４．他事業関連調査

（基準　2.3.9、3.2.1 関連）

本章においては、他の関連する事業との連携調整や関連機関との各種協議調整について、調査計画段階での留意事項等を解説する。

(1)関連農業農村整備事業

地区及びその周辺地域について、土地改良法に基づく事業（農業用用排水施設整備、区画整理、農道整備等）、農村生活環境等の整備についての実施状況（計画中、実施中、実施済）を確認する。さらに、各事業がある場合には、それぞれの事業において定められた計画及び設計の諸元等（路線配置、施設の構造、施工年度、施工時の状況、地元負担金、負担金の年償還状況）について調査する。また、これらの事業に対する土地改良区、都道府県、市町村、農業協同組合、農家等関係者の評価等について調査するとともに、必要に応じてこれら関係者との協議調整を行う。

また、用水計画の作成に当たっては、事業主体や事業規模の大小を問わず、調査の対象範囲を水源施設から末端ほ場までの一連の水利システム全体とすることが必要である。このため、末端ほ場において予定される関連事業がある場合には、用水計画の基礎諸元の整合を図るなど、施設計画や管理運営において課題が生じないよう関連事業主体との十分な調整が必要である。

(2)河川の改修事業等

地区及びその周辺地域における河川については、河川整備基本方針及び河川整備計画の内容を確認する。特に、路線位置、河川幅、断面、勾配、計画高水位、平水位、敷高、単位排水量、地区の湛水状況、用地の生み出し方法、施工年次計画等について把握し、事業計画の策定において協議調整が必要となる事項についての整理が必要である。

(3)道路の改修・新設事業等

地区及びその周辺地域において、国道、都道府県道及び市町村道の改修や新設の計画がある場合は、路線位置、用地幅、構造、幅員、施工時期、用地の生み出し方法等について把握し、事業計画の策定において協議調整が必要となる事項についての整理が必要である。

(4)地区周辺の市街化区域等での事業等

都市計画法による市街化区域、農業以外の用途に使用される区域を明確にするとともに、これら区域における関連の事業等、事業計画の策定において協議が必要となる事項についての整理が必要である。

５．営農・土地利用関連の調査計画

（基準　2.3.3、3.2.2、3.3.2 関連）

本章においては、営農・土地利用計画を策定するに当たって、農業の現況に関する調査の具体的な項目、内容等について解説するとともに、事業を契機とした地域水田農業のあるべき姿の実現に向けた計画策定の事例を紹介する。

5.1　農業に関する各種現況調査

農業に関する各種現況調査の標準的な調査項目とその内容は以下に示すとおりであるが、必要に応じて適宜調査項目を選択又は追加する。

(1)地域社会経済に関する項目（地域とは原則として当該地区を含む市町村の範囲とする。）

①　市町村計画における当該地区の位置付け
②　農業振興地域、都市計画区域等の指定状況
③　産業別就業者数、生産額等
④　農地転用の実態
⑤　各種地域指定

(2)地域農業に関する項目

①　経営耕地面積規模別経営体数
②　農産物販売金額規模別経営体数
③　農業経営組織別経営体数
④　主副業別・専兼業別農家数及び認定農業者数の動向並びにこれらの経営規模別戸数
⑤　地目別耕地面積の動向
⑥　農家世帯員の農業就業状態別、性別及び年齢別人数
⑦　作物別作付面積、生産額
⑧　農業産出額の推移

(3)農業構造等調査

ア　農業経営構造調査

地区の農業経営構造の実態を明らかにするとともに、営農類型別の経営収支や作物ごとの収益性についても明らかにし、地域が目指す水田農業の姿に照らして、その課題と対策を検討する。

イ　農業生産構造調査

地域における農作物作付、家畜飼養頭数及び農業産出額の動向を整理し、地域農業構造を金額的に把握し、その課題と対策を検討する。

ウ　農業経営類型調査

市町村が策定する農業経営基盤の強化の促進に関する基本構想などの既存資料を収集し、地域の優良な経営指標などを把握し、その課題と対策を検討する。

エ　所得構造調査

地域における農家経済の動向及び代表的農家の所得実態を明らかにし、その課題と対策を検討する。

オ　流通構造調査

農産物の作物別、時期別の流通量と価格及び流通体系を調査するとともに、作物ごとの需要見通しを明らかにし、その課題と対策を検討する。

カ　水利構造調査

現況の土地条件及び水利条件を明らかにするとともに、既往の事業の展開過程、水利慣行の形成過程等について調査し、農業の発展を阻害している要因を土地利用面・水利面から明らかにし、その課題と対策を検討する。

(4)土地利用現況調査

ア　非農業的土地利用の現況、各種の土地利用規制及び土地利用計画、地域の開発振興計画等を調査分析する。特に都市的土地利用と農業的土地利用の競合状況とその調整方向を明らかにする。

イ　農用地の利用区分､作付方式､作物別作付面積及び土地利用率の現況を明らかにする。

ウ　農用地の土地利用のあり方(地目､作物)を中心とする現況の地帯区分の設定を行う。

(5)営農立地調査

ア　主要作物と栽培管理体系に関する調査

（ア）栽培作物等調査

過去数年間の農林統計及び農業普及指導センター等の資料により、また、現地調査を併せて行うことにより、市町村ごとに栽培作物の種類及び作付率を調査する。

（イ）栽培期調査

主要作物について、農業関係試験研究機関、農業普及指導部局、農業協同組合等からの聞き取り及び現地調査により作物別の栽培期（播種期、移植期及び収穫期等）を把握する。

（ウ）栽培技術調査

主要作物について、農業関係試験研究機関、農業普及指導部局、農業協同組合等からの聞き取り及び現地調査により作物別の栽培技術及び家畜飼養技術の概要を調査する。特に、水稲については、品種構成（早生、中生、晩生）、栽培方式（移植栽培、乾田直播、湛水直播、不耕起栽培、有機栽培）、苗代方式、代かき及び田植の時期、水管理状況、施肥・防除方法、かんがい方式、かんがい期間、生産組織等を調査する。

また、農業普及指導部局や農業協同組合等による、栽培、営農指導の内容、実施状況についても把握する必要がある。

イ　収量及び被害量調査

（ア）収量調査

統計資料等により、異常年を除く最近５年間の収量を市町村別に調査することを原則とし、必要により現地調査を行い補足する。

また、地区の事情により、上記による収量が現実と著しく相違すると考えられる場合には、現地ほ場での収量調査（坪刈り）等のデータも参考として決定する。

（イ）被害量調査

統計資料、農業共済組合の資料等から得た最近 10 年間の市町村別被害量（要因別）を基に、市町村、農業協同組合等地元関係機関の被害調査記録の把握及び聞き取りを中心として調査を行い、被害の発生地域、面積、程度、要因等を明らかにする。なお、調査結果は、被害発生状況図にまとめることが望ましい。

(6) 土壌調査

用水量、暗渠排水や客土の必要性等の検討のため、土壌の形態とその成因、形成過程、分布の状況等を把握し、土壌区分について整理する。

土壌の基本的性状について、全国的に調査され体系的にまとめられたものとしては、施肥改善事業*1及び地力保全基本調査*2による成果がある。

土壌断面調査の結果を用いて土壌区を設定するためには、各調査地点の土壌諸性質のうち重要と考えられるものを組み合わせて土壌類型の基本形を作り、施肥改善事業に示す土壌区分基準に準拠して取りまとめる。

＊1　施肥改善事業

戦後の食糧増産対策を背景として、都道府県農業試験場において昭和 28～36 年度に水田を対象として実施された土壌調査事業であり、土壌区分及び施肥標準の設定が行われた。

＊2　地力保全基本調査

農耕地の地力保全対策の推進を目的として、都道府県農業試験場において昭和 34～51 年度に実施された土壌調査事業であり、土壌統を基本とした体系的な土壌区分が整理された。

5.2 計画事例

水利施設の更新整備計画の検討に当たり、営農検討組織の設置等を通じて、土地利用率の向上等に向けた営農・土地利用計画を策定した事例を紹介する。以下に、調査計画の各段階における取組を示す。

(1)概査

概査では、地域農業の現状や土地利用、地域農家の動向等について、センサス等統計資料や県農業普及指導部局の将来ビジョン、各市町村の農業経営基盤の強化の促進に関する基本的な構想及び農業振興地域計画等から把握した。

望ましい農業構造の早期実現を見据え、目標とする農業経営類型に係る経営見通しを判断した上で事業の推進を図ることが重要となるため、その基礎となる資料について収集するよう努めた。

(2)基本構想の策定

地域の自然及び社会経済条件、各種振興計画・開発プロジェクト等を把握した地域社会経済の概況調査結果や、農業経営、農業生産、農業所得、流通、水利等を把握した農業構造調査結果から、県・市町村等関係機関の地元意向及び各種計画との整合性を持たせ、土地改良事業の持つ意義（農用地の整備、農村生活環境の整備等を通じた農村の産業・生活・文化の維持発展、国土の防災・保全、地域資源の維持増進等）を十分踏まえた上で基本構想を策定した。

(3)精査及び計画策定

精査では、作物の作付方式（例えば水稲ならば作型の違いによる生育ステージごとの水管理の違い等も整理）や土地利用、営農類型の整理と経営収支の試算等を行い、営農・土地利用計画の策定に反映させた。

ア　営農検討組織の設立・運営

地域の営農の方向及び事業後の農業経営の内容を十分に検討し、受益農家の意向を踏まえた営農計画となるよう、営農検討組織は事業主体、県、市町村、農業協同組合、土地改良区、受益農家代表で構成した。

営農検討組織の会合は計５回開催し、まず、地域農業の現状についての認識共有から始め、土地利用の計画、作物別の作付方式の整理、農産物の流通体系の把握、営農類型の設定と農業所得の推計、今後の地域農業の特徴ある展開の方向を検討し、結果を営農計画書として取りまとめた。

イ　営農類型の整理と経営収支の試算

地域の農業経営の近代化と安定を実現する基本的な営農類型の整理を行い、また、事業後の償還の妥当性を十分検討するため、類型ごとに経営収支を試算した。

営農類型の設定に当たっては、高度な基盤整備水準のほ場を有する本地区の特性に合わせ、県で策定されたビジョンに掲げる「ビジネス経営体」の育成方針や、各市町村の農業経営基盤の強化の促進に関する基本構想で掲げる「効率的かつ安定的な農業経営の推進」をもとに整理した。

ウ　地域農業の動向

地域農業の状況については、調査計画段階において設置した営農検討組織が、地域一体となって営農計画書を取りまとめたことなどから、地域の営農意識が高まり、経営体の育成及び経営規模の拡大が進んでいる。温暖な気候と、自由度が高くなった用水利用による畑作物や施設園芸の導入が盛んで、農道整備により良好となった運搬条件を生かして、県内のみならず東京、名古屋などの市場に多く流通しており、水稲＋野菜の複合経営が確立されている。

また、事業を契機に地域農業の柱となる農業生産法人が、高齢化や混住化が進む地域の水田集積や大型機械導入による水稲作業受託の拡大を進めるとともに、小麦・大豆などの転作作物の作付拡大や農地の高度利用（水田裏作）としての秋冬作レタス栽培、食味値*80 以上の一等米の出荷等、収益性の高い経営の実践がみられる（**写真-5.1**）。



写真-5.1　レタスの定植状況

さらに、営農意識の高まりが要因の一つとなり、事業の着実な進展に合わせて育成された経営体の中には、地域の子供たちに、田植、さつまいも掘り、落花生の植付けと収穫、収穫した作物でのお菓子作りなどを体験させ、農業や食への関心を高める食農教育の場を提供している事例もある（**写真-5.2**）。



写真-5.2　食農教育の状況（さつまいも掘り）

＊　食味値

「アミロース」「タンパク質」「水分」「脂肪酸度（玄米）」の４成分を測定し、『おいしさ』を点数で表したもの。100 点満点で表し数値が高いほどおいしい米になる。

（農林水産省農村振興局農村政策部農村環境課調べ(2011)）

参考文献

■　構造改善局計画部長通知（平成６年11月16日6-10）：受益農家の意向を踏まえた営農計画の策定について

６．用水量調査

（基準　2.3.4、3.3.3 関連）

水田かんがいのための計画用水量の算定に必要となる水量には、代かき用水量、期別蒸発散浸透量（減水深）、栽培管理用水量、さらには、送水損失水量、配水管理用水量及び施設機能維持用水量からなる施設管理用水量等がある。

本章においては、現況用水量の把握及び計画用水量の算定の基礎となるこれらの水量を把握するための基本的な調査方法と留意事項等について解説する。

6.1　一筆ほ場での用水量調査

6.1.1　調査の概要

ほ場単位用水量を把握するための調査の概要と一般的留意事項は以下のとおりである。

①　代かき用水量及び普通期ほ場単位用水量の調査は、実測により行う。ほ場における観測は、一筆ごとの減水深により湛水期間中毎日行うことを原則とするが、各生育ステージ別の集中観測で代替してもよい。

実測調査は、原則として２か年以上実施する。単年調査では、対象水田の蒸発散浸透量（減水深）を代表する（平均する）値が得られているかどうかの評価が困難であるため、できるだけ同一ほ場で複数年にわたり調査を行うことが望ましい。特に、代表地点については可能な限り継続し、観測値の十分な蓄積を行う。同一ほ場での継続的な観測ができない田畑輪換を行う水田においては、ほ場の大きさ、周辺環境、土壌物理性、作付作物や栽培管理などの営農状況等、条件ができるだけ類似しているほ場を選定して調査を行うことが望ましい。

