

土地改良事業計画設計基準及び運用・解説

計 画

「排水」

基準

基準の運用

基準及び運用の解説

付録 技術書

令和 7 年 4 月



7 農 振 第 63 号
令和 7 年 4 月 10 日

各 地 方 農 政 局 長 殿
国 土 交 通 省 北 海 道 開 発 局 長 殿
内 閣 府 沖 縄 総 合 事 務 局 長 殿
北 海 道 知 事 殿

農 林 水 産 事 務 次 官

土 地 改 良 事 業 計 画 設 計 基 準 計 画 「 排 水 」 基 準 に つ い て

土地改良事業の実施に当たり、排水に係る計画を作成する際に遵守すべき基本的事項について、別添のとおり土地改良事業計画設計基準計画「排水」基準が定められたので、土地改良事業の実施に当たっては遺漏のないようにされたい。

これに伴い、土地改良事業計画設計基準 計画「排水」基準について（平成 31 年 4 月 4 日付け 30 農振第 4124 号農林水産事務次官依命通知）は廃止する。

以上、命により通知する。



7 農 振 第 64 号
令和 7 年 4 月 10 日

各 地 方 農 政 局 長 殿
国 土 交 通 省 北 海 道 開 発 局 長 殿
内 閣 府 沖 縄 総 合 事 務 局 長 殿
北 海 道 知 事 殿

農 村 振 興 局 長

土 地 改 良 事 業 計 画 設 計 基 準 計 画 「 排 水 」 基 準 の 運 用 に つ
い て

土 地 改 良 事 業 計 画 設 計 基 準 計 画 「 排 水 」 基 準 (令 和 7 年 4 月 10 日
付 け 7 農 振 第 63 号 農 林 水 産 事 務 次 官 依 命 通 知) が 制 定 さ れ た こ と に 伴
い、土 地 改 良 事 業 計 画 設 計 基 準 計 画 「 排 水 」 基 準 の 運 用 に つ い て 別
添 の と お り 定 め た の で、土 地 改 良 事 業 の 実 施 に 当 た っ て は 遺 漏 の な い
よ う に さ れ た い。

こ れ に 伴 い、土 地 改 良 事 業 計 画 設 計 基 準 計 画 「 排 水 」 基 準 の 運 用
に つ い て (平 成 31 年 4 月 4 日 付 け 30 農 振 第 4126 号 農 村 振 興 局 長 通 知)
は 廃 止 す る。



7 農 振 第 65 号
令和 7 年 4 月 10 日

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

農村振興局整備部設計課長

土地改良事業計画設計基準 計画「排水」基準及び運用の
解説、技術書について

土地改良事業計画設計基準 計画「排水」基準（令和 7 年 4 月 10 日
付け 7 農振第 63 号農林水産事務次官依命通知）及び土地改良事業計画
設計基準 計画「排水」基準の運用（令和 7 年 4 月 10 日付け 7 農振第
64 号農村振興局長通知）が制定されたことに伴い、土地改良事業計画
設計基準 計画「排水」基準及び運用の解説、技術書について、別添
のとおり作成したので、土地改良事業の実施に当たって参考とされた
い。

これに伴い、土地改良事業計画設計基準 計画「排水」基準及び運
用の解説について（平成 31 年 4 月 4 日付け 30 農振第 4127 号農村振興
局整備部設計課長通知）、土地改良事業計画設計基準 計画「排水」基
準及び運用の解説について（令和 2 年 2 月 28 日付け元農振第 2861 号
農村振興局整備部設計課長通知）及び土地改良事業計画設計基準 計
画「排水」技術書について（令和 2 年 2 月 28 日付け元農振第 2860 号
農村振興局整備部設計課長通知）は廃止する。

目 次

1. 制定の趣旨	i
2. 土地改良事業計画設計基準 計画「排水」 基準、基準の運用、基準及び運用の解説	1
3. 付 録 技術書	153

制 定 の 趣 旨

1. 制定の趣旨

排水に係る計画基準は、昭和29年12月1日に農林省農地局による「土地改良事業計画設計基準 第2部 計画 第2編 排水」の制定に始まり、平成31年4月4日に「土地改良事業計画設計基準 計画 排水」として全面的に改められ制定された。

その後、現行基準が制定されてから5年以上が経過し、この間、令和6年の食料・農業・農村基本法（平成11年法律第106号）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」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。

このような動きを踏まえ、近年、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、その方法を排水に係る土地改良事業の計画に反映するため、今般、本基準の内容を改めて制定した。主な内容は以下のとおり。

・「基準本文」

事業計画作成に必要な概査及び精査において、調査項目である「気象及び水文」に加え、今後は研究開発された気候予測データを調査し活用するため、調査の対象に「気候」を明記した。

・「基準の運用」及び「基準及び運用の解説」

計画基準降雨を推定する際には、気象観測資料の実績降雨に基づく確率降雨量に、気候予測資料により求めた降雨量変化倍率を乗じることを基本とすることとし、これを明記した。また、計画基準降雨は、適切な理由があれば、上記の降雨量変化倍率を用いずに近年の降雨資料（気象観測資料）を用いて推定することも可能であること、上下流で整備水準の整合を図ることにも留意が必要であることを明記した。

2. 制定の経緯

本基準の制定に当たっては、令和6年10月10日に食料・農業・農村政策審議会に諮問し、同審議会農業農村振興整備部会技術小委員会に付託され、2回の審議（令和6年11月25日、令和7年3月28日）を経て、令和7年3月28日に基準（案）が適当である旨を食料・農業・農村政策審議会に報告、同日付で同審議会から答申がなされた。

なお、本基準作成の際には、学識経験者より意見を聴取した上で、農村振興局関係課、地方農政局、国営事業所及び都道府県の土地改良事業関係者等に基準（案）の査読を依頼し、さらに、パブリックコメントを行った。

3. 計画基準について

計画基準は、計画基準が本来有すべき規範性と、技術に求められる即時性、柔軟性、選択性等を確保するため、①基準本文（事務次官依命通知）、②基準の運用（農村振興局長通知）、③基準及び運用の解説、④技術書の四つで構成されている。

これらのうち、地域の特性、個別の現場条件等にかかわらず、全ての計画において遵守すべき事項として、

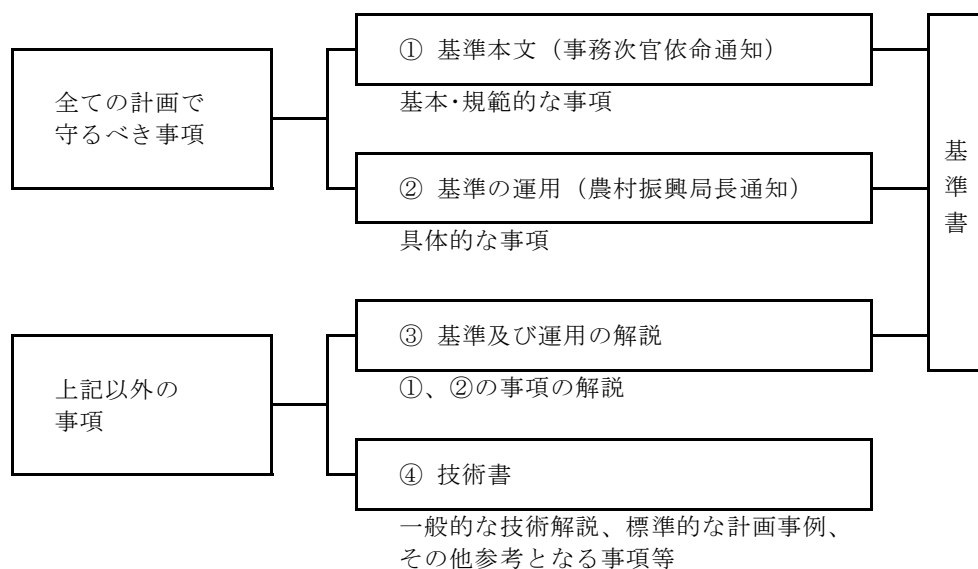
①基準本文には基本・規範的な事項

②基準の運用には基準本文の具体的な事項

をそれぞれ規定する。

また、①基準本文、②基準の運用に規定した事項について、根拠や背景等を明確にし、それらの適切な運用及び技術の向上を図る観点から、③基準及び運用の解説を整備する。

さらに、①基準本文、②基準の運用で一律に定めない事項、地域の特性、現場の条件等によって選択性のある事項、一般的な技術解説、標準的な計画事例、その他参考となる事項等については、④技術書として整備する。



土地改良事業計画設計基準及び運用・解説

計 画

「排水」

基準

基準の運用

基準及び運用の解説

目 次

基準（事務次官通知）

基準の運用（農村振興局長通知）

第1章 総 論

1.1 この基準の目的	1.1 基準の運用の目的	4
1.2 排水事業の目的	1.2 排水事業の目的	12
1.3 事業計画作成の基本	1.3 事業計画作成の基本	14
	1. 事業計画作成の基本	14
	2. 事業計画作成に当たっての留意事項	18

第2章 調 査

2.1 調査の基本と手順	2.1 調査の基本と手順	32
2.2 概 査	2.2 概 査	36
2.3 精 査	2.3 精 査	42
	1. 気候、気象及び水文状況	44
	2. 土地状況	48
	3. 水利状況	50
	4. 地域農業状況	54
	5. 周辺環境	56
	6. 関係農家等の意向	56

第3章 計 画

3.1 事業計画作成の手順	3.1 事業計画作成の手順	58
3.2 基本構想	3.2 基本構想	60
	1. 受益区域と排水系統の概定	62
	2. 営農・土地利用計画の概定	64
	3. 主要工事計画の概定	64
	4. 環境との調和への配慮方針の概定	68
3.3 一般計画	3.3 一般計画	70
3.3.1 一般計画の作成	3.3.1 一般計画の作成	70
3.3.2 受益区域の設定	3.3.2 受益区域の設定	72
3.3.3 営農・土地利用計画	3.3.3 営農・土地利用計画	74
3.3.4 受益区域の排水系統	3.3.4 受益区域の排水系統	76
	1. 排水状況診断	76
	2. 排水系統	78
3.3.5 排水方式	3.3.5 排水方式	80
	1. 自然排水方式	82
	2. 機械排水方式	84
	3. 自然排水方式と機械排水方式の組合せ	86

3.3.6 計画基準値	3.3.6 計画基準値 ……88
	1. 計画基準内水位 ……90
	2. 計画基準降雨 ……92
	3. 計画基準外水位 ……96
3.3.7 計画排水量	3.3.7 計画排水量 ……98
	1. 計画排水量の計算手法 ……100
	2. 計画排水量の計算手順 ……102
	3. 計画洪水ピーク流出量の計算 ……104
	4. 洪水ハイドログラフの計算 ……104
	5. 計画常時排水量の計算 ……106
3.3.8 環境との調和への配慮方針	3.3.8 環境との調和への配慮方針 ……108
3.4 主要工事計画	3.4 主要工事計画 ……110
3.4.1 主要工事計画の作成	3.4.1 主要工事計画の作成 ……110
3.4.2 排水路	3.4.2 排水路 ……114
	1. 排水路の配置 ……114
	2. 排水路の構造 ……116
	3. 排水路の勾配 ……118
	4. 護岸工 ……118
	5. 落差工、急流工 ……120
	6. 合流工、落口工 ……120
3.4.3 排水水門	3.4.3 排水水門 ……122
	1. 排水水門の位置 ……122
	2. 排水水門の水門型式選定 ……122
	3. 断面の決定 ……124
	4. 流量計算 ……126
3.4.4 ポンプ場	3.4.4 ポンプ場 ……128
	1. ポンプ場の設置位置と構造 ……128
	2. ポンプの組合せ ……130
	3. 揚程 ……130
	4. ポンプ形式の選定 ……132
	5. ポンプの据付高さと回転速度 ……134
	6. 原動機 ……134
	7. 吸込水槽と吐出し水槽 ……136
	8. 監視操作制御設備及び電源設備 ……136
	9. 附帯設備 ……138
3.5 管理計画	3.5 管理計画 ……140
3.6 事業計画の評価	3.6 事業計画の評価 ……148

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
第1章 総論 1.1 この基準の目的 この基準は、土地改良法（昭和24年法律第195号）に基づく農業用の排水施設に係る土地改良事業計画（以下「事業計画」という。）の作成に当たり必要となる調査計画手法の基本的事項を定め、土地改良事業の適正かつ効率的な施行に資することを目的とする。	第1章 総論 1.1 基準の運用の目的 農用地を含むある限定された地域内の農業用の排水施設に係る土地改良事業計画（以下「事業計画」という。）は、土地改良事業計画設計基準・計画「排水」（以下「基準」という。）とこの基準の運用により作成する。 この基準の運用は、調査・計画作業の手順、事業計画作成の考え方及び適用すべき技術的基礎諸元の基本的事項を定めたものであり、この基準の運用の適用に当たっては、自然的・社会経済的諸条件の異なる個々の事業計画を画一的に拘束するものではなく、地域の実情や技術の進展等に応じて創造的に対処することが必要である。 また、基準と関連するその他の土地改良事業計画設計基準等については、相互に組み合わせて適用する。

基準及び運用の解説

1.1 基準及び運用の解説の適用

土地改良事業計画設計基準・計画「排水」（以下「基準」という。）1.1及び基準の運用（以下「運用」という。）1.1では、基準及び運用の目的を規定するとともに、その位置付けを明らかにしている。

1. 基準及び運用の適用

基準及び運用は、土地改良事業の内容に事業間の齟齬や精粗の差をきたすことなく、一貫した考え方の下で効率的に計画作成を行い、土地改良事業の適正かつ効率的な施行に資するとともに、土地改良法の目的及び原則が達成されるよう、基幹的な排水施設整備に係る土地改良事業計画（以下「事業計画」という。）の作成に当たって必要となる調査計画手法の基本的事項とその運用を定めたものである。

なお、基準及び運用で定めていない事項については、この基準及び運用の解説（以下「解説」という。）、別途作成している土地改良事業計画設計基準・計画「排水」技術書（以下「技術書」という。）、関連する技術文献等を参照して、計画担当者が的確な判断を個別に行っていく必要がある。

2. 取り扱う範囲

この基準では、ほ場の排水条件を支配する基幹的な排水施設の事業計画について取り扱うが、地域の排水の外部条件、すなわち外水位の変動を支配する流域の治水計画については原則として対象としない。また、ほ場の地表排水施設については、土地改良事業計画設計基準・計画「ほ場整備（水田）」及び「ほ場整備（畑）」で取り扱われているので、ここでは、ほ場の用排水との関連を示すにとどめる。ほ場の暗渠排水についても、土地改良事業計画設計基準・計画「暗渠排水」で、取り扱われているので関連を示すにとどめる。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基準及び運用の解説

3. 基準に関連する土地改廃事業計画設計基準等

本基準に関連する土地改廃事業計画設計基準等は、表-1.1.1のとおりである。

表-1.1.1

関連基準等

土地改廃事業計画設計基準・計画「暗渠排水」（平成29年5月）
土地改廃事業計画設計基準・計画「ほ場整備（水田）」（平成25年4月）
土地改廃事業計画設計基準・計画「ほ場整備（畑）」（平成19年4月）
土地改廃事業計画設計基準・計画「水質障害対策」（昭和55年8月）
土地改廃事業計画設計基準・計画「農地地すべり対策」（令和4年5月）
土地改廃事業計画設計基準・設計「水路工」（平成13年2月）
土地改廃事業計画設計基準・設計「ポンプ場」（平成9年1月）
土地改廃施設管理基準「排水機場編」（平成20年9月）
農業農村整備事業における環境との調和への配慮の基本方針（平成14年3月）
環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き（平成14年2月～平成16年5月）
環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針（平成27年5月）
農業農村整備事業における景観配慮の手引き（平成18年8月）
農業農村整備事業における景観配慮の技術指針（令和7年4月）

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基準及び運用の解説

4. 用語の定義

本基準で用いる用語の定義は以下のとおりである。

また、事業計画範囲の概念図は、図-1.1.1のとおりである。

(1) 受益区域

排水計画において排水改良の対象となる区域（非農用地を含む。）をいう。

(2) 受益面積

原則として受益区域内の農振農用地を対象とする。

(3) 内部流域

受益区域外の流域からの流出水が受益区域に流入し、受益区域の内水位に影響を及ぼす場合、その流域と受益区域を併せて内部流域という。計画基準降雨及び計画排水量を求めるためには、内部流域の気候、気象及び水文資料が必要である。

(4) 外部流域

受益区域外の流域からの流出水が、受益区域の外水位に直接影響を与える場合、その流域を外部流域という。通常、排水本川の流域がこれに当たる。計画基準外水位を決めるには、外部流域の気象及び水文資料が必要である。

(5) 内水

内部流域からの流出水や地下水で、受益区域の内水位に影響を及ぼすものを内水という。

(6) 外水

外部流域からの流出水や地下水で、受益区域の排水に影響を及ぼすものを外水という。

(7) 排水本川

受益区域内の過剰水の排出先となっている河川、湖沼、海等の総称をいう。排水本川の水位（又は潮位）が外水位である。

(8) 計画基準降雨（降雨量及び降雨波形）

計画排水量を算定するために基準となる計画上の降雨をいう。計画基準降雨が内部流域にあったとき、これを安全に排除するように排水計画が作られる。

(9) 計画基準外水位（又は計画外水位）

計画排水量を算定するために基準となる計画上の外水位をいう。排水本川の水位が計画基準外水位のレベルにある状態を考え、内水を安全に排除するように排水計画が作られる。

(10) 計画基準内水位

排水計画を作る際、排水の目標とする内水位をいう。洪水時には、計画基準降雨と計画基準外水位の条件下で、内水位が計画基準内水位を超過しないように排水計画が作られる。

(11) 計画排水量

受益区域の内部から外部への排水能力の大きさを表す計画上の排水量をいう。計画排水量をその区間の支配流域面積で割った計画単位排水量は、各区域の排水の強さを表すのに適する。

(12) 設計流量

排水施設の規模を決定する際に基本となる流量をいう。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基準及び運用の解説

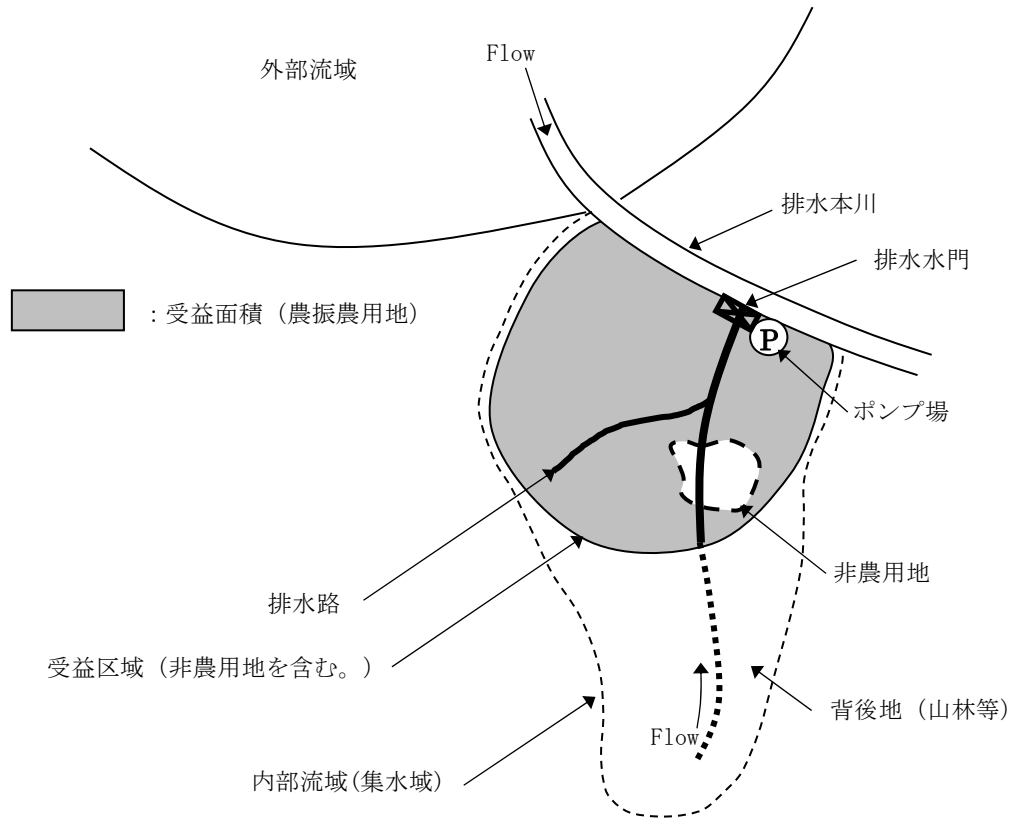


図-1.1.1 事業計画範囲の概念図

【関連技術書等について】

技術書には、各種の関連技術を掲載しているので参照されたい。

以降、この欄において、それぞれの基準、運用及び解説に規定する事項に関連する技術書や参考資料を列挙するので参照されたい。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
1.2 排水事業の目的 農業用の排水施設に係る事業（以下「排水事業」という。）は、農用地の過剰な水を排除し、農業生産性の向上、農業生産の多様化及び農業構造の改善に資するとともに、気候変動等の影響により激甚化する豪雨及び大規模地震の発生並びに農村地域の都市化及び混住化の進行等に起因した農用地及び農業用施設への被害を未然に防止し、又は軽減することによって、農業生産の維持及び農業経営の安定を図り、併せて国土の保全に資することを目的とする。	1.2 排水事業の目的 農業用の排水施設に係る事業（以下「排水事業」という。）は、農用地の過剰な水を排除して、農作物を湿害から守り、土地利用の安定性の増大及び農用地の生産力の向上を通じて、農業生産性の向上、農業生産の多様化及び農業構造の改善を図ることを目的とする。 また、気候変動等の影響により激甚化する豪雨及び大規模地震の発生並びに農村地域の都市化及び混住化の進行等の自然的・社会的状況の変化等に起因して、 ① 農業用の排水施設の機能が低下することで災害のおそれ が広域的に生じている地域において、その機能を回復して 災害の未然防止又は軽減を図ること ② 農業用排水施設等の機能が低下し、農用地が排水不良 になることにより、農作物の生育不良等の被害が発生して いる地域において、その機能を回復して被害を防止するこ と により、農業生産の維持及び農業経営の安定を図り、併せて 国土の保全に資することを目的とする。

基準及び運用の解説

1.2 排水事業の目的

基準1.2及び運用1.2では、排水事業の目的について規定している。

排水事業の一般的な目的は、過剰な地表水及び土壌水の排除を行うことである。これらを達成することによって、以下のような効果を期待する。さらに、これらの効果は受益者や地域住民等の関係者に対する経済的、社会的な利益につながっていくものである。

- ① 土地利用の安定性の増大及び高度化・汎用化
- ② 農用地の生産力の向上
- ③ 農作業の労働環境の改善
- ④ 住民の生活環境の改善
- ⑤ 災害の未然防止又は軽減

排水事業の目的を設定する場合には、地域の意向を十分把握した上で、達成すべき目的を具体的な形で示すことが重要である。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
1.3 事業計画作成の基本 事業計画の作成を効率的かつ効果的に行うため、あらかじめ必要な調査を行い、長期的な見通しの下、地域の自然条件及び社会経済条件を考慮の上、基本構想を定め、環境との調和に配慮しつつ総合的な観点から十分な検討を行わなければならない。	1.3 事業計画作成の基本 1. 事業計画作成の基本 事業計画作成の検討を総合的な観点から行うに当たっては、排水事業の目的を達成するために、どのような方針で排水を行うかが最も重要な点であって、これによってその排水事業の効果が大きく左右される。 排水対策の事業計画作成における基本的な事項として、以下を検討する。 ① 内部流域の設定 ② 排水本川（又は排水口）の選定 ③ 受益区域内の過剰水を排水口に集める方法 ④ 排水方式の選定と施設規模 ⑤ 排水効果の期待度 ⑥ 関連事業計画等との調整 このような基本的事項は、調査によって得られた多くの情報に基づいて定められるものであり、排水不良による障害の種類、頻度、程度、その原因等を考慮しつつ検討する。事業計画の作成に当たっては、基本構想を作成し、これに沿った複数の計画素案を立案し、その比較検討から最適な案を選定する。 この際、計画基準降雨を超過する場合に被害を軽減する観点及び施設のライフサイクルコストの低減を図る観点が重要である。

基準及び運用の解説

1.3 事業計画作成の基本

基準1.3及び運用1.3では、事業計画作成の基本について規定している。

1. 事業計画作成の基本

(1) 事業計画作成の手順

事業計画の作成の手順は、図-1.3.1のとおりである。

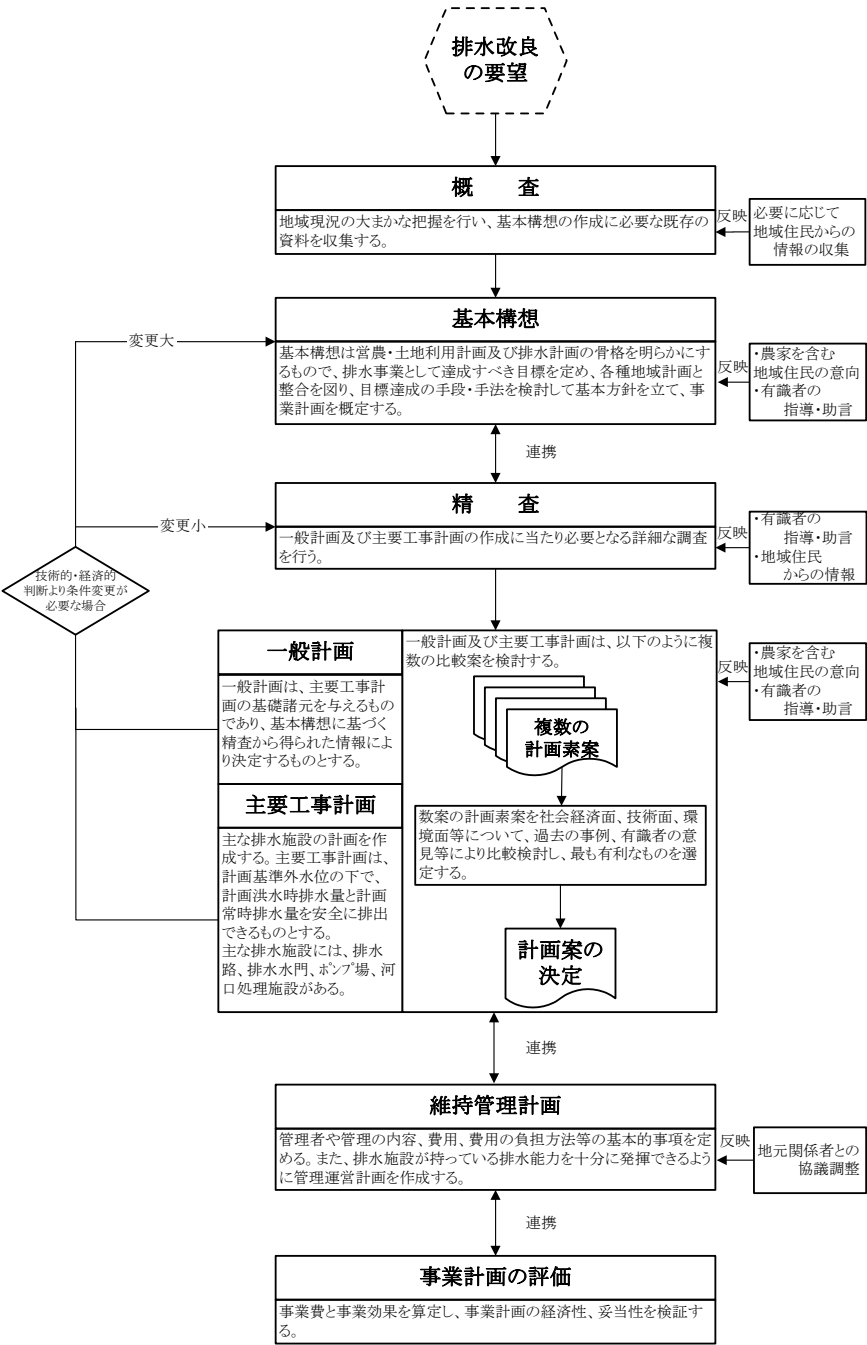


図-1.3.1 事業計画作成の手順

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基準及び運用の解説

このうち、主要工事計画では、ライフサイクルコストの低減を図る機能保全対策及び浸水被害を軽減する対策を検討するとともに、維持管理計画では、長期にわたって排水施設の機能を維持するため、施設の長寿命化を図る保全管理を検討することが重要である。

(2) 排水不良の原因

一般に、排水不良の原因となる過剰水としては、降雨や、受益区域の背後地及び排水本川から受益区域に地表水又は地下水として浸入する水がある。地表水として浸入する水は、背後地からの流入、かんがい用水の流入、宅地等からの流出、排水本川(排水口)からの逆流、海岸堤防を超える波等がある。

これらの過剰水に対して適切な対策を講じる必要がある。現況で過剰水が排除できない主な理由としては、表-1.3.1のようなものがある。

表-1.3.1 過剰水が排除できない理由

原因区分	原因の内容
ア. 排水系統によるもの	① 排水路の数の不足 ② 排水路の位置が不適當 ③ 排水路の線形が不適當 ④ 排水本川と排水路の合流位置が不適當 ⑤ 内水位が外水位より低い、内水位と外水位の差の不足
イ. 排水施設によるもの	① 排水路勾配が不十分又は凹凸 ② 法面状況の乱れ ③ 排水口が閉塞又は狹隘、位置が不適當 ④ 排水路の通水断面不足 ⑤ 排水水門の通水断面不足、ポンプの能力不足 ⑥ 施設の老朽化 ⑦ 排水路が浅く、地下水の排除が困難 ⑧ 河口閉塞
ウ. 排水管理によるもの	① 法面の崩壊、土砂の堆積、雑草の繁茂、ごみの堆積等による断面不足
エ. 人為的なもの	① 土地利用の変化、地域の開発に伴う流出量の増加 ② 地盤沈下 ③ 河川工事等による外水位の上昇 ④ 排水慣行による排水量の抑制 ⑤ 反復利用に伴う排水路の堰上げ ⑥ 用水確保のための人為的な滞水

これらの排水不良を解消する対策を考える際の基本的な方法として、以下のような方法がある。

- ① 承水路等を設置し、受益区域の背後地や排水本川から受益区域に流入しようとする水を外水として処理すること
- ② 内水の排出を促進すること
- ③ 受益区域内で内水の流動を促進したり、抑制したりして過剰水が局所的に集中しないようにすること

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	2. 事業計画作成に当たっての留意事項 事業計画作成の際に考慮しなければならない留意事項は、以下のとおりとする。 ① 受益区域 ② 内部流域 ③ 洪水時排水及び常時排水 ④ 排水本川 ⑤ 排水慣行 ⑥ 内水位及び外水位 ⑦ 用水及び排水 ⑧ 河口改良 ⑨ 既存施設の機能診断結果等の把握 ⑩ ほ場整備計画との整合 ⑪ 環境との調和への配慮

基準及び運用の解説

2. 事業計画作成に当たっての留意事項

事業計画を作成する際に考慮しなければならない事項及び留意事項は、以下のとおりである。

(1) 受益区域

計画の対象範囲である受益区域の設定を行うことは、地域の社会的・経済的効果の程度にも重大な影響を及ぼすので、いくつかの比較案について慎重に検討した上で決定することが必要である。

(2) 内部流域

一般に排水不良を起こしている地域は、受益区域内の降雨の影響ばかりでなく、受益区域外から流入する水の影響を受けていることが多い。そのため、受益区域に浸入する水を防ぐ防御線をどこに設定するかによって、内部流域の境界線が定まることが多い。

内部流域の設定は、通常これを越えて水が浸入しない位置が選ばれる。しかし、受益区域の背後地や排水本川から受益区域への浸入水が受益区域の排水不良に大きな影響を与え、かつ、それらの水を受益区域の水と一体的に処理することにより排水施設が過大となる場合は、受益区域になるべく水が浸入しないように堤防や承水路等の防御線を設けることを検討する。

(3) 洪水時排水及び常時排水

農用地の排水は、以下に示す洪水時排水と常時排水の二つの要素により構成される。両者の計画は、異なった計画基準値に基づいて別々に作成されるが、一般的に、排水施設は共用されることが多く、その性能については洪水時と常時の両方について、各々の条件を満足するように計画することが必要である。

洪水時と常時とでは水位や流量の大きさ又は変化状況等の排水の様相が大きく異なるので、事業計画の内容全般について、洪水時と常時を区別して策定する必要がある。

洪水時排水は、降雨や融雪による河川の氾濫水やほ場の湛水を排除して、農作物の湛水被害を少なくし、農用地の生産力を安定させ、土地利用の高度化を図るとともに、住民の生活環境を改善することができる。このため、洪水時排水では、非常時の排水を対象に事業計画を樹立する。

常時排水は、ほ場の地下水位を制御することにより、土壌の物理的・化学的性質及び農作物の根の生育環境を改良して土地生産性を向上させることができる。さらに、作物の選択幅が拡大することにより土地利用の安定性の増大と高度化が実現し、農作業の労働環境が改善され、労働生産性を向上させることができる。このため、常時排水では、日常の降雨による流出水、地下水、かんがい用水、宅地等からの流出水等を対象に事業計画を樹立する。

図-1.3.2に洪水時排水と常時排水の概念図を示す。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基準及び運用の解説

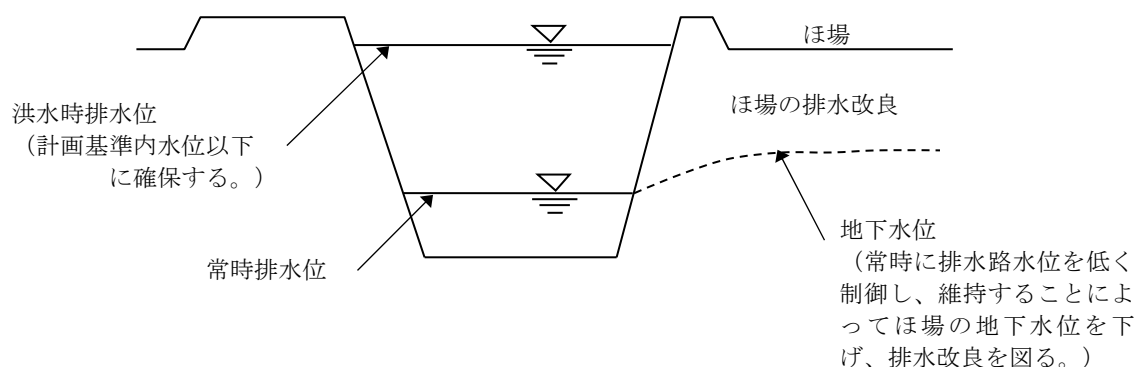


図-1.3.2 洪水時排水と常時排水の概念図

ア. 洪水時排水

洪水時には、内部流域から流出する流量が多くなるばかりでなく、外水位も高くなって受益区域外へ排出することも困難となり、湛水が起こる場合もある。洪水時の排水計画は、以下の事項を踏まえて作成する。

- (ア) 事業計画作成の際に用いる内部流域からの流出量は、計画基準降雨に対して適切な流出解析法を用いて計算する。
- (イ) 受益区域内において湛水現象を考慮しない場合は、洪水ピーク流出量を求め、これを用いて内水位解析又は水路断面設計を行う。
- (ウ) 受益区域内において湛水現象を考慮しなければならない場合は、洪水ハイドログラフを求めることが必要である。この場合には、洪水ハイドログラフと排水口の排出量及び湛水を考慮した排水解析を行い、内水位の推移を計算する。そして、この内水位が計画基準内水位を超過するか否かを検討して、排水改良の効果を判断する。
- (エ) 排水解析において、計画基準降雨、計画基準内水位及び計画基準外水位は、いずれも排水施設の規模に対して大きな影響を及ぼす非常に重要な因子である。
- (オ) 洪水時排水においては、特に計画基準内水位の決め方が、排水事業の所要経費と排水改良によって得られる便益（湛水被害軽減額）の値を決める重要なポイントとなる。また、計画基準内水位をどのように決めるかは受益区域内の土地利用の状況によって異なるので、洪水時排水の事業計画の規模も土地利用状況によって変化する。このように、土地利用と排水とは密接な関係を有するので、土地利用計画（水田の畑利用を含む。）と事業計画（下位の排水の計画との整合性を含む。）は相互に連携を保つことが必要である。

【関連技術書等】

技術書：「8. 洪水ピーク流出量の計算」
「9. 洪水ハイドログラフの計算」

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基準及び運用の解説

イ. 常時排水

常時には、受益区域内の排水路の水位は必要に応じていろいろな高さに調節される。そこで、この水位変動に対応するため、水位をどこまで下げるかを主眼として事業計画を作成する。常時の排水計画は、以下の事項を踏まえて作成する。

(ア) 常時の排水路の水位（常時排水位）や流量は季節によって変動するが、常時排水の計画では受益区域内の地下水位を最も低く保ちたい時期を考えて、計画基準値内水位を選定する。

(イ) 常時排水を計画する場合、受益区域内全域にわたって排水路の水位を所要の高さに保つことを目標とし、排水路内の定常流について水理計算を行い、排水路の断面や水路底高を定める。

(ウ) 常時排水の計画基準内水位は、暗渠排水と密接な関連をもっているため、常時排水の計画の作成に当たっては受益区域内の暗渠排水計画と連携を保つことが必要である。

(4) 排水本川

通常の事業計画では、排水本川の流水は制御できない与件として取り扱われることが多い。これは、外水を制御しようとする多額の経費がかかるばかりでなく、社会的な制約も多いからである。しかし、場合によっては排水本川の流水制御も含めて計画する方が有利なことがある。例えば、受益区域内を貫流する中小河川が上流部の山地流域からの流出によって氾濫する場合には、上流部の適当な場所に防災ダムを建設して洪水量のピークをカットしたり、中下流部の河川改修を行って洪水位を抑制することなどを検討する。また、受益区域内からの排水によって排水本川の流況に著しく影響を与えるおそれがあるときには、事業計画の一環として、その対策を検討することが必要である。

(5) 排水慣行

社会的な慣行によって排水の操作が制限されていて、このために排水不良が生じている場合、その排水慣行を現状のままとするか、あるいはこれを事業計画の中に取り込んで包括的に排水改良を図るかは、排水の基本構想を決める際の重要な要件であり、慎重な検討を要する。

【関連技術書等】

技術書：「10. 常時排水量の計算」

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基準及び運用の解説

(6) 内水位及び外水位

内水位と外水位の関係は、排水方式を選定する際の重要な判断材料であり、受益区域への雨水等の流入量と外水位の他に、受益区域からの排水量によって影響を受ける。このため、内水位と外水位の関係は、計画基準値に基づいて正確に把握しなければならない。

外水に対する防御線が設定された場合、内水（過剰水）の排除を直接に左右するのは、内水位と外水位との差である。したがって、事業計画作成において内水位と外水位とがどのように推移するかを想定してみることは、常時、洪水時を問わず、その事業計画の排水効果を判断するのに非常に有効である。これは、排水水門やポンプの規模を決定する計算の中でも有効に使われる重要な手法であるばかりでなく、事業計画の基本構想を定める際にも、機械排水がどの程度必要であるかの判断に使われる。

なお、内水位の推移は地形によって左右されるので、内水位と外水位の関係を追跡するためには、受益区域内の湛水位と湛水面積との関係をとらえておくことが必要である。

常時排水における内水位は、受益区域内から排水本川へ排出される際に水路や排水水門等によって生ずる流れの損失水頭を外水位に加算したものである。

一方、洪水時排水の内水位は、その上に受益区域内の貯留によって起こる湛水深が加わる。この湛水深は時間とともに変化するので、内水位がどこまで上昇するかを知るためには、湛水が始まる前から内水位がどのように推移するかを追跡することが必要である。

内水位と外水位の関係は、排水の条件によっていろいろな形となる。例えば、堤防によって外水の浸入を防ぎ、排水口に水門を設けて外水の逆流を防ぎつつ、自然排水を行う場合の内水位と外水位の関係は図-1.3.3のようになる。

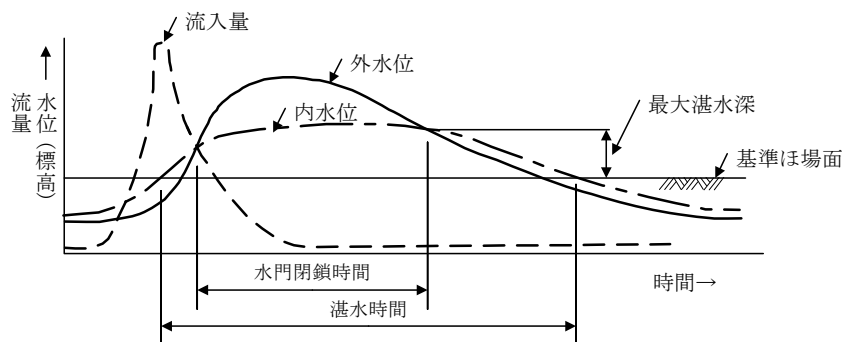


図-1.3.3 自然排水を行った場合の内水位と外水位の関係

この場合、外水位が内水位より高い間は水門を閉じているので、内水位を下げることはできない。もし、最大湛水深が許容湛水深を超過する場合や最大湛水時間が許容湛水時間を超過する場合には自然排水方式のみでは不可能と判断され、機械排水方式の検討が必要となる。

機械排水方式を採用すれば、水門を閉じている期間でも、受益区域内からポンプによって水が排出されるので内水位を下げるができる。例えば、機械排水を行った場合の内水位と外水位の関係は図-1.3.4のようになる。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基準及び運用の解説

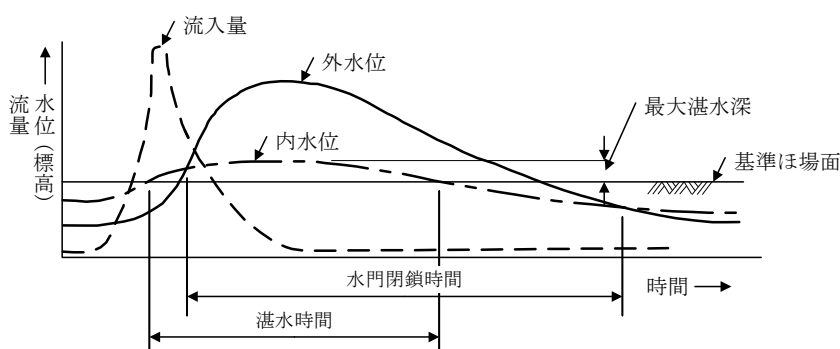


図-1.3.4 機械排水を行った場合の内水位と外水位の関係

(7) 用水及び排水

事業の実施によって農用地の用水形態に変化が生じるおそれがある場合は、用水計画も併せて検討しなければならない。用水量が増大して用水不足を生ずるおそれがあるときは、反復利用を行うなど用水計画も併せて検討する。現況で反復利用を行っている地域において用水計画を作成しない場合には、用水量に支障のない事業計画としなければならない。このとき、ポンプ取水の場合は適正な利用可能量を把握の上、適切なブロックとなるようにすることとし、自然取水の場合で排水路の堰上げ計画を行うものは、排水機能（乾田化等）に支障が生じないように留意する。

また、現況が用排兼用水路となっており、引き続き用排兼用水路として計画する場合には、用水としての水質について十分考慮する必要がある。

さらに、地区内の現況用排水系統を変更し、水利及び排水慣行を変更する場合は、用排水利用者と十分調整を行うとともに、事業実施により非かんがい期の通水や、地下水の状況が変化し、生態系等への影響が生じるおそれがある場合や地区周辺に地盤沈下等の重大な環境変化が生じるおそれがある場合等が予測されるときは、その対策についても事前に調整をしておく必要がある。

(8) 河口改良

ここでいう河口改良とは排水改良を目的として行われる河口処理のことで、河川の排水路としての機能を十分に維持し、又は改良するために施工される河口処理施設がその対象となる。排水本川の河口が漂砂、流砂のため閉塞して、これが受益区域の排水不良の主な原因となっている場合には、河口改良を含んだ事業計画を検討する必要がある。調査・計画に当たっては、「国土交通省河川砂防技術基準 計画編」等を参考にする。

(9) 既存施設の機能診断結果等の把握

これまで整備された施設は順次老朽化が進行し、耐用年数を迎える施設が増加していることから、主要工事計画や維持管理計画の作成に当たり、これらの計画に関係する既存施設の機能診断結果や補修履歴等について把握する必要がある。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基 準 及 び 運 用 の 解 説

(10) ほ場整備計画との整合

ほ場整備と併せて排水事業を行う場合において、計画排水量の算定に当たっては、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。

(11) 環境との調和への配慮

わが国の農村においては、水田等の農用地のほか、二次林、用排水路、ため池、農耕活動等によって維持管理された二次的自然と多様な生物相とによって自然環境が形成されるとともに、農村の景観が形成されてきた。これらの保全・回復を図ることが、国全体として良好な環境を維持・形成する上で重要である。

このうち水田地域は、生物の生息・生育の場、産卵場、餌場となるなど、生物の多様性を維持する機能をはじめ、洪水防止機能や水源かん養機能等の多面的機能を有している。排水路は、このような水田と河川、湖沼等との連続性を確保するものとして、生物の生息・生育の場であるだけでなく、その移動経路になっており生物の多様性の維持に重要な役割を果たしている。また、排水改良が必要な地域には、生物にとって重要な生息・生育環境である湿地が分布している場合も多い。したがって、調査・計画に当たっては、このような多面的機能や周辺環境との連続性に留意し、必要に応じて環境の保全についても検討する。

環境の要素には、大気、水、土壌等の自然的構成要素、動植物の個体やそれらが構成する生態系、さらに人と自然との豊かなふれあいの場や景観等が含まれる。このように土地改良事業で対象とする環境の範囲は大変幅広いので、事業計画の作成に際し対象とすべき環境要素や環境との調和への配慮対策を検討するに当たっては、市町村や受益農家を含む地域住民等の関係者の意向を取り入れたり、地域の有する資源を評価する取組を通じて環境との調和への配慮に関する地域の共通認識を作ったりすることが重要である。したがって、調査・計画の作成を行うに当たっては、地域住民等の関係者の意見を聴く機会を初期段階より設けることが望ましい。

また、配慮対策によっては、従来工法と比べて工事費の増嵩が生じたり、維持管理の労力や経費が増加したりする場合が考えられる。このため、配慮対策の水準や具体的な内容について、受益農家のみならず地域全体の問題として捉え、維持管理方法、費用の負担方法等について合意形成を図ることが望ましい。

さらに、客観性と透明性を確保しつつ事業の円滑な推進を図るために、調査・計画に際して、有識者等から環境に関する情報を収集することも重要である。

なお、地域によって自然的・社会経済的・文化的諸条件が異なっており、環境との調和への配慮について一般化した調査・計画手法を示すことが難しいことから、この基準においては基本的事項を記載している。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基準及び運用の解説

【関連技術書等】

技術書：「15. 環境との調和への配慮」

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き（第1編～第3編）（平成14年2月～平成16年5月）

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針（平成27年5月）

農業農村整備事業における景観配慮の手引き（平成18年8月）

農業農村整備事業における景観配慮の技術指針（令和7年4月）

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
第2章 調 査 2.1 調査の基本と手順 調査は、事業の規模等を勘案しつつ、内部流域の自然条件及び社会経済条件の特性が事業計画に反映されるよう適切な手順で実施するものとする。 このため、当該調査については、計画との連携を保ちつつ、合理的かつ効率的に進めることができるよう、予備的な調査として概査を行い、その結果を踏まえて、必要と認められる調査項目を明確にした上で精査を行うものとする。	第2章 調 査 2.1 調査の基本と手順 調査を合理的かつ効率的に行うためには、まず調査の範囲である内部流域の特性を巨視的に理解し、それに基づいて必要事項の詳細な調査を進めることとし、段階に応じて概査と精査に区分して行う。 概査とは、事業の必要性、技術的な可能性、経済的な妥当性等の判断を行うための現況把握等の予備的な調査をいう。 精査とは、事業計画の作成に要する資料の収集・分析について、その目的を明確にした上で行う詳細な調査をいう。 調査に当たっては、適当な縮尺の地形図を用意する。用意する図面は、地域全体を見渡し、受益区域の設定等を検討するための小縮尺図と、受益区域内の調査及び計画設計のための大縮尺図との2種類が必要である。 なお、「調査」と事業内容を表現する「計画」は、それぞれを関連させながら相互に補完し合い、全体の整合が保たれるよう作業を進める必要がある。

基準及び運用の解説

2.1 調査の基本と手順

基準2.1及び運用2.1では調査の区分及び手順の基本的事項について規定している。

1. 調査の基本

調査は、基本構想の作成に係る「概査」と事業の一般計画の作成に係る「精査」の2段階で行うが、各段階の調査内容は事業計画に合致した必要な精度が確保できるよう、計画担当者が適切に判断して行う。また、現地の状況に応じて、適宜必要な調査を行い、計画へのきめ細かな反映に努める必要がある。

2. 調査の手順

調査の一般的な手順は図-2.1.1のとおりであるが、地域の特性等を考慮しながら定めるものとする。

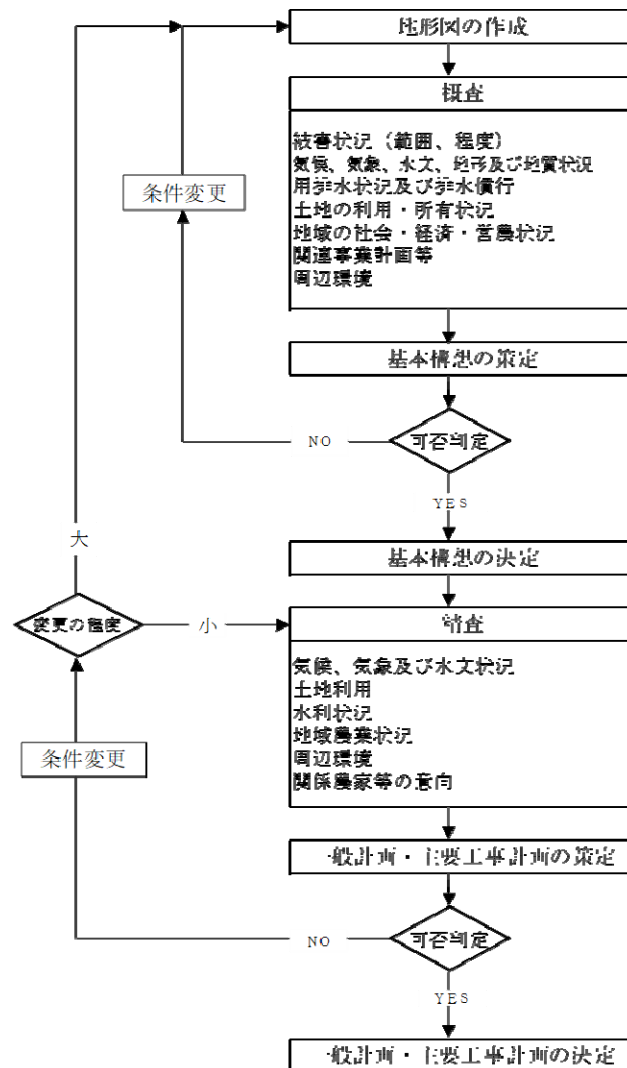


図-2.1.1 一般的な調査手順

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基準及び運用の解説

3. 地形図の作成

計画において、必要とする精度の地形図が国土基本調査、地籍調査、関連土地改良事業等によって既に作成されている場合はそれを使用し、作成されていない場合は調査の当初に作成することが望ましい。この場合、地形分類は「国土調査法第3条第2項」の規定に基づく「地形調査作業規程準則」（昭和29年7月2日、総理府令第50号）を参考にして行い、植生、主傾斜方向、傾斜度合い等が把握できるようにする。また、一般的な地形図の縮尺は表-2.1.1のとおりである。

表-2.1.1 地形図の縮尺

区 分		内 容
小縮尺図	縮尺	1/50,000程度
	範囲	事業計画の対象となる内部流域及び排水本川の地形を含む地域全体
大縮尺図	縮尺	1/5,000から1/2,500程度
	範囲	排水本川への排水口付近の地形を含む受益区域

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
2.2 概 査 概査は、基本構想の作成に必要なとなる調査であって、精査及び一般計画の作成の前提となるものとし、被害状況の範囲及び程度、気候、気象及び水文の状況、地形及び地質の状況、用排水状況及び排水慣行、土地の利用・所有状況、地域の社会・経済・営農状況、関連事業計画の概要並びに周辺環境に関する既存資料の収集、関係者からの聞き取り等の予備的な調査を行うものとする。	2.2 概 査 地域の現況の概要を把握するため、また、計画作成の方向を決定するため、概査においては以下の事項を調査する。 ① 被害状況 ② 気候、気象、水文、地形及び地質状況 ③ 用排水状況及び排水慣行 ④ 土地の利用・所有状況 ⑤ 地域の社会・経済・営農状況 ⑥ 関連事業計画等 ⑦ 周辺環境

基準及び運用の解説

2.2 概 査

基準2.2及び運用2.2では概査について規定している。

1. 概査の手順

概査では、既存資料の収集及び聞き取りを行う。

概査の結果によって当該地域の必要な問題点を明確にし、それを解決するためには更にどのような調査が重点的に行われなければならないかを把握し、精査の実施計画を確立する。概査の一般的な手順は図-2.2.1のとおりである。

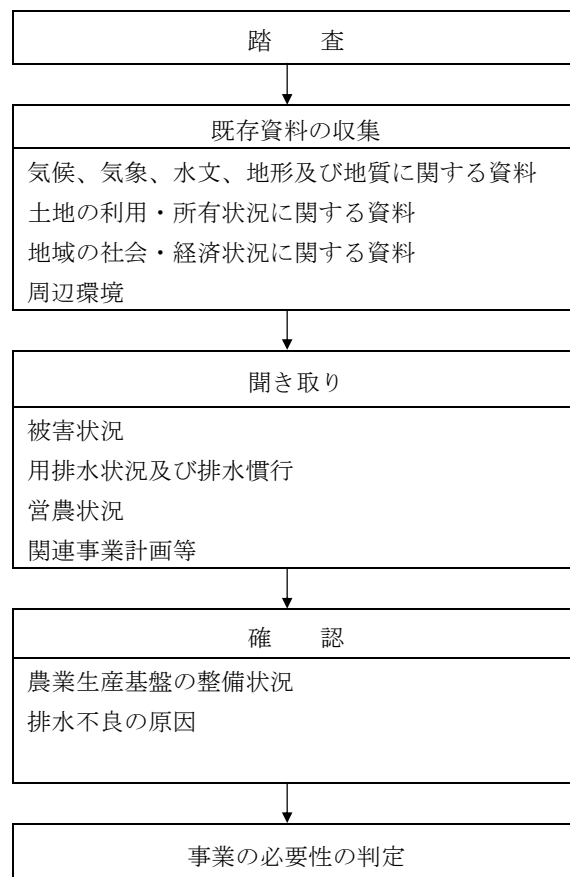


図-2.2.1 一般的な概査の手順

2. 概査の内容

(1) 被害状況

被害状況を把握するため、湛水被害範囲や程度について、既存資料の収集と併せて、関係機関、農家及び住民に聞き取り調査を行い、地形図に範囲の記入等を行う。

(2) 気候、気象、水文、地形及び地質状況

気候、気象、水文、地形及び地質の概要を把握するため、地域に関する気象観測資料、気候予測資料、流量年表、土地分類図、地質図等の既存資料の収集、聞き取り調査等を行う。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基 準 及 び 運 用 の 解 説

(3) 用排水状況及び排水慣行

用排水状況及び排水慣行を把握するため、関係機関から既存資料の収集を行うとともに、地元の排水慣行等について聞き取り調査を行う。

(4) 土地の利用・所有状況

土地の利用・所有状況を把握するため、地域に関する土地利用計画図の収集を行うとともに、土地所有状況について既存資料の収集及び聞き取り調査を行う。

(5) 地域の社会・経済・営農状況

地域の社会・経済・営農状況を把握するため、関係する統計・情報センター、都道府県、市町村、農協等を中心に資料収集、聞き取り調査等を行う。また、必要に応じて関係機関、農家等の聞き取り調査を行う。

(6) 関連事業計画等

関連する事業の有無を把握するため、都道府県及び市町村の開発構想及び地域計画に関する既存資料の収集等を行う。受益区域内で他事業等の実施計画がある場合には、事業計画の内容等について事業主体、関係機関等から資料の収集、聞き取り調査等を行う。

ア．農業農村整備事業

土地改良区、市町村等の関係者から農業農村整備事業に関する資料収集及び聞き取りを行う。

イ．河川改修事業

受益区域及びその周辺において河川の改修計画がある場合は、関係機関から計画概要等について資料の収集を行う。

ウ．道路改修事業

受益区域及びその周辺地域において、国、県、市町村道の改修及び新設の事業計画がある場合は、その路線計画概要等について関係機関から資料の収集を行う。

エ．文化財の取扱い

文化財保護法に基づき作成された資料を関係機関から収集する。

オ．その他の事業

受益区域内外において、その他の事業計画があるか聞き取り調査等を行う。

(7) 周辺環境

生態系、景観等の周辺環境の概況を把握するため、田園環境整備マスタープラン等や周辺環境に関する既存文献の収集や必要に応じて地元関係者等に聞き取りを行う。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基準及び運用の解説

【関連技術書等】

技術書：「15. 環境との調和への配慮」

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き（第1編～第3編）（平成14年2月～平成16年5月）

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針（平成27年5月）

農業農村整備事業における景観配慮の手引き（平成18年8月）

農業農村整備事業における景観配慮の技術指針（令和7年4月）

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
2.3 精 査 精査は、一般計画及び主要工事計画の作成に必要となる調査であって、気候、気象及び水文状況、土地状況、水利状況、地域農業状況、周辺環境及び関係農家等の意向に関する詳細な調査を行うものとする。	2.3 精 査 精査は、概査等で得られた資料・情報を活用しつつ、事業計画作成のために以下の事項について資料の収集・分析、現地調査等を行う。 ① 気候、気象及び水文状況 ② 土地状況 ③ 水利状況 ④ 地域農業状況 ⑤ 周辺環境 ⑥ 関係農家等の意向 なお、上記に掲げた事項以外に必要な項目があれば適宜追加して調査を行う。

基準及び運用の解説

2.3 精査

基準2.3及び運用2.3では、精査について規定している。

精査の目的に沿った調査項目とその主な調査内容は、表-2.3.1のとおりである。

表-2.3.1 精査の項目

調査項目	主な調査内容	調査範囲
① 気候、気象及び水文状況	気候（気候予測資料）、気象及び水文（降雨量、流出量、河川水位、海象等）	内部流域（必要に応じて外部流域を含む。）
② 土地状況	地形（傾斜区分別田畑面積、標高別面積等） 土壌区分 地下水位 土地利用及び所有状況	主として受益区域（必要に応じて内部流域とする。）
③ 水利状況	排水状況（排水系統、排水被害状況等） 排水慣行 用水状況 主な排水施設	
④ 地域農業状況	地域農業の動向 地域農業の構造	事業地域（受益区域を含む関係市町村）の全体
⑤ 周辺環境	注目すべき生物種、景観等周辺環境	事業地区を含む周辺
⑥ 関係農家等の意向	アンケート 聞き取り	事業地域（受益区域を含む関係市町村）の全体

精査は、図-2.3.1に示す段階で実施することにより基本構想に沿った一般計画作成のための資料収集を行う。

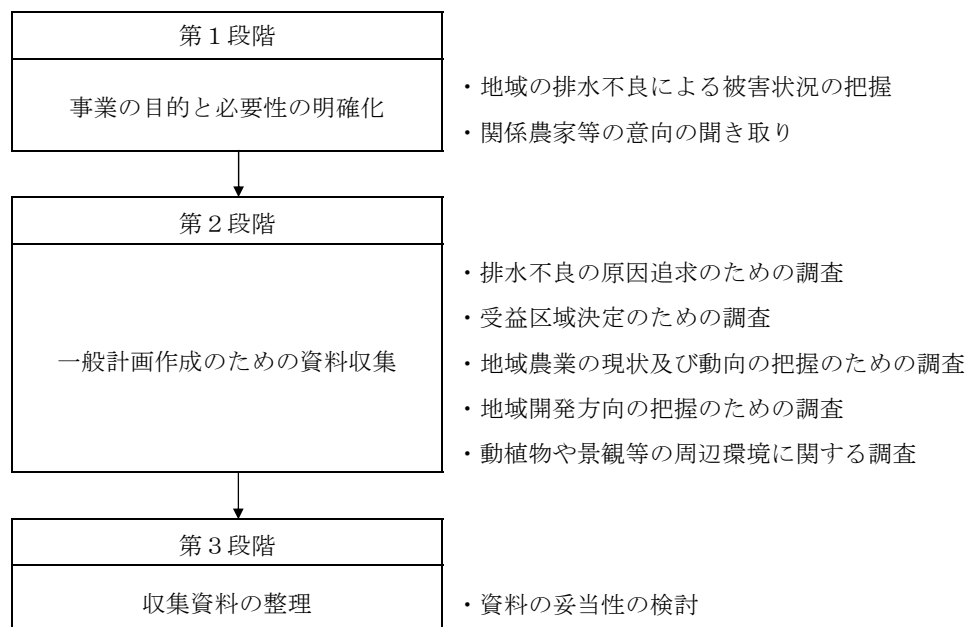


図-2.3.1 精査の手順

【関連技術書等】

技術書：「2. 調査（精査）」

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	1. 気候、気象及び水文状況 地域の自然条件の把握、計画排水量等の一般計画の作成に必要な基礎資料を得るため、気候、気象及び水文を調査する。 地域の気候、気象及び水文は、地域内及び近傍の気象観測所、水文観測所等の観測資料と気候予測資料を適切に収集し、整理する。

基準及び運用の解説

1. 気候、気象及び水文状況

気候、気象及び水文調査は、気候、気象調査と地域の排水不良の原因を明らかにする水文調査に分けて整理する。また、排水口の外水位が潮位の影響を受ける場合は、海象についても調査する。

観測資料は、適切な期間の資料を収集する。資料の収集期間は、30年から50年程度を目途とするが、整備水準（どのような確率年を対象とするか。）によって必要な収集期間が異なるため十分検討を行う必要がある。なお、必要と思われる地点で観測資料が得られることはまれであるため、通常は近傍の観測資料を用いて補完するが、相関の検定のために受益区域内での実測が望ましい。

気候予測資料は、各種資料が公開されており、降雨状況が分析できる資料を収集する。なお、資料収集に当たって気候予測資料は、適宜見直しを検討する必要があるものであるため最新情報に注意を払うものとする。

(1) 気候

気候調査は、降雨量の長期的な傾向を把握することを目的とし、過去と将来の降雨量から降雨量変化倍率を求める資料となる。資料は、資料名及び調査期間を明らかにし、過去と将来の降雨量を通年で整理する。

(2) 気象

気象調査は、一般気象と特殊気象とに分けて整理する。一般気象の調査は、平均気温や平均降水量等、気象の概要を明らかにすることを目的とし、特殊気象の調査は、最大日雨量等で、排水計画の流出量を求める資料となる。

資料は、観測所名及び観測期間を明らかにし、平均気温、降水量及び降水日数は、かんがい期・非かんがい期別に整理し、根雪期間、無霜期間、最多風向及び最大風速については、通年で整理する。

(3) 水文

水文調査は、排水不良の原因となる過剰水の発生原因を明らかにし、排水計画の基礎資料とすることを目的とし、表-2.3.2の項目について調査する。

表-2.3.2 水文調査の項目と調査内容

調査項目	調査の目的	調査内容
① 降雨量	計画基準降雨の決定 流出量計算の入力データの作成	観測期間 日雨量、時間雨量、連続雨量
② 流出量	流出量計算の基礎資料の作成 流出モデルの検証	流出量記録
③ 河川水位	計画基準外水位の決定	排水口地点における水位記録 流出解析のための流域の定数
④ 海 象	外水位が潮位の影響を受ける場合の計画基準 外水位の決定	排水口地点における潮位記録

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基準及び運用の解説

ア. 降雨量

降雨の地域特性を明らかにして流出量を求めるために、観測所ごとに最大日雨量、最大時間雨量、最大4時間雨量、最大連続雨量(2日から3日)及び最大連続干天日数について資料収集を行い、発生年月日、観測所名及び観測期間とともに整理する。

イ. 流出量

流出量の調査は、原則として実測する。

計画基準降雨に対する流出量を推定するため、降雨量と流量を観測する。調査期間中に計画基準降雨が発生することはまれであるため、観測流量を計画流量として採用できる場合は少ないが、流出特性の把握や、解析結果の検証のために重要である。

調査方法は、事業完了後の状況と類似している地点(上流で貯留等の起こりにくい地点)及び必要と思われる地点に観測所を設け、水位観測を行う。観測は自記水位計によることを原則とする。水位流量曲線式作成のための流量観測は、低水位から高水位までの間で10回程度は行うようにする。

観測所の設置地点は複雑な河状のところは避け、常に流水が穏やかで流れの安定している地点を選び、堰上げや落差工等による背水の影響を受けない場所とする。

ウ. 河川水位

計画基準外水位を求めるために必要な水位を観測する。対象河川が大河川で水位観測ができない場合等は、近傍の観測所の水位観測資料をできる限り収集し、計画する排水口地点に補正して利用する。

なお、計画基準外水位を決定する際には排水本川の管理者と事前協議を行い、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調整を行う。

エ. 海象

外水位が潮位の影響を受ける場合は、既往最高潮位(高極潮位)(H.H.W.L.)、朔望平均満潮位(H.W.L.)、上下弦平均満潮位(H.W.O.N.T.)、平均潮位(M.S.L.)、上下弦平均干潮位(L.W.O.N.T.)、朔望平均干潮位(L.W.L.)、既往最低潮位(低極潮位)(L.L.W.L.)等について観測所名、観測期間とともに整理する。なお、水準点とのチェックが定期的に行われているか等、資料の信頼性に注意する必要がある。

【関連技術書等】

技術書：「2. 調査（精査） 2.1 気象及び水文状況」

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	2. 土地状況 排水計画に必要となる基礎資料を得るため、地域の土地状況、今後の開発予定、土地利用規制区域等を調査し、その地域の地形、土壌、地下水位並びに土地の利用及び所有に関する土地状況を把握する。

基準及び運用の解説

2. 土地状況

土地状況の調査は、以下の項目について行う。

(1) 地形調査

地形調査は、「国土調査法第3条第2項」の規定に基づく「地形調査作業規程準則（昭和29年7月2日総理府令第50号）」を参考にして地形分類を行い、植生、主傾斜方向、傾斜度合い等を把握することを目的とする。

また、地形図(1/5,000程度)を基にし、地域の現地踏査を行いながら傾斜区分ごとの田・畑、その他の土地の面積を調査する。その際、地理情報システム（GIS）を利用することが効率的である。

湛水を考慮する事業計画となる場合は、湛水する区域を中心として0.1mきざみ程度で標高別面積を整理する必要がある。この場合、1/2,500から1/5,000程度の地形図から正確に読み取れる範囲には限度があるが、湛水位－湛水面積－湛水量の関係は排水の効果を推定する上で是非とも必要なものであるので、湛水区域については補足測量により部分的に拡大図を作成することが必要である。補足測量の簡便法として、地形が急激に変化する点を水準測量等でおさえ、あとは図上で推定する等の方法を用いてもよい。

