

土地改良事業計画設計基準 計画「排水」 技術書(案)

○本文中の表記について

赤字: H31制定版からの改定箇所

青字: 技術小委員会(R6.11.25)後の改定箇所

令和7年2月27日

農村振興局 整備部 設計課 計画調整室

付 録

技 術 書

目 次

(技 術 書)

1.	排水事業及び技術の変遷	-----	155 151
2.	調査（精査）	(基準、基準の運用第2章2.3 関連) -----	160 156
3.	排水状況診断と排水系統の決定	(基準、基準の運用第3章3.3.4 関連) ----	171 166
4.	排水方式の選定	(基準、基準の運用第3章3.3.5 関連) ----	183 178
5.	計画基準内水位	(基準、基準の運用第3章3.3.6 関連) ----	195 190
6.	実績降雨に基づく計画基準降雨	(基準、基準の運用第3章3.3.6 関連) ----	202 197
7.	計画基準外水位	(基準、基準の運用第3章3.3.6 関連) ----	218 213
8.	洪水ピーク流出量の計算	(基準、基準の運用第3章3.3.7 関連) ----	222 217
9.	洪水ハイドログラフの計算	(基準、基準の運用第3章3.3.7 関連) ----	229 224
10.	常時排水量の計算	(基準、基準の運用第3章3.3.7 関連) ----	276 269
11.	排水路	(基準、基準の運用第3章3.4.2 関連) ----	278 271
12.	排水水門	(基準、基準の運用第3章3.4.3 関連) ----	281 274
13.	ポンプ場	(基準、基準の運用第3章3.4.4 関連) ----	288 281
14.	河口改良	-----	298 291
15.	環境との調和への配慮	(基準、基準の運用第2章、第3章関連) --	299 292
16.	ハード対策とソフト対策を組み合わせた防災・減災対策	(基準、基準の運用第3章3.5 関連) -----	337 327
17.	排水に関する新たな技術及び研究の紹介	(基準、基準の運用第3章3.5 関連) -----	350 334
18.	近年の降雨特性に関する情報	-----	358 342
19.	将来の降雨予測に基づく計画基準降雨	(基準、基準の運用第3章3.3.6 関連) -----	363

1. 排水事業及び技術の変遷

1.1 排水事業の展開過程^{1)~3)}

1.1.1 土地改良法制定までの排水事業

我が国における農業用排水施設の整備に関する事業の始まりは、大正12年に制定された用排水幹線改良事業(府県営土地改良事業)といえる。本事業は、受益面積がおおむね200ha 以上(畑の場合にあつてはおおむね100ha 以上)の農業用排水施設の新設、改良及びこれと併せて行われる農地防災排水施設の新設、廃止又は変更を行うもので、本事業の創設により、事業費の2分の1について国庫補助が行われることになった。

また、当時の排水事業は国営干拓事業と併せ行う主要工事として実施することが多く、これは大正3年に行われた耕地整理法の改正に伴い制度化されたものである。大正8年には、開墾助成法が公布され、事業費の4割を限度として国庫補助が可能となった。その後、食糧の自給強化や国土の合理的開発を目的として、昭和15年に主要食糧自給強化10か年計画が、また翌年には農地開発法が制定された。これにより、大規模事業を対象に6割の国庫補助を行う農地開発営団事業が創設されたが、終戦後同営団の閉鎖により国営事業へと引き継がれた。

1.1.2 土地改良法の制定と干拓事業

終戦後の農地改革がほぼ一段落した昭和24年に土地改良法が施行され、これまで法的な裏付けのなかった国営及び都道府県営事業に法的根拠が与えられるとともに、国営、都道府県営、団体営という土地改良事業の実施体系が整備された。

なお、土地改良法において干拓事業は受益面積おおむね300ha 以上の地区を国営干拓事業、おおむね50ha 以上300ha 未満の地区を都道府県に委託し実施する代行干拓事業として位置付けられた。

1.1.3 米の生産調整と排水事業

昭和30年には米が過去最高の大豊作となるなど、米の自給がほぼ達成されるという情勢を背景に、我が国の農業政策は、これまで一貫して続けてきた食糧増産政策から、需給事情に対応した農業生産の選択的拡大政策へと転換することとなった。このような農業政策の変化は土地改良事業の性格にも影響を及ぼし、昭和35年度予算から、それまでの食糧増産対策事業費は農業基盤整備事業費という名称に変更されることとなった。このような情勢変化を踏まえ、食糧増産のために水田面積を拡大する役割を担ってきた干拓事業は特別会計制度に移行されるとともに、代行干拓事業は昭和32年に予算上の新規採択を中止、昭和35年には事業そのものが廃止され、受益面積おおむね150ha 以上の国営事業と、おおむね10ha 以上150ha 未満の補助事業に再編された。その後、米の国内自給が達成された昭和40年には干拓事業も転換期を迎え、工事中の地区はすべて水田から畑地への転換を余儀なくされるに至った。このため、昭和49年には予算費目である(項)干拓事業費を廃止し、新たに(項)特定地域農業開発事業費を設け、その中に国営干拓事業費を計上することとなった。

昭和36年には農業基本法が制定され、農政は新しい段階を迎えた。土地改良事業は農業用水の新規開発や有効利用によって、農業生産性の向上及び農業総生産の増大を図るための国土開発事業として位置付けられることとなった。なお、昭和37年には、洪水に伴い農作物に湛水被害が発生するおそれがある地域を対象として、水路、樋門及び排水機場の新設及び改良により、農作物の被害を

最小限に抑える湛水防除事業が創設された。

昭和40年代に入ると、米の需給の不均衡がさらに顕著となり、土地改良事業にも大きな影響を与えることとなる。昭和44年には初めての米の生産調整が行われ、昭和46年から本格的な生産調整が開始され、5か年にわたって稲作転換対策を実施することとなった。土地改良事業においても水田転換特別対策事業を創設するほか、既存事業においても稲作転換を推進すべく拡充を図った。

また、米の過剰問題の解消と食料自給率の向上を図るため、昭和53年に水田利用再編対策、昭和62年に水田農業確立対策が閣議了解され、土地改良事業においては水田汎用化対策にも重点を置くこととなった。このため、昭和54年には機械排水地区における災害未然防止と水田の汎用化を積極的に推進するため、国営かんがい排水事業と併せ行う国営農地防災排水事業、都道府県営排水対策特別事業が創設されるとともに、昭和62年には、土地改良総合整備事業において水田農業確立排水対策特別型事業が創設された。

なお、昭和59年には、湛水防除事業で従前から実施していた排水施設整備工事に加え、新たに同一の排水河川に係る地域であるなど排水施設の一元管理が必要な地域において、排水管理施設の整備を単独で実施できる排水管理施設整備工事が追加された。また、昭和62年には、湛水防除事業中の排水施設整備工事の工種に、遊水池等貯留施設工事、地下浸透施設工事が追加されるとともに、昭和63年には小規模の排水管理施設整備工事が追加された。さらに平成4年度には、湛水防除事業を実施後、湛水防除施設が耐用年数を経過した後に機能低下し、再び湛水被害を生じるおそれのある場合に当該施設の変更を行う「湛水防除施設改修工事」が追加された。

1.1.4 国営土地改良事業の再編整理と排水事業

昭和60年代以降には、農産物支持価格の抑制的運用、米生産調整面積の一層の拡大、農産物の輸入の拡大等が農家経営を圧迫し、農家の土地改良事業に対する負担能力の低下等を招いた。このため、国営土地改良事業の再編整理が行われ、平成元年には、国営農地開発事業が廃止され、国営かんがい排水事業、国営総合農地防災事業、国営農地再編パイロット事業に再編された。国営かんがい排水事業のうち、ダム及び一定規模以上の頭首工や排水施設等の大規模な基幹工種を対象とするいわゆる国営基幹かんがい排水事業については、従来原則として一律であった国庫負担率を改め、各施設の種類、規模に応じて高い国庫負担率を設定することとなった。

1.1.5 環境保全と排水事業

平成2年には、かんがい排水審議会企画部会より「農村の総合整備をめざした土地改良事業の展開方向」の第2次報告がなされ、都市化及び混住化に対応した排水機能不足や湛水被害の増大を解消することも盛り込んだ基幹水利施設の整備の促進、快適で美しい農村空間の形成に向けた整備の促進を図るため農業排水路にも環境整備を取り入れた事業が創設された。この流れは平成13年の土地改良法の改正につながっている。

平成6年には、効率的な経営体の育成による構造改革が進むよう、ほ場の大区画化、かんがい排水施設等の生産基盤の整備を積極的に推進するとともに、都市住民にも開かれた快適で美しい田園空間を形成する農村地域水質保全対策事業が創設された。

これ以降、農業排水施設を含めた農村空間が有する豊かな自然、生物の生息空間など多面的機能を再評価し、地域の特性を生かした魅力ある田園づくりのため、農村環境計画又は田園環境整備マスタープランにより環境配慮を図ることとされた。このなかで、都市化の進展を起因とした流出量

の増大等により機能が低下しているクリークを整備し、その洪水調節機能を発揮させるクリーク防災機能保全対策事業の創設など農業農村整備事業の充実を図った。

平成11年には、食料・農業・農村基本法が制定され、同法において土地改良事業については地域の特性に応じて、環境との調和に配慮しつつ、農地の区画の拡大、水田の汎用化、農業用排水施設機能の維持増進に必要な施策を講ずることとされた。

また、平成12年に策定された食料・農業・農村基本計画に即し、平成13年には、水田の汎用化と麦・大豆・飼料作物の産地形成を推進するため、土地改良総合整備事業の水田農業振興緊急整備型を拡充し、排水改良の促進と担い手への農地利用集積を一体的に実施することとした。