②　調査箇所は、想定される減水深タイプごとに最低２点以上は必要であり、調査密度を３～５点/100ha 程度（例えば、一つの減水深タイプの面積が 100ha 以内である場合は 20～30ha 当たり１点、100～300ha の場合では 50ha 当たり１点、300ha 以上の場合では 100ha 当たり１点の割合）として、減水深タイプ数及び面積規模に応じて十分な調査精度が得られるよう設定する。なお、畑利用から再度水田利用へ転換した水田、すなわち還元田の調査箇所は普通田との比較対照が可能となるよう設定する。

③　ほ場での通常の単位用水量のほか、必要に応じて深水かんがい用水等栽培管理用水の単位用水量の調査を行う。

④　代かき用水量調査地点及び普通期ほ場単位用水量調査の代表地点で、土壌断面及び土壌物理性の調査を行う。

⑤　観測値の取りまとめは、代かき期及び普通期における生育ステージに関連させて整理するとともに、地形、地質、土壌、地下水位等からみて同一のほ場単位用水量パターンとする区域を表すほ場単位用水量区分図を作成する。

⑥　事業の実施により減水深等の変化が予測される地区にあっては、地区内の暗渠排水施工田あるいは周辺の乾田化された水田で減水深を測定する等により、計画減水深等の推定を行う。

⑦　還元田の代かき用水量及び減水深は大きい傾向にあるが、地下水位の高いほ場では連作田との差が小さい、あるいは鎮圧を実施したほ場では連作田より小さい等の場合もあるため、用水量の

割増率を実測データをもって検討する必要がある。なお、水田を畑利用する場合のほ場単位用水量は、畑地かんがいの諸元調査によることとなり、その方法は計画基準「農業用水（畑）」に準じる。その際、水田と隣接する畑利用のほ場を調査する場合は、水田からの横浸透（畦畔浸透）の影響に留意する。

⑧　調査地点における実測値は抽出標本というべき値であるので、計画値は取水実績、広域的水収支結果、先行事例、その他の調査項目の成果等を含めて、総合的に検討することが必要である。

⑨　ほ場単位用水量調査は、計画地区内の水田で行うものとするが、調査対象水田がない場合（乾田化、客土、田畑輪換等を計画する場合）には、代表的な調査地（又はほ場）を設定する。

⑩　調査期間は、水稲の作期、土地利用（裏作、輪作体系等）を十分に把握して判断する。

⑪　測定結果については、気象（雨量、蒸発量）及び農作業（中干し、落水等の水管理、機械体系）等の記録と照合させて整理する必要がある。

⑫　かん水技術や水管理方法の変化に伴い、ほ場単位用水量の把握に当たっては、減水深測定に加え、ブロック水収支調査、一筆取水量測定等による実測データの収集が重要となっている。このため、流量規模、水路条件及び測定目的に応じて、計量堰、パーシャルフリューム、流量計、転倒枡、オリフィス等を適切に選定し、流入量及び流出量の把握に努めることが望ましい。

6.1.2　初期ほ場単位用水量調査（代かき用水量調査）

初期ほ場単位用水量は、短期間のうちに多量に必要な場合がある（代かき時等）ことから、水源計画や用水路の断面の決定など用水量計画上重要な役割を持っている。

その調査は、地形、土壌、土地利用、代かき方法などが周辺地域を代表している水田を選び、流入量と所要時間を実測して求める。地形、流入等の諸条件を考慮し、流量の測定は水口にパーシャルフリューム、三角堰等を設置して行うが、流入量が時間的に大きく変化する場合には自記水位計を設置するか、流量測定を数回繰り返すことによって精度を高める。この実測結果を計画に結び付けるためには、単なる流量の測定だけでなく、次の条件を同時に調査する必要がある。

①　代かき前 10 日間程度の降雨を記録する。

②　代かき前の作土及び心土の三相分布を測るために、５～10cm、20～25cm、35～40cm の３層程度を一筆内で３か所程度以上採土測定し、土壌水分条件を明らかにする。

③　代かき後、田面上の平均湛水深を測定する。この測定法としては、一筆内の５～６か所についてその付近の田面を手で均して、計測した湛水深を平均する。

④　全代かき用水量から平均湛水深を用いて算定した水量を引いた値が、その水田の用水消費の特徴を示す水量になる。

①②で測定・記録した結果は、代かき用水量のうち、降下浸透量・横浸透（畦畔浸透）量及び作土層置換容気量・心土層置換容気量に反映する。

なお、大区画ほ場において複数の水口が設置されている場合、全ての水口で測定することとすると管理面及び費用面の負担が大きくなることから、地元調整を行った上で調査箇所を絞る方法もある。この場合において調査箇所以外の水口より用水を利用する場合は、水口の開度を調査箇所と同じにして、かんがい時間から用水量を把握する方法がある。

6.1.3 普通期ほ場単位用水量調査（蒸発散浸透量（減水深）調査）

(1)調査の手順

普通期ほ場単位用水量調査は、地形、土壌、地下水位、水管理の実態等の資料を収集整理して、代かき期間の段階で着手することが望ましい。

蒸発散浸透量（減水深）の測定方法には、一筆水田の平均蒸発散浸透量（減水深）を測定する「一筆減水深測定法」と「N型減水深測定法」があるが、各々に一長一短があるので、両者の併用が望ましい。

なお、N型減水深測定法の特徴は以下のとおりである。

① 日蒸発散浸透量（減水深）が 15㎜/d 程度以下の水田では、一般に場所による浸透量のムラも少ないので１～３個設置して、その平均値を取れば一筆全体の蒸発散浸透量（減水深）が求められる。これは横浸透（畦畔浸透）量を含まないので、浸透量の少ない水田では一筆蒸発散浸透量（減水深）との差から間接的に横浸透（畦畔浸透）量を求めることができる（機器については 6.1.4(6)エを参照）。

一筆蒸発散浸透量（減水深）＝N型減水深＋横浸透（畦畔浸透）量

N型減水深＝降下浸透量＋蒸発散量

② 蒸発散浸透量（減水深）の測定困難な掛け流し水田でも使用できる。

このほか、パーシャルフリューム、三角堰、水道メーター、電磁流量計等を用いて流入量、流出量及び湛水深の変化を測り、これを体積換算し、面積で除して蒸発散浸透量（減水深）で表す方法がある。

(2)測定方法

ア 調査地、測定位置等

調査地については､以下のような水田を選定し､水田内測定位置は畦畔から 1.0m 以上離れ、風の吹き寄せ等のないところを選ぶ。ただし、測定の容易性から畦畔近傍に測定位置を設定する場合には、降下浸透量の影響範囲を考慮することが重要である。

① 周囲の水田との位置、高低差、１耕区の面積、耕区と排水路の配置関係から付近一帯の水田状態を代表し得る。

② 畦畔が完全で亀裂による漏水がない。

③ 独立した水管理が可能である。

④ 正確な計測者が得られる（数か所を専従者によって行うのも精度向上の一方策である）。

また、大区画水田においては対角線上に少なくとも水口側と落水口側に１か所ずつ設ける。

自記記録計による測定が無理な場合は毎日１回、24 時間ごとに観測する。ただし、中干し直後など、蒸発散浸透量（減水深）が大きく湛水が 24 時間持続しないような場合には、日中の短時間の測定値から換算する。この場合には、蒸発散量の時間的変化も考慮する。なお、測定時間は、一般には午前９時（気象資料との関連で整理（近年の気象データは蒸発量を除き０～24 時で整理））がよい。

かんがい期間中の減水深の期別変化を把握する上では、活着期、中干し前、中干し後及び出穂期以降の４期程度について確実な実測値が得られればおおむね十分である。このため、労力等の制約により毎日の測定が困難な場合には、水稲の生育期別(活着、分げつ、穂ばらみ、

出穂、開花)及び中干し前後に各々５～10 日程度の集中観測を行うことが望ましい。特に、信頼性が十分に確保できない毎日の観測を継続するよりも、これらの時期について確実な集中観測を行うことが重要である。集中観測を行う場合には、降雨直後や降雨中、取水・落水中を避けて測定を行う。

調査に当たっては、土性、土壌タイプ（施肥改善事業の土壌調査による分類等）と地下水位の高低から地域内を減水深タイプ別に区分した上で、測点数を検討し決定する。減水深タイプを土壌と地下水位から区分する方法は、浸透量が土壌の透水性と水理的条件によって決まるという考え方に基づいている。測点数は、最小限度とするが、特に地形が複雑な団地では多数を必要とする。

イ　水位の測定方法

毎日の水位測定には、自記水位計法、モノサシ法、フックゲージ法等各種あるが、調査ほ場の水管理が十分規制できず、かんがい期間を通じて多数の測定値を得たい場合は、自記水位計による測定が望ましい。水位の時間変化がわかるので、１日の中でも正常に減水していると思われる数時間の値から 24 時間減水深を推定することも可能である。なお、自記水位計で測定する場合は作動状況を定期的に確認することが望ましい。また、観測値の信頼度を高めるため、モノサシ法、フックゲージ法等による手測を併用して行うことが望ましい。

ウ　観測期間中の見回り

観測値の精度向上のため、観測期間中は見回りを行い、測定環境を維持する。調査ほ場では次のような水管理、畦畔管理が必要である。

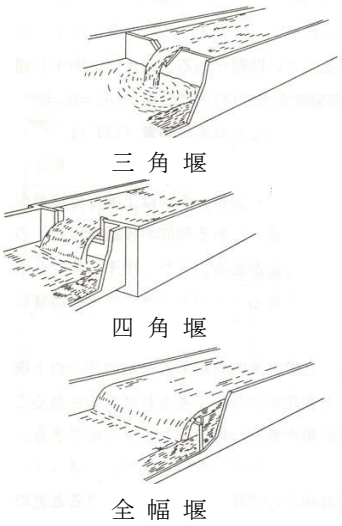
① 水口・落水口の開閉操作を正確に行い、特に測定中の漏水や排水障害に注意する。
② 周囲の畦畔を随時見回り、モグラ穴など極端な漏水を防止する。
③ 隣接ほ場及び排水路からの越水や漏水に注意する。
④ 測定者が歩く畦畔は、あらかじめ強固なものにしておく。
⑤ 調査ほ場の水管理は周辺水田とほぼ同様に行い、かん水は水位測定時に合わせ短時間で済ませる。

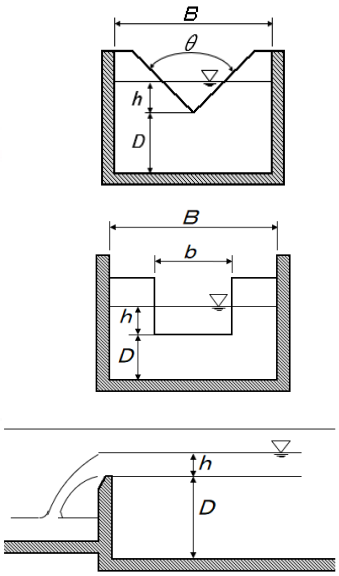
6.1.4　ほ場単位用水量調査に用いる機材と留意事項

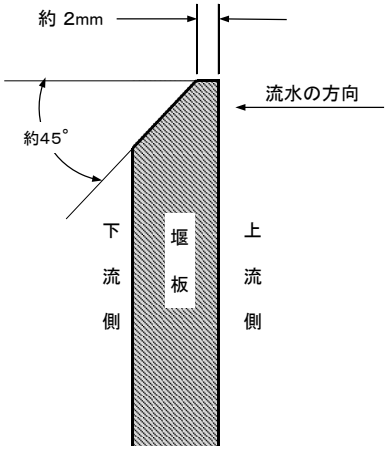
本項においては、ほ場単位用水量調査の際に使用する調査機材の取扱い等を中心に、各種調査に際して留意すべき事項等について解説する。

(1)計量堰

堰の形状には**図-6.1** に示すように、三角堰（**写真-6.1**）、四角堰、全幅堰等があり、いずれも越流する水が接触する縁は刃型にとがらせる。使用範囲は**表-6. 1** のとおりである。各々の堰に適用可能な実験公式などを使って流量を測定する。実施に当たっては、JIS 規格（JIS B 8302）が参考となる。







堰の上縁部における堰板の断面図

B：水路幅(m)、 b：切欠き幅(m)、 h：越流水深(m)、 D：水路底面から堰縁までの高さ(m)
θ：角度(°)

図-6.1　刃型堰の種類と堰の上縁部

表-6.1　刃型堰の使用範囲

堰の形式	幅(m) (**図-6.1** の $B(b)$)	越流水深(m) (**図-6.1** の h)	水量範囲 (m^3/min)
三角(60°)	0.45	0.040～0.120	0.018～ 0.26
〃 (90°)	0.60	0.070～0.200	0.11 ～ 1.5
〃 (90°)	0.80	0.070～0.260	0.11 ～ 2.9
四角	0.9(0.36)	0.030～0.270	0.21 ～ 5.5
〃	1.2(0.48)	0.030～0.312	0.28 ～ 9.0
全幅	0.6	0.030～0.150	0.36 ～ 4.0
〃	0.9	0.030～0.225	0.54 ～11.4
〃	1.2	0.030～0.300	0.72 ～24
〃	1.5	0.030～0.375	0.90 ～42
〃	2.0	0.030～0.500	1.2 ～86



