化を事業の用水計画の中に見込んでおく必要があり、また、水源量が十分でなく取水量増加を期待できない地区では、ほ場整備に伴う水量増加を抑制する措置、又は、反復利用等の対策について検討する必要がある。これらについて変化の傾向は以下のとおりである。

ア　用排水の分離

区画未整理地区に多い用排水兼用の水田地域及び田越しかんがい地域は、用水量の点からみれば反復を有効に利用する用水組織となっている。このような地区で各筆水田の任意な水管理や地下排水の必要上、用排水を分離するほ場整備を行う際は、これに伴う用水量の増加が問題となる。

一般に、用排水が分離され、乾田化が進むと、蒸発散浸透量（減水深）の増大のみでなく各水田における栽培管理用水の需要も大きくなる。また、耕区ごとに独立した水利用になることで残水は直接排水路に排水されて反復利用の機会は少なくなり、さらに、堰上げなどにより浸透を抑制してきた水田では、地下水位の低下に伴い浸透量が増加するなど、用排水を分離する場合には用水量は一般に増加する。

広域に及ぶ水田地域については、用水の組織的な反復利用を図ることにより、用排水の分離に伴う地域全体の元入れ水量の増加を抑えることができる。

イ　区画の再整備

ほ場単位用水量は、（横浸透（畦畔浸透）量）＋（降下浸透量）＋（蒸発散量）＋（栽培管理用水量）からなるため、区画拡大等の再整備に伴う用水量の変化は、浸透量と栽培管理用水量の変化に起因することになる。

区画拡大に伴い浸透量は、横浸透（畦畔浸透）の変化量とかん水時における浸透量によって変化する。

浸透量のうち横浸透（畦畔浸透）量の水田面積に対する畦長の割合は区画拡大に伴い減少するので、一般的には区画拡大に伴いその割合は減少する。また、栽培管理用水量は、区画拡大に伴い均平精度が悪くなるような場合には、凸部の湛水を確保するために、平均湛水深は必然的に大きくなり、必要水量が大きくなるとされる。

ウ　大区画ほ場

長辺長が長大となる大区画ほ場では、水口からの取水量が小さい場合には、かん水時に末端までの水足の到達に時間を要することになる。例えば、長辺長が 115m、短辺長が 98m、地表取水口及び地表・地下兼用の集中管理孔が各 1 か所のほ場（北海道）では、地表取水開始後、排水側の湛水位が田面以上になるまでに湛水の早い取水側の地点と比較し

て８～27 時間の差が見られた。

7.4 水稲の直播栽培面積が増加する場合の水利用パターンの変化（北海道の事例）

経営規模が拡大した稲作農家・法人では、育苗、移植などの春作業での過重労働が課題となり、労働力の節減や労働時間の平準化のため、従来の移植栽培に加えて、乾田直播栽培や湛水直播栽培を取り入れている事例がある。また、地下水位制御が可能な大区画化ほ場に整備された地区では、地下からの給水によって水管理作業の効率化や省力化に繋がることから、乾田直播栽培や湛水直播栽培の面積が増える事例もある。

図-7.4 は、移植栽培における北海道での水利用パターンの事例である。直播栽培と移植栽培では栽培管理が異なるため、用水を必要とする時期や用水量が異なる。そのため、直播栽培が拡大する地区を対象として用水計画を策定する場合には、水利用パターンの変化を想定する必要がある。

以下に、栽培方式ごとの水利用パターンの想定事例を紹介する。

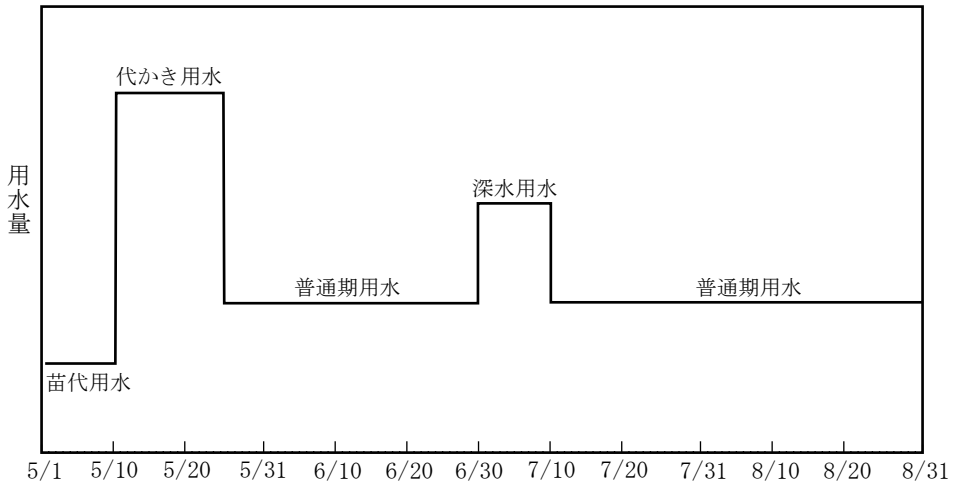


図-7.4 移植栽培での水利用パターン（北海道の事例）

7.4.1 栽培方式別の栽培管理と水管理

移植栽培と直播栽培、また直播栽培の中でも乾田直播栽培と湛水直播栽培では、栽培管理と水管理の方法が異なる。これらの管理の要点について、北海道空知管内にあるＡ農業協同組合の指導内容を事例として示す。

(1)栽培管理

ア　移植栽培

耕起後に代かきを行い、除草剤（初中期剤）を散布して移植に備える。移植後にも、水田の状況を見ながら、除草剤（中後期剤）を散布する。その後も、ほ場の状況を観察し、病害虫の発生予察を徹底する。

イ　乾田直播栽培

代かきを行わずに、耕起・均平後、乾籾又は浸種籾を５月６日からの10日間に播種し（**写真-7.1**）、入水に伴い籾が浮かないよう鎮圧する。なお、田面の凹凸により播種から出芽まで停滞水があると、発芽や苗立ちが不安定となり、収量に影響が出るので、レ

ーザー付均平機での均平作業が必須である。１葉期前に除草剤散布（初中期剤）を行い、４葉期となった後に２回目の除草剤散布（中後期剤）を行う。なお、移植栽培と同様に、病害虫の発生予察を徹底する。

ウ　湛水直播栽培

移植栽培と同様に耕起後に代かきを行い、播種に備える。播種には催芽籾を使用し（**写真-7.2**）、これと併せて肥料と除草剤（初期剤）を同時に散布する。その後、初期剤の効果が見られなければ、１葉期前に除草剤散布（初中期剤）を行い、４葉期となった後、再度除草剤散布（中後期剤）を行う。なお、移植栽培と同様に、病害虫の発生予察を徹底する。



写真-7.1　乾田直播栽培の播種作業



写真-7.2　湛水直播栽培の播種作業

(2)初期かんがいの水管理

栽培方式別の初期かんがいの水管理は次のとおりである（**図-7.5**）。

ア　移植栽培

代かき時には土が見える程度に入水し、移植に備える。移植前には、水田の表面が乾燥しない程度の水深まで落水する。移植後は、苗が水没しない程度の水深まで入水する。

イ　乾田直播栽培

鎮圧後、種籾の発芽を促すため、地表面が湿る程度に地下かんがいにより入水する。地下かんがいができない水田では、地表かんがいにより２日間程度入水し、余分な地表水は落水させる。出芽するまでは、地表面の乾燥状態を見ながら入水する。出芽後、４葉期前までは、湛水のための入水は行わない。出芽後は、１葉期前に３cm程度の浅水にする。４葉期になったら、分げつ促進のため、３～４cm程度の浅水になるように入水し、その後湛水状態に移行する。

ウ　湛水直播栽培

移植栽培と同様に、代かき時には土が見える程度に入水し、播種に備える。播種前には、ほ場表面に少し水が残る状態まで落水する。播種後、４葉期までは湛水のための入水は行わない。なお、播種後の初めての入水では、催芽途中の種籾が24時間以上浸水しないように注意する。長時間の浸水は、種籾を死滅させることがある。播種後は、１葉期前に３cm程度の浅水にする。４葉期になったら、分げつ促進のため、３～４cm程度の浅水になるように入水し、その後湛水状態に移行する。