1.1.6 防災・減災対策と排水事業

近年、気候変動に伴う異常気象が発生し、時間雨量50mm以上の豪雨の発生頻度は増加傾向にある。農村地域においても湛水被害等の自然災害の増加が懸念され、特に都市化及び混住化が進む農村地域では、農地のみならず家屋、公共施設等の浸水被害も懸念されるなど、排水施設の重要度はますます高まるようになった。その一方で、基幹的農業水利施設は、多くが戦後から高度成長期にかけて整備されてきたことから老朽化が進行しており、機能不全が危惧されている。こうした中、平成25年には強くしなやかな国民生活の実現を図るための防災・減災等に資する国土強靱化基本法が制定されるとともに、インフラ老朽化対策の推進のためのインフラ長寿命化基本計画が策定されたことから、農村地域の防災・減災力の向上を図るとともに、施設の機能回復及び長寿命化を図ることとした。

また、令和6年の食料・農業・農村基本法の改正の過程で、食料・農業・農村政策の新たな展開方向の具体的な施策の内容として「気候変動に伴い一層頻発化・激甚化する災害への対応として、将来予測に基づく計画策定手法の検討を進め、令和6年度中に排水に係る基準等の見直しを検討することとされ、改正法には、「気候の変動その他の要因による災害の防止又は軽減を図ることにより農業生産活動が継続的に行われるようにする」こと等が新たに位置付けられた。

1.2 解析技術の変遷と計画基準¹⁾

1.2.1 解析技術の変遷

我が国は、排水改良が不可欠な低平地に多くの穀倉地帯を抱えているため、排水改良の歴史は古く、生命の安全確保、食料増産、農業生産の選択的拡大、農業の再編成等の時代に応じた要請が排水改良の気運を高め、技術の進歩をうながしたといえる。排水の主たる対策は、外水対策から内水対策へ、さらに汎用農地化のための地下排水対策へ移行している。

戦後の土地改良における変遷について、新潟県の新川流域を例にあげるまでもなく、自然の強大な力に対抗するための技術や資本が不十分な時代には、湛水を分散させて被害の集中を防ぐことに主眼がおかれた。それらが強化された時点で、外河川の一部も内水と考え、ゲートやポンプの設置が検討された。

排水対策のための排水システムは、構造（設計）依存型から、各種の構造的対策を取り込んだ上で気象及び水利情報の即時利用に基づく管理に重点を置いた、いわば構造と人為的管理の相互補完型に変遷しているといえる。

降雨流出や排水に関する研究は、昭和30年代以降始められた。具体的には、高位部の雨水を洪水調節することなく、水路によって排除するための排水施設規模の検討を行うため、洪水到達時間内

の平均有効降雨強度から降雨ピーク流出量を合理式などにより解析する方法と、洪水調節ダムや遊水池による下流への流下量の調節や低位部への降雨流出水の一時的貯留によりポンプやゲートによって排水する計画において必要となる流出量や内外水位のハイドログラフの作成に関する研究等が行われた。

これらの場合には、対象とする降雨の継続時間及び波形の決定が問題となる。地区内の湛水深は地区内の貯留量と水位の関係から水収支解析で求められる。昭和53年に定められた計画基準「排水」では、この方法に対応した水田を対象とする解析法について主に記述しており、これは「ブロック排水解析」とも呼ばれている。この解析法は、地区内の湛水深を許容湛水深以下に保つための排水路、ポンプ、ゲート等の排水施設的设计に用いられる。

しかし、ブロック排水解析の方法では、地区内の排水障害や排水路の改修効果が検討できないという限界があった。また、大規模な広域排水事業が始まったことで、これらに対応した流出解析手法の検討が必要となった。その結果、排水河川や幹線排水路及び地区内の排水路網の流れを不定流解析する手法等が、技術の進歩とともに開発された。例えば、新潟県の新川河口排水機場の設計に際しては、新川の流況解析が行われ、不定流モデルによって管理手法が検討された。また、計画基準降雨の計算手法についても、確率計算や分布関数を適用することで、より高い精度での推定が可能となった。

その後、排水改良事業の対象が、水田から汎用農地や宅地を含むものへ変化すると、湛水の許容条件が地目によって異なるため、湛水の深さ、位置、継続時間等を解析する必要が生じ、湛水を考慮した解析法が開発された。この方法は、地区内の排水路網とポンプやゲート等の排水施設をすべてモデルに組み込み、背後地からの降雨流出、外水位、排水施設の運転条件等の数多くの複雑な制約条件を与えて、豪雨時の非定常な流況を精度よく予測するものである。

これらの方法により、数多くの排水診断が行われてきており、現在では、コンピュータの発達と普及により、湛水状況のグラフィック表示等も容易になっており、一般技術者等も地域排水の検討に参加できるようになっている。

また、気候変動予測とそれに伴う不確実性の定量評価が十分行える、「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース、database for Policy Decision making for Future climate change」等が公開され、各省庁、自治体、産業界の現場での温暖化適応策策定に利用できるようになっている。ただし、これらの公表データは、技術や研究の進展により常に最新のものに更新されている。

1.2.2 計画基準の改定

昭和53年に定められた計画基準「排水」では、いわゆる「ブロック排水解析」が用いられている。また、流出解析手法として、降雨ピーク流出量を算定する合理式以外に単位図法（バーナードの方法、立神の方法）、貯留法（貯留関数法、タンクモデル）及び雨水流法（キネマティック・モデル）の計算法等が示されている。

一方、同基準制定時には、コンピュータ解析に時間や経費がかかることから一般的ではなかった流出解析手法が、制定後約四半世紀が経過した平成18年の同基準改定時においては、技術の進歩とともに比較的利用しやすいものとなってきた。また、事業の対象が、「農地排水」から「地域排水」へ移行したことで、土地利用の複雑化、対象地区の広域化、事業内容の変化（基幹施設・面整備型から部分改良型、長期計画型から効果早期発現型への変化）等に対応する必要が生じた。したがっ

て平成18年~~前~~回の改定では、従来の流出解析手法に新たに貯留法（遊水池モデル）、雨水流法（低平地タンクモデル、不定流モデル）の計算法等を加えた。また、計画基準降雨の計算法についても、コンピュータにより確率計算が容易になったことや、降雨特性に合致した分布関数を選択することが、計画基準降雨の決定に当たり重要と考えられるようになった。そのため水文統計解析のなかで一般的に用いられる岩井法、グンベル法についても記載した。さらに、アメダスの整備により日雨量だけでなく時間雨量等の降雨資料が蓄積されてきたことを考え、実際の降雨特性を反映するために、降雨配分は実降雨資料に基づいて決定することとし、その方法についても記載した。

平成31年~~今~~回の改定では、近年、気温の上昇、大雨の頻度の増加等気候変動及びその影響が全国各地で現れる中、気候変動適応法（平成30年法律第50号）が施行され、同法に基づく気候変動適応計画において、農業生産基盤に関しては、集中豪雨の発生頻度や降雨強度の増加により、農地の湛水被害等のリスクが増加することが予測されていることから、計画基準降雨の検討において、地域における近年の降雨特性を踏まえることが重要であることを記載した。また、計画基準降雨の作成に当たり、日降雨量及び3日連続降雨量と合わせて短時間降雨に留意した事例を参考として記載するとともに、我が国における降水の変化、気候モデルの研究等について新たに章を設け、記載した。

さらに、技術の進展に伴い、使われることが少なくなった水文学的手法については記載を省略するとともに、近年、研究開発された新たな手法について記載した。また、近年、ICTの活用が推進される中で、排水事業実施地区におけるICTの導入事例及び開発が進められている「ため池防災支援システム」について記載した。

このほか、平成28年8月に閣議決定された土地改良長期計画を踏まえ、農村協働力を活かした防災・減災活動等のソフト対策の推進、農地や農業水利施設が有する減災機能の活用を図る際に参考となる業務継続計画(BCP)、田んぼダム及びため池の洪水調節機能の強化の概要及び事例について、新たに章を設け、記載した。

今回の改定では、近年、気候変動に伴い一層頻発化・激甚化する~~集中豪雨等による~~災害への対応として、将来の降雨予測に基づく計画策定手法を確立したことから、その方法を記載した。

参考文献

- 1) 農業土木技術研究会：平成7年 水と土臨時増刊 農業土木技術の変遷（1995）
- 2) 農地防災事業研究会：農地防災事業便覧 平成10年度版（1999）
- 3) 農林水産省農村振興局総務課：平成21年度 農業農村整備事業等便覧（2011）

2. 調査（精査）

（基準、基準の運用第2章2.3関連）

調査（精査）は、概査によって得られた情報を基にして地域の排水不良による被害状況を把握し、地元の意向も聞き取った上で事業の目的と必要性を明確にし、計画樹立のため、以下の項目の観測等を行い、資料の収集及び整理を行うものである。この際、既存の排水施設については、主要工事計画におけるライフサイクルコストの低減を図る機能保全対策の検討、維持管理計画における施設の長寿命化を図る保全管理の検討のため、機能診断結果や補修履歴等を把握する必要がある。

2.1 気候、気象及び水文状況

気候、気象及び水文データは、計画樹立の際の計画排水量を求めるための基本となる。したがって、気候、気象及び水文調査は、概査によって概定された受益区域のみならず内部流域をも含む広範囲の地域を対象として行わなければならない。また、事業の目的によっては外部流域も調査範囲とする必要がある。海象調査は、排水口が潮位の影響を受ける場合に行う。

2.1.1 気候

降雨量の長期的な傾向を把握できるように、気候予測資料（データセット）は適当な期間の資料を収集し、整理する。詳細は「19. 将来の降雨予測に基づく計画基準降雨」を参照すること。