写真-6.1　三角堰

〔設置時の留意事項〕

① 測定対象の水量に合わせ、堰の形式・規模を選択する必要がある。

② 計測する越流部が整流となるよう設置する。

③ 設置の際にはしっかり水平を保ち、不同沈下しないよう工夫する。また、越流部以外からの漏水を生じないように工夫する。

〔測定時の留意事項〕

① 自記水位計を用いる場合は、記録紙の縮尺や、記録計のワイヤースリップ、機器内の湿度上昇や雨水浸入による記録紙のひずみ、記録の不具合に注意する。

② 圧力式水位計を使用する場合には、センサー位置の固定化、センサー周辺の堆砂等に留意する。

③ データ回収時には、計測されたデータの検証のため、当該日時と実測水深や天候等を記録しておく。これは水位計のゼロ設定の経時的な誤差の確認、インクにじみ時のデータ読み取りの手がかり、機器の不具合時対応のために行う。

④ 土砂の堆積に注意し、こまめに清掃する。

(2)パーシャルフリューム

パーシャルフリュームは、水路の途中に絞り部を設けて限界流を発生させ、計測した水深から流量を求めるもので、計量堰ほど落差が必要ないため緩勾配水路でも使用できる利点がある。

形状を**図-6.2** 及び**写真-6.2、6.3** に、規格寸法を**表-6.2** に示す。実施に当たっては、JIS 規格（JIS B 7553）が参考となる。

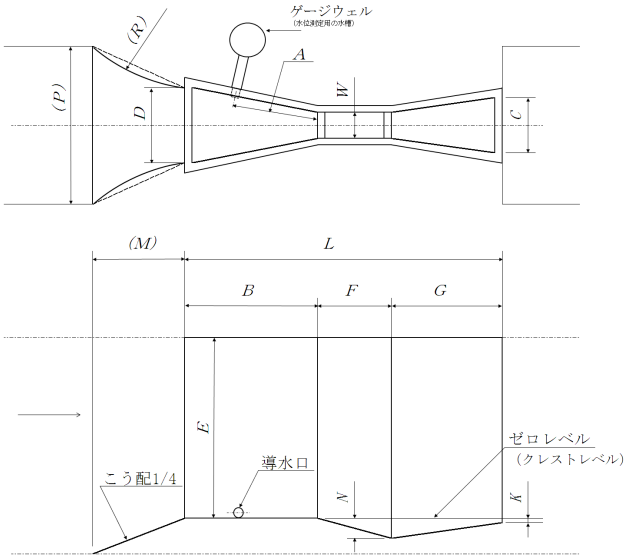


図-6.2　パーシャルフリュームの形状



写真-6.2　水口側設置例



写真-6.3　落水口側設置例

表-6.2　パーシャルフリュームの寸法

単位　mm

呼び	*W*	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*K*	*L*	*N*	参考（最小値）		
												(M)	*(P)*	*(R)*
PF-03	76.2	311	457	178	259	610	152	305	25	914	57	305	768	406
PF-06	152.4	414	610	394	397	610	305	610	76	1,525	114	305	902	406
PF-09	228.6	587	864	381	575	762	305	457	76	1,626	114	305	1,080	406
PF-10	304.8	914	1,343	610	845	914	610	914	76	2,867	229	381	1,492	508
PF-15	457.2	965	1,419	762	1,026	914	610	914	76	2,943	229	381	1,676	508
PF-20	609.6	1,016	1,495	914	1,207	914	610	914	76	3,019	229	381	1,854	508
PF-30	914.4	1,118	1,645	1,219	1,572	914	610	914	76	3,169	229	381	2,223	508
PF-40	1,219.2	1,219	1,794	1,524	1,937	914	610	914	76	3,318	229	457	2,711	610
PF-50	1,524.0	1,321	1,943	1,829	2,302	914	610	914	76	3,467	229	457	3,080	610
PF-60	1,828.8	1,422	2,092	2,134	2,667	914	610	914	76	3,616	229	457	3,442	610
PF-70	2,133.6	1,524	2,242	2,438	3,032	914	610	914	76	3,766	229	457	3,810	610
PF-80	2,438.4	1,626	2,391	2,743	3,397	914	610	914	76	3,915	229	457	4,172	610

備考　*M*、*P*及び*R*は水路の寸法であり、参考として示す。流量を正確に測定するためには、これらの寸法はフリューム本体の寸法同様に重要であり、この値にしたがって施工することが望ましい。
流量範囲は３m^3/h～14,221m^3/h。

〔設置時の留意事項〕

①　パーシャルフリュームを自ら製作する場合には、各部寸法の誤りがないように留意するとともに、使用前には試験通水等により流量換算式を検証することが望ましい。

②　設置に際し、波立ち等により正確な測定が阻害されないよう静水池を広くとる必要がある。

③ 設置の際には水平を保ち、底面に木杭を打つ等して不同沈下が生じないように工夫する。また、パーシャルフリュームと水路との接続部分から、漏水を生じないように工夫する（**写真-6.2、6.3**）。

④ パーシャルフリューム内にもぐり流又は逆流が生じないように設置、施工する。

〔測定時の留意事項〕

① フロート式自記水位計と一体で使用する場合には、以下の点に留意する。

- 記録計の速度（計測インターバル）設定に応じた記録用紙の縮尺の確認
- ペンの重心調整
- 記録計のワイヤースリップ等に故障がないかの点検
- 記録計器内の湿度上昇や雨水浸入による記録紙のひずみ及び記録の不具合等

② 圧力式水位計を使用する場合には、センサー位置の固定化、センサー周辺の堆砂等に留意する。

③ データ回収時には、計測された水位データの検証のため、当該日時と実測水位や天候等を記録しておく。

④ パーシャルフリューム内や導水口、ゲージウェルへの土砂の堆積や刈草の詰まりに注意し、時々点検・清掃する。

(3)流量計

流量計には、高精度の電磁式、流体と非接触で測定可能な超音波式、比較的小型で軽量な羽根車式及び構造が簡単で故障しにくい差圧式等があり、それぞれの特徴を考慮して現地に適したタイプの流量計を選定する（**図-6.3**）。

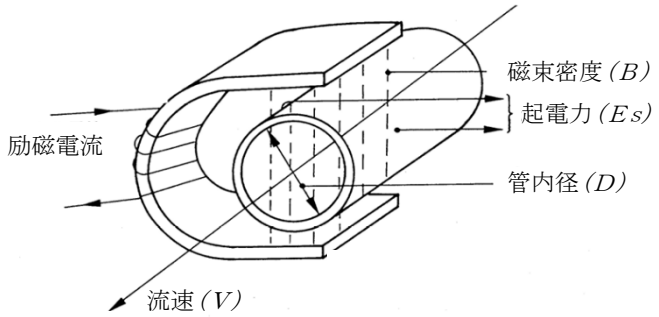
電磁式流量計は、パイプと直交する方向に磁場（磁束密度 *(B)*）を発生させた状態で、管径 *(D)* のパイプ内に導電性流体を平均流速 *(V)* で流すと、磁場と流れの双方に直角な方向に起電力 *(Es)* が生じる。この起電力が流速に比例する関係を利用し、流量を算出するものである[1)]。

超音波式流量計は、液体中を伝搬する超音波の伝搬速度が、液体の流速によって偏位する原理を利用して流速を求め、流水断面積を乗じて流量を算出するものである[1)]。

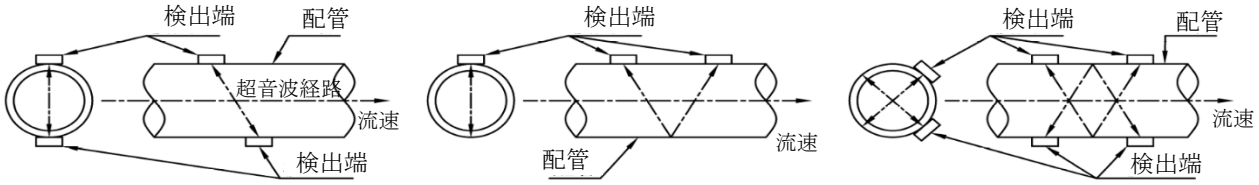
羽根車式流量計は、流量計内部に組み込まれた羽根車が流速によって回転数を変化させることを利用し、その回転数から流速を求め、流量を算出するものである。

差圧式流量計は、管路の途中に設けた絞り部の前後に生じる圧力差（差圧）を測定し、流量を算出するものである。

［電磁式］

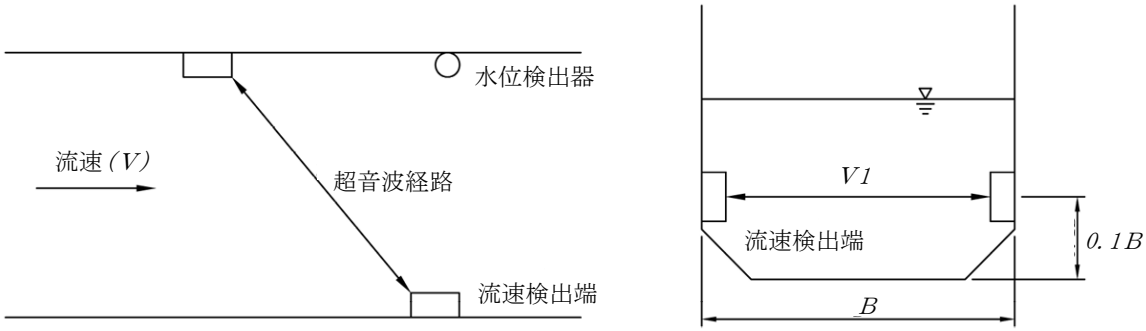


［超音波式（管路用）］



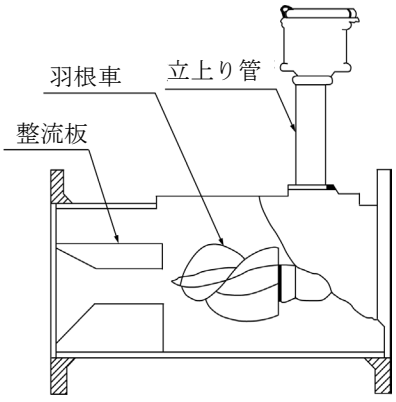
Z法（透過法）　V法（反射法）　X法（交差法）

［超音波式（開渠用）］

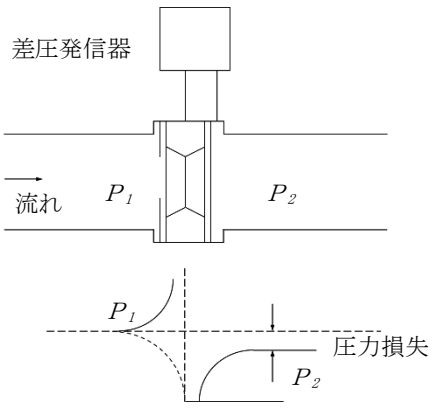


（平面図）　（横断面図）

［羽根車式］



［差圧式］



P_1：上流側圧力　P_2：下流側圧力

図-6.3　各種流量計の仕組み

〔設置時の留意事項〕

① データロガーやバッテリー部分については湿気、降雨や風雪等から保護する必要がある（**写真-6.4**）。

② 草刈り等の営農作業により、ケーブル等を損傷するおそれがあるため、保護管を用いるほか、設置機器の位置が明確になるように測量ポールや旗竿等による目印を設ける。

③ 流量計の種類によっても異なるが、一般に計測部分は、満流であることや上下流に必要直管長を設けることが設置条件となる場合が多い[1)]。

④ ごみ、流木、水草等の浮遊物及び魚類等の生物が流入し計測に支障を来たす可能性がある場合は、除去装置の設置等の対策を行う。

〔測定時の留意事項〕

① 電池切れや落雷、動作不良に備えるため、データ回収の間隔は安易に長期間にはしないことが望ましい。特に、当該箇所で初めて調査する場合には、設置後、数日で初回のデータ回収・確認を行うことで、現地条件に起因する予想困難な欠測トラブルの防止につながる。

② データ回収時には、計測されたデータの検証のため、当該日時と実測流量（排出口にバケツ等を設置し実測）や天候等を記録しておくことが重要である。



写真-6.4 電磁式積算流量計設置例

③ 冬期は、計器内の水が凍結して計器を破損することがないよう必要な防寒処理を行う。

(4)転倒枡

転倒枡は、暗渠排水量や雨量等微少流量の計測に用いられる。**図-6.4** のように、支点の両側に容積一定の三角枡があり、シーソーのように動く。支点真上の流入口から落ちてくる水で上に上がった枡が満杯になると下がり、反対側の枡が上に上がる。枡が下がったとき枡内の水が全量排出されるようにしておけば、枡の容積に転倒数を掛けて流出量が分かる（**写真-6.5、6.6**）。

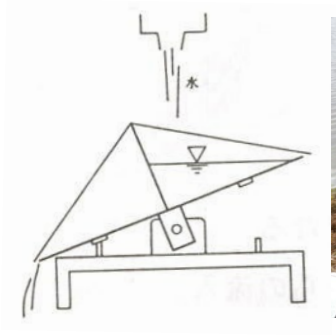


図-6.4 転倒枡の原理



写真-6.5 転倒枡型雨量計



写真-6.6 転倒枡型雨量計設置例

(5)オリフィス

簡易に概略の流量を知りたい場合にはオリフィス（絞り通水口）が便利である。水の流れを板で堰止め、板に小さな通水口を開けておくと、板の両側に水位差が生じる。その水位差を測定すれば、**図-6.5** に示すように流速 v が分かり、通水口の断面積を掛ければ流量が得られる。オリフィスは形状が極めて簡単で測定に必要な落差も少なくて済む。