(2) 土壌調査

土壌の調査は、土壌を分類し類型ごとの分布を明らかにして、類型別の基本的性状から排水事業との関連を判定する基礎資料とすることを目的とする。土壌の基本的性状については、体系的な既存の調査資料(地力保全基本調査等)を活用し、これらの既存資料では調査事項あるいは密度が不足する場合は、0.25km²程度に1点の割合で試坑調査を行い、1km²程度に1点の割合で分析を行う。ただし、1土壌区に最低1点の調査は必要である。

調査結果は、水田土壌と畑土壌を区分して整理する。水田土壌にあつては、施肥改善事業における土壌区分基準に準拠し、また、畑土壌にあつてはその基本的な単位として「土壌統(区)」を用いて、地力保全基本調査の土壌区分基準に準拠して取りまとめ、各々の土壌断面・堆積様式・母材等を整理する。

(3) 地下水位調査

地下水位の調査は、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として行う。地下水位の調査は、原則として土壌調査の完了後実施するものとし、土壌区及び地形条件を勘案して観測位置を決定する。

一般的に非かんがい期における地下水位は、土壌断面調査によって判明するグライ層や酸化斑紋の程度、位置等によって推定できることが多いが、この方法で十分な資料が得られない場合は、地下水位測定孔を設置したり、既設井戸、排水路水位等を利用して水位を測定する。

測定は、地下水位の定時観測を行い、測定結果は地下水位図としてとりまとめることが望ましい。また、代表的な測定地点においては最低1年間の地下水位の定時観測を行うことが望

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	3. 水利状況 排水計画に必要となる基礎資料を得るため、地域の水利状況、今後の整備計画等を調査する。 現況の排水状況及び用水状況を把握するために、近傍の流量観測所の資料の収集、現地での聞き取り、現地調査等を行う。

基準及び運用の解説

ましい。地下水位調査結果に基づき過湿被害状況の調査も行う。

(4) 土地利用状況調査

土地利用状況調査は、市町村別に、水田、普通畑、牧草地、樹園地（果樹園、茶園その他の樹園地）、採草放牧地、原野、その他（宅地、道路、水路等）の面積分布について行い、土地の利用状況を把握して、事業計画作成の際の基礎資料とすることを目的とする。

また、内部流域の土地利用形態が変化すると、ピーク流出量が増加し、かつ先鋭化して、受益区域内に流入する水が増加し、受益区域の洪水被害をより拡大する場合がある。このため、内部流域内の将来の土地利用計画を十分調査し、新規の開発計画がある場合には、計画排水量に反映させることが必要である。

(5) 土地所有状況調査

土地所有状況調査は、個人所有、共同所有、民間・法人所有等の所有別による面積、関係戸数及び筆数並びに所有権、賃貸借権及び使用貸借権等別の権利関係について調査を行い、土地の所有状況を把握して、事業計画作成の際の基礎資料とすることを目的とする。

【関連技術書等】

技術書：「2. 調査（精査） 2.2 土地状況」

3. 水利状況

水利状況の調査は、以下の項目について行う。

(1) 排水状況調査

排水状況の調査は、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行う。

ア. 排水系統調査

排水不良の状況、洪水の地区内流下状況及び地区外への流出状況を明らかにするため、以下の事項を調査し現況排水系統図を作成する。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。現況排水系統図には関連施設名を明記する他、系統ごとに系統名、排水面積、排水量を記入する。

- ① 排水路の断面形状と管理状況
- ② 排水路のレベル区分（幹線／支線／小排水路等）及び支配面積並びにレベル別排水路の役割
- ③ 排水ブロック区分及びブロック別土地利用面積
- ④ 附帯施設の位置と構造

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基 準 及 び 運 用 の 解 説

イ．排水施設状況調査

排水の用に供する排水水門、ポンプ場、水路等の主要施設について、その機能、安全性、能力、維持管理等の面から調査し、更新・改修の必要性又は代替施設の必要性の検討を行う。調査では、関係機関や施設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）、必要に応じて現地測量調査等を加え、その結果を整理する。

ウ．排水被害状況調査

当該地域における最近10年以上の浸水被害発生面積、被害量、湛水位、湛水時間及び被害分布を調べ、農業関係（農用地、農作物、農業用施設）と非農業関係（住宅、道路、公共用施設等）とに分類して整理する。調査では、降雨若しくは外水位と作物被害の発生状況との関連について地元に関き取り、又は既往の水文資料、農業共済資料等を用いて、その結果を整理する。

エ．排水管理状況調査

現状の排水管理状況は、事業計画策定の制約要因となることから、地元聞き取りによって以下の事項を確認する。

- ① 排水管理団体の状況
- ② 現況排水ブロック別の排水管理の状況
- ③ 排水路の維持管理（補修・保全等）及び維持管理費の状況

(2) 排水慣行調査

排水慣行の調査は、地域内の常時及び洪水時における排水方法、排水量等の下流域に対する従来からの取決めの有無、取決めがある場合はその内容について、地元聞き取り等を行う。

(3) 用水状況調査

排水計画における用水状況の調査は、かんがい計画程度の精度を必要としないが、排水との関連を把握し、排水改良による影響を検討し得る程度に用水状況の調査を行う必要がある。特に、用水として排水路から反復利用しているような地区においては、以下のような調査を行わなければならない。

- ① 用水系統調査：用水路線、構造、支配面積、流量等
- ② 用水管理調査：水利権、管理規定、管理団体、管理慣行等

【関連技術書等】

技術書：「2. 調査（精査） 2.3 水利状況」

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	4. 地域農業状況 排水計画に必要となる基礎資料を得るとともに農業の現状及び動向を明らかにするため、農業経営、営農状況、農業施設等を調査する。受益区域の生産条件は、受益区域を取り囲む市町村の都市化・混住化の状況、開発振興計画、農業の実態、今後の見通し等によっても大きく影響を受けるため、受益区域の規模・特性等に応じて地域の社会経済の概況及び農業の概要について調査し、地域における事業計画の位置付けを明確にする。

基準及び運用の解説

4. 地域農業状況

地域農業状況の調査項目は以下のとおりであるが、受益区域の規模及び特性に応じて適宜選択し調査する。

この項目でいう地域とは、受益区域を含む関係市町村の範囲をいう。

(1) 産業別就業人口及び産業別戸数

地域の産業別就業人口及び産業別戸数について、工業統計、市町村統計等の資料により取りまとめ、地域産業の特色について考察を行う。

(2) 経営耕地広狭別農家戸数及び耕地の分散状況並びに専兼業別農家戸数

農業センサス等の統計資料を基に、諸数値を取りまとめ、地域農業の経営構造的特徴・課題を把握する。

(3) 動力農機具普及状況

主要農業機械の普及状況を整理し、資本装備の状況による地域開発の可能性等を把握する。

(4) 主要作物生産状況

最近年の農林統計資料により、当該地域における主要作物の作付面積、収穫量の実態を把握する。

(5) 農業構造の動向

専兼業別農家数、地目別耕地面積、主要作物、動力農機具の変動実態について、農業センサス年次3回程度にわたる数値により把握し、動向の要因について検討する。

また、農業振興地域、野菜指定産地、果樹濃密生産団地、酪農肉用牛生産近代化計画、山村振興地域及び過疎地域については、市町村名、指定年及び作物名と併せて整理を行う。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	5. 周辺環境 環境との調和に配慮した事業計画の作成に必要な基礎資料を得るため、生態系、景観等の周辺環境を調査する。 周辺環境の精査は、基本構想による調査方針を受けて、地域における注目すべき生物種及び環境要素に重点を置いて実施する。 6. 関係農家等の意向 排水事業計画の作成に必要な基礎資料を得るため、聞き取り調査等により関係農家等の意向を調査する。

基準及び運用の解説

5. 周辺環境

大気、水、土壌等の基盤的要素のうち、事業による影響が考えられるものについては現地での試料採取等を行う。

動物、植物に係る調査においては、重要な生物種、群落及び個体について、その分布位置、生息・生育状況、重要性の内容・程度、生息・生育環境の状況等を調査する。景観等に係る調査においては、地域の自然的・社会経済的・文化的環境等について調査する。

これらの調査においては、地域住民等からの情報及び有識者等の指導・助言を踏まえて調査する。

6. 関係農家等の意向

農家等の意向調査は、聞き取り又はアンケート調査により以下の事項について行う。

- ① 土地、水利条件に対する認識の程度（現状、課題、必要性等）
- ② 営農の実態及び改善対策
- ③ 排水改良性事業に対する要望、考え方
- ④ 施設の管理・運営に対する意向
- ⑤ 農村環境に関する事項
- ⑥ その他必要な事項

農村環境に関する意向については、田園環境整備マスタープラン等に基づき可能な限り早期から把握しておくことが望ましい。

【関連技術書等】

技術書：「15. 環境との調和への配慮」

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き（第1編～第3編）（平成14年2月～平成16年5月）

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針（平成27年5月）

農業農村整備事業における景観配慮の手引き（平成18年8月）

農業農村整備事業における景観配慮の技術指針（令和7年4月）

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
第3章 計 画 3.1 事業計画作成の手順 事業計画の作成は、基本構想に基づき、事業計画の各要素の関連性を考慮しつつ、効率的かつ効果的な手順で行われなければならない。 また、その構成は一般計画及び主要工事計画に分けてそれぞれ作成するものとする。	第3章 計 画 3.1 事業計画作成の手順 事業計画の作成に当たっては、以下の点に留意する。 (1) 基本構想において全体的な方向付けを行った後、これに従い具体的かつ詳細な個別の計画へと順次段階的に作成する。 (2) 事業計画作成のために必要となる調査は、各計画段階において必要に応じて行う。 (3) 条件変更の必要又は項目の間で矛盾が生じた場合等には、これらが影響を及ぼす範囲で適宜関連させ、相互に検討し修正を加える必要がある。 (4) 事業計画作成の前提条件については、いくつかの組合せが考えられるため、これらについて比較案を作成し、その中で最も適切なものを選択するよう心掛けなければならない。 なお、事業計画が作成されるまでの各段階において、適宜農家等に対して事業計画の内容について説明するとともに、関係行政機関、土地改良区等との連絡調整を密にして、事業計画にそれらの意向が十分反映されるよう配慮しなければならない。

基準及び運用の解説

3.1 事業計画作成の手順

基準3.1及び運用3.1では事業計画作成の手順について規定している。

事業計画作成の一般的な手順は図-3.1.1のとおりである。

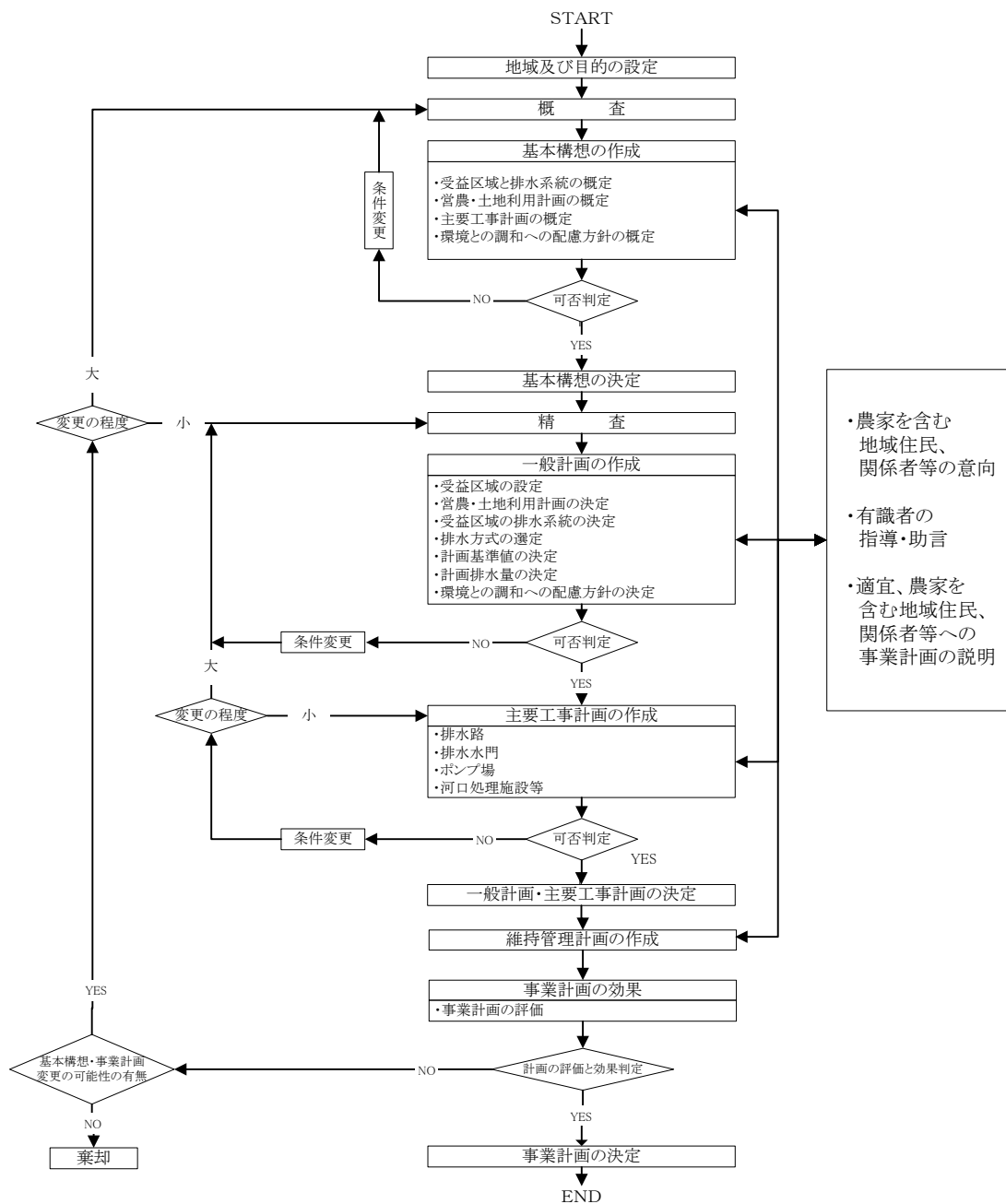


図-3.1.1 一般的な計画手順

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
3.2 基本構想 基本構想は、営農・土地利用計画及び排水計画に係る骨格を定めるものとする。その作成に当たっては、当該地域の将来目標を的確に把握し、それに適合した農業形態等を考慮の上、関係する都道府県、市町村等の各種地域計画との整合性を考慮しなければならない。	3.2 基本構想 基本構想は営農・土地利用計画及び排水計画の骨格を明らかにするものとし、排水事業として達成すべき目標を定め、各種地域計画と整合を図り、目標達成の手段・手法を検討して基本方針を検討し、以下の事項を概定する。 ① 受益区域と排水系統 ② 営農・土地利用計画 ③ 主要工事計画 ④ 環境との調和への配慮方針 これらは、事業計画の内容・規模等と精査すべき事項及びその方法を示していることが必要である。また、基本構想で示した内容は、社会的・経済的効果の程度にも重大な影響を及ぼすものであるため、基本構想は、いくつかの案について慎重に検討し、作成する。 また、主要工事計画の策定に際しては、計画基準降雨を超過する場合に施設の被害を軽減する観点や、施設のライフサイクルコストの低減を図る観点を踏まえて検討する。

基準及び運用の解説

3.2 基本構想

基準3.2及び運用3.2では、基本構想の作成について規定している。

基本構想は、計画の骨格を形成する計画要素の相互関連を検討し、これらについてあらかじめ大まかな方向付けを行って精査の調査項目を決定するために作成するもので、一般的な手順は、**図-3.2.1**のとおりである。

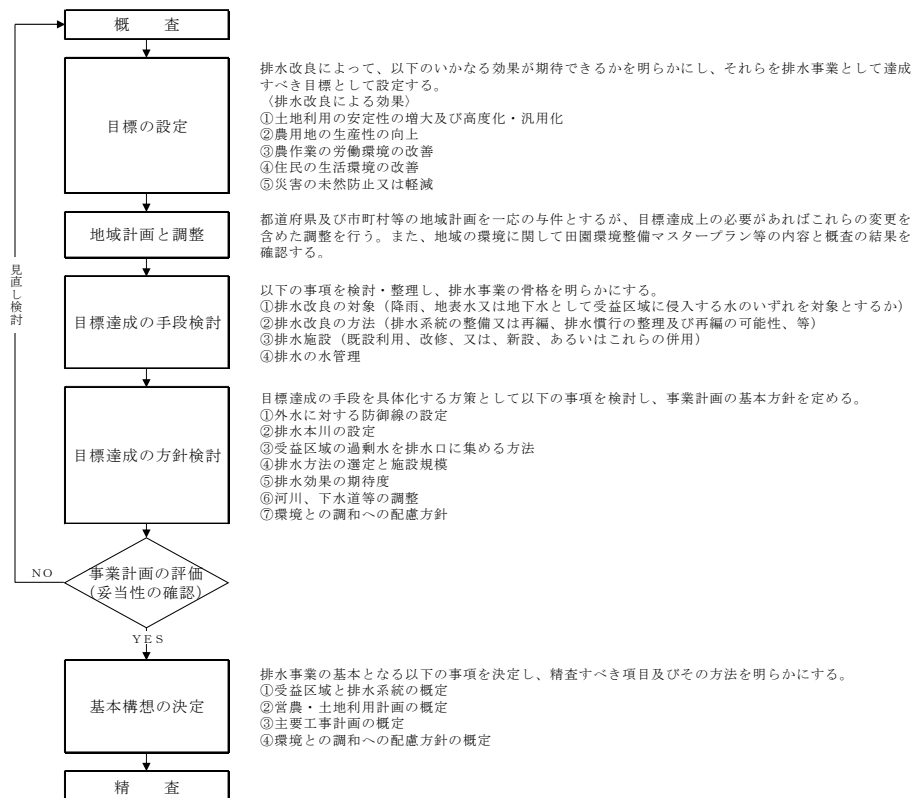


図-3.2.1 基本構想作成の手順

上記の手順は、基本構想各部の内容を改善し、全体の所要経費を少なくする方向で絶えず検討し、地域に最適な構想を選定するために行う。このため必要に応じて試行錯誤を繰り返し、場合によっては環境条件や需要に対する予測と現実とのずれによって生じる計画の食い違いを修正するために、見直さなければならないこともある。

基本構想は、以下の内容を含んでいることが必要である。

- ① 排水改良の対象となる区域が概定されていて、これに関連する流域、排水本川等の外部条件が明らかであること
- ② 既設、新設を含めて、堤防、承水路、排水口、ポンプ場、遊水池、幹・支線排水路等の排水施設の配置とその排水組織が明らかであること
- ③ 排水の目的を達成するために、新設又は改良が加えられる施設の種類と規模が示され、そのために必要な経費が概算されていること
- ④ この事業が実施された場合、どのような排水状況になるか具体的に示されていること

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	1. 受益区域と排水系統の概定 (1) 受益区域の概定 受益区域の範囲は、洪水時及び常時の排水不良の原因並びにその状況を的確に把握した上で、現況排水系統、土地利用状況、排水慣行等も考慮し、洪水時及び常時の排水改良方法を十分に検討し、外水の浸入を防ぐ防御線の位置を検討して概定する。 (2) 排水系統の概定 排水系統は、排水改良の対象（降雨、地表水又は地下水として流入する外水のうちのいずれか）について、排水改良の目標を効果的に達成できるよう、排水口の位置とその地形条件、現況排水系統の再編並びに排水慣行の整理及び再編の可能性を検討して概定する。

基準及び運用の解説

1. 受益区域と排水系統の概定

(1) 受益区域の概定

受益区域の概定に当たっては排水改良により何らかの効果を生ずる地域を受益区域とするが、排水不良の原因とその状況を的確に判断した上で排水改良の方法を十分に検討する。具体的には以下のような条件の地域が受益区域となり得る。

- ① 洪水により湛水被害を受ける地域
- ② 排水不良により常時過湿又は一時的な過湿の被害を受ける地域
- ③ 末端排水施設（内部流域の一部）を施工した場合、基幹的排水路の改修が不可欠となる地域
- ④ 排水不良が原因で未開発のまま放置されている未墾地
- ⑤ 営農計画、土地利用計画の変更にに基づき排水改良が必要となる地域
- ⑥ その他、上記の区域と関連した一連の地域であり、それを含めて受益区域とすることで地域全体の排水効果が高まるような地域

(2) 排水系統の概定

排水系統の概定に当たっては、以下の事項を踏まえて幹線・支線排水路網の構成を検討する。

- ① 現況排水被害の状況（範囲、程度）
- ② 現況排水ブロックの構成、用排水状況及び排水慣行
- ③ 排水改良施設の新設に関わる用地上の制約
- ④ 営農・土地利用の状況

受益区域の排水系統は排水事業の骨格となるものであり、排水改良の効果を左右する。したがって、その幹線・支線排水路網は、既設・新設を含めた承水路、排水口、ポンプ場、遊水池等の排水改良施設が総合システムとして効果的に機能するよう、受益区域内にバランスよく配置されなければならない。また、排水系統の概定は、一つに限定するのではなく複数の比較案を設定することが特に重要である。これにより、その後行う工程の精査によって得られた情報に基づき各部の詳細な機能を検討して、最も合理的な計画案を選定することが可能となる。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	2. 営農・土地利用計画の概定 営農・土地利用計画は、地域農業の発展方向、関係農家の意向等を踏まえ、排水改良の目標を達成するための排水施設が合理的に機能するように、受益区域内の排水系統に沿った用途別土地利用区分及び区分別の営農方式を検討して概定する。 3. 主要工事計画の概定 主要工事計画は、各施設の機能を明確に把握した上、適宜選択し組み合わせて、受益区域の排水が最も効率的に行われるように概定する。

基 準 及 び 運 用 の 解 説

2. 営農・土地利用計画の概定

営農・土地利用計画は、地域の農業振興計画・整備計画及び関係農家の意向を踏まえ、排水改良の目標に沿って概定する。なお、概定に当たっては、現況の営農・土地利用状況を前提とし、以下の事項に留意して、受益区域内の用途別土地利用区分及び営農方式の割付けを行う。

- ① 地形条件と地域の土壌区分
- ② 現況の用排水状況及び用排水慣行
- ③ 土地利用計画と内水位の関係（水田の場合は湛水を許容するが、畑や汎用田の畑利用では、原則として湛水を許容しない。）
- ④ 外水位によって受益区域内に想定される湛水状況（範囲、湛水時間、湛水深）
- ⑤ 土地利用形態を再編した場合の洪水時排水量の変化
- ⑥ 排水事業実施に伴う将来の土地改良区の組織体制

3. 主要工事計画の概定

排水計画における主要施設の種類と機能は、以下のとおりである。

(1) 水路

水路は機能上、以下の三種類に分ける。

ア. 排水路

内部流域の排水を集めて内部流域外への排水口へ導くために配置する水路で、幹線排水路、支線排水路、小排水路からなる。

イ. 承水路

受益区域の背後地からの流出水を受益区域内に流入させないため、その境界に設ける水路をいう。

また、河川堤防や海岸堤防の内側に設けてその浸透水を受けとめて処理するための水路も承水路という。

ウ. 放水路

承水路から内部流域外への排水口へと続く水路をいう。河川へのショートカット等により洪水を安全に排除するために設ける水路も放水路という。この他放水口へと導く放水路もある。

(2) 水門

水門は機能上、以下の二種類に分ける。

ア. 排水水門

受益区域の末端低位部に設けられ、洪水時に外水位が内水位を超えて上昇し、外水が受益区域内に逆流する時は閉じて外水の浸入を防ぎ、内水位の方が高くなれば開いて排水する。堤防の一部を完全に分断した形で設けられるものを一般には排水門と呼び、堤防に埋設された管に取付けられるものを排水樋門という。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基 準 及 び 運 用 の 解 説

イ．調整水門

排水水門が排水本川に平行に設けられるのに対して、調整水門は受益区域内の排水路網中に適宜排水路を横断して設けられ、受益区域内の水路系ごとの洪水ピークのずれによる背水の影響を防ぐ又は常時排水時に地下水位を含む受益区域の内水位を調節する等のための水門である。

(3) 堤防

内部流域と境を接する河川等からの外水の浸入が予想される位置に設ける。内部流域を囲むものは輪中堤という。また、自然排水地区で水門を設けない場合で、洪水時に受益区域内に外水の背水が及ぶときは、地区内の河川や幹線排水路に堤防を設けて農用地を守ることがある。

(4) 放水工

内部流域の流出量が計画排水量を超えるような非常時に、ポンプ場や堤防等を保護して被害を局限するため外水と境をなす堤防に設ける放流施設であり、越流堰や水門等がある。

(5) ポンプ場

機械的エネルギーを利用して行う排水の際に必要な施設をいう。ポンプ設備(ポンプ、原動機等)、吸込水槽・吐出し水槽、建屋、附帯設備(除じん設備等)及び運転管理設備からなる。

(6) 遊水池

洪水のピーク流量を緩和するために洪水を一時的に貯留する貯水池をいう。排水路の途中や末端あるいは堤防の内側に設けられる。排水ポンプの運転を円滑にするために設置する場合も遊水池(ポンプ円滑運転用)という。

(7) 暗渠

地下水排除のために地中に埋設した施設で、常時排水を必要とする地域にあつて農地の地下水位を調節する。排水計画において、この暗渠の埋設深が小排水路の水路底の高さを規定し、その結果、支線、幹線排水路の高さを規定することがある。

(8) 河口処理施設

河口が漂砂や流砂によって閉塞されるのを防ぐための施設をいう。導流堤や河口暗渠排砂施設等がある。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	4. 環境との調和への配慮方針の概定 環境との調和への配慮は、土地改良法の目的を達成しつつ、地域全体を視野において、可能な限り、農村の二次的自然、景観等への負荷及び影響を回避し、又は低減するために適切な措置をとることにより行う。また、状況に応じ、これまで失われた環境を回復し、更には良好な環境を形成することに努めることとする。 基本構想の作成に当たっては、田園環境整備マスタープランや環境に係る調査結果等を基に、農家を含む地域住民等の意向及び有識者等の指導・助言を踏まえ作成する。

基準及び運用の解説

4. 環境との調和への配慮方針の概定

環境との調和への配慮方針は、概査の結果を踏まえ、注目すべき生物種や環境要素を選定し、それらの保全や回復について農家を含む地域住民等の意向や有識者等の指導・助言を踏まえて概定する。

さらに、精査において必要な調査項目、調査方法（調査範囲、調査手法、調査時期及び頻度）について基本的な方針を作成する。

【関連技術書等】

技術書：「15. 環境との調和への配慮」

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き（第1編～第3編）（平成14年2月～平成16年5月）

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針（平成27年5月）

農業農村整備事業における景観配慮の手引き（平成18年8月）

農業農村整備事業における景観配慮の技術指針（令和7年4月）

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
3.3 一般計画 3.3.1 一般計画の作成 一般計画は、基本構想に即して、受益区域、営農・土地利用計画、受益区域の排水系統、排水方式、計画基準値、計画排水量及び環境との調和への配慮方針を定めるものとする。	3.3 一般計画 3.3.1 一般計画の作成 一般計画は、主要工事計画の基礎諸元を与えるものであり、基本構想に基づく精査から得られた情報により、以下の事項について決定する。 ① 受益区域 ② 営農・土地利用計画 ③ 受益区域の排水系統 ④ 排水方式 ⑤ 計画基準値 ⑥ 計画排水量 ⑦ 環境との調和への配慮方針 これらの検討に当たっては、各要素が相互に関連していることに留意しながら進めることが重要である。

基準及び運用の解説

3.3.1 一般計画の作成

基準3.3及び運用3.3では一般計画の作成について規定している。
計画樹立作業の一般的な手順は、図-3.3.1のとおりである。

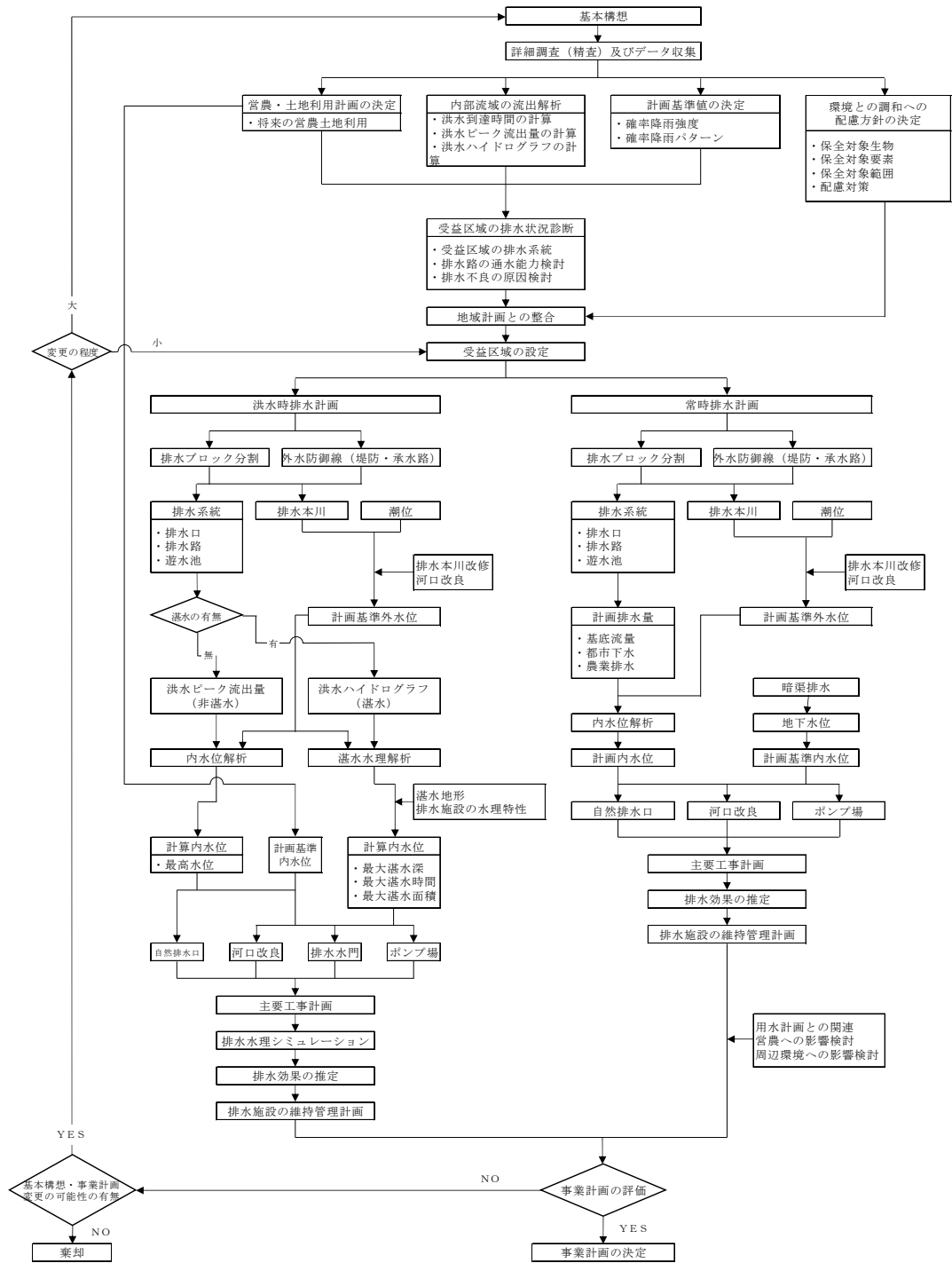


図-3.3.1 一般計画の手順

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
3.3.2 受益区域の設定 受益区域は、地域の整備計画及び周辺地域との関連性を考慮の上、その範囲を設定するものとする。	3.3.2 受益区域の設定 受益区域の設定に当たっては、基本構想によって概定した区域の精査から得られた情報について、現況排水状況の診断を行い、更に地域の整備計画や土地改良区等の将来の組織・運営体制等の事項を総合的に検討する。

基準及び運用の解説

3.3.2 受益区域の設定

基準3.3.2及び運用3.3.2では受益区域の設定について規定している。

基本構想段階で概定した受益区域に対して、具体的な範囲を設定するためには、まず精査によって得られた区域の排水系統及びそれを構成する排水施設について、内部流域全体の流域評価を踏まえた排水状況診断を行い、計画基準降雨に対する排水不良の原因を検討してその範囲を特定する。この特定した範囲に対して排水改良に伴う営農・土地利用計画を含む将来の整備計画の地域を重ね合わせ、最終的に受益区域を設定する。

なお、受益区域は必ずしも机上のプランどおりに設定できるとは限らず、旧来からの排水慣行が成立していることが多い点に留意する必要がある。旧来の排水慣行を変更する場合には、排水事業完了後の管理主体となる土地改良区等の将来の組織体制、賦課金の負担方法等、地元との合意・調整を十分に行わなければならない。また、河川計画等、関係機関の流域開発計画との整合を図っておくことも重要である。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
3.3.3 営農・土地利用計画 営農・土地利用計画は、地域農業の発展方向に即し、排水計画の作成に当たり必要となる土地利用、作付面積、営農形態等に関する事項を定めるものとする。	3.3.3 営農・土地利用計画 営農・土地利用計画は、事業における整備水準、事業効果、償還の可能性等の事業の妥当性を評価する基礎条件を与えるものとなるため、計画の作成に当たっては、関係機関及び地元農家の意向を踏まえ、以下の事項との関係を十分検討する。 ① 排水系統の構成と用水との関係 ② 計画基準内水位の設定 ③ 機械排水を行う場合の湛水範囲と土地利用の関係

基 準 及 び 運 用 の 解 説

3.3.3 営農・土地利用計画

基準3.3.3及び運用3.3.3では、営農・土地利用計画について規定している。

営農・土地利用計画は、受益区域の設定、排水系統の決定及び排水方式の選定と密接に関係し、かつ、事業計画の妥当性を評価する基礎となる。したがって、計画の作成に当たっては、基本構想段階で概定した計画を基本とし、それを精査する方向で特に以下の事項に留意して計画する。

(1) 排水系統の構成と用水との関係

受益区域内の排水系統を組み立てる基本要素は、排水ブロックの構成及び内部流域から流出する洪水量の二つからなる。この場合、排水ブロックの土地利用が変化すると洪水時排水量も変化し、現況を踏襲した排水系統であってもそれを構成する各排水路の流量が変化して、その水路敷幅を大きくせざるを得なくなることもある。したがって、土地利用計画は計画排水量との関係を十分検討した上で、合理的な排水系統が構成できるように計画することが重要である。

また、低平地の湛水域を避けて、高位部に畑や水田の畑利用等の土地利用を集中的に計画する場合は、用水との関係に配慮しなければならない。

(2) 計画基準内水位の設定

営農・土地利用計画は、受益区域の計画基準内水位を設定する場合の基本条件となる。特に、外水位が受益区域の地盤高より高くなるような低平地の土地利用計画において、畑あるいは水田の畑利用を計画すると、湛水が許されず規模の大きなポンプが必要になる。

このようなことから、以下のような土地利用計画が望ましい。

- ① 低位部：主として水田農業を中心とした土地利用計画
- ② 高位部：主として畑作農業を中心とした土地利用計画

(3) 湛水範囲と土地利用の関係

外水位との関係から受益区域に湛水が発生する場合は、湛水解析によって氾濫域を特定し、それに対応した土地利用計画を作成する。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
3.3.4 受益区域の排水系統 排水不良の原因を合理的に解決するため、受益区域の排水系統は、営農・土地利用計画等を踏まえ、排水口の位置及び主要工事計画の経済性を十分に検討して決定するものとする。	3.3.4 受益区域の排水系統 1. 排水状況診断 排水状況の診断に当たっては、受益区域の精査によって得られた情報を基にして、以下の事項を検討する。 ① 内部流域から流出する洪水の変化 ② 排水施設の通水能力 これらの検討結果を総合的に診断して排水不良の原因を特定し、かつ受益区域の営農・土地利用計画を踏まえて、排水不良の改善策を検討し、排水系統のあり方及び排水方式の選定方針を明らかにする。

基準及び運用の解説

3.3.4 受益区域の排水系統

基準3.3.4及び運用3.3.4では、受益区域の排水系統について規定している。

1. 排水状況診断

受益区域の排水状況診断に当たっては、以下の事項について検討を行う。

(1) 内部流域から流出する洪水の変化

内部流域から流出する洪水は、内部流域の開発によって一般に洪水到達時間が短くなり、かつピーク流出係数も大きくなるため洪水ピーク流出量は増加し、洪水ハイドログラフの形状は先鋭化する。この結果、洪水時排水量が受益区域内の排水施設の能力を超えて排水不良の原因を引き起こす。これらの状況を明らかにするためには、以下の事項について慎重な検討を進めなければならない。

ア．内部流域の土地利用の変遷を調査し、さらに将来の地域開発計画との調整を図って、洪水時排水量の変化の要因を明らかにする。

イ．内部流域の水文観測資料を用いて洪水流出解析を行い、流域の流出特性を明らかにするとともに、計画基準降雨に対する現状の洪水時排水量及び将来の地域開発計画を踏まえた洪水時排水量を推定して、その差異を明らかにする。

(2) 排水施設の通水能力

受益区域の排水施設がどの程度の通水能力を維持しているかを定量的に把握することは、排水状況診断の最も重要な検討事項である。この通水能力診断に当たっては、以下の事項に留意して十分な検討を行わなければならない。

ア．排水施設の能力低下は、水路内面の表面劣化に伴う粗度の低下や堆砂等による通水断面縮小に起因している場合が多い。これらを明らかにするために、受益区域の数か所で流量・水位の観測を行い、排水施設の粗度係数を測定する。流量・水位の観測地点は、受益区域の基幹排水路地点、排水路の内面材料の代表的な地点、あるいは特に排水不良を起こしている地点等を選択する。

イ．排水施設の最大能力は、地域の地形状況に応じて検討する。

ウ．排水路の能力は、水路そのものより排水路を横断する道路下の暗渠等の能力に支配される場合が多い。したがって、能力検討はこれらの局所的な施設の位置・構造を十分把握して行う。

エ．排水系統別の計画排水量を検討し、排水施設の通水能力診断を行う。

【関連技術書等】

技術書：「3. 排水状況診断と排水系統の決定 3.1 排水状況診断」

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	2. 排水系統 受益区域内の排水系統は、排水不良の原因を踏まえて、地形・土地利用状況等を考慮して排水ブロックを構成し、排水口の位置及び主要工事計画を十分に検討して決定する。

基準及び運用の解説

2. 排水系統

受益区域の排水系統検討の一般的な手順は、図-3.3.4.1のとおりである。

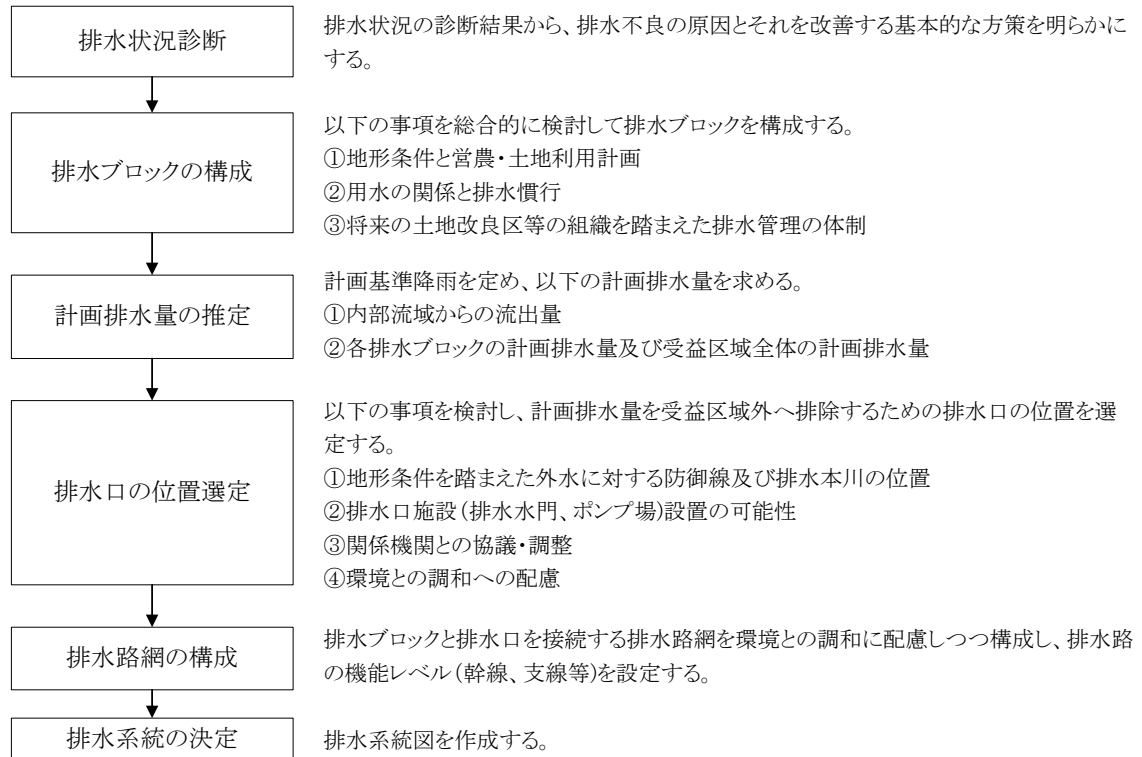


図-3.3.4.1 排水系統検討の手順

検討に当たっては、以下の事項に留意する。

- (1) 排水系統は、受益区域のみならず都市下水道計画等、他事業との共同施行の必要性、有利性の有無等、周辺地域を含めた開発構想とも併せて、広い視野に立って多角的に検討する。
- (2) 現況の排水系統は、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、その排水系統に従って内部のブロック割を行うことが望ましい。しかし、場合によっては流域変更あるいは排水慣行の変更等を行うことにより、排水系統を見直す方がよい効果を生む場合もあるので、内部のブロック分割及び排水系統の決定に当たっては、以下の点について十分に検討する。
 - ア. 受益区域の排水の良否は排水口がその機能をよく果たしているか否かにかかってくる人が多いので、排水口は受益区域内部の地形と外水の条件とを考慮して位置を設定する必要がある。
 - イ. 排水口の位置選定に当たっては、排水本川の管理者と事前協議を行い、その制約条件をあらかじめ把握した上で行う。

【関連技術書等】

技術書：「3. 排水状況診断と排水系統の決定 3.2 受益区域の排水系統の決定」

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
3.3.5 排水方式 排水方式は、まず自然排水方式の可能性を検討し、それが困難な場合に受益区域の一部又は全部について機械排水方式を選定するものとする。 自然排水方式は、内水位と外水位の関係によってその可能性を確認し、将来起こると想定される排水条件の下での安全性及び経済性を確かめた上で採用するものとする。また、機械排水方式は、必要なポンプ容量を求め、機械排水の有効性及び経済性を確認した上で採用するものとする。	3.3.5 排水方式 自然排水方式は機械排水方式に比べて施設の設置費及び維持管理費が少なくすむので、自然排水方式を優先する。 事業計画の作成に当たっては受益区域内外の諸条件を勘案して、地域的、時間的に最大限自然排水に依存できるような内容にするべきである。このことは、計画常時排水においても計画洪水時排水においても同様である。 自然排水方式の可能性を検討した結果、自然排水方式が不可能か又は著しく不利な部分がある場合には、受益区域を分割して部分的に機械排水を実施する。また、ある期間自然排水が不可能な場合には、自然排水方式と機械排水方式を併用するよう計画する。

基準及び運用の解説

3.3.5 排水方式

基準3.3.5及び運用3.3.5では、排水方式の選定について規定している。

排水方式の選定に当たっては、排水状況診断等により排水不良の原因とその状況を的確に把握し、さらに、計画基準値に基づき、現況排水系統、土地利用状況、排水慣行等を考慮して検討する。

排水方式の選定の一般的な手順は図-3.3.5.1のとおりである。

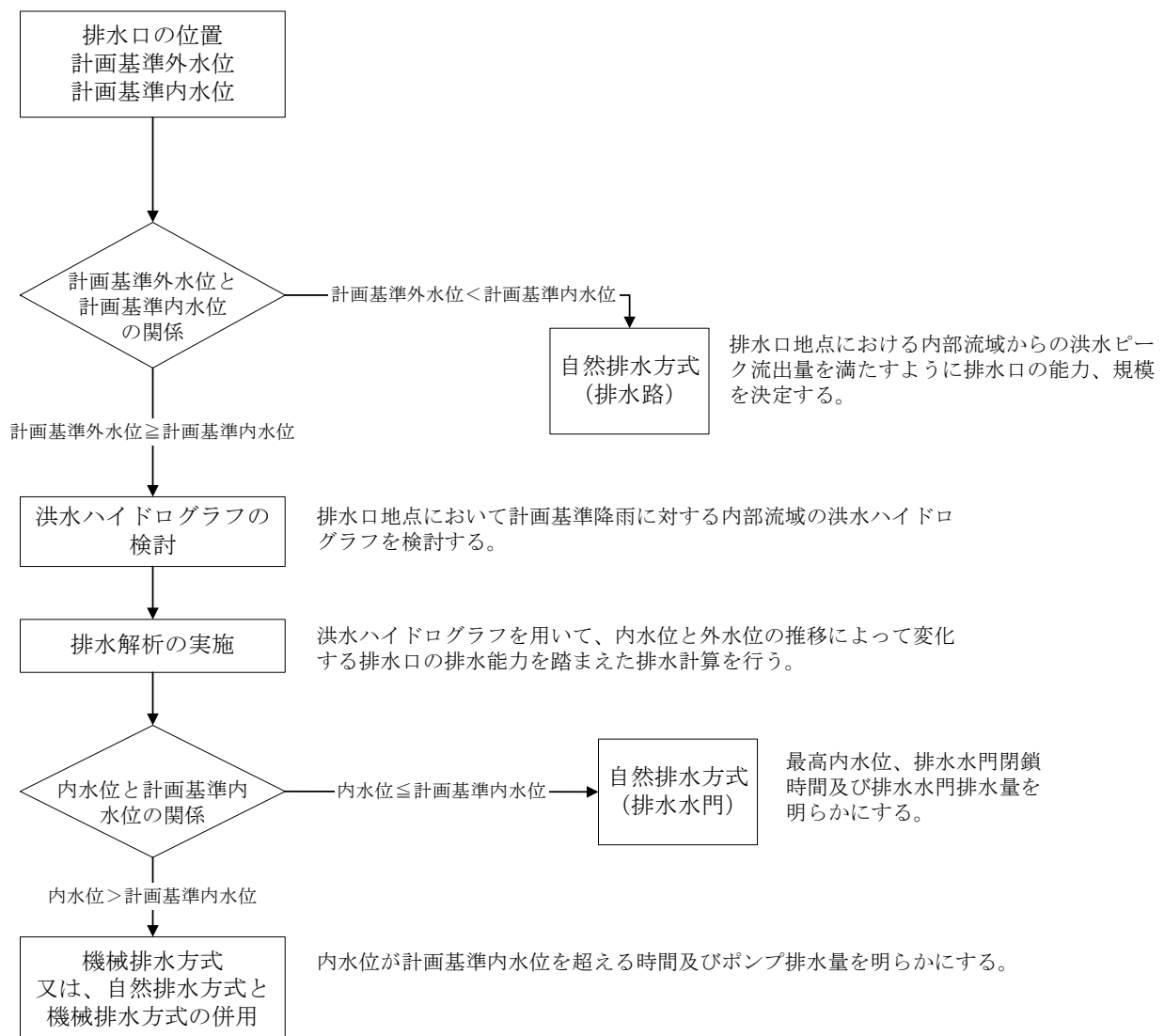


図-3.3.5.1 排水方式の選定

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	1. 自然排水方式 自然排水方式は、一般に経済性において優れており、維持管理も容易である。その排水現象は自然勾配に頼っており、安全に対処し得る排水条件の幅は比較的狭いため、自然排水方式のみで事業計画を作成する場合には、自然排水の効果が将来的にも維持されるかについて、十分な検討が必要である。 自然排水方式の検討は、排水路の改修又は新設、路線位置の変更、排水口位置の変更等の順で行う。なお、自然排水の可能性の検討に当たっては、排水本川の洪水位が支配的要素となるので、計画基準外水位に留意することが重要である。

基準及び運用の解説

1. 自然排水方式

自然排水方式の安全性を左右する重要なポイントは外水位と排水口である。

自然排水方式は、以下の事項を踏まえて検討する。

- (1) 排水量は内外水位差の影響を受ける。一般的に内外水位差は小さいため、外水位のわずかな高さの違いも、排水量に大きな影響を与えることが多い。
- (2) 外水位の上昇はほとんどそのまま内水位の上昇につながるため、自然排水方式の計画基準外水位の決定は確実な資料に基づいて行うことが特に重要である。
- (3) 排水口の大きさと構造は、排水量に直接影響を及ぼす。特に、排水解析によって内水位を設定する場合には排水口の水利特性、例えば水門の流量係数と開度が内水位を左右する重要な因子となる。

【関連技術書等】

技術書：「4. 排水方式の選定 4.2 自然排水方式」

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	2. 機械排水方式 機械排水方式の採用に当たっては、現況の排水状況及び湛水被害の状況を把握した上で、機械排水による有効性を比較検討し、その規模を決定する。

基 準 及 び 運 用 の 解 説

2. 機械排水方式

機械排水方式は動力によって過剰水を排除するものであるから、動力の大きさに応じて広範な排水改良を遂行できる。しかし、費用対効果の観点から採用できるポンプ容量は限定され、排水能力もそれによって限定される。また、自然排水に比べて多額の施設費と維持管理費を必要とするため、その費用とこれによって得られる便益について十分な検討を行う必要がある。このことは、通常、ポンプ容量をどのように定めるかによって左右される。したがって、機械排水方式を計画する際、ポンプ容量の決定は機械排水方式の採用の可否と並んで最も重要な検討事項である。

機械排水方式を採用する際には、まず、これがない場合に生じる湛水被害を推定し、ポンプ排水によってこの被害を除去し得ることを証明し、これ以外には有効な方法がないことを示すことが必要である。そして、被害を除去するために必要なポンプ容量を求め、機械排水の有効性と規模を示して、はじめて事業計画作成の細部の作業が進められる。

機械排水方式は、以下の事項を踏まえて検討する。

- (1) 施設の性質上、排水能力の上限が定まっており余裕というものはない。そこで、計画基準降雨を上回る豪雨があった場合に、その施設がどのような役割を果たすかについても考えておくことが必要である。
- (2) 不測の事故によって動力の源が断たれた場合の取扱いについても、事業計画の作成段階で検討しておくことが必要である。
- (3) 自然排水方式と違って動力によって内水を排除するので、過剰水のポンプ場への集水とポンプによる受益区域外への排除とが必ずしもうまくつり合わないで、受益区域内の上・中流部にはかなりの湛水が残っているにもかかわらず、ポンプ吸込水槽の水位が低下して、ポンプの運転を続けることができなくなることがある。このような現象を起こさずにポンプの排水能力を最大に発揮させるため、受益区域内の水を滞りなく吸込水槽に集められるよう幹線排水路の通水能力（設計水位と設計流量）について確認することが必要である。
- (4) 機械排水の場合は、ポンプの運転特性から内水位と外水位の関係で設計吐出し量を超える排水がされることもあり、幹線排水路の通水能力と配置計画の検討はポンプ容量の決定と並んで機械排水計画において重要である。
- (5) ポンプの運転操作を円滑にするためには、吸込水槽の近くにできるだけ大きな貯留水面を確保しておくことが望ましい。特に、二段排水を計画する場合には、上・下流のポンプを結ぶ水路の損失水頭を少なくするとともに、その間の貯留容量を十分にとっておくことが大切である。
- (6) ポンプ容量は、自然排水と同様に排水解析によって決める。この場合には、内水位と外水位との差と排水量との関係が、ポンプの揚程と吐出し量との関係を表すポンプ特性曲線によって置換えられることになる。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	3. 自然排水方式と機械排水方式の組合せ 一つの受益区域内で、自然排水と機械排水を区域的又は時間的に組み合わせて事業計画を作成する場合には、各々の区域又は時間について自然排水と機械排水を個別に検討し、これらを調整して最も有効かつ経済的な組合せを採用する。

基 準 及 び 運 用 の 解 説

(7) 事業計画の作成時当初には、ポンプの特性曲線を予測するのが困難なことが多い。このため、その初期にはポンプ特性を無視し、内水位と外水位との差の推移に関わらずポンプはその標準吐出し量を排出し続けるものと仮定して排水量の計算を行い、概略の施設容量を把握した後、ポンプの特性曲線を考慮した排水解析を行って、排水施設の容量を決定する方法がある。

【関連技術書等】

技術書：「4. 排水方式の選定 4.3機械排水方式」

3. 自然排水方式と機械排水方式の組合せ

自然排水方式と機械排水方式の組合せは、以下の場合が考えられる。

- ① 受益区域内を高位部と低位部に分割し、高位部を自然排水、低位部を機械排水とする場合
- ② 常時は自然排水を行い、洪水時に外水位が上昇する期間のみ機械排水を行う場合

分割された区域に、自然排水と機械排水の手法を適用する場合は、ある程度の計画が固まった段階で、必要に応じて両者を結合する施設や使用方法を検討する。また、ポンプと並んで自然排水の排水水門も排水機能を果たすので、ポンプ容量だけではなく、ポンプや排水水門の操作計画も十分検討を行う。

【関連技術書等】

技術書：「4. 排水方式の選定 4.4自然排水と機械排水の組合せ方式」

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
3.3.6 計画基準値 計画基準値は、受益区域内の排水計画の基礎条件として、計画基準内水位、計画基準降雨及び計画基準外水位を定めるものとする。	3.3.6 計画基準値 排水不良の程度は自然条件によって異なるため、受益区域の基礎条件の下で、目標とする排水効果を発揮することができるよう事業計画を樹立する必要がある。 計画基準値は、排水計画を作成する上で基礎条件となるもので、自然条件により決定されるもの（計画基準降雨等気候、気象及び水文に関するもの）と目標条件に関するもの（計画基準内水位）がある。これらの計画基準値は、観測資料や気候予測資料を基に定めることを基本とする。

基準及び運用の解説

3.3.6 計画基準値

基準3.3.6及び運用3.3.6では、計画基準値の決定について規定している。

計画基準値は、排水施設の規模を定める根拠となるものであり、事業の規模、効果及び所要経費を直接左右することから、その決定は事業計画の作成において非常に重要な作業である。

計画基準値の決定に当たっての留意事項は、以下のとおりである。

- ① 計画基準降雨は、降雨の観測資料及び気候予測資料に基づいて確率計算を行い、計画基準外水位は、降雨及び外水位のそれぞれの観測資料に基づいて計画基準降雨と同程度の実績降雨時の水位記録から定めることを基本とすること
- ② 排水改良の目標条件は通常受益区域内の内水位の動静で表現し、その指標として計画洪水時排水に対しての目標水位とそれを超える継続時間を用いること。この目標値を洪水時の計画基準内水位とすること
- ③ 計画常時排水の目標水位は湛水位ではなく、地下水位を低下させるために必要な水位と、水質や生態系保全等の観点から必要な常時流水の水位を考慮して設定すること。この目標値を常時の計画基準内水位とすること
- ④ 排水計画の自然条件と目標条件とは、それぞれ独立したものではなく、水田、畑、宅地等土地利用条件に応じて、計画洪水時排水と計画常時排水を関連させて計画基準内水位を設定すること
- ⑤ 計画排水量は、排水施設の容量決定の基準となるものであるが、設定した計画基準降雨や計画基準外水位を基に算出される二次的な基準値であること。ただし、常時排水の計画では、計画基準排水量が降雨による流出量からではなく、地下水流出量、かんがい用水量、宅地等からの排出量等により定められる場合があること
- ⑥ 計画基準値の設定には長期間の気候、気象及び水文資料を必要とするが、気象及び水文資料は現況を表していることに注意すること。すなわち、将来内部流域内で開発行為や市街地の拡張等の土地利用の変化により流況が変化することに留意すること

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	1. 計画基準内水位 計画洪水時排水の計画基準内水位は、洪水のピーク水位時における許容上限水位であり、原則として受益区域内の最低ほ場面標高とする。ただし、受益区域内に湛水を許容する場合には、区域内の最低ほ場面標高に許容湛水深を加えた高さとする。 計画常時排水の計画基準内水位は、常時の排水目標となる排水路の水面の高さであり、その水位は受益区域の地下水位を所要の深さまで下げるために必要な高さに設定する。

基 準 及 び 運 用 の 解 説

1. 計画基準内水位

計画基準内水位は、事業計画の目標と排水改良の程度を勘案して設定する。局所的に低位部がある場合は、最低ほ場面標高を計画基準内水位とすると施設規模が過大となり経済的に不利になるため、それらを除外したほ場面標高を用いることができる（これを「基準ほ場面標高」という。）

(1) 水田の排水計画における計画基準内水位

水稻の湛水被害の最も大きい穂ばらみ期の草丈は30cm以上に達していることから、許容湛水深は30cmを標準とする。また、経済的な施設規模とするため、許容湛水深を超える計画とすることも許されるが、この場合には、許容湛水深以上の継続時間は24時間を限度とする。

(2) 畑又は汎用田の排水計画における計画基準内水位

原則として、畑及び汎用田の畑利用とも無湛水とする。そのため、畑及び汎用田の畑利用を計画する場合は、ほ場設定をできるだけ高位部にするように配慮することが必要である。

なお、ここでは、標準的な畑作の場合にはほ場面に不陸があること、畝立てを行うこと等から、排水解析上5cm未満の湛水を含めて無湛水という。

【関連技術書等】

技術書：「5. 計画基準内水位」

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	2. 計画基準降雨 計画基準降雨とは、計画排水量の算定の根拠として採用する降雨のことである。洪水ピーク流出量を計画の基礎とする場合は短時間降雨強度を、洪水ハイドログラフを計画の基礎とする場合は適当な波形を持った連続降雨を、それぞれ対象とする。 計画基準降雨は、費用対効果の観点等から定まるものであるが、計画当初においては計画作成の手順を簡易にするため、10年に1回程度の降雨規模としてよい。ただし、湛水防除を目的とする場合は、排水計画における集落及び公共施設の湛水の程度に応じて、20年から30年に1回程度の降雨規模としてよい。 なお、降雨資料は、地域における気象観測資料と気候予測資料を収集した上で、適当な期間の資料を用いるものとする。

基準及び運用の解説

2. 計画基準降雨

計画基準降雨は、気象観測資料を用いて確率統計解析により得られた実績降雨に基づく確率降雨量に、気温上昇時の気候予測資料により求めた降雨量変化倍率（過去実験値と将来実験値の各確率降雨量の比）を乗じることを基本とし推定する。

また、降雨量変化倍率を乗じる実績降雨に基づく確率降雨量は、既に温暖化の影響を含んでいる可能性がある近年の降雨資料を確率統計解析の対象としないことに留意する必要がある。

詳細については技術書「**6. 実績降雨に基づく計画基準降雨**」及び「**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。また、気象観測資料に欠測値がある場合は近傍の資料との相関を調査し推定する。

なお、計画基準降雨は、地域における近年の降雨特性に応じて定める観点も重要であるため、既往洪水による被害の実態等を総合的に考慮し、適切な理由があれば、上記の降雨量変化倍率を用いずに近年の降雨資料を用いて推定することも可能である。また、上流側の整備により下流側に被害が発生しないという観点も重要であるため、下流における排水能力等を考慮し、整備水準の整合を図ることにも留意が必要である。

計画基準降雨は、農用地を対象とした排水計画の場合、大規模な河川改修のように既往最大又は50年から100年に1回程度の降雨規模をとることは費用対効果の面から得策ではなく、多くの場合20年に1回から3回程度の降雨規模が経済的に最適となることが多い。計画基準降雨は、費用対効果の観点等から定まるものであるが、計画当初においては計画作成の手順を簡易にするため、10年に1回程度の降雨規模としてよい。

ただし、湛水防除を目的とする場合の計画基準降雨は、20年に1回程度の降雨規模としてよい。さらに、20年に1回程度の降雨規模に対応した排水計画であっても、計画基準内水位は満足するが湛水が生じる区域に集落が存在し、かつ公共施設の被害が解消されない場合は、30年に1回程度の降雨規模としてよい。

なお、計画基準降雨は、既往洪水による被害の実態等を総合的に考慮し、適切な理由があれば、上記とは異なる降雨規模とすることもできる。

計画基準降雨は、洪水ピーク流出量あるいは洪水ハイドログラフを算定するために必要であり、事業計画の在り方によって、以下に示すように短時間降雨強度を対象とする場合と連続降雨を対象とする場合がある。

(1) 短時間降雨強度を対象とする場合

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場合、洪水ピーク流出量の大小が排水路計画の基礎となる。洪水ピーク流出量は、洪水到達時間内の平均有効降雨強度によって左右されるから、時間雨量などの短時間の降雨強度が重要になる。ただし、洪水到達時間は流域の大きさにより異なること、また洪水ピーク流出量の規模によっても変化することに注意が必要である。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基準及び運用の解説

(2) 連続降雨を対象とする場合

洪水調節ダムや洪水を一時貯留させて自然排水や機械排水を計画する場合は、流出量や内水位、外水位のハイドログラフを求める必要がある。この場合、どの程度の継続時間、どのような波形を持つ連続降雨を対象とするかが問題となる。これについては通常、小規模洪水調節ダムでは1日雨量、大規模洪水調節ダムでは2日雨量、機械排水を行う低平地における排水計画では1日から3日雨量について確率計算を行って確率雨量を定めた後、適当な単位時間ごとに降雨量を配分する方法がとられる。

【関連技術書等】

技術書：「6. 実績降雨に基づく計画基準降雨」

技術書：「19. 将来の降雨予測に基づく計画基準降雨」

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	3. 計画基準外水位 排水口における計画基準外水位は、排水計画の基本方針を決定するための重要な基準値であり、排水本川（河川、湖沼又は海）の状況を考慮して設定する。

基準及び運用の解説

3. 計画基準外水位

計画基準外水位は、排水本川の状況により以下のように検討する。なお、検討に当たっては、河川改修上の計画高水位についても検討結果が必要とされる場合があるので、これについても検討する必要がある。

(1) 河川や湖沼に排水口を設ける場合

ア．内部流域の面積とほぼ同程度又はそれ以下の流域面積をもつ河川や湖沼に排水口を設ける場合

排水本川の流量と水位は受益区域からの排水量によって大きな影響を受けるため、計画基準降雨を対象として排水本川の流出解析を行い、外水位ハイドログラフを求める。また、必要に応じて洪水追跡計算を行って、受益区域からの排水量の影響を検討する。事業による排水改良により、流出形態が大きく変わり、排水本川の河川管理計画に大きな影響を与える場合等、排水本川の改修と受益区域内の排水改良を同時に行わなければ排水計画が成立しないこともある。

イ．内部流域の面積に比べて、はるかに大きい流域面積をもつ河川や湖沼が排水本川の場合

大河川では、受益区域の近傍で河川水位の観測が実施されている場合が多い。受益区域の排水口に対して、排水本川の上下流水位記録を収集し、計画基準降雨と同程度の実績降雨時の水位記録から、排水口地点の河川水位を推定する。

(2) 排水河川の河口近くに排水口を設ける場合

外水位ハイドログラフは、潮位や河口閉塞等の影響を受け、降雨との直接的な相関が低下する。このような場合には潮位を要因に付加したり、不等流計算や不定流計算を併用して相関性の改善を図る必要がある。しかし、計画基準降雨に近いいくつかの実績降雨に対応する外水位ハイドログラフが得られている場合には、それらを比較検討の上、計画基準外水位のハイドログラフを設定してもよい。

(3) 海に排水口を設ける場合

海に排水口を設けるような排水計画では、上下弦（小潮）、又は朔望（大潮）時の平均潮位曲線を外水位ハイドログラフとする。排水水門による自然排水方式では、多くの場合、前者が計画規模を左右するが、機械排水を併用するような地域では、後者が計画規模を左右することもある。

ポンプの揚程としては、朔望満潮時に台風による高潮が重なった場合を想定して、適当な確率で出現する偏差等を加算したものを基準にとり、更に波高を考慮してもよい。また、近傍の観測点において長期の潮位記録が得られている場合には、直接年最高潮位等を資料として確率計算を行い、例えば、計画確率1/10年を採用しているならば、1/10年確率最高潮位をポンプの揚程の基準に選んでもよい。

【関連技術書等】

技術書：「7. 計画基準外水位」

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
3.3.7 計画排水量 排水計画の基本となる計画排水量は、地形等から判断して、基準となる地点を定めて流出量を計算し、これを基に受益区域内の主要地点での排水量を求めるものとする。	3.3.7 計画排水量 排水計画においては、各施設ごとに計画排水量を定める必要があるが、同一水系の中では、地形、土地利用の状況等から判断して妥当と思われる地点を基準点として設定し、この地点で計画排水量を求め、これを基にして流域面積比から各地点の排水量を算出する。

基準及び運用の解説

3.3.7 計画排水量

基準3.3.7及び運用3.3.7では、計画排水量の計算について規定している。

計画排水量を求めるための基準点は、内部流域の排水系統や土地利用状況等を踏まえ、流域界が明確に設定でき、洪水時に流域内に氾濫等の貯留が起こりにくい地点で、流量観測地点として適切な地点を選定する。また、内部流域内に流出特性（特に、洪水到達時間）の著しく異なる地目を含む場合は複数の基準点を設け、それぞれの流出量を合成して計画排水量を求める。

排水計画の基本となる計画排水量には、目的を異にする以下の二つがある。

(1) 計画洪水時排水量

計画洪水時排水量は、洪水時の内部流域の排水量で、受益区域の湛水被害を解消するための施設の設計条件を得ることを目的として決定する。基準点の計画洪水時排水量は、事業計画に基づく対策施設の目的によって表-3.3.7.1のように区分される。

表-3.3.7.1 目的別計画洪水時排水量

計画洪水時排水量の対象	対策施設の目的
①洪水ピーク流出量	・傾斜地における排水施設の容量決定等、洪水ピーク流出量のみを必要とする場合
②洪水ハイドログラフ	・洪水調節用ダムを建設する場合 ・傾斜地からの流出水の一部又は全部を低平地に導入し一時貯留させる場合 ・低平地からの流出水を一時貯留させ、機械排水又は自然排水する場合

(2) 計画常時排水量

計画常時排水量は常時の内部流域の排水量で、ほ場の地下水位を低下させて排水改良するための施設の設計条件を得ることを目的として決定する。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	1. 計画排水量の計算手法 基準点における計画排水量の計算は、洪水を対象とした洪水流出解析法と低水を対象とした長期流出解析法に大別されるが、洪水時の排水計画において扱う計画洪水時排水量の計算は、洪水流出解析法を用いる。長期流出解析法は、常時の排水計画における計画常時排水量の計算に用いる。 計画排水量の計算結果は施設計画の規模に直接影響することから、計算に当たっては事業計画の目的に合致した解析手法を採用し、流域の特性を踏まえて流出量を推定することが重要である。

基準及び運用の解説

1. 計画排水量の計算手法

流域に降雨があった場合、洪水流出の形態は、実用概念上、表面流出、中間流出、地下水流出の3成分に分類でき、前2者を一括して直接流出と呼ぶ。洪水時の排水計画では、この直接流出が主要工事計画の基本となる。また、地下水流出は、計画常時排水量の一部を構成する。計画排水量の計算に当たっては、計画基準降雨に対して適切な解析手法を用いることとする。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	2. 計画排水量の計算手順 計画排水量の計算は、計画洪水時排水量及び計画常時排水量の各々について、以下の手順で行う。 (1) 計画洪水時排水量の計算手順 計画洪水時排水量の計算は、まず基準点における降雨量及び流出量記録を整理し、内部流域の特性を把握する。次に、事業計画の目的に合致した流出解析手法を選定して流域の降雨と流出量の関係を解析し、計画基準降雨に対する基準点の計画洪水時排水量を推定する。 各地点における排水施設の計画洪水時排水量は、基準点における排水量から流域面積比で求める。 (2) 計画常時排水量の計算手順 基準点における長期流出記録から、かんがい期・非かんがい期別に最多頻度の流出量を解析し、これを計画常時排水量とする。 各地点における排水施設の計画常時排水量は、基準点における排水量から流域面積比で求める。