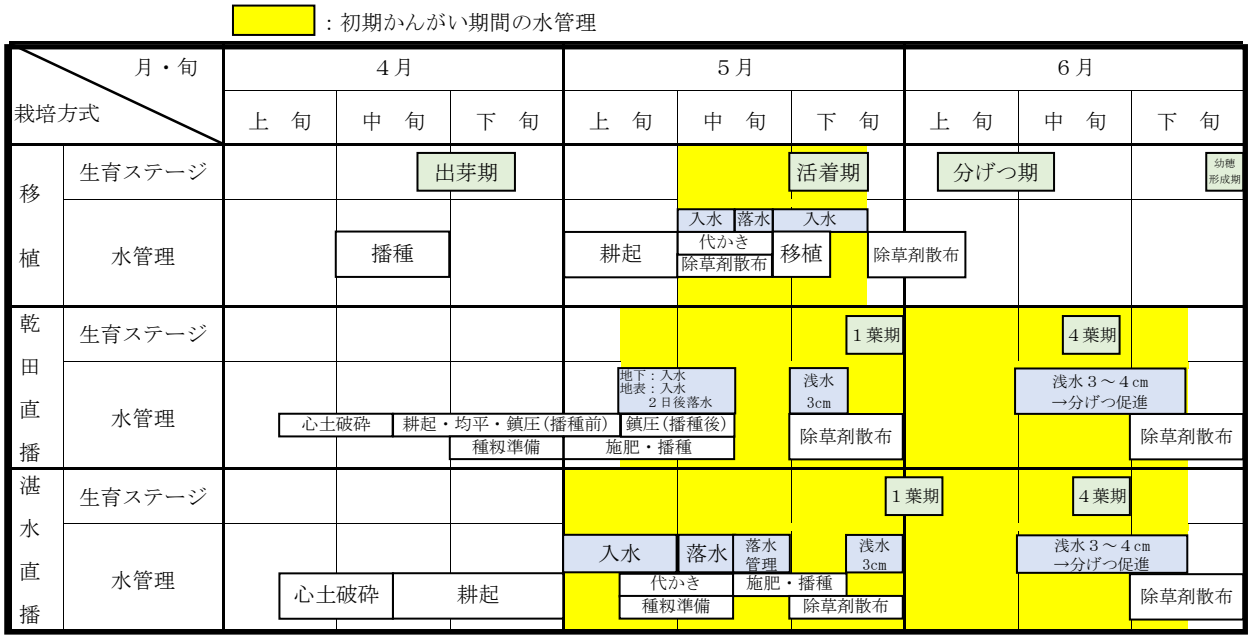


図-7.5　初期かんがいの指導内容

(3)普通期以降の水管理

普通期以降の水管理は、移植栽培、乾田直播栽培、湛水直播栽培いずれも類似している。しかし、それぞれで生育の時期が異なるので相違点もある。冷害の危険性のある北海道での、栽培方式ごとの水管理の共通点と相違点は次のとおりである（**図-7.6**）。

ア　移植栽培

幼穂形成期以降、冷害危険期に備えて、７月１日から10日までの10日間で、「深水かんがい」用水を入水し、幼穂が水で保護されるように、水深を15～20cm程度に確保する。「深水かんがい」とは、冷害危険期に湛水深を15～20cmまで大きくし、幼穂を低温（気温）から保護することである。冷害危険期以降、好天が続く場合には落水して、根に酸素を供給するが、冷害危険期中の低温時は中干しせずに、水の入れ替えで酸素補給を図る。また、冷害危険期終了後も低温が継続した場合には中干しは行わない。出穂が始まったら浅水にして、ほ場に亀裂が入る前に入水する。

イ　乾田直播栽培、湛水直播栽培

普通期以降の水管理は、移植栽培と類似しているが、乾田直播栽培と湛水直播栽培では、冷害危険期である幼穂形成期が移植栽培より遅いため、深水かんがいの時期が遅れる（概ね10日間程度、移植栽培より遅れる）。また、移植栽培では８月下旬に落水を行うが、乾田直播栽培と湛水直播栽培では生育状況を見ながらかんがい用水が使用可能な８月末までに十分な入水を行い、９月以降の生育に備える必要がある。

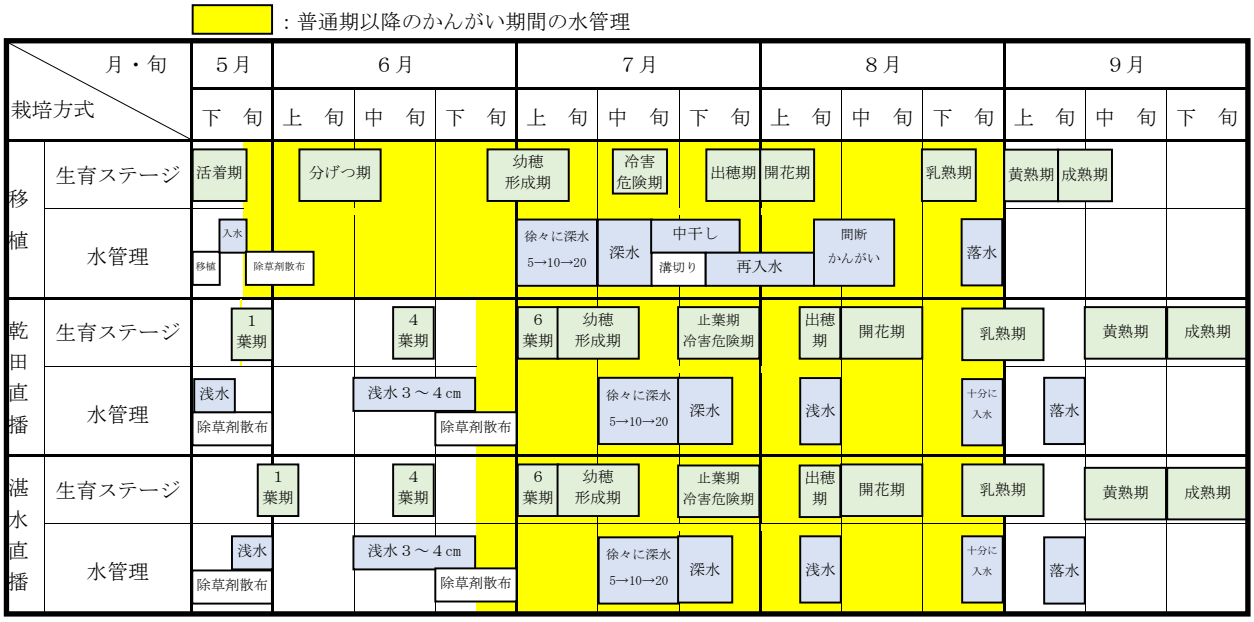


図-7.6　普通期以降のかんがいの指導内容

7.4.2　直播栽培面積が拡大した場合の水利用パターンの想定

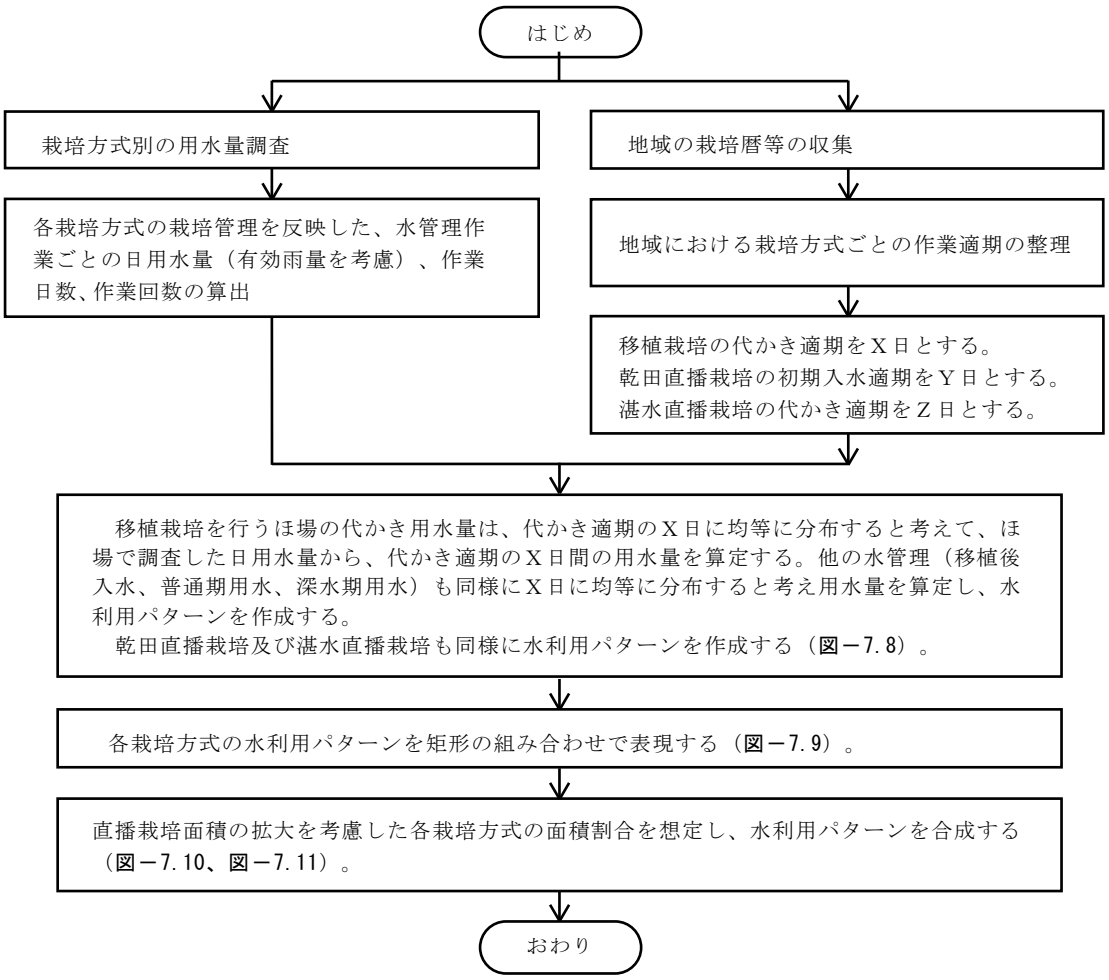
乾田直播栽培や湛水直播栽培の面積が拡大した場合には、水利用パターンは、**図-7.4**の形から変化する。このような水利用パターンの変化の想定手順を**図-7.7**に示す。

水利用パターンの変化を想定するためには、各栽培方式の単位用水量と作業適期（かんがい期間）の情報が必要である。乾田直播栽培を例にすれば、上記で紹介した栽培歴では、播種適期は５月６日からの10日間であり、この播種適期の10日間に均等に播種（入水）するものとする。また、単位用水量には、過去に実施した大区画ほ場での用水量調査結果（平成28年度～平成30年度）を用いる。これらの情報を用いて算出した水利用パターンが**図-7.8**である。