この方法を用いれば、**図-6.6** のようにして、排水路水位が暗渠吐出口より高い場合の暗渠排水量を実測することもできる。

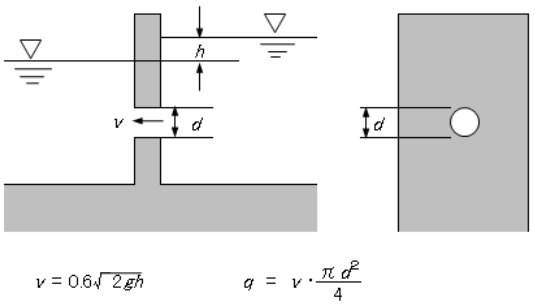


図-6.6　オリフィスによる暗渠排水量の測定

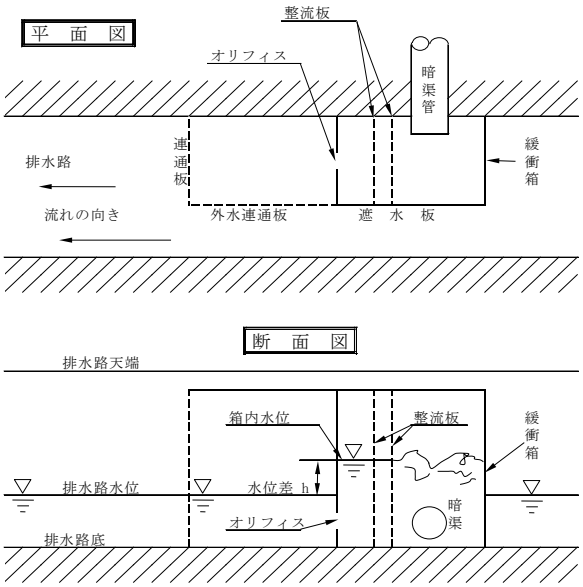


図-6.5　オリフィスによる流量測定の原理

(6)水位測定器

蒸発散浸透量（減水深）等の測定に用いられる水位測定器について以下に解説する。

ア　モノサシ

図-6.7 のように、測定位置に、横向きに釘を打ちつけた適度の長さの木杭を、その釘が水田の土壌面と水平になるように垂直に立てる。木杭に打った釘を基準の標高ラインとし、これにモノサシを当てて湛水位を測定する。このほか、あらかじめ木杭にモノサシを張り付けておき、その目盛りを読み取る方法もある。設置期間は田植直後から落水までとし、目印を立てておくとよい。また、モノサシによる計測データは、自記水位計での計測データのチェックにも役立つ。

〔設置時の留意事項〕

① 水口や落水口、田面の凹凸部を避け、畦畔より 0.5m 以上離れた位置に設置する（**写真-6.7**）。

〔測定時の留意事項〕

① モノサシは 30cm 程度の竹製がよく、その片側に黒板塗料を塗り、乾いた表面に白墨の粉をすりつけて使用済みの黒板面のような状態にする。水位を測るには、モノサシを垂直に保ちつつ釘に触れ

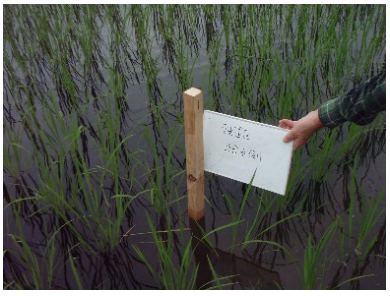
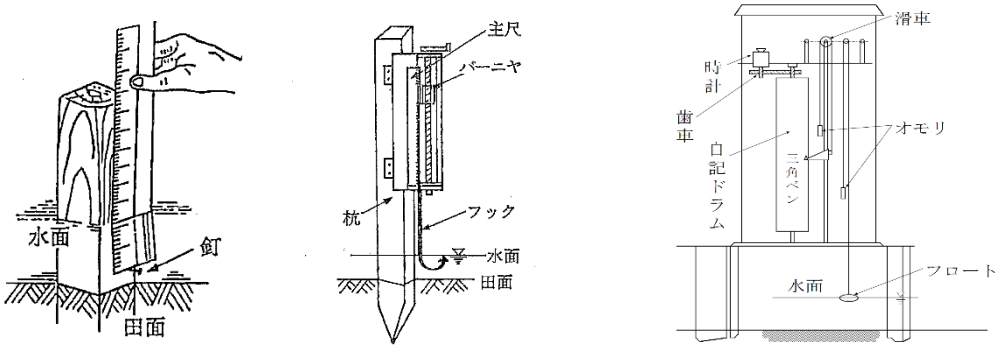


写真-6.7　モノサシ法に用いる木杭設置例

るまで水中に下ろす。水から上げたモノサシの表面には、しばらくの間、水あとがついていることから立った姿勢で正しく読むことができる。

② 風による水面の波立ちが大きい時は、水位を正確に読み取ることが難しい。



モノサシ　　フックゲージ　　自記水位計

図-6.7 水位測定器（モノサシ、フックゲージ、自記水位計）

イ フックゲージ

1㎜以内の測定精度を必要とするとき役立つ（**図-6.7**）。

ウ 自記水位計

毎日の観測が困難な場合は自記水位計を用いると便利である（**図-6.7、写真-6.8、6.9**）。

〔設置時の留意事項〕

① 水口や落水口、田面の凹凸部を避け、畦畔より0.5m以上離れた位置に設置する。

② 圧力式の場合は、低水位時にもセンサーが水中に没するよう設置高さに留意し、必要に応じて掘り下げや保護管の設置を行う。フロート式の場合は、水深ゼロ（田面）付近でもフロートが土に着かないよう、フロート直下部の田面を10cm程度掘り込む。

③ 圧力式水位計を保護管内に設置する場合は、降雨の侵入に留意する。一方で、保護管内を密閉すると内部の温度変化に伴う圧力変動により測定誤差が生じることがあるため、通気性を確保しつつ降雨の侵入を防ぐ構造とすることが望ましい。

④ 調査器具設置時及びその後の調査期間中、器具が水平に保たれているか確認する。なお、修正設置した場合には、標高の確認が必要である。

⑤ 強風によって計器が動かないように設置する。

⑥ 湛水位と地下水位、排水路、周辺ほ場との関係等、様々な視点から解析する場合に、仮基準点を設けた上で水準測量を実施し、田面や湛水面も標高換算できるようにしておくことが望ましい。



写真-6.8　自記水位計（圧力式水位計）本体



写真-6.9　自記水位計設置例

〔測定時の留意事項〕

① 圧力式水位計を使用する場合には、センサー位置の固定化、センサー周辺の堆砂等に留意する。記録間隔（測定インターバル）の設定状況を確認するとともに、データロガーの記録状態、電源（電池）の残量、配線・接続部の異常の有無を定期的に確認する。また、センサーのゼロ点のずれや異常値の発生がないか、取得データの点検を行う。

② 用紙に記録するタイプの場合、記録計の速度（計測インターバル）設定の確認、ペンの重心調整（ペン先が浮いて紙の上を走らない場合がある）、フロートの調整（可動部へごみが詰まる場合がある）に留意するとともに、雨水等の浸入（用紙の過湿によりインクがにじむ場合がある）、電池の残量、泥や水による計器の故障等がないか、用紙交換時等に確認する。また、用紙の交換時等の際、手測で値のチェックを行う。

③ データ回収時には、計測されたデータの検証のため、当該日時と湛水深の実測値や天候等を記録しておくことが重要である。

④ 夏期にはほ場内の水温が高温となる場合があるため、温度の影響による計測誤差に注意する。

⑤ 設置ほ場の耕作者には、入水、落水（暗渠含む）した日時を記録してもらうことが有効である。

エ　Ｎ型減水深測定器

蒸発散浸透量（減水深）測定方法には、一筆全体の蒸発散浸透量（減水深）を測定する方法と、水田内に枠を打ち込み、その中の蒸発散浸透量（減水深）を測定する方法がある。前者では、（蒸発散量＋降下浸透量＋横浸透（畦畔浸透）量）の合計が測定可能であるが、現実には水管理は不規則であり、畦畔管理、水口、落水口の操作記録も不正確となりやすいことから、実測された値は信頼し得ない場合がある。後者では、打ち込みによる土壌構造や耕盤の破壊、枠壁に沿う側壁浸透誤差、枠内外に生ずる水位差による潜流誤差が生じることがある。これらの誤差をなくすために考案されたのが、Ｎ型減水深測定器である（**図-6.8**、**写真-6.10**、**表-6.3**）。

本器は鉄板枠からなり、この枠は田面に浅く（約５cm）差し込めばよく、打ち込み誤差を抑えることができ、また、枠側壁に氷のうを取り付けて枠内外の水位差を解消することにより、潜流誤差が発生せず正しい値が測定できる。

測定数は水田の状態によって異なるが、減水深が 15mm/d 程度以下の湿田地帯や耕盤の発達した熟田等では、設置場所による浸透量の差も少ない。このような水田では３個程度設置すればほぼ平均した値が得られる。また、15mm/d 程度以上の水田（砂土～砂壌土除く）では浸

透量のばらつきも大きいので、ばらつきの程度によって測定個数を増す。

具体的な測定方法としては、枠を設置した後に氷のうを取り付け、氷のうがその機能を果たす湛水深で測定を実施する。普通３～４cm の深さが望ましい。枠外の蒸発散浸透量（減水深）が枠内より大きい場合には氷のうが動く部分を掘り下げておくと、湛水深が浅い場合でも氷のうが作用する。氷のうは内外水位差を一定にするのが目的であるから、枠外の減水深が枠内より小さい場合には、氷のうの中に水がいっぱいに入った状態から測り始め、逆に枠外が枠内の減水深より大きい場合（一般には枠外の方が大きい）には、逆に氷のうを空の状態にして測り始める。氷のうの調節能力には限りがあるため、枠内外の減水深に大差がある場合には 24 時間観測でなく短時間観測となる。氷のうは先端を持ち上げ、氷のう中の水を完全に枠内に戻して測定する。測定終了後は氷のうを元の状態に戻す。

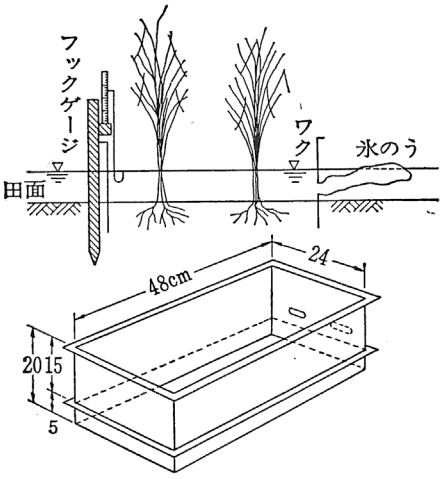


図-6.8 N型減水深測定器 [2)]

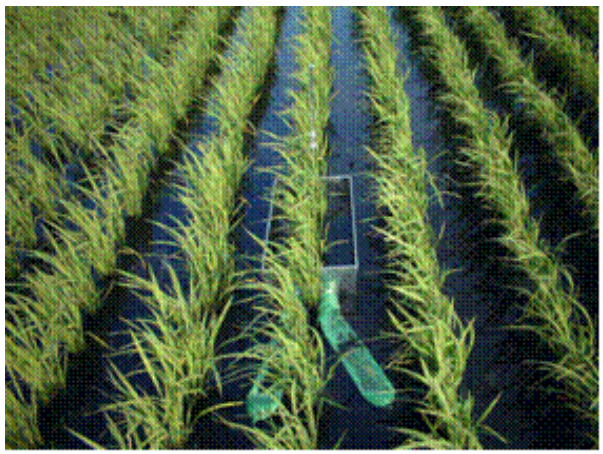


写真-6.10 N型減水深測定器設置例

表-6.3 N型減水深測定器の適用範囲 [3)]

減水深 / 目的	100mm/d 以上	50mm/d 程度	20mm/d 以下
ある場所の減水深	解析に注意 短時間観測（４～８時間）が必要	信頼性高い 24 時間観測がやや困難 １日２回測定が必要	信頼性高い 24 時間観測が可能
一筆減水深	場所によるムラが大きいので、実際利用不可能	５個以上の測定が必要 信頼性あまり高くない	３個程度の測定が必要 信頼性高い

〔設置時の留意事項〕

① 水口や落水口、田面の凹凸部を避け、畦畔より 1.0m 以上離れた位置（５m 程度まで）に設置する。

② 設置の際には均等に力を加えて田面に約５cm 押し込む。設置した枠に沿う水みちができないよう枠の外縁の土を指先でならす（内縁には触れない）。

③ 測定作業のみならず農作業に支障を来たさないよう、N型減水深測定器設置位置には、測量ポールや旗竿を目印として立てる等、分かりやすくしておくことが必要である。

〔測定時の留意事項〕

① 氷のうは日照と水浸の繰り返しに弱いため１週間から 10 日間に１回程度で新品と交換する必要がある。特に氷のう取付け部が破損しやすい。このため、調査に当たっては、あ

らかじめ十分な数を準備しておく必要がある。

② 測定中の降雨、流入流出水量の影響を避けるため、重点的に観測する期間を決めて連続観測を行うとデータの確保が容易となる。

③ 測定は枠の天端から枠内水面までの下がりをモノサシで読み取る。読み取り誤差を少なくするため同一人物が継続して測定することが望ましい。

④ フックゲージを使用すると、より精度の高い測定が可能である。

⑤ 測定者の踏圧により、測定箇所周辺の土壌中の水圧が一時的に変動し、測定値に影響を及ぼす場合がある。このため、測定位置に到達した後は数分間待機し、土壌中の水圧が安定してから測定することが望ましい。