基準及び運用の解説

2. 計画排水量の計算手順

計画洪水時排水量の計算は、図-3.3.7.1のとおりである。また、計画常時排水量の計算は、長期流出記録の頻度解析により求める。計算に当たっては、ほ場整備計画との整合に留意する。

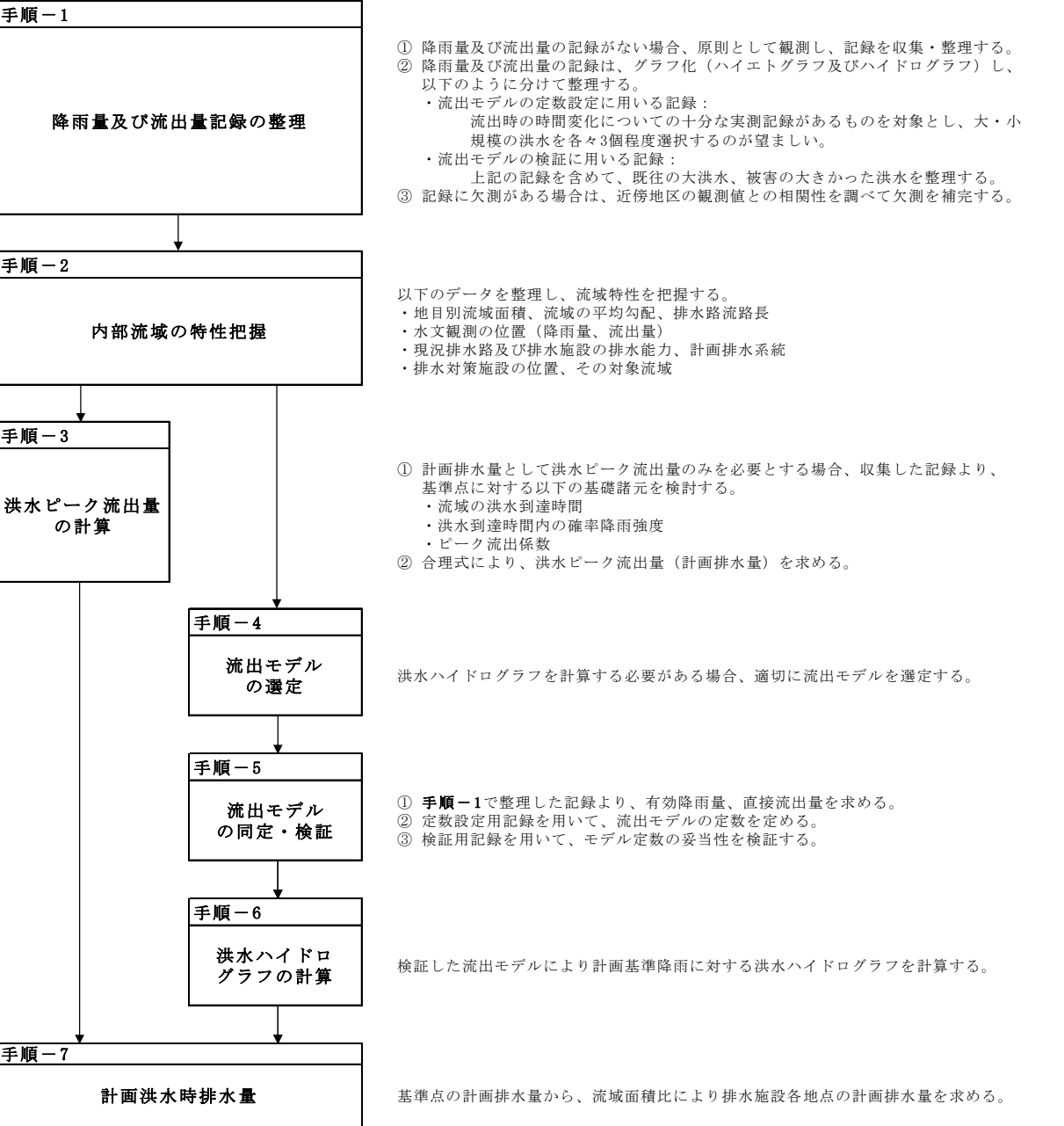


図-3.3.7.1 計画洪水時排水量の計算手順

【関連技術書等】

技術書：「8. 洪水ピーク流出量の計算」

「9. 洪水ハイドログラフの計算」

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	3. 計画洪水ピーク流出量の計算 傾斜地における排水施設の容量決定等、洪水ピーク流出量を必要とする場合には、合理式又は流出モデルを使用する。この場合、区間別又は支線別の洪水ピーク流出量は、原則として比流量によって算出する。 計画洪水ピーク流出量は、施設容量決定の重要な判断材料であるので、流域の自然条件、降雨量、将来計画を含む土地利用状況等を十分把握した上で算出する。 4. 洪水ハイドログラフの計算 洪水調節用ダムの計画や洪水時の排水を一時貯留させて自然排水や機械排水を計画する場合には、洪水流出解析法によって計画洪水時排水量をハイドログラフの形で推定する。 洪水ハイドログラフの推定に当たっては、内部流域を傾斜地域と氾濫域とに区分し、それぞれに適した流出モデルを適用する。

基準及び運用の解説

3. 計画洪水ピーク流出量の計算

合理式の適用範囲は、降雨条件がほぼ一様とみなされるおおむね40km²以下の流域とし、河道貯留効果は含まれてよいが、事業実施後に適用する場合は、流域内に氾濫又は局部湛水が残らない場合及び下流湛水位条件が影響しない場合に限定される。

合理式によって計画洪水ピーク流出量を計算する場合、洪水ハイドログラフの計画洪水ピーク流出量との整合に留意するとともに、以下の仮定条件に十分留意しなければならない。

- (1) 流域の時間的最遠点に降った雨水が、流域の最下流端に到達したときに流出量が最大になる。
- (2) 洪水ピーク流出量の生起確率は、与えられた到達時間に対する降雨強度の生起確率に等しい。

【関連技術書等】

技術書：「8. 洪水ピーク流出量の計算」

4. 洪水ハイドログラフの計算

洪水ハイドログラフの計算は、傾斜地域と氾濫域に分けて行う。

(1) 傾斜地域の洪水ハイドログラフの計算

傾斜地域は、洪水の一時貯留が発生しない地域であり、排水量が下流水位の影響を受けない地域を指す。

傾斜地域の洪水ハイドログラフの計算に当たっては、求められる精度及び利用可能な水文資料に応じて適切に流出モデルを選定しなければならない。

(2) 氾濫域の洪水ハイドログラフの計算

氾濫域は、洪水の氾濫や一時貯留が発生する地域であり、低平地で下流水位の影響を受けたり、湛水が生じる可能性のある地域を指す。

氾濫域のハイドログラフの計算に当たっては、氾濫域への流入量や事業計画に基づく排水施設（排水水門、ポンプ場等）の能力を確認し、解析期間内の流域全体としての水収支を十分検討しておくことが重要である。

【関連技術書等】

技術書：「9. 洪水ハイドログラフの計算」

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	5. 計画常時排水量の計算 計画常時排水量は、原則として実測値から求め、水田地帯においてはかんがい期及び非かんがい期に分けて検討する。

基準及び運用の解説

5. 計画常時排水量の計算

計画常時排水量は、一定期間内に最多頻度で発生する排水量をもってこれに充てることが適当である。水田地帯では、かんがい期と非かんがい期で排水量がかなり異なるので、これを区分して各々について計画常時排水量を求める。

かんがい期の計画常時排水量は主に、ポンプの台数選定の際に利用される。また、非かんがい期の計画常時排水量は、主として所要の地下水位に下げるように、排水路の底高を設計するために用いられる。

計画常時排水量は、日平均排水量を実測して、その度数分布から求めることを原則とするが、長期流出タンクモデルで低水流量を推定することによって求めることもできる。

【関連技術書等】

技術書：「10. 常時排水量の計算」

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
3.3.8 環境との調和への配慮方針 環境との調和への配慮方針は、基本構想及び精査の結果を踏まえ決定するものとする。	3.3.8 環境との調和への配慮方針 環境との調和への配慮方針の決定に当たっては、地域の環境の特徴や事業実施の影響等を考慮する。 この場合において、農家を含む地域住民等の意向及び有識者等の指導・助言を踏まえて複数の計画素案を作成し、これらを農家を含む地域住民等に説明し、更に意見を聴くなどして、できる限り計画に反映させることが重要である。

基準及び運用の解説

3.3.8 環境との調和への配慮方針

基準3.3.8及び運用3.3.8では、環境との調和への配慮方針について規定している。

環境との調和への配慮方針の決定に当たっては、基本構想や精査の結果を踏まえ、生態系、景観、伝統・文化等の特徴や周辺環境との連続性、事業実施の影響及び農家を含む地域住民の意向等を総合的に検討する。

生態系配慮の検討においては、生物種間や環境要素の相互関係等を検討しながら、注目すべき生物、環境要素の中から保全対象生物及び保全対象要素を決定する。この場合、必要に応じて複数の保全対象生物及び保全対象要素を選定するものとする。そして、保全対象生物の生息・生育環境として必要な範囲及び保全対象要素に対する事業の影響範囲等を検討して保全対策範囲を設定する。この保全対策範囲ごとにミティゲーション5原則を基本として、具体的な配慮対策を検討する。

景観配慮の検討においては、事業地区で設計や施工、維持管理に取り組むため、景観配慮の方向性や対策イメージを検討する。景観配慮に係る維持管理の機会を契機とした地域づくりは、地域の景観形成の必要性や理解醸成につながることを期待できるため、計画作成の際には、地域の景観資源の認知拡大や、地域づくりへの気運醸成を通じ、景観資源の価値を高める仕組みを検討することも重要である。

【関連技術書等】

技術書「15. 環境との調和への配慮」

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き（第1編～第3編）（平成14年2月～平成16年5月）

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針（平成27年5月）

農業農村整備事業における景観配慮の手引き（平成18年8月）

農業農村整備事業における景観配慮の技術指針（令和7年4月）

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
3.4 主要工事計画 3.4.1 主要工事計画の作成 主要工事計画は、ライフサイクルコストの低減を図る機能保全対策及び耐震対策を考慮するとともに、定められた計画洪水時排水量及び計画常時排水量を安全に排水できるよう、排水施設の配置、構造等を定めるものとする。	3.4 主要工事計画 3.4.1 主要工事計画の作成 排水施設の主要工事は、排水路、排水水門、ポンプ場及び河口処理施設であり、その他これに関連するものとしては、堤防、放水工、遊水池、暗渠等がある。定められた計画洪水時排水量と計画常時排水量を安全に排水するためには、各施設の機能を明確に把握した上で適宜選択し、それぞれを組み合わせ、地区の排水が効率的に行われるように十分検討する。 なお、主要工事計画の作成に当たっては、計画基準降雨を超過し、定められた流量を超える洪水に対し、排水施設がどのように機能するかを確認するとともに、施設のライフサイクルコストの低減を図る機能保全対策を検討することも必要である。特に、ポンプ設備の据付高さについては、洪水時の浸水によりポンプ運転に支障をきたさないように、機器の配置及び耐水性、建屋の構造等についても考慮し決定する必要がある。また、排水施設の重要度に応じた耐震対策を行うことが必要である。 環境との調和に配慮した主要工事計画は、精査の結果や一般計画を踏まえ、具体的な個々の現地条件に照らしつつ作成する。施設の配置や構造は、環境との調和に配慮した事業計画を作成するに当たり重要な要素であるので、保全対象生物・保全対象要素の特徴や影響の程度を十分に考慮し、主要工事計画を作成する。

基準及び運用の解説

3.4.1 主要工事計画の作成

基準3.4及び運用3.4では、主要工事計画について規定している。

基準3.4.1及び運用3.4.1では、主要工事計画の作成について規定している。

主要工事計画は、一連の排水系が同じ考え方で統一されたものでなければならない。幹線施設のみに大きな計画排水量を設定すると、洪水を速やかに集水することができないために、結果的に施設が過大となったり、末端施設に相対的に大きな水量を設定すると下流部に過大な流量が流入することになり、被害が一部に集中するなど、幹線施設で処理することができなくなる。このため、既設の施設に接続する計画の場合等は、下流部の排水能力を十分調査しておく必要がある。また、農業用排水施設の計画排水量は20年に1回から3回程度の降雨規模を対象としたものが経済的に最適となることが多いが、これを超える場合も十分考えられるので、主要工事計画を作成する際には計画排水量を超える洪水に対し各施設がどのように機能するかを確認しておく必要がある。

その他、主要工事計画の作成に当たっての留意事項は以下のとおりである。

- (1) 近年、気候変動等の影響により激甚化する豪雨の発生、農村地域の都市化及び混住化の進行並びに営農体系の変化等により、洪水時の流出形態が急速に変わりつつある。このため、排水水門、ポンプ場までの排水路、承水路、遊水池等を相互に整合させることが必要であり、施設の周辺環境との調和に配慮するとともに、施設設置による振動や騒音への対策についても検討を行う。
- (2) 排水施設のうち排水水門やポンプ場は、農業排水施設の中でも重要な基幹施設の一つであり、将来的に維持管理費への影響が大きい設備である。したがって、ポンプ設備を導入する場合には、ポンプの特性を正確に把握して、設備条件に適した機種選択を行い使用条件や監視体制に適した運転制御方式等を採用して、経済的で効率の良い運転管理ができるように計画することが重要である。特に、ポンプ設備の運転には多量の電力や燃料を消費する場合があるので、設備コストの低減とともに受益者の将来負担となる運転コストを極力少なくするように計画する必要がある。
- (3) 既設ポンプ設備がある場合には、新設ポンプとの役割分担を明らかにして、相互に補完的な機能を持たせた場合の効果等についても比較検討しておく必要がある。
また、他地域のポンプ設備等との連携操作等についても調査検討しておく必要がある。
- (4) ポンプにはある程度の吸引力があり、近傍の水は集水できるが、遠方の水をポンプの力で集水することは不可能なため、適切な水路の設計によってポンプ場の吸込水槽まで支障なく水が流入してくるよう排水路等を計画する必要がある。
- (5) 水位が上昇してもポンプ設備が浸水しないよう、既往最高湛水位又は計画基準降雨時におけるポンプ無稼働状態での湛水位に基づき設定する最高吸込水位を踏まえつつ、機器の配置

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基 準 及 び 運 用 の 解 説

及び耐水性、建屋の構造等についても考慮し、ポンプの据付高さを決定する必要がある。さらに、想定し得る最大レベルの洪水、高潮、津波等により発生する水位についても検討し、この水位が最高吸込水位を超える場合には、ポンプ設備の早期の機能回復及び浸水被害の軽減を可能とする対策を講じる必要がある。

- (6) 排水施設の耐震設計は、施設の重要度に応じた地震動レベル（レベル1地震動、レベル2地震動）を考慮して、地震時にそれぞれの施設が保持すべき耐震性能を確保できるように設計する。
- (7) 機械排水と自然排水を組み合わせる場合には、自然排水が優先できるように関連水路、排水水門、暗渠等を設計する。そのためには、排水路、遊水池、ポンプ場、排水水門等を一連のシステムとして取り扱い、連携を図りながら合理的に計画することが必要である。
- (8) 環境との調和への配慮は、一般計画によって決定した環境との調和への配慮方針に基づき、具体的な配慮対策の検討を行う。その際は、保全対象生物の生息・生育条件（流速・水深・ネットワーク等）、景観等の保全対象要素の視点から必要な配慮対策を行う。

【関連技術書等】

技術書：「15. 環境との調和への配慮」

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き（第1編～第3編）（平成14年2月～平成16年5月）

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針（平成27年5月）

農業農村整備事業における景観配慮の手引き（平成18年8月）

農業農村整備事業における景観配慮の技術指針（令和7年4月）

農業水利施設の機能保全の手引き（令和5年4月）

土地改良事業設計指針「耐震設計」（平成27年5月）

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
3.4.2 排水路 排水路は、植生、堆砂等による流況の変化を考慮し、洪水時や常時の排水処理が安全に行えるよう計画しなければならない。	3.4.2 排水路 1. 排水路の配置 排水路の路線の配置及び排水口の位置は、技術的に可能な複数の案から、受益区域内外の地形、排水の目的及び方法、用地取得の難易、排水慣行、維持管理、環境との調和への配慮等について比較検討の上、最も適切なものを決定する。

基準及び運用の解説

3.4.2 排水路

基準3.4.2及び運用3.4.2では、排水路について規定している。

1. 排水路の配置

排水路の配置計画は、受益区域において、できるだけ自然排水が可能となるように配置する。

排水路の路線の選定に当たっては、1/2,500から1/5,000の地形図を基に、現地調査も加えて可能な複数の路線を検討する。

次に各路線について、水位、排水路の構造等を選定し、さらに土地利用形態等の社会経済的条件、生物の生息・生育状況等の自然的条件等も十分調査して排水計画の妥当性と建設費の検討を行い、路線を決定する。

その他、排水路の路線の選定に当たっての留意事項は以下のとおりである。

(1) 排水口の位置

- ① できるだけ自然排水可能となる地点であること
- ② 排水水門やポンプ場を設ける場合には、必要な支持力が確保できる基礎地盤であること
- ③ 排水口が流砂や漂砂で閉塞されない位置であること
- ④ 高潮等外水の影響に対し危険な場所は回避すること
- ⑤ 地域条件によって環境との調和に配慮すること

(2) 幹線排水路

- ① 線形は、流出水を安全で効率的に処理できるとともに、環境との調和にも配慮したものとする
- ② 勾配の大きい河川を幹線排水路として改修利用する場合は過度な直線化を避け、現況流路等の利用を図りながら直線を挿入して緩やかに蛇行させる方が安全であること
- ③ 土質の悪いところを避け、また、人家、交通機関に危険を与えないようにすること
- ④ 原則として切土水路内で洪水時断面を確保し、築堤排水路は極力回避すること
- ⑤ 路線は原則として受益区域の最低部に求めること。受益区域の一部を機械排水とする場合にも、高位部排水路、低位部排水路に区分することにより、自然排水の活用を十分検討すること
- ⑥ すべて機械排水を必要とする区域においても、高位部、低位部あるいは中位部等に分けて排水路を2段又は3段式の配置とすることにより、ポンプ運転経費を節約できることもあるので比較検討すること

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	2. 排水路の構造 排水路の設計流量及び設計水位は、洪水時の過剰な地表水排除と常時の地下水制御の両機能を果たすように設定し、計画洪水時排水の設計流量及び設計水位並びに計画常時排水の設計流量及び設計水位のいずれも満足するとともに、必要に応じて環境との調和に配慮した構造となるように断面形及び勾配を定める。 また、安全施設は、排水路内への転落防止及び危険区域内への立入り防止等のために必要な箇所に設置し、その構造形式は水路の規模・構造及び周辺の土地利用の状況を考慮して、適切なものとする。

基 準 及 び 運 用 の 解 説

(3) 支線排水路及び小排水路

- ① これらの配置は、幹線排水路の位置、耕地の区画形状、道路、用水路配置、環境との調和等を十分考慮して決定すること
- ② 一般に平坦な水田地帯では、小排水路は小用水路と平行で交互に配置すること
- ③ 幹線と支線との合流は、流向になじむように取り付けるのが望ましいこと
- ④ 地形により用水路と兼用する場合もあるので、水田の畑利用や用排水慣行等も十分考慮して検討すること

2. 排水路の構造

(1) 設計流量

排水路の設計流量は、以下の事項を踏まえて検討する。

- ① 地区内での同一水系の排水路では、計画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こと
- ② 計画単位排水量は、当該排水路の下流端における計画排水量を、その地点の支配する流域面積で除した値とすること
- ③ 設計流量は、主な合流点で挟まれた区間ごとに、計画単位排水量にその区間下流端の支配する流域面積を乗じた値とすること
- ④ 排水路区間ごとの流域の地目構成が著しく異なる場合や、中間に遊水池がある場合等は、計画単位排水量をその上流、下流等でそれぞれ定めること
- ⑤ 機械排水が計画される地区の設計流量は、施設最大流量と地区内最大流出量のうち小さい値とするが、湛水解析結果を十分考慮して決定すること

(2) 設計水位

排水路の設計水位は洪水時と常時とで異なる。計画洪水時排水の設計水位は、水路に沿う地盤標高を超過してはならない。これに対して、計画常時排水の設計水位は、ほ場における排水暗渠の出口の標高を超過してはならない。

設計水位は設計流量のように一義的に定まるものではない。設計水位は、排水機能からみるとできるだけ低いことが望ましいが、水路の建設費からみると高い方が望ましい。したがって、設計水位はこれらの条件を勘案しながら、最も適当と思われるものを採用する。

なお、湛水を許容している地区においても、洪水時における設計水位は水路周辺の地盤標高を超えないように計画する。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	3. 排水路の勾配 排水路の勾配は、受益区域の地形、排水路の路線及び排水口の位置を踏まえ、最小許容流速及び最大許容流速を十分検討し、環境との調和に配慮しつつ適切な値を決定する。 4. 護岸工 護岸工は、その必要性を検討し、計画洪水時排水の設計水位以下の流量に対して、排水路法面を安全に防護できる構造とする。 なお、護岸工法及び断面形状は、用地費及び維持管理費を含む経済性の検討並びに環境との調和への配慮により決定する。

基準及び運用の解説

(3) 設計断面

計画洪水時排水の設計水位については、水路の上流端から下流端に至る各水路区間相互の高さ関係を勘案して、計画洪水時排水に対する設計水面勾配線を各水路区間に描く。この水面勾配線の下で、洪水時の設計流量を流し得る断面をマンニングの平均流速公式を用いて求める。このようにして、排水路の通水断面が求められる。

次に、求められた水路断面について、計画常時排水の設計流量を用いて、下流端から計画常時排水の水面追跡を行い、その背水曲線が設計水位を超過しないことを確かめる。これによって、水理的観点からの水路底高の妥当性が検討される。

また、低平地の排水路において、下流端の水位条件が上流側に影響を及ぼすおそれがある場合には、計画洪水時排水量を用いて、下流端から水面追跡を行い、その背水曲線が設計水位を超過しないことを確かめる必要がある。

排水路については、経年での堆砂や水草等による水路断面減少を防ぐため維持管理が重要であるが、維持管理を行っても水草等の繁茂は避けられない面があり、必要に応じ現場状況を勘案し、水路断面及び勾配を検討する。

さらに、環境との調和に配慮する場合は、計画常時排水時等において、生物の生息・生育に必要な水深等に留意して断面を検討する。

(4) 安全施設

必要となる安全施設は、目的や設置場所等様々な要因により異なるので、管理者から意見を聞くとともに、必要に応じて関係機関から助言を得る。また、関連する技術書や類似の事例などを参照する。

3. 排水路の勾配

排水路の勾配は、受益区域の地形、排水路の路線や排水口の位置との関係によって制約される場合が多いが、一般には最大許容流速内で急な勾配ほど有利である。また、勾配が急で、最大許容流速を超えるような場合には、落差工、急流工等により勾配を緩和したり、ライニングによって最大許容流速を増すようにする。逆に、勾配が緩すぎる場合は、土砂の堆積等により通水能力を著しく阻害することがある。

環境との調和に配慮する場合は、保全対象生物の遊泳能力（巡航速度、突進速度）や生息・生育環境等に留意して勾配を検討する。

4. 護岸工

(1) 護岸工

護岸工は、流水の作用から排水路法面等を保護する必要がある場合において、排水路の表法面又は表小段に設ける。

護岸工の種類によっては環境に影響を与えることがあるため、保全対象生物の生息・生育環境や保全対象要素の特徴等に留意して選定する。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	5. 落差工、急流工 落差工及び急流工は、排水路の安全な機能保持のために与える勾配配分の中から生ずる余剰落差を調整する構造物であり、水路中大きなエネルギーの集中する箇所であるから、位置及び構造には十分注意する必要がある。また、生物の移動の障害となることがあるため、環境との調和にも配慮して決定する。なお、多段式落差工となる場合は、地形条件によっては急流工が経済的に有利となることもある。 6. 合流工、落口工 合流工及び落口工は、流入位置、流入排水路の状態等を考慮し、水理的かつ構造的に安全かつ経済的になるよう検討するとともに、環境との調和に配慮して決定する。

基 準 及 び 運 用 の 解 説

(2) 護岸高

護岸高は、排水路設置地点の土質、排水路内の最大流速、湛水による水位上昇又は排水による水位急降下、融雪時の水位上昇等を検討のうえ、必要な範囲までとする。

(3) 護岸工の種類

コンクリートライニング、連結ブロック、積ブロック、アスファルト舗装、コンクリート柵きょ、矢板等のほか、自然素材を利用した護岸工が考えられるが、工法の採用に当たっては、水理条件、経済性及び環境との調和に留意して検討する。

5. 落差工、急流工

落差工及び急流工は、直線部で流れの安定した地点を選定し、直上流又は直下流に屈曲のある地点は避け、騒音、振動、飛沫等にも十分に配慮した上で計画する。

落差工については、潜りの状態になると著しく減勢効果を失うので、できるだけ潜らないように下流水位を与えるものとするが、やむを得ず潜りの状態になる場合は、下流護岸は十分に長く取る必要がある。さらに、落ち口は、上流開水路水面幅を縮小しない。

落差工や急流工は生物の移動に障害となることがあるため、必要に応じて保全対象生物の特徴等を踏まえながら、生物の生息・生育環境の連続性に留意して構造を検討する。

6. 合流工、落口工

合流工及び落口工の排水路附帯小構造物については、計画路線に沿って踏査を行い、水路の底勾配、流速、合流点付近の地形条件等を考慮して、最も効果的かつ安全な施設となるよう位置と規模を決定する。

合流工や落口工で排水路附を接続するときに段差が生じると、生物の移動に障害となることがあるため、必要に応じて保全対象生物等の特徴等を踏まえながら、生物の生息・生育環境の連続性に留意して構造を検討する。

【関連技術書等】

技術書：「11. 排水路」

「15. 環境との調和への配慮」

土地改良事業計画設計基準・設計「水路工」（平成13年2月）

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き（第1編～第3編）（平成14年2月～平成16年5月）

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針（平成27年5月）

農業農村整備事業における景観配慮の手引き（平成18年8月）

農業農村整備事業における景観配慮の技術指針（令和7年4月）

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
3.4.3 排水水門 排水水門の設置位置、土木構造及び水門型式の選定に当たっては、地形条件、排水流況等を考慮して適切な水門型式及び操作方法を決定し、それに見合った経済的な施設としなければならない。	3.4.3 排水水門 1. 排水水門の位置 排水水門の位置は、風波や潮流の影響により、流木等が排水水門付近に漂着する場合が多いので、水門型式、除じん施設、運転方式及び維持管理方法を想定し、位置を決定することが必要である。 また、機械排水の場合には、ポンプの吐出し樋管を排水水門に併せ施工する場合や兼用する場合が多く、ポンプ場の配置計画等を考慮して決定する。 2. 排水水門の水門型式選定 排水水門の水門型式選定に当たっては、適切な流水管理、操作における信頼性の確保、長期の機能保全、環境との調和への配慮等を考慮し選定する。 水門扉及び土木構造物は、一体となって要求される機能及び安全性の確保を必要とし、かつ、経済的な設備でなければならない。したがって、水門扉と土木構造物の機能及び役割分担を明確にし、調和のとれた施設とする。

基準及び運用の解説

3.4.3 排水水門

基準3.4.3及び運用3.4.3では、排水水門について規定している。

排水水門は、排水門と排水樋門に分けられる。

排水門とは、内水の排除、外水の逆流防止等のため主に排水路末端に設置する施設である。

排水樋門とは、排水門と同じ制水施設であるが、河川、海岸、あるいは湖岸の堤体内に暗渠を挿入して内水側又は外水側にゲートを取り付けたものである。なお、暗渠断面が小さいものを排水樋管という。

1. 排水水門の位置

一般に排水水門の位置は、できるだけ広い面積の排水が可能となるように受益区域の最低部又は、その近傍であって、構造物の安定上、支持力と浸透に関して比較的良好な基礎地盤のところを選定しなければならない。

排水の必要な地区の最低部は基礎地盤が悪いことが多いので、基礎の調査設計には慎重な配慮が必要である。また、受益区域が広大である場合は、2か所以上に分けて排水水門を設置することを比較検討する必要がある。

排水水門により直接海に排水する場合で、砂洲の形成されるおそれのあるところにやむを得ず設置しなければならないときは、河口閉塞防止対策等の河口処理施設の検討が必要である。

排水水門の位置は、原則として以下の条件を満たす場所が望ましい。

- ① 受益区域の最低部又はその近傍であること
- ② 支持力及び浸透に関して基礎地盤が良いこと
- ③ 著しく波浪、高潮等の衝撃を受けないこと
- ④ 付近に流砂沈積による砂洲や浅瀬ができにくいこと
- ⑤ 川幅、堤防法線の急変部、あるいは河床の不安定な箇所はできる限り回避すること

2. 排水水門の水門型式選定

排水水門の水門型式は、設置箇所近傍の水質、流下物(竹等の長尺物)や漂着物及び堆砂状況を考慮し、腐食を起こさない材質及び噛み込み等を起こさないよう安全に排水できる型式と構造等を選定しなければならない。排水水門は、生物の移動に障害となることがあるため、必要に応じて保全対象生物等の特徴等を踏まえながら生物の生息・生育環境の連続性に留意するとともに、周辺の景観と調和したものとなるように留意して検討する。

(1) 排水門に使用されるゲート

排水門に使用されるゲートの種類は、主にローラゲート、シェル構造ローラゲート、スライドゲート、スイングゲート、マイターゲート等がある。

(2) 排水樋門に使用されるゲート

一般に排水樋門の主ゲートとして、フラップゲートが用いられ、副ゲートとして、緊急遮

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	3. 断面の決定 排水水門の断面の規模は、洪水量、受益区域の実情及び経済的観点から検討し、決定する。

基準及び運用の解説

断用にスライドゲート、ローラゲートが用いられる。

(3) 開閉装置の水門扉型式への適用と選定方法

開閉装置は、対象とする水門扉の型式、規模、配置条件等を考慮し、適切な型式のものを選定する。この他、地形、場所、管理に要する人員及び景観についても配慮しなければならない。

(4) 土木構造

水門扉は土木構造物によって支持されるものであり、計画に当たっては、荷重の伝達や支持機構を考慮して、相互に調和のとれたものとし、水門扉の保守管理を考慮した土木構造物であることが必要である。

3. 断面の決定

排水水門の断面規模決定は、計画排水量、計画基準外水位、常時外水位、機械排水計画の有無等の条件によって異なるが、基本は以下の三つである。

- ① 計画基準外水位の時に計画洪水ピーク流出量を排出できる断面
- ② 常時外水位の時に計画洪水ピーク流出量を排出できる断面
- ③ 受益区域内に湛水又は遊水池を考慮した上で、計画基準内水位の時及び許容湛水時間内に計画洪水ピーク流出量を排水できる断面

このうち、①及び②については外水位を定めれば計算により算出することができるが、③についてはいくつかの断面を仮定してそれぞれの断面について、外水位曲線と流入量、排出量に対応させて、地区内水位曲線を描き、計画基準内水位及び許容湛水時間との比較を行わなければならない。

(1) 機械排水計画のない場合

受益区域内に湛水を認めず、かつ遊水池もない場合には①の断面が適用される。

受益区域内に湛水を認めるか又は遊水池がある場合には、②又は③の断面のうち大きい方を適用するのが基本である。②と③では一般的に②の断面の方が大きくなるものと思われるが、これは受益区域内に洪水が発生した時に常に外水位が高いとは限らないので、断面としては計画洪水ピーク洪水量を排出できるものが妥当であるとの考えからである。

しかし、常時外水位が比較的高く、②の断面が③に対して極端に大きくなるような場合には地域の実情及び経済的観点から妥当と思われる規模とするべきである。

(2) 機械排水計画のある場合

機械排水を行う場合に問題となるのは、自然排水と機械排水を併用する計画の場合であるが、この場合には、②で算出される断面を基に地域の実情及び経済的観点から施設規模を決

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	4. 流量計算 排水水門の流量計算に適用する流量算定公式は、内水位と外水位の変化並びに排水水門の構造及び断面に応じて選択する。

基準及び運用の解説

定する。

4. 流量計算

水理計算上から排水水門等の構造を分類すれば、開水路、堰、水門、管渠等となり、それぞれの場合に使用すべき諸公式については、関連する技術書を参考としながら適切に選定する。

【関連技術書等】

技術書：「12. 排水水門」

「15. 環境との調和への配慮」

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き（第1編～第3編）（平成14年2月～平成16年5月）

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針（平成27年5月）

農業農村整備事業における景観配慮の手引き（平成18年8月）

農業農村整備事業における景観配慮の技術指針（令和7年4月）

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
3.4.4 ポンプ場 ポンプ場は、一連の排水系統において必要とされる機能を確保し、管理及び施工に関する条件を勘案して、経済的な施設となるよう計画しなければならない。	3.4.4 ポンプ場 1. ポンプ場の設置位置と構造 ポンプ場の設置位置は、受益区域内の地形条件、基礎地盤の地質条件、動力源確保等の立地条件、排水本川の状況、環境との調和等を勘案して決定する。 また、ポンプ場の構造は、ポンプ設備の規模等に応じて適正な構造形式を決定するとともに、その屋根、壁等の主要構造物は、立地条件、外力条件、環境との調和等を考慮して決定する。

基 準 及 び 運 用 の 解 説

3.4.4 ポンプ場

基準3.4.4及び運用3.4.4では、ポンプ場について規定している。

1. ポンプ場の設置位置と構造

ポンプ場の位置選定及び構造について重要な事項は、ポンプ場を構成する各施設が全体として満たすべき水利条件、環境条件、運転管理条件等の総合的な関係を十分把握して、ポンプ場の位置、構造形式、ポンプ形式、附帯設備等について検討を行うとともに、ポンプ場及びその附帯施設の大きさや維持管理のためのスペースが十分確保できることである。

その他の留意事項としては、ポンプ室内に浸水すると運転操作を妨げるだけでなく、原動機等の運転にも支障をきたすので、ポンプ室床面は最高吸込水位(既往最高湛水位又は計画基準降雨時のポンプ無稼働湛水位)より高くする。それが不可能な場合は、ポンプ室及び機器への浸水がないよう、機場建屋、搬入口扉等を水密性の構造とする。

(1) 位 置

ポンプ場の位置は、地形に応じた排水系統が計画されとおのずから限定される。受益区域の最低部を通るように幹線排水路が計画される場合、ポンプ場は幹線排水路と排水本川との合流点付近の最低位置に設置されるのが最も望ましい。

しかし、受益区域の地形、流域及び排水本川、あるいは海岸、湖沼等の位置及び状況、並びに内水位と外水位の関係によっては、必ずしも最低位置に設置されとは限らない。

例えば、ポンプ場の位置を受益区域の最低部に考えた場合、排水本川の支流がその位置の上流部において合流し、異常な外水位が生じるような場合はポンプの揚程、排水量に及ぼす影響が大きいため、地形的には多少不利であるとしても、その支派川の合流点上流部あるいは下流部において、ポンプの経済的な運転、排水効果等を考慮し、ポンプ場の位置を選定する。

(2) 基礎地盤

ポンプ場の基礎地盤の状態は、ポンプ場の本体工・基礎工の設計、施工及び建設費に大きな影響を及ぼすので、予定地点において計画的に設計荷重等から想定される所要の支持力が求められる深さまでボーリングを行い、地質の状態、 N 値等を調査しておくことが望ましい。

(3) 電源及び上水道等確保の難易

地形、地質ともにポンプ場の位置に最適であっても、動力源である電源の有無等によりポンプ場の位置が左右される場合がしばしばあることから、ポンプ場位置としての地形、地質を考慮する場合に、併せて電源の存在、ポンプ場までの引込線の可能性等も考慮する必要がある。これは特に電動機に頼ることの多い常時排水を必要とする場合や地下水排除をも行うような場合において考慮を要する。また、水質等によっては冷却水に上水道を使用する場合等もあるので併せて検討する。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	2. ポンプの組合せ ポンプの組合せは、ポンプの運転効率、不時の故障の可能性、運転管理等を考慮して、最も効率的となるように決定する。 また、万一の故障等に対する危険分散を考慮して、台数はできるだけ複数とする。 3. 揚程 ポンプの吸込水位、吐出し水位及び実揚程は、計画上要求される水位条件に対する所要の排水量が適切に確保されるよう、排水計画及びポンプ運転計画を十分検討して決定する。 ポンプの吸込水位は、内外水位と密接な関連があるので、全体の計画と調和するように定める。また、揚程はポンプの種類、原動機の容量等を定める非常に重要な値であるので、慎重に決定する。

基 準 及 び 運 用 の 解 説

(4) 環境との調和への配慮

ポンプ場の供用開始後の騒音や振動について、事前に生活環境への影響を考慮する必要がある。また、周辺の景観と調和したものとなるよう留意するとともに、ポンプによる生物の吸い込み等が生態系に及ぼす影響にも留意して検討する。

2. ポンプの組合せ

洪水時のポンプは、長時間連続した運転は必ずしも毎年発生するとは限らないため、ポンプの組合せについては、計画洪水量のほかに1/2年確率程度の中小洪水量等についても考慮することが必要である。また、計画常時排水量(主にかんがい期の計画常時排水量)をベースにして、それぞれの規模の排水量に見合ったポンプ1台当たりの吐出し量と台数の組合せを併せて検討し、ポンプの運転効率を高める必要がある。

このため、ポンプは、常時用と洪水用との2種類程度に区分することが多く、ポンプ台数は2台以上とし、計画排水量の規模に応じて台数を増加させる方法が一般的である。

一方、ポンプ台数を増加させることはポンプ場の規模、建設コスト、維持管理費等にも関連するので、この点からの検討も行う必要がある。

3. 揚程

ポンプは、排水本川等の水位変化に応じて排水計画上要求される各種の水位条件の下で所要の排水量を確保する必要があるので、ポンプの吸込側と吐出し側について適切な水位を設定し、これをもとに実揚程を決定する必要がある。

揚程には、実揚程と全揚程がある。実揚程は内水位（吸込水位）と外水位（吐出し水位）との差であり、吸込実揚程と吐出し実揚程に区分することができる。全揚程は実揚程にポンプ廻りの管路損失を加えたものである。

$$\begin{aligned}
 \text{全揚程}(H) &= \text{吸込全揚程}(H_s) + \text{吐出し全揚程}(H_d) \\
 &= [\text{吸込実揚程}(H_{as}) + \text{吸込管損失水頭}(H_{\ell s})] \\
 &\quad + [\text{吐出し実揚程}(H_{ad}) + \text{吐出し管損失水頭}(H_{\ell d}) + \text{流出損失水頭}(h_o)] \\
 &= \text{実揚程}(H_a) + \text{諸損失水頭}(H_{\ell s} + H_{\ell d} + h_o)
 \end{aligned}$$

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	4. ポンプ形式の選定 ポンプ形式の選定では、ポンプの種類ごとに吸込性能、建設費、運転管理費、維持管理費等に差異があるので、計画排水量、揚程、現場条件、管理の容易性等を総合的に判断し最適なものを選定する。

基準及び運用の解説

(1) 洪水時排水ポンプ

計画最高実揚程：洪水時計画ピーク吐出し水位と洪水時初期吸込水位の差

設計点実揚程：湛水解析による内水位条件を満足し、適正かつ効率的なポンプ運転が可能となる水位差

最高実揚程：洪水時最高吐出し水位と最低吸込水位との差
(運転目標の実揚程の上限に相当する。)

ポンプ効率は、揚程により左右されるが、ポンプ排水時に短時間しか出現しないような点を設計点とするのは不経済であるため、一般には内外水位差（洪水時外水位のピーク水位とポンプ場地点初期吸込水位に相当するスクリーン前面の内水位との差）の80%程度にスクリーン損失水頭を含む導水諸損失水頭と送水諸損失水頭を加えたものを設計点実揚程として試算するが、詳細決定については湛水解析を行い、適正な設計点実揚程を決定する。

また、外水位が比較的低い時にも、ポンプを長時間運転する場合には、動力費の経済性も踏まえ設計点実揚程を検討することが望ましい。

(2) 常時排水ポンプ

設計点実揚程：常時計画吐出し水位と常時初期吸込水位との差

最高実揚程：常時最高吐出し水位と最低吸込水位との差

河川の平水位等における常時計画吐出し水位と常時初期吸込水位との差を設計点実揚程とする。これはポンプ型式の決定等のポンプ設計に用いる。また、河川の豊水位等における常時最高吐出し水位と最低吸込水位との差を最高実揚程とし、この実揚程を運転上限目標の実揚程とする。

なお、常時排水ポンプを洪水時排水ポンプとして兼用する場合は、(1)の洪水時排水ポンプの実揚程についても併せて検討する必要がある。

4. ポンプ形式の選定

排水に使用されるポンプは、羽根車の揚力作用によって排水する軸流ポンプと遠心力及び揚力作用により排水する斜流ポンプに大別される。また、駆動軸の向きから横軸ポンプと立軸ポンプに大別され、これらの組合せより、横軸軸流ポンプ、横軸斜流ポンプ、立軸軸流ポンプ、立軸斜流ポンプがある。

洪水時における初期吸込水位は、逆水門閉鎖外水位（外水位がこれよりも低いときは水門が必ず開いている。）より、やや高い水位となることが多い。これはまた湛水解析計算の出発値でもあり、排水路の設計水面勾配線の目標ともなる重要な値である。この水位を低く設定すると最高湛水位を低く抑えるのには有利であるが、反面、ポンプ場の建設費はかさむ。したがって、この水位は関係諸条件を勘案して、総合的に有利な効果をもたらすように定める必要がある。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	5. ポンプの据付高さと同転速度 ポンプの据付高さと同転速度を適切に設定することは、ポンプの計画において最も重要な作業の一つであり、吸込高さ（羽根車上端と吸込側最低水位との差）とポンプの運転範囲（排水量が計画点に対してどの程度変動するか）を勘案し、ポンプにとって有害なキャビテーションを起こさないように決定する。 また、ポンプの据付高さは、ポンプ場への浸水により排水に支障を来たさないように、内水位も併せて考慮して慎重に決定する。 6. 原動機 原動機は、動力源の立地条件、ポンプの運転状況、維持管理、環境条件等によって選定し、所要出力は揚程及び計画排水量から決定する。

基準及び運用の解説

5. ポンプの据付高さと回転速度

流水中で局部的に圧力が低下し、水が気化して気泡ができる現象をキャビテーションという。この気泡は水流によって移動し、羽根の圧力の高い部分に來ると押しつぶされて急激に消え、その際に騒音や振動を起し、ポンプ効率や吐出し量を低下させ羽根車を損傷することがあり、ポンプへ有害な影響を与える。

キャビテーションの発生を防止する方法の一つとして、立軸ポンプの採用、ポンプの回転速度を下げる、ポンプの据付高さをなるべく低くすることが有効であるが、洪水時の浸水により運転不能に陥ることは許されない。このため、内水位が上昇しても浸水しないよう、既往最高湛水位又は計画基準降雨時におけるポンプ無稼働状態での湛水位に基づき設定する最高吸込水位を考慮してポンプの据付高さを決定する必要がある。

さらに、想定し得る最大レベルの洪水、高潮、津波等により発生する水位についても検討し、最高吸込水位を超える場合には、ポンプ設備の早期の機能回復及び浸水被害の軽減を可能とする対策を講じる必要がある。

6. 原動機

原動機の種類の選定は、ポンプ場の立地条件及びポンプの運転状況、信頼性、運転管理費等によって異なる。

電源が簡単に得られ、しかも常時排水を必要とするようなところでは電動機を選定し、電源が乏しい場合あるいは年間のポンプ運転時間が非常に少ない場合では内燃機関を選定するのが一般的である。

実際の作業としては、電動機の施設費と内燃機関の施設費、その後の両者の維持管理費を比較検討してより経済的なものを選ぶ。平時の降雨に際しても排水不良であり、豪雨時にはただちに浸水被害を及ぼし、しかも異常に高い外水位が長時間にわたって継続するような場合にあっては、電源の故障に備え、電動機と内燃機関を併用することも考えなければならない。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	7. 吸込水槽と吐出し水槽 吸込水槽は、導水路からの流水を吸込管に空気を吸引することなくポンプ運転ができるよう、安定した水位及び円滑な流れを確保し、水槽内に渦流が発生しないように計画する。吐出し水槽は、吐出し管から放出された水流の減勢を行い、接続する水路へ水流が円滑に移行できるように計画する。 8. 監視操作制御設備及び電源設備 ポンプの運転方式は、安全かつ合理的・経済的なものとし、この運転方式に必要な監視操作制御設備を設けるものとする。 電源設備は、ポンプ場の規模、立地条件並びに運転管理の容易性及び経済性を考慮して決定する。

基 準 及 び 運 用 の 解 説

7. 吸込水槽と吐出し水槽

(1) 吸込水槽と吸込管

吸込水槽は、導水路からの流水を円滑にポンプの吸込口へ導くもので、一般に流水は、幹線排水路の末端に設けられた遊水池（ポンプ円滑運転用）から吸込水槽に導かれる。このため、地形及び設置すべきポンプの大きさに応じた適当な規格形状の吸込水槽を設置し、吸込が円滑に行われるよう吸込管と吸込水槽の壁面との間及び吸込管と吸込水槽の底面との間は十分な余裕をとり、水が自由に四方から均等に流入するようにする。

(2) 吐出し水槽

排水水門を有するポンプ場においては、原則として吐出し水槽その他の調圧部を設けるものとし、高さは排水水門等が横断する堤防の高さ以上とする。

吐出し水槽の目的は、ポンプの振動による堤防や樋管への影響を緩和するとともに、ポンプによって吐出される水を静水圧の状態で必要な水頭をもって堤外へ排出することである。なお、上記の支障や影響が無視できる場合は設置する必要はない。

吐出し水槽を設置する場合は、ポンプ起動時のアップサージ量を求め、吐出し水槽に必要な高さを確保しなければならない。

8. 監視操作制御設備及び電源設備

(1) 監視操作制御設備

ポンプの運転方式は、ポンプ場を設置する目的とその果たすべき機能について十分把握した上で、水管理システム、ポンプ場諸設備の性能特性、運転条件等を総合的に検討し、安全かつ合理的・経済的なものとする。また、監視操作制御設備は、ポンプ設備及び附帯設備を監視、制御するものであり、必要に応じて、監視操作機能、制御機能、運転支援機能、計測機能、安全確認機能を有するものとする。

なお、ポンプ場の運転管理を適正に行うためには、集水域の出水状況の把握が重要であることから、広範な集水域を有する排水地区にあっては、必要に応じて、主要な排水路等において水位等の観測機器を設置し、リアルタイムの情報収集に努める。

監視操作制御設備については、土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」や関連する技術書等を参照する。

(2) 電源設備

電源設備は、対象機器に動力電源の供給を行うもので、ポンプ設備及び附帯設備の安全確実な運転及び機場の保守管理を考慮して構成、容量等を決定する。

ポンプ設備においては、出水時に商用電源が停電した場合にも運転管理できるよう、予備発電設備の設置を検討する。

電源設備については、土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」や関連する技術書等を参照する。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	9. 附帯設備 附帯設備の構成及び配置計画は、計画排水量を確実に排水可能な計画とする。 また、その配置は、維持管理を考慮したものとする。 附帯設備の主な構成は以下のとおりである。 ① ゲート ② 除じん設備 ③ クレーン設備 ④ 燃料貯油槽 ⑤ 冷却水槽

基準及び運用の解説

9. 附帯設備

一般に、ポンプ場の附帯設備において注意すべき点は、排水路からポンプ場又は排水水門より排水する一連の作業を円滑に機能させる点にある。主要設備と附帯設備の動作、連携及び機能維持を考慮し配置計画等を立てなければならない。

(1) ゲート

水路切り替え用、吐出し樋管用、点検・修理用としてスライドゲートやローラゲートを必要に応じて設ける。

(2) 除じん設備

除じん設備は、排水流域の塵芥量、その処理方法等を検討し、適切な型式及び規模のものを設ける。

(3) クレーン設備

クレーン設備は、ポンプ設備の型式と規模、その保守管理等の使用頻度を検討し、適切な型式及び容量のものを必要に応じて設ける。

(4) 燃料貯油槽

内燃機関を設ける場合、運転に必要な燃料を貯蔵するために適切な容量の燃料貯油槽を設ける。

(5) 冷却水槽

ポンプ設備の運転に冷却水が必要な場合は、適切な容量の冷却水槽を設ける。

【関連技術書等】

技術書：「13. ポンプ場」

「15. 環境との調和への配慮」

土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」（平成9年1月）

土地改良施設管理基準「排水機場編」（平成20年9月）

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き（第1編～第3編）（平成14年2月～平成16年5月）

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針（平成27年5月）

農業農村整備事業における景観配慮の手引き（平成18年8月）

農業農村整備事業における景観配慮の技術指針（令和7年4月）

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
3.5 管理計画 管理計画は、排水施設の有する排水能力が十分に発揮できるよう、管理者、管理の内容、管理に要する費用、負担方法等の基本的事項を定めた上で、管理運営の計画を作成するものとする。	3.5 管理計画 1. 排水施設の管理運営計画 排水施設の管理運営に当たって、以下の計画を作成する必要がある。 ① 排水路及び調整水門の管理運営計画 ② ポンプ場、排水水門その他施設の管理運営計画 また、管理運営計画は、施設規模等の決定条件として重要であるため、十分検討しておく。

基準及び運用の解説

3.5 管理計画

基準3.5及び運用3.5では、維持管理計画について規定している。

1. 排水施設の管理運営計画

(1) 排水路及び調整水門の管理運営計画

排水路及び調整水門の管理は、水草・塵芥等の撤去や調整水門の管理作業が主要なものとなる。管理のためには、作業し易い水路が必要であり、特に問題となる水路の刈草の投棄を防止するためには、流水断面内に草が繁茂しない水路構造とすることも有用である。なお、環境との調和に配慮する場合は適切な維持管理が可能な構造とする。

(2) ポンプ場、排水水門その他施設の管理運営計画

ポンプ場、排水水門その他施設の管理には、運転操作管理と保守管理がある。

ア. 運転操作管理については、まず水文状況を解析し、排水区域内で起こりそうな事態やその際の環境条件を予想して、洪水時及び常時のポンプ・排水水門等の運転操作開始・停止における目標内水位を設定する。

ポンプ場の目標内水位は、洪水時については、雨量と現状水位から予想し、かんがい期常時排水は、かんがい用水量、雨量、蒸発散量、地下浸透量等から推定する。

また、気象情報等によって大雨が降ることが予想される場合には、運転初期の円滑な排水のための流路の確保や、洪水ピーク時の運転緩和に役立つ等のことから、見込み運転（予備運転）の実施を検討する。

特に、自然排水施設を有しないポンプ場では、低湿地を多く抱えている場合が多いため、過去の類似パターンに基づき、特に早めの運転を行い内水位の低下を図る必要がある。

一般的には機械排水等により河川水位が急激に変動する場合は少ないと考えられるが、河川流量が少ない段階で見込み運転を行う場合には、急激な水位変動が生じ、流速が著しく大きくなって、公共の利害に影響を及ぼす事態も考えられる。

このような事態を招く運転操作は、極力行わないように努める必要があるが、やむを得ない場合には関係機関へ通知するとともに、必要に応じて一般住民への周知を図り、事故の防止に努める。

イ. 保守管理については、管理運転が可能なポンプ場とする。

ポンプ場は、洪水時以外は稼働する機会が少なく、機器の錆びつきなどにより起動不能となる障害が発生する場合があるので、普段より管理運転を行い、非常時に確実な運転ができるようにしておくことが大切である。この管理運転時には起動に必要な水が少ない場合が多く、管理運転が可能な水の循環方法等について検討しておく必要がある。

また、ポンプ場では、ごみ処理が重要であり、特に受益区域内に居住地を含む場合は、ポンプ場へ集積されるごみの量が多く、また、ビニール等を含んでいるので、ごみの量、質に見合った施設を決定するとともに、保守点検、耐久性、操作の難易性等を十分検討し、さらに、発生したごみの処理方法について併せて検討しておく。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	2. 施設の長寿命化を図る保全管理 施設の長寿命化を図る保全管理を行うことにより、機能を長期にわたって維持するとともに、ライフサイクルコストの低減に努めるものとする。 3. 業務継続計画（BCP） 豪雨及び地震により施設が被災し、人員や情報等に制約のある状況下において、施設機能の継続及び早期回復を図る、業務継続計画（Business Continuity Plan：BCP）の策定に努める。 4. 既存施設等を活用した減災対策 災害に対する地域の防災・減災力を強化するため、既存施設等を活用した減災対策を行うことが重要である。

基 準 及 び 運 用 の 解 説

2. 施設の長寿命化を図る保全管理

排水施設の機能を維持しつつ、効率的な運用を図るため、構造物の点検及び整備を実施し、施設の長寿命化を図る保全管理に努めるものとする。整備の実施に当たっては、施設の使用状況、重要度、機能保全計画等を参考に、点検整備費、更新費、更新時期等を考慮して総合的に検討することにより、長期にわたり機能を維持するとともに、維持管理費や将来の更新費を減らし、ライフサイクルコストの低減に努めるものとする。

3. 業務継続計画（BCP）

豪雨及び地震が発生し、土地改良施設が被災した場合には、営農に支障を与えるだけでなく、地域住民の生命及び財産ひいては地域全体に被害が発生するおそれがある。業務継続計画は、豪雨及び地震が発生した場合、活用できる資源が制限された状況で施設に関する被害の拡大を防ぎ、施設の機能回復のために優先すべき業務を特定し、業務継続に必要な措置を講ずることによって適切な業務執行を行うことを目的として整備するものである。

【関連技術書等】

技術書：「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 16.1 業務継続計画（BCP：Business Continuity Plan）」

4. 既存施設等を活用した減災対策

気象情報等を基に農業用ダム、農業用ため池、排水路等の貯留水を事前に放流し、降雨を貯留する低水位管理等が実施されている。また、水田からの落水量を抑制し、豪雨時に水田へ雨水を貯留することで、下流域の農作物や宅地の被害を軽減することを目的とした「田んぼダム」による洪水調節の取組を行っている地域もある。

【関連技術書等】

技術書：「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 16.2 農地・農業水利事業を活用した流域治水」

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	5. 新たな技術の活用 近年、情報通信技術の進展が著しいことから、現場での適用性等を考慮しつつ、新たな技術の導入を検討することが望ましい。 6. 更新等に備えた各種データの把握 将来の排水施設の更新等に備え、受益区域内の各種データを把握することが望ましい。 7. 管理に関する協議組織 受益区域内に非農用地が多く含まれる地区等にあつては、関係自治体等を含めた管理に関する協議組織等を設け、運転管理方法及び洪水時等の措置並びに費用負担について協議を行う必要がある。

基 準 及 び 運 用 の 解 説

5. 新たな技術の活用

豪雨及び地震時等に農業水利施設の情報を収集し、施設の危険度及び周辺地域の被害予測をリアルタイムで情報提供する技術並びに情報通信を活用した施設の排水管理に関する技術等の新たな技術について、現場での適用性等を考慮しつつ、導入を検討することが望ましい。また、気象及び水文状況をリアルタイムに把握し、その情報を国、都道府県、市町村、土地改良区等関係者間で共有することが望まれる。

【関連技術書等】

技術書：「17. 排水に関する新たな技術及び研究の紹介 17.1 排水機場への遠方操作システムの導入」

「17. 排水に関する新たな技術及び研究の紹介 17.2 ため池防災支援システム」

6. 更新等に備えた各種データの把握

将来、排水施設の更新等を行う際、適当な気象及び水文資料が得られるよう、受益区域内の降雨並びに幹支線水路の主要な地点における水位及び流量等を観測し、把握することが望ましい。

7. 管理に関する協議組織

排水地区に非農用地が多く含まれる地区等にあつては、農用地の排水の他に非農用地部分の排水や環境等にも配慮する必要がある。管理費用の負担に関する事項等を協議するために関係自治体等を含めた協議組織を設けるとともに、地域全体の排水に関する住民の理解を深め、地域全体の排水への協力体制並びに豪雨及び地震時の連絡体制を確立する必要がある。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
	8. 環境との調和への配慮 環境との調和に配慮する対策の効果を発揮するためには、事業完了後の施設の維持管理が適切に行われることが重要となる。そのためには、事業計画の検討段階から、必要となる維持管理内容や体制について、地元関係者と十分な協議調整を行うことが重要である。

基 準 及 び 運 用 の 解 説

8. 環境との調和への配慮

環境との調和に配慮することにより、事業完了後の施設の維持管理に要する労力や経費等が増加する場合も考えられることから、事業計画の検討段階から、必要となる維持管理内容や体制、費用負担の方法等について、地元関係者と十分な協議調整を行い、合意形成を図ることが必要である。

特に、地域全体の自然環境や生活環境の向上に資する配慮対策を講じる場合には、関係農家や行政、土地改良区のみならず、地域住民等の参画も得ながら適切に管理をすることが好ましい場合もあることから、事業計画の検討段階から、これらに係る関係者の協調体制を整えておくことが望ましい。

【関連技術書等】

技術書：「15. 環境との調和への配慮」

土地改良施設管理基準「排水機場編」（平成 20 年 9 月）

土地改良施設管理基準「用水機場編」（平成 30 年 5 月）

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き（第 1 編～第 3 編）（平成 14 年 2 月～平成 16 年 5 月）

環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針（平成 27 年 5 月）

農業農村整備事業における景観配慮の手引き（平成18年 8 月）

農業農村整備事業における景観配慮の技術指針（令和 7 年 4 月）

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
3.6 事業計画の評価 事業計画の評価は、事業の実施により見込まれる経済効果を測定し、事業計画の経済性及び妥当性を評価するものとする。	3.6 事業計画の評価 土地改良法施行令（昭和24年政令第295号）第2条において土地改良事業の施行に関する基本的な要件として、事業の必要性、技術的可能性、経済的妥当性、環境との調和への配慮等が定められている。 このうち、事業計画の経済的妥当性の評価は、別に定める土地改良事業の費用対効果分析に関する指針に基づき行うものとする。

基準及び運用の解説

3.6 事業計画の評価

基準3.6及び運用3.6では、事業計画の評価について規定している。

計画内容の妥当性の評価については、基本構想、排水計画、施設計画等の個別計画策定段階で、それぞれ採用すべき構想や計画案の判定を行うために評価が行われているが、計画作成の最終段階において、事業計画全体について各個別計画の相互関係を考慮し、総合的な見地から評価を行うことが重要である。

1. 事業計画の経済的妥当性の評価

経済的妥当性の評価は、以下の2つの側面から行うものであり、別に定める「土地改良事業の費用対効果分析に関する基本指針の制定について」（平成19年3月28日18農振第1596号農村振興局長）に基づき、その妥当性を判定する。

この段階で、事業計画が不適当と判断される場合には、基本構想策定段階にさかのぼって見直しをすることも含め、計画内容の適切な修正を検討する。

(1) 経済性の側面からの評価

土地改良法施行令（昭和24年政令第295号）第2条第3項において、「当該土地改良事業の全ての効用がその全ての費用を償うこと」とされており、土地改良事業の実施により見込まれる全ての総便益と総費用を対比し、事業計画の妥当性を判定しなければならない。

総便益の効果体系は図-3.6.1のとおりである。

(2) 負担能力の側面からの評価

土地改良法施行令第2条第4項において、「土地改良法第三条に規定する資格を有する者等が当該土地改良事業に要する費用について負担することとなる金額が、これらの者の農業経営の状況からみて相当と認められる負担能力の限度を超えることとならないこと」とされており、原則として現況総農業所得額と当該事業等に係る年償還額を対比し、農家等の負担金償還の可能性を判定しなければならない。

2. 排水事業の効果

排水施設の有する機能は、農用地を含む限定された地域内での地表水の排除と土壌水分の排除を行い、土地利用の安定性の増大と高度化、汎用化、農用地の生産力の向上、農作業労働環境の改善、集落生活環境の改善等に資するものであり、その効果は有形・無形に、長期・短期的に、直接・間接的に複雑かつ広範囲にわたるものである。

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）

基準及び運用の解説

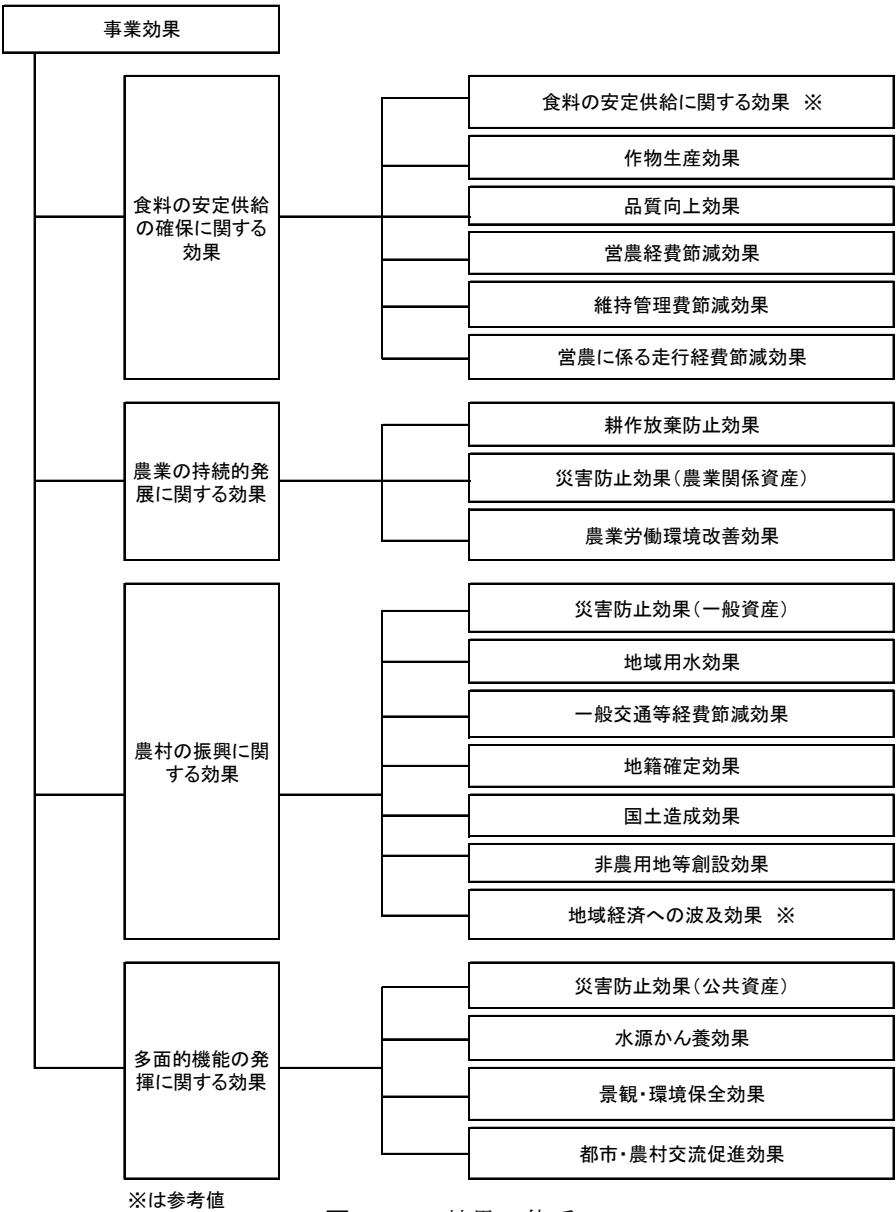


図-3.6.1 効果の体系

【関連技術書等】

「土地改良事業の費用対効果分析に関する基本指針の制定について」

(平成19年 3 月 28 日 18農振第1596号 農村振興局長)

「土地改良事業の費用対効果分析マニュアルの制定について」

(平成19年 3 月 28 日 18農振第1597号 農村振興局長 企画部長)

「受益農家の意向を踏まえた営農計画の策定について」

(平成6年11月16日 6-10 構造改善局計画部長通知)

付 録

技 術 書

目 次

(技 術 書)

1. 排水事業及び技術の変遷	-----	155
2. 調査（精査）	（基準、基準の運用第2章2.3 関連）-----	160
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
4. 排水方式の選定	（基準、基準の運用第3章3.3.5 関連）-----	183
5. 計画基準内水位	（基準、基準の運用第3章3.3.6 関連）-----	195
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
7. 計画基準外水位	（基準、基準の運用第3章3.3.6 関連）-----	218
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
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
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
11. 排水路	（基準、基準の運用第3章3.4.2 関連）-----	278
12. 排水水門	（基準、基準の運用第3章3.4.3 関連）-----	281
13. ポンプ場	（基準、基準の運用第3章3.4.4 関連）-----	288
14. 河口改良	-----	298
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
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）-----	336
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）-----	347
18. 近年の降雨特性に関する情報	-----	355
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）-----	360

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の設計に用いられる。

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
観測期間	数	年	発生	数	年	発生	数	年	発生	数	年	発生	数	年	発生	
年～ 年	量	月	確率	量	月	確率	量	月	確率	量	月	確率	量	月	確率	
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。

■	既往最高潮位 (高極潮位) (H. H. W. L.)
■	朔望平均満潮位 (H. W. L.)
■	※H. W. L. ≒ H. W. O. S. T. 大潮平均高潮面
■	上下弦平均満潮位 (H. W. O. N. T.)
■	平均潮位 (M. S. L.)
■	上下弦平均干潮位 (L. W. O. N. T.)
■	朔望平均干潮位 (L. W. L.)
■	既往最低潮位 (低極潮位) (L. L. W. L.)