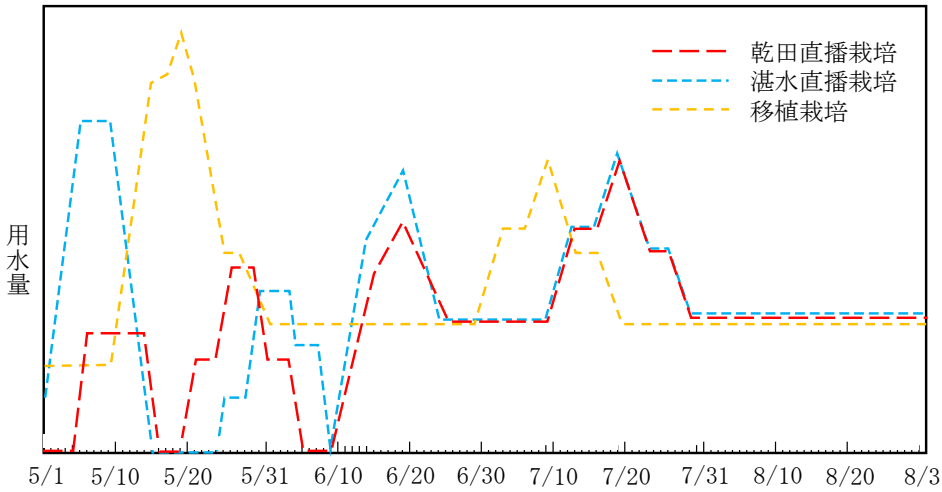
なお、実際のかんがい施設での水管理においては、**図-7.8**のように頻繁な用水量調整が困難であることから、**図-7.4**と同様に矩形を組み合わせた水利用パターンとすることが一般的である。**図-7.9**は**図-7.8**を基にして、栽培方式ごとに矩形を組み合わせた水利用パターンである。

図-7.10と**図-7.11**は、乾田直播栽培や湛水直播栽培の面積が拡大した場合の水利用パターンを想定した事例である。これらは、**図-7.8**の水利用パターンを用いて、各栽培方式の面積比率を想定し算出したものである。**図-7.10**は、作付比率を移植栽培：乾田直播栽培：湛水直播栽培＝６：２：２とした場合の水利用パターンである。また、**図-7.11**は、移植栽培：乾田直播栽培：湛水直播栽培＝５：５：０とした場合の水利用パターンである。

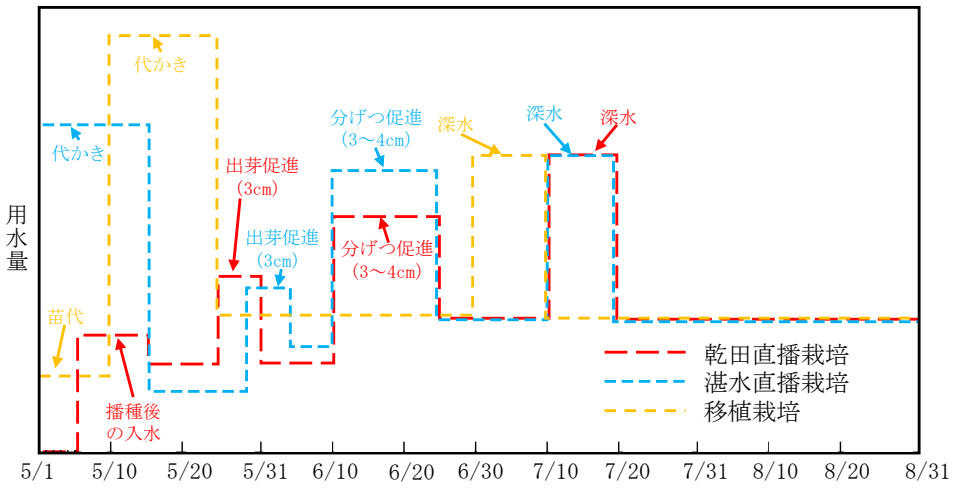
これらの図のように、乾田直播栽培及び湛水直播栽培の作付が拡大すると、５月上旬には乾田直播栽培の播種後入水及び湛水直播栽培の代かき用水が、また、６月中旬には乾田直播栽培と湛水直播栽培で湛水状態に移行するための用水が、さらに７月上旬から下旬にかけては、従来に比べて長期間の深水用水が、それぞれ必要になると予想される。



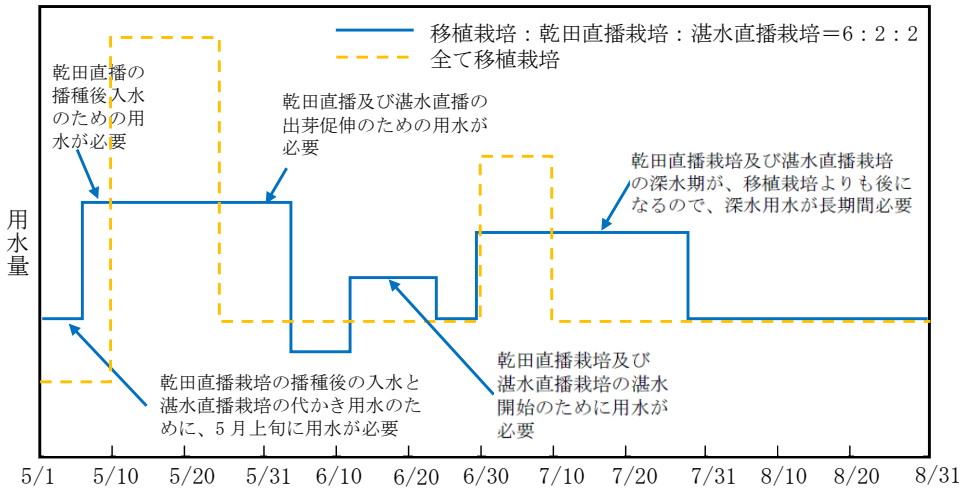
図－7.7　直播栽培面積が拡大した場合の水利用パターンの想定手順



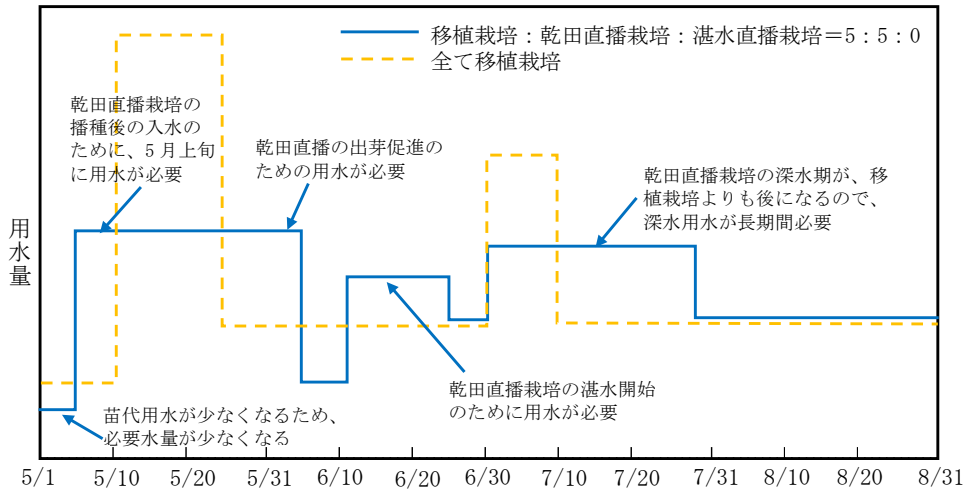
図－7.8　ほ場での日用水量と栽培適期から作成した３種の栽培方式の水利用パターン
（イメージ図のため縦軸には数値を記していない）



図－7.9　矩形の組み合わせにした３種の栽培方式の水利用パターン
（イメージ図のため縦軸には数値を記していない）



図－7.10　移植栽培：乾田直播栽培：湛水直播栽培＝６：２：２の場合の水利用パターン
（イメージ図のため縦軸には数値を記していない）



図－7.11　移植栽培：乾田直播栽培：湛水直播栽培＝５：５：０の場合の水利用パターン
（イメージ図のため縦軸には数値を記していない）

7.5 調査事例

7.5.1 ブロックローテーションにおける横浸透（畦畔浸透）量（北海道）

北海道では、田畑輪換に取り組む地域において、耕作道や排水路を境界としたブロック単位で、水稲と水田の畑作利用（麦・大豆等）による輪作を行う、ブロックローテーションが進められている。

本地域内において、地下水位の高い泥炭地域の水田を対象に、耕作道（幅員4.0m、砂利舗装）を境界として接する水稲ほ場と畑利用ほ場との間の横浸透(畦畔浸透)量について調査を行った。

調査の結果、水稲ほ場と畑利用ほ場との間で横浸透（畦畔浸透）量について大きな差は認められなかった。

このことから、本事例における耕作道を境界として実施されるブロックローテーションでは、隣接ほ場の畑利用による横浸透（畦畔浸透）量の増大は生じにくいものと考えられる。

7.5.2 水稲の有機栽培における雑草抑制を目的とした水管理（関東及び北陸地方）

関東及び北陸地方において、水稲の有機栽培に取り組むほ場を対象に、雑草抑制を目的とした水管理の実態について調査を行った。

調査の結果、いずれの事例においても代かき期間は３週間～１か月間程度であり、期間中に３回の代かきを実施していた。この代かき期間に必要な用水量は、慣行栽培における１回代かきの場合の２～３倍であることが確認された。なお、１回目の代かきは地域の慣行栽培と同時期に実施されていた。