オ 漏水量迅速測定器

漏水量迅速測定器による測定は、一筆減水深調査結果のチェックのために行うのが一般的である。

（ア）フロート式（**図-6.9**）の使用方法

① 湛水下で測定部分に、本体を静かに押し込む（あまり深く押し込む必要はない）。

② 次に木製の板に取り付けられた目盛りを、ピンチコックを開いたまま水に浸して管内に水を充満させ、そのまま水面に浮かべてから、その一端を本体にゴム栓でつなぐ。

③ 水中でピンチコックを閉じれば、水平に横たわった管の中の水は、周囲の水面と同一の水頭の状態を保ちながら本体の中に吸い込まれていく。

④ その速さを１分、５分など時間を決めて測れば、直ちに本体を押し込んだ部分の漏水量が日減水深（㎜/d）で求められる。繰り返し測定もピンチコックの動作一つで極めて簡単にできる。

（イ）マリオット式（**図-6.10**）の使用方法

① マリオット式は目盛り管を垂直に立てたものである。ただし、垂直なため測定部分に余分の水圧がかかったり、水面の低下につれ圧力水頭の変化が起こらないよう、マリオット管の原理を使って漏水面にかかる水圧が自然の水面下にあるときと全く変わらないようにしてある。

② 取付け操作や読み取りも、極力簡単となるよう工夫されているが、フロート式に比べると多少練習が必要である。

③ マリオット式は水面が動揺する場合やフロートを浮かべるほどの水面が確保できないポット試験の場合に適している。

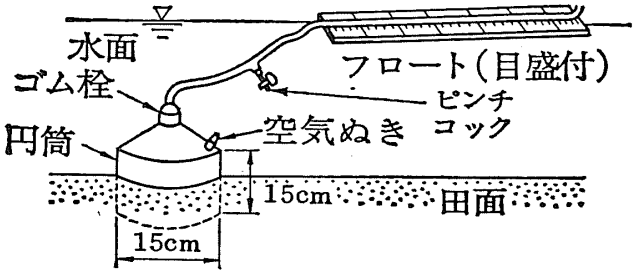


図-6.9 フロート式[3)]

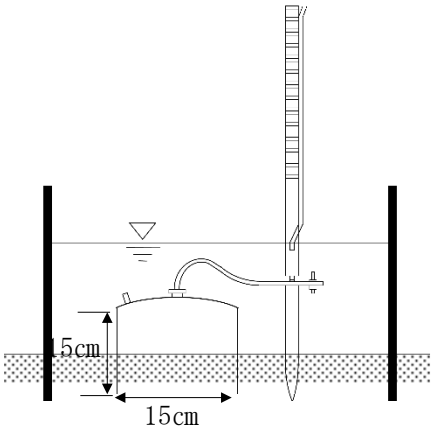


図-6.10 マリオット式

※円筒の直径及び高さは参考値であり、変更可能である。

表-6.4 漏水量迅速測定器の適用範囲[3)4)]

浸透量 / 透水係数	200mm/d 以上	50mm/d 程度	20mm/d 以下
10^{-3}cm/s 以上	使用可能 信頼性高い	使用やや困難 解析に注意	使用不能
10^{-4}cm/s 以下	使用可能 信頼性高い	使用可能 信頼性高い	使用やや困難 解析に注意

〔測定時の留意事項〕

① 本測定器を使用する際には**表-6.4** を考慮する。

② 湛水深が浅いときには、測定器を深く押し込みすぎて土壌を圧縮することがあるので、測定は４cm 以上の水深がある位置で行う。

③ 枠を押し込むときの土壌の攪乱に注意する。特に、粘質水田では影響があるので、押し込み直後の測定は避ける。

④ 泥炭など未分解の繊維を含む土壌では、あらかじめ鋭利なナイフなどを用いて土を切断して枠の押し込みを助ける。

⑤ 測定者の踏圧による土壌への影響を避けるため、測定時は50cm以内には踏み入らない。踏圧による土壌内の水圧の変化は時間を大きく取れば減少するので、影響が大きいと考えられる場合は、測定者が機器の近くに立ってから、ある程度の時間経過後に測定を実施する。また、著しい水圧の変動を受けるような土壌では踏み板などを用いるとよい。

(7)蒸発散量の測定方法

耕地面からの蒸発散量を測定・推定する方法を分類すると次のようになる。

- 蒸発散量の測定方法
  - 直接測定法
    - 秤量法(有底箱、ライシメータ、ポット)
    - 変動法（乱流微変動法、チャンバー法）
    - 水収支法（土層内水分収支、降雨と流出量の収支）
  - 間接測定法
    - 熱収支法（耕地面のエネルギー収支）
    - 傾度法（空気力学的方法）
    - 複合法（熱収支と傾度法の組合せ）
    - 気候学的方法（経験法、実験式）

水田用水量計画には有底箱による直接測定法が従来用いられてきた。有底箱は、現在の計画実務で一般に採用される測定方法ではないものの、水田蒸発散量に関する基準の技術的背景を示す手法の一つであることから、参考として以下に示す。

有底箱で蒸発散量を実測する場合には**図-6.11**のような規模、構造の装置により次の点に留意して測定する。

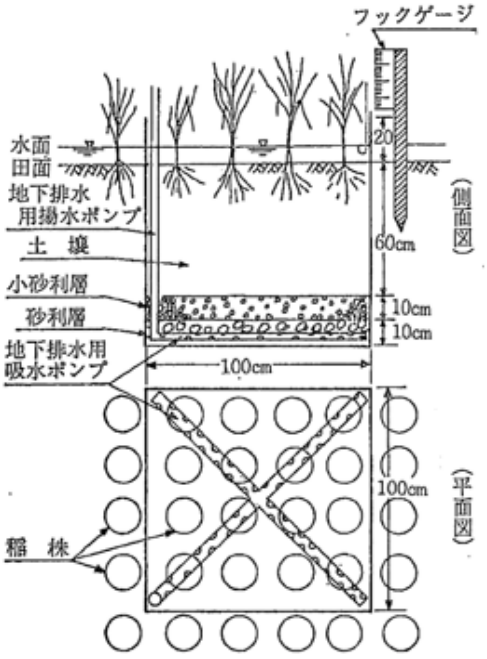


図-6.11　水田蒸発量測定装置[5)]

① 有底箱は漏水のない鉄板製とし、面積は稲20株程度が植えられる１m×１m以上とし、深さは田面下50cm以上、田面上の立ち上がりは壁による微気象変化を防ぐため20cm以内とする。

② 箱の底には、10～20cmの砂利層を設け、そこからパイプを田面上に立ち上がらせる。観測期間中ここから随時ポリホースポンプなどで水を吸い上げ、降下浸透を発生させて土壌中の水の腐敗を防ぎ水稲の健全な生育を図る。

③ 設置は畦畔より１m以上離し、周辺水田と全く同様に稲を植えて微気象条件の変化を防ぐ。

④ 設置初年目は土壌の詰め替えにより周辺水田と生育に差が生じやすいので肥培管理に注意し、数年連続して観測する場合には非かんがい期にも排水を行って過湿になるのを防ぐ。

⑤ 観測期間中の田面湛水位は、周辺水田と差がないように管理し、水位測定に高い精度を必要とする場合はフックゲージを設ける。

⑥ 毎日の水位測定は、降雨量の測定時間と合わせて定時に行うことが望ましい。なお、以上の測定に並行して蒸発計蒸発量も測定すること及び測定値を半旬あるいは旬別平均値として整理することが、観測結果の利用上有用である。

(8)降下浸透量の測定方法

浸透量の定義については、田面から耕盤をとおり浸透する場合を全て降下浸透量、耕盤より浅い部分の畦畔から浸透する場合を横浸透（畦畔浸透）量とする。

以下、このように定義された降下浸透量の浸透機構やその測定方法について述べる。

ア　閉鎖浸透と開放浸透

非かんがい期にも地下水位が高い水田では、湛水時には田面水と地下水とが飽和連続した状態で降下浸透が起こる。このような飽和の場合の浸透を閉鎖浸透と呼ぶ。

これに対し、非かんがい期に地下水位が非常に低い水田等では、湛水時には田面水と地下水の間に不飽和領域が生じ、土壌中の空気が大気と通じ合う状態で浸透が起こる場合がある。このような大気と連続した開放気泡帯が存在し、水が土壌粒子の壁を伝って降下するような状態の浸透を開放浸透と呼ぶ。

開放浸透の水田では、排水路水位や地下水面は、浸透を規制する要因とならず、浸透量の大小を決めるのは土壌の透水性だけとなる。しかし、閉鎖浸透の水田では、排水路水位は土壌中の動水勾配に関係し、浸透量の変化要因となる。また、平時は閉鎖浸透でも排水路水位を極端に低下させると、土壌条件によっては開放浸透に変わり、それ以下に水位を下げても浸透は増加しないといった場合も起こり得る。

両者の浸透が現れやすい水田には、それぞれ次のような場合が多い。

① 閉鎖浸透…地下水位が常時高い湿田や半湿田、区画整理や暗渠整備で乾田化された水田、平坦地の用排兼用地域の水田、かんがいに伴い地下水位が急上昇する台地水田。

② 開放浸透…地下水位が常時低い乾田、地下水位が低い扇状地、心土に粗孔げきの多い水田、耕盤の透水性が心土よりかなり小さい水田、地下水位が田面から１ｍ以下に下がった場合の排水路近傍の水田、頻繁に田面が干されるような水田。

なお、両者の判別には、土中水圧分布の測定が必要であるが、湛水中の水田で深さ１ｍ程度の穴を掘った場合に、全く湧水しないときは、ほぼ開放浸透を起こしていると考えてよい。

イ　降下浸透量の測定方法

（ア）Ｎ型減水深測定器（**「６．用水量調査」**の 6.1.4(6)を参照）

（イ）漏水量迅速測定器（**「６．用水量調査」**の 6.1.4(6)を参照）

（ウ）浸透量測定装置（Ｋ型）

浸透量測定装置（Ｋ型）による降下浸透量の観測値は、排水改良後の用水増加量算定の基礎資料とするもので、装置の構造は**図-6.12** に示すとおりである。１ｍ角の鉄製内枠を周囲を掘削しつつ枠内の土壌構造を破壊することなく打ち込み、さらに外枠を設け両枠の間は空間とする。地下水が高いと両枠の間に水が浸入して地下水面を形成するが、この水位をポンプで常に一定水位に保持させると内枠内の湛水面との間に水位差が生じ降下浸透が促進される。なお、内枠内の田面下 100cm 付近に径 10cm の暗渠２条を掘削する。暗渠については測定区画の中央直下を横断するよう、両枠の間の空間を利用して区画の両側から土を掘り出し、砂利等の疎水材を充填して造成する。これにより、内枠内を排水改良状態とし、地下水位を低下させて乾田状態を形成する。この状態でＮ型減水深測定器を設置し、浸透量を測定する。

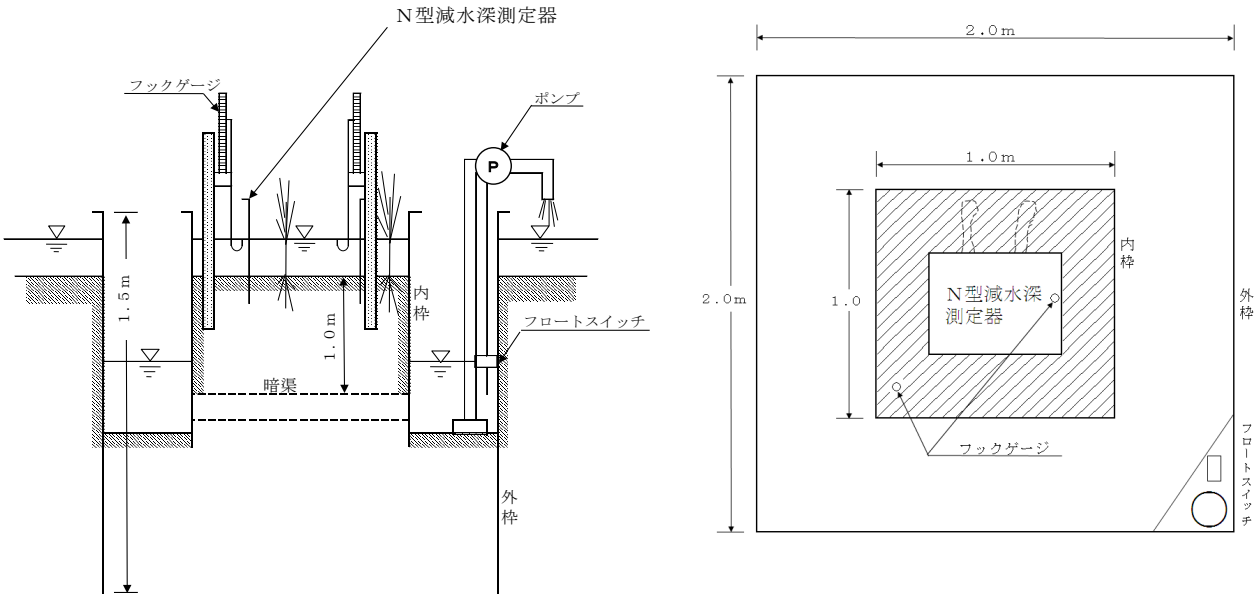


図-6.12　浸透量測定装置（K型）[6)]

(9)横浸透（畦畔浸透）量の測定方法

田面から耕盤より浅い部分の畦畔をとおり、隣接水田や排水路へ浸透する量を横浸透（畦畔浸透）量という。横浸透（畦畔浸透）量は、隣接するほ場の畑利用等により増大することも考えられることから、その取扱いにつき検討が必要となる場合がある。