図-2.1 潮位の概念

観測所名		既 往 最 高 潮 位 (m)	朔望平均 満 潮 位 (m)	上下弦平 均満潮位 (m)	平均潮位 (m)	上下弦平 均干潮位 (m)	朔望平均 干 潮 位 (m)	既 往 最 低 潮 位 (m)	備 考
観測期間	年～ 年								
実 測 値		(年月日)						(年月日)	

土地状況調査は、以下の項目で構成される。

- ① 地形調査
- ② 土壤調査
- 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

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。

[illegible]

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														

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		①	②	③	④	⑤	⑥		計	備考
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 区分					計	備 考
	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。

項目 名称	位 置	型 式	構 造	内水位 (m)	外水位 (m)	排水量 (m ³ /s)	備 考
計							

[illegible]

表-2.15 排水路調査票

[illegible]

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 m³)	田		畑		その他				
	乾	湿	乾	湿					乾	湿	作物名	減産量 (t)					
			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系統の決定

(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。

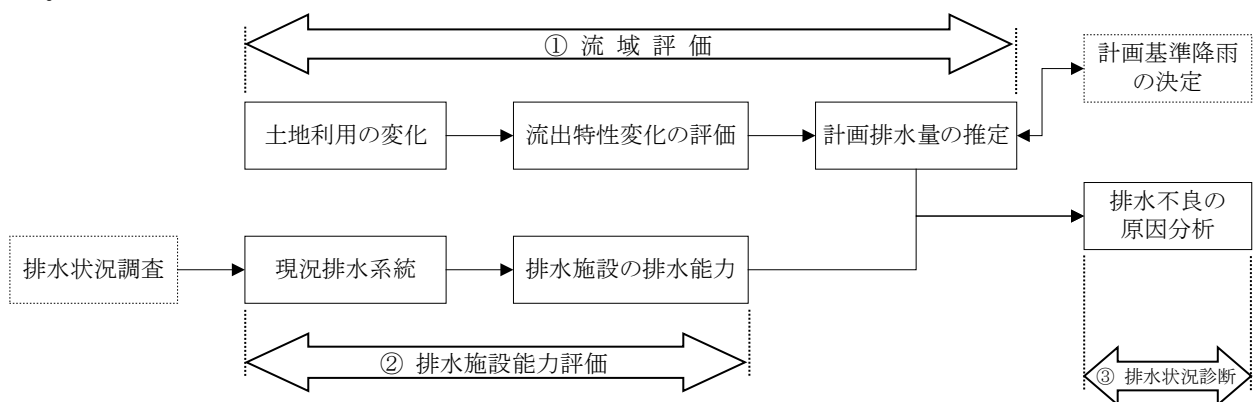


図-3.1 排水状況診断

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)

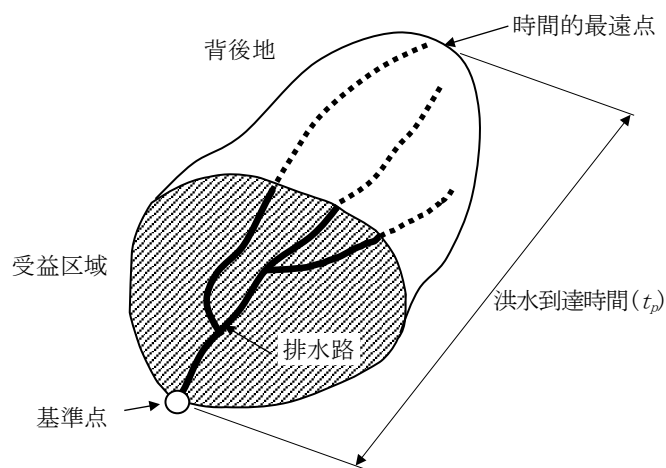


図-3.2 洪水到達時間の概念

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。

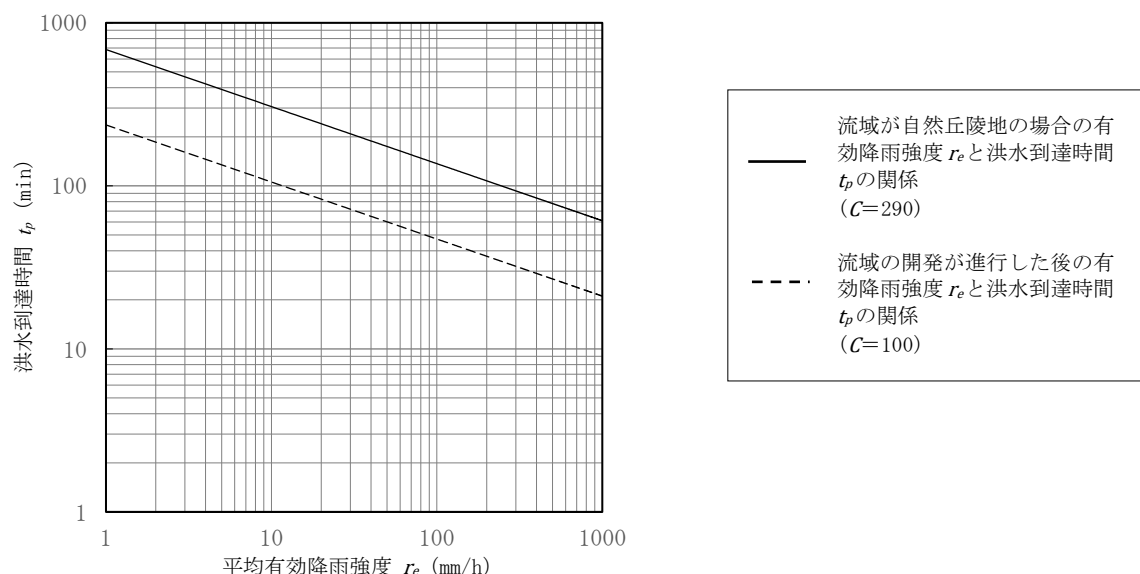


図-3.3 洪水到達時間の変化

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_e - 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 : $527.8\text{m}^3/\text{s}$

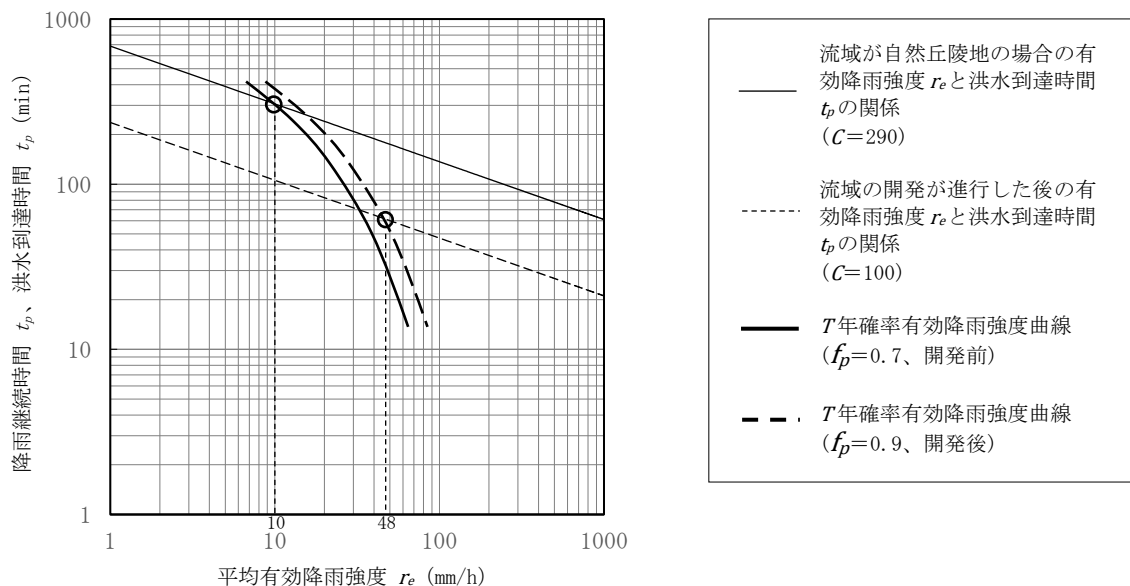


図-3.4 土地利用変化に伴う洪水ピーク流出高(mm/h)の推定

(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。

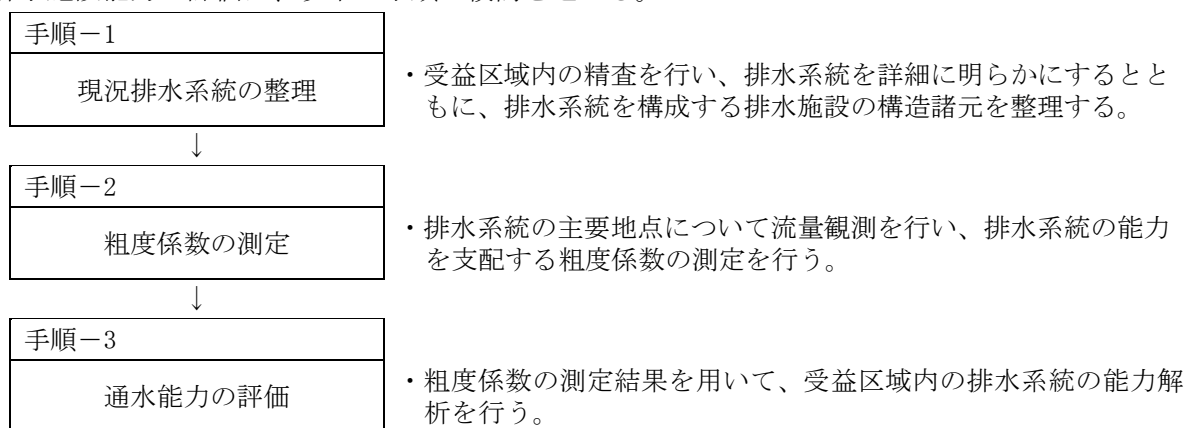
なお、土地利用変化が洪水ハイドログラフに及ぼす影響を評価するには、土地利用変化の前後について、計画基準降雨を用いて流出量の計算を行うが、その際の有効降雨量は土地利用条件によって異なる。したがって、流域モデルのブロックごとに、土地利用状況に応じた有効降雨量を与えて洪水ハイドログラフの計算を行う。

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。

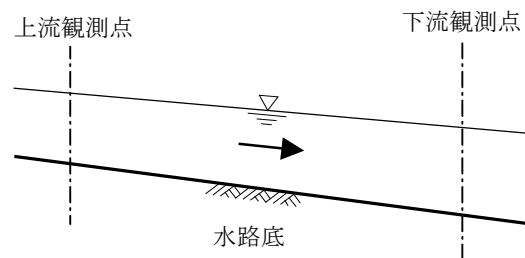


図-3.5 排水路の水位及び流量観測

- (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、それごと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で、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 $H_1 > H_2 \geq D$

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

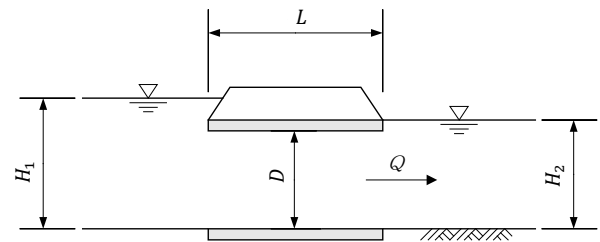


図-3.6 横断暗渠の流れ

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、排水系統について表-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。

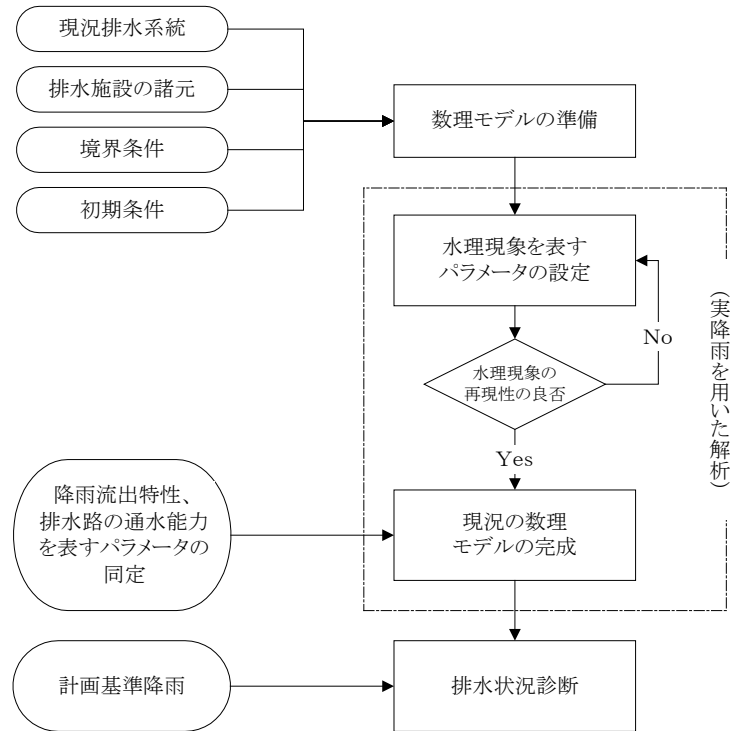


図-3.7 コンピュータシミュレーションを実施する場合の基本的な手順

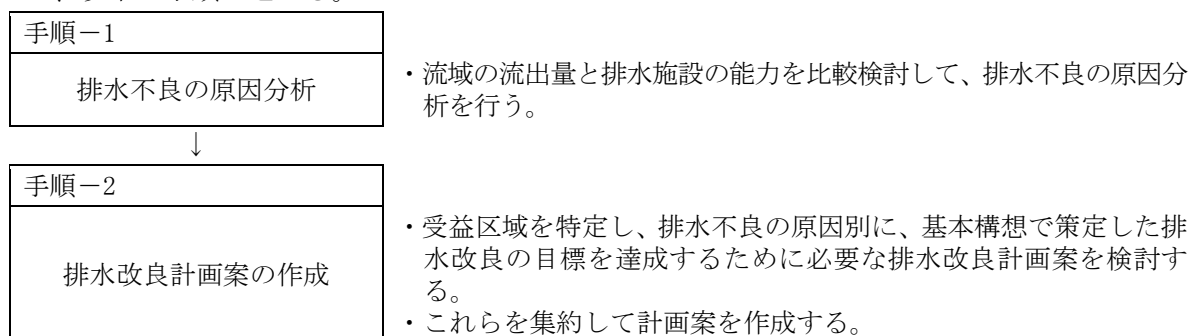
表-3.1 氾濫域の排水能力評価のためのモデル化の考え方

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。



(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	- 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	- 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	- 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	- 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	・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	・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		・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なようにする。 ・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		・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		・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		・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、渇水量が少なく、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))

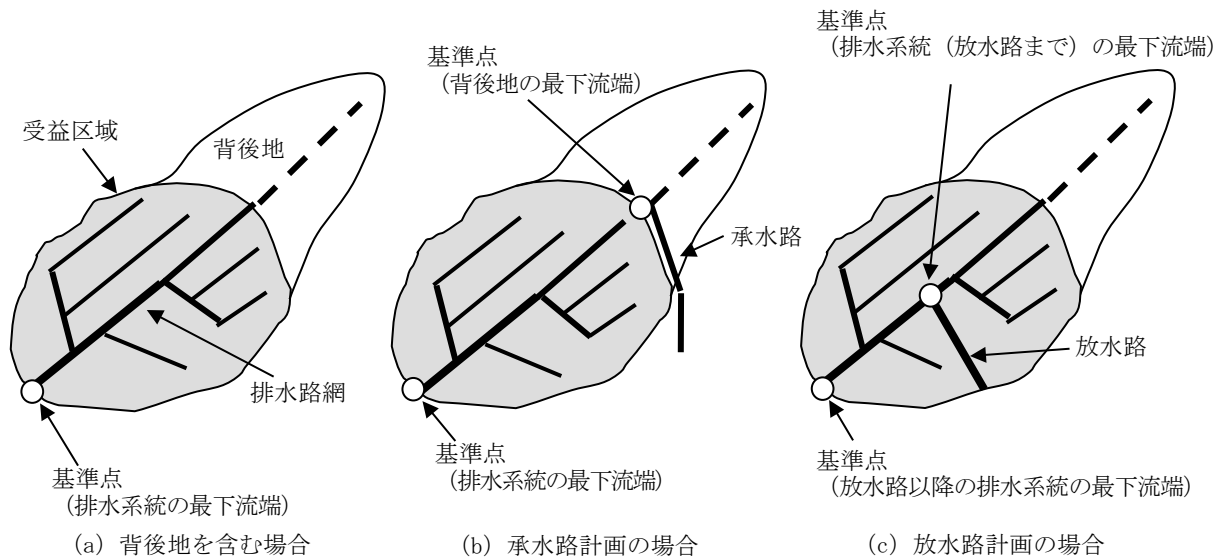


図-3.8 排水路網と基準点

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。

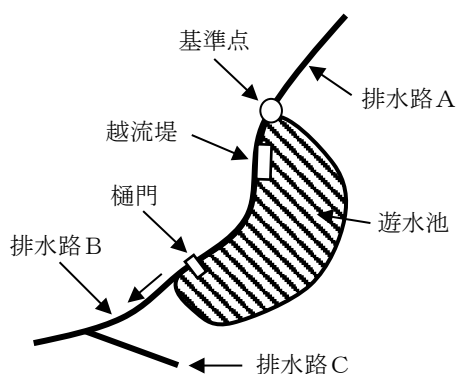


図-3.9 遊水池を含む場合の排水系統

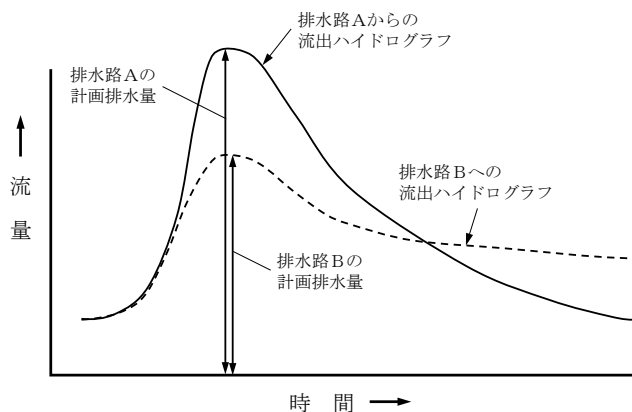


図-3.10 遊水池上下流の計画排水量

(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。

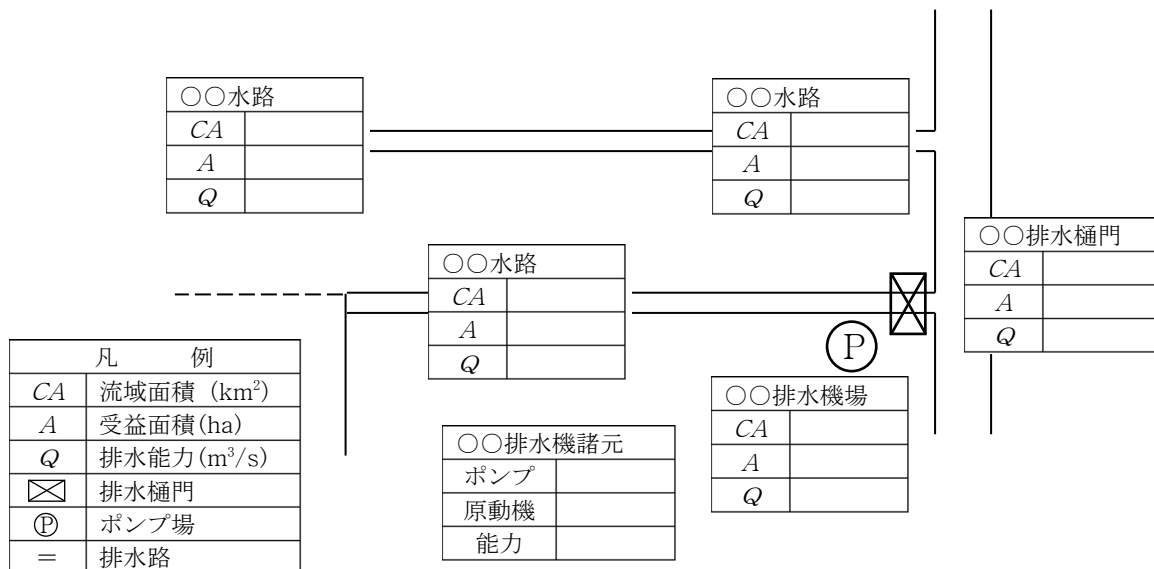


図-3.11 計画排水系統模式図の例

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)

4. 排水方式の選定

(基準、基準の運用第3章3.3.5関連)

4.1 基本事項

排水計画における排水方式には、自然排水方式、機械排水方式及び自然排水と機械排水の併用方式の三つのタイプがある。受益区域の排水路組織の排水方式の選定に当たっては、以下の事項に留意しなければならない。

- (1) 自然排水方式を優先し、受益区域の諸条件及び外水位条件を総合的に勘案して、地域的及び時間的に最大限に自然排水ができるようにする。
- (2) 自然排水方式が不可能又は著しく不利な部分がある場合、受益区域を分割して部分的に機械排水方式を採用する。機械排水方式の範囲は、排水解析によって検討し、適正なポンプ施設を計画する。
- (3) 自然排水と機械排水を併用する場合は、それぞれについて個別に検討し、これを調整して最も有効で経済的な組合せを採用する。

4.2 自然排水方式

4.2.1 自然排水方式の範囲

自然排水方式の範囲は、図-4.1に示す排水本川の計画基準外水位の高さと排水路組織の水力検討によって得られた内水位の高さの両方を検討して決定する。

(1) 計画基準外水位

計画基準外水位は、受益区域内の過剰水（洪水）を排除する排水本川の基準水位である（詳細は、「7. 計画基準外水位」を参照）。

(2) 排水路組織の水力検討

排水路組織の水力検討は、受益区域の計画排水量によって生じる内水位を求めるために行うもので、以下の手法を用いる。

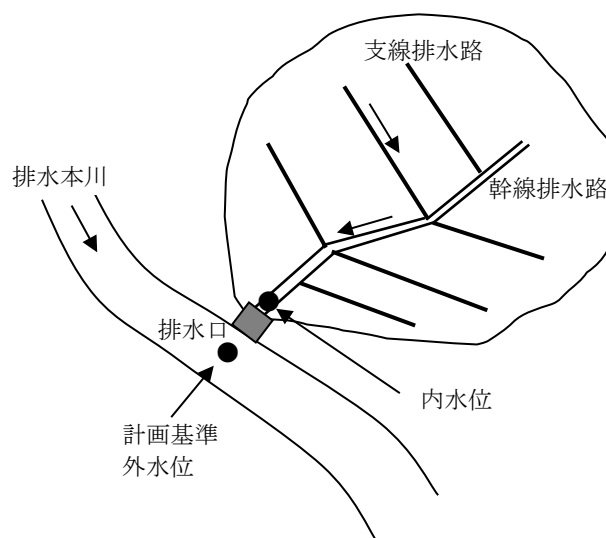


図-4.1 計画基準外水位と内水位

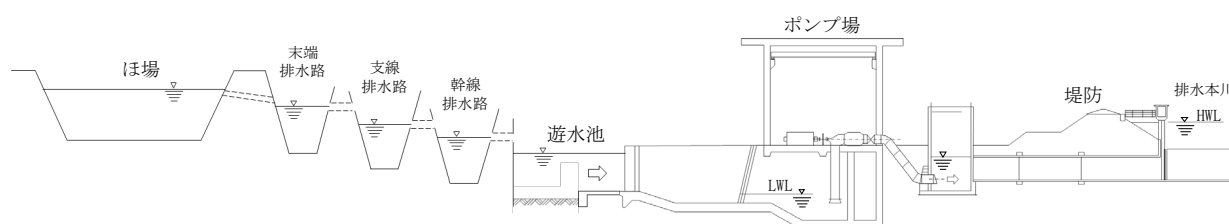


図-4.2 排水路組織の縦断面図

表-4.1 排水路組織の水利検討手法

手 法 区 分	手 法	適 用
排水路組織の水利計算	等流による計算	傾斜地域 ^{注2)}
	不等流による計算	傾斜地域及び氾濫域 ^{注3)}
受益区域の排水解析	数値モデル ^{注1)} による排水計算	氾濫域

注1) 数値モデルとは、排水路内の流れを水理学的に追跡し、流況を総合的に解析するものをいう。

2) 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いう（詳細は、「9. 洪水ハイドログラフの計算」を参照）。

3) 氾濫域とは、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）。

(3) 自然排水方式の範囲の決定

自然排水方式の範囲は、計画基準外水位と排水路組織の水利検討によって得られた受益区域の内水位を比較検討し、以下の基準によって決定する。

計画基準内水位 > 計画基準外水位：排水路組織の全範囲を自然排水方式とする。

計画基準内水位 ≤ 計画基準外水位：外水位による背水の影響を受けない範囲を自然排水方式とすることができる。

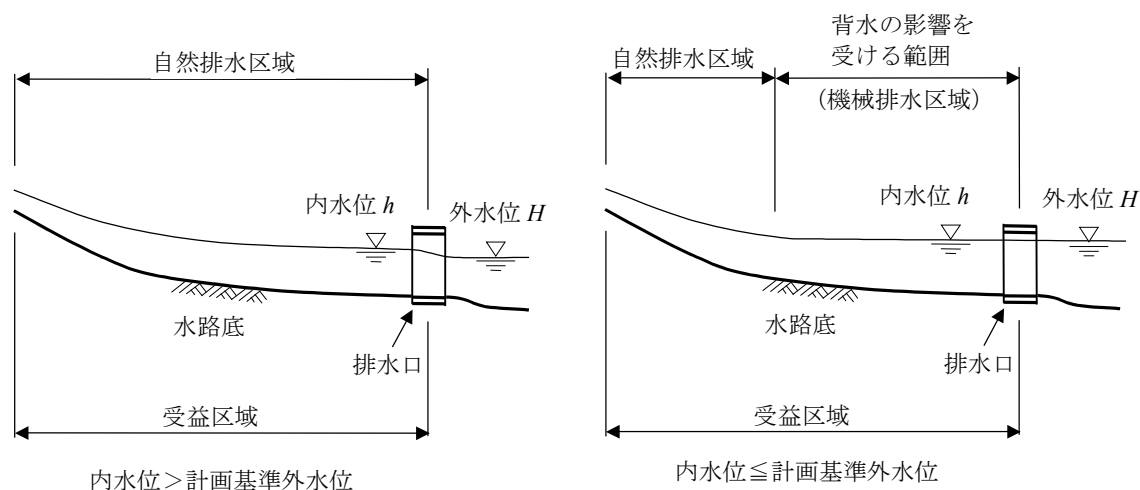


図-4.3 自然排水方式の範囲

4.3 機械排水方式¹⁾

4.3.1 機械排水方式の適用

機械排水方式は、洪水等の過剰水によって内水位が計画基準内水位を上回る場合に適用する。適用に当たっては、以下の事項の検討が必要である。

- ① ポンプ容量及び台数
- ② 幹線排水路の通水能力

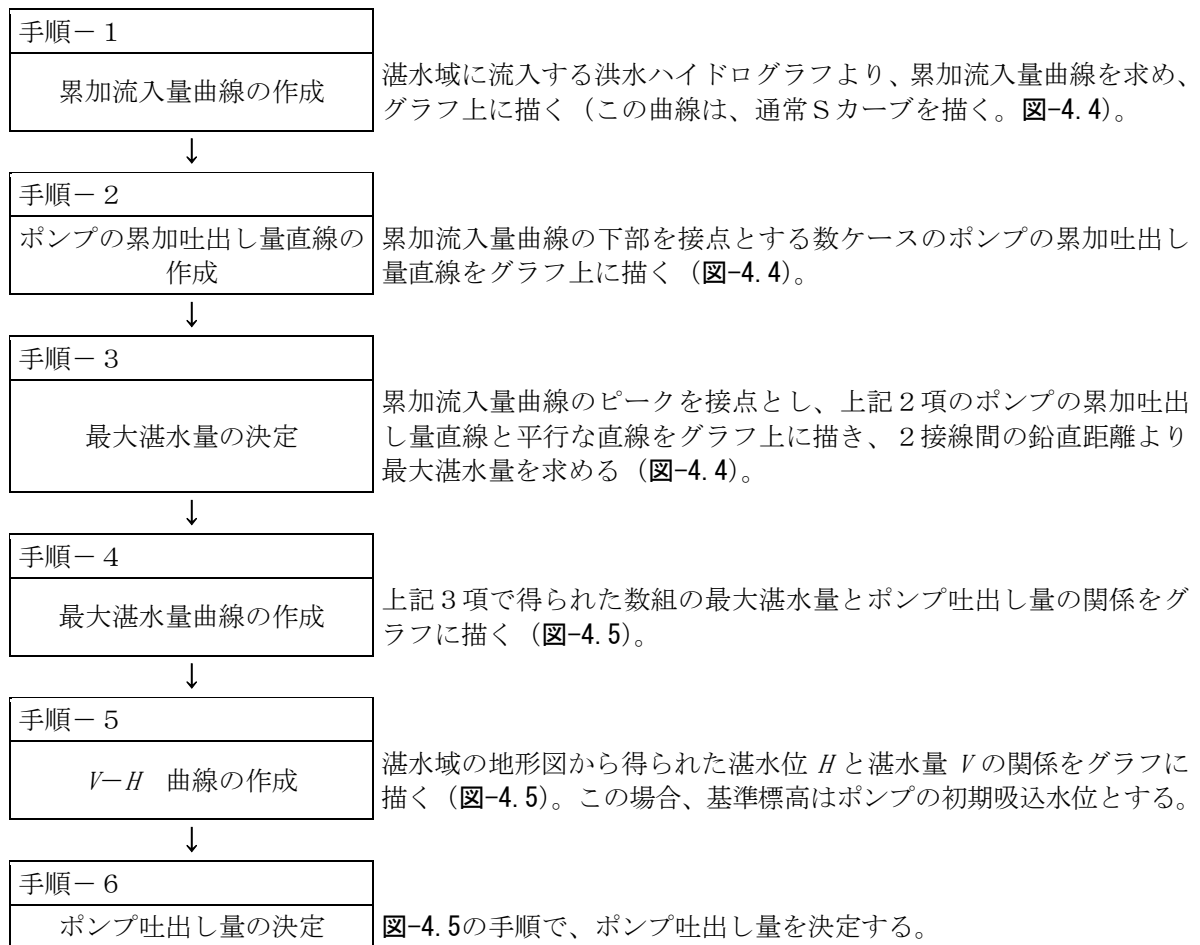
4.3.2 ポンプ容量の決定

機械排水のためのポンプ容量は、以下の2段階で決定する。

- ① 概略検討段階： 計画の初期段階で、ポンプ特性曲線の予測が困難な場合、ポンプ特性を無視し、内水位と外水位の差を考慮しないでポンプ容量を決定する。
検討の手法は、内水位と外水位の差に関わらず、ポンプは計画吐出し量を排出し続けるものと仮定し、排水解析を行う。
- ② 詳細検討段階： 計画の詳細検討段階で、ポンプの台数割りやポンプの運転時間を検討する場合、ポンプ特性を考慮した排水解析を行う。
検討の手法は、内水位と外水位の差を考慮した排水解析を行う。

(1) ポンプ容量の概略検討

ポンプ容量の概略検討は、内水位と外水位の差を考慮せず、ポンプ排水量は運転期間中計画吐出し量を排出するものと仮定し、以下の手順で行う。



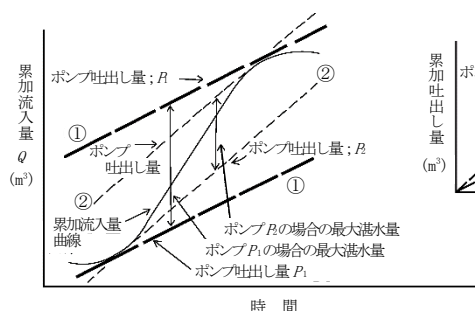


図-4.4 流入量、吐出し量及び湛水量の関係

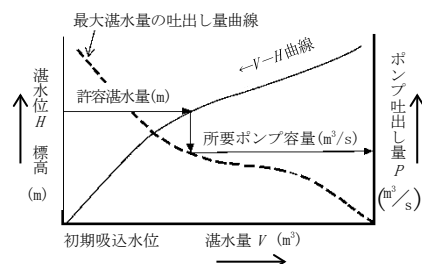
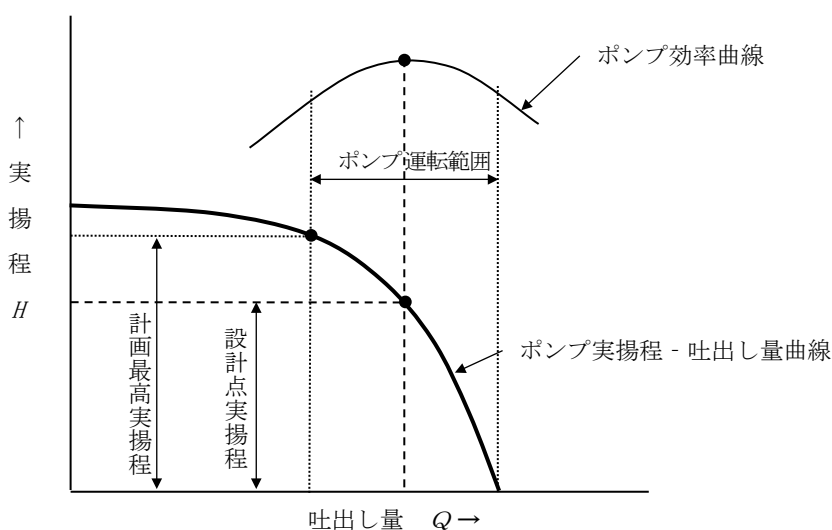


図-4.5 ポンプ容量の概略決定

(2) ポンプ容量の詳細検討

ポンプ容量の詳細検討は、排水解析によって行うが、検討に当たっては以下の点に留意する。

- ア ポンプ効率は揚程によって左右されるので、機械排水時に短時間しか出現しないような計画最高実揚程を設計点とするのは不経済である。一般には計画最高実揚程の80%程度の点を設計点と仮定するのが妥当である（図-4.6参照）。
- イ 常時排水ポンプは、洪水時にも稼働させることが経済的であるため、洪水時においても安全に運転できるよう設計点実揚程を検討する。
- ウ 排水解析は、上記で決定されたポンプに対して、内水位の最大値が計画基準内水位又はその超過時間が24時間以内になるようにポンプ容量を変化させて繰り返し計算を行う。



設計点実揚程の仮定 $\approx 0.8 \times$ 内外水位差 + 導水諸損失 + スクリーン損失 + 吐出し樋管・樋門等損失

図-4.6 計画最高実揚程と設計点実揚程

4.3.3 ポンプ台数の決定

ポンプ台数は、設備の信頼性を高める上で、計画排水量に対して複数台とすることが望ましい（ポンプ台数決定の詳細は、「13. ポンプ場」を参照）。

4.3.4 遊水池（ポンプ円滑運転用）の容量の検討

ポンプによる機械排水方式を採用する場合は、頻繁な間断運転の回避、ポンプの運転効率の向上及び故障時の対応等を図るために、図-4.7に示すようなポンプ運転を円滑に行うための遊水池（ポンプ円滑運転用）を設置することが望ましい。

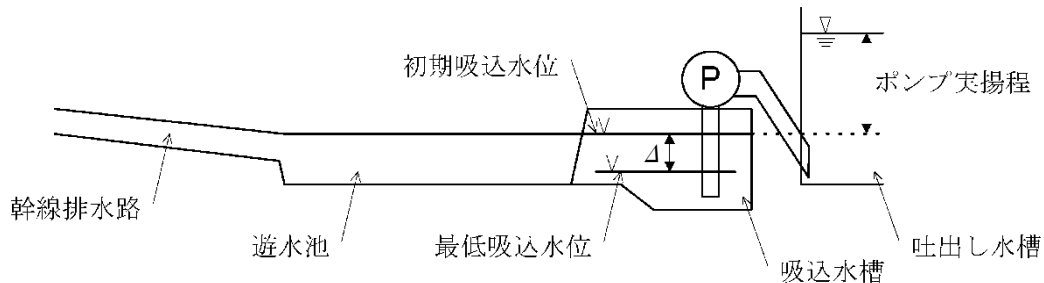


図-4.7 遊水池（ポンプ円滑運転用）

遊水池（ポンプ円滑運転用）の容量の決定については、内部流域の地形、洪水流出量、地区内の許容湛水条件、排水路の通水能力、ポンプ排水量、運転管理方式、経済性等を検討して決定するが、ポンプ1台当たりの2～3分間容量を目安とし、式(4.1)を用いることが多い²⁾。なお、各地区における遊水池の計画事例は表-4.2のとおりであり、ポンプ故障時の対応を重視し規模を大きくしている事例もある。

$$A = \frac{Q \times (2.0 \sim 3.0)}{\Delta h} \dots\dots\dots (4.1)$$

ここに、 A : 遊水池面積(m^2)、 Q : ポンプ1台能力(m^3/min)、 Δh : 初期吸込水位－最低吸込水位(m)

ただし、用地上の制限から遊水池の容量が決定されることもあり、この場合は以下の点に留意する。

- (1) 土地利用の制限が許せば、遊水池の容量は大きい方が管理上有利となる。
- (2) 用地が確保できない場合は、設置可能な遊水池の容量に対して、排水路を含めた不定流計算等を行い、ポンプの間断運転が発生しないことを確認することが望ましい（詳細は、本章「4.3.5 ポンプ場に接続する幹線排水路の通水能力」を参照）。

表-4.2 遊水池（ポンプ円滑運転用） 地区事例一覧表

地区名	事業 主体	事業名	設計 年度	容量 (m³/s)	口径×台数	遊水池 規模 (m²)	備考
吉田	県	湛水防除	H1	3.42	φ 1350×1	1, 240	φ 1350×3min
				3.18	φ 900×2		
前川	県	湛水防除	H8	0.50	φ 500×1	1, 750	φ 1500×3min
				4.85	φ 1500×2		
幡谷	県	湛水防除	H9	3.00	φ 1200×1	1, 080	φ 1200×3min
				1.30	φ 800×1		
堅堀	県	湛水防除	H5	1.80	φ 900×1	1, 100	φ 1500×2.5min
				3.70	φ 1500×1		
笠石	県	排水対策特別	H9	2.00	φ 700×2	270	φ 700×2～3min
射水郷	国	農地防災	H4	33.00	φ 1600×4	6, 600	Σ Q×10min（故障時対応用）
					φ 1350×2		
					φ 1000×1		
			H5	28.66	φ 1500×4	5, 400	
					φ 1350×2		
					φ 1000×1		
H6	17.00	φ 1350×4	5, 000				
西蒲原	国	かんがい排水	H6	18.20	φ 1350×2	2, 060	2～3min 以上
					φ 900×2		
尾張西部	国	かんがい排水 地盤沈下排対	H4	20.00	φ 2000×2	2, 500	φ 2000×5.83min
				15.00	φ 1800×2	1, 900	φ 1800×4.22min
豊明南部2期	県	湛水防除	H9	3.00	φ 1200×1	1, 450	φ 1200×4.03min
丹陽南部	県	湛水防除	H5	6.00	φ 1200×2	1, 000	φ 1200×2.78min
三宅川2期	県	湛水防除	H6	1.75	φ 900×1	640	φ 900×3min
				0.55	φ 500×1		
石浜2期	県	湛水防除	H4	6.40	φ 1350×1	1, 690	φ 1350×3.52min
					φ 1000×1		
				5.30	φ 1200×1	1, 080	φ 1200×3min
φ 1000×1							
渥美第3	県	湛水防除	H11	1.90	φ 1000×1	687	φ 1000×3min
安城東端	県	湛水防除	H11	3.00	φ 900×2	540	φ 900×3min
小坪	県	湛水防除	H10	1.00	φ 500×1	230	
中江帆引	県	湛水防除	S57	2.88	φ 1200×1	45, 000	中江川、帆引下池があり、遊水池として利用している。
				16.95	φ 1650×3		
石川右岸	県	湛水防除	H7	0.60	φ 400×2	90	φ 400×2～3min
一日市	県	湛水防除	H9	9.66	φ 1500×2	1, 450	φ 1500×2.5min
荒原	県	湛水防除	H10	2.53	φ 800×2	230	φ 800×1.5min （用地上の制限）
筑後川下流	国	かんがい排水	H10	10.00	φ 1500×2	2, 000	φ 1500×3.3min （機場配置計画より決定）
柳川	県	湛水防除	H7	6.00	φ 1200×2	1, 410	φ 1200×3min
佐賀中部	国	農地防災	H3	5.00	φ 1200×2	2, 000	既設公有水面を利用
			H4	5.00	φ 1200×2	1, 440	φ 1200×2～3min （機場配置計画より決定）
			H5	5.00	φ 1200×2	1, 440	φ 1200×2～3min （機場配置計画より決定）
			H6	11.01	φ 1350×3	1, 680	φ 1350×3.8min （機場配置計画より決定）
			H7	5.00	φ 1000×2	1, 180	φ 1200×2～3min （機場配置計画より決定）

4.3.5 ポンプ場に接続する幹線排水路の通水能力

ポンプによる機械排水方式を採用する地形は一般に低平地であることから、幹線排水路の河床は緩い勾配となることが多い。このような地区では、排水路の流れがポンプ運転と連動せず、遊水池（ポンプ円滑運転用）の水位が急激に低下する場合がある。このために、ポンプ場を計画する場合は、遊水池（ポンプ円滑運転用）の容量検討とともに、それに接続する幹線排水路の通水能力の検討が特に重要である。

図-4.9は、図-4.8に示すような不定流モデルによって、ポンプ起動時の遊水池（ポンプ円滑運転用）水位の低下状況を解析した事例である。モデルは、幹線排水路から遊水池（ポンプ円滑運転用）

への導水路区間を対象とし、上流側は幹線排水路水位を境界条件に、また下流側はポンプ排水量を境界条件としている。施設の条件は、表-4.3に示すとおりである。この解析例によると、遊水池（ポンプ円滑運転用）水位はポンプ起動直後にWL3.20mまで低下するが、導水路からの流入により約10分程で安定していく様子が見られる。なお、水位低下量もポンプ停止水位がLLWL=2.90mであることから、ポンプ停止は発生しないことが分かる。

表-4.3 施設一覧表

ポンプ場	導水路	遊水池
ポンプ形式：横軸斜流ポンプ 口 径：φ1200 mm ポンプ容量： $Q=3.00 \text{ m}^3/\text{s}/\text{台}$ (合計 $Q=6.0 \text{ m}^3/\text{s}$) 台 数：2台	設計流量： $Q=6.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 水路規模： $B=2.0 \text{ m}$ (積ブロック水路) 延 長： $L=100 \text{ m}$	遊水池面積： $A=1,170 \text{ m}^2$ 遊水池容量：3.2分間容量 (ポンプ1台当り、 $Q=180 \text{ m}^3/\text{min}$)

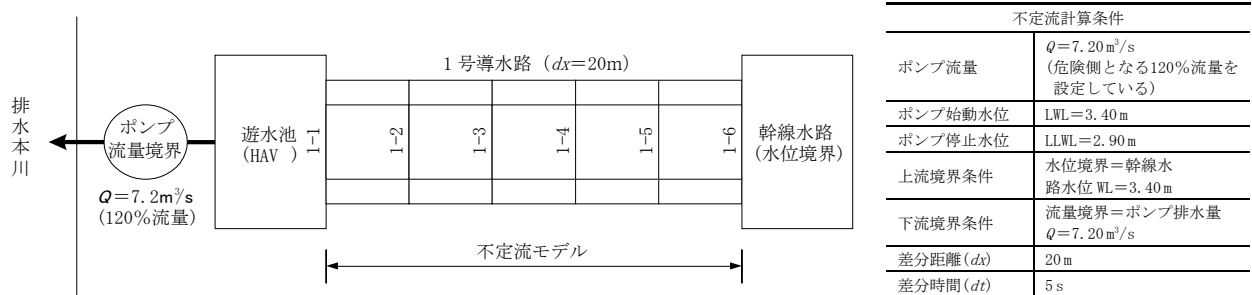


図-4.8 計算モデル模式図

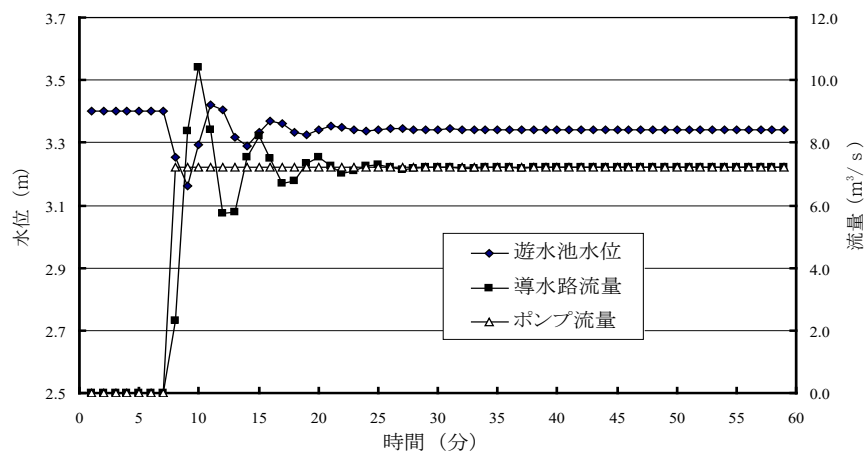


図-4.9 不定流モデル解析結果

4.4 自然排水と機械排水の組合せ方式

4.4.1 組合せ方式

自然排水と機械排水の組合せ方式には、以下の二つの方式がある。

- ① 区域分割方式：受益区域内を高位部と低位部に分割し、高位部を自然排水、低位部を機械排水とする方式
- ② 時間分割方式：常時は自然排水を行い、洪水時に外水位が上昇する期間のみ機械排水を行う方式

4.4.2 区域分割方式

以下の手順で検討を進める。

手順－ 1
自然排水区域の検討

「4.2 自然排水方式」を参照。



手順－ 2
機械排水区域の検討

「4.3 機械排水方式」を参照。



手順－ 3
両区域の統合の検討

自然排水区域と機械排水区域のそれぞれの排水効果が不均衡にならないように、両者を連結する施設、その使い方を検討する。

4.4.3 時間分割方式

以下の条件で排水解析を行い、機械排水のポンプ規模及び運転時間を決定する。

- ① 外水位<内水位の時間帯：自然排水
- ② 外水位 $\geq$ 内水位の時間帯：機械排水

4.5 排水施設の最適施設配置計画

4.5.1 排水施設配置の基本

排水施設の計画は、排水系統を構成する幹線排水路、支線排水路、小排水路の機能目的に応じて、排水施設のそれぞれが効果的に役割を分担し、かつそれらが総合的に機能するように配置を検討するとともに、総工事費や維持管理費等の経済性の確保、地域住民の意向及び排水本川の治水計画等との整合性等も総合的に検討することが必要である。

このためには、まず、受益区域の排水解析を行って実現可能な排水施設の組合せを複数案検討し、それらの比較検討によって排水施設の最適施設配置計画を選定することが重要である。排水施設の配置の方法としては以下の方式がある。

- ① 集中排水方式：排水系統の最下流に排水施設を集中させて設置し、計画排水量を排水する方式
- ② 分散排水方式：排水系統内に排水施設を分散させて設置し、それぞれが互いに関連して計画排水量を排水する方式

4.5.2 排水計画における最適施設配置計画

排水計画は、都市化、混住化、農地の汎用化等の土地利用形態の変化に伴って、その対象範囲が広域化するとともに高度な排水技術が要求されるようになっていく。このような中、排水施設の配置計画は数多くの計画案が考えられるとともに、複雑化している。複雑な排水施設の配置計画を有効かつ最適に行う方法として、動的計画法（Dynamic Programming ; DP）を用いた方法がある。動的計画法とは、計画を行う過程がいくつかの段階からなり、各段階においての決定がそれ以降の決定に影響を及ぼすような場合を対象とした計画手法の一つである。排水計画における最適施設配置計画の検討では、まず、基礎条件として施設規模のモデル化、流出解析、洪水解析を行い、DP法を適用するための段階（ステージ）を定め、次に各段階ごとの費用を定式化して第1段階から順次最適計画を定めて行く。

DP法の定式化においては、河道（排水路を含む。）をいくつかの河道施設として分割し（図-4.10

(a) の点線)、そこに湛水域(水田)や非氾濫域が接続しているものとする。河道施設の分割は、支線排水路等でお互いに独立している小流域を同一の段階に位置付ける(図-4.10 (b) の点線、これを等排水線という。)。洪水の流れを意識して各種の排水施設(樋門、ポンプ場、遊水池、放水路、暗渠等)を含む排水系統を上流から分割して等排水線を仮定し、同じ等排水線上に属する排水施設を小段階に階層化する。この場合、同じ段階内の小段階は互いに独立な施設(それぞれの施設間では直接の水の出入りがない。)となるように階層化する。

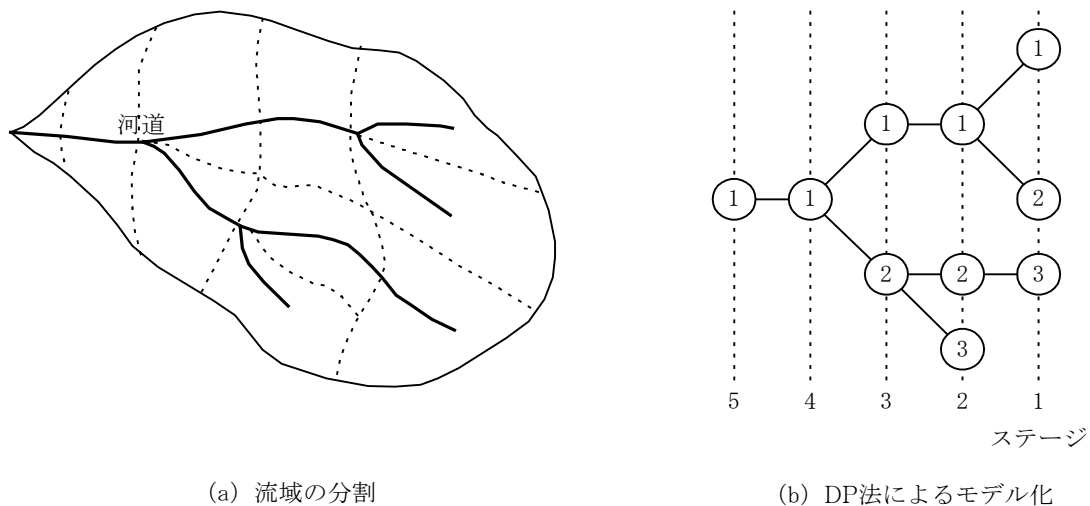


図-4.10 DP法による流域分割の概略

次に、各段階について、小段階ごとに各施設の能力は最大貯留量と最大排水能力を超えないという条件の下に排水解析及び湛水解析を行って複数案の施設規模の組合せと費用の関係を整理する。第 n ($n=1, \dots, M$) 段階の費用は「その段階内における小段階ごとの施設規模の組合せに応じた費用」と「その前(第 $n-1$)の段階までの累加最小費用」との和に等しくなり、多段階決定過程が成立する。

この関係を第1段階から最終の段階($n=M$)まで順次計算し、総工事費等と湛水被害額の合計が最小となる組合せを検討すれば、最適配置計画が求まる。DP法を適用した排水施設の最適配置計画が、増本ら³⁾によって行われている。

4.6 排水路の水理計算

排水事業による排水路組織は、一般に水路勾配が緩く、下流水位が上流水位に影響を及ぼしやすいことから、排水路組織の水理計算は不等流による計算が望ましい。ただし、排水路勾配が大きくて背水現象が起こらない場合は、等流による計算でもよい。

(1) 不等流計算の基礎式

図-4.11に示す排水路の流況において、流水の全エネルギー(水頭表示) E は、次式で表される。

$$E = z + h + \alpha \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (4.2)$$

ここに、 z ：基準面から水路底までの高さ

V ：流速 (m/s)、 g ：重力加速度 (m/s²)、

h ：水深 (m)

α ：エネルギー補正係数 (普通1.05～1.10
の範囲となることが多いが、簡便な計算では1.00として差し支えない)

水路底に沿って流下方向に x 軸をとると、 x 軸に沿ったエネルギーの変化は、式 (4.3) で表される。

$$\frac{d}{dx} \left(z + h + \alpha \frac{V^2}{2g} \right) + \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}} = 0 \dots\dots\dots (4.3)$$

ここに、 n ：マンニングの粗度係数 (s/m^{1/3})、

R ：径深 (m)

式 (4.3) に連続の式 $Q = V \cdot A$ (ただし、 Q ：排水路の流量 (m³/s)、 A ：排水路の通水断面積 (m²)) を用いて書き改めると、以下の不等流基礎式が得られる。

$$\frac{dz}{dx} + \frac{dh}{dx} - \frac{\alpha Q^2}{g A^3} + \frac{dA}{dx} + \frac{n^2 Q^2}{R^{4/3} A^2} = 0 \dots\dots\dots (4.4)$$

注：式 (4.4) は、距離 x の区間内で流量 Q の変化がない場合を想定している。

(2) 不等流基礎式の計算

不等流の計算法としてはいろいろな方法が提案されているが、ここでは数値計算法として、常微分方程式の解法によく利用されるルンゲ・クッタ (Runge-Kutta) 法を採用する。

この方法は、水路を適当な区間 Δx ごとに分割し、境界条件の与えられた地点から順次、次の地点の値を求めていくものである。

Δx ごとに水深 h を求めていく場合、その間で水面幅 B がほぼ一様とみなせるとき、基礎式は

$$\frac{dh}{dx} = \frac{-\frac{dz}{dx} - \frac{n^2 |Q| Q}{A^2 R^{4/3}}}{1 - \frac{B Q^2}{g A^3}} \dots\dots\dots (4.5)$$

$$\equiv f(x, h) \dots\dots\dots (4.6)$$

である。上式右辺の $f(x, h)$ は地点 x 、水深 h における右辺の値を表している。

ある地点 $x = x_0$ で水深 $h = h_0$ が既知の場合、地点 $x_1 = x_0 + \Delta x$ の水深 h_1 水位 H_1 は z_1 を河床標高として次式から求まる。

$$x = x_0 + \Delta x \dots\dots\dots (4.7)$$

$$h_1 = h_0 + \frac{k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4}{6} \dots\dots\dots (4.8)$$

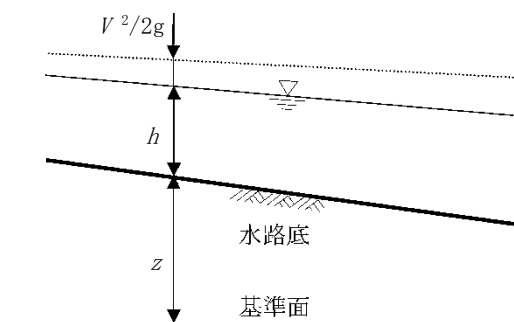


図-4.11 排水路の流況

$$H_1 = h_1 + z_1 \cdots \cdots \cdots (4.9)$$

ここに、 $k_1, \cdots, k_4$ は次のとおりである。

$$\left. \begin{aligned} k_1 &= \Delta x \cdot f(x_0, h_0) \\ k_2 &= \Delta x \cdot f(x_0 + \Delta x / 2, h_0 + k_1 / 2) \\ k_3 &= \Delta x \cdot f(x_0 + \Delta x / 2, h_0 + k_2 / 2) \\ k_4 &= \Delta x \cdot f(x_0 + \Delta x, h_0 + k_3) \end{aligned} \right\} \cdots \cdots (4.10)$$

まず、 h_0 等から k_1 を求め、次に水深を $h_0 + k_1 / 2$ として k_2 を求めるというふうに、順次、 k_3 、 k_4 と求め、式 (4.8) から水深 h_1 を得る。

4.7 受益区域の排水解析

地形条件等により、受益区域の内水位が計画基準外水位より低い場合、排水解析によって過剰水（洪水）による氾濫域を検討し、それによる背水の影響を受ける範囲を特定する。

(1) 解析手法とその適用

排水解析は、図-4.12に示す遊水池モデル、低平地タンクモデル又は不定流モデルのいずれかを用いて行う（詳細は、「9. 洪水ハイドログラフの計算」を参照）。

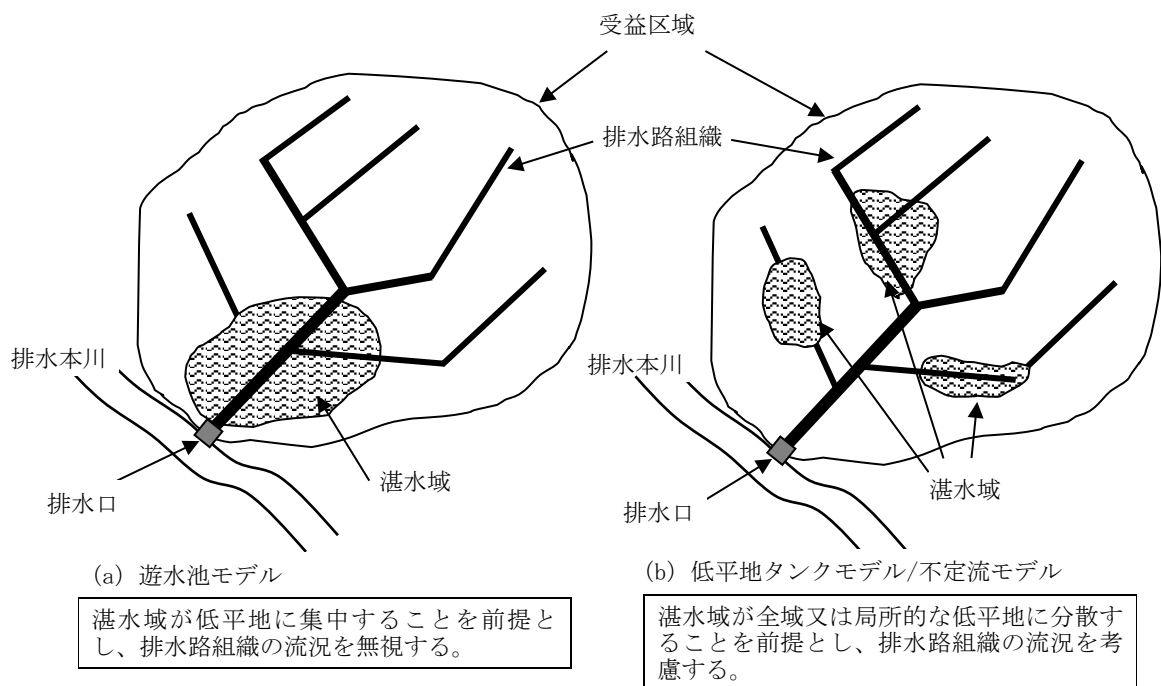


図-4.12 排水解析モデルの概念図

排水解析の実施に際しては、以下の事項を踏まえてモデルを適切に選定し、解析結果が現地の状況を適切に反映できるようにしなければならない。

ア 湛水域が受益区域内の低位部に集中し、かつ排水路組織の通水能力が外水位の上昇による背水のみに影響される場合は、遊水池モデルを適用することができる。

イ 湛水域が受益区域内の局所的な低位部の複数箇所に分散し、その状況が排水路組織の通水能

力に支配される場合は、低平地タンクモデル又は不定流モデルを適用する。

ウ 受益区域内が均等な低平地であっても、排水路組織の部分的な通水能力不足の影響（部分的な排水路の通水能力不足、あるいは横断暗渠等による局所的な通水能力の不足）により湛水の発生が想定される場合は、低平地タンクモデル又は不定流モデルを適用する。

(2) 排水解析の基礎条件

排水解析は湛水状況を時間の推移に沿って追跡するため、表-4.4に示す基礎条件を準備しなければならない。

(3) 排水解析

「9. 洪水ハイドログラフの計算」を参照。

表-4.4 排水解析の基礎条件

基礎条件	内 容
① 内水位－貯留量曲線	内水位－貯留量曲線は、湛水状況を表す基本となるものであり、以下のように作成する。 ・ 想定される湛水域の地形図の上に0.1m 間隔の等高線を描き、標高別面積を測定して内水位（湛水位）－貯留量曲線、内水位（湛水位）－湛水面積曲線を作成する。 ・ 畦畔で囲まれた水田を遊水池とする場合は、畦畔流出量を堰の越流式で定義し、水田を湛水域とする（低平地タンクモデル又は不定流モデルに適用する）。
② 洪水ハイドログラフ	排水解析は、内水位の時間的な推移を求めることから、湛水域に流入する洪水量はハイドログラフの形で与える必要がある。この場合、以下のように作成する（詳細は、「9. 洪水ハイドログラフの計算」を参照）。 ・ 遊水池モデルを用いる場合の洪水ハイドログラフは、湛水域を含む受益区域（場合によっては背後地を含む内部流域）の全範囲について求め、湛水域の流入量とする。 ・ 低平地タンクモデル又は不定流モデルを用いる場合の洪水ハイドログラフは、排水路組織のそれぞれの地点について求め、排水路組織の各地点別の流入量とする。
③ 外水位ハイドログラフ	排水解析の下流条件を与えるもので、「7. 計画基準外水位」によって求める。
④ 排水路組織の通水能力特性	排水路組織の通水能力特性は、湛水域からの流出量を制約する条件となるもので、以下のように作成する（詳細は、「9. 洪水ハイドログラフの計算」を参照）。 ・ 遊水池モデルを用いる場合は、排水口について、その通水能力を内水位（湛水位）と外水位との関係で定義する。 ・ 低平地タンクモデルを用いる場合は、排水口を含む排水路組織について、不等流による通水能力特性を定義する。 ・ 不定流モデルを用いる場合は、排水口を含む排水路組織について、不定流による通水能力特性を定義する。

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「ポンプ場」（2018）
- 2) 農林水産省構造改善局 防災課監修：農地防災事業便覧、第2章農地防災事業の計画と実施、p. 298（1998）
- 3) 増本隆夫・佐藤 寛：DP 法に基づく排水施設の規模配置計画法、農土論集176、pp. 133～144（1995）

5. 計画基準内水位

(基準、基準の運用第3章 3.3.6 関連)

5.1 基本事項

計画基準内水位は、排水の目標を示す水位で、図-5.1 に示すとおり、洪水時と常時の2種類に大別される。洪水時の計画基準内水位は、受益区域に浸入する地表水によって引き起こされる湛水状況の適性を判断する基準を与えるものであり、特に機械排水を必要とする場合はその施設規模を左右することから、慎重に検討しなければならない。また、常時の計画基準内水位は、受益区域内で乾田化が可能な範囲の基準を与えるものであり、排水系統の常時排水状況から検討しなければならない。

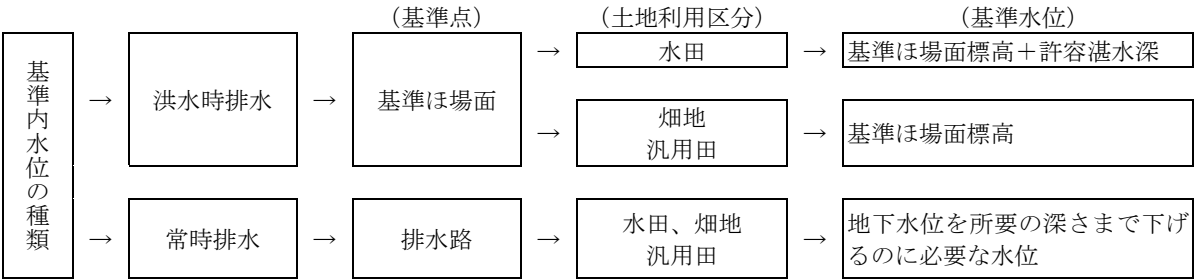
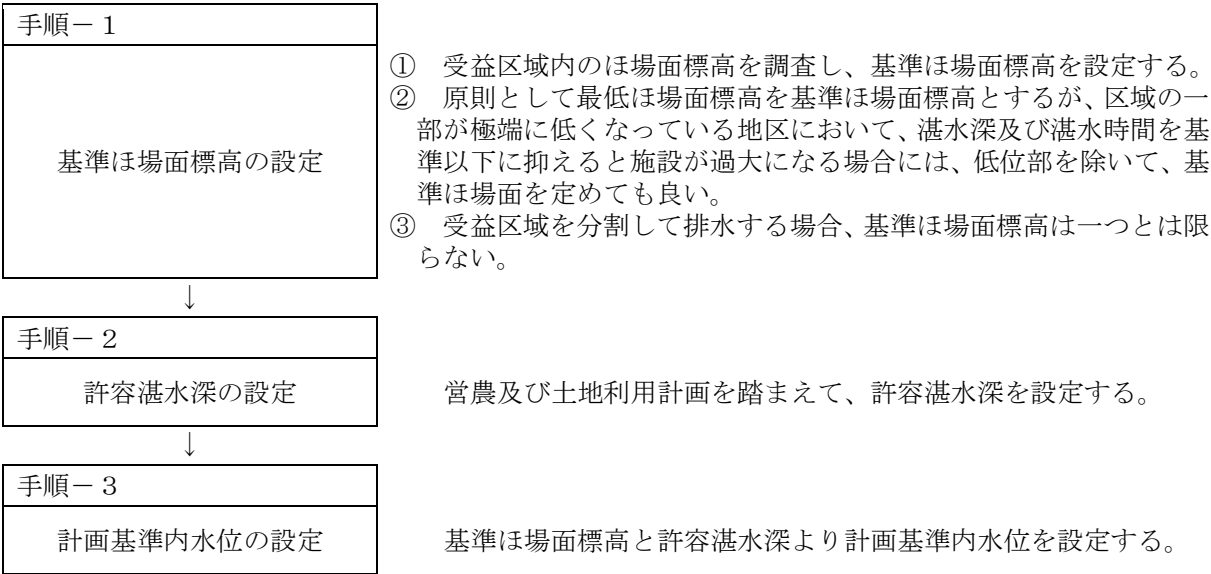


図-5.1 計画基準内水位の種類

5.2 洪水時排水の計画基準内水位の検討

5.2.1 検討の手順

洪水時排水の計画基準内水位は、以下の手順に沿って検討を進める。



5.2.2 水田における計画基準内水位の設定

水田における計画基準内水位は、以下によって設定する。許容湛水深は、「〔参考〕水田地帯における許容湛水深の考え方について」より 30cm を標準とする。また、許容湛水深を超える湛水が発生する場合は、その継続時間を 24 時間以内とする。

計画基準内水位＝基準ほ場面標高＋許容湛水深

5.2.3 畑又は汎用田の畑利用における計画基準内水位の設定

畑作物の場合には、水稻と異なって冠水すると壊滅的打撃を受けるのが普通であり、原則として畑及び汎用田の畑利用とも湛水することは許容できない。そのため、畑又は汎用田の畑利用における計画基準内水位は、以下によって設定する。

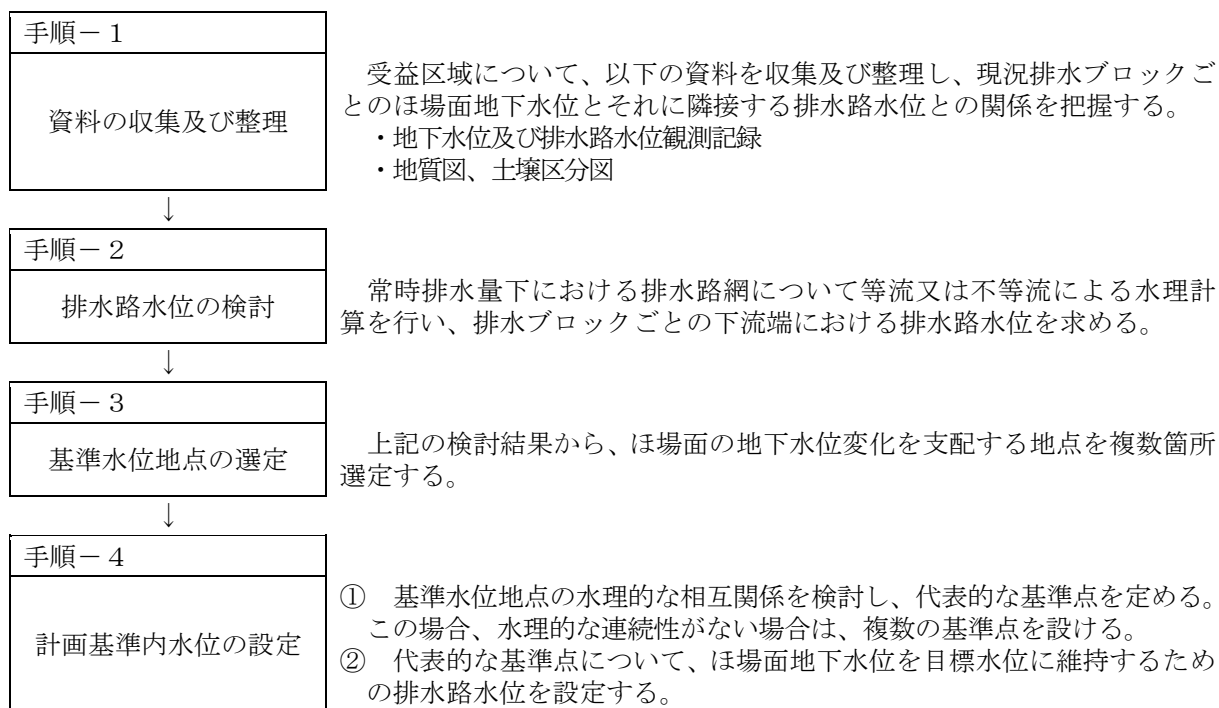
計画基準内水位＝基準ほ場面標高

なお、畑及び汎用田の畑利用における無湛水とは、標準的な畑作の場合は、田面に不陸があること、畑利用を行えばうね立てをすること、降雨が畑面より流出する場合にはある程度の水深がなければ流出しないことから、5 cm 未満の湛水を含めていう。