2.1.2 気象

地域の気象概況が把握できるように、表-2.1の調査票に沿って記録を収集し、整理する。

表-2.1 気象調査票（一般気象）

観測所名		かんがい期	非かんがい期	計又は平均	備考
観測期間	年～年	月～月	月～月		
平均気温(°C)					
降水量	平均(mm)				
	基準年(mm)				
降水日数	平均(日)				
	基準年(日)				
根雪期間		月日～月日		日間	
無霜期間		月日～月日		日間	
最多風向			最大風速 (風向)	m/s ()	最多風向発生時期 月～月 最大風速発生年月日

2.1.3 水文

水文調査には、降雨量、流出量、河川水位等の調査があり、それぞれ以下の項目について行う。

表-2.2 水文調査

区 分	調査項目	調査の範囲
降雨量	・ 観測期間 ・ 日雨量 ・ 時間雨量 ・ 連続雨量	・ 受益区域及び内部流域 ・ 必要に応じて外部流域を含む
流出量	・ 流出ハイドログラフ	・ 主として内部流域
河川水位	・ 河川水位 ・ 流出解析のための流域の定数	・ 排水口地点
海象	・ 潮位	・ 排水口地点

(1) 降雨量

地域の降雨量は、以下のように調査する。

ア 記録の収集及び整理

対象地区の近傍の気象観測所における降雨記録を収集し、表-2.3の調査票に沿って整理する。記録の収集に当たっては、以下の点に留意する。なお、降雪量は対象としない。

(ア) 記録の方法、観測期間、欠測状態、資料の精度、代表性等の特性も明らかにする。

(イ) 観測期間は、事業の整備水準によって検討が必要であるが、最近年からさかのぼった30年以上50年程度とする。

(ウ) 資料が少ない場合若しくは資料に欠測がある場合は、他の観測所との相関を調査して、資料を補完する。

(エ) 収集する資料は、日界（1日の区切り及び境界）が同じであることが望ましい。ただし、観測期間が長期にわたる場合は、日界の異なる資料が混在していてもやむを得ない。

表-2.3 降雨量調査票（特殊気象）

観測所名	第 1 位			第 2 位			第 3 位			第 4 位			第 5 位			備 考
	数	年	発生													
観測期間	量	月	確率													
年～ 年		日			日			日			日			日		
最大日雨量 (mm)																
最大時間雨量 (mm)																
最大4時間雨量 (mm)																
最大連続雨量 (mm)																
最大連続干天日数 (日)																

イ 観測

調査範囲内に観測所がない場合若しくは観測値が必要な地点で長期記録が得られない場合又は観測記録の検証が必要な場合、雨量計による降雨観測を行う。降雨観測を行う場合は、以下の事項に留意する¹⁾。

(ア) 観測地点の配置密度は、おおむね30km²に1点の割合を目安とする。

(イ) 降雨観測は、風の影響を受けやすいため、以下のような場所を選定する。

- a 屋根の上よりは地上の方がよく、600m²以上の露地が選定できれば理想的である。
- b 高い木や建物の近くに置くときは、その高さの4倍以上離しておく。
- c 山地の場合、地形の狭窄部や尾根の上など風通しのよい所、谷間風の吹き上げるような場所は避けた方がよい。できれば、林内の開伐地や平坦な場所がよい。

ウ 流域平均降雨量

気象観測所で得られた降雨量記録は、その地点の値であって流域全体の降雨量とはいえない。対象地域の流出量を算定するには、流域平均降雨量が必要であるから、これを推定する必要がある。流域平均降雨量の主な推定方法は、表-2.4による。

表-2.4 流域平均降雨量の推定方法

手 法	手 順	適用上の留意点
等雨量線法	対象流域の内外で観測された地点雨量に基づき、地形条件、気象状況等を考慮して、等雨量線図を描く。そして相隣り合う等雨量線に囲まれた区域内の面積を a_i 、その区域の平均雨量を R_i として、式(2.1)により、流域平均雨量を求める。 $R = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n (a_i \times R_i) \dots\dots\dots (2.1)$ R : 流域平均雨量、 A : 流域面積、 n : 区域数	等雨量線を描く際に、降雨分布に影響する諸要因を十分に考慮することができれば良い結果を得ることができる。考慮すべき諸要因は、地形、風向、標高等が普通である。
ティーセン法	相隣り合う雨量観測点を結ぶ三角網を作り、各辺の垂直二等分線を引けば、それぞれの観測点を含む多角形が描かれる。これらの多角形が対象流域に占める面積を a_i またその中の観測点の雨量を R_i として、式(2.1)を用いて、流域平均雨量を算出する。	地形による降雨の影響の強い流域において、それを考慮して観測所が配置されていない場合には、かなりの誤差を生ずることがある。
算術平均法	雨量観測点が密に、かつ一様に配置されている場合は、対象流域内の地点雨量の算術平均値をもって、流域平均雨量とする。	流域内に雨量観測所が一様で密に分布していて、各観測値と平均値との差があまり大きくなければ精度も比較的高い。しかし降雨に対する地形の影響が大きい山地等で観測所数が少ない場合には、この方法による値は大きな誤差を生ずるおそれがある。

(2) 流出量

流出量調査は、原則として実測による。調査は、計画排水量を求めるために必要な雨量と流出量の時間的分布を観測する。

ア 流量観測

流量観測は排水不良の原因解明、雨水保留量曲線の作成による有効雨量の推定や一般計画策定のために、雨量と流量の関係を把握することを目的として行う。

河川、排水路の流量を把握するには、流量自体の連続観測が困難な場合が多いため、あらか

じめ流量と水位の関係を水位流量曲線で関連付けておき、連続観測した水位から流量に換算することが多い。

水位観測は、下記に挙げる条件²⁾に適合し、良好な観測精度が得られる地点に自記水位計を設置し、水位を継続観測する。

- ① 水流が整流であること。
- ② 水流が急激又は緩慢過ぎないこと。
- ③ 流心及び河床の変動がないこと。
- ④ 観測の際、危険がないこと。
- ⑤ 観測に便利で、付近で観測人を得やすいこと。

イ 水位流量曲線

水位流量曲線は、水位観測点における水位と流量の関係を表すもので、水位を縦軸、流量を横軸にとって前項で観測した水位、流量をプロットし、水位流量曲線を作成する。

水位流量曲線式は、最小二乗法³⁾等によって作成できる。

(3) 河川水位

計画基準外水位を求めるために、外部流域の調査を行う。調査は、計画基準外水位を求めるために必要な水位の観測若しくは観測所の資料収集を行う。

排水本川の管理者との事前協議や記録の収集を行い、計画基準外水位を以下のように定める。

ア 受益区域の排水事業計画の考え方、事業計画の方針等について、排水本川の管理者と主に以下の事項について事前協議を行い、事業計画の調整を行う。

- ① 河川に排水する場合の河川管理上の制約
- ② 排水口の構造
- ③ 河川に排水する場合、今後の河川改修の有無と計画水位

イ 排水本川の管理者と協議し、排水口地点の水位記録、流域の定数等を収集する。

(4) 海象

外水位が潮位の影響を受ける場合は、海象調査を行う。

潮位は、位置によってあまり変わらないので近傍の検潮所の資料より整理する。このとき潮位基準面はT. P. (東京湾平均海面)に換算しておく。なお、検潮所において水準点との測量が定期的に行われているかなどデータの信頼性に注意する。



図-2.1 潮位の概念

表-2.5 海象調査票

観測所名		既往最高潮位	朔望平均満潮位	上下弦平均満潮位	平均潮位	上下弦平均干潮位	朔望平均干潮位	既往最低潮位	備考
観測期間	年～年	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
実測値		(年月日)						(年月日)	

2.2 土地状況

土地状況調査は、以下の項目で構成される。

- ① 地形調査
- ② 土壌調査
- ③ 地下水位調査
- ④ 土地利用状況調査
- ⑤ 土地所有状況調査

2.2.1 地形調査

地形調査の結果は、表-2.6、表-2.7の調査票に沿って整理する。

表-2.6 傾斜区分別面積票

事業名	地目	田						畑・その他						受益地標高(m)		備考
	傾斜区分	1/1,000未満	1/1,000～1/100	1/100～1/20	1/20～1/11.5	1/11.5以上	計	3°未満	3°～8°	8°～15°	15°～20°	20°以上	計	最高	最低	
	面積(ha)															
	比率(%)															
合計	面積(ha)															
	比率(%)															

表-2.7 標高別面積票

団地地目 標高	ブロック				ブロック				合計				備考
	田	畑	その他	計	田	畑	その他	計	田	畑	その他	計	
m～m													
m～m													
m～m													
m～m													
合計													

2.2.2 土壌調査

我が国においては、土壌に関する資料は比較的整っているため、調査に当たってはこれらの既存資料を十分活用し、調査の結果を基に地区の土壌図を作成する。

(1) 精度

0.25km² 程度に1点の割合で試坑調査を行い、1.00km² 程度に1点の割合で分析を行う。既存資料が十分整っている場合は、半分ほどの調査でよい。ただし、1土壌区に最低1点の調査は必要である。

(2) 調査項目

以下の項目の調査を行う。

表-2.8 土壌調査票

項目 土壌統(区)名	土 壤 統 (区) 区 分 一 覧 表							面 積 (ha)			備 考
	土 壤 断 面							事 業 名			
	色	腐 植 層	礫 層	土 性			泥 炭 層 黒 泥 層 及びグライ層	計	計	計	
				表 土	下 層 土						
一層				二層	三層						
計											