また、移植後は２週間～１か月間程度、湛水深 10～15 cmを目標とした深水管理が行われていた。

さらに、関東地方の事例では、抑制対象とする草種に応じて、代かき時に 10～15 cm程度の深水又は５cm程度の浅水となるよう水位を調整していた。

これらの水管理により、ヒエ類に対する顕著な抑制効果が認められた。

7.5.3 中干し期間延長に伴う用水量変化（東北及び中国四国地方）

東北及び中国四国地方において、中干し期間を延長したほ場の用水特性について２か年調査を実施した。調査では、中干し期間を14日間程度としたほ場（中干し期間延長ほ場）と、７日間程度の中干しを行うほ場（慣行中干しほ場）を対象として、中干し後の再かん水開始から５日間程度までの用水量（以下「再かん水量」という。）及び中干し後から落水までの累加用水量（以下「累加用水量」という。）を比較した。

調査の結果、再かん水量については、中干し期間延長ほ場の方が必ずしも大きくなるわけではないことが確認された。

特に、東北地方の調査１年目の事例では、中干し期間の延長により再かん水量が微増したが、湛水期間がおおむね７日間短縮されたことから、中干し期間延長ほ場の累加用水量の方が少ない結果となった。

一方、中国四国地方の調査２年目の事例では、中干し期間の延長により湛水期間の短縮効果を

上回る再かん水量の増加が確認され、中干し期間延長ほ場の累加用水量の方が多い結果となった。

図-7.12、図-7.13に、各地方における再かん水量及び累加用水量の変化のイメージ図を示す。

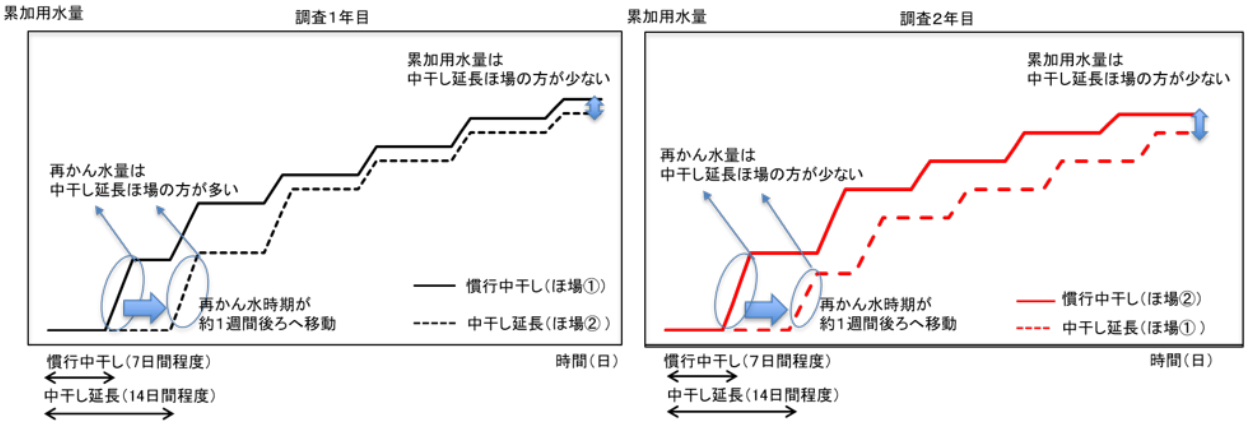


図-7.12　東北地方における再かん水量及び累加用水量の変化（イメージ図）

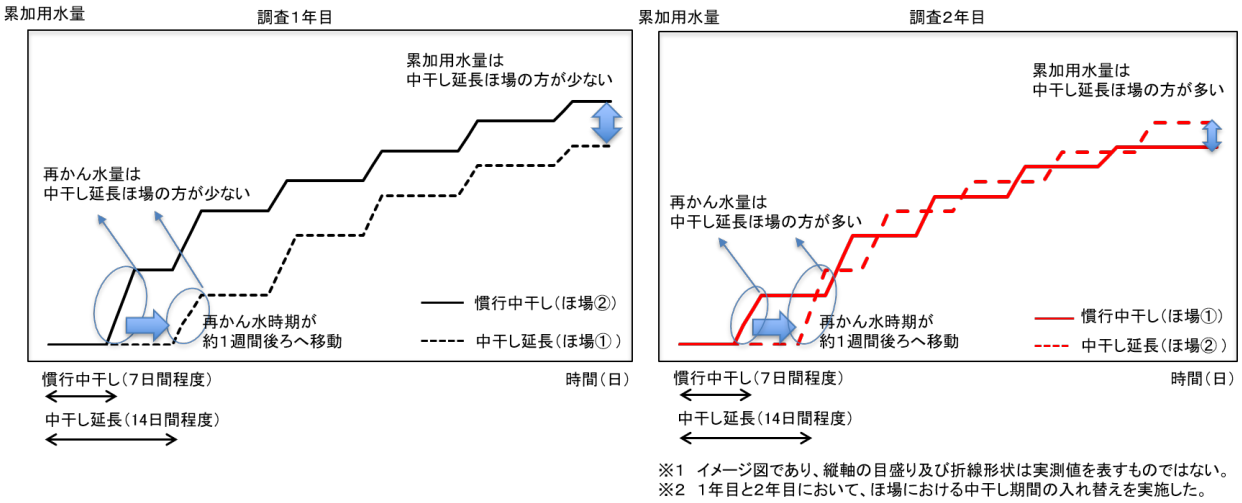


図-7.13　中国四国地方における再かん水量及び累加用水量の変化（イメージ図）

引用文献

1) 古木敏也他：水田計画水量の決定方式に関する研究（1）、p.18（1982）
2) 中川昭一郎：水田用水量調査計画法（その２）、 農土誌34(2)、p.27-32(1966)
3) 中川昭一郎：湿田の乾田化に伴う透水条件の変化について、農土試報（2）、p.19-85(1964)
4) 根岸久雄他：重粘土地帯水田の土層改良と用排水組織に関する研究Ⅰ、農土誌10、p.56-57(1972)
5) 農林水産省構造改善局：土地改良事業計画設計基準 計画「土層改良」、p.24（1984）

参考文献

■ 農業農村工学会：農業農村工学ハンドブック（改訂七版）、pp.151-152(2010)
■ 越山直子・大津武士・中村和正：北海道美唄地区における水稲栽培方式ごとの用水量の決定因子、平成30年度農業農村工学会大会講演会、講演要旨集、pp.804-805(2018)
■ 計画基礎諸元調査報告書（令和元年度）
■ 計画基礎諸元調査報告書（令和７年度）
■ 栃木県：水稲有機栽培実践マニュアル（令和７年２月）
■ 農研機構：深水管理による省力的な有機水稲栽培を実現する農地整備＆栽培管理マニュアル（2025年３月）
■ 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構：高能率水田用除草機を活用した水稲有機栽培の手引き（2020年３月）
■ 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター：乾田直播栽培技術マニュアル（2019年２月）

8．栽培管理用水量

（基準　3.2.3、3.3.3関連）

ほ場での水稲の栽培環境の保持、改善を実現する上で消費される水量として、蒸発散浸透量（減水深）に加え栽培管理用水量が必要である。この栽培管理用水量は、ほ場ごとの水管理方式等によっても異なるので、その算定に当たっては、地区内におけるこれまでの利用実態や既往の数値等から確認するとともに、今後の営農・土地利用等の地域農業の展開方向からも影響を受けることから、近隣地区の実態等も参考にしつつ、地区の実情を十分に勘案することが必要となる。

本章においては、栽培管理用水の役割について補足するとともに、事例を紹介する。

8.1　栽培管理用水の役割

水田においては、湛水深を一定に保つだけでなく、冷害や高温障害等の防止、塩害の防止、除草剤等の薬剤使用や雑草の抑制、水稲生育の制御、田植機の導入及び農作業効率の向上等、生産性の向上を目的として、深水、浅水、間断かんがい、中干し、掛け流しかんがい等が行われる。こうした管理に要する用水を栽培管理用水という。**図-8.1** は暖地普通期の場合の水管理の一例である。

こうした管理方式が採用されると、強制的な落水や掛け流しによってほ場外へ流出する水が発生する。したがって、ほ場で純粋に消費される蒸発散浸透量（減水深）だけではなく、これらの水量もほ場においては必要であり、用水計画においては、管理方式に対応して必要な時期に必要な水量を見込むことが必要である。