これは、田面にならせば一様に 5 cm 未満になる状態という意味であり、湛水時間については特に制限を設けていない。

5.3 常時排水の計画基準内水位の検討

常時排水の計画基準内水位は、受益区域の自由地下水位及びその流動を支配する常時排水量下の排水路水位について、以下の手順で検討を進める。



計画基準内水位の設定に当たっては、以下の事項に留意する。

- (1) 自由地下水は、主として受益区域の地形、帯水層の層厚とその透水係数及び排水路水位に支配されて排水路の方向へ向かって流動し、面的に水位勾配を持つ。したがって、基準水位地点は、地下水観測記録、地質図及び土壌区分図を総合的に検討して複数地点に設定する。排水系統の下流端における排水路水位が必ずしも受益区域の地下水位を制約するとは限らない。
- (2) 受益区域を国道等が横断している地区では、地下水の流動がそれによって上流側区域と下流側区域に分断されていることがある。このような地区では、排水系統の下流側水路の水位を計画基準内水位に定めても上流側地区の地下水位を適正に維持できない場合がある。したがって、計画基準内水位は、排水系統に応じて複数箇所に設定することも考えられる。
- (3) 計画基準内水位を設定する場合のほ場面の目標地下水位は、地区の土性区分、土地利用区分又は栽培作物等の違いによって一義的に定めることは困難であるが、地表よりおおむね 40～100cm を目標とする。

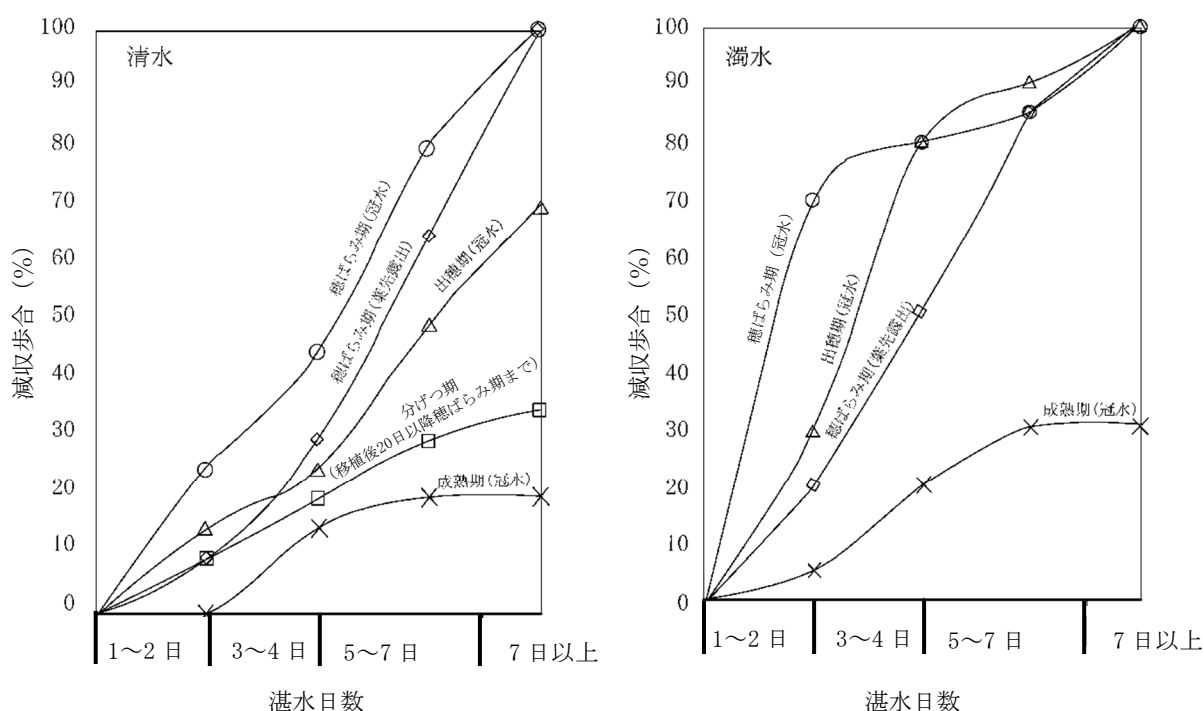
〔参考〕水田地帯における許容湛水深の考え方について

水稻の湛水被害は、水稻減収推定尺度（農林水産省大臣官房統計情報部 平成6年9月）の資料を基に作成した図-5.2のとおり、水稻の生育時期、湛水時間及び湛水深によって被害の程度が異なる。また、水稻の生育ステージと草丈の関係は図-5.3のとおりである。

図-5.2 に示すように、穂ばらみ期において湛水被害が最も起きやすい。穂ばらみ期の草丈は図-5.3 に示すとおり 30cm 以上に達していること、及び我が国における水害が7～9月にかけて多く発生しており、この時期の草丈も 30cm 以上に達していることを考慮し、許容湛水深は 30cm を標準とする。

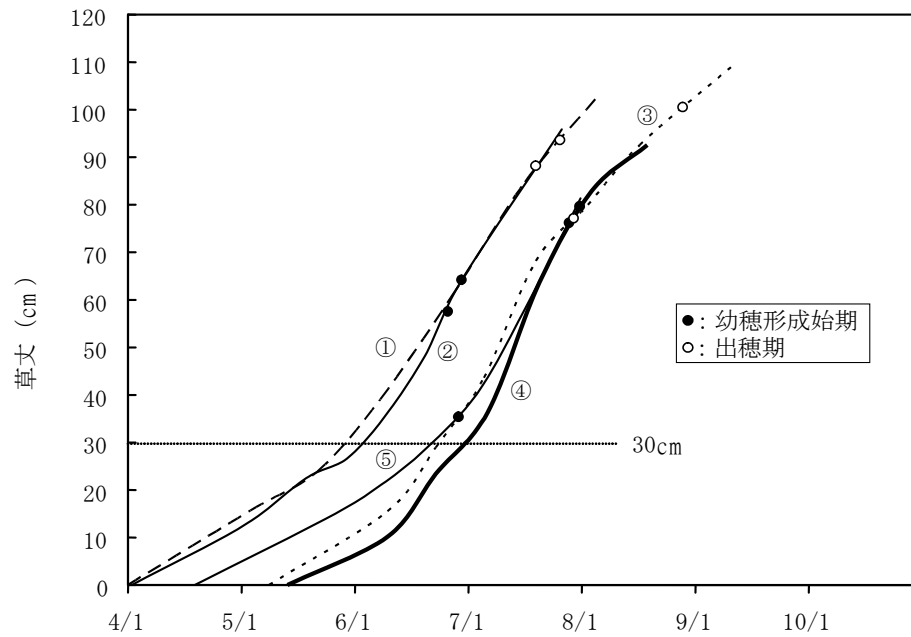
また、30cm を超えても、穂ばらみ期以外においては1～2日の湛水であれば被害も5～30%程度であり3日以上になれば被害が急増すること、穂ばらみ期においても葉先が露出していれば1～2日の湛水で20%程度の被害であることから、許容湛水深を超える場合の湛水の継続時間は24時間以内とする。

畑作物は原則として湛水を許容できないので、畑や汎用田の畑利用では湛水を考慮しない。そのため、畑や汎用田の畑利用を計画する場合はなるべく高位部に設定することが望ましい。



※ 冠水：稲株全部が水中に没した場合
葉先露出：水面に葉先が10～15cm出ている場合

図-5.2 水稻減収推定尺度



① コシヒカリ	苗代期	分げつ期間	幼穂形成期	登熟期
	は種期 移活 植着 期期		幼成 穂始 形期	穂み出 ばら期期 成熟期
② ハナエチゼン	苗代期	分げつ期間	幼穂形成期	登熟期
	は種期 移活 植着 期期		幼成 穂始 形期	穂み出 ばら期期 成熟期
③ アケボノ	苗代期	分げつ期間	幼穂形成期	登熟期
	は種期 移活 植着 期期		幼成 穂始 形期	穂み出 ばら期期 成熟期
④ ヒノヒカリ	苗代期	分げつ期間	幼穂形成期	登熟期
	は種期 移活 植着 期期		幼成 穂始 形期	穂み出 ばら期期 成熟期
⑤ きらら 397	苗代期	分げつ期間	幼穂形成期	登熟期
	は種期 移活 植着 期期		幼成 穂始 形期	穂み出 ばら期期 成熟期

図-5.3 水稻の生育期と草丈

〔注〕 図-5.3 は、早期栽培、早生、中生、晩生の品種に関してグラフ化した一例である。

〔参考〕模擬冠水試験による水稻の冠水被害に関する近年の研究^{1)~2)}

水稻の冠水被害については、その発生時に多くの現地調査報告がなされているが、現場では冠水時の水深や継続期間等の状況を把握することは困難であり、再現性が確認できない。そのため、水稻栽培が行われている圃場内に試験区を設け、生育時期ごとに複数の冠水条件（完全冠水又は葉先露出、冠水時の水の清濁）を再現した模擬冠水試験による研究が行われている。

2012年から2014年にかけて実施された研究では、図-5.4のような試験区を水田内に設置し、ポット栽培した水稻を様々な条件で水没させた（図-5.5）。収量調査で得られた粗玄米重から、不完全米を除いた整粒重を用いて減収率を算定した結果、図-5.6のとおり、全ての生育時期で冠水により減収したが、その度合いは生育時期によって異なり、穂ばらみ期と出穂期では1日の完全冠水でも5割程度の減収が見られた。一方で、葉先露出状態で冠水した場合は大幅な被害軽減が見られた。

将来的には、冠水被害の推定手法の精度の向上により、広域的な被害推定シミュレーション等への活用が期待される。

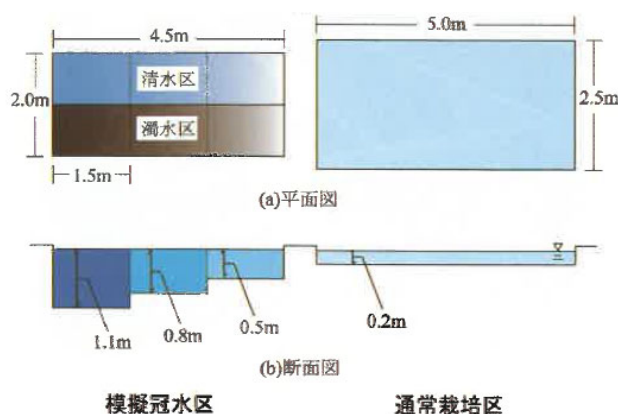


図-5.4 試験区の設計概要図



図-5.5 冠水試験中の様子
(手前が最深部)

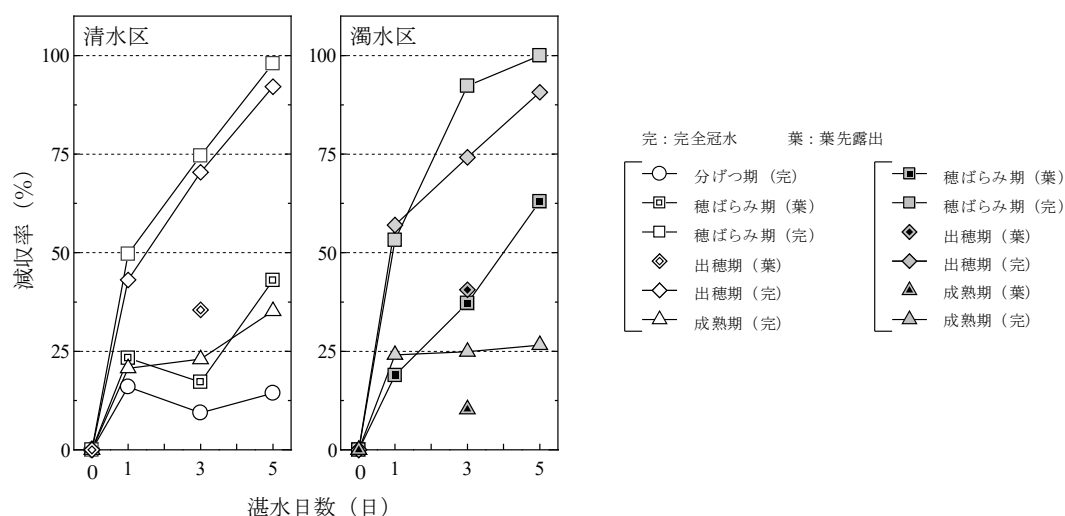


図-5.6 玄米重量と品質の低下に着目した水稻減収尺度

参考文献

- 1) 皆川裕樹・北川 巖・増本隆夫：洪水時の流域管理に向けた水田域の水稲被害推定手法、農業農村工学会論文
集 303 (84-3)、pp. 271～279 (2016)
- 2) 皆川裕樹・増本隆夫・堀川直紀・吉田武郎・工藤亮治・北川 巖・瑞慶村知佳：水稲減収尺度の策定のための
実水田圃場内に清水・濁水区を設けた模擬冠水試験－試験手法の提案と生育概況調査－、農村工学研究所技
報、214、pp. 111～121 (2013)

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)

6.1 確率降雨量

6.1.1 確率年 (リターンピリオド)

対象とする水文量、例えば年最大日雨量の特定の値 x_T に対応する確率年 (リターンピリオド) は、式 (6.1) により求める。

$$T = \frac{1}{P(x_T)} \dots \dots \dots (6.1)$$

ここに、 T : 水文量の特定の値 x_T に対応する確率年

$P(x_T)$: 水文量が x_T に等しいか、又はそれを超える値が生起する確率 (これを超過確率という。)

式 (6.1) において、例えば年最大日雨量 $x_T=126\text{mm/d}$ に対する超過確率が $P(x_T)=0.1$ のとき、確率年は 10 年 ($T=1/0.1$) となる。ここで、 $P(x_T)$ は以下のように定義される。

$$P(x_T) = 1 - F(x_T) = 1 - \int_{-\infty}^{x_T} f(x) dx \dots \dots \dots (6.2)$$

$$\because \int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1, F(x_T) = \int_{-\infty}^{x_T} f(x) dx \dots \dots \dots (6.3)$$

ここに、関数 $f(x)$ は確率密度関数であり、水文量 (例えば年降水量、月降水量、日降水量) によって関数形が異なる。したがって、確率降雨量を求める際には、水文量に適した関数形を選ぶことが重要である。また関数 $F(x_T)$ は、確率密度関数 $f(x)$ の $x = x_T$ までの積分で、分布関数といわれる。

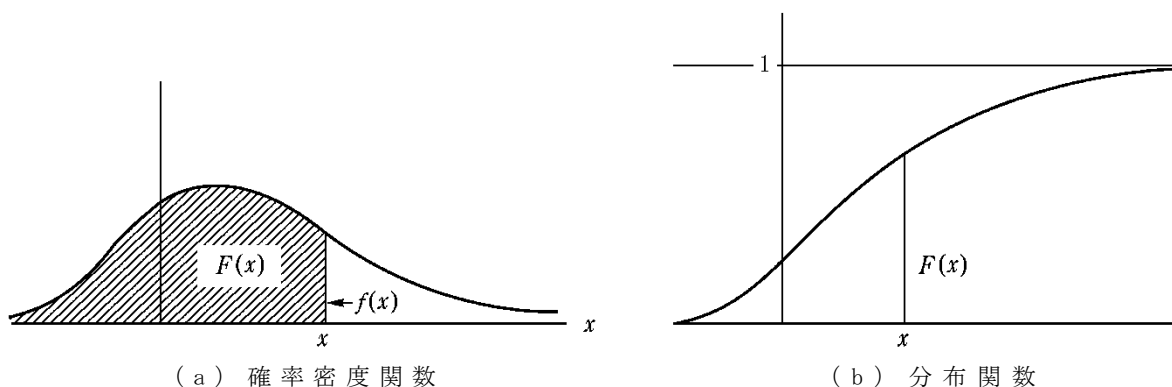


図-6.1 確率密度関数と分布関数

〔参考〕降雨分布と分布関数の例

降雨の分布状態を表す確率密度関数 $f(x)$ は、資料の性質、例えば日雨量、旬雨量、月雨量、年雨量によって図-6.2のような形状を示す傾向が知られている¹⁾。

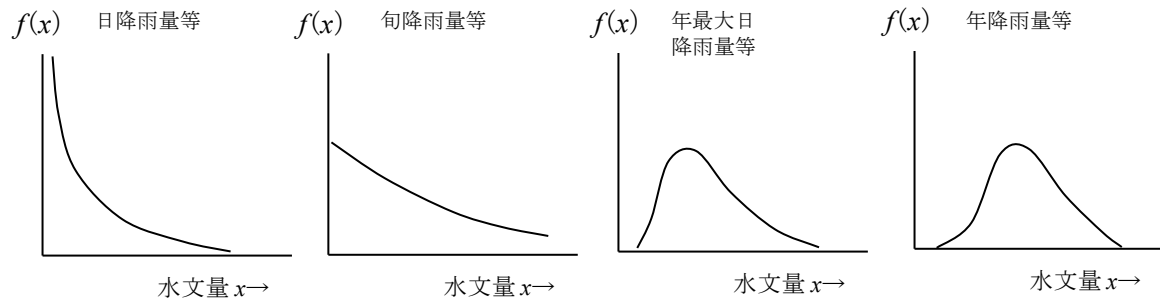


図-6.2 降雨分布の形状

これらの分布状態を表す関数形として、表-6.1がある²⁾。

表-6.1 降雨分布と分布関数

降雨分布		適用	分布関数の例
降雨分布の種類	正規分布	① 水文量をそのままの値で用いる場合と、対数変換等の変換の後正規分布を当てはめる場合がある。 ② 一般に、月平均流量等の度数分布、毎年最大値、最小値の水文量の分布は、経験的に対数正規分布が適合する例が多い。	正規分布 対数正規分布
	極値分布	① 任意の分布形を持つ母集団からとられた資料群の最大値又は最小値の分布形として理論的に導かれるもので、水文量の解析では、グンベル（Gumbel）分布及び水文量の値を対数変換して適用する対数極値分布が主に用いられる。 ② この分布は、日、時間等の比較的短時間単位の水文要素の年最大値、年最小値の資料によく適合することが知られている。	グンベル分布 対数極値分布
	ガンマ分布	① 比較的短時間の水文量の頻度曲線は双曲線形状の指数関数を示すことが多い。 ② 非毎年資料の分布解析、日雨量等の全数資料の分布解析に使われる。	指数分布 ガンマ分布 対数ピアソンⅢ型分布

6.2 確率降雨量の計算

確率降雨量の計算においては、以下の事項について検討を行う。

- ① 降雨資料の抽出
- ② 適用分布関数の選定
- ③ 資料に含まれる極端な値の取扱い
- ④ 確率降雨量の計算

6.2.1 降雨資料の抽出

確率降雨量の計算に用いる資料は、以下の事項に留意して抽出しなければならない。

(1) 期間の取り方

確率降雨量の計算では、同じ資料から抽出されたものでも、期間の取り方（母集団に対するサンプルデータのサイズ）によって計算結果が大きく異なる場合がある。一般的に、資料の抽出期間はできるだけ長い方が母集団の降雨特性に近似する。しかしながら、降雨資料収集にかかる実務をみると、長期間の均質な降雨資料の収集には多くの困難が伴い、場合によっては長期間の資

料を収集できない場合もある。

ここで、母集団の真値に対する確率降雨量の推定精度には、資料数との間に図-6.3の関係が見られ、①確率降雨量の推定には誤差を含むことが避けられないこと、②資料数を多くしても飛躍的な精度の向上が期待できないこと、を示している。なお、このグラフは、全国主要都市9か所（札幌、仙台、東京、金沢、名古屋、京都、岡山、熊本及び那覇）のそれぞれについて最近年からさかのぼった30個、50個及び100個の資料群より得られた年最大日降雨量の分布関数に、一様乱数を用いて確率降雨量を模擬発生させ、その真値に対する相対誤差を資料個数との関係で表したものである。同図では、推定値が真値に対して過大となった場合又は過小となった場合にグループ分けし、それぞれのグループについて真値に対する誤差の平均を示している。なお、図-6.3で3種類の標準偏差の値は、9都市それぞれについて、3種類の資料群ごとに算出した年最大日降雨量の標準偏差（合計 $9 \times 3 = 27$ ）から求められる最大値、中間値及び最小値を示す。

この確率降雨量の推定精度と資料数との関係から、ここでは確率降雨量の誤差を $\pm 10\%$ まで許容できると想定する。つまり、所定の資料数によって得られた確率降雨量の値が母集団の真値に対して $\pm 10\%$ の誤差の範囲ならば計画基準値として採用できるとするものである。

これにより、確率降雨量を求める場合の資料期間は、リターンピリオド10年に対して最近年からさかのぼった30年以上、リターンピリオド30年に対して40年以上、リターンピリオド50年に対して50年以上を基本とする。

具体的な降雨資料の収集に当たっては、可能な限り長期間の資料を収集することが望ましい。また、計画の対象とする降雨規模や地域における近年の降雨特性を踏まえて検討することが重要である。

(2) 降雨強度の抽出

洪水ピーク流出量を推定する場合は、洪水到達時間内の確率降雨強度が必要となる。確率降雨強度を推定するためには、降雨資料から、年最大雨量を抽出し、式(6.4)により年最大降雨強度に

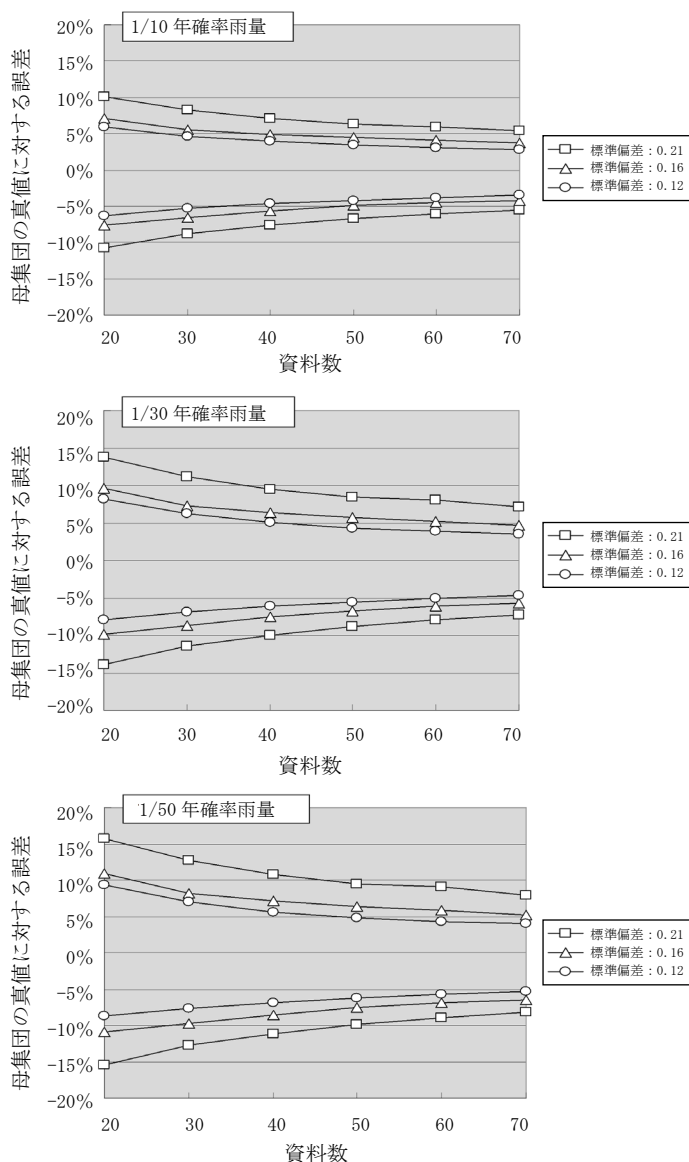


図-6.3 確率降雨量の推定精度と資料数の関係

換算しておく。

$$i_t = \frac{R}{t} \dots\dots\dots (6.4)$$

ここに、 i_t : t 時間降雨強度 (mm/h)

R : t 時間内の年最大雨量 (mm)

t : 降雨継続時間 (h)

洪水到達時間は流域の大きさやピーク流出量の大きさによって変化する。したがって、洪水ピーク流出量を求めるための降雨強度は、表-6.2の例に示すように、同一資料から想定し得る幾つかの降雨継続時間について降雨強度を抽出する必要がある。

図-6.4は、それぞれの降雨継続時間ごとの確率降雨強度にピーク流出係数を乗じて確率有効降雨強度に変換し、それに平分線を挿入した確率有効降雨強度曲線を示す。このグラフ上に、流域の流出特性に支配される有効降雨強度と洪水到達時間の関係を描くと交点ができる。この交点が洪水到達時間に対応する確率有効降雨強度となる（詳細は、「8. 洪水ピーク流出量の計算」参照）。

表-6.2 年最大降雨強度の資料抽出例

資料順位		降雨継続時間別の降雨強度 (mm/h)		
		20 分	60 分	180 分
1		109	60	30
2		90	59	27
3		88	58	26
4		88	52	25
:		:	:	:
:		:	:	:
23		52	27	13
24		43	23	12
確率 降雨 強度	$T=5$ 年	86	51	23
	$T=10$ 年	95	57	26.5
	$T=50$ 年	113	71	33

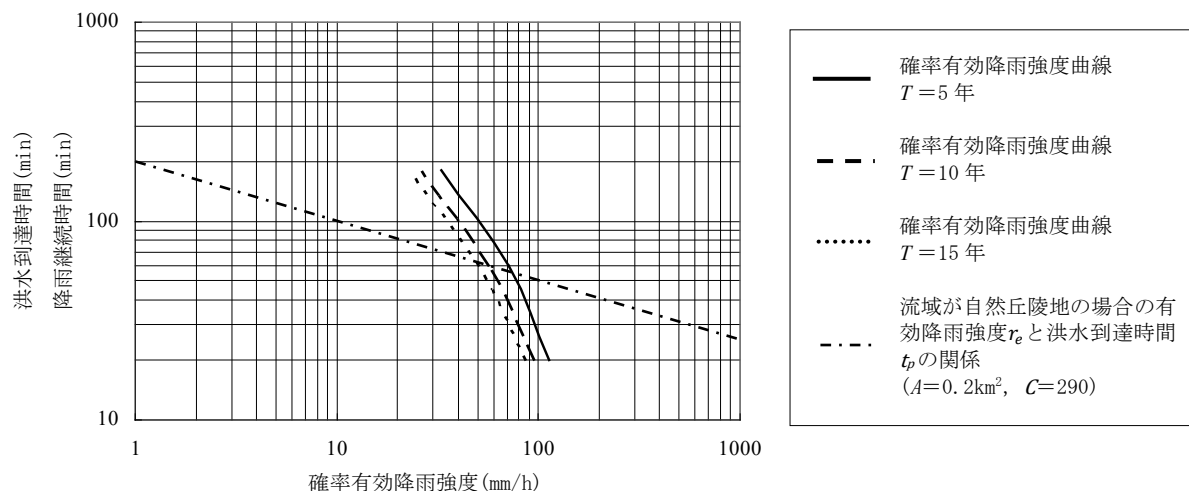


図-6.4 確率有効降雨強度曲線

6.2.2 適用分布関数の選定

確率降雨量の推定に際しては、収集した降雨資料から抽出した年最大の降雨資料に、最も適合する分布関数を選定し、その分布関数のパラメータを推定しなければならない。

一般的には、確率降雨量を推定するには、抽出した資料を確率紙にプロットし、その傾向を目視により判断して分布関数を選定する。水文統計解析に使用される確率紙には、図-6.5のような対数正規確率紙、極値確率紙等がある。これらの確率紙と降雨資料には以下のような関係がある。

- (1) 対数正規確率紙上にプロットした降雨資料が直線的な傾向を示す場合、降雨資料は対数正規分布を示しているとみなし、対数正規分布関数が適用できる。ただし、明確な直線を描くことは少なく、非超過確率（確率紙の縦軸の値）が90%を上回る範囲では、プロットした降雨資料が直線からずれる場合が多い。このずれが大きい場合は極値確率紙へのプロットを試みる。
- (2) 極値確率紙上にプロットした降雨資料が対数正規確率紙へプロットした場合より直線的傾向を示す場合、降雨資料は極値分布を示しているものとみなし、極値分布関数を適用する。

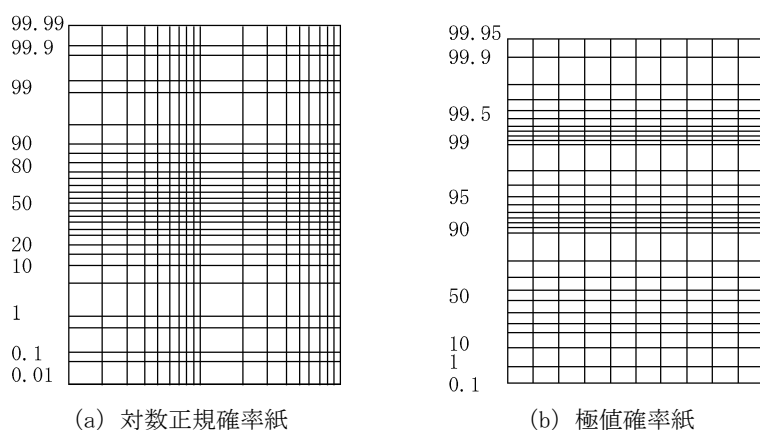


図-6.5 確率紙の例

〔参考〕 確率紙と確率降雨量の概略推定

水文量の確率分布や生起確率などを簡便に知る方法として、確率紙が用いられる。確率紙とは、縦軸に超過（又は非超過）確率が一定の法則によって目盛られ、横軸には水文量が算術目盛、対数

確率紙に、式(6.5)で求めた値をプロット（これをプロットィング・ポジションという。）して直線的な傾向が得られれば、その水文量は用いた確率紙に該当する分布形を示している。また、このグラフから概略の確率降雨量はグラフから読み取って推定することもできる。

ここに、 i ：水文量の小さい方からの順位
 n ：水文量の個数

降雨資料の中に、飛び離れて大きい値（あるいは小さい値）が含まれる場合、その値が実測値なのか計測機器の不具合等によるものなのかを十分に確認の上、取扱いについて検討しなければならない。実測値であって、統計処理の観点から、取り扱う資料と性質が異なると疑われるものについては、必要に応じて資料の棄却検定に関する検討を行う。ただし、棄却検定は機械的に適用するものではなく、資料の分布のばらつき状態や適用分布関数の適合性等についての検討を行い、資料の大きさを考慮して適用しなければならない。また、これによって棄却される資料であっても、地域における近年の降雨特性、計画策定上の重要度等を考慮の上、その取扱いを検討する必要がある。資料の棄却検定法には、棄却限界法を応用した角屋の方法等がある⁴⁾。

排水計画に用いる降雨資料には対数正規分布又は極値分布を当てはめることが多い。これらの分布のパラメータ推定法として、対数正規分布に対する岩井法及び極値分布関数に対するグンベル（Gumbel）法がある。

ア 対数正規分布の基礎式

よく実用に用いられる対数正規分布の確率密度関数及び確率分布関数を式(6.6)で表す⁵⁾

ここに、 a (又は $k = a \log e = 0.4343a$)、 b 、 x_0 は定数。

式(6.6)の確率変量 v と確率年（リターン・ピリオド） T との関係は、表-6.3のとおりである。

表-6.3 対数正規分布の T と確率変数 y との関係

T	y	T	y
500	2.0350	25	1.2380
400	1.9850	20	1.1630
300	1.9184	15	1.0614
250	1.8753	10	0.9062
200	1.8215	8	0.8134
150	1.7499	7	0.7547
100	1.6450	6	0.6858
80	1.5849	5	0.5951
60	1.5047	4	0.4769
50	1.4520	3	0.3045
40	1.3860	2	0.0000
30	1.2967		

イ 岩井法

対数正規分布の定数 a 、 b 、 x_0 は、以下のように求める⁶⁾。

まず、幾何平均値 x_g を求め、これより定数 b を推定する。

$$\left. \begin{aligned} x_g &= 10^A \\ A &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log_{10} x_i \\ b_s &\equiv \frac{x_\ell \cdot x_s - x_g^2}{2x_g - (x_\ell + x_s)}, \quad (\ell = N - s + 1) \\ b &= \frac{1}{m} \sum_{s=1}^m b_s \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6.7)$$

N : データ数

m : $N/10$ に近い整数

ここに、 s 、 ℓ はともに大きさの順に並び替えた観測値の順位に対して対称な順位
次に、 $\log_{10}(x_i + b)$ を変数と考えて、その平均値から x_0 を推定する。

$$\log_{10}(x_0 + b) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log_{10}(x_i + b) \dots\dots\dots (6.8)$$

標準偏差 S_x を求め、 $1/a$ を推定する。

$$\frac{1}{a} = \sqrt{\frac{2N}{N-1}} S_x, \quad S_x = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \{\log_{10}(x_i + b)^2 - \log_{10}(x_0 + b)^2\}} \dots\dots\dots (6.9)$$

以上により、求めた定数を次の基本式に当てはめて、確率降雨量を推定する。

$$\log_{10}(x + b) = \log_{10}(x_0 + b) + \frac{1}{a} y \dots\dots\dots (6.10)$$

ウ 計算例

岩井法による確率雨量の計算例を以下に示す。

- (ア) 計算の対象となる資料を表-6.4のように整理する。表は、年最大日雨量を大きい順に整理した例であり、トーマス・プロットの値も同時に示している。

- (イ) N 個の資料の対数値を求め、式(6.7)より x_g の値を求める。

$$\log_{10} x_g = 1.9236 \rightarrow x_g = 83.868$$

- (ウ) 表-6.5により式(6.7)の b の値を求める。

- (エ) 表-6.4の③、④、⑤項の計算を行い、式(6.9)より標準偏差 S_x を求め、定数 a の値を求める。

$$S_x = \sqrt{\bar{Y}^2 - \bar{Y}^2} = \sqrt{2.7338 - 1.6362^2} = 0.2373$$

$$\frac{1}{a} = \sqrt{\frac{2N}{N-1}} S_x = \sqrt{\frac{2 \times 35}{35-1}} \times 0.2373 = 0.3405$$

- (オ) 上記によって得られた値から次の基本式を作成する。

$$\log_{10}(x - 37.6) = 1.6362 + 0.3405y$$

- (カ) 確率年に対する変数 y の値(表-6.3)より、確率日雨量を求める。(表-6.6)

表-6.4 計算例

順位	トーマス プロット	x_i ①	$\log_{10} x_i$ ②	$x_i + b$ ③	$\log(x_i + b)$ ④	$(\log(x_i + b))^2$ ⑤
1	0.028	199.8	2.3006	162.2	2.2100	4.8839
2	0.056	164.9	2.2172	127.3	2.1047	4.4298
3	0.083	135.2	2.1310	97.6	1.9893	3.9573
4	0.111	132.4	2.1219	94.8	1.9767	3.9072
5	0.139	123.7	2.0924	86.1	1.9318	3.7136
6	0.167	107.9	2.0330	70.3	1.8467	3.4105
7	0.194	104.9	2.0208	67.3	1.8278	3.3408
8	0.222	103.0	2.0128	65.4	1.8154	3.2955
9	0.250	100.5	2.0022	62.9	1.7984	3.2343
10	0.278	98.9	1.9952	61.3	1.7872	3.1942
11	0.306	94.2	1.9741	56.6	1.7526	3.0715
12	0.333	94.0	1.9731	56.4	1.7510	3.0661
13	0.361	90.0	1.9542	52.4	1.7191	2.9551
14	0.389	87.7	1.9430	50.1	1.6995	2.8885
15	0.417	84.9	1.9289	47.3	1.6746	2.8041
16	0.444	83.1	1.9196	45.5	1.6577	2.7479
17	0.472	80.5	1.9058	42.9	1.6321	2.6638
18	0.500	80.0	1.9031	42.4	1.6270	2.6472
19	0.528	78.5	1.8949	40.9	1.6114	2.5965
20	0.556	78.5	1.8949	40.9	1.6114	2.5965
21	0.583	74.0	1.8692	36.4	1.5607	2.4358
22	0.611	73.0	1.8633	35.4	1.5486	2.3981
23	0.639	73.0	1.8633	35.4	1.5486	2.3981
24	0.667	71.6	1.8549	34.0	1.5310	2.3441
25	0.694	71.0	1.8513	33.4	1.5233	2.3205
26	0.722	68.1	1.8331	30.5	1.4838	2.2017
27	0.750	64.8	1.8116	27.2	1.4340	2.0564
28	0.778	63.6	1.8035	26.0	1.4144	2.0006
29	0.806	60.9	1.7846	23.3	1.3667	1.8679
30	0.833	60.2	1.7796	22.6	1.3535	1.8319
31	0.861	58.9	1.7701	21.3	1.3277	1.7628
32	0.889	58.7	1.7686	21.1	1.3236	1.7519
33	0.917	57.6	1.7604	20.0	1.3003	1.6908
34	0.944	56.9	1.7551	19.3	1.2848	1.6507
35	0.972	55.0	1.7404	17.4	1.2397	1.5369
計		3089.9	67.328		57.268	95.682
1/N		88.3	1.9236		1.6362	2.7338

表-6.5 b の値の計算

ℓ	s	x_l	x_s	$x_l \cdot x_s - x_g^2$	$2x_g - (x_l + x_s)$	b_s
1	35	199.8	55.0	3955.159	-87.064	-45.4
2	34	164.9	56.9	2348.969	-54.064	-43.4
3	33	135.2	57.6	753.679	-25.064	-30.1
4	32	132.4	58.7	738.039	-23.364	-31.6
						$b = -37.6$

表-6.6 確率雨量

T 年	y	$\log_{10}(x - 37.6)$	確率雨量 x
50	1.4520	2.1306	172.7
30	1.2967	2.0777	157.2
10	0.9062	1.9448	125.7
5	0.5951	1.8729	112.2
2	0.0000	1.6362	80.9

(2) グンベル法による確率降雨量の計算

ア グンベル分布の基礎式

グンベル分布の確率密度関数及び確率分布関数は、式(6.11)で表される。

$$\left. \begin{aligned} \text{確率密度関数: } f(x) &= a \cdot \exp(-y - e^{-y}) & y &= a(x - x_0) \\ \text{確率分布関数: } F(x) &= \exp(-e^{-y}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6.11)$$

ここに、 a 、 x_0 ：定数

式(6.11)の平均、分散は、式(6.12)で定義される。

$$\left. \begin{array}{l} \text{平均: } \mu = \frac{\gamma}{a} + x_0 \\ \text{分散: } \sigma^2 = \frac{\pi^2}{6a^2} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (6.12)$$

ここに、 γ : オイラー定数 (≈ 0.5772)

式(6.11)の極値変数 y と確率年(リターンペリオド) T との関係は、表-6.7のとおりである。

表-6.7 グンベル分布の T と極値変数 y との関係

T	y	T	y
500	6.21361	25	3.19853
400	5.99021	20	2.97020
300	5.70212	15	2.67375
250	5.51946	10	2.25037
200	5.29581	8	2.01342
150	5.00730	7	1.86982
100	4.60015	6	1.70199
80	4.37574	5	1.49994
60	4.08596	4	1.24590
50	3.90194	3	0.90273
40	3.67625	2	0.36651
30	3.38429		

イ グンベル法⁷⁾

グンベル分布の定数 a 、 x_0 は、資料数(サンプルサイズ) N が有限の時、 N の影響を考慮して、式(6.13)で推定する。

$$\frac{1}{a} = \frac{s_x}{s_y}, \quad x_0 = \bar{x} - \frac{\bar{y}}{a} \dots\dots\dots (6.13)$$

ここに、 s_x 、 $\bar{x}$ は、資料数 N 個の標準偏差及び平均の値である。また、 s_y 、 $\bar{y}$ の値について、グンベルは表-6.8を示している。

表-6.8 グンベル分布当てはめのための数表

N	$\bar{y}$	s_y	N	$\bar{y}$	s_y	N	$\bar{y}$	s_y	N	$\bar{y}$	s_y
15	0.5128	1.0206	31	0.5371	1.1159	47	0.5473	1.1557	66	0.5538	1.1814
16	0.5157	1.0316	32	0.5380	1.1193	48	0.5477	1.1574	68	0.5543	1.1834
17	0.5181	1.0411	33	0.5388	1.1226	49	0.5481	1.1590	70	0.5548	1.1854
18	0.5202	1.0493	34	0.5396	1.1255	50	0.5485	1.1607	72	0.5552	1.1873
19	0.5220	1.0565	35	0.5403	1.1285	51	0.5489	1.1623	74	0.5557	1.1890
20	0.5236	1.0628	36	0.5410	1.1313	52	0.5493	1.1638	76	0.5561	1.1906
21	0.5252	1.0696	37	0.5418	1.1339	53	0.5497	1.1653	78	0.5565	1.1923
22	0.5268	1.0754	38	0.5424	1.1363	54	0.5501	1.1667	80	0.5569	1.1938
23	0.5283	1.0811	39	0.5430	1.1388	55	0.5504	1.1681	82	0.5572	1.1953
24	0.5296	1.0864	40	0.5436	1.1413	56	0.5508	1.1696	84	0.5576	1.1967
25	0.5309	1.0915	41	0.5442	1.1436	57	0.5511	1.1708	86	0.5580	1.1980
26	0.5320	1.0961	42	0.5448	1.1458	58	0.5515	1.1721	88	0.5583	1.1994
27	0.5332	1.1004	43	0.5453	1.1480	59	0.5518	1.1734	90	0.5586	1.2007
28	0.5343	1.1047	44	0.5458	1.1499	60	0.5521	1.1747	92	0.5589	1.2020
29	0.5353	1.1086	45	0.5463	1.1519	62	0.5527	1.1770	94	0.5592	1.2032
30	0.5362	1.1124	46	0.5468	1.1538	64	0.5533	1.1793	96	0.5595	1.2044

ウ 計算例

グンベル法による確率降雨量の計算例を以下に示す。

- (ア) 計算の対象となる資料を表-6.9に示すように整理する。なお、表は年最大日雨量を大きい順に整理した例であり、トーマス・プロットの値を同時に示している。

- (イ) 資料 N 個の平均値及び二乗平均値を求める。

$$\text{平均}=88.3\text{mm}、\text{二乗平均}=8776.9$$

- (ウ) 資料 N 個の標準偏差を求める。

$$S_x = \sqrt{x^2 - \bar{x}^2} = \sqrt{8776.9 - 88.3^2} = 31.305$$

- (エ) 表-6.8より、資料数 $N=35$ の時の S_y 、 $\bar{y}$ の値を定める。

$$S_y=1.1285、\bar{y}=0.5403$$

- (オ) 分布関数の定数項を求める。

$$\frac{1}{a} = \frac{S_x}{S_y} = \frac{31.305}{1.1285} = 27.740$$

$$x_0 = \bar{x} - \frac{\bar{y}}{a} = 88.3 - \frac{0.5403}{0.0360} = 73.291$$

- (カ) 基本推定式を求める。

$$x = x_0 + \frac{y}{a} = 73.291 + 27.740y$$

- (キ) 確率年に対する極値変数 y の値(表-6.7)より、確率日降雨量を求める。(表-6.10)

表-6.10 確率降雨量

T 年	y	$27.740y$	x
50	3.90194	108.240	181.5
30	3.38429	93.8802	167.2
10	2.25037	62.4253	135.7
5	1.49994	41.6083	114.9
2	0.36651	10.1669	83.5

表-6.9 計算例

順位	トーマス プロット	x_i ①	x_i^2 ②
1	0.028	199.8	39,920.0
2	0.056	164.9	27,192.0
3	0.083	135.2	18,279.0
4	0.111	132.4	17,529.8
5	0.139	123.7	15,301.7
6	0.167	107.9	11,642.4
7	0.194	104.9	11,004.0
8	0.222	103.0	10,609.0
9	0.250	100.5	10,100.3
10	0.278	98.9	9,781.2
11	0.306	94.2	8,873.6
12	0.333	94.0	8,836.0
13	0.361	90.0	8,100.0
14	0.389	87.7	7,691.3
15	0.417	84.9	7,208.0
16	0.444	83.1	6,905.6
17	0.472	80.5	6,480.3
18	0.500	80.0	6,400.0
19	0.528	78.5	6,162.3
20	0.556	78.5	6,162.3
21	0.583	74.0	5,476.0
22	0.611	73.0	5,329.0
23	0.639	73.0	5,329.0
24	0.667	71.6	5,126.6
25	0.694	71.0	5,041.0
26	0.722	68.1	4,637.6
27	0.750	64.8	4,199.0
28	0.778	63.6	4,045.0
29	0.806	60.9	3,708.8
30	0.833	60.2	3,624.0
31	0.861	58.9	3,469.2
32	0.889	58.7	3,445.7
33	0.917	57.6	3,317.8
34	0.944	56.9	3,237.6
35	0.972	55.0	3,025.0
計		3,089.9	307,190.0
1/ N		88.3	8,776.9

6.3 確率降雨の時間分布

排水計画の作成に当たって、受益区域の湛水解析等の目的で洪水ハイドログラフを必要とする場合は、確率連続降雨量(1～3日連続雨量)の時間分布を求める必要がある。連続降雨の時間配分を定める手法には、以下の三つの方法がある。

- ① 日降雨分布については各確率降雨量(日降雨量、2日連続降雨量、3日連続降雨量)を満足するように配分し、日降雨量に対する時間分布は過去の実績降雨パターンに基づいて比例配分する方法
- ② 日降雨分布については各確率降雨量(日降雨量、2日連続降雨量、3日連続降雨量)を満足す

るように配分し、日降雨量に対する時間分布は、シャーマン型降雨強度式、単峰型降雨強度式を組み合わせる複峰型降雨波形を求める手法⁸⁾等を用いて配分する方法

- ③ 必要となる確率連続降雨量を、過去の実績降雨パターンに基づいて全体を比例配分する方法
それぞれの配分方法の特徴は、表-6.11 のとおりである。

表-6.11 配分方法の特徴

配分方法	特 徴
①、②の方法	・各々の日降雨量が、確率計算により求められた各確率連続降雨量を満たしている。 ・①の方法については、降雨資料から、短時間の豪雨についても確率雨量に近い実績降雨を選定することができれば、ピーク付近雨量の過大又は過小評価を避けることができる。 ・②の方法については、時間雨量の資料が利用できない場合の便法であり、降雨配分式の係数に関する資料があれば適用できる。
③の方法	実際の降雨パターンを忠実に再現できる。ただし、短時間の豪雨を表しにくい。

ここでは、①の方法による連続降雨の時間配分を定める方法について以下に示す。

6.3.1 連続降雨量に対する日降雨分布の検討

確率連続降雨量に対する時間配分は、まず過去の実績降雨から日降雨パターンを分析し、そのパターンを当てはめて定める。この検討に当たっては、以下の事項に留意する。

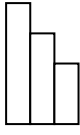
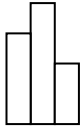
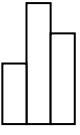
- (1) 既往の降雨の選定に当たっては、大洪水をもたらしたものや対象流域において特に生起頻度の高いパターンに属する降雨を落とさないように注意する。
- (2) 選定すべき降雨は資料の存在期間の長短に応じて変化するが、通常 10 降雨以上とする。

日降雨パターンの分析には、特に定まった方法はないが、3 日連続降雨量の日降雨分布パターンを検討した事例を以下に示す。

<日降雨パターンの分析例>

既往の 3 日連続降雨量から比較的大きな雨量（上位 20 位）を抽出し、表-6.12 に示すようにパターン化してその発生頻度を調べる。この分析例では、表に示すように中央山型の生起頻度が最も高く、かつ「3・1・2」のパターンが圧倒的に高い。

表-6.12 3 日連続雨量の日分布パターン生起頻度例

分布型	前方山型		中央山型		後方山型	
	1・2・3	1・3・2	2・1・3	3・1・2	2・3・1	3・2・1
模式図						
頻度	1 (5%)	1 (5%)	5 (25%)	9 (45%)	0 (0%)	4 (20%)
	2 (10%)		14 (70%)		4 (20%)	

注：日分布のパターン化は、最大日雨量にインデックス 1 を、中位の日雨量にインデックス 2 を、さらに最小日雨量にインデックス 3 を付けて、分類している。

次に、特定した日降雨パターンに対する雨量は、日降雨量、2日連続降雨量及び3日連続降雨量のそれぞれについて確率降雨量を求め、それぞれの差分から表-6.13のように求める。

表-6.13 3日連続雨量の日配分(mm)

確率雨量	日配分雨量	備 考
日雨量 239.1	239.1	
2日連続雨量 333.8	94.7	$333.8 - 239.1 = 94.7$
3日連続雨量 381.8	48.0	$381.8 - 333.8 = 48.0$

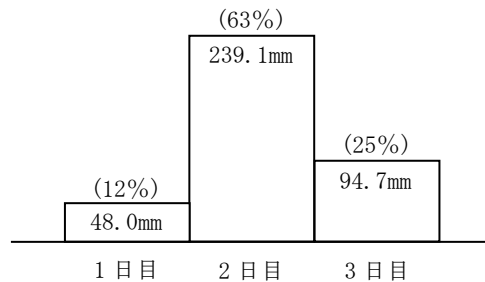


図-6.6 確率雨量の日配分

注：この例は、我が国の降雨パターンは、統計的に見て最大日、2日、3日連続とも隣り合わせに発生する確率が多いことから、3日連続の波形は同一確率の日雨量、2日、3日連続が隣り合わせに発生するとの考えで求めたものである。

6.3.2 日降雨量に対する時間分布の検討

「6.3.1 連続降雨量に対する日降雨分布の検討」によって定めた、日配分雨量に対する時間配分は、既往の降雨パターンを当てはめて求めるが、検討に当たっては以下の事項に留意する。

- (1) 選定された実績降雨の継続時間が計画降雨に一致することは極めてまれであるが、原則として実績降雨の継続時間を基本に降雨量の引き伸ばしを行う。
- (2) 実績降雨の継続時間が計画降雨より相当長い場合は、引き伸ばし後の計画降雨について不合理が生じないか十分検討する。

既往の時間分布の当てはめについて、事例を以下に示す。

<時間分布の検討例>

既往の実績降雨から、以下の4点を考慮して選定し、表-6.14に示すような配分率で引き伸ばしを行う。

- ① 総雨量が計画基準雨量に近いこと。
- ② 降雨の日分布パターンが同じであること。
- ③ 実測降雨の分布率が標準的であること。
- ④ 実測降雨記録に欠測が無いこと。

$$\text{計画降雨の時間雨量} = \text{実績降雨の時間雨量} \times \frac{\text{計画日雨量}}{\text{実績日雨量}}$$

表-6.14 時間配分比率

	1/20 確率 3 日連続雨量		
	1 日目	2 日目	3 日目
計画雨量	48.0mm	239.1mm	94.7mm
実績雨量	79.0mm	165.0mm	134.5mm
比 率	0.6076	1.4491	0.7041

計画降雨の時間配分計算結果は、図-6.7のとおりである。

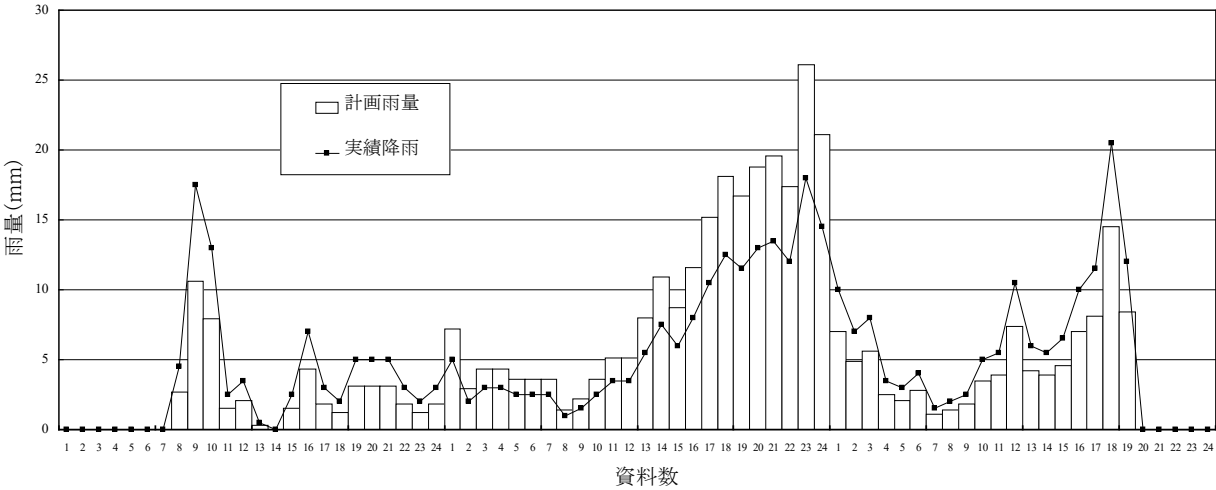


図-6.7 3日連続降雨のハイエトグラフ

6.4 計画基準降雨の決定

前項までの検討を基に、傾斜地など洪水ピーク流出量を計画の基礎とする場合は短時間降雨強度を、氾濫域など洪水ハイドログラフを計画の基礎とする場合は適当な波形を持った連続降雨をそれぞれ対象とし、計画排水量を決定する。計画排水量の算定に採用した降雨を計画基準降雨とする。

〔参考〕実績降雨の引き伸ばしに当たり短時間降雨を考慮した事例（D地区）

日降雨量に対する時間分布の検討において、実績降雨の引き伸ばしを行う場合に、実績降雨の選定に当たって、3日連続降雨量とともにピーク時間雨量に留意した事例を以下に示す。なお、本事例では実績降雨のピーク時間雨量が1/10年確率の時間雨量に近いものを選定したが、引き伸ばし後の計画降雨が1/10年確率の時間雨量に近いものとなっているか確認することが望ましい。

D地区では、過去の大雨を分析した結果、生起頻度が最も高かった降雨の日分布パターンが「3・2・1」のパターンとなったことから、同パターンの1/2年確率以上の大雨のうち、無降雨日のない降雨を抽出した。

次に、実績降雨の波形を遵守する観点から、引き伸ばしによる調整量が少ない降雨を検討した結果、表-6.15のとおり、3日連続降雨量が1/10年確率に近い降雨はNo. 3, 4, 5, 6, 10となり、ピーク時間雨量が1/10年確率に近い降雨はNo. 4となったことから、No. 4の降雨を引き伸ばしの基となる実績降雨として採用した。

表-6.15 実績降雨の1/10年確率雨量に対する割合

No.	発生年月日	実績雨量(mm)					1/10年確率雨量に対する割合				
		1日目雨量	2日目雨量	3日目雨量	計	ピーク雨量	1日目雨量	2日目雨量	3日目雨量	計	ピーク雨量
0	1/10年確率雨量	23.3	66.2	209.6	299.1	41.9	-	-	-	-	-
1	S55 7月8日 7月10日	24.0	76.0	79.0	179.0	32.0	1.03	1.15	0.38	0.60	0.76
2	S55 10月12日 10月14日	16.0	17.0	129.0	162.0	25.0	0.69	0.26	0.62	0.54	0.60
3	H2 9月17日 9月19日	20.0	111.0	134.0	265.0	32.0	0.86	1.68	0.64	0.89	0.76
4	H10 10月15日 10月17日	3.0	49.0	282.0	334.0	50.0	0.13	0.74	1.35	1.12	1.19
5	H16 9月27日 9月29日	5.0	17.0	245.0	267.0	53.0	0.21	0.26	1.17	0.89	1.26
6	H17 9月4日 9月6日	10.0	48.0	208.0	266.0	16.0	0.43	0.73	0.99	0.89	0.38
7	H19 7月12日 7月14日	13.0	48.0	125.0	186.0	19.0	0.56	0.73	0.60	0.62	0.45
8	H23 5月27日 5月29日	2.5	26.5	164.5	193.5	15.0	0.11	0.40	0.78	0.65	0.36
9	H25 9月2日 9月4日	14.0	36.0	141.5	191.5	24.0	0.60	0.54	0.68	0.64	0.57
10	H25 10月23日 10月25日	27.5	103.5	152.0	283.0	21.5	1.18	1.56	0.73	0.95	0.51

※1/10年確率ピーク雨量は3日目雨量に含まれる。

※網かけは1/10年確率雨量に対して±20%以内のもの。

参考文献

- 1) 角屋 睦：水文統計論、水工学シリーズ64-02、p.2（1964）
- 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、技報堂出版、pp.66～67（1997）
- 3) 角屋 睦：水文統計論、水工学シリーズ64-02、p.4（1964）
- 4) 角屋 睦：水文統計論、水工学シリーズ64-02、pp.22～23（1964）
- 5) 角屋 睦：水文統計論、水工学シリーズ64-02、p.28（1964）
- 6) 角屋 睦：水文統計論、水工学シリーズ64-02、p.35（1964）
- 7) 角屋 睦：水文統計論、水工学シリーズ64-02、p.13（1964）
- 8) 角屋睦・増本隆夫・田中丸治哉：複峰型豪雨波形の一表現法、農土論集、164、pp.115～123（1993）

表-6.16 地区事例：雨量波形（時間配分）の具体的手法

地区名	地方	都道府県	事業主体	事業名	年 度		確率年	計画降雨量	確率計算	資料数	観測期間	日配分	時間配分	備 考
					調査計画	全体表 施計画								
樺戸	北海道	北海道	国	かんがい排水	S49～S53	S54～S61	1/10	157.0mm/2日	岩井法	30年	S34～S63	実績降雨	S50.8—実績型	・過去の大雨(日雨量80mm以上)より選定。 ・降雨量、外水位ともに1/10に近い。 ・過去の記録の中で災害の大きかった年。 ・他事業との関連。
		北海道	国	農地防災 (農地機能保全型)	H21～H29	—	1/10	89mm/日	岩井法	30年	S62～H28	—	H26.8—実績型	・計画基準降雨の継続時間1日。
		北海道	国	農地防災 (農地機能保全型)	H13～H16	—	1/10	95mm/日	—	—	—	—	中央山型	・確率等雨量線図より計画雨量を算定。
角田	東北	宮城	国	かんがい排水	S55～S57	S58	1/10	187.6mm/2日	岩井法	57年	S元～S57	確率雨量	理論型	・降雨の時間配分は、シャーマン型降雨強度式により雨量から配分。
男鹿東部		秋田	国	干拓事業 排水対策特別	H6	H7～H8	1/30 1/10	198.3mm/3日 158.8mm/3日	岩井法	18年	S52～H6	不明	不明	・関連事業(S54 県営排特)で採用された波形を、計画雨量に併せて拡大している (原波形の出典は不明)。
		宮城	国	農業水利	S61～H元	H2～H5 H9	1/10 1/20	167.9mm/3日 185.3mm/3日	岩井法 岩井法	45年 48年	S18～S62 S23～H7	確率雨量 確率雨量	H3.10—実績型	
大利根用水		千葉	国	かんがい排水	S41～S43	S44	1/10	210.7mm/2日	—	20年	S32～S52	実績降雨	S42.9—実績型	・近傍の観測所資料より選定する。 ・過去180(mm/2日)以上の8降雨より選定。 ・時間集中度(物部曲線、伊藤AB曲線)より選定。
東葛北部		千葉	県	かんがい排水	S53	S54～H14	1/10	254.0mm/3日	グンベル法	43年	S6～S48	実績降雨	S46.8—実績型	・最近10か年で被害が最も顕著であったこと。 ・地区の基幹施設(ポンプ)設置後の降雨であること。
坪井	関東	静岡	県	治水防除	H7	H8	1/20	381.3mm/3日	岩井法	91年	M37～H6	確率雨量	S57.9—実績型	・総雨量が計画基準雨量に近いこと。 ・降雨の日分布型が同じであること。 ・実測降雨の分布率が標準的であること。 ・実測降雨記録が完全であること。
栃木南部		栃木	国	かんがい排水	H15～H19 H22～H26	H27	1/10	197.0mm/3日(栃木) 174.1mm/3日(小山市) 189.5mm/3日(古河)	岩井 角屋法	57年 (3日) 34年 (時間)	S30～H23 S53～H23	実績降雨	S57.9—実績型	・3日連続雨量と時間雨量が1/10になるように引き伸ばし。 ・3観測所の計画基準降雨をディセン法で合成。
			群馬 栃木	国	農地防災 (一般型)	H9～H11	—	1/10	160mm/3日(桐生) 190mm/3日(足利) 178mm/3日(館林)	岩井 角屋法	39年	S30～H6	実績降雨	S57.9—実績型
阿賀野川右岸	北陸	新潟	国	かんがい排水 農地防災	S59～S61	S62	1/10 1/50	223.0mm/3日 359.0mm/3日	岩井法	50年	S10～S59	確率雨量	物部降雨強度式	・実績降雨波形と比較検討した結果、理論波形において流出量、湛水面積、湛水時間が大きくなった。
白根郷		新潟	国	農地防災	S61～H3	H4～H5	1/30	268.3mm/3日	岩井法	47年	S15～S61	確率雨量	シャーマン型 降雨強度式	・水田の汎用農地化を積極的に推進することを基本とするため、排水能力の増強につながる理論型を採用する。
亀田郷		新潟	県	かんがい排水 農地防災	S60～S62	S63	1/10 1/50	192.1mm/3日 283.0mm/3日	岩井法	47年	S14～S60	実績降雨	S53.6—実績型	・最大湛水被害をもたらした降雨。
庄川左岸		富山	国	農地防災 (一般型)	H4～H18	H19～H20	1/15	145.3mm/日	岩井 角屋法	50年	S31～H17	—	中央山型	・年最大日雨量の最大時間雨量を確率処理した時間雨量をピーク時間雨量に採用。
射水郷		富山	国	農地防災 (一般型)	S60～H元	H2～H3	1/30	259mm/3日	岩井 角屋法	53年	S8～S60	中央山型	シャーマン型 降雨強度式	・時間配分のピーク発生時間は実績より決定。

6. 実績降雨に基づく計画基準降雨

217

地区名	都道府県	事業主体	事業名	年度		降雨						備考	
				調査計画	全体実施計画	確率年	計画降雨量	確率計算	資料数	観測期間	日配分		時間配分
加賀三湖周辺 邑知地溝帯	石川	国	農地防災 (一般型)	H4～H5	H5～H6	1/10	250.4mm/4日	—	16年	S10～S25	実績降雨	M35.7—実績型	・10～20年に1回程度の降雨を想定して当時の稲作期間中過去4番目に大きい4日雨量250.4mmを計画雨量とした。
				S52～H4	H5～H6	1/15 1/10 1/30	253.3mm/3日 225.5mm/3日 304.3mm/3日	岩井法	60年	S元～S63 (欠測3年)	中央山型	シャーマン型 降雨強度式	・自然排水、機械排水で確率規模を変えており、自然排水：1/15、機械排水：1/10、自然機械排水、農地防災排水：1/30。
尾張西部 (一宮)	愛知	国	かんがい排水 地盤沈下排対	S50～S53	S54～S59	1/10	259.0mm/2日	岩井法	32年	S17～S51	実績降雨	S51.9—実績型	・最近の降雨から流出解析を行い、ピーク流出量の平均値に近い降雨パターンを選定。一宮、津島各々の降雨パターンを使用している。
尾張西部 (津島)				1/10	288.0mm/2日	S51.9—実績型 中央集中型	・施設により計画降雨が異なる。 ・河川で用いられている降雨強度式を採用。						
新農尾	愛知	国	農地防災 (一般型)	H6～H9	H9～H10	1/10	259mm/2日(一宮) 205mm/日(名古屋)	岩井法	35年 61年	S17～S51 S15～H12	実績降雨 —	S51.9—実績型 中央集中型	・施設により計画降雨が異なる。 ・河川で用いられている降雨強度式を採用。
巨椋池	京都	国	農地防災	H8	H8～H9	1/20	260.6mm/3日	岩井 角屋法	43年	S28～H7	確率雨量	石黒型降雨強度式	
和歌山平野	和歌山	国	農地防災 (一般型)	H22～H24	H25	1/10	254mm/3日 (ディセンセン比 で合成)	岩井 角屋法	和歌山 109年 かつらぎ 31年	和歌山 M34～H21 かつらぎ S54～H21	実績降雨	H5.9—実績型	・観測所ごとに実績降雨を引き伸ばし後、計画基準降雨をディセンセン比で合成。
児島湾周辺	岡山	国 県	かんがい排水	S55～S56	S57～S60	1/10	170.8mm/3日	岩井法	68年	T5～S58	確率雨量	S42.7—実績型	・S25～S55までの過去31年間から選定する。 ・総雨量が計画基準雨量に近い降雨。 ・引き伸ばし後のピーク時間降雨強度が確率雨量に近いもの。
矢道湖西岸	島根	国	緊急農地再編整備	H27～H29	—	1/10	252mm/3日	岩井 角屋法	37年	S54～H27	実績降雨	S59.6—実績型	・3日連続雨量と時間雨量が1/10になるように引き伸ばし。 ・区画整理と一体整備。
道前平野	愛媛	国	緊急農地再編整備	H24～H27	—	1/10	299mm/3日	岩井法	39年	S50～H25	実績降雨	H10.10—実績型	・日、2日、3日雨量が1/10になるように引き伸ばし。 ・区画整理と一体整備。
筑後川下流	福岡 佐賀	国	かんがい排水	S45～S46	S47～S49	1/10	370.0mm/3日	岩井法等	43年	S4～S46	確率雨量	特性係数法	
		県	かんがい排水	H8	H9	1/10	321.0mm/3日	岩井法等	80年	M24～S45 S4～S46	確率雨量	特性係数法	
佐賀中部	佐賀	国	農地防災	S57～S63	H元	1/30 1/10	389.2mm/3日 312.8mm/3日	岩井法	92年	M24～S57	確率雨量	S55.8—実績型 S47.7—実績型	・過去48年間における主要洪水について、被害の発生状況と降雨の発生原因及び2観測所のハイエトチェックを行い決定した。 ・時間雨量資料が少ないため関連事業の降雨波形を採用。
出水(東)	鹿児島	国	海岸保全	H元	—	1/10	374.5mm/3日	岩井法	20年	S41～S60	確率雨量	S46.7—実績型	・降雨総量(3日雨量)が近いもの。 ・雨量が3日間まんべんなくあるもの。 ・ピーク時間雨量が近いもの。
出水(福ノ江)	福岡	国	施設機能保全	H23～H28	—	1/10	460.2mm/3日	岩井 角屋法	31年	S41～H8	実績降雨	H7.7—実績型	
筑後川下流 福岡	熊本	国	かんがい排水	H25～H29	—	1/10	370mm/3日	岩井法	87年	S4～H27	中央山型	降雨強度式 (特性係数法)	
八代平野	熊本	国	かんがい排水	H25～H29	—	1/10	364mm/3日	岩井 角屋法	39年	S51～H26	実績降雨	H23.8—実績型	・3日連続雨量と時間雨量が1/10になるように引き伸ばし。