2.2.3 地下水位調査

土壌調査と併せて、受益区域の土壌の湿潤状態の区分及び排水工法の決定のための基礎資料とすることを目的に調査を行い、表-2.9の調査票に沿って整理する。

表-2.9 地下水位調査票

項目		土壌区						計	備考
		①	②	③	④	⑤	⑥		
土性									
面積	乾							ha	
	湿	過湿						ha	
		半湿						ha	
		一時過湿						ha	
	計							ha	
現況減水深									
現況地下水位									
乾湿の主な原因									

2.2.4 土地利用状況調査

水田、普通畑、牧草畑、樹園地（果樹園、茶園その他の樹園地）、採草放牧地、原野、山林、その他（宅地、道路、水路等）の利用地等の面積分布を調査し、表-2.10の調査票に沿って整理する。

表-2.10 土地利用状況調査票

(年 月現在)

事業名	土地利用区分	耕地							採草放牧地	原野	山林	その他	計	備考
		水田	普通畑	牧草畑	果樹園	茶園	その他の樹園地	小計						
市町村名		(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	
	計													
	合計													

2.2.5 土地所有状況調査

国有、公有、民有等の面積の分布を調べ、表-2.11の調査票に沿って整理する。

表-2.11 土地所有の状況調査票(土地所有の状況)

(年 月現在)

事業名	所有別					計	備考
	区分						
	面積 (ha)						
	受益者数 (人)						
	筆数 (筆)						
	権利関係						
	関係受益者数 (人)						
合計	面積 (ha)						
	受益者数 (人)						
	筆数 (筆)						
	権利関係						
	関係受益者数 (人)						

2.3 水利状況

排水状況調査として排水系統、排水施設状況、排水被害状況及び排水管理状況について、以下の調査を行う。

表-2.12 排水状況調査

調査項目	調査要領
排水系統	現地を踏査し、各支線の支配面積、地形及び地質より見た系統の特色、反復利用や用排兼用部分があれば用水取水位置や施設等を明らかにする。これにより現況排水系統図を作成する。
排水施設状況	管理者からの聞き取り及び資料収集(既存施設の調査においては、過去の機能診断履歴、事故履歴、補修履歴等の維持管理情報や操作記録等を含む)、必要な時には現地測量調査を加え、以下の調査票に沿った整理を行う。
排水被害状況	地元からの聞き取り、農林統計、農業共済資料等より最近10か年以上の当該地域における浸水被害発生面積、被害量、湛水位、湛水時間、被害分布を調べ、以下の調査票に沿って整理する。また、地下水位調査結果から過湿被害状況の調査も行い、原因を究明し、対策を検討する。さらに、必要に応じて、農作物以外の被害状況も調査及び整理を行う。
排水管理状況	地元からの聞き取りによって、排水管理団体の現状、現況排水ブロック別の排水管理の状況、排水路の維持管理(補修、保全等)及び維持管理費の状況について整理を行う。

表-2.16 被害状況調査票 (排水に関する被害状況)

事業名	項目 系統名	排水面積 (ha)	降水量 (mm)		湛水状況				乾湿状況 (ha)						平均減産量		備考
					湛水深 (cm)	湛水時間 (h)	湛水面積 (ha)	湛水量 (千 m ³)	田		畑		その他		作物名	減産量 (t)	
	乾								湿	乾	湿	乾	湿				
			平均														
			基準年														
	計		平均														
			基準年														
	合計		平均														
			基準年														

表-2.17 非農業関係を含む被害状況調査票 (受益地内の資産賦存状況)

区分	種類		数量	単位	適用	備考
農業関係	農作物	水稲		ha		
		畑作物		ha		
	農業用施設					
		用排水路		km	復旧を計上	
		農道		km	復旧を計上	
		その他		式	温室ビニールハウス倉庫等の復旧を計上	
	農地		ha	雑物除去、農地復旧等を計上		
非農業関係	公共施設	舗装道路		km	復旧を計上	
		公共建物		棟		
	一般資産	住宅		棟	床上床下浸水復旧を計上	

参考文献

- 1) 農業農村工学会：改訂七版農業農村工学ハンドブック、基礎編第3部 水、pp.176～177（2010）
- 2) 建設省河川局監修：改訂新版建設省河川砂防技術基準(案)同解説、調査編第2章水位調査、pp.23～24（1997）
- 3) 国土交通省河川局監修：水文観測、第5章観測記録の整理と保存、p.232（2002）

3. 排水状況診断と排水システムの決定

(基準、基準の運用第3章 3.3.4 関連)

3.1 排水状況診断

排水計画の策定に当たって、目標とする排水改良を効果的に実現するためには、まず地区の排水状況を正確に把握し、排水不良の原因の所在を明らかにすることが重要である。

排水状況診断は、**図-3.1**に示すように、①流域評価（内部流域の土地利用変化等に起因する流出量変化の評価）、②排水施設能力評価（排水状況調査結果に基づく現況排水施設の排水能力評価）、及びこの二つの評価結果に基づく③排水状況診断（排水不良の原因分析）の三つの段階で構成される。

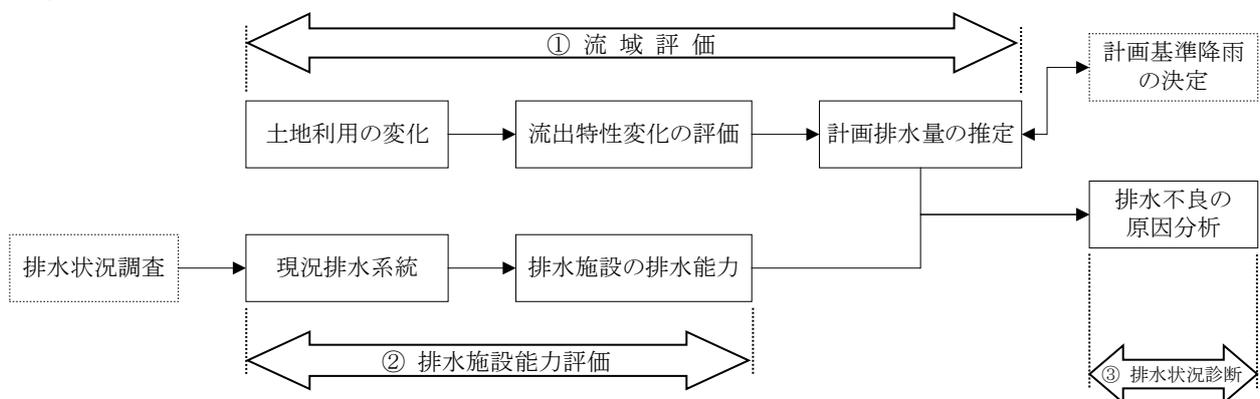


図-3.1 排水状況診断

3.1.1 流域評価

降雨による内部流域からの流出量は、その土地利用形態に大きく影響される。例えば、受益区域の背後地において都市化等の開発が進行すれば、洪水時のピーク流出量が排水路の能力を超えて大きくなり、受益地区に湛水被害等の内水災害を引き起こすことがある。また、ほ場整備及び土地利用の変化により洪水時のピーク流出量が変わることがある。計画段階において、これらの変化に留意の上、流域評価を行い、ほ場整備計画における区画整理の工事計画及び畑作等を含む営農計画との整合を図ることが重要である。

土地利用変化等に伴う流出量変化の評価は、「8. 洪水ピーク流出量の計算」及び「9. 洪水ハイドログラフの計算」に詳述する流出解析の手法を用いるが、ここでは流域評価の手法を解説する。

(1) 洪水ピーク流出量の評価法

内部流域の洪水ピーク流出量は、式(3.1)の合理式により求めることができる。

$$\left. \begin{aligned} Q_p &= \frac{1}{3.6} \cdot r_e \cdot A \\ r_e &= f_p \cdot r \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.1)$$

ここに、 Q_p ：洪水ピーク流出量(m³/s)、 r_e ：洪水到達時間内の平均有効降雨強度(mm/h)、 A ：流域面積(km²)、 f_p ：ピーク流出係数、 r ：平均降雨強度(mm/h)

(詳細は、「8. 洪水ピーク流出量の計算」を参照)

ここで、内部流域において土地利用形態が変化すると、式(3.1)に含まれる洪水到達時間やピーク流出係数が変化し、洪水ピーク流出量が変わってくる。

そこで、土地利用の変化に伴う洪水ピーク流出量の変化を評価するためには、洪水到達時間及びピーク流出係数を適切に推定しなければならない。

ア 洪水到達時間の推定

洪水到達時間とは、流域の時間的最遠点に降った雨水が最下流端に伝播する時間であり、その推定式として土地利用形態を考慮できる式(3.2)の角屋・福島の式がある(詳細は、「8. 洪水ピーク流出量の計算」を参照)。

$$t_p = C \cdot A^{0.22} \cdot r_e^{-0.35} \dots\dots (3.2)$$

ここに、 t_p : 洪水到達時間(min)、
 C : 土地利用係数、
 A : 流域面積(km²)、
 r_e : 洪水到達時間内の平均有効降雨強度(mm/h)

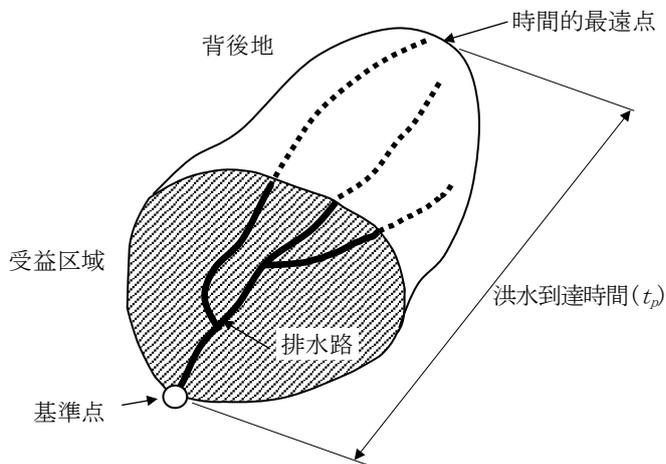


図-3.2 洪水到達時間の概念

この式は、流域面積 A に対する洪水到達時間内の平均有効降雨強度 r_e と洪水到達時間 t_p の関係を表すが、式中に土地利用係数 C が含まれていることから、 C 値を土地利用形態に応じて与えることにより到達時間を推定することができる(C 値については、「8. 洪水ピーク流出量の計算」の「表-8.4 土地利用係数(C)の値」を参照)。