ア　横浸透（畦畔浸透）量の消費機構と実態

一筆水田を対象に横浸透（畦畔浸透）を見ると、**図-6.13** に示すように畦畔を通じて４つの浸透がある。図中①②は対象水田に浸入する横浸透（畦畔浸透）である。各水田が一様に湛水され、各畦畔の透水性等に大差がなければ、①で浸入した水と同量の水が③から浸出するため、横浸透（畦畔浸透）としての消費水量は、排水路沿いの畦畔（溝畔）からの浸出量と用水路沿いの浸入量との差のみとなる。すなわち、水田群内部の一筆水田の消費水量としての横浸透（畦畔浸透）量は主として④の排水路沿いの横浸透（畦畔浸透）量の大小で決まる。

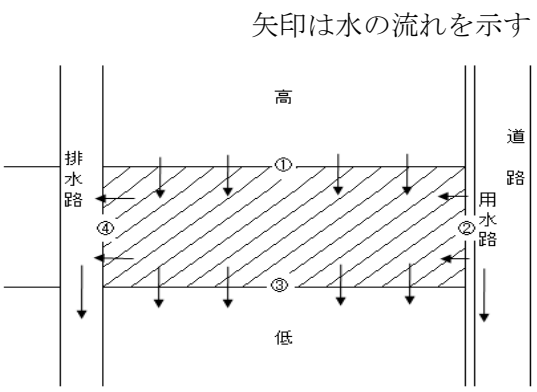


図-6.13　平面的な横浸透（畦畔浸透）のイメージ[7)]

ただし、各ほ区の最上流部や①③の畦畔の間に断面・透水性・田面標高等に差がある場合、あるいは隣接ほ場が畑である場合等では横浸透（畦畔浸透）量が大きな値を示すことがある。

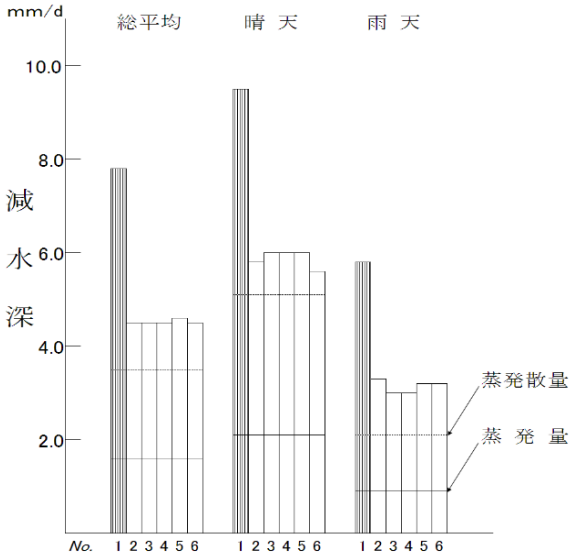
横浸透（畦畔浸透）量に関して検討する際、注目すべき点は、畦畔近くの降下浸透量である。一般には耕盤は畦畔直下や近くではその生成が少なく、水田中央に比較してその透水性が大きいのが普通である。よって耕盤下の透水性が大きい水田では、畦畔から周辺水田へ漏水する横浸透（畦畔浸透）よりも、畦畔近くからの降下浸透量の方が大きいことが多い。

畦畔近くの降下浸透量は、隣接した水田で再び利用される横浸透（畦畔浸透）量とは異な

り、一筆減水深の測定でも純消費水量とされるものである。一筆減水深に対し水田内部に設置した数個のＮ型減水深測定器の測定値と横浸透（畦畔浸透）量の合計を比較した場合、一筆減水深の方が大きくなるのは、横浸透（畦畔浸透）量のみではなく畦畔近くの降下浸透量も相当に含まれるためと考えられる。

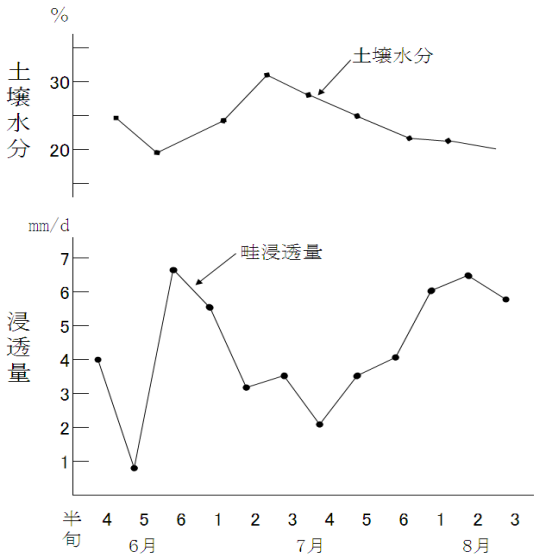
図-6.14 に示す試験結果によれば、畦畔からおおむね 0.3m 程度までの範囲では降下浸透量が大きくなる傾向がある。水田内部の降下浸透量を測定するには、畦畔から 1.0m 以上離れたところに測定器を設置すればよい。

なお、横浸透（畦畔浸透）量の大小は、隣接水田との田面差や水位差等の水理的条件と畦畔自体の透水性によって決まる。畦畔の透水性は土質、断面、畦塗りの程度等によって異なるが、同じ畦畔でもかんがい期間中に大きな変化を示す。畦畔は乾湿が繰り返され中干しや干天が続くと透水性は増し、湛水や降雨で減少する。**図-6.15** は畦畔の土壌水分と浸透量の変化を対比した例であるが、このほか、ザリガニ、モグラ、野ネズミ、蛇などが作る穴が畦畔の漏水に大きな影響を与える。



※１　宮城県農試（1962），５月15日～８月15日の平均値
※２　測定位置　*No.*1…畦より 0～0.24m、
*No.*2…畦より 0.24～0.48m、*No.*6…畦より1.20～1.44m

図-6.14　畦畔からの距離と減水深[7)]



※　宮城県農試（1962）

図-6.15　横浸透（畦畔浸透）量と土壌水分の関係[7)]

イ　横浸透（畦畔浸透）量の測定方法

畦畔の透水性は場所による不均一性が大きい。一筆水田の総横浸透（畦畔浸透）量を測定するためには、一筆減水深、蒸発散量、降下浸透量等から間接的に求める。

間接的測定方法には二つの方法があり、一つは一筆蒸発散浸透量（減水深）から蒸発散量と降下浸透量の和あるいはN型減水深を差し引いて求める方法であり、他の一つは条件の類似した二つの水田を選び一方を自然状態、他方をビニル畦畔として横浸透（畦畔浸透）を防止し、その両者の一筆蒸発散浸透量（減水深）の差から求める方法である。ただし前者の場合には、畦畔近くの降下浸透量も含まれるので、解析に注意が必要である。

隣接地が転作畑である場合等、特定の畦畔の横浸透（畦畔浸透）量を直接測定する方法を以下に紹介する。

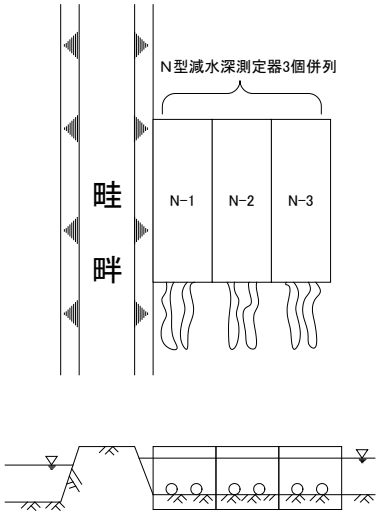


図-6.16　横浸透（畦畔浸透）量の直接測定説明図１[7)]

（ア）Ｎ型減水深測定器を並列しての測定

図-6.16 に示すようにN型減水深測定器の一方の側面を取ったものを畦畔にセットして測定することが可能である。数個の測定器を並列すれば、畦畔からの距離による浸透量分布を測定することができる。

（イ）畦畔を利用しての測定事例を、**図-6.17** 及び**図-6.18** に示す。

①　畦畔の一部分を利用しての測定

- 水田の畑利用側に底幅 0.3m 程度、長さ 3.0m、深さ耕盤までの溝を掘り、図のようにアクリル板、ビニルシートで止水する。このとき、アクリル板は耕盤下 0.1m 程度埋設し、また、アクリル板側もビニルシートなどで止水する。
- 水位変化から水量を算出するので、溝の断面が均一になるよう整形する。
- 溝内にたまった水位を測定するため、水準測量の基準点の設置や量水標等の活用を検討する。また、可能であれば複数か所で測定する。
- 設置後にたまった水を抜き取り、１時間程度おきに３～５回程度水位を測定する（継続観測）。
- 水位から浸透量を算出し、転作畑に接した横浸透（畦畔浸透）を評価する。

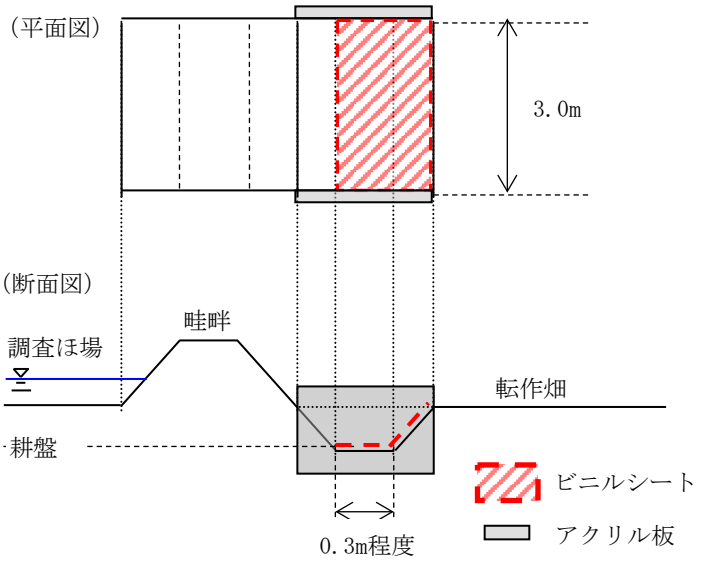


図-6.17　横浸透（畦畔浸透）量の直接測定説明図２

② 畦畔（長辺）の一辺全長を利用しての測定

- **図-6.18** に示すような断面で、明渠と浸透量測定溝をほ場の長辺方向に既設畦畔に沿って設置する。
- 浸透量測定溝に横浸透（畦畔浸透）以外の浸透水が流出しないよう、転作畑の表面水を受け入れる明渠、仮畦畔、畦畔用波板等を併設することが望ましい（**写真-6.11**）。
- 浸透量測定溝の流末側は塩ビ管等により小排水路に接続し、三角堰等を利用して流出量を測定する（**写真-6.12**）。

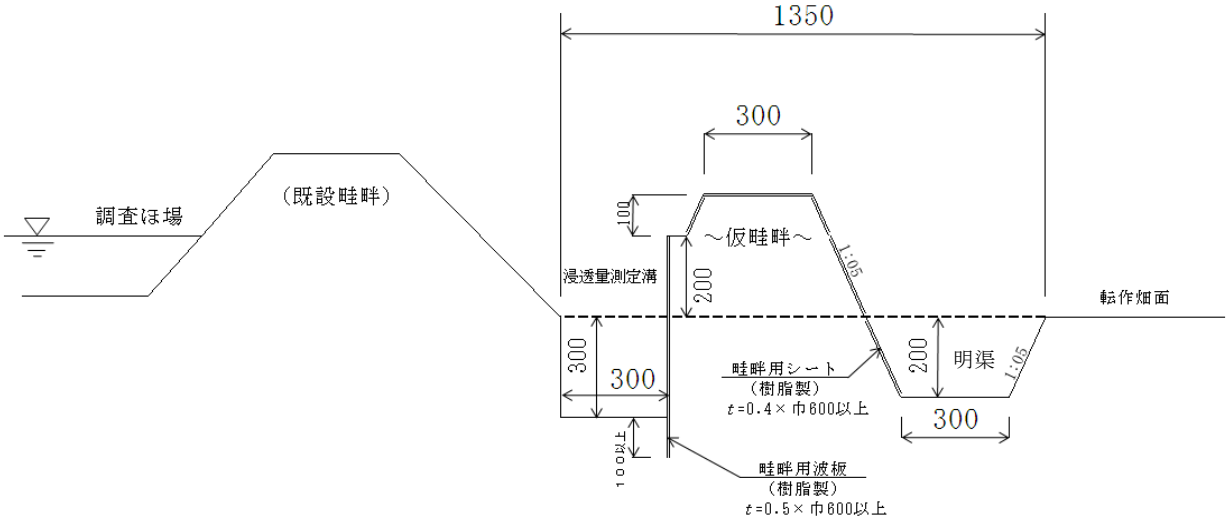


図-6.18　横浸透（畦畔浸透）量の直接測定説明図３（単位：mm）



写真-6.11　畦畔の辺全長を利用しての測定例



写真-6.12　流末側の三角堰設置例

(10)排水路浸出量の測定方法

水田から浸透した水の大半は付近の排水路等に浸出し、台地、扇状地、傾斜地等の水田を除いては地下深く浸透する水量は比較的少ない。排水路に浸出するものは、浸透のうち横浸透（畦畔浸透）と、降下浸透量のうちの排水路浸出を加えたものである。この水量である排水路浸出量は用水の反復利用可能水量を求める場合等に必要となるものである。

排水路浸出量の測定方法としては、地区内小排水路の一定区間（100m 以上）について、水田の落水口からの水の流出を停止させ上流部と下流部で水路流量を測定して浸出量を求める方法があ