7. 計画基準外水位

(基準、基準の運用第3章 3.3.6 関連)

7.1 基本事項

受益区域の過剰水の排出先となる排水本川には、表-7.1 に示すようなタイプがある。これらの水位（すなわち、外水位）は受益区域の排水計画の規模を支配する外的要因であるため、排水計画に採用する計画基準外水位の決定に当たっては、以下の事項に留意し、受益区域と排水本川との関係を慎重に検討しなければならない。

- ① 計画基準外水位の規模
- ② 排水本川に与える影響
- ③ 関係機関との調整及び協議

表-7.1 排水本川の形式

排水 本川 の 形 式	河川	内部流域の面積に比べて同等かそれ以下の場合
		内部流域の面積に比べて大きい場合
	湖沼	内部流域の面積に比べて同等かそれ以下の場合
		内部流域の面積に比べて大きい場合
	海	

7.1.1 計画基準外水位の規模

排水本川の計画基準外水位は、受益区域内に設定した降雨の確率年 T と同規模の確率外水位としなければならない。特に、排水本川が河川の場合、その計画水位の確率年は、一般的に河川等級（一級河川、二級河川、等）に応じて30～100年確率程度といった大きな値が採用されるため、その水位を直接排水計画の計画基準外水位とすることはできない（排水計画の内容が過大規模となる。）。

7.1.2 排水本川に与える影響

受益区域の排水計画は、排水系統の整備等によって、その排水量が排水本川の流水に何らかの影響を与える。特に、排水本川が河川の場合は、排水口からの排水量が局所的な河床洗掘を引き起こし、排水本川の正常な流水を阻害することもある。

したがって、計画基準外水位は、適正な排水口の位置を踏まえて検討し、また計画排水量が排水本川の流水に影響を与えるおそれがある場合には、その状況を数量的に明らかにし、対応策を具体的に検討しておかなければならない。

7.1.3 関係機関との調整及び協議

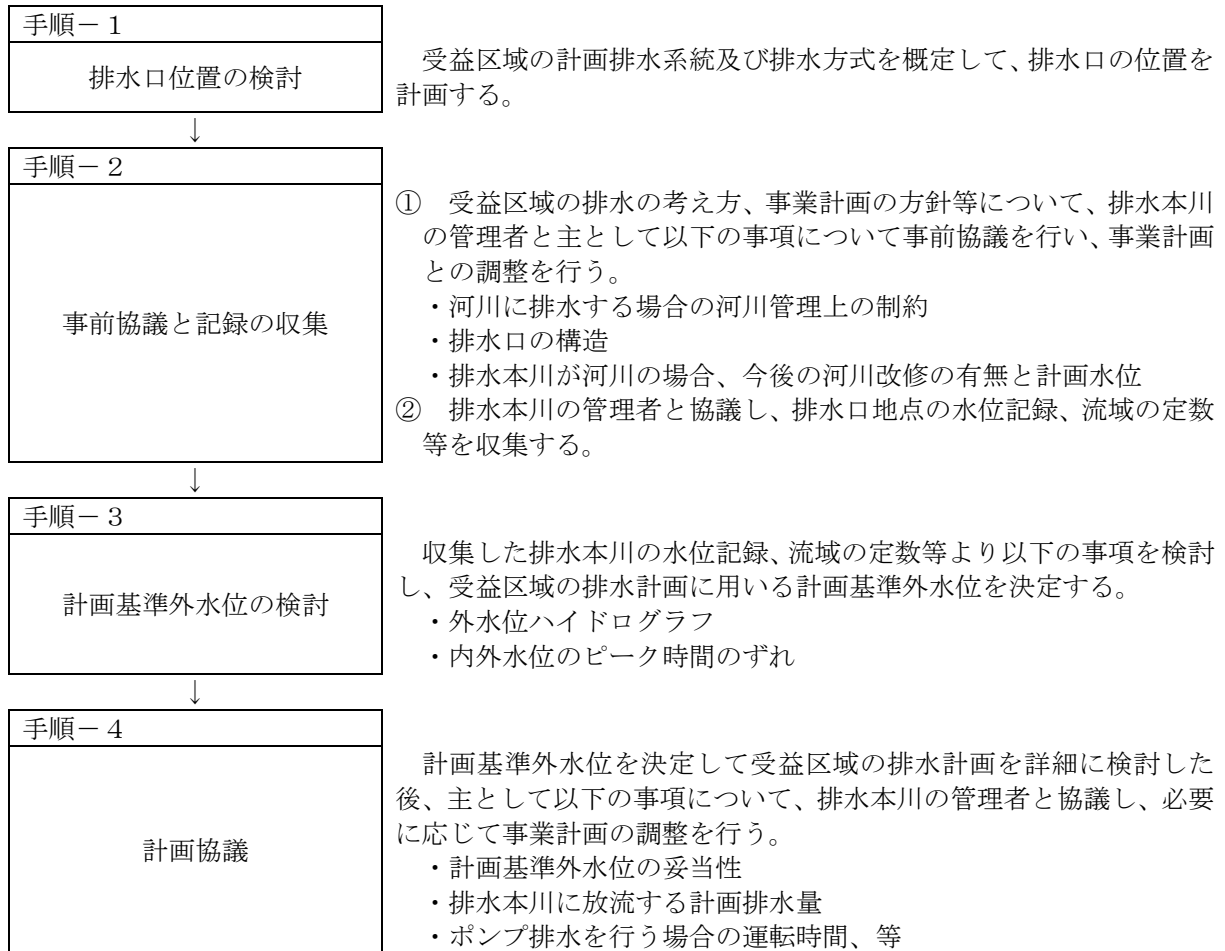
受益区域の排水計画の立案に当たっては、排水本川の管理主体者と以下の事項について調整及び協議を十分にしておくことが重要である。特に、排水本川が河川の場合は、河川管理者との協議を密にして、受益区域の排水計画が排水本川の流水を阻害しないようにしなければならない。また、排水本川が海の場合は、海岸管理者及び近隣漁業者との協議を十分に行う必要がある。

- ① 排水口の位置
- ② 排水計画に用いる計画基準外水位とその採用の考え方

- ③ 排水本川に放流する計画排水量
- ④ 計画排水量が排水本川の流水や環境に与える影響の有無

7.2 計画基準外水位の検討手順

計画基準外水位は、おおむね以下の手順に沿って検討を進める。



7.3 計画基準外水位の検討

計画基準外水位は、排水本川のタイプに関わらず、以下の事項について検討する。

- ① 受益区域の排水計画確率年相当の外水位ハイドログラフ
- ② 内外水位のピーク時間のずれ

7.3.1 排水本川が河川の場合

排水本川が河川の場合、計画基準外水位ハイドログラフの検討は、おおむね表-7.2の二つの方法がある。

表-7.2 外水位ハイドログラフの検討手法

検討手法	水位記録から求める場合	一般的に、外部流域が内部流域よりはるかに大きい流域に対して適用する。
	外部流域の流出解析から求める場合	一般的に、外部流域が内部流域と同程度又はそれより小さい流域に適用する。

(1) 水位記録から求める場合

排水本川の流域（外部流域）が内部流域よりはるかに大きい一級河川等では、一般に河川水位の観測網が整備されている場合が多い。この場合は、以下のようにして計画基準外水位を定める。

ア 確率降雨量の計算（「6. 実績降雨に基づく計画基準降雨」及び「19. 将来の降雨予測に基づく計画基準降雨」参照）により、受益区域に採用するT年確率降雨量を求め、それに最も近似する実降雨の発生年月日を特定する（例えば、受益区域のT年確率3日連続雨量が382mm（期間：0～72時）であった場合、382mmに最も近似する実降雨の発生年月日を特定する。）。

イ 河川管理者から、計画の排水口地点に最も近い河川水位観測所の記録を収集し、アで特定した実降雨の発生年月日に該当する期間の水位の連続記録を抽出する。

ウ 実績降雨から求めた確率降雨量の時間配分パターン（ハイトグラフ）と河川水位記録から抽出した水位の時間軸を整合させ、基準外水位として定める。

エ 水位観測記録が排水口を計画する地点から離れている場合は、上記によって抽出した水位から不等流計算によって計画の排水口地点の水位を求める。

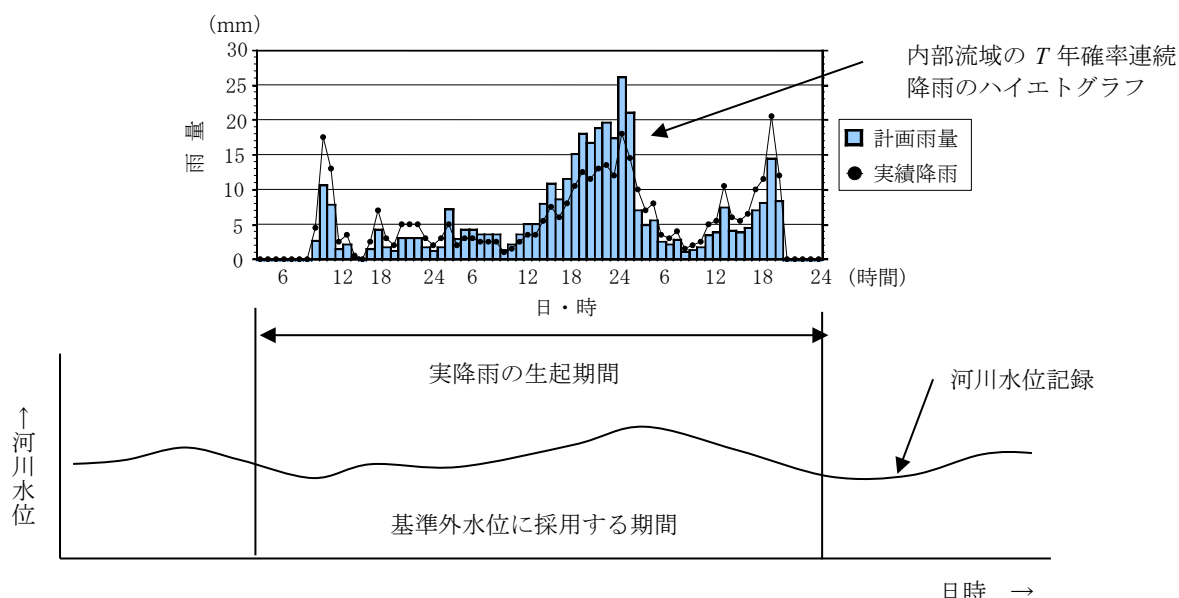


図-7.1 水位記録の抽出

(2) 外部流域の流出解析から求める場合

排水本川の水水位記録がない場合は、以下のようにして排水本川の流出解析を行い、計画基準外水位を求める。

ア 河川管理者と協議して流出解析のための流域の定数を入手し、その定数を用いて外部流域の流出解析を行う。流域の定数が定まっていない場合は、「9. 洪水ハイドログラフの計算」に示す手法を用いて外部流域の流出解析を行う。

イ 外部流域の流出解析に必要な降雨は、内部流域の計画基準降雨を用いる。

ウ 上記によって求めた外部流域の洪水流出量について、排水本川の水水位－流量曲線を用いて排水口地点の外水位を推定する。なお、排水本川について水水位－流量曲線がない場合は、流量観測によってこれを検討する。

7.3.2 排水本川が海の場合

海に排水口を設けるような排水計画では、外水位ハイドログラフは、以下のとおり求める。

- (1) 海象調査結果から、上下弦(小潮)又は朔望(大潮)時の平均潮位曲線を外水位ハイドログラフとする。
- (2) 内外水位のピーク時間のずれは、いくつかのパターンを想定して、排水施設規模を概定する。
そのうち、最も危険側のパターンを採用する。

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)

8.1 基本事項

洪水ピーク流出量は合理式又は流出モデルから求める。本章では合理式による方法を示す。流出モデルから求める場合は「9. 洪水ハイドログラフの計算」を参照する。

8.1.1 合理式

傾斜地における排水路の規模決定等、洪水ピーク流出量を計画洪水時排水量とする場合には、次の合理式¹⁾により計算することができる。

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \cdot r_e \cdot A \quad \dots\dots\dots (8.1)$$

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)

ただし、合理式を使用する場合は、以下の事項について留意しなければならない。

- (1) 合理式を用いる場合には、洪水到達時間と洪水到達時間内の平均有効降雨強度を決める必要があるが、概査や精査で得られる資料は現況の流況を表しているものであり、計画で使用する数値は事業実施後の変化を考慮したものとする必要がある。
- (2) 合理式の適用範囲の上限は、降雨のスケールによって異なるが、流域平均降雨という概念が物理的に許される10km²～40km²までと考えられる。
- (3) 河道貯留効果があるような場合でも合理式を適用することができるが、事業実施後に流域内に氾濫又は一時貯留が起こらない場合や下流水位による堰上げ背水等の影響がない場合に適用できる。

8.1.2 有効降雨強度（ピーク流出係数）

洪水到達時間内の平均有効降雨強度を求める際の有効降雨強度は、降雨強度より地表の最終浸入能を差し引いた値と考えられる。有効降雨強度は、以下により求める。

$$r_e = r - f_c \quad \dots\dots\dots (8.2)$$

又は、洪水到達時間内の降雨強度と有効降雨強度の比であるピーク流出係数で洪水到達時間内の平均有効降雨強度を表すと以下のとおりとなる。

$$r_e = f_p \cdot r \quad \dots\dots\dots (8.3)$$

ここに、 r_e : 有効降雨強度 (mm/h)

f_c : 最終浸入能 (mm/h)

f_p : ピーク流出係数

r : 降雨強度 (mm/h)

ピーク流出係数は、地域の地質、地被、先行降雨等の諸条件により異なるので、それぞれの流域についての観測値に基づき定めるのが妥当である。しかし、事業実施後のピーク流出係数を推定す

る場合や、実測資料の乏しい場合には表-8.1、8.2に示す値を参考としてもよい。表-8.1は物部が河川の洪水時の値として与えたものであるが、流域の状況によって変化するとともに、安全係数に類するものも含めてあり、さらに対象とした洪水が大きなものであるため、土地改良事業で対象とする降雨に対しては大きな値となる傾向がある。特に水田の場合には、0.7～0.8をとることはほとんどなく、大略0.4～0.5の範囲内と考えてよい。

表-8.1 ピーク流出係数

地形の状態	f_p
急峻な山地	0.75 ～ 0.9
三紀層山地	0.7 ～ 0.8
起伏のある土地及び樹林地	0.5 ～ 0.75
平らな耕地	0.45 ～ 0.6
かんがい中の水田	0.7 ～ 0.8
山地河川	0.75 ～ 0.85
平地小河川	0.45 ～ 0.75
流域のなかば以上が平地である大河川	0.5 ～ 0.75

—物部の調査による日本内地の洪水時の値—

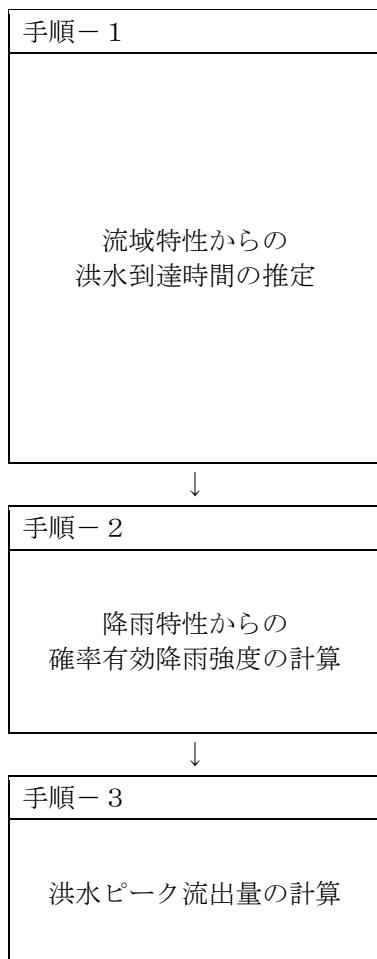
表-8.2 ピーク流出係数

地形の状態	f_p
路面及び法面	0.70～1.00
市街	0.60～0.90
森林地帯	0.20～0.40

—道路土工 排水工指針(昭和62年6月)—

8.1.3 洪水ピーク流出量の計算手順

合理式によってある確率年 T に対するピーク流出量を求めるためには、以下の手順によって計算する。



① 実測値による場合

過去の洪水記録より、出水ごとに洪水到達時間(t_p)と洪水ピーク流出高を推定する。この洪水ピーク流出高を洪水到達時間内の平均有効降雨強度(r_e)と見なし、洪水到達時間と洪水到達時間内の有効降雨強度の関係を両対数グラフにプロットし、関係曲線(r_e-t_p 曲線)を描く。

② 計算による場合

角屋・福島の式より有効降雨強度に対する洪水到達時間とその間の平均有効降雨強度の関係(洪水到達時間 t_p と洪水到達時間内の有効降雨強度 r_e の関係)を両対数グラフにプロットし、関係曲線(r_e-t_p 曲線)を描く。

任意の降雨継続時間に対する降雨強度の確率計算を行い、降雨継続時間 t_r と確率降雨強度 r_T の関係(r_T-t_r 曲線)を求める。流域の最終浸入能やピーク流出係数より確率有効降雨強度を求め、 r_e-t_p 曲線のグラフ上に確率有効降雨強度曲線($r_{eT}-t_r$ 曲線)を重ねてプロットする。

① 上記グラフ上の両曲線(r_e-t_p 曲線と $r_{eT}-t_r$ 曲線)の交点の値が、確率有効降雨強度となる。

② 求めた確率有効降雨強度を合理式に代入して洪水ピーク流出量を求める。この値を、計画洪水時排水量とする。

8.2 洪水到達時間 t_p の推定

8.2.1 実測値による推定

洪水到達時間とは、概念的には「流域の最遠点（距離ではなく時間）に降った雨水が最下流端に伝播する時間」と定義され²⁾、流域の地形、流路網の構成及び配列、地被等により異なり、概して流量が大きくなるほど短くなる。

洪水到達時間は、有効降雨強度曲線と流出ハイドログラフの関係より、図-8.1に示すように、時刻 t_1 と時刻 t_2 の差 t_p で定義されることが理論的に証明されている²⁾。実測により洪水到達時間を推定する場合は、以下の手順による。

- (1) 有効降雨強度曲線とそれに対応する流出ハイドログラフを図-8.1のように描く。
- (2) 流出ハイドログラフから流出量のピーク時刻 t_2 を求める。
- (3) 時刻 t_2 における有効降雨強度曲線上の点から水平線を引き、降雨ピーク前で有効降雨強度曲線と交わる点の時刻を t_1 とする。
- (4) 得られた t_1 と t_2 の時間差が洪水到達時間 t_p となる。

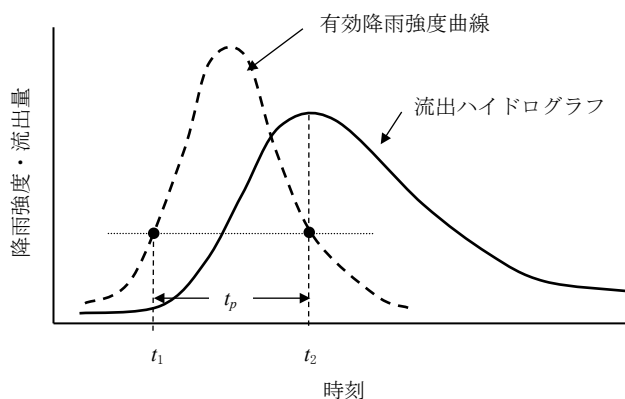


図-8.1 洪水到達時間の定義

上記の手順において、有効降雨強度曲線を前提としているが、大きなピーク流出量は降雨後半の強度によってもたらされることが多いことから、流出のピーク近傍において、観測降雨を用いた式(8.2)、式(8.3)が適用できる。なお、推定に当たっては、以下の事項に留意しなければならない。

- (1) 降雨波形と流出量波形の対応が十分でないと洪水到達時間を過小評価しがちである。そこで、有効降雨強度曲線は単位時間を小流域では10～20分、大流域では20～60分程度にとり、適当な移動平均によって降雨波形を流量波形に対応させるような工夫が必要である。
- (2) 採用する資料は、ピーク流出量が $1.0\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ 以上の大きいものに限定した方がよい。これより小さな出水では洪水到達時間の推定は難しい。
- (3) 降雨の時間分布が場所的に一様でない資料による洪水到達時間の推定は避けた方がよい。
- (4) 総雨量の少ない記録や降雨継続時間の短い記録は推定に使用しない方がよい。また、流出のピーク直後に降雨が終了している記録も好ましくない。これらは、洪水到達時間を過小評価しがちである。

次に、推定した洪水到達時間と有効降雨強度の関係を示す有効降雨強度曲線 ($r_e - t_p$ 曲線) を両対数紙にプロットする。いま、図-8.2に示すように、流域面積 0.5km^2 の基準点で表-8.3に示すようなピーク流出量が観測され、それに対応した降雨強度が得られたとする。

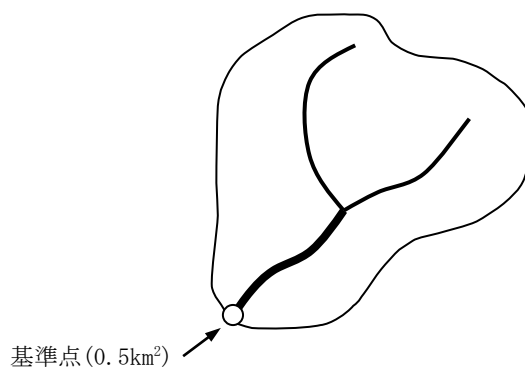


図-8.2 流域の例

表-8.3 流量観測記録

流域面積：50ha

No.	観測月日	ピーク 流出量 Q_p (m^3/s)	到達時間 t_p (min)	到達時間 内降雨量 Σr (mm)	平均 降雨強度 r (mm/h)	平均有効 降雨強度 r_e (mm/h)	ピーク 流出係数 f_p
1	00/00/00	0.597	145	16	6.8	4.3	0.63
2	00/00/00	0.833	90	14	9.1	6.0	0.66
3	00/00/00	1.028	100	18	10.7	7.4	0.69
4	00/00/00	1.528	90	25	16.9	11.0	0.65
5	00/00/00	2.500	60	25	25.0	18.0	0.72
6	00/00/00	3.472	50	29	35.2	25.0	0.71

この記録から、基準点の $r_e - t_p$ 曲線は、以下のように求める。

- (1) 観測されたピーク流出量 (m^3/s) を式(8.4)に代入して計算し、洪水到達時間内の平均有効降雨強度 (mm/h) を求める。

$$r_e = \frac{3.6 \cdot Q_p}{A} \dots\dots\dots (8.4)$$

ここに、 r_e : 洪水到達時間内の平均有効降雨強度 (mm/h)

Q_p : 洪水ピーク流出量 (m^3/s)

A : 流域面積 (km^2)

- (2) 図-8.3 に示すように、洪水到達時間 t_p と洪水到達時間内の平均有効降雨強度 r_e の関係を両対数グラフにプロット (グラフの“○” マーク) し、その平分線 (グラフの破線) を挿入する。この平分線が 0.5km^2 の流域に対する洪水到達時間 t_p と洪水到達時間内の平均有効降雨強度 r_e の関係を表す。

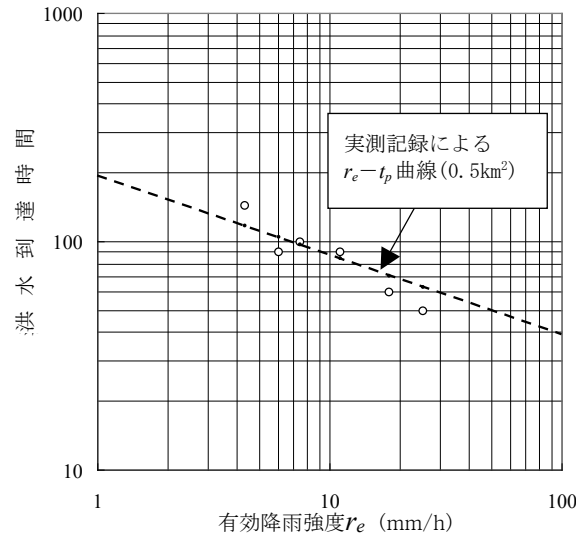


図-8.3 有効降雨強度曲線

8.2.2 計算による推定

洪水到達時間は、実測に基づいて定めることを原則とするが、流域に十分な水文観測資料が得られない場合は式(8.5)により推定してもよい。

$$t_p = C \cdot A^{0.22} \cdot r_e^{-0.35} \dots\dots\dots (8.5)$$

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 : 平均有効降雨強度 (mm/h)

表-8.4 土地利用係数 (C) の値^{2)~4)}

土地利用の状態	土地利用係数 (C)
自然山地	250~350 ≒ 290
放牧地	190~210 ≒ 200
ゴルフ場	130~150 ≒ 140
粗造成宅地(水路道路整備)	90~120 ≒ 100
開畑地(数 ha 程度の小面積)	50~130 ≒ 90
運動場	80
市街地	60~ 90 ≒ 70

式(8.5)は、角屋・福島により東北、近畿、中国、四国及び九州の山地丘陵地流域の14河川(流域面積： $A=0.13\sim740\text{km}^2$)での観測結果より導かれた式である。

また、観測記録がある場合においても、その観測記録が計画対象流域の一部(例えば、支川の範囲)であり、計画対象の全流域について洪水到達時間を推定する必要がある場合は以下のようにして洪水到達時間を推定する。

前述の「8.2.1 実測値による推定」により存在する観測資料、すなわち洪水到達時間 t_p と洪水到達時間内の平均有効降雨強度 r_e を用いて、式(8.6)から土地利用係数 C の値を特定する。特定した値と計画対象の流域面積 A を用いて、式(8.5)より洪水到達時間を推定する。

$$C = t_p \cdot A^{-0.22} \cdot r_e^{0.35} \dots\dots\dots (8.6)$$

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 : 平均有効降雨強度 (mm/h)

8.3 確率有効降雨強度曲線 (r_{eT} — t_r 曲線) の推定

確率有効降雨強度曲線は、降雨継続時間と確率有効降雨強度との関係を表した曲線であり、以下のようにして求める。

- (1) 降雨継続時間 t_r を20分間、1時間、2時間など3種類以上想定する。想定する範囲は、図-8.3に示すような流域特性に支配される洪水到達時間から定める。
- (2) 長期間の降雨記録(過去30年程度)からそれぞれの t_r に対応する年最大降雨強度(mm/h)を求め、整理する。
- (3) それぞれの t_r に対応するデータを確率計算し(「6. 実績降雨に基づく計画基準降雨 6.2 確率降雨量の計算」参照)、降雨継続時間 t_r ごとにある確率年 T に対する確率降雨強度 r_T を求める。確率降雨強度式が定まっている場合は、それを利用する。
- (4) 上記で求めた降雨継続時間 t_r ごとの確率降雨強度 r_T に対して、式(8.7)により確率有効降雨強度 r_{eT} を求める。この場合のピーク流出係数は、原則として流域の流量観測結果から得られた値を用いる。

$$r_{eT} = f_p \cdot r_T \dots\dots\dots (8.7)$$

ここに、 r_{eT} : 確率有効降雨強度 (mm/h)

f_p : ピーク流出係数

r_T : 確率降雨強度 (mm/h)

- (5) ピーク流出係数 f_p は、地域の地質、地被、先行降雨等の諸条件により異なるので、それぞれの流域についての観測記録に基づき、種々の降雨に対する洪水ピーク流出量と洪水到達時間から求める。求める時は、式(8.1)と式(8.3)から導かれる式(8.8)を用いる。この場合、排水計画に用いる f_p の値は、大規模洪水時の値又はピーク流出係数の最大値に注目する(表-8.3の例の場合、 f_p は0.72となる)。

$$f_p = \frac{3.6 Q_p / A}{r} \dots\dots\dots (8.8)$$

ここに、 Q_p : 実測されたピーク流出量 (m³/s)

r : 到達時間内の実測平均降雨強度 (mm/h)

A : 流域面積 (km²)

- (6) このようにして求めた降雨継続時間 t_r ごとの確率有効降雨強度 r_{eT} に、図-8.4に示すような滑らかな曲線を挿入する。

8.4 洪水ピーク流出量の計算

洪水ピーク流出量 Q_p は、洪水到達時間 t_p に等しくなるような降雨継続時間に対応する確率有効降雨強度 r_{eT} を求め、これを式(8.1)に代入すれば求められる。

すなわち、図-8.4のように、洪水到達時間 ($r_e - t_p$ 曲線) と確率有効降雨強度曲線 ($r_{eT} - t_r$ 曲線) を同一グラフ上に描くと、両曲線の交点の値が合理式に用いるべき確率有効降雨強度になる (図の結果では、50mm/hを示している)。

この交点の確率有効降雨強度 r_e を式(8.1)に代入し、基準点における洪水ピーク流出量 Q_p を求める。

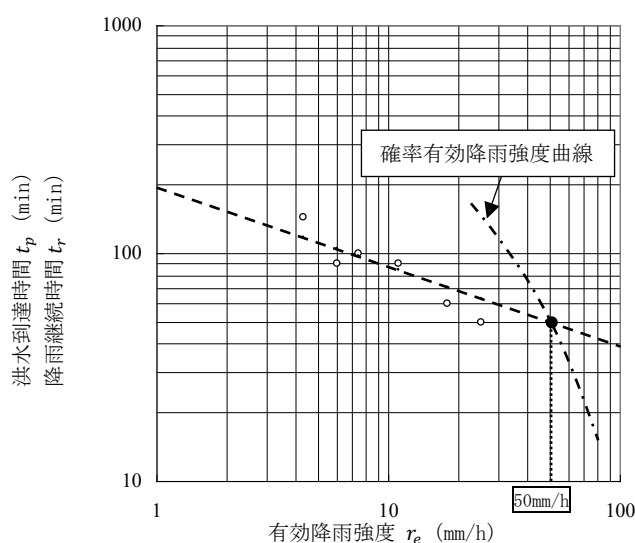


図-8.4 確率有効降雨強度の推定グラフ

参考文献

- 1) 水理公式集等
- 2) 角屋 睦：流出解析手法（その8）—洪水到達時間と合理式—、農土誌 48(8)、pp. 39～44（1980）
- 3) 杉山博信、田中宏宣：丘陵地開発に伴う流出変化、農土誌 56(11)、pp. 17～23（1988）
- 4) 四方田穆、奥谷順彦：開発農地の流出特性—表面流モデルによる縦畦の影響の検討—、農土誌 56(11)、pp. 39～44（1988）

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)

9.1 計算モデルの選定

洪水調節用ダムの計画や洪水時排水を一時貯留させて自然排水や機械排水を計画する場合、計画洪水時排水量は、洪水ハイドログラフの形で求めなければならない。

洪水ハイドログラフの計算に当たっては、対象とする流域状況の違い（傾斜地域又は氾濫域）に応じて、表-9.1に示す計算モデルを選定しなければならない。なお、傾斜地域及び氾濫域とは、以下のような性質の流域をいう。

- ・傾斜地域：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
- ・氾濫域：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する地域

注：傾斜地域に適用されるモデルは、基準点について下流水位の影響を考慮しない。したがって、これらのモデルを氾濫域に用いると、洪水ハイドログラフを過小に推定する。

表-9.1 流出モデルの概要

適用域	流出モデル	モデルの分類		定数等	入力	出力	備考
傾斜地域	単位図法	単位図法	集中型 モデル	単位図縦距（単位時間ごと）	有効降雨量	直接流出量	土地利用ごとの有効降雨、モデル定数が必要。
	貯留関数法	貯留法		モデル定数 (K, P, T_L)	有効降雨量	直接流出量	
	タンクモデル			流出孔係数、流出孔高、浸透孔係数	降雨量	全流出量	土地利用ごとのモデル定数が必要。有効降雨の推定は不要。
	キネマティックモデル	雨水流法	分布型モデル	斜面流定数 (k, p) 河道流定数 (K, P)	有効降雨量	直接流出量	土地利用ごとの有効降雨、モデル定数が必要。
氾濫域	遊水池モデル	貯留法	集中型モデル	水位－面積積曲線（水位－貯留容量曲線）等	降雨量、氾濫域への流入量、外水位等	湛水位、湛水面積、湛水時間等	湛水域内で水位は一樣と仮定（地点ごとの水理量は求まらない。）。
	低平地タンクモデル	雨水流法	分布型モデル	河道断面、河床標高、粗度係数、田面標高等			湛水域内各地点の水位、流量が求まる。河道－水田間で流入出を考慮。
	不定流モデル						

注1) 集中型モデルとは、基準点に対して流域全体を一つにまとめたモデルをいう。このタイプのモデルで流域内部の流出を詳細に表現するためには、流域をいくつかに分けてモデルを適用する必要がある。

注2) 分布型モデルとは、基準点に対して流域内部を分割し、それぞれの分割流域からの流出を合計して流出量を求めるモデルをいう。したがって、このタイプのモデルは流域内部の地点の流出量も表現することができる。

9.1.1 傾斜地域のモデル選定

傾斜地域に適用できるモデルには、単位図法、貯留法及び雨水流法の三つの手法がある。

(1) 単位図法

単位図法は、単位有効降雨に対する直接流出ハイドログラフ（これを単位図又はユニットハイドログラフと呼ぶ。）を推定し、この単位図を用いて計画基準降雨下の洪水ハイドログラフを推定する手法であり、この考え方は以下の仮定に基づいている。

ア 同一流域では、地域的、時間的に一様強度かつ一定継続時間の有効降雨からは、常に一定波形の流出を生じる。

イ 同一流域では、有効降雨強度が変化しても、流出量の時間的配分の割合は変化しない。ハイドログラフの縦距は有効降雨強度に比例する。

ウ 長時間の降雨による流出は、単位時間に分割した降雨によるそれぞれの流出量を算術的に加算したものに等しい。

単位図法によって洪水ハイドログラフを計算する場合は、以下の事項に留意しなければならない。

ア 単位図の決定には十分な降雨と流量の観測資料を必要とするので、水文資料が少ないときは信頼性が問題となる。

イ 短時間の降雨によるハイドログラフを利用する場合には、降雨がほぼ全流域に一様であったかどうかを確かめておく必要がある。

ウ 単位図では、氾濫の影響を考慮しないので、流量観測点の選定並びに降雨量及び降雨強度に十分留意し、氾濫を起こさない程度の洪水ハイドログラフとその降雨から単位図を作成する必要がある。

エ 単位図の単位時間は、短いほどよいというものではない。洪水到達時間の $1/2 \sim 1$ 倍程度の適当な時間を選ぶようにする。

(2) 貯留法

貯留法は、流域を降雨の貯留場と考え、貯留量と流出量との間に関数関係を想定して洪水ハイドログラフを求める手法であり、入力として有効降雨を使うか、観測降雨をそのまま使うかの違いにより、貯留関数モデルとタンクモデルとに大別できる。

ア 貯留関数モデル

貯留関数モデルは、基本的に集中型モデルである。貯留関数モデルを適用する場合は、以下の事項に留意しなければならない。

(ア) 適用範囲は、おおむね数 $ha \sim 1,000km^2$ と考えてよい。

(イ) 貯留関数モデルが対象とする流出成分は地下水流出成分（基底流出量）を除いた直接流出量である。したがって、このモデルを用いる場合は、計算に先立って収集した降雨量及び流出量の記録から、有効雨量及び直接流出量を求めておく必要がある。

イ タンクモデル

タンクモデルは、貯留関数モデルと同様に、集中型モデルである。タンクモデルを適用する場合は、以下の事項に留意しなければならない。

(ア) タンクモデルは、貯留関数モデルと異なり、降雨量をそのままモデルに入力して、流出量を計算することができる（貯留関数モデルの場合のようにあらかじめ有効雨量を求めておく必要はない。）。

(イ) タンクモデルは、一段目タンク（最上段タンク）の流出孔からの流出量が表面流出量を表す。したがって、この流出孔係数の値が洪水ハイドログラフの精度に直接影響する。一段目より下段のタンクの流出孔からの流出量は、中間流出量及び基底流出量を表す。

(ウ) モデルの設定に当たって、タンクの段数はほとんどの場合2段で十分である。いたずらに段数を増やしてもパラメータの同定が困難になるだけであまり効果はない。

(3) 雨水流法

雨水流法は、下流条件に拘束されない斜面上の流れ（このような流れをキネマティック流出と呼ぶ。）について、水流の基礎式（運動方程式と連続式）を用いて水理学的に雨水の流れを追跡して洪水ハイドログラフを求める手法である。このような手法によるモデルをキネマティックモデルと呼ぶ。なお、基礎式の運動方程式にマニング型表面流が採用される場合には等価粗度法と呼ぶこともある。また、計算手法に特性曲線を利用することからこの計算法を特性曲線法と呼ぶこともある。キネマティックモデルの適用に当たっては以下の事項に留意しなければならない。

ア キネマティックモデルは分布型モデルであり、流域を地形、地質及び土地利用状況から複数ブロックの斜面と河道に分割して各ブロック下流端及び全ブロック最下流端の流出ハイドログラフを求めることができる。ブロック分割の一般的なルールはないが、通常河道の合流点、地形や地目の急変する地点を境界にして分割する。モデルの斜面勾配及び河道勾配は地形図により定めるが、必ずしも地形と一致しなくてもよい。特に山地河川では、河道勾配の上限値を1/50と定め、それ以上の値が地形図から求まっても、上限値におさえておくなどの配慮が必要である。

イ キネマティックモデルは、市街地など舗装地の多い流域の流出量計算に最適である。山地流域に対しての適用条件は明確でないが、一般的に言えば実測ピーク流量が $1\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ 程度の流出には好結果を期待できず、 $3 \sim 4\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ 程度の流出にはある程度の結果が、 $5\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ 程度の流出には、良好な結果が期待される。

ウ キネマティックモデルは、有効降雨量に対する直接流出量を求める。したがって、計算に先立って収集した降雨量及び流出量記録から、有効降雨量及び直接流出量を求めておく必要がある。

エ 流域の開発に伴う土地利用形態の変化による流出量の変化を推定する場合には、現在のところ本モデルが最有力である。最近では、貯留関数モデルでも可能になってきている。

オ キネマティックモデルを水田地帯の流出量計算に適用するのは、基礎式の性質上合理的とはいえない面もあるが、流域勾配が1/1,000よりも急な地域では現象をある程度再現できること及び出水資料が少なくてもよいなどの理由からしばしば利用される。その際の流域モデルは、幹線及び支線排水路までを流路とみなして単純化し、斜面勾配は地形勾配で代用すると、等価粗度は $N=2 \sim 3(\text{s}/\text{m}^{1/3})$ 程度になることが多い。

9.1.2 氾濫域のモデル選定

氾濫域に適用できるモデルには、貯留法と雨水流法の二つの手法がある。

(1) 貯留法（遊水池モデル）

貯留法は、氾濫域に遊水池を想定し、内部流域の流入量と排水量との水収支から洪水ハイドログラフを計算する。通常、これを遊水池モデルと呼ぶ。遊水池モデルによって洪水ハイドログラフを計算する場合は、以下の事項に留意しなければならない。

ア モデルの流入量は内部流域（氾濫域を含む）からの流量であり、単位図法、貯留法（貯留関数モデル／タンクモデル）又は雨水流法（キネマティックモデル）により求める。

イ モデルの流出量は、事業計画に基づく排水施設（排水水門、ポンプ、等）の能力を勘案して求める。

(2) 雨水流法

雨水流法は、排水組織の流水を水理学的に追跡して洪水ハイドログラフを計算する手法であり、低平地タンクモデル及び不定流モデルがある。

ア 低平地タンクモデル

低平地タンクモデルは、不定流の連続式と不等流の運動方程式によって排水組織の流水追跡を行う。氾濫域に低平地タンクモデルを適用して洪水ハイドログラフを計算する場合は、以下の事項に留意しなければならない。

(ア) 低平地の流出氾濫現象を実用上十分な精度で再現しようとするものであるから、解析に先立ち流域全体としての対象期間内水収支を検討しておくことが重要である。

(イ) 低平地への流入水は単に降雨のみならず河道堤防の浸透水、用水の残水、用水取水口の漏水、水田の畦畔浸透水、あるいは宅地からの下水等があり、これらが無視できない量に及ぶ場合がある。これらを評価検討しておかないと再現性のよい結果を期待できない場合がある。

(ウ) 水路への降雨は水田タンクに含まれる。

(エ) タンク及び水路の水理条件は現地調査により定める。この場合、面積等のタンクの条件をそろえるようにする。

イ 不定流モデル

不定流モデルは、不定流によって排水組織の流水追跡を行う。氾濫域に不定流モデルを適用して洪水ハイドログラフを計算する場合は、以下の事項に留意しなければならない。

(ア) 本モデルの適用に当たっては、低平地タンクモデルの場合の留意事項に加えて、不定流計算について十分に理解した上で実行することが特に重要である。

(イ) この方法は、精度は非常に高いが複雑な計算である。したがって、要求される計算結果の精度を十分に勘案して適用することが重要である。

9.2 直接流出量と有効雨量

ハイドログラフを計算する流出モデルのうち、単位図モデル、貯留関数モデル及びキネマティックモデルは、有効雨量を用いて直接流出量を計算する。したがって、計算モデルのパラメータを設定するに当たって降雨量及び流出量の観測記録は、有効雨量と直接流出量に分離しておかなければならない。

9.2.1 直接流出量

観測記録から得られる洪水ハイドログラフは、地下水流出成分と直接流出（表面流出＋中間流出）成分が含まれている。地下水流出は、一般には、降雨開始後ある一定の時間を経過してから漸増を始め、降雨終了後若干の時間を経てピークになった後低減し、図-9.1のA - D - E - B線の状況を示すと考えられる¹⁾。

洪水ハイドログラフから直接流出量を分離する具体的方法には、図-9.1を参考にして、表-9.2に示す方法がある。

表-9.2 直接流出量の分離方法

分離線	分離方法	適用対象
A - C 線分離	ハイドログラフの立ち上がりから水平に分離する方法 (水平分離法)	傾斜地河川 (常時一定値に近い低水流量が期待される河川)
A - B 線分離	中間流出終了時刻が半対数紙上のハイドログラフ低減部の折曲点Bに相当すると考え、これを立ち上がり点Aと結ぶ方法	低平地河川
A - E - B 線分離	半対数紙に描かれたハイドログラフ上で、地下水流出量低減部直線を降雨終了時刻まで逆挿し、これを立ち上がり点と結ぶ方法	

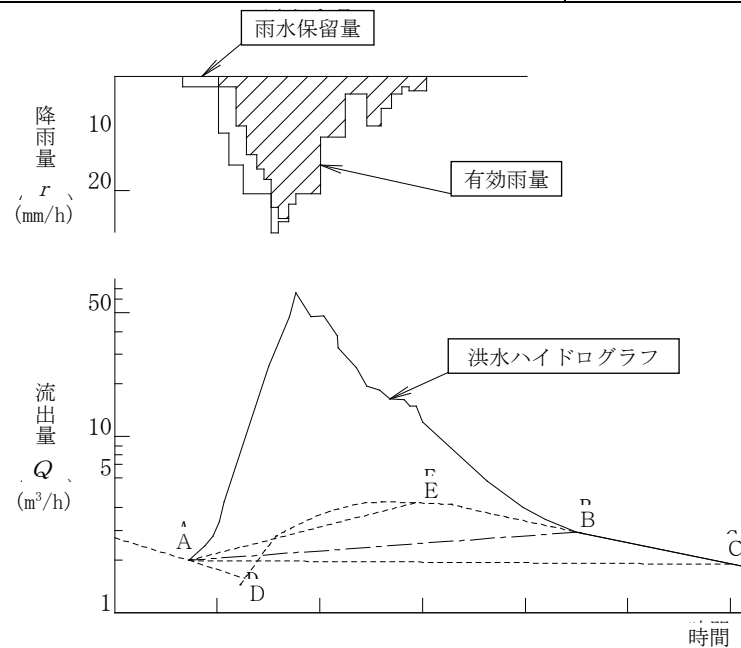


図-9.1 直接流出の分離法

9.2.2 有効降雨量

直接流出量に対する有効雨量の推定方法には、雨水保留量曲線法、補給能曲線法等がある。ここでは、雨水保留量曲線法について解説する。なお、雨水保留量曲線を作成するため、検討初期の段階で水位計及び流速計の設置、流量観測等により実測流量データを得ることが、排水計画の精度向上を図るために望ましい。また、流量観測が困難な地域では、比較的流出形態が類似していると考えられる近隣地区の実測流量から、土地利用別保留量を算定する方法も考えられる。

注1) 雨水保留量曲線は、従来から累加雨量 - 累加損失雨量曲線又は略して損失雨量曲線と呼ばれてきたが、損失という用語は適切でないため²⁾、本技術書では雨水保留量曲線と呼ぶこととする。また、補給能曲線についても、従来から用いられてきた損失能は用語として適切でないため、補給能曲線と呼ぶこととする。

注2) 補給能曲線法は、地下への浸透を以下のホルトン式で表し、有効雨量を推定する方法である³⁾。

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$$

ここに、 f : t 時間後の降雨の補給能

f_0 : 初期補給能

f_c : 最終補給能

k : 定数

t : 降雨開始後の時間

(1) 雨水保留量曲線法の手順

降雨が継続して累加雨量が増加するに伴い、流域内に保留されて直接流出しない雨水量の増分は漸減し、やがて累加保留量はある限界値に近づくのではないかと、この考えに基づき、中安によって提示された方法である。流域保留量 F は、次式から求まる。

$$F = R - R_E \quad \dots\dots\dots (9.1)$$

ここに、 R : 累加雨量 (mm)

R_E : 累加有効雨量 (mm)

式(9.1)において、累加有効雨量 R_E は、流域の観測記録から前出「9.2.1 直接流出量」によって得られた直接流出量ハイドログラフについて、一定時間間隔 ΔT ごとに直接流出量 Q_i を読み取り、次式によって求める。

$$R_E = \Delta T \frac{\sum Q_i}{A} \quad \dots\dots\dots (9.2)$$

ここに、 A : 流域面積

雨水保留量曲線法による有効雨量の推定は、以下の手順による。

手順－1	
標準保留量曲線の作成	降雨量と洪水ハイドログラフの記録から、流域の標準保留量曲線を作成する。
↓	
手順－2	
有効雨量の推定	標準保留量曲線から、降雨開始から単位時間ごとの有効雨量を推定する。

(2) 標準保留量曲線の作成

流域の標準保留量曲線は、以下の手順で求める²⁾。

ア 流域で観測された数組の降雨量と洪水ハイドログラフの記録を整理する。

イ 洪水ハイドログラフから、前出「9.2.1 直接流出量」により直接流出量を分離する。

ウ 式(9.2)より累加有効雨量 R_E を求め、さらに式(9.1)より流域保留量 F を求める。

エ 得られた数組の降雨量 R と流域保留量 F の関係を、図-9.2 のようにグラフプロットする。この時、 F はかなりばらつくが、 F の大きい側の点群を通る曲線を描くと、前期無降雨日数の長い場合の標準保留量曲線を得る。

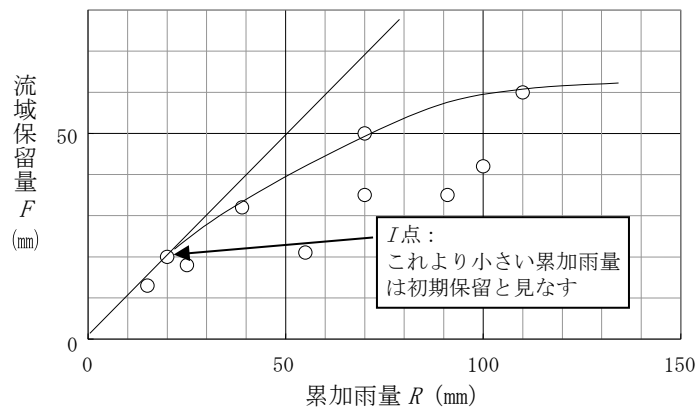


図-9.2 雨水保留量曲線

なお、保留量曲線の作成に当たっては、以下の事項に留意する。また、保留量曲線の例を図-9.3に示す。

ア 標準曲線は、水田主体流域、市街地域等ではある限界値を持った曲線、すなわちある R 値以上は F 値一定の線となるが、山地流域では必ずしも限界値を持った曲線にはならない。

イ 降雨初期の遮断、くぼ地貯留等のため河道に流出しない水量で、降雨開始後ハイドログラフ立ち上がり点までの雨量（一般に初期保留といわれ、山地では20～40mm）は、保留量曲線立ち上がり部の $F=R$ となる直線部の点 I （図-9.2中の点）までの保留量で表現する。

ウ 対象流域内に、山林、市街地、水田等各種の地目が混在する場合には、それぞれの保留量曲線を作成することが望ましい。

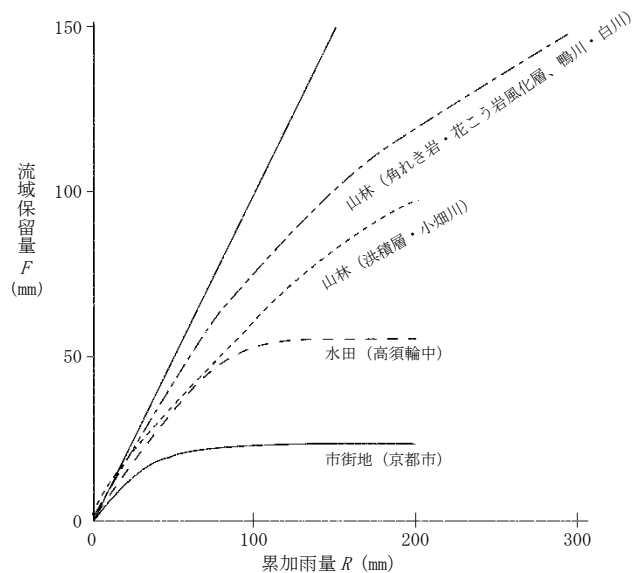


図-9.3 雨水保留量曲線の例

(3) 有効雨量の推定

図-9.1に示すように、降雨開始から直接流出量ハイドログラフに対応した単位時間ごとの有効雨量は、以下の手順で推定する。

ア 降雨開始から単位時間ごとの累加雨量を求める。

イ 単位時間ごとの累加雨量に対して、得られた標準保留量曲線より保留量を求める。

ウ 単位時間ごとの累加雨量から保留量を差し引いて、有効雨量を求める。

エ 上記により得られた有効雨量は、単位時間ごとの累加有効雨量に相当するから、これを降雨終了時刻から順次差し引いて単位時間ごとの有効雨量を求める。

図-9.2に示す保留量曲線を用いた有効雨量の推定例を表-9.3に示す。表において、保留量は累加降雨量（グラフの横軸の値）に対して保留量曲線より求めた縦軸の値である。また、図-9.4はこの結果をハイトグラフに表したグラフである。

表-9.3 有効雨量の推定例

時刻	降雨量	累加 降雨量	保留量	累加 有効雨量	有効雨量
1	2.0	2.0	2.0	0.0	0.0
2	3.0	5.0	5.0	0.0	0.0
3	7.0	12.0	12.0	0.0	0.0
4	16.0	28.0	25.0	3.0	3.0
5	25.0	53.0	41.0	12.0	9.0
6	36.0	89.0	57.0	32.0	20.0
7	31.0	120.0	61.0	59.0	27.0
8	20.0	140.0	62.0	78.0	19.0
9	7.0	147.0	62.0	85.0	7.0
10	3.0	150.0	62.0	88.0	3.0
11	2.0	152.0	62.0	90.0	2.0
12	3.0	155.0	62.0	93.0	3.0

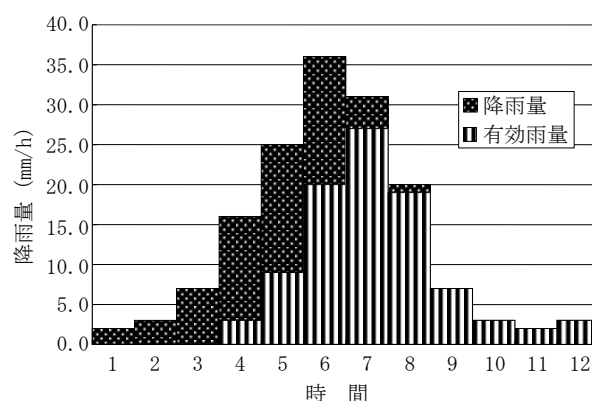


図-9.4 有効雨量ハイトグラフ

9.3 傾斜地域の洪水ハイドログラフの計算

傾斜地域の洪水ハイドログラフの計算に適した手法には、表-9.1 に示した以下のモデルがある。

- ・単位図法：単位図モデル
- ・貯留法：貯留関数モデル、タンクモデル
- ・雨水流法：キネマティックモデル

9.3.1 単位図法

(1) 基礎式

単位図法による洪水ハイドログラフの推定は、式(9.3)による⁴⁾。

$$Q(t) = \sum_{j=0}^{\ell} p_j \cdot r_e(t-j) \quad \dots\dots\dots (9.3)$$

$$Q(t) = p_0 \cdot r_e(t) + p_1 \cdot r_e(t-1) + \dots\dots + p_{\ell} \cdot r_e(t-\ell)$$

$$Q(t+1) = p_0 \cdot r_e(t+1) + p_1 \cdot r_e(t) + \dots\dots + p_{\ell} \cdot r_e(t+1-\ell)$$

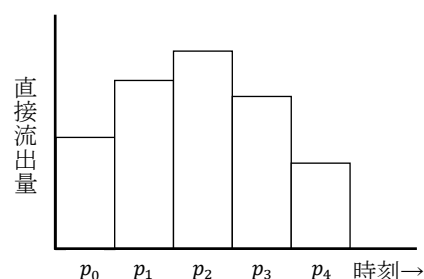
$$\dots\dots\dots \dots\dots \dots\dots \dots\dots$$

$$\dots\dots\dots \dots\dots \dots\dots \dots\dots$$

ここに、 $Q(t)$: t 時刻の直接流出量 (mm/h)

$r_e(t-j)$: t 時刻から j 時刻前の有効
降雨強度 (mm/h)

式(9.3)において、有効降雨強度を単位強度 ($r_e(t) = 1$) とし、他の時間を0) とすると、直接流出量は p_j に等しくなる。この p_j を単位図 (ユニットグラフ) といい、図-9.5に示すようなハイドログラフを描く。

図-9.5 単位図の例 ($\ell=4$ の場合)

(2) 適用上の注意⁵⁾

単位図法を適用する場合には、単位図が降雨の規模によって変わる可能性のあることに留意する必要がある。これは丘陵山地流域では流出の非線形効果が無視できなくなるためと考えられている。したがって実用的には、降雨強度別単位図を作成するか、非線形単位図を採用することを考える。

9.3.2 貯留法

貯留法による洪水ハイドログラフの計算は、以下のように大別できる。

表-9.4 貯留法の体系

体 系	特 徴	代表的なモデル
貯留関数系	流域の貯留量 S を以下のような流出量 Q の関数形で表し、流域への流入、流域からの流出の計算から洪水ハイドログラフを推定する。 $S = K Q^p$	貯留関数モデル
タンクモデル系	流出孔、浸透孔を持つ直列のタンクを想定し、流域への流入、流域からの流出の水収支の計算から洪水ハイドログラフを推定する。	タンクモデル

(1) 貯留関数モデル⁶⁾

ア 基礎式

貯留関数モデルは、以下のように表現する。

$$S_\ell = K Q_\ell^p \quad \dots\dots\dots (9.4)$$

$$\frac{dS_\ell}{dt} = r_e - Q_\ell \quad \dots\dots\dots (9.5)$$

ここに、 Q_ℓ : 遅れ時間 T_ℓ を考慮した直接流出量 (mm/h)

S_ℓ : 遅れ時間 T_ℓ を考慮した貯留量 (mm)

r_e : 有効降雨強度 (mm/h)

K, P, T_ℓ : 定数

式(9.4)、(9.5)において、 Q_ℓ, S_ℓ の単位を $\text{m}^3/\text{s}, \text{m}^3$ とする場合は、有効降雨強度は $(1/3.6 \times r_e \times A)$ を用いる (A : 流域面積 (km^2))。

有効降雨強度 r_e は、前述の雨水保留量曲線から算定できる(「9.2.2 有効降雨量」)。また、式(9.6)を導入することにより降雨強度 r を直接扱うこともできる。ただし、この場合には総計算流出高と総観測流出高とは必ずしも一致しないので注意が必要である。

$$r_e = f \cdot r \quad \dots\dots\dots (9.6)$$

ここに、 f : 流入係数

r : 降雨強度 (mm/h)

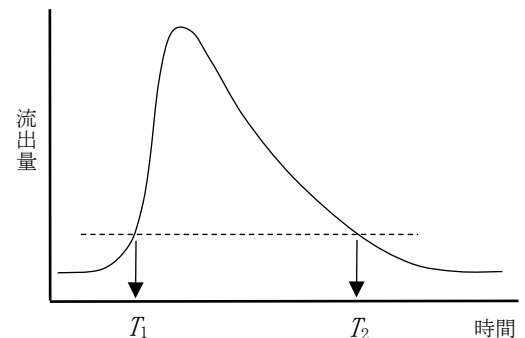


図-9.6 流入係数の推定

流入係数 f は、観測記録より以下の手順で求める。

- ① 図-9.6 に示すように、流出量ピークをはさんで流出量の等しい時刻 T_1 、 T_2 を選定する。
このときの流出量は、ピーク流出量の 10～20% とする。
- ② 次式により、平均流入係数 f を算定する。

$$f = \frac{V_{T2} - V_{T1}}{R_{t2} - R_{t1}} \dots\dots\dots (9.7)$$

$$t_2 = T_2 - T_\ell, \quad t_1 = T_1 - T_\ell$$

ここに、 V_{T1} 、 V_{T2} : T_1 、 T_2 時刻の累加流出量 (mm)

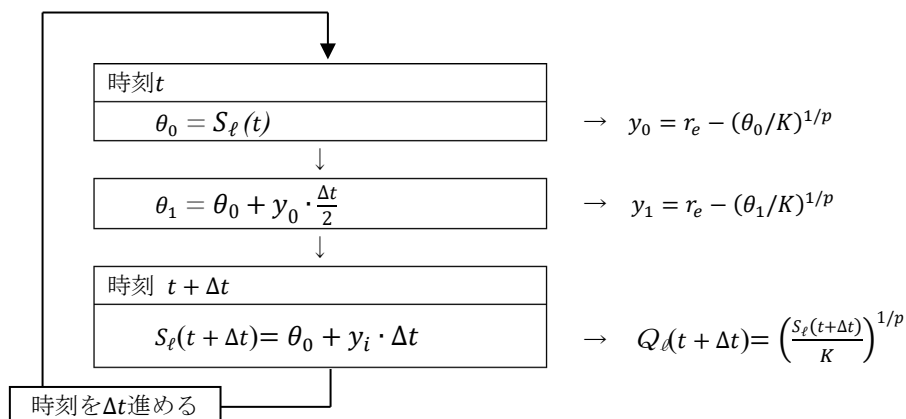
R_{t1} 、 R_{t2} : t_1 、 t_2 時刻の累加降雨量 (mm)

イ 基礎式の計算方法

基礎式の計算には多くの手法があるが、ここでは貯留量 S_ℓ を介して流量を求める方法を示す。
式(9.5)に式(9.4)を代入すると、次式を得る。

$$\frac{dS_\ell}{dt} = r_e - \left(\frac{S_\ell}{K}\right)^{1/p} \dots\dots\dots (9.8)$$

式(9.8)による流出量の計算は、時刻 t の貯留量 $S_\ell(t)$ を既知 ($= \theta_0$) とし、遅れ時間 T_ℓ を考慮して、2 次のルンゲ・クッタ法により以下の手順で Δt 時刻後の貯留量 $S_\ell(t + \Delta t)$ を求める。さらに、 Δt 時刻後の流量 $Q_\ell(t + \Delta t)$ は、式(9.4)より求める。



上記の手法による計算例を表-9.5に示す。表において、有効雨量 r_e は降雨量 r について保留量曲線から求めている（「9.2.2 有効降雨量」の項参照）。初期貯留量 θ_0 は、降雨開始から4時間後の時刻をゼロとしている。⑥欄は、遅れ時間 T_ℓ を0.6時間として、これを考慮した流出高の計算時刻である。これより、1時間ごとの流出量は、比例配分で内挿して求める。また、図-9.7は、計算結果のハイドログラフを示す。

表-9.5 貯留関数モデルの計算例

流域面積=10.8km² $K=7.94$ 、 $p=0.6$ 、 $T_\ell=0.6$

時刻	降雨量 R	有効雨量 t	①	②	③	④	⑤		⑥
			θ_0	y_0	θ_1	y_1	S_ℓ	Q_ℓ	t
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm/h	h
1	2.0	0.0							1.0
2	3.0	0.0							2.0
3	7.0	0.0							3.0
4	16.0	3.0	0.00	3.00	1.50	2.94	2.94	0.19	4.6
5	25.0	9.0	2.94	8.81	7.34	8.12	11.06	1.74	5.6
6	36.0	20.0	11.06	18.26	20.19	15.26	26.32	7.37	6.6
7	31.0	27.0	26.32	19.63	36.14	14.50	40.82	15.32	7.6
8	20.0	19.0	40.82	3.68	42.67	2.52	43.34	16.92	8.6
9	7.0	7.0	43.34	-9.92	38.38	-6.82	36.52	12.72	9.6
10	3.0	3.0	36.52	-9.72	31.66	-7.03	29.49	8.91	10.6
11	2.0	2.0	29.49	-6.91	26.04	-5.24	24.25	6.43	11.6
12	3.0	3.0	24.25	-3.43	22.54	-2.69	21.56	5.29	12.6
13			21.56	-5.29	18.92	-4.25	17.31	3.67	13.6
14			17.31	-3.67	15.48	-3.04	14.27	2.66	14.6
15			14.27	-2.66	12.94	-2.26	12.01	1.99	15.6
16			12.01	-1.99	11.02	-1.73	10.29	1.54	16.6
17			10.29	-1.54	9.52	-1.35	8.93	1.22	17.6
18			8.93	-1.22	8.33	-1.08	7.85	0.98	18.6
19			7.85	-0.98	7.36	-0.88	6.97	0.80	19.6
20			6.97	-0.80	6.57	-0.73	6.24	0.67	20.6
21			6.24	-0.67	5.91	-0.61	5.63	0.56	21.6

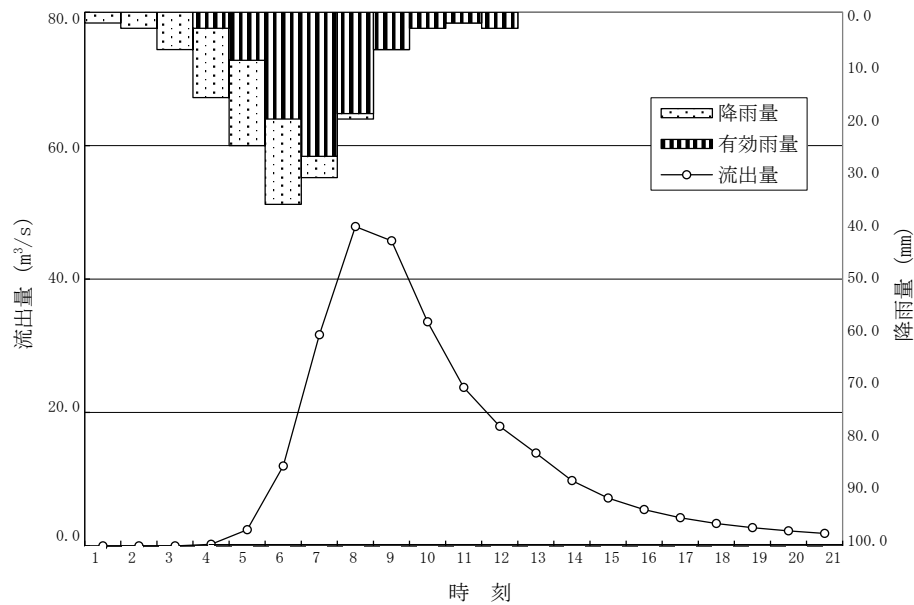


図-9.7 貯留関数モデルによるハイドログラフの計算例

(2) タンクモデル

タンクモデルは、流域の降雨から流出までの過程をタンクからの流出機構によってモデル化するもので、**図-9.8**に示すように流域に対して流出孔と地下への浸透孔を有するタンクを想定する。これにより、流域の降雨はまずタンクに貯留され、その水深が流出孔を超えると流出が発生する。また、タンク内貯留の一部は浸透孔を通じて地下へ浸透する。

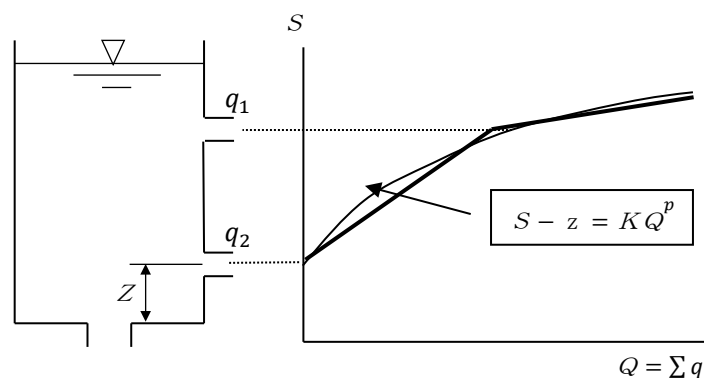


図-9.8 タンクからの流出

このようなタンクモデルの機構は、貯留関数モデルの考え方と類似している。つまり、貯留関数モデルでは、貯留量 S と流出量 Q の関係に式(9.4)に示す曲線関係を定義するが、タンクモデルでは、**図-9.8**に示すように、この関係を流出孔の数に応じた直線変化で近似している。ただし、タンクモデルの貯留量が地下浸透量を含むものであるのに対し、貯留関数モデルの貯留量は地下浸透量を差し引いたものである点に相違がある。

タンクモデルによる洪水ハイドログラフの計算は、貯留関数モデルが有効雨量を必要とするのに対して、観測降雨をそのまま利用できる利点がある。また、モデルの構造は、タンクを2～3段の直列型とする場合が多いが、特に洪水解析にあつては、**図-9.9**に示すように1段目タンクの流出孔を二つとした2段タンク構造で十分である⁷⁾。