図-3.3 は、自然丘陵地 ($A=50\text{km}^2$) の洪水到達時間と平均有効降雨強度 (r_e-t_p) の関係から、流域開発が進行した後の洪水到達時間の推定法を示したグラフである。図の実線は、自然丘陵地 ($C=290$) における r_e-t_p の関係を表す。一方、破線は、流域開発によって土地利用係数が $C=100$ に変化した場合の r_e-t_p の関係を表し、洪水到達時間が短くなっていることを示している。

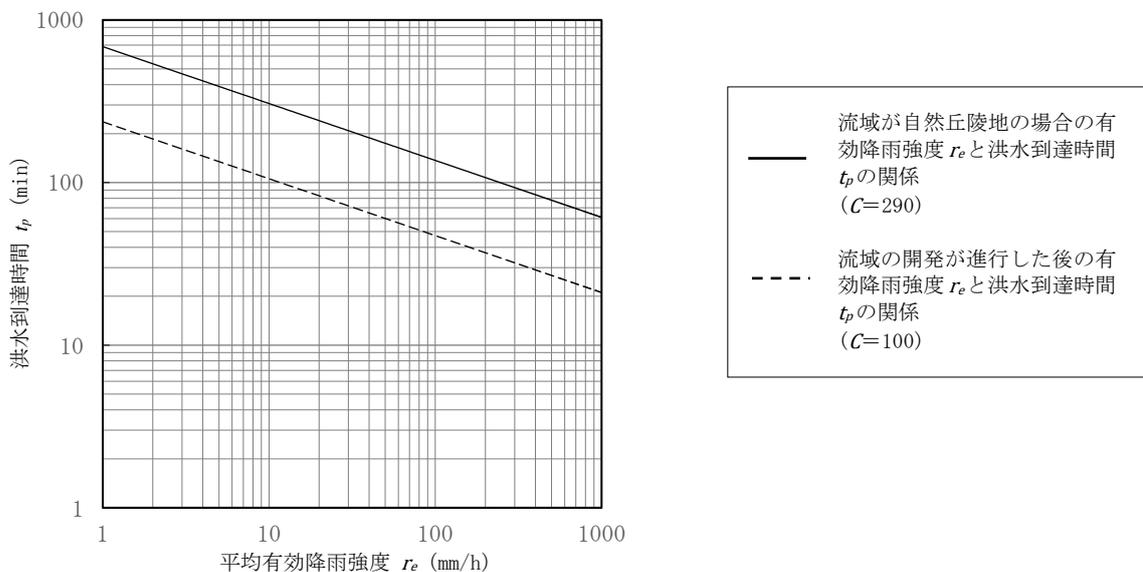


図-3.3 洪水到達時間の変化

イ ピーク流出係数

ピーク流出係数 f_p は、土地利用形態が変わることによって変化する可能性がある。この値は表層土性のほか、降雨履歴によっても著しく異なるから、排水計画に際しては当該流域若しくは表層土性が同類とみられる近傍流域における実測値を吟味して適切な値を定める必要がある（詳細は、「8. 洪水ピーク流出量の計算」を参照）。

ウ 洪水ピーク流出量変化の推定

土地利用の変化に伴う洪水ピーク流出量は、図-3.3に確率有効降雨強度曲線を重ねて描くことによって推定することができる。

一般に洪水到達時間に対応する有効降雨強度を確率有効降雨強度曲線から求め、それを合理式に代入して洪水ピーク流出量を推定するため、図-3.4のように確率有効降雨強度曲線は洪水到達時間と同一の図に示されることが多い（詳細は、「6. 実績降雨に基づく計画基準降雨」及び「8. 洪水ピーク流出量の計算 8.3確率有効降雨強度曲線 ($r_{ef} - t_p$ の曲線)の推定」を参照）。

図-3.4は、 T 年確率の平均有効降雨強度が、自然丘陵地 ($A=50\text{km}^2$) の $r_e=10\text{mm/h}$ (洪水到達時間 $t_p=306$ 分、ピーク流出係数 $f_p=0.7$) に対して、土地利用変化によって $r_e=48\text{mm/h}$ (洪水到達時間 $t_p=61$ 分、ピーク流出係数 $f_p=0.9$) に変化することを示している。この平均有効降雨強度を用いて式(3.1)により流域の洪水ピーク流出量を求めれば、次の例のように土地利用の変化に伴う洪水ピーク流出量の変化が求められる。

- ・ 自然丘陵地の洪水ピーク流出量 : $138.9\text{m}^3/\text{s}$ ($= \frac{1}{3.6} \times 10 \times 50$)
- ・ 土地利用変化後の洪水ピーク流出量 : $666.7\text{m}^3/\text{s}$ ($= \frac{1}{3.6} \times 48 \times 50$)
- ・ 変化量 : $527.8\text{m}^3/\text{s}$

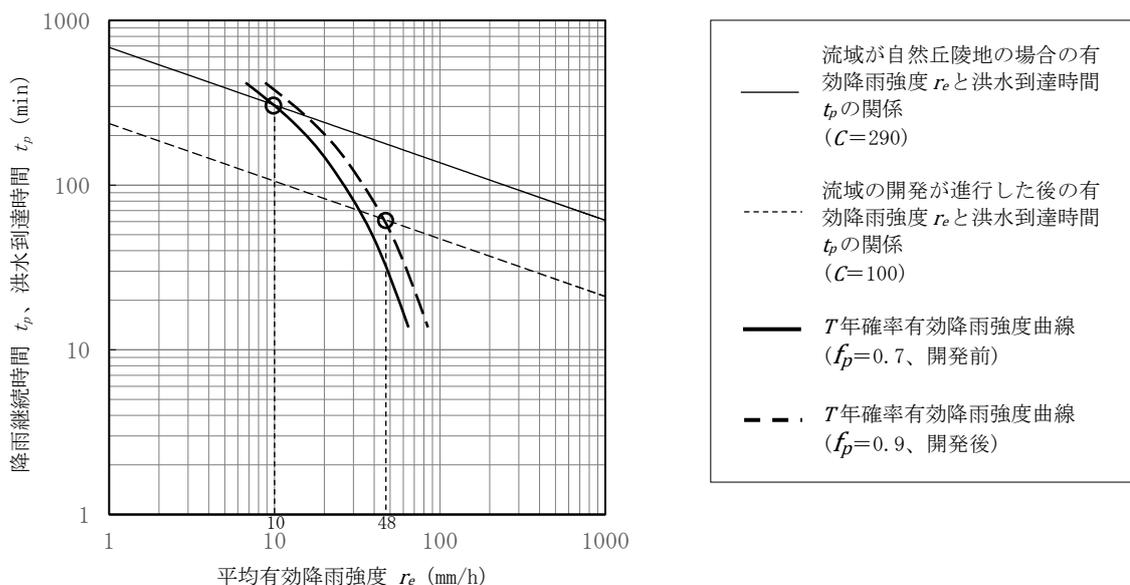


図-3.4 土地利用変化に伴う洪水ピーク流出高 (mm/h) の推定

(2) 洪水ハイドログラフ変化の評価法

内部流域の土地利用の変化に伴う流出量の変化をハイドログラフの形で推定する場合は、「**9. 洪水ハイドログラフの計算**」によって行う。特に、内部流域の一部の土地利用が変化した場合はこの方法によらざるを得ない。

土地利用の変化等による流域特性の変化を洪水ハイドログラフによって評価する場合のモデル選定、留意事項等については、「**9. 洪水ハイドログラフの計算**」を参照すること。

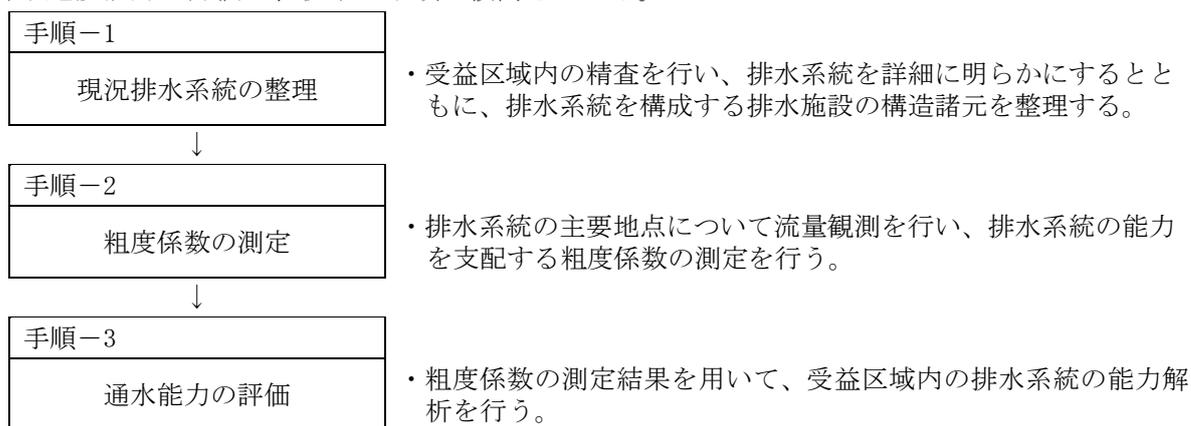
なお、土地利用変化が洪水ハイドログラフに及ぼす影響を評価するには、土地利用変化の前後について、計画基準降雨を用いて流出量の計算を行うが、その際の有効降雨量は土地利用条件によって異なる。したがって、流域モデルのブロックごとに、土地利用状況に応じた有効降雨量を与えて洪水ハイドログラフの計算を行う。