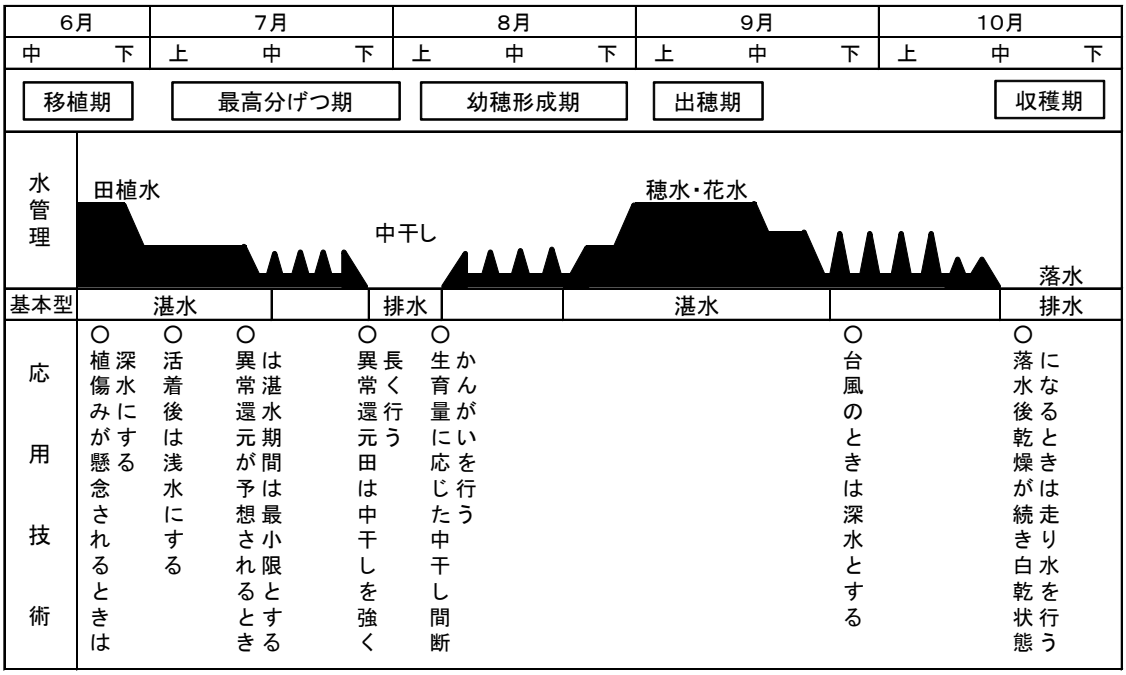


図-8.1　暖地普通期水稲のほ場での水管理例 [1)]

8.2　深水管理

(1)寒冷地水田における冷害対策上の水管理

北海道・東北等の寒冷地帯では、夏季の低温により水稲の生育に障害が発生し、収量・品質に大きな影響を与えることがあり（障害型冷害）、このような冷害に対しては湛水深を管理することにより被害を防止する方法（深水管理）がある。

地方によっては、農業協同組合等が、前歴期間の 10 日間において通常の湛水深から徐々に水位を上昇、冷害危険期間において湛水深 18～20cm を目標に水管理を行うよう営農指導している例がある（**図-8.2**）。

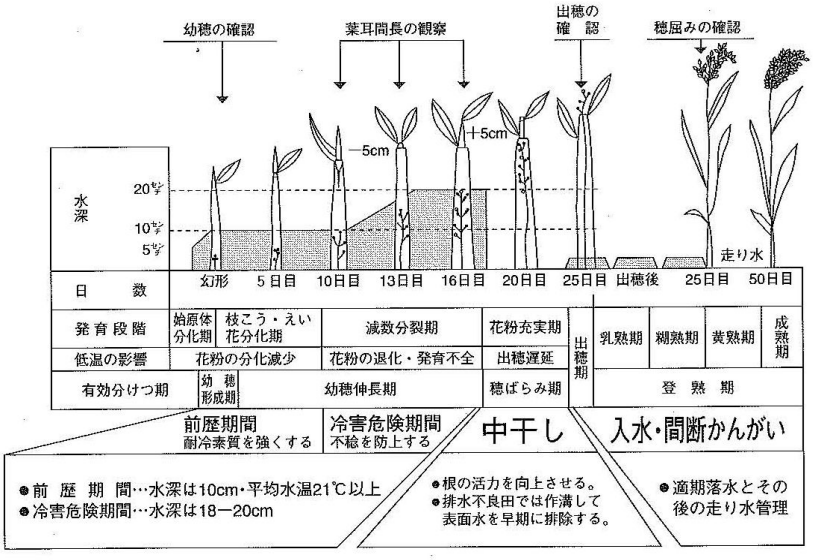


図-8.2　幼穂形成期から成熟期までの水管理（1986上川農試）

なお、前歴期間と冷害危険期間の水管理による冷害防止効果については、**表-8.1**に示す試験結果がある。

表-8.1　前歴深水と危険期深水による冷害防止（1987佐竹ら）

前歴水温	水深 前歴	水深 危険期	ポット当たり籾重(%)	稔実歩合
21 ℃	3 cm	3 cm	4 g (9%)	10 %
		10	6 (13)	13
		20	8 (17)	17
	10 cm	3 cm	13 (28)	25
		10	14 (30)	32
		20	26 (55)	58
24 ℃	3 cm	3 cm	17 g (36%)	32 %
		10	21 (45)	42
		20	33 (70)	71
	10 cm	3 cm	35 (74)	72
		10	38 (81)	72
		20	42 (89)	90
対照（常温）区			47 (100)	88

*危険期水温はいずれも18℃

(2)寒冷地水田における深水用水量の計算事例

深水管理を考慮した用水計算事例を以下に示す。

深水管理の期間における湛水深を普通期（６cm）＋９cm の 15cm とし、10 日間の配水でこの湛水深を確保できる一定の用水量を「深水用水量」として設定した（**図-8.3**）。

計算結果は下式のとおり。

深水用水量 ＝ 普通期用水量（減水深） ＋ 深水用水

深水用水は、90㎜を10日間で配水するため次式にて計算する。

$$\text{深水用水量} = \frac{\text{上乗せ湛水深（0.09m）} \times \text{単位面積（1,000ha）} \times 10{,}000\text{m}^2/\text{ha}}{\text{配水期間（10日間）} \times \text{１日の秒数（86,400秒）}}$$

$$= 1.04\ (\text{m}^3/\text{s}/1{,}000\text{ha})$$

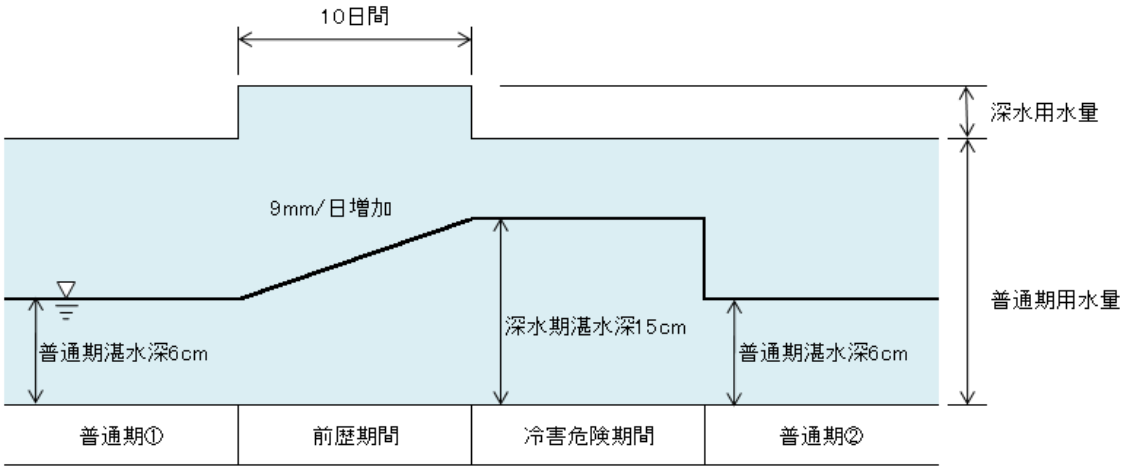


図-8.3 深水用水量のイメージ

(3)有機栽培における雑草抑制のための水管理

水稲有機栽培においては、雑草抑制を目的とした深水管理の取組が進められている。深水管理は発芽に酸素を必要とするヒエ類の抑制に効果的とされ[2)3)]、関東及び北陸地方の事例では、湛水深 10～15 cmを目標とした深水管理によりヒエ類の抑制効果が顕著に確認されている（「**7. ほ場単位用水量**」の 7.3(1)オ（イ）及び 7.5.2 を参照）。

引用文献

1) 長智男、黒田正治、星野孝文：暖地における水田水管理の特性、農土誌、p.17-22（1984）

2) 農研機構：深水管理による省力的な有機水稲栽培を実現する農地整備＆栽培管理マニュアル、p. 9（2025年３月）

3) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構：高能率水田用除草機を活用した水稲有機栽培の手引き p.12（2020年３月）

９．施設管理用水量

（基準　3.2.3、3.3.3関連）

施設管理用水量のうち、送水損失水量の決定に当たっては、地区の立地条件、水路延長、水路形式等を勘案することが必要となり、また、配水管理用水量の決定に当たっては、水路形式、管理組織・体制、施設の整備水準、水田の分散状況等を考慮することとなる。また、施設機能維持用水量については、開水路のみならず、管水路であっても考慮が必要な場合もある。

これら水量の決定根拠については、地区内におけるこれまでの利用実態や既往の数値等から確認するとともに、今後の営農・土地利用等の地域農業の展開方向を踏まえ、また、近隣地区の実態等も参考にしつつ、地区の実情を十分に勘案することが必要となる。

本章においては、送水損失水量の考え方を示すとともに、配水管理用水量及び施設機能維持用水量の算定事例を紹介する。

9.1　送水損失用水量

水源からほ場までの搬送中に蒸発・浸透などで失われる損失は、水路の舗装状態や水路の延長によって異なり、その要因としては水路面における水面蒸発及び浸透漏水量が考えられ、５～10％の範囲とされている。このため送水損失は、一般に、パイプライン等全面満流する場合５％、これ以外の開水路、函渠、トンネル等一部でも自由水面を持った流れがある場合 10％、土水路やブロック、石積み水路等で明らかに水路損失が大きいと思われる場合は実情に合わせて計上している。