る。小流量の場合には、上下流端を一時的に堰止めて一定時間内の排水路水位の上昇高と平均水路断面積から浸出量を求める。この際、時間の経過とともに水位の上昇速度は遅くなるため、堰止めた後水位が安定した時点から５～10cm 以内の水位上昇の範囲について測定する。

排水路が大きく大流量の場合は、水田の落水口からの水の流出を停止できないので、測定水路区間を長く（300～500m 以上）とり、上下流部の流量と同時に排水路への地表流入（水田から見れば流出）も測定し、水収支から浸出量を求める。

以上で求めた浸出量を水収支等で横浸透（畦畔浸透）量として用いる平均浸透水深に換算するためには、排水路の影響範囲を知る必要がある。

一般に整備済水田では、小排水路間隔の半分、水田一筆の長辺の長さを影響範囲に取ればよい。未整備地区や下層が砂礫の場合、大排水路の場合等には、排水路から一定間隔ごとに観測井を設置し、地下水位（厳密にはポテンシャル）を測定してその影響範囲を求める。

例えば、**図-6.19** のように延長 150m の小排水路区間を対象にした場合、水田区画が 30m×100m であれば、影響範囲は 100m となり、関係する水田面積は水路の片側で 100m×150m＝15,000m^2（1.5ha）、両側で３ha となる。よって測定された浸出水量が 2.5ℓ/s とすると周辺水田の平均浸透水深は、0.0025m^3/s×86,400s/d÷30,000m^2＝0.0072m/d、すなわち 7.2mm/d に相当する。

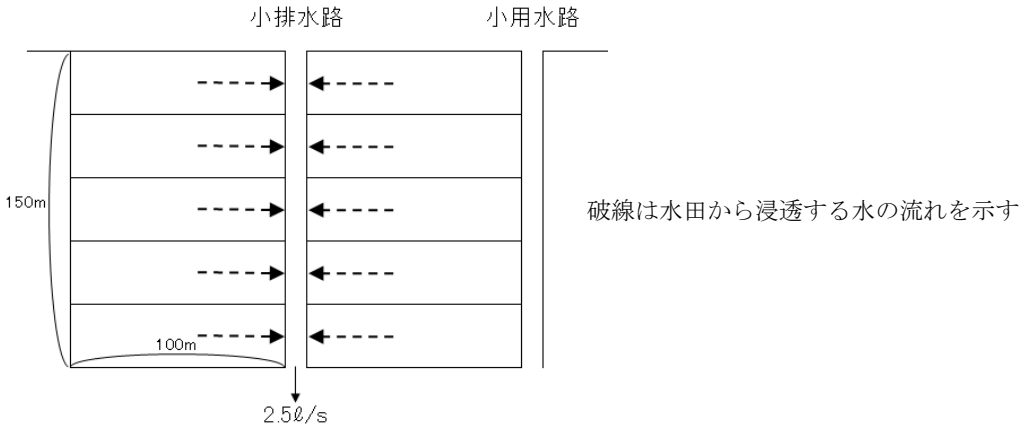


図-6.19　小排水路浸出量の測定

(11)転作作物の地下かんがいにおけるほ場単位用水量の測定方法

地下かんがい水量の実測に当たっては、(3)流量計に準じることとするが、以下の事項に留意する必要がある。

ア　調査ほ場は、横浸透（畦畔浸透）の流出が少ないほ場を選定する必要があるため、隣接するほ場は、調査ほ場との高低差が少なく、土地利用も同様であることが望ましい。

イ　調査目的に合ったほ場を選定し、結果を考察するために、栽培履歴を調査しておく必要がある。

ウ　ほ場かんがい水量の実測結果の詳細な検討を行う場合は、現地の気象、排水量、土壌水分及び地下水位の観測を行うとともに、水収支の計算を行うことが望ましい。

(12)水田地下水位の測定方法

水田の降下浸透量を測定するに当たって、水理的条件を明らかにしておくことは重要であり、必要に応じ付近の排水路水位、水田内の地下水位、土中水圧（ポテンシャル）などを併せて測定する。水田内の地下水位の測定においては、測水管周辺を丁寧に埋め戻すなど、測水管内に水田の地

表水が流入しないよう留意することが必要である。

また、地下水位と湛水位、排水路水位、周辺ほ場の地下水位等との関係を解析する場合には、仮基準点を設けた上で水準測量を実施し、測水管上端や田面の標高を把握して、地下水位を標高換算できるようにしておくことが望ましい。

ア　水位計の種類

（ア）手測による計測

地下水位の一番簡易な測定方法である。**図-6.20** に示すようにほ場内に測水管（口径 75mm 程度の塩ビ管を加工）を埋設し、測水管の上端部の高さを測量して、この上端部から水面までの高さをコンベックス等を利用して測定することで地下水位の変化を観測することができる。

長所としては、安価で測定箇所を多く設定できることであるが、欠点として人力による測定のため測定方法が煩雑で、細かい時間的な変化が確認できないことが挙げられる。しかし、この計測は測定箇所が多くとれることで、自記記録式水位計による計測と併せて測定することで地区全体の地下水位の傾向が確認できる。測水管の設置をより簡素化した方法としては、田面に測水用の孔を開け、ドーナツ型の円盤を設置し、この面を基準として測定する方法もある（**図-6.21**）。この方法は測水管の設置が省け、更に多くの箇所の測定が可能であるが、欠点として作物や雑草の繁茂で測定箇所が確認しにくくなることと、孔の保護をしないことから測水用の孔の形状を保つことが困難なことである。

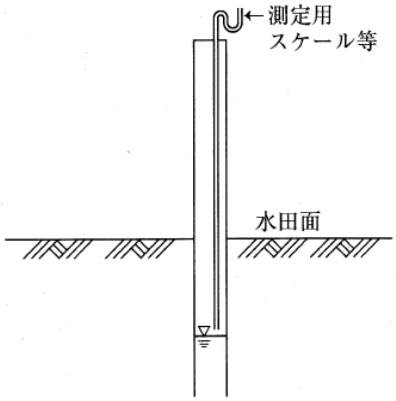


図-6.20　手測による測定

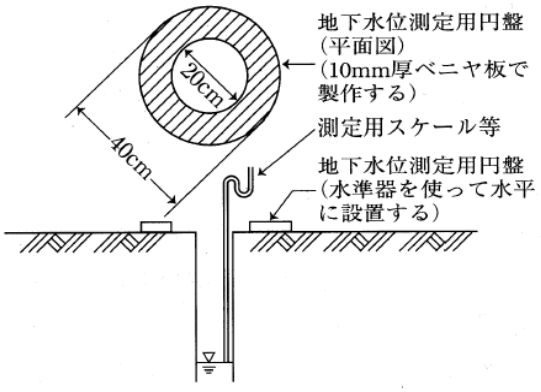


図-6.21　地下水位測定用に円盤を利用する測水管を用いない場合の例

（イ）フロート式水位計（データロガー記録）による計測

図-6.22 に示すように、水位の変化をフロートによって感知し計測する水位計である。構造は、巻き取られたワイヤーに吊り下げられたフロートにより、水位が低下すればワイヤーが引き出され、水位が上昇すればワイヤーが自動的に巻き取られる。この際にワイヤーの引き出された量に比例した電気的信号が発信され、これをデータロガーで記録する構造である。データロガーに記録されたデータはコンピュータによって読み取り、数値化及びグラフ化が容易にできる。

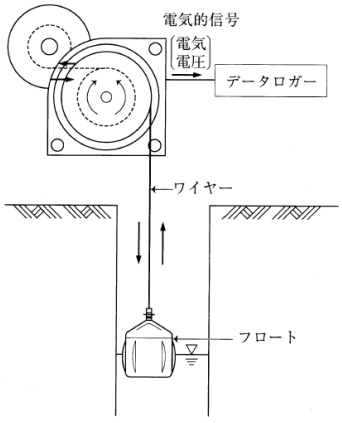


図-6.22　フロート式水位計
（データロガー記録）による計測

（ウ）フロート式水位計（ペン書記録）による計測

現在まで広く利用されてきた地下水位の計測方法である。**図-6.23** に示すようにフロートと錘を糸で吊してバランスをとり、水位の変化に伴ってフロートが上下する際の糸の動きを大小のプーリーにより一定の割合で縮小し、回転する円筒に巻かれた記録紙にてその変位をペン書きし、時間の経過に伴った地下水位の変化を記録する方法である。記録紙には日巻きと週巻きがあるが長期にわたって記録できる方法もある。

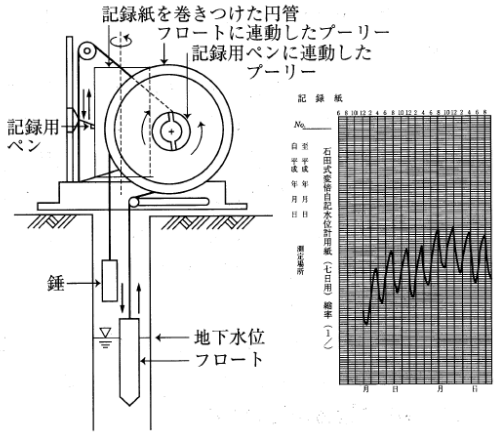


図-6.23　フロート式水位計（ペン書記録）による計測

長所としては、水位の変化を直接確認できることである。欠点としては、何らかの障害で円筒の記録紙が回転しなかったり、ペンの位置が他の部分との接触や、糸のもつれ及び回転軸の油切れなどで固定したままになることである。また、円筒が１回転するごとに記録紙の交換を行うことができなかった場合には、１回転後の時刻が記録紙の値とずれることから時刻の修正が必要となる。

（エ）ゲージ圧式水位計（データロガー記録）による計測

この水位計は、**図-6.24** に示すように、水圧式水位センサーを利用することにより、水深による圧力と大気圧との差圧（ゲージ圧）を電気的信号に変換し、その信号をデータロガーに記録するものである。この水位計はデータロガーと一体になった型式（**写真-6.13**）と、水位センサーにデータロガーを接続する型式（**写真-6.14**）の２種類がある。

一体化された型式は、水位センサーを水中に投げ込むだけで計測を始めることができ、センサー電源にリチウム電池が利用されていることから、半年間程度連続して利用できる。

しかしながら、電池が長期に利用できることは電池交換のタイミングを忘れやすく、電池の交換時期を本体に記載するなどの注意が必要である。

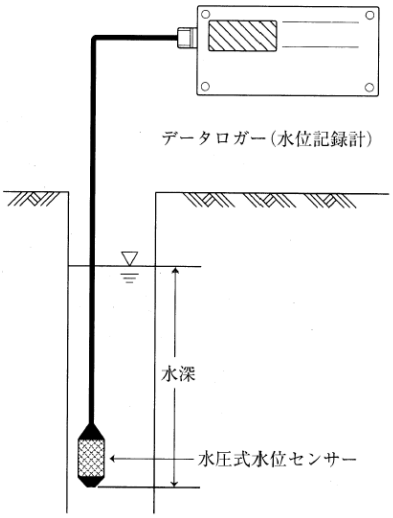


図-6.24　ゲージ圧式水位計（データロガー記録）による計測



写真-6.13　ゲージ圧式水位計（一体型）設置例



写真-6.14　ゲージ圧式水位計（分離型）設置例

（オ）絶対圧式水位計（データロガー記録）による計測

この水位計は、（エ）ゲージ圧式水位計と同様に圧力を電気的信号に変換して記録するもの（**図-6.25**）であるが、大気圧を含む絶対圧を測定する方式である。このため、大気圧補正が必要であり、補正に用いる大気圧の観測地点と水位計設置地点の間に標高差がある場合は、その気圧差による影響を補正する必要がある。

また、データロガー及び電池が水位計本体に内蔵されており、水位計を埋設することができる（**写真-6.15**）ため、計測期間において営農に支障は生じにくい一方で、収穫が終了するまでデータを確認できない。加えて、栽培形態や湛水条件等によっては、地下水位を示す場合と、湛水深の影響を含む水圧として記録される場合があるため、データの解釈には留意する必要がある。

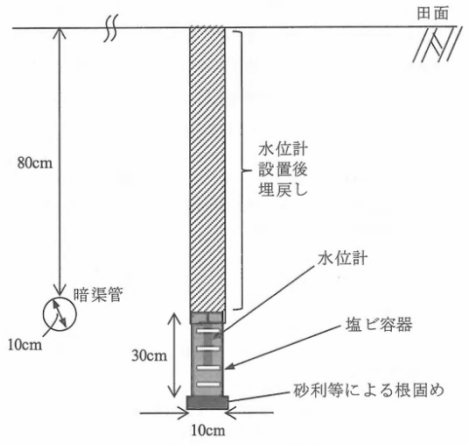


図-6.25 絶対圧式水位計（データロガー記録）による計測の例[8)]



写真-6.15 埋設された絶対圧式水位計

イ　観測井設置用孔の掘削

測水管の口径は、使用する水位計のフロート、水圧式水位センサーのスムーズな上下動に十分な大きさが必要である。口径75mmの塩ビ管の利用の場合に、観測井設置用の孔の掘削は、口径100mmのポスト・ホール型オーガーを利用することで容易に行うことができる。

ウ　観測測水管の加工（ストレーナのスリットの開け方）

水田の場合、地下水位の測定は地表面下1.0m程度の範囲でよい。地上部の長さは、測水管に異物の混入を避けるために1.0m程度必要である。測水管の全体の長さはおおよそ2.0mに切断して利用する。口径75mm塩ビ管利用の測水管の設置例を**図-6.26**に示す。ストレーナのスリットは、口径10mm程度の穴をドリルで開け、ジグソーで加工す