3.1.2 排水施設能力評価

排水施設の能力評価は、受益区域内の精査に基づいて整理された排水系統について、それを構成する各排水施設がいかなる能力を有するかを定量的に把握するために行う。

(1) 排水施設能力の評価法

排水施設能力の評価は、以下の手順で検討を進める。



(2) 粗度係数の測定

排水路の粗度係数は通水能力を支配するため、排水施設能力の評価を行う場合には、受益区域の精査に基づく情報を用いて十分に吟味しなければならない。

粗度係数の測定は、原則として、流量観測記録を用いて平均流速公式から推定する。

ア 水位及び流量の観測

粗度係数測定のための水位及び流量観測は、**図-3.5**に示すように、排水路の上下流の2点間で行う。水位は水準測量により、また、流量は流速計により観測するが、実施に当たっては以下の点に留意する。

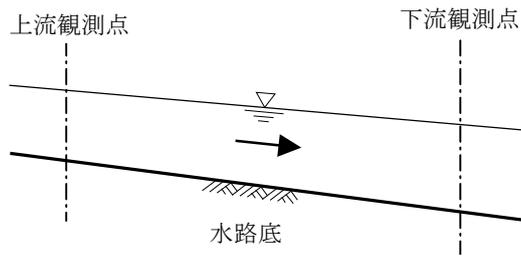


図-3.5 排水路の水位及び流量観測

- (ア) 観測対象の排水路は、受益区域の排水系統調査から、おおむね区域の排水を支配する代表路線について行うものとするが、粗度状態が極端に異なる排水路構造（コンクリート水路や土羽水路等）によって排水系統が構成されている場合は、それぞれに観測路線を選定する。
- (イ) 上下流の観測点間隔は、排水路の縦断線形を検討して、比較的長い距離で勾配変化が少なく、かつ横断暗渠等の局所構造物によって堰上げ背水や低下背水が生じていない区間を選ぶ。
- (ウ) 上下流の観測点間の距離が短すぎると、推定された粗度係数が局所粗度となり、必ずしも排水系統を代表する粗度係数とみなせなくなる場合があるため、点間距離は現地の状況から判断して十分長く設定することが望ましい。
- (エ) 比較的短い区間を対象とする場合は、水位の観測に大きな誤差を含む可能性がある。このため水位の観測には、なるべく精度の高い水位計を用いる。
- (オ) 低平地では、水路勾配が緩やかで流速が極めて小さい場合が多いため、流速の観測に誤差が生じやすい。このため、観測は同一地点に対して複数回行って、観測誤差をできるだけ排除するようにする。

イ 粗度係数の推定

粗度係数は、マンニングの平均流速公式から、式(3.3)により推定する。なお、推定結果の値については、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」等を参照して、その妥当性を十分吟味しておくことが重要である。

$$\left. \begin{aligned}
 n &= R^{2/3} \frac{\sqrt{(H_1 - H_2)/\Delta X}}{V} \\
 R &= \frac{R_1 + R_2}{2} \\
 V &= \frac{V_1 + V_2}{2}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.3)$$

- ここに、 R_1 、 R_2 : 水位観測によって得られた上下流断面点の径深(m)、
- H_1 、 H_2 : 上下流観測点の観測水位(m)、
- V_1 、 V_2 : 上下流観測点の観測流速(m/s)、
- ΔX : 上下流2点間の距離(m)

(3) 排水能力の評価

排水系統の排水能力の検討は、排水管理の状況等を現地調査により十分確認し、傾斜地域あるいは氾濫域のそれぞれについて、以下のような手法を用いて検討する。

ここに、傾斜地域とは、降雨から流出までの過程で、一時貯留又は湛水による氾濫が発生しない地域を、また氾濫域とは、一時貯留又は湛水による氾濫が発生する地域をいう（詳細は、「9. 洪水ハイドログラフの計算」を参照）。

ア 傾斜地域の排水能力評価

傾斜地域の排水路の流水は、一般に下流水位の影響を受けず、排水能力は排水路の内面の粗度に支配されている場合が多い。傾斜地域の排水能力は、式(3.4)のマニングの平均流速公式により求められる。

$$\left. \begin{aligned} V &= \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \\ Q &= V \cdot A \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.4)$$

ここに、 V ：排水路の平均流速 (m/s)、 R ：径深 (m)、 I ：水路底勾配、 A ：通水断面積 (m²)、 n ：粗度係数 (s/m^{1/3})、 Q ：流量 (m³/s)

なお、排水路の途中に道路横断暗渠等の水利構造物があり、その上流側の排水路内に堰上げ背水が発生している場合がある。これは、排水路の排水能力より道路横断暗渠等の排水能力が下回っているため、このような排水路の排水能力は道路横断暗渠等の排水施設の通水能力によって評価しなければならない。

道路横断暗渠等の通水能力は、流れを満流、常流、限界流に区分して式(3.5)～(3.7)の流量公式を用いて検討を行う。

満流 $H_1 > H_2 \geq D$

$$Q = B \cdot D \sqrt{\frac{2 \cdot g(H_1 - H_2)}{1 + 0.5 + \frac{2 \cdot g \cdot L \cdot n^2}{R^{4/3}}}} \dots (3.5)$$

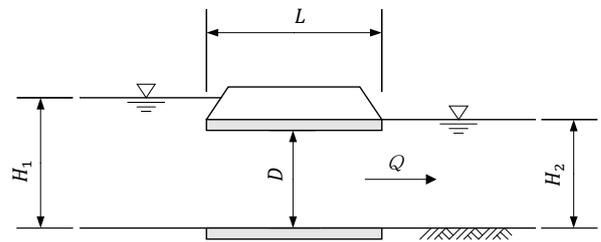


図-3.6 横断暗渠の流れ

常流 $D > H_1 > H_2$

$$Q = 0.62 \times \frac{2}{3} B \sqrt{2 \cdot g} \cdot (H_1 - H_2)^{3/2} + B \cdot H_2 \sqrt{\frac{2 \cdot g(H_1 - H_2)}{1 + 0.5 + \frac{2 \cdot g \cdot L \cdot n^2}{R^{4/3}}}} \dots\dots\dots (3.6)$$

限界流 $H_1 \geq D > H_2$

$$Q = 0.62 \times \frac{2}{3} B \sqrt{2 \cdot g} \cdot \left\{ (H_1 - H_2)^{3/2} - (H_1 - D)^{3/2} \right\} + B \cdot H_2 \sqrt{\frac{2 \cdot g(H_1 - H_2)}{1 + 0.5 + \frac{2 \cdot g \cdot L \cdot n^2}{R^{4/3}}}} \dots\dots\dots (3.7)$$

ここに、 Q ：流量 (m³/s)、 B ：暗渠幅員 (m)、 D ：暗渠の高さ (m)、 g ：重力加速度 (m/s²)、 H_1 ：上流側水位 (m)、 H_2 ：下流側水位 (m)、 L ：暗渠の長さ (m)、 n ：粗度係数 (s/m^{1/3})、 R ：径深 (m)

式(3.5)～(3.7)を用いて流量計算を行う場合は、以下の点に留意する。

- (ア) 上下流水位から流れの区分を明確にし、適切な流量公式を用いて計算する。
- (イ) 新たに計画する場合の横断暗渠は原則として、自由水面を持つ開水路の流れとなるので、

断面形状の水深は、等流計算で計算できる¹⁾。

イ 氾濫域の排水能力評価

氾濫域の流況は、排水路勾配が緩やかで下流水位の影響を受け、地域の広い範囲で湛水等の氾濫を起こしていることが多い。このような地域では、排水システムについて表-3.1に示すような考え方で数理モデルを構築し、計画基準降雨を入力条件として、コンピュータシミュレーションによって能力評価を行う。なお、図-3.7は、コンピュータシミュレーションを実施する場合の基本的な手順を示す。

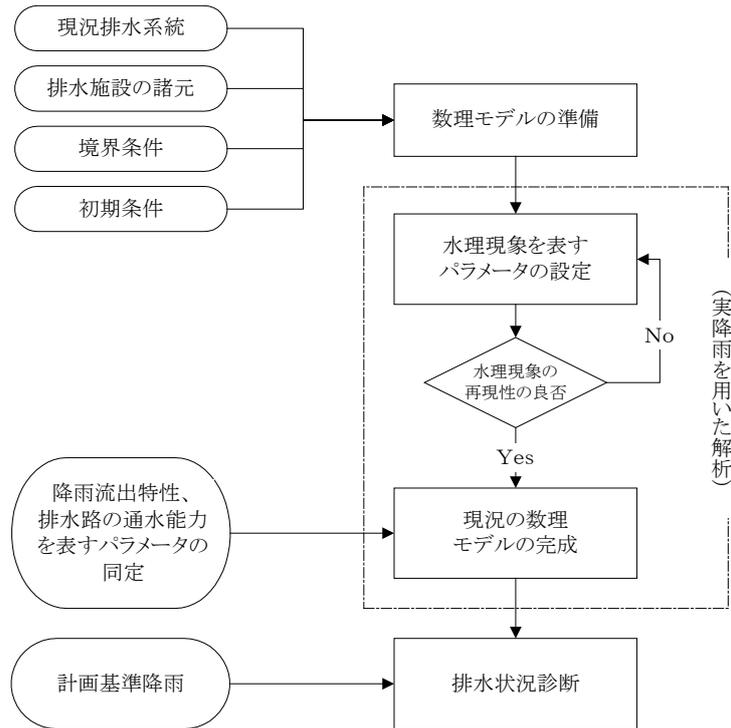


図-3.7 コンピュータシミュレーションを実施する場合の基本的な手順

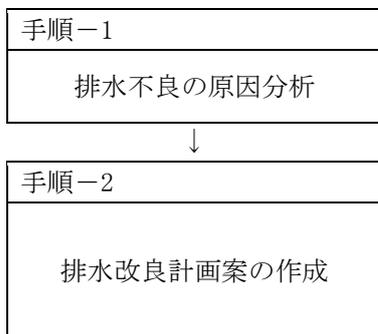
表-3.1 氾濫域の排水能力評価のためのモデル化の考え方

現象の捉え方	モデル化の考え方			適用モデル
	湛水域の設定	排水路の流れ	内水位	
排水路の流れを無視する。	低位部に遊水池を想定する。	無考慮	遊水池水面	遊水池モデル
排水路の流れを考慮する。	地形条件に適合するように複数箇所に遊水池を設定する。	不等流	排水路水位	低平地タンクモデル
		不定流	排水路水位	不定流モデル