9.2　配水管理用水量及び施設機能維持用水量の算定事例

(1)地区概要

本地区では、河川総合開発事業の一環として、国営事業等により農業用水施設が造成され、地域農業の発展に大きな役割を果たしてきた。しかし、築造後の年月の経過により施設の老朽化が進行していたことから、施設の改修整備を行い、農業用水の安定供給と適正利用を図るとともに、地域の水資源の有効活用に資することとしている。

地区内では、受益面積の減少や水田から果樹園等への営農形態の変化に伴い用水量が減少しているが、水路は用排兼用であること等から施設の規模が大きく、改修後においても現況と同程度の水路断面を確保する必要がある。

そのため、減少した用水量のみで分水口等での水位が確保できるか（**写真-9.1**）、また、水路内の浮遊土砂の堆積を抑制できる流速が確保できるか（**写真-9.2**）について検討する必要が生じた。

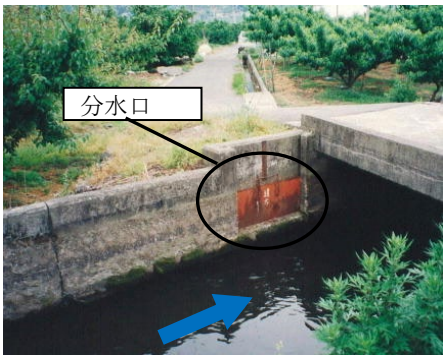


写真-9.1　分水口の状況



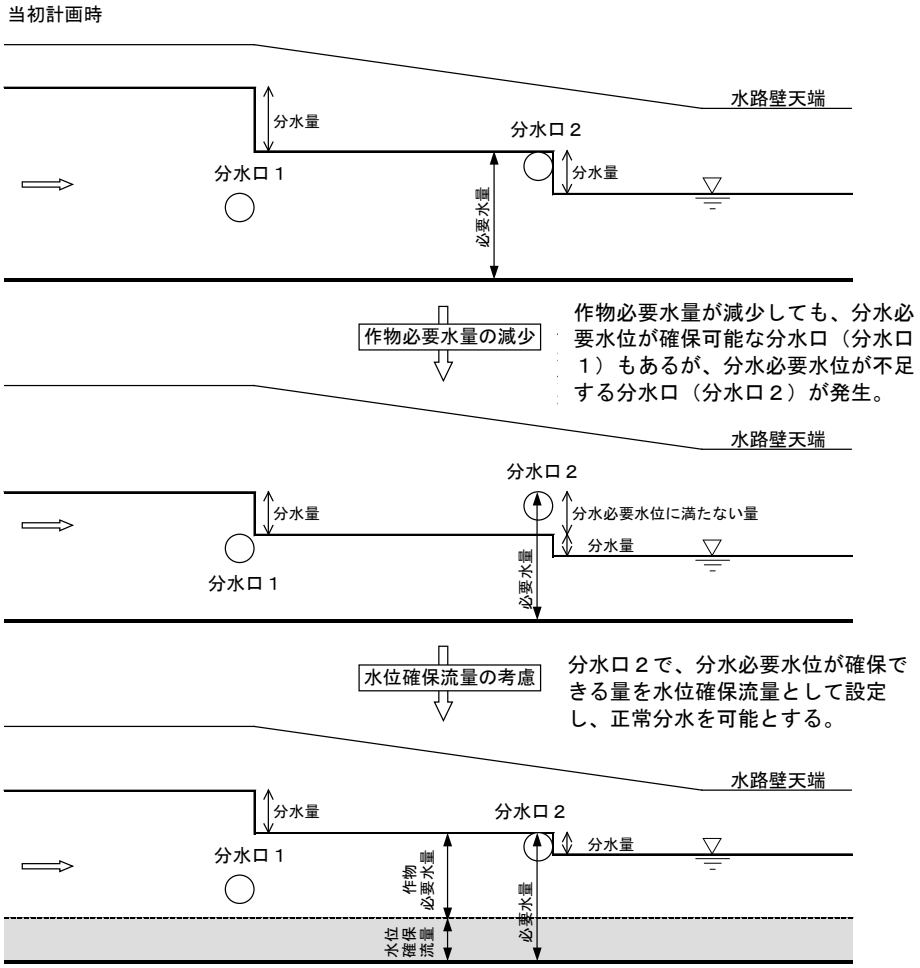
写真-9.2　水路の状況

(2)配水管理用水量

ア　考え方

本水路は用排兼用のため水路断面が大きく、用水量の減少により必要な分水位が確保できない箇所がある。また、降雨時には排水が流下するため、ゲート等による水位の堰上げは出水時の維持管理上、困難である。このため、別途一定の水位確保のための用水量を確保する必要がある。

検討に当たっての基本的な考え方は、図-9.1のとおりである。



※水位確保流量の決定地点となる分水口が下流にある場合、水位確保流量は、作物必要水量の外数で確保する必要がある。

図-9.1　配水管理用水検討の基本的考え方

イ　算定方法

算定手順は、以下のとおりである。

①　水田、樹園地等の面積及び減水深、消費水量より作物必要水量を算出

②　各分水口位置と高さを把握

③　路線を分水口単位にブロック分け

④　不等流計算により作物必要水量を流したときの水位を計算
その水位で現状の分水口より分水可能（水位は分水口頂部まで確保する）か確認

⑤　分水不可能な箇所がある場合は、下流から上流に向けて各ブロックで分水必要水位が確保できるよう水位確保流量を算定

(3)施設機能維持用水量

ア　考え方

用水量が減少することにより流速が落ちた結果、「土地改良事業計画設計基準　設計　水路工」に示される浮遊土砂の堆積を防ぐための最小許容流速の下限値を確保できない路線が存在することが分かった。最小許容流速が確保できないと、土砂の堆積により水路の通水能力が阻害されることが予想される。また、現状の施設管理者の人員構成では、長大な延長を持つ本水路の浚渫作業を定期的に行うことは困難なことから、最小許容流速の確保が必要不可欠である。

このことから水路機能を維持・保全するために、施設機能維持用水量を確保する。

イ　算定条件

算定に当たっては、下記の条件を設定した。

①　堰上げゲートがある地点については、ゲート閉鎖時には、流速の低下、土砂等の堆積が避けられない。ただし範囲が限定されており、集中した維持管理が可能と考えられる。
このことから堰上げゲート地点では、全開状態での最小許容流速を確保するものとする。