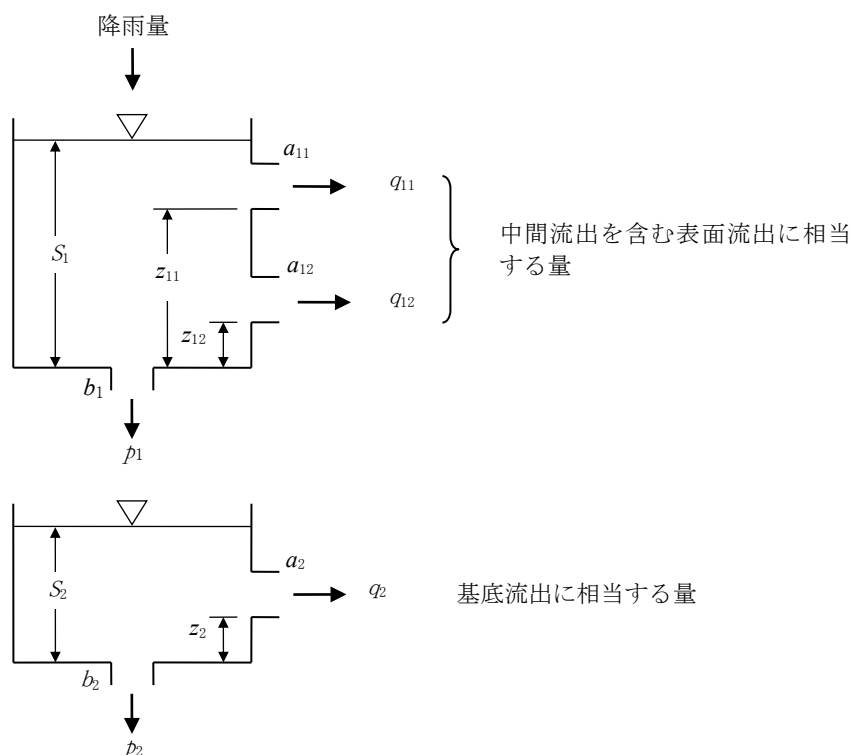


図-9.9 タンクモデル

ア 基礎式

図-9.9のような2段タンクについて、流出孔係数を a 、その底面からの高さを z 、浸透孔係数を b 、各タンクの水深を S とする。 t 時刻における各タンクの水深が S_1^t (mm)、 S_2^t (mm) のとき、降雨量 $I^t = r_t \cdot \Delta t$ (mm) に対する流出量は、以下のように求める。

1 段目タンクについて

$$\left. \begin{aligned} S_1^* &= S_1^t + I^t \\ q_{11}^t &= a_{11} \cdot (S_1^* - z_{11}) \quad S_1^* \geq z_{11} (S_1^* < z_{11} \text{の場合は、} q_{11}^t = 0) \\ q_{12}^t &= a_{12} \cdot (S_1^* - z_{12}) \quad S_1^* \geq z_{12} (S_1^* < z_{12} \text{の場合は、} q_{12}^t = 0) \\ p_1^t &= b_1 \cdot S_1^* \\ S_1^{t+\Delta t} &= S_1^* - (q_{11}^t + q_{12}^t + p_1^t) \cdot \Delta t \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9.9)$$

2 段目タンクについて

$$\left. \begin{aligned} S_2^* &= S_2^t + p_1^t \cdot \Delta t \\ q_2^t &= a_2 \cdot (S_2^* - z_2) \quad S_2^* \geq z_2 (S_2^* < z_2 \text{の場合は、} q_2^t = 0) \\ p_2^t &= b_2 \cdot S_2^* \\ S_2^{t+\Delta t} &= S_2^* - (q_2^t + p_2^t) \cdot \Delta t \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9.10)$$

イ 定数の決定

タンクモデルの定数は、モデルによる推定ハイドログラフと観測記録のハイドログラフとの誤差を最小にするように決定する。この場合、試行錯誤によらざるを得ないが、数学的に最適定数の値を定める手法として、パウエルの共役方向法⁷⁾、SP法による探索法⁷⁾、あるいは遺伝的アルゴリズム⁸⁾等がある。

ウ ベき乗型タンクモデル

タンクモデルは、図-9.9で示すように、1 段目タンクに表面流出量を表す複数の流出孔を設け、さらにタンクを2～3段の直列型とする場合が多い。ここで、1 段目タンクの複数孔からの流出量変化は図-9.8に見られるように曲線で近似できる。永井はこのことに注目して、ベき乗型タンクモデルを提唱している⁹⁾。

ベき乗型タンクモデルは、図-9.10に示すように、タンクの構造を2段直列型（1 段目タンクの Q_1 を直接流出量に、また、2 段目タンクの Q_2 を地下水流出量に対応させる）とし、かつ1 段目タンクの流出孔を一つにまとめてその流出量を次の指数式で表す。

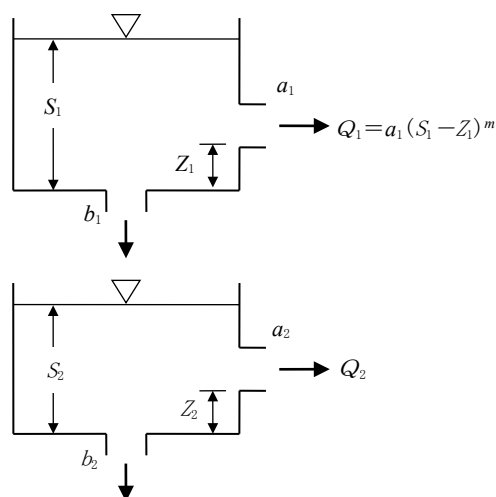


図-9.10 ベき乗型タンクモデル

$$Q_1 = a_1(S_1 - Z_1)^m \dots\dots\dots (9.11)$$

ここに、 Q_1 ：直接流出量(mm/h)

a_1 ：流出孔係数

S_1 ：タンクの貯留高さ(mm)

Z_1 ：流出孔の高さ(mm)

m ：指数係数

ここで、永井は、式(9.11)の各係数が貯留関数モデルの K 、 P の値と以下の相互関係があることを確かめている。

$$\left. \begin{aligned} m &= 5/3, \quad P = 1/m = 0.6 \\ \frac{1}{K} &= a_1^{0.6} + b_1 \left(1 + \frac{Z_1}{50}\right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9.12)$$

図-9.11は、表-9.5（貯留関数モデルの計算例）の降雨量について、べき乗型タンクモデルの各係数を前記**表**の“SP法による探索法”によって定め、流出ハイドログラフを計算した例である（流域面積：10.8km²）。

図-9.11は表-9.5の計算例と同一の流域であることから、図に示す各係数の値は、式(9.12)より貯留関数モデルの定数（ K 、 P 、 T_0 ）に一致し、グラフの地下水流出量を差し引いた直接流出量のハイドログラフは、図-9.7に近似する。

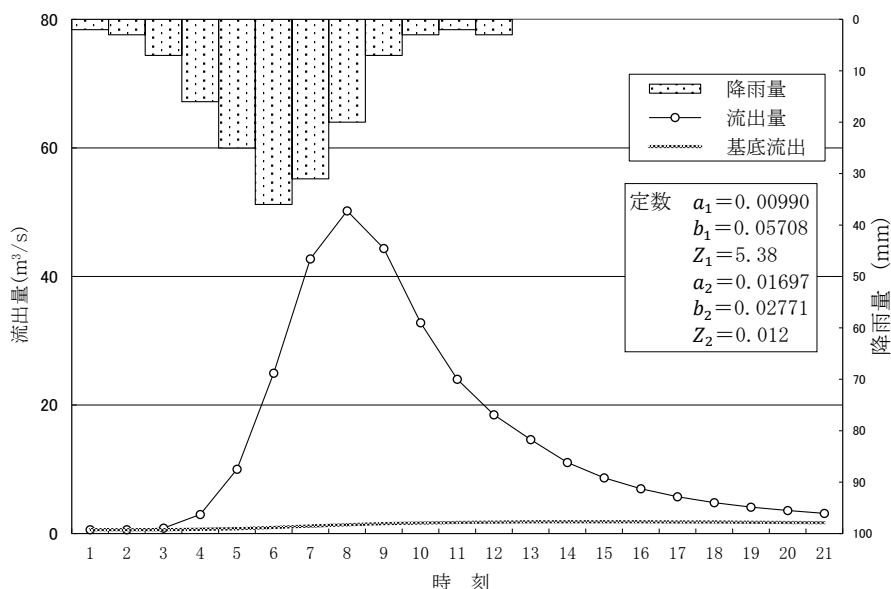


図-9.11 洪水ハイドログラフの計算例

9.3.3 雨水流法（キネマティックモデル¹⁰⁾）

キネマティックモデルは、分布型のモデルであるため、このモデルを適用する場合は、図-9.12に示すように流域を支流ごとに分割し、長形状斜面と河道にモデル化したブロック別に基礎式を当てはめて流出量の計算を行う。

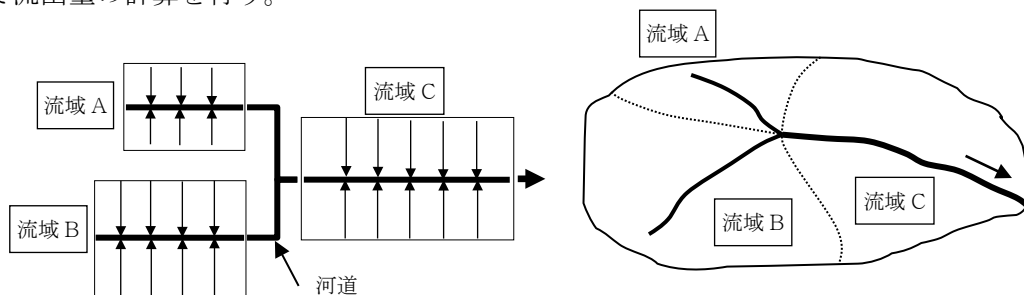


図-9.12 流域モデル

(1) キネマティックモデルの基礎式

キネマティックモデルは、図-9.12に示す流域の斜面流と河道の流れを次式で表現する。

斜面流：

$$h = kq^p \dots\dots\dots (9.13)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r \dots\dots\dots (9.14)$$

$$k = (N/\sqrt{s})^p, \quad p = 3/5$$

河道流：

$$W = KQ^p \dots\dots\dots (9.15)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = I \dots\dots\dots (9.16)$$

ここに、 t ：時間、 x ：距離、 h ：雨水流の水深、 q ：斜面単位幅流量、 r ：有効降雨強度、

N ：等価粗度、 s ：斜面勾配、 W ：河道の流水断面積、 Q ：流量、

I ：河道単位長さ当たりの横流入量、 k 、 p 、 K 、 P ：定数

〔参考〕

式(9.13)は、斜面を水路底幅の極端に大きい水路と仮定した等流式から導かれたものである。等流の場合の平均流速公式は、マニング式の場合、以下のように表される。

$$Q = \frac{1}{N} A \cdot R^{2/3} \cdot s^{1/2} \dots\dots\dots (9.17)$$

ここで、径深 R は、底幅が極端に大きい場合、次式のように表すことができる。

$$R = \frac{B \cdot h}{B + 2h} = \frac{B \cdot h}{B(1 + 2h/B)} \cong \frac{B \cdot h}{B} = h \dots\dots\dots (9.18)$$

したがって、式(9.17)は、次のように表現できる。

$$Q = \frac{1}{N} (B \cdot h) \cdot h^{2/3} \cdot s^{1/2} \rightarrow q = \frac{Q}{B} = \frac{1}{N} h^{5/3} \cdot s^{1/2} \rightarrow h = \left(\frac{N}{\sqrt{s}} \right)^{3/5} \cdot q^{3/5} \dots\dots\dots (9.19)$$

(2) 流域モデルとモデル定数

ア 流域モデル

キネマティックモデルによる計算は、流域をブロック分割し、**図-9.12**に示すように流域モデルを作成する必要がある。モデル化に当たっては、以下の点に留意する。

- (ア) 流域条件の不均一性やその分布がうまく表現できるようにする。
- (イ) 通常、河道の合流点、地形や地目の急変する地点を境にしてブロック分割を行う。
- (ウ) 分割された各ブロックを長方形状にモデル化する場合、斜面長 b は次式から求める。また、斜面勾配は、谷線法又は交点法¹¹⁾により求める。

$$b = A/L \quad \cdots \cdots \cdots (9.20)$$

ここに、 A ：片斜面の面積

L ：河道長

- (エ) 河道勾配は、地形図から求める。

表-9.6 等価粗度 N の目安

地 目	$N(s/m^{1/3})$
山地	1.0 ～ 2.0
丘陵林地	0.6 ～ 1.2
牧野、ゴルフ場、畑地	0.3 ～ 0.5
市街地	0.01 ～ 0.04
水田地帯	2 ～ 3

イ 斜面流定数 (k, p)

マニング型を前提として、定数 p は3/5とする。
また、等価粗度 N の値は、**表-9.6**を目安とする。

ウ 河道流定数 (K, P)

以下の手順で推定する。

- (ア) 実際の河道の断面、勾配及び粗度係数から適当に水深を数種類仮定し、流水断面積 W 及び流量 Q を計算する。
- (イ) 計算結果を**図-9.13**に示すように両対数グラフにプロットし、直線を挿入する。
- (ウ) $Q=1\text{m}^3/\text{s}$ に対応する直線上の W の値から K 値を定める。
- (エ) 直線の勾配から P 値を定める。

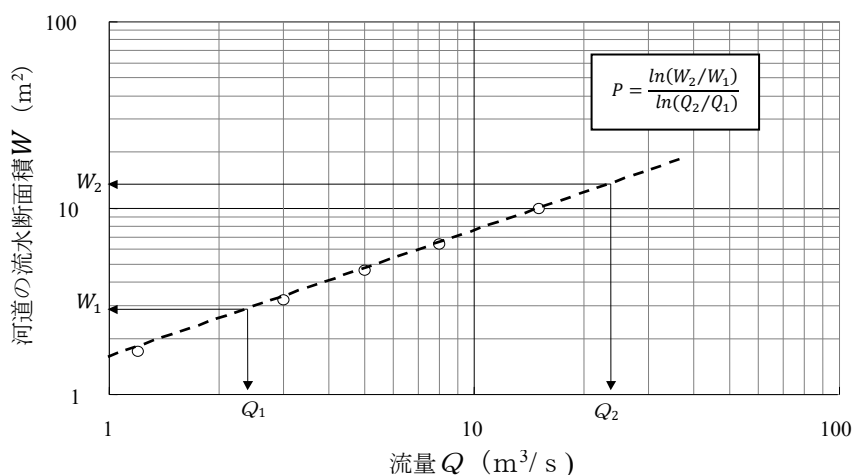


図-9.13 河道定数の推定

(3) キネマティックモデルの数値計算（特性曲線法）

基礎式に基づく流出計算法には、いくつかの手法が考えられるが、特性曲線を利用するのが一般的である。

ア 特性曲線

斜面流について、式(9.14)の h は式(9.13)により q との関係が定義されていることから、これを q に変換すると次式が得られる。

$$\frac{\partial q}{\partial t} \left(\frac{dh}{dq} \right) + \frac{\partial q}{\partial x} = r \quad \dots\dots\dots (9.21)$$

$$\frac{dh}{dq} = kpq^{P-1}$$

式(9.21)の特性方程式は、次のように求められる。

$$\frac{dx}{1} = \frac{dt}{kpq^{P-1}} = \frac{dq}{r} \quad \dots\dots\dots (9.22)$$

〔参考〕

偏微分方程式

$$A \frac{\partial q}{\partial x} + B \frac{\partial q}{\partial t} = C \quad \dots\dots\dots (9.23)$$

の解 q は x, t の関数であるから、一つの曲面を形成している。この面上の任意点を考えると、解析幾何の立場から、 A, B, C の方向を接線方向とするような曲面（これを特性曲線という。）が必ず存在し、この曲線上で次式が成立する。

$$\frac{dx}{A} = \frac{dt}{B} = \frac{dq}{C} \quad \dots\dots\dots (9.24)$$

式(9.22)は、次の式を表現している。

$$\frac{dx}{dt} = \frac{q^{1-P}}{kp} \quad \dots\dots\dots (9.25)$$

$$\left. \begin{array}{l} rdt = kpq^{P-1}dq \\ rdx = dq \end{array} \right\} \quad \dots\dots\dots (9.26)$$

ここに、式(9.25)は、雨水流の伝播速度を表現している。河道流についても同様に、次式が成立する。

$$\frac{dx}{dt} = \frac{Q^{1-P}}{KP} \quad \dots\dots\dots (9.27)$$

$$\left. \begin{array}{l} Idt = KP Q^{P-1} dQ \\ Idx = dQ \end{array} \right\} \quad \dots\dots\dots (9.28)$$

ここに、式(9.27)は、河道流の伝播速度を表している。

イ 斜面流の計算式

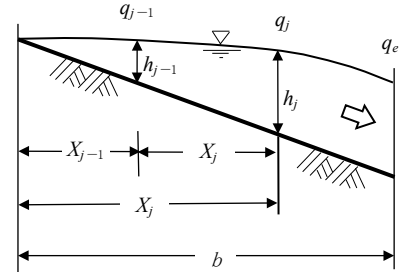
流域モデルの長方形の斜面について、計算時間の間隔を t とし、降雨強度 r_j を一定とする。式(9.25)及び式(9.26)を積分して、降雨強度 r_j が斜面上に発生した場合の時刻 $t_{j-1} \sim t_j$ の流量 q_j 及び到達距離 X_j を次式で計算する。

【 $r_j \neq 0$ の場合】

$$\left. \begin{aligned} q_j &= \left(\frac{h_j}{k} \right)^{1/P} \\ h_j &= h_{j-1} + r_j t \\ X_j &= X_{j-1} + x_j \\ x_j &= \frac{q_j - q_{j-1}}{r_j} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9.29)$$

【 $r_j = 0$ の場合】

$$\left. \begin{aligned} q_j &= q_{j-1} \\ X_j &= X_{j-1} + x_j \\ x_j &= \frac{q_j^{1-p}}{pK} t \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9.30)$$



h_{j-1} 、 q_{j-1} : 計算区間上流端の水深、流量
 h_j 、 q_j : 計算区間下流端の水深、流量
 x_j : 時間 t 内の伝播距離
 X_j : 斜面上流端からの累加距離

図-9.14 斜面流の追跡

〔参考〕

t_j 式(9.29)は、式(9.26)より以下のように求まる。

$$\left. \begin{aligned} \int_{t_{j-1}}^{t_j} r dt &= k \int_{t_{j-1}}^{t_j} p q^{p-1} dq \\ \therefore r_j t &= k (q_j^p - q_{j-1}^p) \\ \therefore q_j &= \left(q_{j-1}^p + \frac{r_j t}{k} \right)^{1/P} = \left(\frac{h_{j-1}}{k} + \frac{r_j t}{k} \right)^{1/P} = \left(\frac{h_{j-1} + r_j t}{k} \right)^{1/P} \\ \int_{t_{j-1}}^{t_j} r dx &= \int_{t_{j-1}}^{t_j} dq \\ \therefore r_j X_j &= q_j - q_{j-1} \\ \therefore x_j &= \frac{q_j - q_{j-1}}{r_j}, \quad X_j = X_{j-1} + x_j \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9.31)$$

ウ 河道流の計算式

流域モデルの河道について、計算時間間隔を t とし、横流入量 I_j を一定とする。式(9.27)及び式(9.28)を積分して、式(9.29)、式(9.30)の場合と同様に、横流入量 I_j の時刻 $t_{j-1} \sim t_j$ の流量 Q_j 及び累加距離 X_j を次式で計算する。

【 $I_j \neq 0$ の場合】

$$\left. \begin{aligned} Q_j &= \left(\frac{W_j}{K} \right)^{1/P} \\ W_j &= W_{j-1} + I_j t \\ X_j &= X_{j-1} + x_j \\ x_j &= \frac{Q_j - Q_{j-t}}{I_j} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9.32)$$

【 $I_j = 0$ の場合】

$$\left. \begin{aligned} Q_j &= Q_{j-1} \\ X_j &= X_{j-1} + x_j \\ x_j &= \frac{Q_j^{1-p}}{PK} t \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9.33)$$

エ 計算手順

表面流出モデルの計算は、流域モデルについて、以下の手順で行う。

手順－1	
斜面流の計算	斜面上流端の降雨（有効雨量） r が、斜面長 b を流下して下流端に到達した時の流量 q を求める。
↓	
手順－2	
河道流の計算	斜面下流端の流量が、河道長 L を流下して下流端に達した時の流量 Q を求める。

（ア）斜面流の計算

斜面流の計算は、図-9.15を参照して、以下のように行う。

- 計算の出発時刻 T_i （ $i=1、2、\dots、i、\dots$ ）を定める。
- 出発時刻 T_j から t 時間間隔で継続する雨量 r_j （ $j=1、2、\dots、j\cdots$ ）を整理する。
- $j=1$ の時の q_{j-1} 、 h_{j-1} 、 X_{j-1} をゼロとおく。
- $j=1、2、\dots、j\cdots$ の順に降雨 r_j に対する流量 q_j 、水深 h_j 及び到達距離 X_j を式(9.29)又は式(9.30)により求める。
- 累加距離 X_j が斜面長 b に一致した時の流量を求めそれを q_e とし、その時の時刻 U_i を次式により求める。

$$U_i = T_i + j \cdot t \dots\dots\dots (9.34)$$

ここに、 t ：降雨 r_j の時間間隔

ここで、累加距離 X_j が斜面長 b に一致することはほとんどなく、通常は $X_{j-1} < b$ かつ $X_j > b$ の結果を得ることの方が多い。つまり、 X_j が b を超えてしまう。そこで、この場合は、式(9.29)、式(9.30)を逆に解いて q_e 、 t_e を以下のように求める。

$$x_e = b - X_{j-1} \dots\dots\dots (9.35)$$

$$\left. \begin{array}{l} r_j \neq 0 \quad \left. \begin{array}{l} q_e = q_{j-1} + r_j \cdot x_e \\ t_e = \frac{k}{r_j} (q_e^p - q_{j-1}^p) \end{array} \right\} \\ r_j = 0 \quad \left. \begin{array}{l} q_e = q_{j-1} \\ t_e = \frac{pk}{q_e^{1-p}} x_e \end{array} \right\} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (9.36)$$

この時の時刻 U_i を次式で求める。

$$U_i = T_i + (j-1) \cdot t + t_e \dots\dots\dots (9.37)$$

- f 降雨初期、つまり出発時刻からの降雨が下流端に到達する前の流量 q_e は、上記 d 項による流量 q_j を q_e とし、到達時刻を式(9.34)により求める。
- g 降雨終了後は、降雨終了時刻 T_s より 1 単位時間前の時刻 T_{s-1} に斜面を出発した降雨が下流端に到達する時刻を U_{s-1} とすると、時刻 $U_{s-1}+t$ のときの流量を 0 とする。
- h 時刻 U_i ごとに得られた下流端流量 q_e を図-9.16のように単位時間ごとのハイドログラフにする。

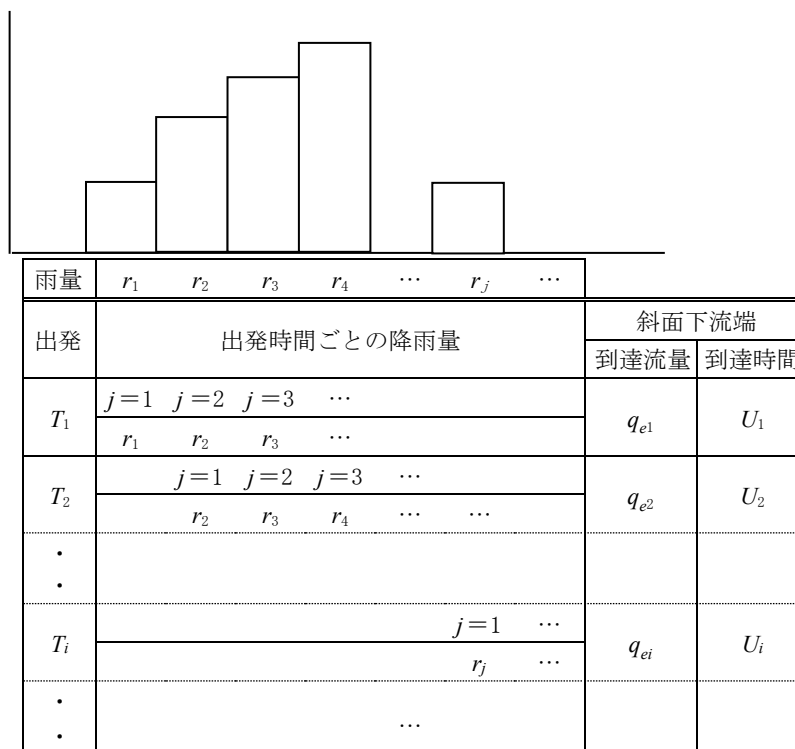


図-9.15 出発時間と雨量、到達流量、到達時間

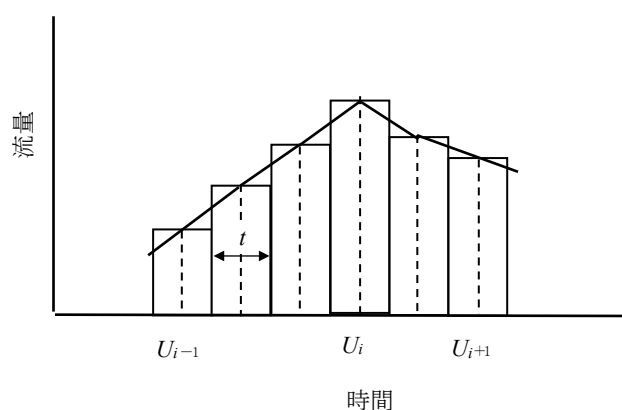


図-9.16 斜面下流端ハイドログラフ

(イ) 河道流の計算

河道流の計算は、上記 h 項によって得られた斜面下流端の流量ハイドログラフを横流入量 I_i とし、式(9.32)及び式(9.33)を用いて斜面流の計算の場合と全く同じ手順で、河道下流端の流量 Q_i を求める。このとき、以下の点に留意する。

- a 斜面が河道の両側にある場合は、上記斜面流の計算をそれぞれ求めその合計値として斜面下流端のハイドログラフを求める。
- b 図-9.12の流域Cのように、河道の上流側にブロックがある場合は、 Q_{j-1} の流量を上流側の河道流量とする。
- c 時刻 T_i 、 T_{i+1} に上流端を出発した流れの下流端時刻を U_i 、 U_{i+1} とするとき、 $U_{i+1} < U_i$ ならば、時刻 U_i の流量を消去する。

(4) キネマティックモデルの数値計算（差分法）

キネマティックモデルの数値計算法には特性曲線法のほかに差分法が利用できる。差分法には種々の方法があるが、以下では 2-step Lax-Wendroff 法の修正版である MacCormack 法を取り上げる。この方法は陽解法に属し、航空の分野を中心に広く用いられている^{12)~13)}。

基礎式で斜面流と河道流を比べると

$$h \leftrightarrow A, \quad q \leftrightarrow Q, \quad r \leftrightarrow q_w \dots\dots\dots (9.38)$$

の対応関係があり、両者の計算は同様に処理できるので、以下では斜面流を中心に述べる。

差分計算は距離刻み Δx 、時間刻み Δt ごとに行う。したがって、差分法では斜面から河道への流入量も Δt ごとに求まるため、特性曲線法で必要とされた柱状図化も不要である。

差分計算に当たり、節点番号 j を斜面上流端から $j=1, 2, 3, \dots, N$ と Δx 刻みで付け、 h_j^n 、 q_j^n は位置 $x = (j-1)\Delta x$ 、時点 $t = n\Delta t$ での斜面水深、斜面流量を表すこととする。

ア 計算手順

MacCormack 法では、 Δt ごとの値を計算するのに予測、修正の2段階で行う。以下の計算では、有効降雨強度は斜面一様であるとして、本来なら r_j^n とすべきところを r などと記している。

第1段階（予測段階）

$$h_j^* = h_j^n - \frac{\Delta t}{\Delta x} (q_j^n - q_{j-1}^n) + \Delta t \cdot r \dots\dots\dots (9.39)$$

$$q_j^* = \left(\frac{h_j^*}{k} \right)^{1/p} \dots\dots\dots (9.40)$$

第2段階（修正段階）

$$h_j^{n+1} = \frac{1}{2} (h_j^n + h_j^*) - \frac{1}{2} \frac{\Delta t}{\Delta x} (q_{j+1}^* - q_j^*) + \frac{\Delta t}{2} r \dots\dots\dots (9.41)$$

$$q_j^{n+1} = \left(\frac{h_j^{n+1}}{k} \right)^{1/p} \dots\dots\dots (9.42)$$

空間差分について、予測段階では1次の後退差分が用いられているが、修正段階では前進差分が用いられ、互いに誤差が打ち消されている。

イ 計算上の注意

(ア) 斜面ごとの距離刻み Δx

斜面長 B がブロックごとに異なる場合は、まず、共通の代表的距離刻み Δx_s をあらかじめ決めておき、

$$N = [B/\Delta x_s + 0.5] + 1$$

として、斜面ごとに節点数 N を定める。ここに、 $[]$ はガウス記号で、 $[]$ 内の数値を超えない最大の整数値である。

次に斜面ごとに距離刻み Δx を改めて次式により求める。

$$\Delta x = B/(N - 1)$$

このようにすると、斜面ごとにほぼ同程度の距離刻みを設定できる。

(イ) 初期条件と境界条件

計算の最初($n=0$)の斜面水深 h はゼロとする。すなわち、 $h_j^n=0$, ($j=1, 2, \dots, N+1$)とおく。このとき時間ステップ $n=0$ で、 $q_j^n=0$ である。

境界条件は、斜面上流端 $j=1$ で、 $h_1^n=0$, $q_1^n=0$ である。

河道上流端において、上流ブロックからの流量 Q_u がある場合には、 Q_u が上流端境界条件となる。すなわち $j=1$ の河道上流端流量 Q_1^n は $Q_1^n=Q_u$ となる。

(ウ) 斜面下流端流量の計算

式(9.39)～(9.42)で $j=2, 3, \dots, N$ として計算を行っていくと、式(9.41)の $j=N$ で q_{N+1}^* の値が必要になる。これを解消する一つの方法は、式(9.39)、(9.40)を $j=2, 3, \dots, N+1$ と $j=N+1$ の値を余分に求めておき、式(9.41)の右辺第2項を次のような後退差分に変更して

$$h_{N+1}^{n+1} = \frac{1}{2}(h_{N+1}^n + h_{N+1}^*) - \frac{1}{2} \frac{\Delta t}{\Delta x} (q_{N+1}^* - q_N^*) + \frac{\Delta t}{2} r \quad \dots\dots\dots (9.43)$$

水深 h_{N+1}^{n+1} を求めた後、 q_{N+1}^{n+1} を式(9.42)で $j=N+1$ とおいて計算すればよい。

$j=N$ までの計算精度を保つため、余分に $j=N+1$ の節点を想定して、補助的にその点での斜面水深 h_{N+1} 、流量 q_{N+1} を求めていることに留意する必要がある。

なお、この方式では、河道への流入量として必要な斜面下流端流量は q_N^{n+1} である。

(エ) 時間刻み Δt の設定

差分法により表面流モデルで計算する場合、まず Δx を決め、次にそれに対応して Δt を決めるのが一般的である。 Δt の大きさは、陽形式差分法では安定な解が得られるような条件(CFL条件)を満たすように決める。この条件は斜面流れ、河道流れに適用されるが、一般に河道流れのCFL条件を満たすように注意する必要がある。

CFL条件によれば、安定な解を得るためには、次の条件を満たさなければならない。

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{c} \quad \dots\dots\dots (9.44)$$

河道流の洪水の伝播速度 c は、

$$c = \frac{dQ}{dA} = \frac{Q^{1-P}}{KP} \quad \dots\dots\dots (9.45)$$

であるから、具体的には次の条件を満たすように時間刻みを決めることになる。

$$\Delta t \leq \Delta x \frac{KP}{Q} \quad \dots\dots\dots (9.46)$$

上式の流量 Q は計算上の洪水ピーク流量であるが、計算前にはその値は不明であるので、一応観測ピーク流量の何割増しかに設定しておくのが安全であろう。

9.3.4 傾斜地域の流出モデルの検証と相互関係

(1) 流出モデルの検証

流出モデルに含まれる定数は、それが物理的に定まる場合を除けば、計算結果が観測ハイドログラフとよく適合しなければならない。流出モデルの検証に当たっては、以下の点に留意しなければならない。

- ア 適用した観測地点について検証のための降雨と流出記録を準備する。
- イ 水収支計算により総降雨量に対する総流出量を算定し、モデルの妥当性を確認する。
- ウ 実測値（検証用記録）と計算値をグラフ化し、視覚的に食い違いの程度を把握する。
- エ 相関係数による検証は、その統計的性質より必ずしも実測値と計算値の食い違いの程度を表し得ず、検証の方法として不適切な場合がある。

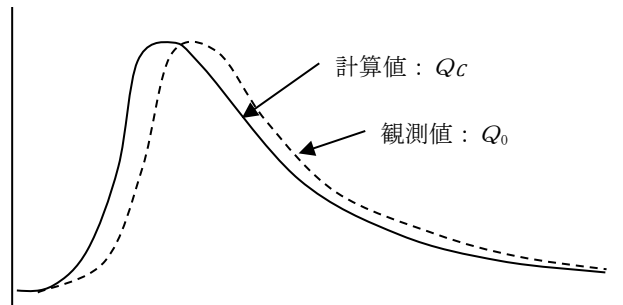


図-9.17 モデルの検証

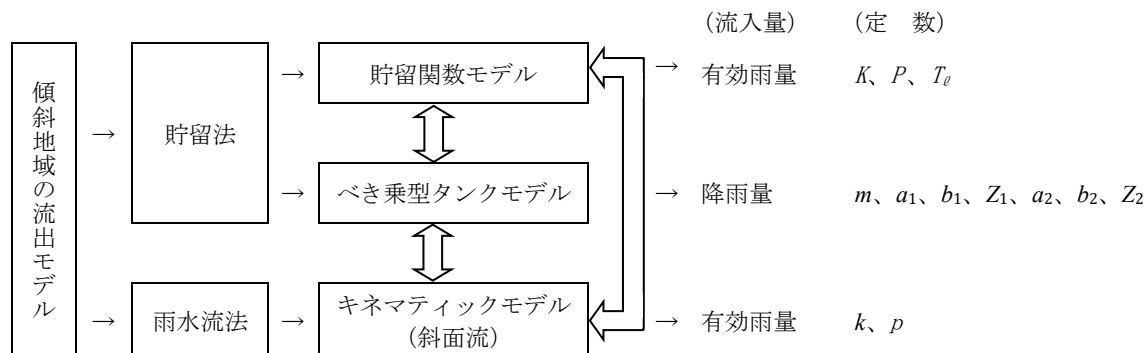
流出モデルを適用した基準点における観測値 Q_0 と計算値 Q_c の食い違いの程度を評価するためには、まず図-9.17に示すように、計算結果のハイドログラフと記録（観測値）を同一のグラフ上に描くことである。これにより、両方の曲線形の相違を視覚的に確認して、食い違いの程度を評価することができる。次に、食い違いの程度を計量的に評価する方法として、以下の評価関数を用いる。これらの形式のうち、どれがよいかは一概にいえず技術者の判断によらざるを得ないが、おおむね適用欄に示す事項を指標とすることができる¹⁴⁾。

表-9.7 評価関数

分類	関数式	適用
絶対基準	$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Q_{0i} - Q_{ci} $ ここに、 N ：データ数、 i ：データ番号	流出の高水部の検証に適する。
相対基準	$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{ Q_{ci} - Q_{0i} }{Q_{0i}}$	ハイドログラフ全体の検証に適する。
χ -基準	$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{ Q_{0i} - Q_{ci} }{\sqrt{Q_{0i}}}$	ハイドログラフ全体の検証に適する。
二乗基準	$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_{0i} - Q_{ci})^2$	流出の高水部の検証に適する。
χ^2 -基準	$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{(Q_{0i} - Q_{ci})^2}{Q_{0i}}$	ハイドログラフ全体の検証に適する。

(2) 流出モデルの相互関係

単位図法を除く傾斜地域の各流出モデルは以下に示すような固有の定数を持つが、これらの相互関係が分かれば、観測記録がない場合や他のモデルに変換する場合に便利である。ここでは、モデル定数の相互関係を以下に示す^{9)、15)}。

ア 斜面流（キネマティックモデル）の p と貯留関数モデルの P の関係

キネマティックモデルの斜面流は式(9.13)で定義されるが、同式は底幅の極端に大きい水路におけるマンニングの平均流速公式を意味しており、 p の値は $3/5 (=0.6)$ に等しい。

一方、貯留関数モデルを規定する式(9.4)は斜面流と相互関係を持つことが知られており、大中洪水に対して貯留関数モデルを適用する場合、 P の値を 0.6 に固定して実用的に十分満足できる結果が得られることが知られている。

イ 斜面流（キネマティックモデル）の k と貯留関数モデルの K の関係

斜面流を表す式(9.13)の k の値は、 $p=0.6$ の時、次式の関係がある。

$$k = (N/\sqrt{s})^{0.6} \dots\dots\dots (9.47)$$

ここに、 N ：等価粗度（表-9.6参照）

s ：斜面勾配

また、この斜面流定数 k は、角屋・福島の洪水到達時間式（式（8.5）参照）の土地利用係数 C と次の関係がある。

$$k = C/220 \dots\dots\dots (9.48)$$

一方、貯留関数モデルを規定する式(9.4)の K の値は、斜面流の k と次の関係がある（ただし、 $P=0.6$ ）。

$$K = 2.5 \cdot k \cdot A^{0.24} \dots\dots\dots (9.49)$$

ここに、 A ：流域面積(km²)

また、角屋・福島の洪水到達時間式（式(8.5)参照）の洪水到達時間係数 C 値と次の関係がある。

$$K = \frac{1}{90} CA^{0.22} \dots\dots\dots (9.50)$$

ウ 貯留関数モデルの遅れ時間 T_ℓ

貯留関数モデルの遅れ時間 T_ℓ は、計算ピーク流出高 q (mm/h)と次の関係がある。

$$T_\ell = 0.45kA^{0.24}q^{-0.4}, \text{ or } T_\ell = \frac{1}{550} CA^{0.22}q^{-0.35} \dots\dots\dots (9.51)$$

エ べき乗型タンクモデルへの変換

図-9.10 に示すべき乗型タンクモデルは、観測の降雨量を直接利用してハイドログラフを計算できる利点がある。そこで、式(9.47)～(9.50)より貯留関数モデルの K 、 P 値が推定できれば、式(9.12)より1段目タンクのモデル定数を推定できる。この時、2段目タンクの定数は、洪水流出に対する影響が小さいことから他地区の値を代用することができる。

9.4 氾濫域の洪水ハイドログラフの計算

氾濫域のハイドログラフの計算は、低平地等の一時貯留又は湛水による氾濫が想定される地域を対象として、洪水の流入による内水位及び外水位に制約される排水口の排水量を求めることを目的として行う。このため、内水位及び排水量の計算に当たっては、事業対象地域の地形特性や事業計画に基づく排水施設の水利特性を考慮した数値シミュレーション手法に頼らざるを得ない。

9.4.1 氾濫モデルと計算の考え方

氾濫域のハイドログラフの計算（つまり、内水位と排水量の計算）は、氾濫モデルを用いて行う。このモデルは、図-9.18 の概念図に示すように、氾濫域を中心とした地形特性及び排水路網と排水口の水利特性をモデル化したもので、その考え方から表-9.8 に示すタイプがある。

内水位及び排水量の計算は、受益区域及び背後地から氾濫域に流入する洪水量を入力条件とし、さらに排水口地点の排水本川の外水位を制約条件として行う。流入洪水量は、多くの場合、傾斜地域のハイドログラフの計算によって得られた洪水ハイドログラフを用いる。したがって、氾濫域の計算を行う場合は、あらかじめ流入洪水量のハイドログラフ及び外水位のデータを準備しておかなければならない。

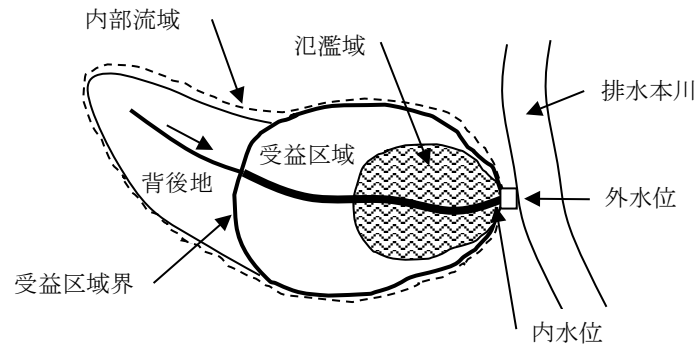


図-9.18 氾濫域と氾濫モデル化の概念

表-9.8 氾濫モデルの適用分類

手法区分	モデル	モデル化の特徴
貯留法	遊水池モデル	氾濫域を地形条件のみに支配された遊水池と見なしてその水位を内水位とし、外水位との水位差に影響される排水口施設（樋門、ポンプ、等）の流量特性を考慮して、内水位及び排水口の排水量を求める。したがって、このモデルでは氾濫域内の排水路網の流況は求めることができない。
雨水流法	低平地タンクモデル	氾濫域内の排水路網及び排水口施設の雨水流の流況をダイナミックに計算して、氾濫域の氾濫状況を求める手法であり、遊水池モデルに比べてより詳細な氾濫現象を把握することができる。
	不定流モデル	低平地タンクモデルと同様に氾濫域内の排水路網及び排水口施設の流況をダイナミックに計算して、氾濫域の氾濫状況を求める手法であるが、低平地タンクモデルが不等流を基本としているのに対して、本モデルは不定流を基本とする。

9.4.2 遊水池モデルによる氾濫域の計算

豪雨時、内部流域の雨水流出量は、下流端低位部に流入し、自然排水又は機械排水方式によって地区外へ排出される。この時、下流端への流入量が排水量を上回れば、下流端水位は漸次上昇し、低位部一帯に氾濫域が形成される。

遊水池モデルは、低位部に形成される氾濫域を遊水池と見なして、その水位変化に影響を受ける排水量を求める手法である。

(1) 基礎式

遊水池モデルは、図-9.18に示す氾濫域について、次の連続式を基礎とする。

$$A_p(h) \frac{dh}{dt} = I - Q \quad (9.52)$$

ここに、 h : 遊水池の水位（氾濫域の内水位、m）

I : 遊水池への流入量（傾斜地域のハイドログラフの計算結果を用いる、 m^3/s ）

Q : 排水量（ m^3/s ）

$A_p(h)$: 遊水池の水面積（氾濫面積）で内水位 h の関数（ m ）

t : 時間（s）

(2) 排水量の特性式

式(9.52)において、排水量 Q は内水位 h と外水位の影響を受けた排水口の排水能力に支配される。

自然排水方式の場合、排水口は図-9.19に示すように暗渠方式と開水路方式がある。 t 時刻の内水位を h_t 、外水位を H_t とすると、排水量 Q_t は次式で表される（ $h_t > H_t$ ）。

$$Q_t = \frac{A_t R_t^{2/3}}{n} \sqrt{\frac{h_t - H_t}{X}} \quad \dots\dots\dots (9.53)$$

h_t と H_t の値の大小に関係なく計算するとき、あるいは後述の低平地タンクモデルの計算では以下のように分解しておくことと便利である。

$$Q_t = G_t \cdot (h_t - H_t)$$

$$G_t = \frac{A_t R_t^{2/3}}{n} \frac{1}{\sqrt{X} \sqrt{|h_t - H_t|}} \quad \dots\dots\dots (9.53')$$

ここに、 A_t 、 R_t ：排水口の通水断面積（ m^2 ）
 及び径深（ m ）
 n ：マニングの粗度係数
 X ：排水口の延長（ m ）

上式において、 A_t 、 R_t は、暗渠方式の場合は時間に関係なく一定となる。開水路方式の場合は内水位と外水位の変化に応じて変化する。また、実際に計算を行う場合には、排水口に排水水門、暗渠等の構造物の損失水頭を考慮する必要がある。例えば、横断暗渠工の流量式については、式(3.5)～(3.7)を参考にする。

次に、機械排水方式の場合はポンプの揚程－揚水量曲線を関数で内挿した次の一般式が定義できる（ $H_t > h_t$ ）。

$$Q_t = a(H_t - h_t)^b \quad \dots\dots\dots (9.54)$$

また、次のように分解しておくこともできる。

$$Q_t = P_t \cdot (H_t - h_t) \quad \dots\dots\dots (9.54')$$

$$P_t = a|H_t - h_t|^{b-1}$$

ここに、 a 、 b ：ポンプの揚程－揚水量曲線を内挿して得られる定数

(3) 遊水池モデルの計算方法

ア 試算法

式(9.52)は、時間経過に沿った遊水池の水位 h の変化を表すことから、これを差分式に展開すれば次のように表される。

$$h_{t+\Delta t} = h_t + \left[(I_t + I_{t+\Delta t}) - (Q_t + Q_{t+\Delta t}) \right] \frac{\Delta t}{A_p(h_t) + A_p(h_{t+\Delta t})} \quad \dots\dots\dots (9.55)$$

$$\therefore \frac{A_p(h_t) + A_p(h_{t+\Delta t})}{2} \frac{h_{t+\Delta t} - h_t}{\Delta t} = \frac{I_t + I_{t+\Delta t}}{2} - \frac{Q_t + Q_{t+\Delta t}}{2}$$

式(9.55)は、時刻 t の内水位 h_t に、差分時間 Δt 内の平均の流入量 $(I_t + I_{t+\Delta t})/2$ と排水量 $(Q_t + Q_{t+\Delta t})/2$ との差に $2\Delta t/(A_p(h_t) + A_p(h_{t+\Delta t}))$ を掛けて水位に換算した値を加えることにより Δt 時間経過後の内水位 $h_{t+\Delta t}$ が求まることを示している。

式(9.55)の右辺の $Q_{t+\Delta t}$ と $A_p(h_{t+\Delta t})$ は $h_{t+\Delta t}$ が未知のため計算できない。そこで、以下のような逐次近似法を使用する。

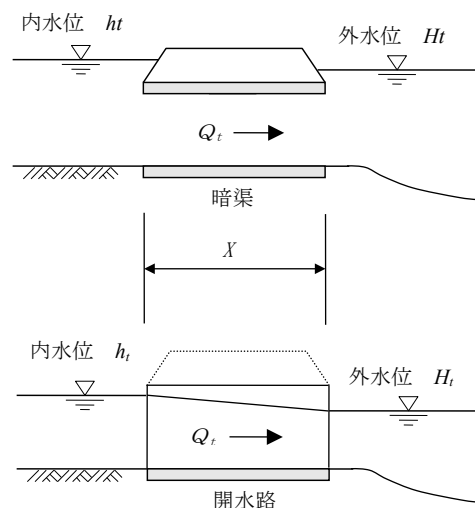


図-9.19 排水口の構造

Step 1 : $h_{t+\Delta t}$ の値を仮定する (例えば $h_{t+\Delta t} = h_t + (I_t - Q_t) \cdot \frac{\Delta t}{A_p(h_t)}$ を仮定値とおく)。

Step 2 : $A_p(h_{t+\Delta t})$ 、 $Q_{t+\Delta t}$ を計算する。

Step 3 : Step 2 の値を式(9.55)に代入して $h_{t+\Delta t}$ を求める。

Step 4 : $h_{t+\Delta t}$ の仮定値 (Step 1) と計算値 (Step 3) の差の絶対値がある値 ε (0.001 程度とすることが多い) 以下になれば計算値を解とし、時刻を Δt 進めて同様の計算を繰り返す。

Step 5 : 差の絶対値が ε より大きければ、 $h_{t+\Delta t}$ の値を再度仮定して Step 2 から Step 4 を繰り返す。

イ ルンゲ・クッタ法

ルンゲ・クッタ法では時刻 t の内水位を h_0 とおき、 h_0 を初期値として時刻 $t + \Delta t$ の内水位 $h_{t+\Delta t}$ を次の段階を追って求める。なお、 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 は各々 h_1 、 h_2 、 h_3 に対応する排水量である。

$$\text{Step 1 : } y_0 = \frac{I_t - Q_t}{A_p(h_0)} \Rightarrow h_1 = h_0 + y_0 \frac{\Delta t}{2}$$

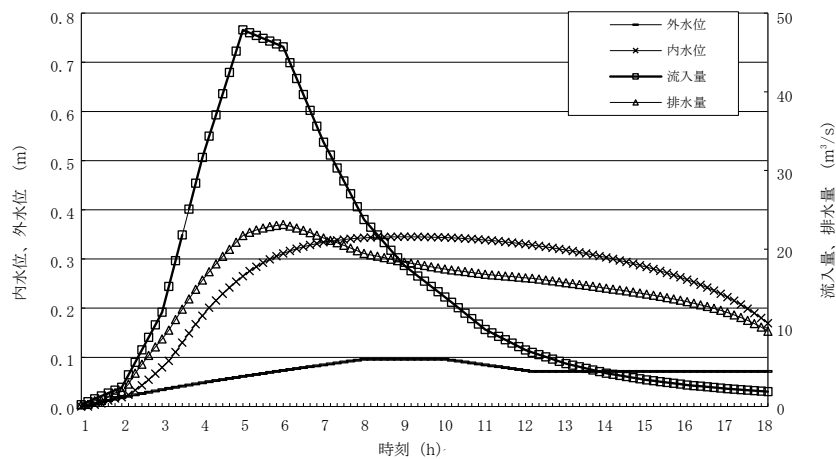
$$\text{Step 2 : } y_1 = \frac{I_{t+\Delta t/2} - Q_1}{A_p(h_1)} \Rightarrow h_2 = h_0 + y_1 \frac{\Delta t}{2}$$

$$\text{Step 3 : } y_2 = \frac{I_{t+\Delta t/2} - Q_2}{A_p(h_2)} \Rightarrow h_3 = h_0 + y_2 \Delta t$$

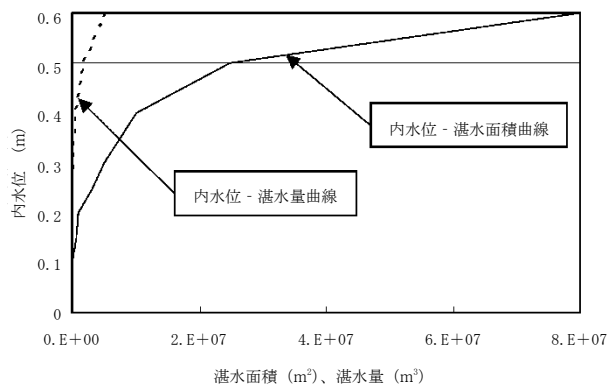
$$\text{Step 4 : } y_3 = \frac{I_{t+\Delta t/2} - Q_3}{A_p(h_3)} \Rightarrow h_{t+\Delta t} = h_0 + \{y_0 + 2(y_1 + y_2) + y_3\} \frac{\Delta t}{6}$$

注：ルンゲ・クッタ法を用いる場合、時間差分 Δt を大きくとると計算結果が発散することがある。この場合は、流入量 (ハイドログラフ) 及び外水位を分割して時間差分を小さくする。

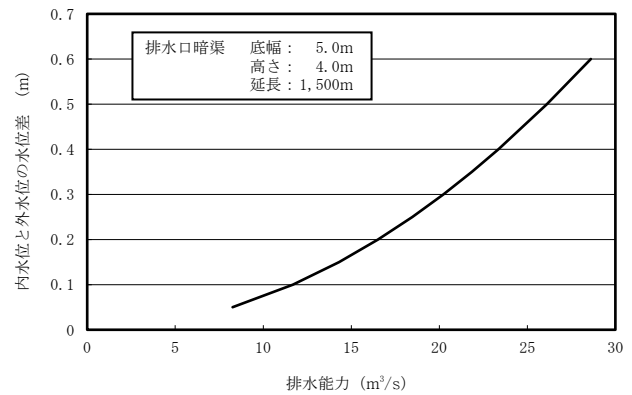
図-9.20 及び表-9.9 は、遊水池モデルの計算例を示す。この例は、氾濫域の $h-A$ 曲線 (図の b) と排水暗渠の排水能力 (図の c) に対して、貯留関数モデルによるハイドログラフの計算結果 (図-9.7 参照) を流入量として求めたものである。



(a) 氾濫計算結果



(b) 氾濫域の内水位 - 湛水面積曲線



(c) 排水暗渠の排水能力曲線

図-9.20 遊水池モデルによる計算結果

表-9.9 ルンゲ・クッタ法の計算

時刻	時刻	時分割	流入量	外水位	内水位	内水位の計算											排水量
						Q_0	y_0	h_1	Q_1	y_1	h_2	Q_2	y_2	h_3	Q_3	y_3	$h_{t+\Delta t}$
1	0.00	0.23	0.00	0.000	1.814	-2.6E-05	0.000	1.814	-2.6E-05	0.000	1.814	-2.6E-05	0.000	1.814	-2.6E-05	0.000	0.23
	0.17	0.60	0.00	0.000	0.000	9.9E-06	0.003	0.000	9.7E-06	0.003	0.000	9.7E-06	0.006	1.359	-1.2E-05	0.004	0.27
	0.33	0.96	0.01	0.004	0.000	1.5E-05	0.008	1.098	-2.1E-06	0.003	0.000	1.5E-05	0.013	2.086	-1.7E-05	0.006	0.73
	0.50	1.33	0.01	0.006	0.000	2.0E-05	0.012	0.935	5.8E-06	0.008	0.000	2.0E-05	0.018	2.226	-1.3E-05	0.012	0.74
	0.67	1.70	0.01	0.012	0.540	1.6E-05	0.017	1.912	-3.0E-06	0.011	0.000	2.4E-05	0.027	3.197	-1.9E-05	0.016	1.28
	0.83	2.06	0.01	0.016	1.264	1.1E-05	0.019	1.952	1.5E-06	0.017	1.378	9.2E-06	0.022	2.319	-3.3E-06	0.019	1.75
2	0.00	2.43	0.02	0.019	1.167	1.6E-05	0.024	2.175	3.2E-06	0.020	1.422	1.3E-05	0.027	2.590	-2.0E-06	0.024	1.89
	0.17	4.02	0.02	0.024	1.938	2.6E-05	0.031	2.998	1.2E-05	0.027	2.490	1.8E-05	0.035	3.357	7.6E-06	0.033	2.85
	0.33	5.61	0.02	0.033	3.590	2.2E-05	0.040	4.171	1.5E-05	0.038	3.996	1.7E-05	0.043	4.459	1.2E-05	0.043	4.23
	0.50	7.20	0.03	0.043	4.742	2.4E-05	0.050	5.228	1.8E-05	0.048	5.119	1.9E-05	0.054	5.515	1.5E-05	0.054	5.37
	0.67	8.79	0.03	0.054	5.860	2.4E-05	0.062	6.272	2.0E-05	0.060	6.200	2.1E-05	0.067	6.546	1.7E-05	0.067	6.49
	0.83	10.38	0.03	0.067	6.914	2.5E-05	0.074	7.270	2.1E-05	0.073	7.220	2.2E-05	0.080	7.527	1.9E-05	0.079	7.57
3	0.00	11.97	0.03	0.079	7.868	2.5E-05	0.087	8.185	2.2E-05	0.086	8.148	2.2E-05	0.093	8.426	2.0E-05	0.093	8.57
	0.17	15.25	0.04	0.093	8.752	3.3E-05	0.103	9.132	2.9E-05	0.102	9.089	3.0E-05	0.111	9.423	2.7E-05	0.111	9.71
	0.33	18.53	0.04	0.111	9.888	3.5E-05	0.121	10.246	3.2E-05	0.120	10.210	3.2E-05	0.130	10.529	2.9E-05	0.130	11.04
	0.50	21.81	0.04	0.130	10.982	3.5E-05	0.140	11.301	3.2E-05	0.139	11.272	3.2E-05	0.149	11.559	2.9E-05	0.149	12.38
	0.67	25.09	0.04	0.149	11.973	3.3E-05	0.159	12.252	3.0E-05	0.158	12.230	3.1E-05	0.167	12.485	2.8E-05	0.167	13.66
	0.83	28.37	0.05	0.167	12.859	3.1E-05	0.176	13.103	2.9E-05	0.176	13.085	2.9E-05	0.184	13.311	2.7E-05	0.184	14.89
4	0.00	31.65	0.05	0.184	13.633	2.9E-05	0.193	13.848	2.7E-05	0.193	13.834	2.7E-05	0.201	14.034	2.5E-05	0.201	16.06
	0.17	34.35	0.05	0.201	14.316	2.6E-05	0.209	14.502	2.5E-05	0.208	14.491	2.5E-05	0.216	14.665	2.3E-05	0.216	17.13
	0.33	37.06	0.05	0.216	14.911	2.4E-05	0.223	15.074	2.3E-05	0.222	15.066	2.3E-05	0.229	15.220	2.2E-05	0.229	18.13
	0.50	39.76	0.05	0.229	15.426	2.2E-05	0.236	15.572	2.1E-05	0.236	15.565	2.1E-05	0.242	15.704	2.0E-05	0.242	19.08
	0.67	42.46	0.06	0.242	15.884	2.1E-05	0.248	16.016	2.0E-05	0.248	16.010	2.0E-05	0.254	16.136	1.9E-05	0.254	19.98
	0.83	45.17	0.06	0.254	16.300	1.9E-05	0.259	16.421	1.8E-05	0.259	16.416	1.9E-05	0.265	16.531	1.8E-05	0.265	20.87
5	0.00	47.87	0.06	0.265	16.672	1.8E-05	0.270	16.782	1.7E-05	0.270	16.778	1.7E-05	0.275	16.884	1.7E-05	0.275	21.72
	0.17	47.51	0.06	0.275	17.010	1.5E-05	0.280	17.103	1.5E-05	0.280	17.100	1.5E-05	0.284	17.190	1.5E-05	0.284	22.13
	0.33	47.15	0.07	0.284	17.290	1.4E-05	0.288	17.370	1.3E-05	0.288	17.368	1.3E-05	0.292	17.445	1.3E-05	0.292	22.43
	0.50	46.80	0.07	0.292	17.519	1.2E-05	0.296	17.589	1.2E-05	0.296	17.587	1.2E-05	0.299	17.655	1.1E-05	0.299	22.67
	0.67	46.44	0.07	0.299	17.711	1.1E-05	0.302	17.774	1.1E-05	0.302	17.772	1.1E-05	0.305	17.833	1.0E-05	0.305	22.86

9.4.3 低平地タンクモデルによる氾濫域の計算¹⁶⁾

一般に、洪水の流入によって氾濫が生じる低平地域は、湛水機能を持った水田区画が多数連続して存在し、それらを連結する排水路も緩勾配であるため流れは下流条件の影響を受けやすい。

低平地タンクモデルは、このような氾濫の原因となる排水路網の流況に注目して、排水路網の不等流計算をシステマティックに行い、氾濫状況を求める手法である。

(1) モデルの考え方

低平地タンクモデルは、排水路をいくつかの区間に分割し、それぞれの区間内を遊水池（これを河道タンクと呼ぶ）とみなし、遊水池間の流れを不等流計算式により、また、氾濫による水田（これを水田タンクと呼ぶ）と排水路間の流れを堰計算式により求める。

いま、図-9.21 に示すような排水路網の一部を表す河道タンク j について、水の流れを考えると次の連続式が成立する。

$$A_j \frac{dH_j}{dt} = Q_i - Q_0 \quad \cdots \cdots \cdots (9.56)$$

$$Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_0 = Q_4 + Q_5$$

ここに、 H_j : 河道タンク j の代表水位 (m)

A_j : 河道タンク j の水面積 (m²)

Q_i : 河道タンク j への流入量 (m³/s)

Q_0 : 河道タンク j からの流出量 (m³/s)

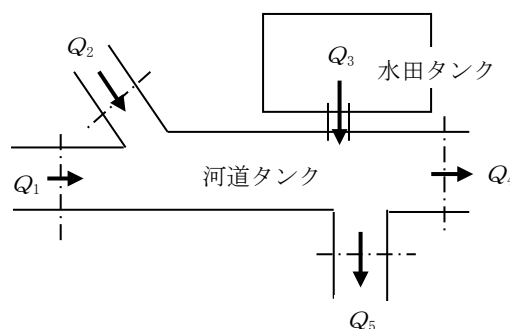
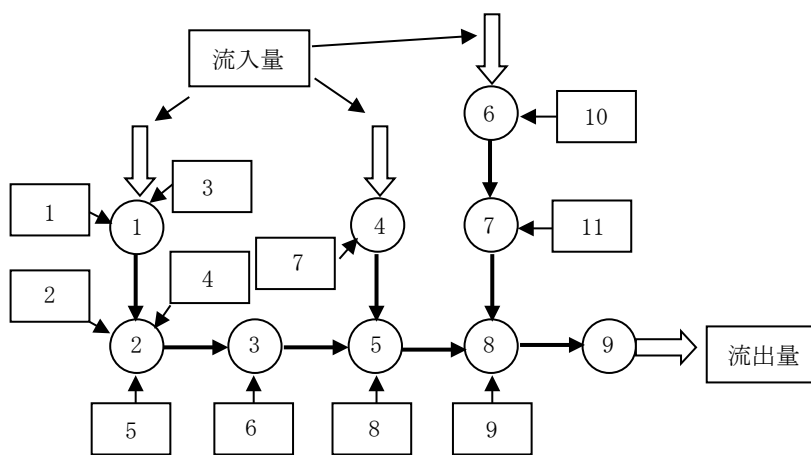


図-9.21 排水路の水の流れ

ここで、図の河道タンクは排水路網の一部であるから、このタンクへの流入量及び流出量は、このタンクの上下流に接続する河道タンクの水利条件に支配される。

そこで、低平地タンクモデルでは、図-9.22 に示すように、地域の水路網の状況を河道タンクと水田タンクの連続体として構成した流域モデルを作成する。



○は河道タンクを、□は水田タンクを表す

図-9.22 流域モデルの概念図

このモデル上で、すべての河

道タンク及び水田タンクに式(9.56)を適用する。例えば、図の河道タンク $j=5$ に対して、式(9.56)は次のように構成される。

$$A_5 \frac{dH_5}{dt} = Q_i - Q_0 = (Q_{3 \rightarrow 5} + Q_{4 \rightarrow 5} + q_{8 \rightarrow 5}) - (Q_{5 \rightarrow 8}) \quad (a)$$

式の Q は河道タンク間の流量を、 q は水田タンクと河道タンク間の流量を表す。また、添え字は接続関係を表す。ここで、流量 Q 、 q には次のような計算式を適用する。

ア 河道タンク間の流量 Q

流量 Q には、不等流計算式を適用する。この場合、流れは必ずしも図の矢印の方向とは限らず逆流が発生する場合も想定される（このことが、低平地における氾濫の主要因である）。そこで、不等流計算式は、次のように一般化する。

$$Q_j = G_j F \quad (b)$$

$$G_j = \frac{A_j R_j^{2/3}}{N_j} \frac{1}{\sqrt{X_j} \sqrt{|F|}}$$

$$F = H_j - H_k$$

式の H_k は河道タンク j に接続するタンクの水位を、 A_j 、 R_j 、 N_j 、 X_j はそれぞれ河道の通水断面積、径深、粗度係数及び河道タンク j と k の区間距離を表す。

イ 水田タンクと河道タンク間の流量 q

水田と河道間を図-9.23のようにモデル化して、流量 q に次の堰計算式を適用する。

$$\text{潜り越流} \left(\frac{h_2}{h_1} \geq \frac{2}{3} \right) : q = C_2 B h_2 \frac{H_i - H_j}{\sqrt{|H_i - H_j|}} \quad (c)$$

$$\text{完全越流} \left(\frac{h_2}{h_1} \leq \frac{2}{3} \right) : q = C_1 B h_1^{3/2} \frac{H_i - H_j}{|H_i - H_j|} \quad (d)$$

ここに、 B : 堰幅、 H_j : 接続する水路の水位
 C は流量係数で、越流係数を μ 、重力加速度を g とすると

$$C_1 = \mu \sqrt{2g} = 0.35 \sqrt{2 \times 9.8} = 1.5495$$

$$C_2 = 2.5981 C_1 = 4.0258$$

また、堰高を z 、 H_i と H_j のうち高いほうの水位を H_H 、 H_i と H_j のうち低いほうの水位を H_L とすると、 h_1 及び h_2 はそれぞれ次のとおりとなる。

$$h_1 = H_H - z$$

$$h_2 = H_L - z$$

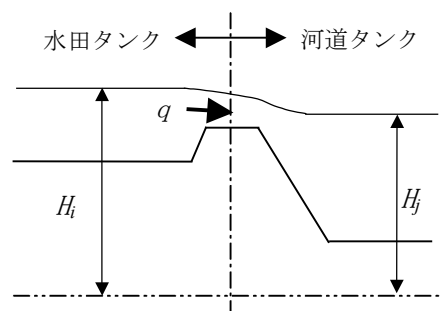


図-9.23 水田タンクのモデル化

次に、モデルの最上流端には、図-9.22に示すように、該当する河道タンクに内部流域からの洪水ハイドログラフを与える。また、下流端のタンクに既知の排水量又は外水位を与える。

低平地タンクモデルは、このように排水路網の流れを水理的にモデル化し、上流からの洪水ハイドログラフ（既知量）を流入条件とし、かつ下流の排水量又は外水位（既知量）を制約条件として、すべてのタンクの水位及び排水量の時間変化を求める。

(2) 低平地タンクモデルの計算方法

低平地タンクモデルを用いた氾濫域の洪水ハイドログラフは、以下のような段階で進める。

第1段階：流域モデルの作成（排水路網図の作成）

第2段階：水理モデルの構築

第3段階：計算条件の整理と氾濫状況の計算

ア 流域モデルの作成

低平地タンクモデルの計算では、図-9.22に示すような氾濫域のモデル化が計算結果の精度を決定的に左右する。したがって、綿密な現地調査を行い表-9.10に示す要領を踏まえて、可能

な限り現地の状況をうまく表現できるような流域モデルを作成しなければならない。

表-9.10 流域モデルの作成要領

1	水路をいくつかの区間に分割して、それぞれの区間を1個の河道タンクとする。河道タンクの長さは、おおむね500～2,000mを目安とする。
2	水田タンクは、現地の排水系統を踏まえて、適切な規模にブロック化する。
3	水路合流点には、1個の河道タンクを設ける。上流河道タンクとの境界は、現実の小排水路の最下流側流入点と水路合流点との中央付近とする。
4	水路中に、樋門、暗渠等の水位差を発生させる構造物がある場合は、その地点が河道タンクの水理的な境界となるようにモデルを構成する。

イ 水理モデルの構築

作成した流域モデルについて、流れの水理条件を検討・整理し、これを総合化して水理モデルを作成する。

ウ 計算条件の整理と氾濫状況の計算

モデルの上下流点における流入量及び流出量のハイドログラフを整理し、モデルの計算を行う。計算は、時刻 t のすべてのタンクの水位 H_j を初期条件とし、モデルの上下流端に与えた流入及び流出量を境界条件として、時間差分 Δt 後の水位 $H_{t+\Delta t}$ 及び排水量 $Q_{t+\Delta t}$ 、 $q_{t+\Delta t}$ をニュートン・ラプソン（Newton・Raphson）法の近似解法により求め、順次これを繰り返して行く。

実際の計算は、高度で複雑な計算を要するため、コンピュータシミュレーションによらざるを得ない。

〔参考〕

ニュートン・ラプソン法とは、非線形解析の代表的な手法であり、時刻 t の河道流量 Q_t を既知とした Δt 時間後の流量 $Q_{t+\Delta t}$ を次の近似式で定義する。ここに、添え字の m は、 Δt 時間後の値に対する近似値の次数を意味する。つまり、 Δt 時間後の流量 $Q_{t+\Delta t}$ を直接求められないため、近似計算を順次繰り返して m の次数を高め、誤差評価により Δt 時間後の値を得る。

$$Q_j^{m+1} = Q_j^m + \left(\frac{\partial Q}{\partial h} \right)_j^m dh_j + \left(\frac{\partial Q}{\partial F} \right)_j^m dF_j$$

上式による近似計算は、まず $m=1$ の時の流量 Q_j^m を Q_t とし、 $m=2$ の近似値 Q_j^2 を求める。次に、順次 $Q_j^{m+1} \rightarrow Q_j^m$ と置き換えて以下の条件を満たすまで $m+1$ 次の近似値を求める。ここに、 ε は許容誤差である。

$$|Q_j^{m+1} - Q_j^m| \leq \varepsilon$$

$m+1$ 次の近似値が上式を満たした場合、その値を Δt 時間後の流量 $Q_{t+\Delta t}$ とする。なお、実際の計算では、上式の流量を(b)式及び(c)式を用いて水位で表し、未知水位の線形連立方程式を解いて許容誤差を満たすまで試算する。