注：遊水池モデル、低平地タンクモデル及び不定流モデルの詳細は、「9. 洪水ハイドログラフの計算」参照

3.1.3 排水状況診断

排水状況の診断は、流域評価によって得られた計画基準降雨下の排水量と排水施設能力とを比較検討して、以下の手順で進める。



- 流域の流出量と排水施設の能力を比較検討して、排水不良の原因分析を行う。

- 受益区域を特定し、排水不良の原因別に、基本構想で策定した排水改良の目標を達成するために必要な排水改良計画案を検討する。
- これらを集約して計画案を作成する。

(1) 排水不良の原因分析

排水不良の原因分析は、表-3.2に示す要因項目別に原因を特定し、排水ブロック別に整理する。

表-3.2 排水不良の原因分析項目

要因項目	分析内容
① 地形要因	<ul style="list-style-type: none"> 排水路組織が地形に合致しているか。 排水本川へ過剰水を排除する排水口の位置及び能力が適切か。 外部流域の開発により、外水位が上昇していないか。 地盤沈下等により、内部流域の水位が低下していないか。
② 排水路要因	<ul style="list-style-type: none"> 堆砂等により、排水路の通水断面積が不足していないか。 堆砂等により、排水路の底勾配が緩やかになっていないか。 道路横断暗渠等の水利構造物が、排水路の能力を制約していないか。 老朽化により、排水路の粗度が著しく悪化していないか。
③ 土地利用要因	<ul style="list-style-type: none"> 内部流域内の都市化及び混住化の進展により、流出機構が変化して洪水ピーク流出量が大きくなっていないか。 排水ブロックの土地利用形態が変化していないか。
④ 管理要因	<ul style="list-style-type: none"> 粗放な維持管理（植物の繁茂、ごみの投棄）によって、排水路の能力が阻害されていないか。 従来の排水慣行が、排水ブロックの排水管理を阻害していないか。

(2) 排水改良計画案の作成

排水状況診断によって作成される排水改良計画案は、事業計画策定の最も基本となるものである。改良案の作成に当たっては、以下の事項に留意する。

- ア 受益区域を特定し、排水事業の対象範囲を明確にする。
- イ 排水改良計画案は、基本構想で立案した計画目標を効果的に実現する方向で検討する。
- ウ 排水改良計画案は、一つに限定せず、複数の代替案を用意する。最終案の選定は、これ以降の計画策定の段階と常に関連させながら、事業の経済性を勘案し排水管理等の要件を踏まえて決定する。

3.2 受益区域の排水系統の決定

受益区域の排水系統は、排水状況診断によって作成した排水改良案（計画素案）に沿い、地形及び土地利用状況、将来の排水管理体制等を考慮し、排水口及び排水施設計画を十分検討して決定する必要がある。

3.2.1 排水ブロックの構成

排水ブロックの構成は、事業計画策定の基本となる。計画排水ブロックの構成は、表-3.3 に示す事項を踏まえて検討し、決定する。

表-3.3 排水ブロック構成の基本

排水ブロック区分	適用の原則
① 自然排水ブロック	地形的に高位部に適用する。ただし、低位部にあっても外水位との関係で自然排水が可能な場合は、可能な限り適用する。
② 機械排水ブロック	地形的に低位部に適用する。ただし、機械排水は維持管理費の増嵩を招くため、外水位との関係を十分検討し、その範囲を可能な限り狭くする。
③ 併用ブロック	原則として自然排水ブロックとし、洪水時排水と常時排水とに分けて、外水位との関係を詳細に検討し、以下のように排水ブロックを設定する。 ・常時排水は、原則として全域を自然排水ブロックとする。 ・洪水時排水は、外水位が低い時期は自然排水とし、外水位が高くて排水困難な場合のみ機械排水とする。

なお、排水ブロックの構成を検討する場合は、以下の事項に留意する。

- (1) 現況排水系統は、多くの場合、地域の自然的、社会的条件に順応して組織化されてきているものであるから、排水ブロックの構成はこれをベースとする。ただし、条件によっては流域変更あるいは排水慣行の変更等により、排水系統を変更する方が効果を生む場合もあるので、これらについては地元の意向調査の結果を踏まえて、十分な検討を行う。
- (2) 畑作、水田裏作、田畑輪換では、原則として湛水が許されない。また、都市化及び混住化の進展により流域の土地利用が変化している地区では、流出機構が変化している。このため、以下に該当する地区は、排水系統を再検討する必要がある。
 - ・都市下水や汚濁水が農業用排水路へ流入している地区
 - ・宅地や道路の造成により排水不良農地が出現している地区
 - ・地盤沈下に起因する排水不良が発生している地区
 - ・外水位の影響により湛水の生じている地区
- (3) 都市下水道計画等他事業との共同施工の必要性、有利性の有無等、周辺地域を含めた開発構想を踏まえ、広い視点に立って多角的に計画内容を検討する。

3.2.2 排水路網の設定

排水路網は、排水口位置の決定及び排水路の配置の二つの要件から設定する。

(1) 排水口の位置の決定

受益区域の排水の良否は、排水口がその機能を十分に果たしているか否かによって左右される場合が多い。さらに、排水口の機能は、位置の条件に左右される。したがって、排水口の位置は、注意深く検討し、決定する必要がある。排水口の位置決定に当たっては、以下の事項に留意する。

- ア 排水口の位置は、通常地区内の最も低い場所か又はその近傍を選ぶ。
- イ 排水本川に出来るだけ近く、かつ排水本川の水位が低い場所を選定する。この場合、排水本川の計画外水位を基準とする。
- ウ 排水口やその放水路に土砂の堆積が生じにくい場所を選定する。
- エ 受益区域内の湛水状況を推定し、その結果によっては排水口を排水本川の下流側に移転させて湛水を解消させる方策も位置決定の要因として検討する。
- オ 位置の変更が不可能な場合は、排水水門及び機械排水を含めて位置の検討を行う。

カ 遊水池設置の可能性を含めて、排水口の位置を検討する。

(2) 排水路の配置

排水路の配置は、表-3.4に示す事項を考慮して検討する。

表-3.4 排水路の配置条件

選定条件		対策例
①内水位が外水位より高いか等しい場合	排水路の能力が不足している場合	<ul style="list-style-type: none"> ・現況排水路を改修し、通水能力の増大を図る。 ・排水系統の一部又は全部を変更し、排水能力に余裕のある排水路へ切り替える。 ・新規水路を増設する。 ・背後地と受益区域の間に承水路を設け、放水路により排水する。
	排水口の排水能力が不足している場合	<ul style="list-style-type: none"> ・現況排水口を改修し、通水能力の増大を図る。 ・排水系統の一部又は全部を変更し、排水能力に余裕のある排水口へ切り替える。 ・現況の排水口地点の外水位が高く自然排水が不可能な場合、排水口を下流に移動する。 ・排水口の出口が漂砂等により閉塞される場合は、導流堤、暗渠等の防止施設を設ける。
②外水位が一時的に内水位より高くなる場合		<ul style="list-style-type: none"> ・内外水位の洪水到達時間に差のある場合、また、外水位が短時間（24時間以内）に内水位より高くなる場合は、受益区域外堤防の排水口に逆水門を設置し、外水の浸入を防ぐ。 ・受益区域外の堤防の設置と排水口の位置の移動により外水の浸入を防ぎ、排水口を下流に移動して自然排水が可能にする。 ・外水の浸入と背後地からの流出等による排水不良の場合は、承水路と放水路で背後地の流出水を受受益区域外に排水し、堤防と水門で外水の浸入を防ぐ。受益区域内排水路を放水路として使用する場合は、排水路の両岸に地区内堤防と水門を設け、背後地の流出と外水の浸入を防ぐ。
③高位部と低位部に分割でき、高位部のみ自然排水が可能な場合		<ul style="list-style-type: none"> ・低位部に外水が浸入する場合、高位部は放水路により受益区域外へ自然排水し、低位部は逆水門の設置又はポンプにより機械排水する。 ・放水路が受益区域内の低位部を通る場合又は受益区域内の幹線排水路を共有する場合は、低位部への浸入を防ぐための放水路の両側に堤防を設ける。
④内水位が外水位より低い場合		<ul style="list-style-type: none"> ・外水位が内水位を超える時間が長い場合は、堤防及び逆水門の設置により外水の浸入を防ぎ、内水位が計画基準内水位を超える場合はポンプにより機械排水を行う。 ・土地条件が許す場合は、内水を一時遊水池に貯留して、内水位の調節、ポンプ容量の節減を図る。 ・排水本川の上流部に防災ダムを建設して洪水のピークカットをしたり、中下流部の河川改修を行ったりして、外水位の抑制を図る。
⑤排水口の出口が海で、河口が漂砂等によって閉鎖する場合		<ul style="list-style-type: none"> ・漂砂粒径や浜勾配が小さく、海浜高位部の漂砂移動が少ない場合、河口の汀線より内陸へ河川両岸又は片側を護岸する。 ・洪水量に比べ、平水量、濁水量が少なく、かつ、かなり波の荒い場合は、汀線より海側に向かって導流堤を設ける。 ・潮差及び汀線の変化が少ないところで、計画排水量があまり小さくなく、漂砂の堆積がかなり高くなる場合は河口暗渠によって排水する。 ・内外水位の差が小さく、河口処理が困難な場合は機械排水による。この場合は、ポンプ排水量が少なくなるよう、排水水門の設置等を検討する。