②　余水吐工など土砂の堆積、排砂を機能として持つと考えられる区間については、最小許容流速確保の対象外とする。

ウ　算定方法

算定手順は、以下のとおりである。

①　水田、樹園地等の面積及び減水深、消費水量より作物必要水量を算定

②　路線を分水口単位にブロック分け

③　不等流計算により作物必要水量を流したときの流速を計算
その流速が最小許容流速0.45m/sを確保できているか確認

④　同流速が確保できていない箇所がある場合は、下流から上流に向けて各ブロックで同流速が確保できるよう流速確保流量を算定

(4)検討結果

上記の検討結果を**図-9.2**及び**図-9.3**に示す。

対象区間において、水位確保流量及び流速確保流量を満足させつつ、堰上げの追加とともに最適な水路改修断面を計画している。

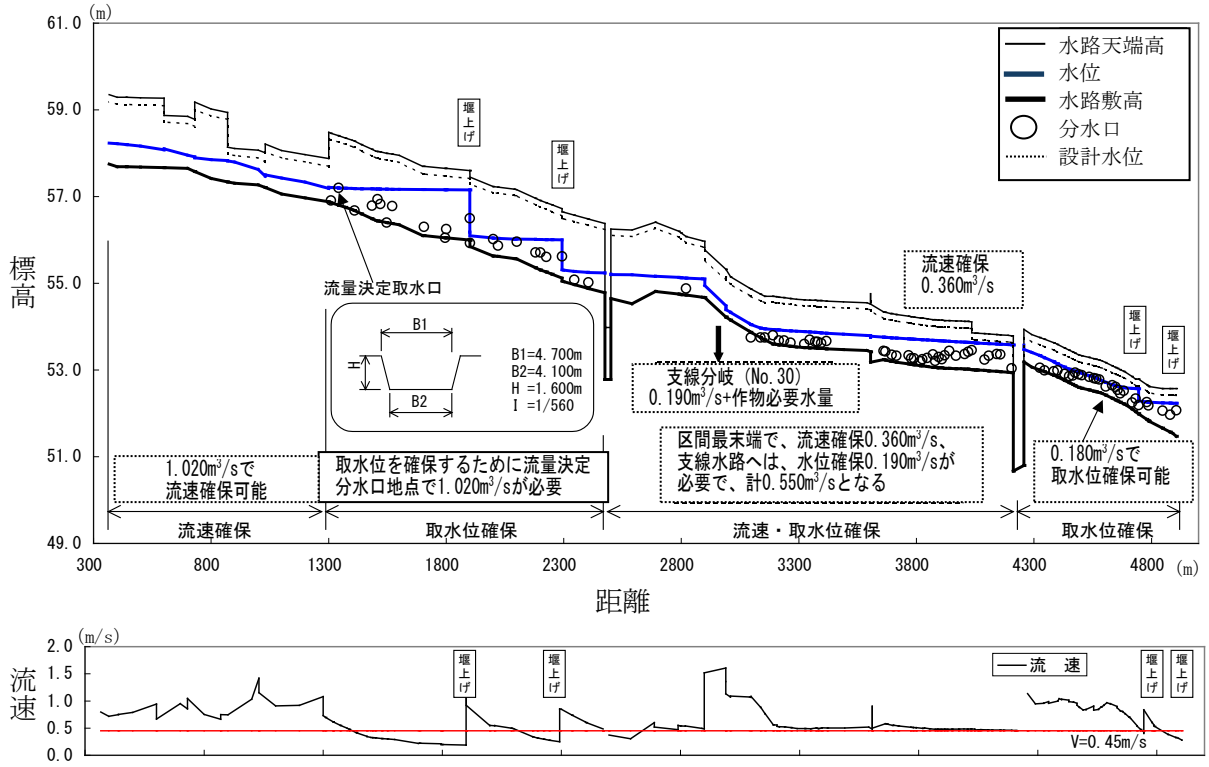


図-9.2　現況ケースでの検討結果（水位確保流量1.020m³/s）

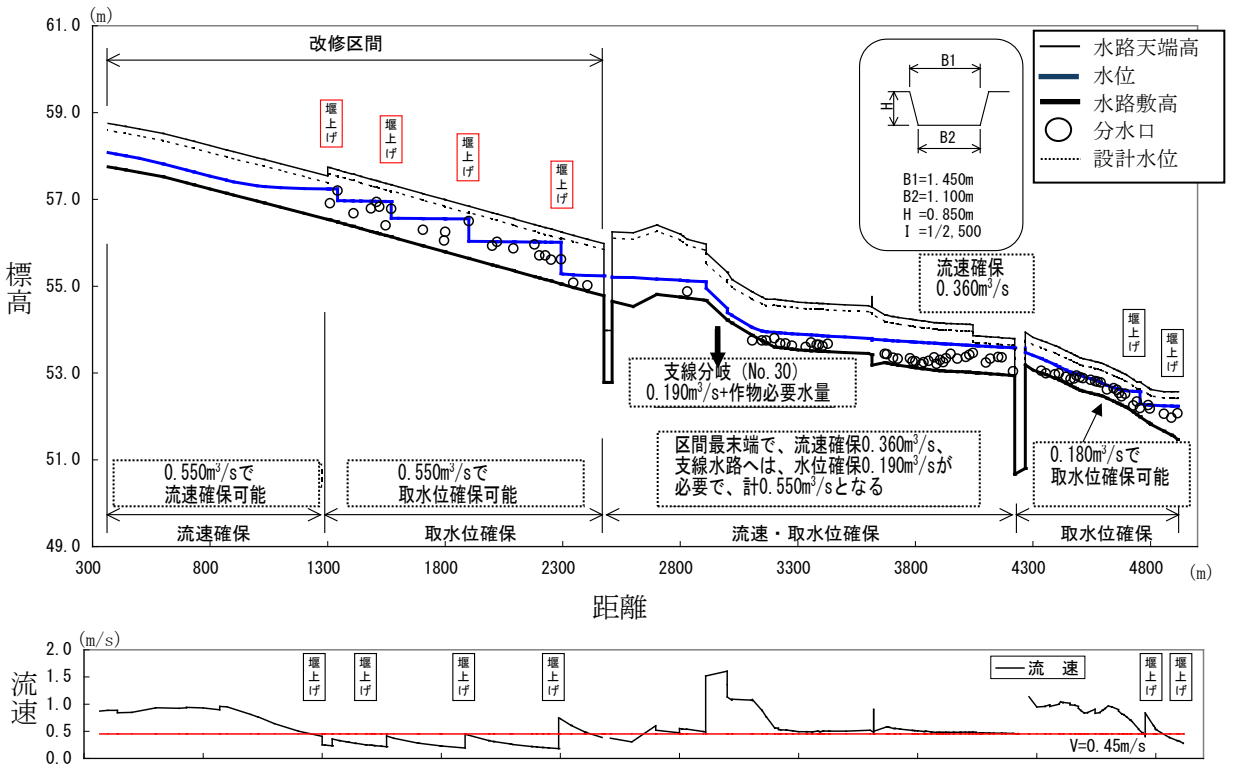


図-9.3　計画ケースでの検討結果（水位確保流量0.550m³/s）

10. 有効雨量

（基準　3.2.3、3.3.3関連）

本章においては、有効雨量の算定について解説する。

10.1　有効雨量算定の基本的考え方

有効雨量は、用水計画上の概念で、計画の補給水量を算出する際に降雨のうち、かんがいに有効利用できる水量を算定するために用いられ、基本的にはその有効活用可能量を指す。有効雨量は、降雨が落水口等から流出せずにほ場内に貯留されて、必要水量の補給の役割を担うことになることを基礎とする。その量は、降雨量に上・下限値を設け、その範囲内の降雨量に一定比率（有効化率）を乗じて算出する。水田の用水計画においては、降雨の一部は稲等に付着し、残りが水田面に到達してかんがい用水と一体となって利用されることと、大きな降雨であれば一定量以上は水田から直ちに流出して利用できないこと等から、日降雨量に対して下限を５㎜、上限を 80㎜とし、その 80％が補給量の減少に寄与すると考え、それを有効雨量として算出するのが一般的である。

用水計画における有効雨量は、降雨による補給すべき水量の減少の複雑な過程や、計画地区におけるさまざまな関係要因を総合的に評価する標準ルールを定めて算定するものである。実際にほ場で用水と一体となって利用される水量は、降雨パターン、水稲生育時期、ほ場条件（土壌、排水路等）、水管理条件（湛水、取水、落水管理等）等によって異なり、地区の補給すべき水量の削減は、ほ場の条件に加えて、地区の規模や水源の安定度、かんがい施設の機能や形態、取水や送配水に要する費用等によって異なるものである。

10.2　ほ場における降雨貯留の規定条件

有効雨量は、用水計画上の概念であり、その算定はさまざまな関係要因を加味した標準ルールによっている。その考え方の基本に置かれているほ場における降雨の貯留について、実態を規定している要因を多変量解析によって分析した結果を以下に示す。

ほ場における降雨の貯留（有効化）は、降雨時のほ場条件により規定され、さらには耕作者の水管理に左右される。ほ場条件は、ほ場により、また、期間によって一定の傾向を有するものであり、それが有効化の程度の基本的な枠を定めることになる。特に、中干し後の非湛水状態は、降雨の有効化の機構や程度に大きな影響を与え、ほ場の降雨貯留能力が増加することから、一般に有効化率は増大する。

(1)ほ場における降雨貯留（有効化）

降雨の有効化の大小には降雨量及び降雨強度が強く影響し、落水口の敷高が高ければ大きくなる。なお、有効化の程度（率）は、降雨の貯留には上限値的な限界があることから、降雨量との相関は負となる。

(2)降雨量の多少と貯留（有効化）の程度

降雨量が少ない場合では、その多くがほ場内に貯留されることから、降雨の貯留（有効化）

の量、降雨量の多少に大きく左右される。一方、降雨量が多くなると、その貯留（有効化）の量や程度は、降雨量よりもほ場の貯留能力を規定する落水口敷高や湛水深が大きく影響する。

(3)水稲生育期ごとの降雨貯留（有効化）の程度

生育前期（中干し前）では、通常は常時湛水されているために、ほ場の貯留能力は落水口敷高と湛水深で規定されることになり、降雨の貯留（有効化）は降雨量によって規定される傾向が強い。一方、生育後期（中干し後）では、非湛水の間断かんがい状態となることが多くなり、ほ場の貯留能力は土壌への浸透量で規定され、降雨の全体量の寄与は減少して、降り方（継続時間・降雨強度）等の寄与が大きくなる。

(4)取水の有無と降雨貯留（有効化）の程度

ほ場で降雨時に取水がなされているか否かは、降雨の有効化に大きな影響を及ぼす。取水がある場合の降雨の貯留（有効化）は、無い場合に比して極めて小さくなる。

参考文献

■ 丸山利輔：農業用水の需要構造の変化、昭和58年度科学研究費補助金研究成果報告書（1984）

11. 地区内利用可能量

（基準　3.2.3、3.3.3関連）

一般に、地区内利用可能量の供給源は、補助的水源と反復利用とに区分して扱う。
本章においては、地区内利用可能量の算定に係る留意事項や方法について解説する。

11.1　補助的水源

補助的水源の主なものとしては、ため池、渓流、地下水（湧水含む）等があり、それぞれの地区内利用可能量算定に際しての留意事項は以下のとおりである。

(1)ため池

ため池の利用に関しては、かんがい期及び非かんがい期における導入可能量、降雨による貯水量回復など安定水源としての検討を行う。また、利用可能量は小規模利用なため池を整理し、ため池の使用回数の実態を調査し決定することに留意する。

(2)渓流

渓流取水の場合、計画基準年における渓流依存度及び渓流取水地点の流況等からその妥当性についての検討を行っておく必要がある。渓流の流況は不安定な場合が多いので、観測データに基づいた流出解析等により利用可能量の検討を行うことが肝要である。

(3)地下水（湧水含む）

地下水は、表流水に比べて確保できる量が少ないため、水源として比較的容易に開発できる等の理由で設けられた小規模な施設が多い。

また、地下水は生活用水、工業用水等に利用されていることが多く、これらとの競合によって地盤沈下等の障害を引き起こす危険があることに留意する。

11.2　反復利用

水田に流入したかんがい用水は、蒸発散量と深部への浸透量を除き、そのかなりの部分が近傍あるいは下流部へ流出する性格を持つので、広い範囲の面積を対象とすれば、同一地区の計画の中で、それらの水を再度用水に利用できる可能性を有する。水田かんがいを主とする農業用水には、水田面積を拡大するために、自然条件から可能な用水の反復を最大限に利用した運用が歴史的に形成された経緯を持つものも多い。各地の水収支実測調査からは、取水量が多い場合であっても大量に水が消費されるわけではなく、利用後は還元流出するなど水田における効率的な利水実態が報告されている。