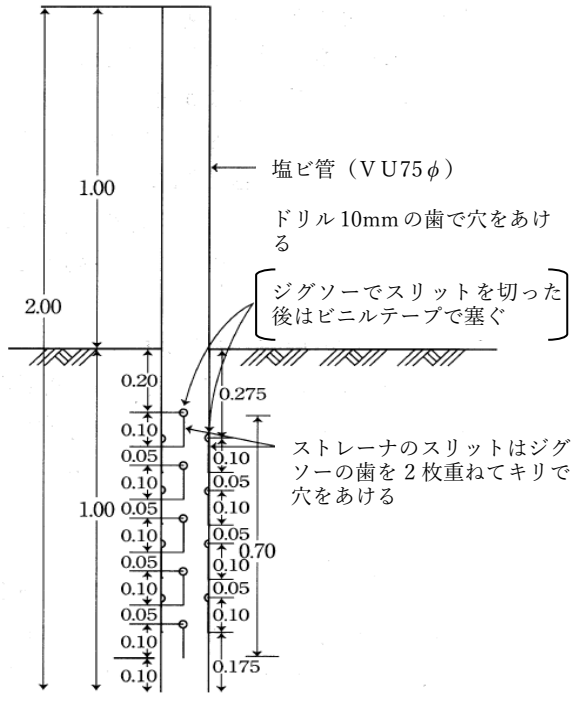


図-6.26 地下水位計測用測水管の設置例

る。この際、ジグソーの刃を２枚重ねて利用し、２㎜幅程度で行う。この後、穴はビニルテープで塞ぐ。これは測水管に土砂等が流入するのを防ぐためである。

エ　測水管の設置方法

測水管を設置する孔を掘削した後、測水管を垂直に埋め込む。測水管に傾きがあるとフロート等が接触し、測水管の内面に接触したまま固定されてしまうことがあるので注意する。次に、ストレーナのスリットを開けた高さまで直径２㎜以上の砕石等を投入する。砕石等の投入が適当でない場合には、ナイロン網等をフィルター材として測水管の周囲を覆い、なるべく粒度の荒い土で埋め戻す。

地表面から20cmの深さまでは降雨等による地表水が測水管に流入するのを防ぐため、埋戻しの土を硬く締め固めることが必要である。

オ　水位計台の製作

フロート式水位計による計測では、水位計本体を設置するための台が必要である。各タイプの水位計には、専用の台がオプションで用意されている機種もある。材料が入手しやすく、製作が容易で取り扱いやすい水位計台の構造例を**図-6.27**に示す。

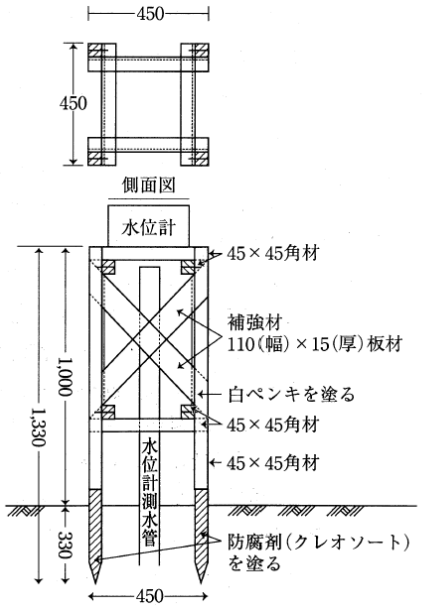


図-6.27　水位計台構造例

材料は4.5×4.5cmの木の角材と11×1.5cmの板材である。柱になる角材は133cmの長さに４本切断し、先端を削る。水平に位置する角材は45cmの長さに８本切断する。**図-6.27**のように組み立て木ねじで固定する。最後に、板材を柱材の斜めに補強のために取り付ける。塗装は、上部は白のペンキを塗り、下部は土壌中に固定するため防腐剤を塗布する。

現地での設置では、測水管を立て込んだ後、測水管に台をかぶせ、掛矢で打ち込んで土壌中に固定する。この際に、水準器で台の水平状態を確認し、台が水平になるようにすることが必要である。台の固定後、木ねじが緩んだ箇所は再度ねじの締め付けを行う。この後、水位計を固定する板を固定し、水位計を取り付ける。水位計台の高さが１m程度あると、現地での記録紙の取替え等の作業がしやすい高さでもあり、作物が繁茂しても水位計の場所が確認できる。

カ　ほ場と水位計台の測量

地下水位等の計測で、その高さの基準点を定める必要がある。一般的に平均田面を基準にする。

平均田面は、稲の収穫後が一番測定しやすい。水位計台の高さをペンキ等で記入しておくと便利である。

キ　水位計の設定及び計測

水位計の設置の際に、設置時の地下水位の確認は、水位計台から地下水位面までの高さ H_W をコンベックスや水位センサー付巻尺等を利用して計測し、台の高さ H_d を差し引いて地下水位の高さ H_h を求める。

地下水位の高さ H_h＝水位計台から地下水面までの高さ H_W －水位計台の高さ H_d

①　フロート式水位計（ペン書記録）の場合は、記録チャートのペンを計測した地下水位の

位置に合わせる。また、記録紙の取替え時も地下水位の位置を測定してペンの位置が正確な位置を示しているかの確認を行う必要がある。

② フロート式水位計（データロガー記録）の場合は、出力されている電圧・電流をデジタルテスターで確認し、異なった水位の時の電圧・電流を計測して地下水位の位置と出力している信号の関係式を作りなおす必要がある。

③ 水位センサー式水位計（データロガー記録）の場合は、水位計台は必ずしも必要ではないが、確認された基準の高さからセンサー感知部までの高さを正確に計測しておく必要がある。出力される内容はセンサー先端から水面までの高さであるので、地下水位の高さではないことを十分理解しておく必要がある。なお、データ収集時に手測でも水位を測定し、その時の水位センサー式水位計の値とチェックするとよい。

ク データの収集及び整理

① 手測による測定は、一定期間ごとにコンベックスや水位センサー付巻尺等を用いて調査を行い、一定の基準高さから地下水位を測定し、基準高さを差し引いて地下水位を算出する。

② フロート式水位計（ペン書記録）は、記録紙のチャートを一定期間ごとに交換し、時間ごとの地下水位を読み取り、整理を行う。ただし、一定期間以上経過し記録紙に数回転にわたって記録がなされた時は、取替え時の日付と時刻を正確に記録紙に記入する。そして、記録紙にペン書きされた回数分のコピーを取り、水位の変化を追いながらコピーされた記録紙をつなぎ、この変化を蛍光ペンで順次マークし、最後の記録内容までこの作業を続ける。その後、一定期間（一週間ごと）の目盛りを記入し、読み取り時間ごとに水位の変化を読み取る。効率的な読み取り方法としては、コンピュータに接続して利用するデジタイザーを活用した読み取りソフトを利用することができる。

③ フロート式水位計（データロガー記録）のデータはデータロガーに記録されており、コンピュータを利用してデータを読み取り、現地で確認した水位とそのときの電気的信号（電圧・電流）の関係式が一次式で表せるので、その関係式から各電気的信号の値を水位の値に変換する。

④ 水位センサー式水位計（データロガー記録）の一体型は、処理ソフト関係が完備されており、出力したデータは直ちにグラフ化まで可能である。

⑤ 一体型でなく、センサーとデータロガーを接続した型式では、③の整理方法と同様な内容で処理を行うことができる。

6.2 調査事例

調査計画における参考とするため、蒸発散浸透量（減水深）の調査事例を示す。

なお、本事例は普通期の減水深調査であり、水圧式自記水位計を用いた一筆ほ場の減水深を測定したものである。

(1)調査時期

本地域の普通期は５月 26 日～８月 31 日であり、普通期全期間において３か年調査を実施した。

(2)調査地点数

調査地点数は、**表-6.5** のとおり減水深タイプごとの面積規模から決定した。

表-6.5　減水深調査地点数基準表

減水深タイプごと面積	調査地点数
100ha未満	20ha当たり１点
100～300ha未満	50ha当たり１点
300ha以上	100ha当たり１点

(3)調査ほ場の選定

調査ほ場は、関係土地改良区及び調査協力農家とともに現地立会を行い、以下の点に留意し決定した。

①　周囲の水田との位置、高低差、１耕区の面積、耕区と排水路の配置関係から付近一帯の水田状態を代表し得る水田を選定する。

②　畦畔が完全で亀裂等による漏水がないこと。また、用水路から直接取水ができ、独立した水管理ができること。

③　事前に普通期の水管理状況を確認し、掛け流し等により水管理されているほ場は避ける。

④　データの回収を考慮し、車両の進入しやすいほ場を選定する。

(4)調査方法等

水圧式自記水位計により、１時間ごとに水深の自動計測を行った。また、取水操作を行った時間帯を除外するため、耕作者に水管理野帳の記録を依頼した。

以下に水位計設置時の留意点等を示す（**図-6.28、6.29**）。

①　水位計設置高さは、１㎜単位で計測するため地盤より低い位置で計測し、データ回収後に水深に換算する。

②　水位計は保護管（塩ビ管φ50㎜）の上から吊るし、保護管には異物が混入しないよう上蓋をして杭に固定する。

③　水位計の設置位置は、ほ場内の平均的な標高地点とし、水口・落水口付近は避け、畦畔から0.5～1.0m離れた場所に設置する（**写真-6.9**）。

④　水口付近に水管理野帳を設置し、取水操作を行った時間を記録する。水管理野帳は防水紙を使用してバインダーに挟み込み、杭に固定した保護ケースに収納する（**写真-6.16**）。

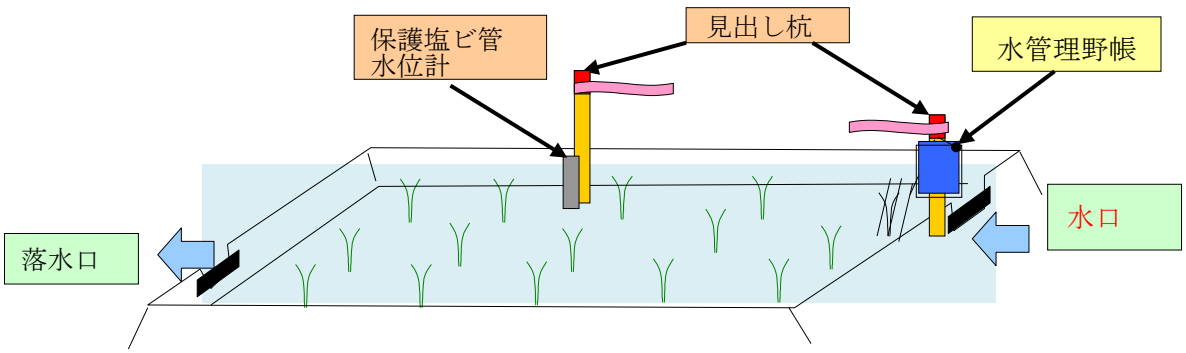


図-6.28　調査ほ場全体イメージ

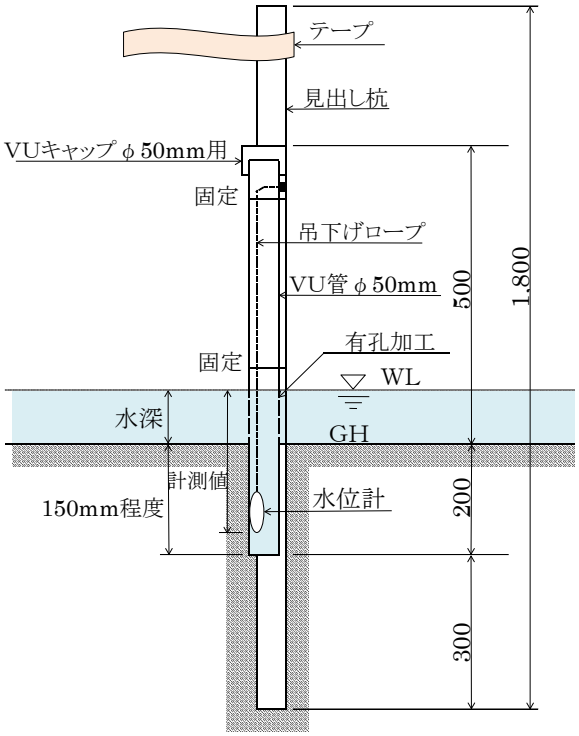


図-6.29　水位計設置概略図



写真-6.16　水管理野帳設置状況

引用文献

1)　(社)農業土木機械化協会：水管理制御方式技術指針（計画設計編）、p. 422-437(令和６年 10 月)

2)　丸山利輔　他：新編潅漑排水 上巻、養賢堂、p. 94（1986）

3)　中川昭一郎：水田用水量調査計画法（その４）、農土誌 34(9)、p. 15-22（1966）

4)　山崎不二夫・八幡敏雄：研究の資料と記録　第 14 集、東京大学土地改良研究室（1965）
（竹中 肇：漏水量迅速測定器の 2､3 の問題点とその改良について）

5)　水管理研究会　編：水田の水管理と圃場整備（中川昭一郎、用水量調査測定法）、地球出版、p. 224（1972）

6)　中川昭一郎：水田用水量調査計画法（その６）、農土誌 34(11)、p. 12-19（1967）

7)　中川昭一郎：水田用水量調査計画法（その５）、農土誌 34(10)、p. 13-19（1967）

8)　古檜山雅之　他：地下灌漑が可能な大区画化水田における圃場水管理、農業農村工学会論文集、No. 290、p. 23-32 (2014)