3.2.3 計画排水量と排水系統図

(1) 計画排水量

受益区域の排水系統を構成する排水路の計画排水量は、同一水系の排水系統について、単位排水量の値が全線の各断面にわたってすべて等しいことを原則とする。

ア 単位排水量

単位排水量は、排水系統の下流端地点を基準点とし、その地点の洪水ピーク流出量（計画洪

水時排水量) から式(3.8)により求める。基準点は、図-3.8 に示すように、同一の系統ごとに設定する(洪水ピーク流出量の詳細は、「8. 洪水ピーク流出量の計算」を参照)。

$$q = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (3.8)$$

ここに、 q : 単位排水量 ($\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$)

Q : 基準点の洪水ピーク流出量 (計画洪水時排水量 (m^3/s))

A : 基準点における流域面積 (最下流端地点における排水系統の全面積 (km^2))

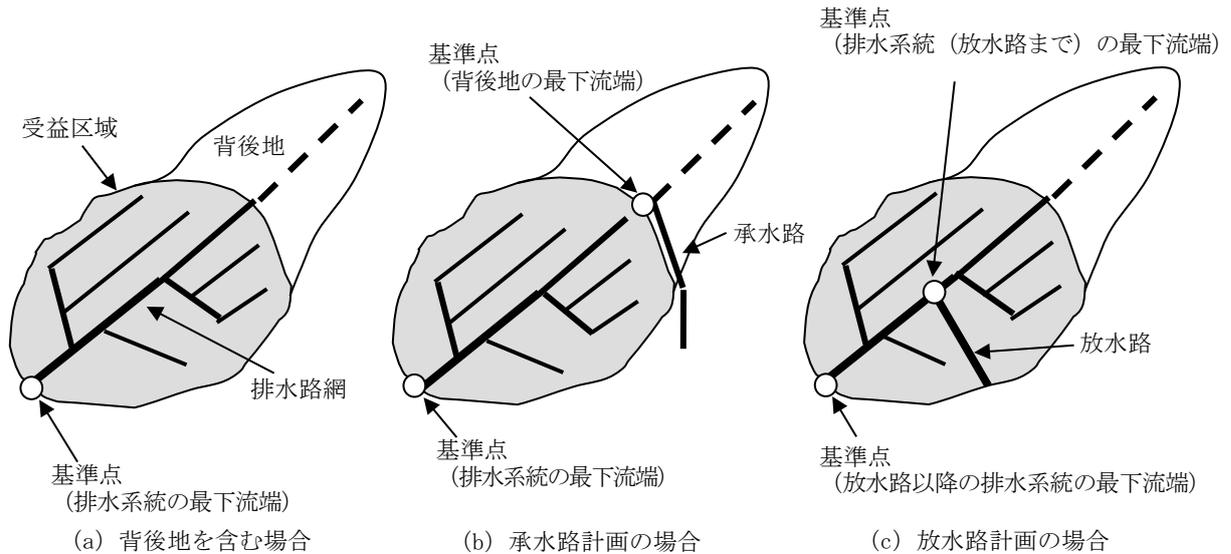


図-3.8 排水路網と基準点

イ 排水路の計画排水量

排水系統を構成する排水路の各路線の計画排水量は、路線別の支配面積と式(3.8)による単位排水量との積によって求める。

ウ 遊水池を含む場合の計画排水量

図-3.9 に示すように、単位排水量 q ($\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$) の排水系統において、排水路の途中に遊水池を計画する場合、排水路 B の計画排水量は洪水調節効果を考慮する必要がある。

このような場合の単位排水量は、以下のようにして求める。

- (ア) 遊水池の上流地点に基準点を設け、この地点の流域面積に対する洪水ハイドログラフを求める(洪水ハイドログラフ検討の詳細は「9. 洪水ハイドログラフの計算」を参照)。
- (イ) 図-3.10 に示すように遊水池について、排水路 A からの洪水ハイドログラフを流入量とし、排水路 B の能力を流出量とする水収支計算を行い、排水路 B の計画排水量を求める。
- (ウ) 排水路 B の下流端で排水路 C からの流出量に加わる場合は、排水路 C の支配面積と単位排水量との積から求めた排水量を加える。

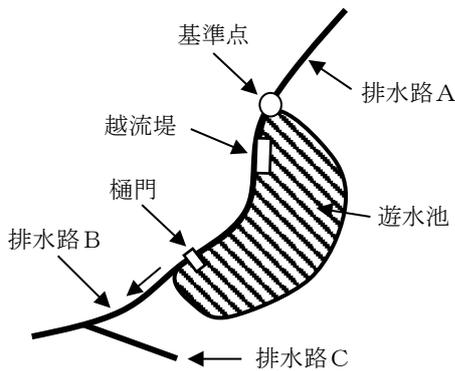


図-3.9 遊水池を含む場合の排水系

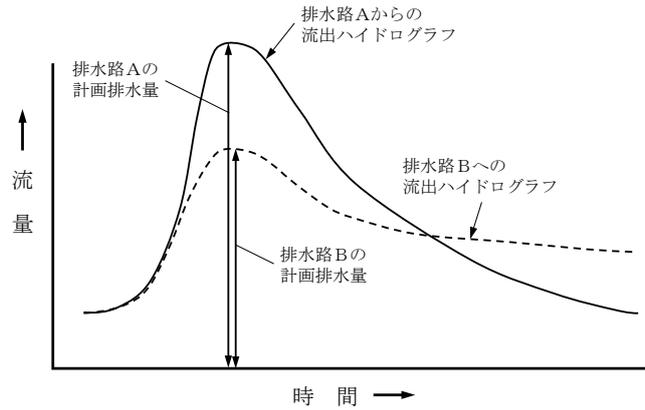


図-3.10 遊水池上下流の計画排水量

(2) 排水系統図

排水系統図は、それぞれの排水路及び排水施設が負担する計画排水量を体系的に明らかにすることを目的として作成する。

計画排水系統図の作成に当たっては、縮尺1/5,000~1/25,000の地形図に以下の事項に留意して、受益区域において各排水ブロックと計画施設が明確になるようにする。

- ① 受益区域を表示（排水改良受益界がわかるように着色）すること。
- ② 排水系統別に適宜着色し、計画施設（ポンプ場、排水路等）を「(P)」、「=」等の記号で表示すること。

また、計画排水系統図を基に、模式的に施設及び水路名、流域面積、受益面積並びに計画排水量を記入した排水系統模式図を作成する。なお、計画排水系統図及び模式図は、必要な範囲を図示し、施設名を明記するほか、系統名を記入する。

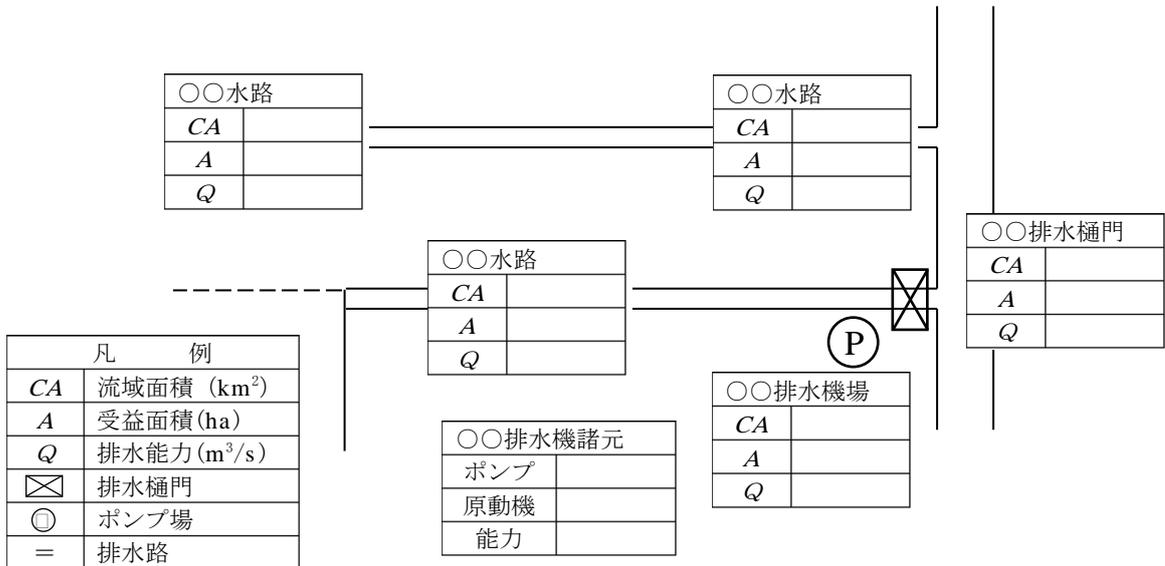


図-3.11 計画排水系統模式図の例

参考文献

1) 農林水産省農村振興局整備部設計課：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」、農業農村工学会、p. 488 (2014)