反復利用水源となる排水を用水路に流入（還元）させるに当たっては、以下に例示するような形態が必要となり、最適な手法を計画する。

①　ほ場周辺の用排水兼用水路…傾斜地等での排水路の堰上げ、クリーク地帯の低揚程ポンプかんがい
②　排水路の用水路への接続……連絡水路、標高差の利用による水路機能の変化
③　用水路への排水の圧送……ポンプによる強制反復

これまでも、地域の実情に応じた用水の反復利用が行われてきたが、系統的な用水の反復利用の推進は、用水の利用効率を更に増加させ、取水地点の計画用水量の抑制を図る上で大きな役割を果たす可能性を持つ。

なお、排水を再度用水として利用することから、良好な水質が確保されるよう留意する必要がある。

11.2.1 反復利用可能水量の算定

ほ場単位用水量は、蒸発散量、浸透量及び栽培管理用水量により構成され、このうち、消費される蒸発散量と地下水の涵養となる深部への浸透量を除き、栽培管理用水量と浸透量の一部は、ブロックからの表面流出となり、反復利用可能水量として還元水量に寄与する。

還元水量（R）は、次式のようにブロックごとにほ場単位用水量（D）から蒸発散量（E）を控除した値に還元率（r）、水田面積（A）を乗じて算出される量である。

$$R=(D-E)\cdot r\cdot A$$

この場合、各ブロックは、浸透水の再利用が可能な規模（ブロックが小さいと還元率も小さく測定されるので、通常は低平地で数十 ha 以上）となるように選定する。また、還元率の測定には、一般に、盛夏の連続干天時の水田の水管理が安定した期間における水収支のデータが必要である。

一般に、還元率は、用水の深部への浸透量の大小を決定する地形・土質条件により大きく左右される。例えば、扇状地の扇頂部では、地下浸透のほとんどが地表に浸出せず、還元率はゼロに近い。また、扇端部周辺あるいは台地下の平地や谷地では、還元率そのものも大きくなるとともに、その変動幅も地域差が顕著になり、地区外からの湧水が集まる場合など、見掛け上の還元率が１を超える場合もある。なお、平坦地や台地上では、地下水涵養に貢献する浸透は数 mm/d 以下と小さくなる。

反復利用が安定して発生すると想定される水稲の生育期間では、蒸発散量の変動はあまり大きくないため、深部への浸透量が用水の還元水量を規定する。

11.2.2 ＣＢ法[1)]

ＣＢ（Critical Block）法は、用水の反復利用が行われている地区に対する普通期計画最大用水量の算定方法の一つである。

計画地区内の水田を単位ブロックに分割し、それらのブロックを、反復利用を含む用排水の流れによって関係づけると、全てのブロックは頭首工地点における取水必要量（Q）に対する影響の仕方から、ＲＢ、ＣＢ、ＮＢ、ＤＢの４種類のブロックに分類される。

４種類のブロックは次の基準で分類される。

(1)ＲＢブロック

上流からの還元水量だけではそのブロックを含む下流の必要水量をまかなえず、当該ブロックからの還元水は下流部で全量使用されるもの。そのブロック内での消費水量分（取水量と還元量の差）だけQを増大させる。

(2)ＣＢブロック

上流からの還元水量だけではそのブロックを含む下流の必要水量をまかなえず、当該ブロ

ックからの還元水は下流部で全量は使用されないもの。そのブロックへの取水量分だけQを増大させる。

(3)ＮＢブロック

上流からの還元水量だけでそのブロックを含む下流の必要水量がまかなわれ、当該ブロックからの還元水は下流で全量は使用されないもの。Qに対する寄与はゼロで、増やしも減らしもしない。

(4)ＤＢブロック

上流からの還元水量だけでそのブロックを含む下流の必要水量がまかなわれ、当該ブロックからの還元水は下流部で全量使用されるもの。そのブロックからの還元水量分だけQを減少させる。

用水反復利用におけるブロックの組合せの基本形を**図-11.1**に示す。

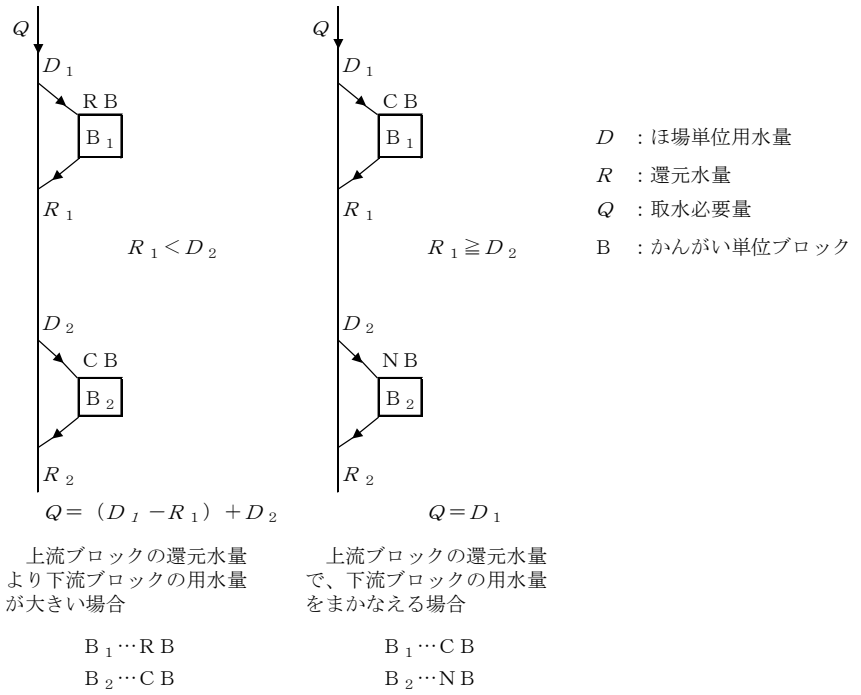


図-11.1　ＣＢ法によるブロック組合せの基本形

具体的には、次の手順で行われる。

① 水田を、その内部で反復利用のない用水ブロックに区分する。

② 各ブロックへの流入量及び下流への流出量を流入出地点の測定により把握し、還元率を定める。

③ 還元率に基づき各ブロックからの還元量を求め、各ブロックの性格を判定し、ＲＢブロック、ＣＢブロック、ＮＢブロック及びＤＢブロックの４種類に分類する。

ＣＢ法ブロック判定のモデル例を**図-11.2**に示す。これと**図-11.1**を照合し、総面積（1,550ha）に減水深（20㎜/d）を乗じて算定すると、全体で日当たり 31 万㎥の使用水量となる。一方、ＣＢブロックの総面積（650ha）に減水深（20㎜/d）を乗じた数とＲＢブロックの総面積（700ha）

に消費水量（10㎜/d）を乗じた数を足して算出すると、反復利用によって取水量としては 20 万 m^3 に減少することが分かる。

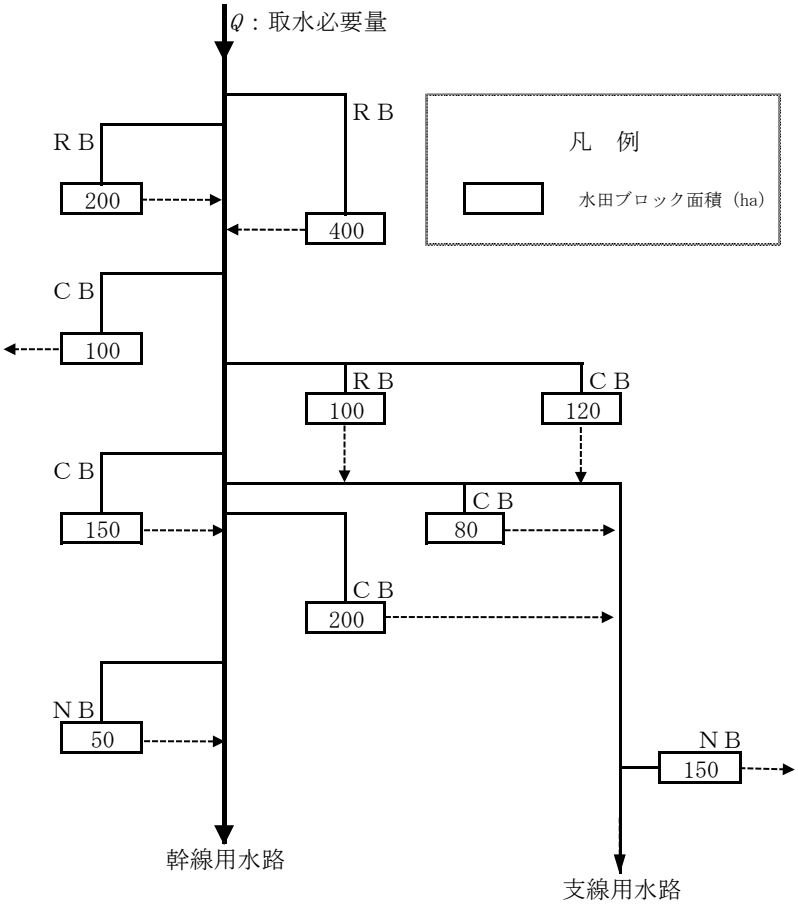


図-11.2　ＣＢ法ブロック判定のモデル例（減水深20㎜/d、消費水量10㎜/d）

引用文献

1)　農業農村工学会：農業農村工学ハンドブック（改訂七版）、pp.159-161（2010）