(3) 適用上の留意事項

低平地タンクモデルは、遊水池モデルが氾濫域を遊水池として単純化するのに対して、排水路網の流況を計算して洪水による氾濫現象を現実に近い形で再現することを目的としている。また、計算は遊水池モデルに比べて飛躍的に高度な数値解析を必要とする。本モデルを適用する場合は、

以下の事項に留意する必要がある。

- ア 氾濫域の現地調査を十分に行い、流域モデルの基礎となる排水系統を確実に把握することが重要である。
- イ 多くの場合、低平地への流入水は単に洪水流入のみならず河川堤防の浸透水、用水の残水や漏水、水田からの畦畔浸透水、宅地域からの下水等があり、これらが無視できない量に及ぶことがある。このため、モデル化に先立ち、流域全体の対象期間内の水収支を検討しておかないと再現性のよい結果を期待できないことがある。
- ウ このモデルは、水路への降雨を考えない。したがって、水路及び道路の面積は水田タンクの面積に含めておく必要がある。
- エ 計算に当たっては、コンピュータシミュレーションが中心となり、流域モデルの規模が大きいほどより多くの資料を扱うことになる。このため、過ちを発見し難く、間違った資料で計算を進めてしまうことも起こりかねない。したがって、計算は資料の吟味を十分に行い、効率的に進めることが重要である。

9.4.4 不定流モデルによる氾濫域の計算

不定流モデルは、低平地タンクモデルと同様に、排水路網の流況に注目して、その流況計算から氾濫状況を求める手法である。したがって、本手法においても同様に排水路網の流域モデルを作成し、そのモデル上で氾濫域の洪水ハイドログラフを計算する。

ここで、低平地タンクモデルは水路網の流量に不等流計算式を適用するが、本モデルでは水理的に流況を最も高い精度で求めることのできる不定流の計算式を適用する。したがって、本モデルによる計算結果は現実により近い高い精度を期待することができる。

(1) モデルの考え方

不定流モデルは、次の不定流計算式を基本とし、これを図-9.22に示すような流域モデルに適用して水位、流量の計算を行う。

$$\left. \begin{array}{l} \text{運動方程式：} \\ \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{V^2}{2g} \right) + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 V |V|}{R^{4/3}} = 0 \\ \text{連続式：} \\ B \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \end{array} \right\} \dots\dots\dots (9.57)$$

ここに、 H ：河道の水位(m)、 V ：河道の流速(m/s)、 Q ：河道の流量(m³/s)、
 q ：河道の単位長さ当たりの横流入量(m²/s)、 n ：粗度係数、 R ：径深(m)、
 B ：水面幅(m)、 g ：重力の加速度(m/s²)、 x ：流れ方向の距離(m)、 t ：時間(s)

ここで、連続式を流域モデルに合わせて任意の河道区間 X について距離方向に離散化すると次式が得られる。

$$(B \cdot X) \frac{dH}{dt} = (Q_i + q \cdot X) - Q_o \quad (a)$$

ここに、 X は河道の任意区間の長さを、 Q_i と Q_o は任意河道区間の上流からの流入量と流出量を表す。また、 $(B \cdot X)$ は河道区間の水面積に、 $q \cdot X$ は河道に水田から流入する流量に相当する。したがって、不定流の連続式は、低平地タンクモデルの基本式である式(9.56)の一般表現に他

ならない。

次に、運動方程式の第1項及び2項は流れの加速度と慣性効果を表すものであるが、これらを無視して同様に距離方向に離散化すると次式が得られる（ただし、区間 X の上流側を j 点、下流側を k 点とする。）。

$$\left. \begin{aligned} \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}} &= \frac{H_j - H_k}{X} \\ \therefore V &= \frac{R^{2/3} \sqrt{H_j - H_k}}{n \sqrt{X}} \end{aligned} \right\} \quad (b)$$

さらに、通水断面積 A を用いて、流速 V を流量に変換すると次式が得られる。

$$Q = \frac{A \cdot R^{2/3} \sqrt{H_j - H_k}}{n \sqrt{X}} \quad (c)$$

この式は、低平地タンクモデルにおける河道タンク間の流量を求める不等流式に他ならない。つまり、本モデルは低平地タンクモデルに対して河道内の流れに加速度及び慣性を考慮したものといえる。

(2) モデル適用の考え方

不定流モデルは、低平地タンクモデルに比べてより高度な手法であり、それだけに高度な解析手法を必要とする。本モデルを適用する場合は、以下のような考え方に留意しなければならない。

ア 本来、氾濫モデルが対象とする氾濫域の流況は、水位の時間変化が緩慢である。このため、河道流量の計算には不等流計算式で十分な場合が多い。したがって、広域の氾濫状況の解析には、必ずしも不定流モデルを適用する必要はなく、低平地タンクモデルで実用上十分な精度が得られる。

イ ただし、激しい間断運転を行う大容量排水機場に直結した排水本川、幹線排水路等では、水位及び流量の時間変化が大きく、流れの加速度及び慣性効果が無視できなくなる。このような排水路の流況解析には、不定流モデルを適用せざるを得ない。

9.5 地区事例

9.5.1 遊水池モデルの事例－E地区－

(1) 地区の概要

調査地区は、標高8～15m、傾斜1/1,000の水田地帯で、その背後は標高50～200mの丘陵地帯となっている。排水区域は、E川及びT川に挟まれた流域面積 $A=19.6\text{km}^2$ の区域である。

T川沿岸地域には、県営かんがい排水事業で、T川を排水先とするT排水機場(定格排水量 $Q=12.8\text{m}^3/\text{s}$)が設置されている。しかしT川は、洪水時にE川の背水の影響を受けやすく、また、流域開発により恒常的な排水不良を呈し、湛水被害が生じている現状にあることから、本事業では、T川排水機場及び排水路を新設して排水改良を図ることを目的としている。

既設のT排水機場は、調査地区の低位部に設置されており、新設する排水機場も既設機場付近が好ましいが、T川とE川の合流点には水門が設置されており、E川の水位が上昇すると水門が閉鎖されポンプ運転が不可能となるおそれがあるため、E川に直接機械排水できる位置を選定した。

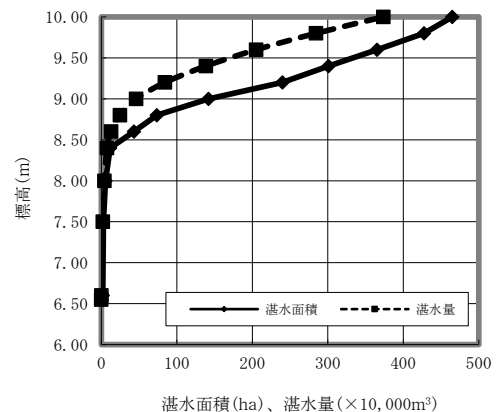


図-9.24 内水位－湛水量曲線

(2) 計算手法の選定

氾濫域の計算は、地区内に湛水が発生するため、地区内の標高別面積から内水位－湛水量曲線で表現し、洪水の流入量と排水量の水収支計算より湛水ハイドログラフを計算する遊水池モデルを採用した。

低位部の水田地帯において、背後の丘陵地帯から流入した洪水が湛水し、被害が発生していることから、氾濫域の計算を行う必要があった。

地区内には、湛水区域を分散させる排水施設もなく、洪水時には下流側の低位部に湛水が集中する。氾濫域の計算は、湛水域での標高別面積から内水位－湛水量曲線を作成し、計画排水施設能力を仮定し、目標整備水準を満足するまで繰り返し計算を行った。

また、洪水の流入量を算定するための流出解析手法は、単位図法、貯留法及び雨水流法に大別できる。この中から、地目変化に対応でき、本地区で資料が入手可能な雨水流法のキネマティックモデルを採用した。

(3) 地区のモデル化

調査地区のモデル化は、以下のとおり行った。

ア 内水位－湛水量曲線

地区内の標高別面積から求めた、内水位－湛水量曲線を図-9.24に示す。

イ キネマティックモデルにおける流域モデル定数

1/5,000地形図よりブロック割を行い、面積測定、斜面勾配等を測定し、流域モデル定数は以下のとおりとした。

- ① 面積、斜面勾配、河道長、河道勾配：1/5,000地形図より測定
- ② 斜面長：面積／河道長として算出
- ③ 等価粗度：水田1.5、宅地0.02、平地0.4、山地1.0として、面積による加重平均で算出

- ④ 河道定数：排水路断面より算出
- ⑤ 計算単位時間：斜面流60分、河道流10分

(4) 計算諸元

ア 降雨

計画基準降雨は、近傍の観測所における45年間の降雨資料から岩井法による確率計算を行い、1/10年確率3日連続雨量を採用した。

イ 外水位

計画基準外水位は、排水口地点の上下流に設置されている3か所の量水標水位記録より、下記の手順で算定した。

(ア) 3か所の量水標の年最高記録を確率計算し、1/10年確率水位を算出する。

(イ) (ア)の確率水位に近い年の高水記録を収集する。

(ウ) (イ)の高水記録よりE川の高水時のハイドログラフを選定する。

(エ) (ウ)の高水時のハイドログラフより排水口地点の計画基準外水位を決定する。

検討の結果、確率水位に最も近く、降雨量も計画基準降雨量に近い昭和55年のハイドログラフを1/10年確率水位にスライドし、排水口地点の最高外水位はT.P. 12. 24mとした。

また、降雨ピークと外水位ピークの時間差は、過去の記録より14時間として設定した。

(5) 計画施設規模の検討

計画施設は、排水口に排水ポンプを設置する計画とし、氾濫域の計算を行い以下の整備水準を満足するポンプ規模を検討した。

ア 水田の汎用化に対応するため無湛水とする。

イ 無湛水区域の設定は100%とする。

(6) 計算結果

ア 洪水量

キネマティックモデルにより求めた流出量を表-9. 11に示す。

表-9. 11 洪水時流出量

流域面積	計画基準降雨量 (ピーク時間雨量)	ピーク流出量	ピーク比流量	総流出量
19. 6km ²	36. 0mm	26. 98m ³ /s	1. 376m ³ /(s・km ²)	3, 100千m ³

イ 排水ポンプ吐出し量

氾濫域の計算より求めた洪水時(計画基準降雨1/10年確率)の排水ポンプ吐出し量を表-9. 12に示す。

表-9. 12 排水ポンプ吐出し量

流域面積	ピーク吐出し量(m ³ /s)		総排水量(千m ³)		運転時間(h)	
	既設	新設	既設	新設	既設	新設
19. 6km ²	14. 57	8. 87	1, 621	782	63	64

ウ 氾濫域の計算結果

氾濫域の計算結果として、水位曲線図を図-9.25に示す。

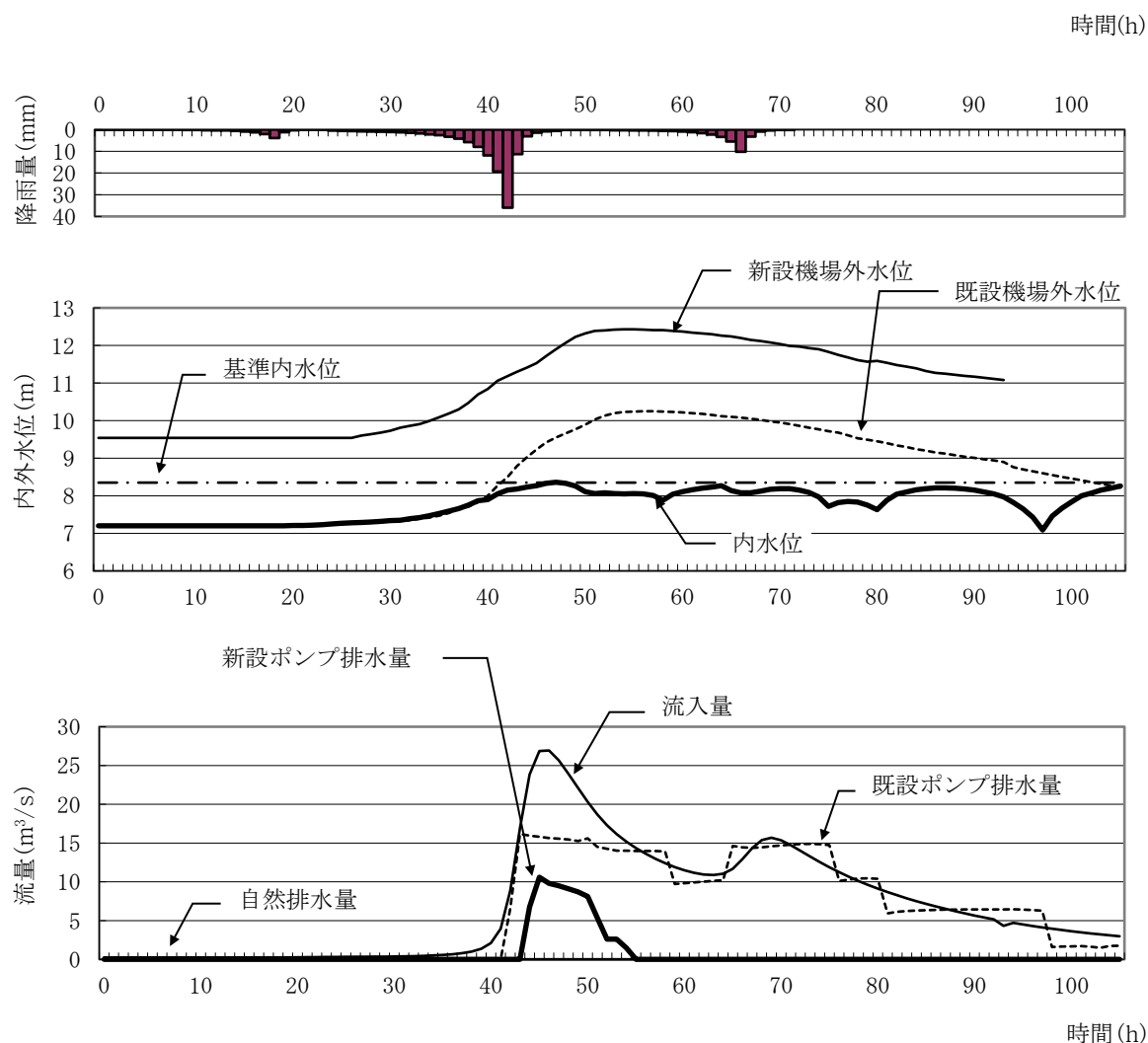


図-9.25 水位曲線図

9.5.2 低平地タンクモデルの事例—S地区—

(1) 地区の概要

本事例は、排水受益7,320haの地区である。そのほとんどが、河川の堆積作用と干潟成長に伴う干拓によって形成された海拔0～5mの低平地であり、市街地と散在する集落を除けば大部分が水田地帯となっている。

地区の水路は低平なデルタ地帯に掘削された貯水及び調整機能を併せ持つ用排兼用水路が多く、多数の制水ゲートが設置され、複雑な用排水慣行に従う管理が行われている。また、低平地の排水本川となる低平地域の河川は、勾配が緩やかであり、満潮時には海水が逆流するなど、流下能力が時間とともに変化する河川である。さらに、調査地区が位置する海岸部の平野一帯においては、地盤沈下が顕著であり、干潟の自然陸化とあいまって、低平地の自然排水を一層困難にしている。

(2) 計算手法の選定

低平地では湛水機能を持った水田群が多数連続しており、それらを連結する水路も緩勾配であ

り、流れは下流水位の影響を受けやすい。したがって、低平地タンクモデル又は不定流モデルの採用が考えられる。

不定流モデルを採用する場合は、地区内の基幹的な水路の流れを不定流として計算することになるが、貯水及び調整機能を持たせるために多くの制水ゲートが設置されている用排兼用水路の特徴を考慮した場合、これを忠実にモデル化すると計算区間が小さくなり数値計算の収束が難しくなるため、広域な地区に適用するには限界があると考えられる。

一方、低平地タンクモデルは、流量公式を線形近似して水位を1次関数で表し、得られた連立方程式を解くことにより計算時間刻みを大きくすることができる。これにより、低平地タンクモデルによる計算精度は、不定流モデルと比較してほとんど差がなく、計算時間を短縮することができる。

以上のことから、対象区域が広域であっても計算時間が短縮でき、計算精度も期待できる低平地タンクモデルを選定した。

(3) 地区のモデル化

調査地区のモデル化は、以下のとおり行った。

ア ブロック割

一つの河道ブロックと数個の水田ブロックからなる流域ブロックを、排水系統を考慮しつつ、1ブロック当たり30haを目標に分割した。なお、ブロック境界は湛水時に水位差がつくと考えられる道路、堤防等とした。

イ 河道タンク

水路の水位計算点である河道タンクの、内水位－水路面積曲線（ $H-A$ 曲線）を以下の手順で求めた。なお、河道タンクは流域ブロック内の用排兼用水路及び排水路の集合とした。

（ア）ブロック内の各水路標準断面から内水位と水路幅（ $H \sim B$ ）の関係を水位50cmごとに求める。

（イ）ブロック内の各水路延長 L を測定する。

（ウ）各水路の幅と延長から水路水面積（ $A = \sum (B \times L)$ ）を求め、河道タンクの内水位－水路面積曲線（ $H-A$ 曲線）を作成する。

ウ 水田タンク

水田の水位計算点として水田タンクを設定する。ブロック内の河道タンクに排水される水田タンク群を、国土基本図（ $S = 1/5,000$ ）を用い、それぞれ10cmごとに区分し水田タンクの面積を求めた。

エ 境界水位タンク

地区内の雨水を排水する樋門やポンプの吐口地点は、潮位や河川水位を境界水位として設定する。河川水位は、河川資料から算定された水位を用いる。

オ 排水施設

タンク間の水の流れは、いろいろな種類の排水施設により行われているが、ここでは以下に示す6種類に分類して設定した。

①水路：用排兼用水路、排水路、②堰：角落し、水田欠口（欠口幅0.8m/haとして設定）

③樋門-1：引き上げゲート付き樋門、④樋門-2：招き戸付き樋門、⑤暗渠、⑥ポンプ

(4) 計算諸元

ア 降雨

計画基準降雨は、1/30年確率3日連続雨量とし、降雨分布は過去に発生した洪水の実績降雨

分布に基づき配分した。

表-9.13 計画基準降雨

地域	観測所	計画基準降雨(mm)				実績降雨(mm)
		1日目	2日目	3日目	計	
平地地域	気象台	73.6	238.1	77.5	389.2	367.0
山地地域	ダム	49.2	253.0	139.1	441.3	407.5

イ 外水位

(ア) 潮位

計画潮位は小潮とし、6～9月の潮位記録をもとに平均的な潮汐を示す潮位を選定

(イ) 河川水位

河川改修計画の断面諸元を採用し、下流端に潮位、上流端に洪水量を境界条件として設定し、不定流計算により河川水位を算定

(5) 氾濫域の計算

氾濫域の計算は、河川水位と地区内水位を同時に算定すべきであるが、対象区域が広範であることや、本地区の用排兼用水路の特徴を踏まえ、河川水位を算定した後に、地区内の氾濫域の計算を行うこととした。

したがって、計算対象区域の境界は河川となり、排水系統や計算機的能力を考慮して6流域に分割し、計算を行った。

各流域のモデル諸元を表-9.14に示す。

表-9.14 流域モデル諸元

流域名	タンク数				排水施設数	流域面積(ha)
	河道	水田	境界	計		
流域 1	107	525	9	641	862	6,240.4
流域 2	81	441	18	540	819	1,609.3
流域 3	45	177	21	243	468	1,272.1
流域 4	53	299	23	375	646	1,578.2
流域 5	69	422	9	500	739	2,696.1
流域 6	35	341	5	381	432	2,360.4
計	390	2,205	85	2,680	3,966	15,756.5

※表-9.14に示した6流域のうち、流域3について流域模式図を図-9.26に示す。

(6) 氾濫域の計算結果

調査地区は、地盤沈下等の要因により湛水面積及び湛水時間が増加していることから、排水対策としては、湛水時間を地盤沈下前の状態までに回復させ、なおかつ湛水時間は24時間以内になるように施設規模の検討を行った。

氾濫域の計算結果(表-9.15)及び対策施設一覧表(表-9.16)を示す。

表-9.15 氾濫域の計算結果

区分	湛水面積 (ha)	湛水時間 (h)
現況	2,567 (2,154)	15～63 (6～53)
計画	1,011	6～24

※()の数字は、地盤沈下前の状況を示す。

表-9.16 対策施設一覧表

流域名	計画ポンプ		既設ポンプ	
	ポンプ数	施設規模 (m ³ /s)	ポンプ数	施設規模 (m ³ /s)
流域 1	3	41.5	3	22.0
流域 2	1	15.0	2	15.0
流域 3	2	7.0	2	8.0
流域 4	2	20.0	7	18.1
流域 5	3	13.0	3	13.5
流域 6	2	13.5	1	2.5
計	13	110.0	18	79.1

※流域模式図で示した流域3を対象に、氾濫域の計算結果から得られる水位－流量曲線図を図-9.27に示す。

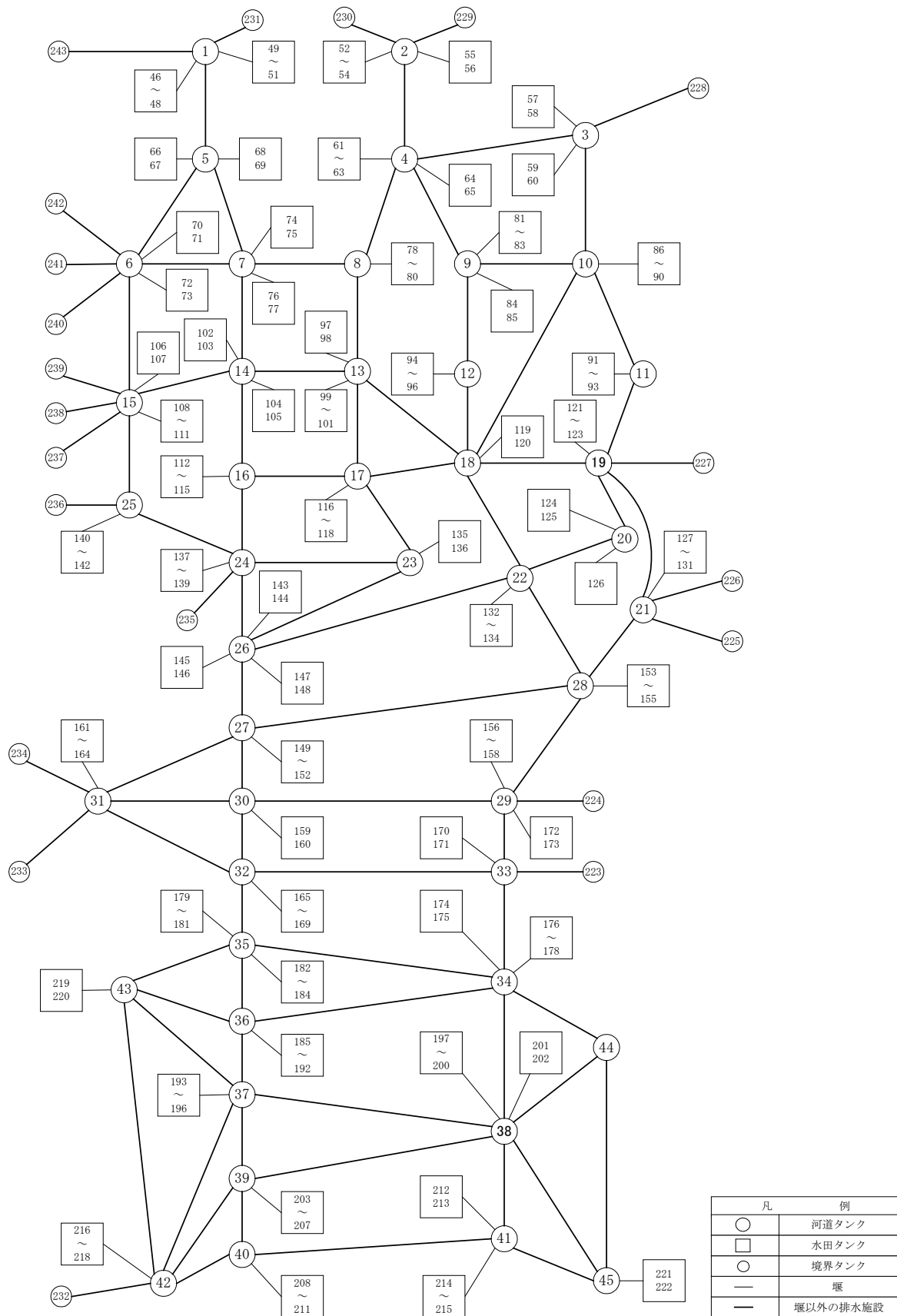


図-9.26 流域模式図（流域3）

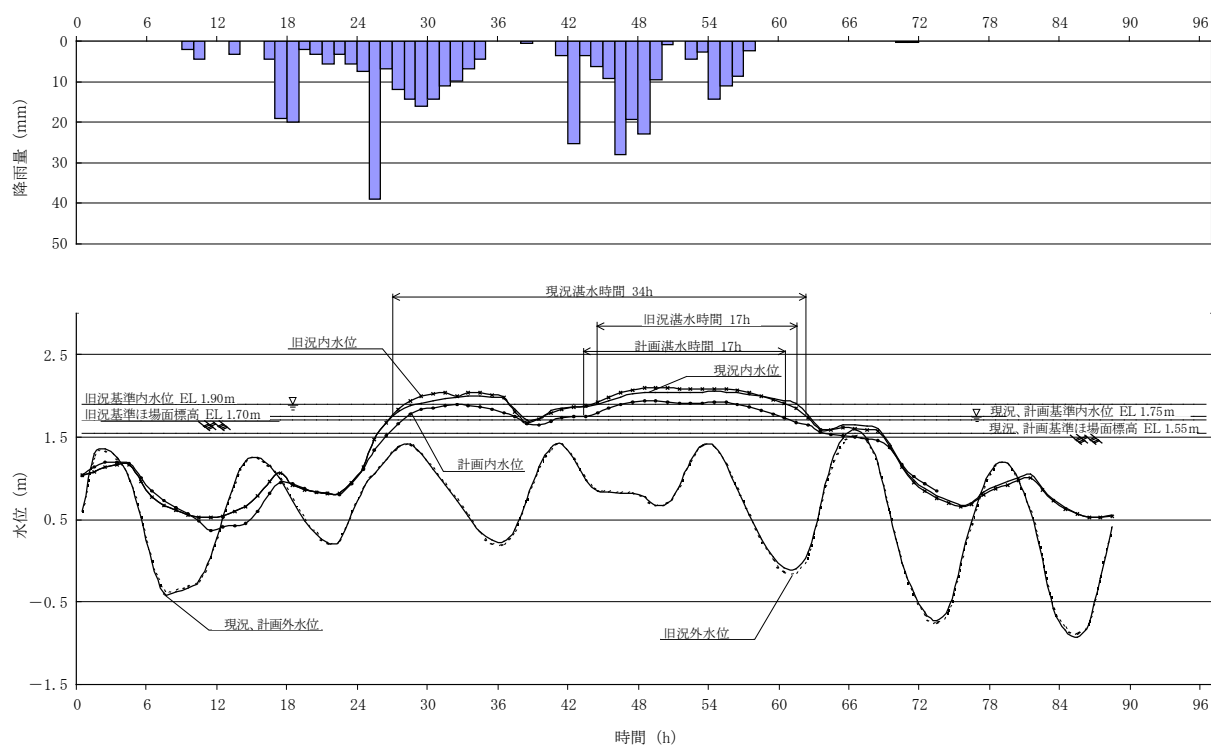


図-9.27 A ポンプ場 21 ブロック水位 - 流量曲線

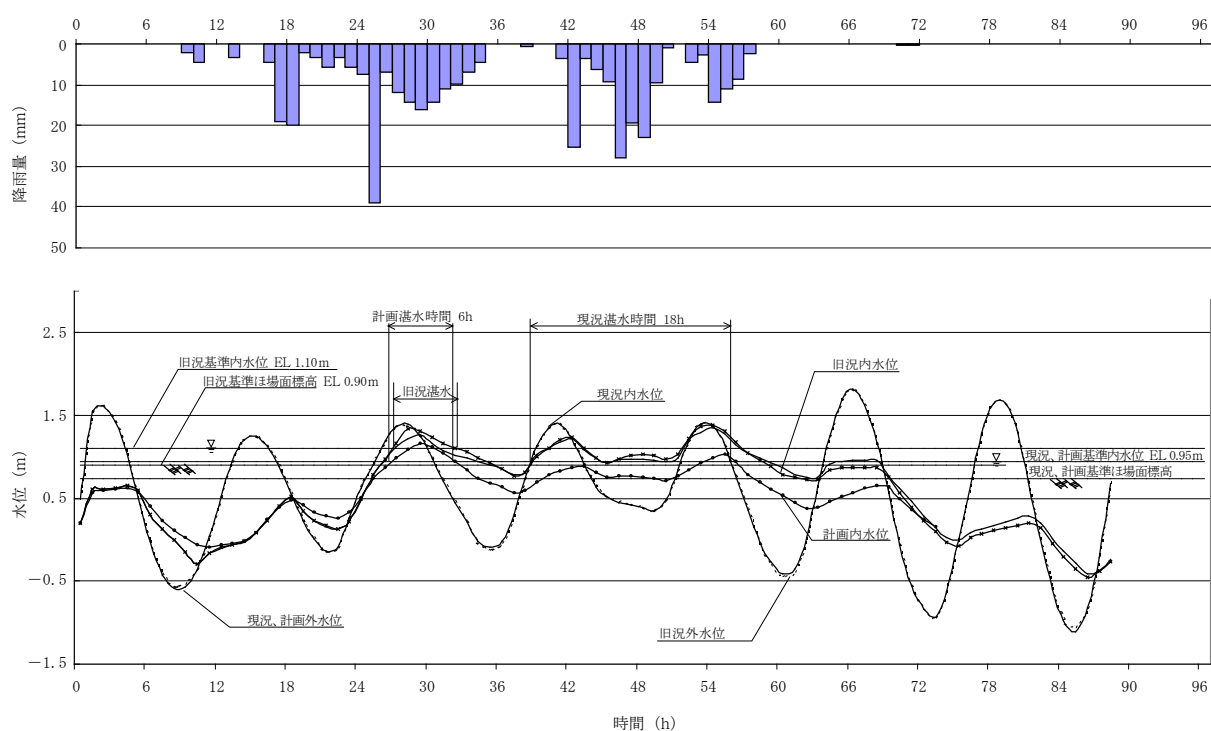


図-9.28 B ポンプ場 31 ブロック水位 - 流量曲線

9.5.3 不定流モデルの事例－S地区－

(1) 地区の概要

本地区の基幹排水施設は、昭和36年度からの県営地盤沈下対策事業及び昭和49年度からの県営ほ場整備事業により整備がなされてきたが、近年の地域開発及びその後の地盤沈下等に起因した

洪水の流出形態の変化により、農地及び農業用施設に多大な被害が発生している。

このため、本事業及び関連事業により地区内全般の排水施設の機能を回復するとともに、本事業と併せ行う農地防災排水事業及び関連事業で災害を未然に防止することにより、農業生産の維持及び農業経営の安定を図り、併せて国土の保全に資することを目的とするものである。

(2) 計算手法の選定

計算手法の選定に当たっては、以下に示す理由により氾濫域の計算に不定流モデルを採用した。また、実績降雨の資料に基づき、計算手法の妥当性を検証した結果、湛水区域及び内水位を再現でき、その妥当性を確認した。

ア 本地区では、湛水被害の未然防止、水田の汎用化による農業生産性の向上、国土資源の保全等の観点から国営総合農地防災事業の実施を計画していた。国営総合農地防災事業での計画策定に当たっては、機能低下率を算出する必要がある、湛水深とともに重要な指標となる湛水面積と湛水時間を算定するためには、氾濫域の計算を実施する必要がある。

イ 本地区の基幹排水路における洪水の流れの状況は、以下のとおりである。

(ア) 低平な完全輪中地帯であることから、下流水位の影響を受けやすい。

(イ) 常時、洪水時ともに機械排水に依存している地区であることから、ポンプの運転状況に応じて時間的な流量変化が発生する。

ウ 基幹排水路における洪水の流れを精度よく計算する必要があることから、氾濫域の計算手法として基幹排水路には不定流モデルを、水田区域には遊水池モデルを採用する。

(3) 地区のモデル化

本地区のモデル化は、以下のとおり行った。

ア ブロック分割

基幹排水路は、水路内の水の流れを計算するため不定流ブロックとして設定した。

水田区域と基幹排水路若しくは水田区域間における流出入は、数多くの樋管により行われている。これらの流出入を反映させるため、水田区域は現況の排水系統に基づき小排水路又は支線排水路掛の流域界で分割した（おおむね20～100ha）。分割した水田区域を、それぞれ遊水池モデルとして設定した。

イ 水路ブロック（不定流モデル）

基幹排水路には小排水路が約230mごとに流入することから、基幹排水路は500mごとに分割した。

ウ 水田ブロック（遊水池モデル）

地形図（ $S=1/5,000$ ）を用い20cmごとに標高別面積を求積し、内水位－湛水量曲線を作成した。

エ 排水施設

地区内の排水施設は、それぞれ以下のとおりモデル化を行った。

(ア) 排水機場：不定流モデルの下流端に設定し、ポンプ吐出し量をその地点の流下量として与えた。ポンプ吐出し量は、内外水位差とポンプ特性曲線から求めた。

(イ) 基幹排水路内の水利構造物（水門等）：水利構造物によって生ずる損失水頭と不定流モデルの区間距離 Δx の摩擦損失水頭が等しくなるように、換算粗度係数を設定した。水利構造物による損失水頭は、流れの状態により算出式を区分した。

(ウ) 不定流モデルと遊水池モデルを接続する樋管：樋管の上下流ブロック水位を用いて、樋管の流量公式から流出量を算定し、その流出量を不定流ブロックの横流入量として与えた。流出量は、流れの状態により流量公式を区分した。

(4) 計算諸元

ア 降雨

計画基準降雨は、近傍の雨量観測所3地点を対象にティーセン法により流域平均雨量を算定し、対象観測所の過去47年間の降雨資料から岩井法による確率計算を行い、1/30年確率降雨量を採用した。

イ 外水位

排水本川の河口潮位を出発水位として不等流計算を行い、排水機場地点の外水位(排水本川水位)を算定し、各地点の最高水位を計画基準外水位とした。また、本計画では、内外水位のピーク発生にどのようなズレが生じて、安全を見込んだ運転が可能になるように、外水位を一定として与えた。

ウ 流出量

流出量の計算手法として、水田からの流出は欠口流出法、畑、樹園地及び市街地からの流出はキネマティックモデルを採用した。

実績降雨の資料に基づき、計算諸元(欠口幅、斜面長、等価粗度等)を設定した。

(ア) 水田からの流出計算

水田に降った雨は、一時的に貯留された後、水田の欠口部から流出するとして清野¹⁷⁾によって提案されたものである。

一区画の水田については、次の連続方程式が成り立つ。

$$\frac{dh}{dt} = (R(t) \times A \times C - q) / A \dots\dots\dots (9.58)$$

ただし、 t : 時間(hr)、 h : 水田水深(m)、 q : 欠口部流出量(m^3/s)、

A : 一区画水田面積(ha)、 R : 降水量(mm)、 C : 補正係数(=1/360)

欠口部の流出量算定式(本間公式、完全越流状態と考える)

$$q = 0.35 \times B \times h \times (2gh)^{1/2} \dots\dots\dots (9.59)$$

ただし、 q : 欠口部流出量(m^3/s)、 B : 欠口幅(m)

h : 越流水深(m)、 g : 重力の加速度($9.8m/s^2$)

(9.58)、(9.59)式の解法は、ルンゲ・クッタの式によった。

表-9.17 水田の標準モデル

区 分	U地区(ほ場整備地区)	K地区(ほ場未整備地区)
面 積	7.65ha(225m×340m)	6.33ha(110m×575m)
筆 数	20 筆	24 筆
欠口数	20 か所	24 か所
欠口幅	30cm(畑利用の場合は60cm)	30cm(畑利用の場合は60cm)

(イ) 畑、樹園地及び市街地からの流出計算

「9.3.3 雨水流法(キネマティックモデル)」に示す(1)キネマティックモデルの基礎式により算出した。

表-9.18 畑、樹園地及びその他の標準モデル

区 分		畑及び樹園地	その他(宅地及び道路)
斜 面	斜 面 長	$B=100\text{m}$	$B=100\text{m}$
	斜 面 勾 配	$i=1/100$	$i=1/100$
	等価粗度係数	$N=0.5$	$N=0.1$
流 路	流 路 長	$L=180\text{m}$	$L=180\text{m}$
	水 路 勾 配	$i=1/1,000$	$i=1/1,000$
	粗 度 係 数	$n=0.05$	$n=0.05$
	断 面 定 数	$K_1=0.30963$ $Z=0.42825$	$K_1=0.30963$ $Z=0.42825$

(ウ) 計算結果

(ア)、(イ)により求めた流出量を表-9.19 に示す。

表-9.19 地目別ピーク流出量

地 目	ピーク流出量 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$)
水田(U地区)	2.843
水田畑利用(U地区)	4.007
水田(K地区)	3.442
水田畑利用(K地区)	4.809
畑・樹園地	5.719
その他	9.088

(5) 氾濫域の計算結果(計画施設規模の検討)

現況の排水施設として最下流部のS排水機場、中流部のT排水機場が稼働しているが、流域の上流域から流出した洪水が最下流のS排水機場まで到達するには7時間以上かかり、S排水機場のポンプ影響範囲は、下流域程度となっている。

この排水状況を踏まえ、排水施設の計画としてはT排水機場のポンプ増強と上流域に排水機場を新規に設置する計画とし、排水路の新設及び改修も併せて行われることとした。

計画施設規模は、前出の氾濫域計算モデルを用いて、整備水準を満足する施設規模を決定した。ここでいう整備水準とは、1/30年確率降雨量に対して30cmを超える湛水が24時間以内に解消される施設規模である。

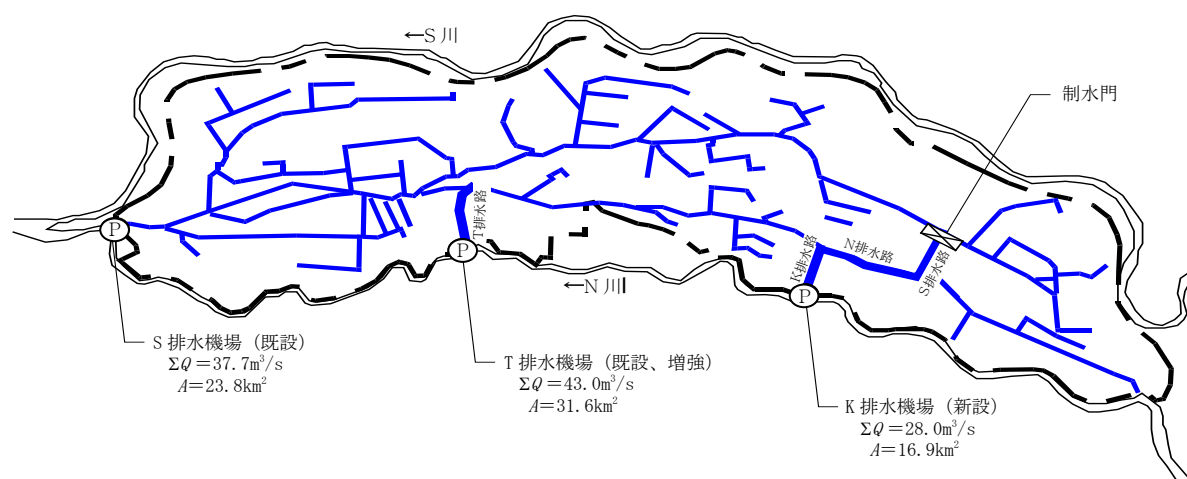
計算結果を表-9.20に示す。計画1のケースでは整備水準を満足しないため、計画2のケースを採用案とした。

表-9.20 計算結果一覧表

計算 ケース	項目	S排水機場 (既設)	T排水機場 (既設、増強)	K排水機場 (新設)	備考
現況	ポンプ規模(m^3/s)	37.7	17.1	—	
	湛水時間(h)	106	77	—	
	湛水面積(ha)	804	157	—	
計画1	ポンプ規模(m^3/s)	37.7	42.5	27.5	
	湛水時間(h)	26	25	25	
	湛水面積(ha)	63	44	67	施設規模不足
計画2 (採用)	ポンプ規模(m^3/s)	37.7	43.0	28.0	
	湛水時間(h)	24	24	24	
	湛水面積(ha)	56	41	65	整備水準満足

※湛水時間、湛水面積は、湛水深30cmを超える時間及び面積を示す。

流域模式図を図-9.29に示す。



参考文献

- 1) 角屋 睦：流出解析手法（その 1）—雨水流出現象とその計測・解析—、農土誌 47(10)、pp. 70～71(1979)
- 2) 角屋 睦：流出解析手法（その 1）—雨水流出現象とその計測・解析—、農土誌 47(10)、p. 71(1979)
- 3) 角屋 睦：流出解析手法（その 1）—雨水流出現象とその計測・解析—、農土誌 47(10)、pp. 71～72(1979)
角屋 睦：流出解析手法（その 9）—補給能モデルによる地下水流出解析—、農土誌 48(9)、pp. 53～59(1980)
- 4) 角屋 睦：流出解析手法（その 3）—単位図法による洪水流出解析—、農土誌 47(12)、p. 29(1979)
- 5) 角屋 睦：流出解析手法（その 15・最終講）—土地利用変化に伴う流出変化、農土誌 49(6)、pp. 59～64(1981)
- 6) 角屋 睦：流出解析手法（その 10）—貯留関数法による洪水流出解析—、農土誌 48(10)、pp. 43～50(1980)
- 7) 角屋 睦・永井明博：流出解析手法（その 12）—タンクモデルと SP 法による最適同定—、農土誌 48(12)、pp. 51～59(1980)
- 8) 田中丸治哉：タンクモデル定数の大域的探索、農土論集、178、pp. 103～112(1995)
- 9) 永井明博：洪水流出タンクモデルの総合化に向けて、農土論集、176、p. 95～103(1995)
- 10) 角屋 睦：流出解析手法（その 6）—雨水流法-表面流出モデルによる洪水流出解析—、農土誌 48(6)、pp. 37～43(1980)
- 11) 角屋 睦：流出解析手法（その 1）—雨水流出現象とその計測・解析—、農土誌 47(10)、p. 69(1979)
- 12) 藤井孝蔵：流体力学の数値計算法(1994)
- 13) 日本機械学会：計算力学ハンドブック(2006)
- 14) 角屋 睦・永井明博：流出解析手法（その 11）—SDFP 法による貯留関数の最適同定—、農土誌 48(11)、p. 65(1980)
- 15) 永井明博・四方田穆・奥谷順彦：洪水流出モデル定数の相互関係、農土論集、129、pp. 69～76(1987)
- 16) 角屋 睦・早瀬吉雄：流出解析手法（その 14）—低平地タンクモデルによる洪水解析—、農土誌 49(4)、pp. 45～56(1981)
- 17) 清野 保：低湿地における排水機操作による用排水改良の研究、農業土木研究 30(4)、pp. 201～209(1962)

10. 常時排水量の計算

(基準、基準の運用第3章 3.3.7 関連)

10.1 基本事項

常時排水量は、内部流域の日常の降雨流出の他、地下水流出、かんがい用水、宅地等からの排水等を含む常時の排水量であり、日平均排水量 (m^3/s) として扱う。

排水計画を樹立するに当たっては、まず計画常時排水量を検討し、次には場の常時の排水改良の目標となる地下水位を適切に管理できるように排水施設の規模及び機能を検討しなければならない。また、常時排水量の管理は、地域の生態系を含む自然環境に影響をもたらすことも想定されるため、生態系の保全を踏まえた検討を行うことが望ましい。

10.2 常時排水量の計算

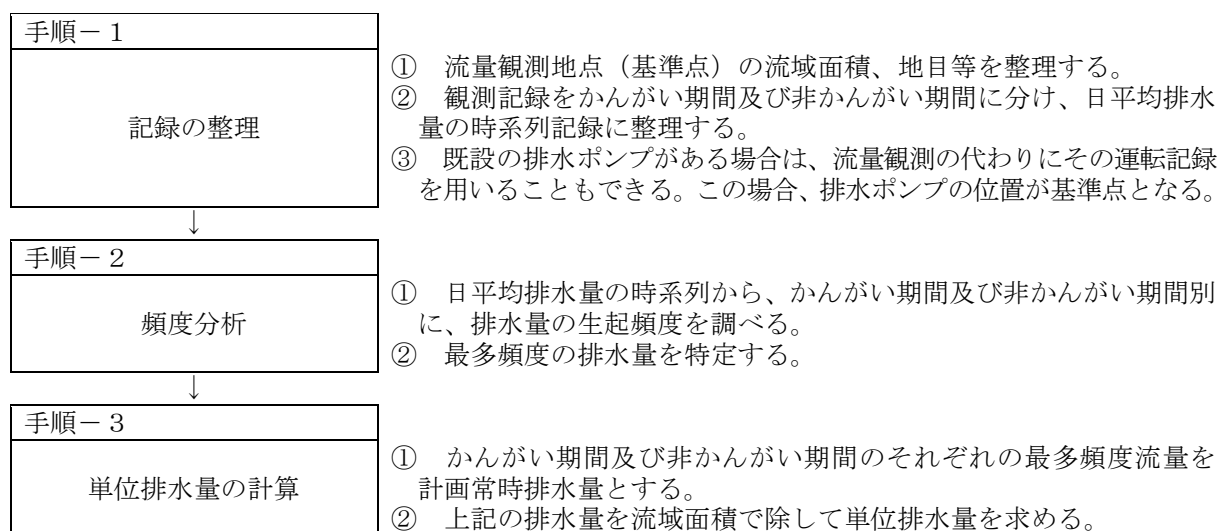
内部流域の計画常時排水量は原則として実測値から求めるが、その方法は次のいずれかによることができる。

- ・ 観測による方法
- ・ 低水流出解析による方法

10.2.1 観測による方法

受益区域内又は近傍の立地条件が同等の地区に基準点を設定し、排水量の連続流量観測を行い、以下の手順で記録の頻度分析を行い、計画常時排水量を求める。

(流量観測については、「2. 調査(精査)」の項参照)。



なお、観測によって計画常時排水量を計算する場合は、以下の事項に留意しなければならない。

- (1) 流量観測の基準点は、排水系統や土地利用状況等を踏まえ、流域界が明確に設定でき、かつ下流水位の影響を受けない地点を選定する。
- (2) 流量観測の観測期間は、かんがい期間及び非かんがい期間の排水量の特徴を抽出するために、1年以上が望ましい。

常時排水量は、上記の手順に示すように、日平均排水量を実測してその度数分布から求めることを原則とするが、計画初期はあまり高い精度の値でなくても間に合うので、資料の少ない場合は表-10.1に示す値の範囲で適当と思われる値を選定してもよい。

表-10.1 計画常時排水量の参考値

区分	常時排水量
かんがい期	0.1 ～0.4 $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$
非かんがい期	0.05～0.1 $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$

〔参考〕計画常時排水量の推定事例

既設の排水ポンプの運転記録から常時排水量を推定した事例を表-10.2に示す。

表-10.2 常時排水ポンプによる常時排水量の推定事例

地区名	事業	流域面積 (km ²)	常時排水量 (m ³ /s)	比流量 (m ³ /(s・km ²))	備考	
新川右岸 (新潟)	かんがい 排水	54.94	20.20	0.368	かんがい期	本地区は、低平地で用水の残 水が大きい地区である
			4.00	0.073	非かんがい期	
白根郷 (新潟)	農地防災	72.3	10.280	0.140	昭和 51 年～平成元年のかんがい期(5～8 月) の無降雨日の排水量より算出	
阿賀野川右岸 (新潟)	農地防災	212.0	36.000	0.170	昭和 53～59 年のかんがい期間中のポンプ運 転記録より算出	
射水郷 (富山)	農地防災	東部 30.390	2.844	0.094	かんがい期間中の無降雨期間のポンプ運転 記録より算出	
		西部 28.823	1.843	0.064		
巨椋池 (京都)	農地防災	25.1	2.0～5.0	0.08～0.20	かんがい期	降雨流出の影響を受けない 期間におけるポンプ運転記 録より算出
			1.0～2.0	0.04～0.08	非かんがい期	

11. 排水路

(基準、基準の運用第3章 3.4.2 関連)

11.1 勾配と断面

11.1.1 マニング平均流速公式

$$Q = A \cdot V \quad \dots\dots\dots (11.1)$$

ここに、 Q ：流量 (m^3/s)、 A ：通水断面積 (m^2)、 V ：平均流速 (m/s)

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (11.2)$$

ここに V ：平均流速 (m/s)、 n ：粗度係数 ($\text{s}/\text{m}^{1/3}$)、 R ：径深 (m)、 I ：水路底勾配

粗度係数 n は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」を参照すること。

11.1.2 最大許容流速

最大許容流速は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」を参照すること。

11.1.3 最小許容流速

排水路内の流速が緩すぎると土砂が堆積し、通水断面が減少するおそれがある。また、堆積した土砂に水草が繁茂する原因にもなる。したがって、土砂が堆積しないための排水路の最小許容流速を設定することが望ましい。この場合、最小許容流速を設定するための対象流量は、1/2年確率流量程度とする。

水の流れによる土砂の動きは、掃流形式によるものと浮遊形式によるものがある。前者は、土砂が河床上を流水の直接的作用により転動、滑動しながら輸送されるものをいう。後者は、乱れの拡散作用によって、土砂が断面全体を浮流しながら輸送されるものをいう。また、水路内においては、平均流速 V と摩擦速度 u_* の比 (V/u_*) は一般に 8～25 倍程度¹⁾であるため、以下により摩擦速度等を求め、最小許容流速の目安とすることができる。

(1) 掃流力

土砂は水の流れによって、水からせん断応力を受ける。この力は土砂を流れの方向に押し流そうとする力であり掃流力と呼ばれる。掃流力が一定の限界を超えると、土砂の移動が始まる。この限界値を限界掃流力という。

掃流力は、式(11.3)²⁾に示すとおり、摩擦速度 u_* を用いて表すことができる。

$$\tau_0 = \rho g R I_f = \rho u_*^2 \quad \dots\dots\dots (11.3)$$

ここに、 τ_0 ：掃流力 ($\text{g}/(\text{cm} \cdot \text{s}^2)$)、 ρ ：水の密度 (g/cm^3)、 g ：重力加速度 (cm/s^2)、 R ：径深 (cm)、 I_f ：流水のエネルギー勾配、 u_* ：摩擦速度 (cm/s)

限界掃流力 ($\tau_c = \rho u_{*c}^2$) は、式(11.4)²⁾の岩垣の式より粒径別の限界摩擦速度 u_{*c} を算出して求める。

$$\begin{aligned}
d \leq 0.0065 & \quad u_{*c}^2 = 226d \\
0.0065 \leq d \leq 0.0565 & \quad u_{*c}^2 = 8.41d^{11/32} \\
0.0565 \leq d \leq 0.1180 & \quad u_{*c}^2 = 55.0d \quad \dots\dots\dots (11.4) \\
0.1180 \leq d \leq 0.3030 & \quad u_{*c}^2 = 134.6d^{31/32} \\
0.3030 \leq d & \quad u_{*c}^2 = 80.9d
\end{aligned}$$

ここに、 d ：粒径(cm)、 u_{*c} ：限界摩擦速度(cm/s)

(2) 沈降速度

土砂が浮遊するための浮遊限界の目安は、静水中における粒子の沈降速度 V_f と摩擦速度 u_* の関係から、式(11.5)³⁾となる。

$$u_* = V_f \quad \dots\dots\dots (11.5)$$

沈降速度 V_f は、式(11.6)³⁾のルベイの実験式より算出する。式(11.6)において、 $s=1.65$ 、 $\nu=0.01\text{cm}^2/\text{s}$ 、 $g=980\text{cm}/\text{s}^2$ とくと、沈降速度 V_f は、土砂の粒径 d から算出することができる。

$$\frac{V_f}{\sqrt{sgd}} = \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36\nu^2}{sgd^3}} - \sqrt{\frac{36\nu^2}{sgd^3}} \quad \dots\dots\dots (11.6)$$

ここに、 V_f ：沈降速度(cm/s)、 s ：砂の水中比重、 g ：重力加速度($980\text{cm}/\text{s}^2$)、

d ：土砂の粒径(cm)、 ν ：動粘性係数(cm^2/s)

(3) 最小許容流速の設定

岩垣の式及びルベイの式を用いると、限界摩擦速度 u_{*c} 及び沈降速度 V_f は粒径 d の関数となり、図-11.1に示す関係となる。

図-11.1に示した曲線では、土砂の流下においておおむね0.0125cm以上の粒径では掃流力が支配的であり、それ以下の粒径では沈降速度が支配的であることから²⁾、対象とする粒径により適用範囲を設定する必要がある。

設定した限界摩擦速度若しくは沈降速度を8～25倍することで平均流速 V が求まり、これが土砂の堆積を防ぐ最小許容流速の目安となる。

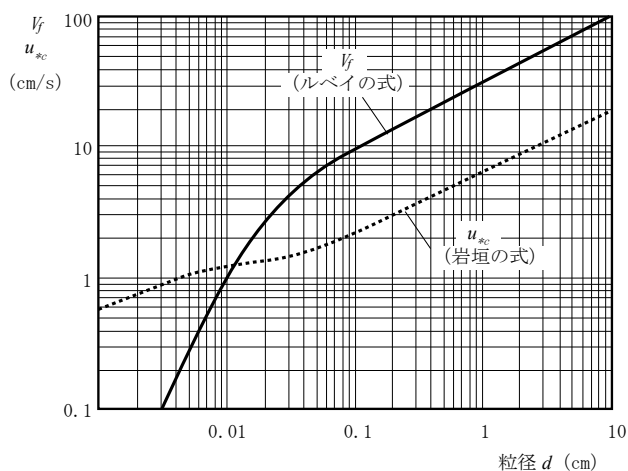


図-11.1 沈降速度 V_f 、限界摩擦速度 u_{*c} と粒径の関係
($s=1.65$ 、 $\nu=0.01\text{cm}^2/\text{s}$ の場合)

11.1.4 側法勾配

水路の法勾配は土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」を参照すること。

11.1.5 設計水位

排水路の設計水位は、水路に沿う地盤標高を超過してはならない。ここでいう設計水位とは、排水路に設計流量を流下させた場合の水位である。

なお、湛水を許容している地区において、排水路の設計流量を超える流出が発生した場合の内水位は地盤標高を超過するが、設計流量を流下させた場合の設計水位は、水路周辺の地盤標高を超えないように計画する。

11.1.6 余裕高

排水路の余裕高は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」により算定し、所定の数値を見込むものとする。

11.1.7 計画水路深

計画水路深は、原則として計算によって求められた必要最小水深と現地暗渠の埋設深等より求められる現況最小水深のいずれか大きい方を採用する。

現況最小水深＝ほ場暗渠埋設深＋平水深

ほ場暗渠埋設深は通常 0.5～0.8m 程度である。また、平水深は常時排水量に相当する水深とする。

11.1.8 断面の変化

計画水路断面は、計画流量の1/4程度の変化があった場合変化させることを原則とする。

参考文献

-
- 1) 椿東一郎：水理学Ⅰ、森北出版、p. 109(1973)
 - 2) 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）、p. 226(2010)
 - 3) 椿東一郎：水理学Ⅱ、森北出版、pp. 233～234(1974)

12. 排水水門

(基準、基準の運用第3章 3.4.3 関連)

12.1 ゲートの分類と特徴

12.1.1 ゲートの分類¹⁾

規模による分類では、ローラゲート及びスライドゲートは扉体面積により、以下のように分類されている。また、排水施設で主に用いられるゲートを表-12.1に示す。

【ゲートの規模】

- ① 小形水門扉：10m²未満
- ② 中形水門扉：10m²以上50m²未満
- ③ 大形水門扉：50m²以上

表-12.1 排水施設での適用ゲート²⁾

施 設	設置目的	よく使用されるもの	まれに使用されるもの
ポンプ場	吐出しゲート	ローラゲート スライドゲート	
排水水門	排 水 門	ローラゲート シェル構造ローラゲート 2 段式ローラゲート スイングゲート マイターゲート	バイザーゲート ラジアルゲート
	排 水 樋 門	ローラゲート スライドゲート フラップゲート	
共 通	修理用ゲート	ローラゲート スライドゲート 角落し	フローティングゲート 楕式ゲート

12.1.2 排水施設に使用されるゲートの特徴

(1) ローラゲート

扉体に取り付けた車輪(ローラ)により全水圧を支持し開閉を行うゲートで、扉体がガーダ構造のものをいう。ローラゲートは最も一般的なゲート型式であり、ダムの洪水吐(クレストゲート)、頭首工、用排水ポンプ場、水路、排水水門等、広範囲に使用される。

(2) シェル構造ローラゲート

扉高に対して径間の大きなゲートで、扉体断面を殻構造(シェル構造)とした型式をいう。越流形と非越流形があり、扉体上面(越流面)の形状が異なる。取水堰、排水門等に使用される。

(3) スライドゲート

扉体両側部の戸当りとの接触面に支圧板(摺動板)を取り付けて水圧を支持し、水密を行うゲートである。構造は単純であるが、水圧荷重を受けながら開閉操作を行う場合は抵抗力が大きいため、一般に小形で低水圧のゲートに採用される。頭首工の取水口及び沈砂池、用排水ポンプ場、水路、排水樋門のゲート等に使用される。

(4) スイングゲート

片開き式のドアと同じ機構のゲートで、扉体の片側にヒンジを設けてピアに取り付ける。開閉は水平面で90°回転して行い、全閉時はスライド形式のゲートと同様の水圧支持状態となる。開閉を円滑に行うため、扉体底部に車輪を設けたものもある。全開時には水路上に構造物が残らないため、主に舟運のある排水門や閘門に使用されることが多い。

(5) マイターゲート

水路幅の大きい場合にはスイングゲートを水路左右岸に対称に設置し、全閉の姿勢は、平面で合掌形(観音開き)になるゲートをいう。通船に便利であるので、閘門等に使用されることが多い。また、扉体を鉛直面からやや傾けて、閉方向のモーメントを確保している。

(6) フラップゲート

排水樋門等に設けられるゲートで、扉体上部にヒンジを設置して取り付ける。

排水時には水圧で「開」となり、逆圧が作用するとその水圧によって「閉」となる。水密性を良好にするため、扉体は3～5°傾斜させるのが一般的である。動作の状態から「招き扉」とも呼ばれている。無動力で開閉できるが、点検及び整備用に開閉装置を設ける場合もある。

(7) 修理用ゲート(角落し)

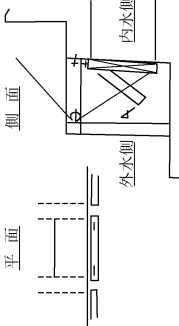
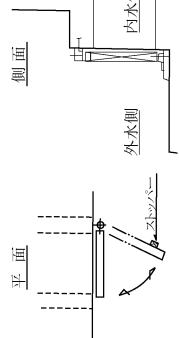
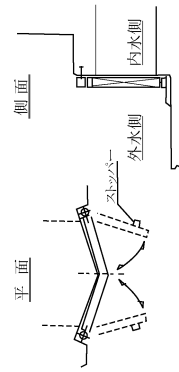
排水門のゲートの点検及び整備時に内水位を保持するために代替使用する修理用ゲートで、扉体は運搬格納等に便利のように上下方向を複数のブロックに分割し、使用時は積み重ねて1門分とする。径間の長い水門等では、中間支柱を設けて扉体を径間方向にも分割する場合がある。

12.1.3 排水樋門

表-12.2に、排水樋門の主ゲート用として用いられる3タイプの特徴を述べる。

なお、ローラゲートやスライドゲートは、非常遮断ゲートとして用いられる。

表-12.2 排水樋門に用いられる主ゲートの特徴

ゲート名	フラップゲート	スイングゲート	マイターゲート
ゲート概略図			
ゲート構造	水平方向（上部）に回転軸を設け扉体は内外水位差により自動的に開閉し内水排除及び外水の流入を防止するゲートである。ごみの噛み込みを防止するため扉体側部を開ける必要があるため土木構造物の幅が大きくなる。	鉛直方向に回転軸を設け、扉体は内外水位差により横方向に開閉し、内水排除及び外水の流入を防止するゲートである。また、ゲート開度は75°程度である。	回転軸の構造は、スイングゲートと同様であるが、通水断面に対して扉体は左右2枚で構成される。
排水性	扉体を吊下げる構造のため、扉体自重が閉方向のモーメントとして作用し大きい抵抗となるので、排水性能は他のゲートより劣る。	横方向の開閉で水路側部から開き、また、開方向のトルクはマイターゲートよりも大きくなるので排水性能は良い。	流速の早い合掌部から開くため、排水性能は最も良い。
止水性	扉体自重が閉方向のモーメントとして作用するため、止水性能は最も良い。	閉方向のモーメントを確保するため戸当り上下に傾斜を設けるが、閉方向トルクが小さいため止水性能は劣る。	スイングゲートに比べ1枚の扉が小さくなり不利である。特に、開度同調装置がないと均等に閉まらないため、合掌部からの逆流が生じ止水性能は最も劣る。
維持管理	ゲート構造上、ごみの噛み込みは避けられないが、扉体巻上によりごみ排除は容易に行える。	マイターゲートに比べ合掌部がないので、噛み込み頻度は少ない。	ごみにより局部に作用する軸荷重によって、扉体や軸受部を破損させるおそれがある。
保守点検	扉体を巻上機により水面上に引き上げられるので、保守点検は容易である。	水面上に引き上げられないため、水位の低下が図れない場合、保守点検は不利である。修理用ゲートを使用して保守点検等が行われる。	合掌部の水密点検を定期的に行う必要がある。また、水面上に引き上げられないため、水位の低下が図れない場合は保守点検について最も不利である。修理用ゲートを使用して保守点検等が行われる。

上記のほか、河川排水門に浮体構造をもつ起伏ゲートが用いられる場合がある。このゲートは、浮力により起伏ゲートが開閉する構造で、背後水位により起伏し流水が扉体上部を流れるため、ごみの噛み込みが少ない特徴をもっている。

12.1.4 門扉の開閉装置

表-12.3に水門扉と開閉装置の一般的な組合せを示す。

表-12.3 開閉機組合せ一覧表³⁾

水門扉の種類	規模 用途	開閉装置の型式					
		機械式			油圧式		
		ワイヤロープ ウインチ式	ラック式	スピンドル式	シリンダ式	シリンダ ワイヤロープ式	油圧モータ ワイヤロープ式
ローラ ゲート	大形	○	×	×	△	△	△
	中形	○	△	△	△	△	△
	小形	△	○	△	△	×	×
スライド ゲート	中形	×	○	△	×	×	×
	小形	×	○	○	△	×	×
	高圧	△	×	○	○	×	×

フラップゲートは、ゲートの構造上ごみの噛み込みは避けられないため、維持管理用に小型のワイヤロープウインチ式が用いられることが多い。

また、ゲートと側壁間隔を大きくすることにより噛み込み防止を図ることや、外水逆流監視装置等を設置することがある。

12.2 排水水門等の流量計算

排水水門等の水理計算は、内外水位の時間的変化に基づく非定常流となり厳密には複雑な計算となるが、実用上近似計算法を用いて差し支えない。

水理計算上から排水水門等の構造を分類すれば、堰、水門及び管渠等となり、それぞれの場合に使用すべき諸公式は以下のとおりである。

12.2.1 堰としての流量公式⁴⁾

堰を越える流れの状態は、越流状態 h'/h により、越流量が下流水位の影響を受けない完全越流、堰上に射流部分のないもぐり越流、両者の中間的な状況となる不完全越流の3種類に分類される。

$$\text{完全越流： } Q = CBh^{3/2} \dots\dots\dots (12.1)$$

$$m_1=0\sim4/3, m_2\geq5/3 \quad : C=1.37+1.02(h/W)$$

$$m_1=0\sim2/3, m_2=1/1\text{付近} \quad : C=1.28+1.42(h/W)$$

$$m_1=0\sim1/3, m_2=2/3\text{付近} \quad : C=1.24+1.64(h/W)$$

$$m_1=m_2=0, h/L<1/2 \quad : C=1.55$$

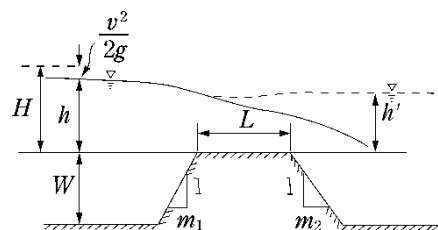


図-12.1 台形堰の諸元

上式は完全越流におけるものであり、完全越流の流量係数値をもとに、不完全越流、もぐり越流での流量は、式(12.2)、式(12.3)で表される。

$$\text{不完全越流： } Q = C(\alpha \cdot h'/h + \beta)Bh^{3/2} \dots\dots\dots (12.2)$$

$$\text{もぐり越流： } Q = \gamma CBh'(h - h')^{1/2} \dots\dots\dots (12.3)$$

ここで、 Q ：越流量(m^3/s)、 B ：堰幅(m)、 h ：越流水深(m)、 h' ：堰頂を基準とする下流水深(m)、 m_1 ：上流面勾配(m)、 m_2 ：下流面勾配、 C ：流量係数($\text{m}^{1/2}/\text{s}$)、 W ：堰高(m)、 L ：堰長(m)
 α 、 β 、 γ は定数であり、各越流状態の h'/h の範囲及び α 、 β 、 γ を表-14.4に示す。

表-12.4 台形堰の越流状態と h'/h の関係及び定数値

上流面勾配 m_1	下流面勾配	完全越流	不完全越流			もぐり越流	
		h'/h の範囲	h'/h の範囲	定数		h'/h の範囲	定数
				α	β		γ
0~4/3	$\geq 5/3$	~0.6	0.6~0.7	-0.030	1.018	0.7~	2.6
0~2/3	1/1 付近	~0.45	0.45~0.8	-0.200	1.090	0.8~	2.6
0~1/3	2/3 付近	~0.25	0.25~0.8	-0.124	1.032	0.8~	2.6
$m_1=m_2=0$ 、 $h/L < 1/2$		~2/3	—	—	—	2/3~	2.6

12.2.2 管路としての流量公式

満流で流れる管又は暗渠の場合は次式を用いる。管内の平均流速 V は、

$$V = \sqrt{\frac{2gH}{1+f_e+\Sigma f_n+f\frac{L}{4R}}} \quad \dots\dots\dots (12.4)$$

ただし、 H ：水頭差、 L ：管路の長さ

R ：径深（円形断面の場合は直径を D とすると、 $R=D/4$ ）

f 、 f_e 、 Σf_n は、それぞれの摩擦、流入及びそれ以外の損失水頭係数で以下のとおりである。

① 摩擦損失水頭係数：

$$f = \frac{124.5n^2}{D^{1/3}} \quad \dots\dots\dots (12.5)$$

ここで、 n ：粗度係数

② 流入損失水頭係数：

f_e ：1.0~0.01 （図-12.2 参照）

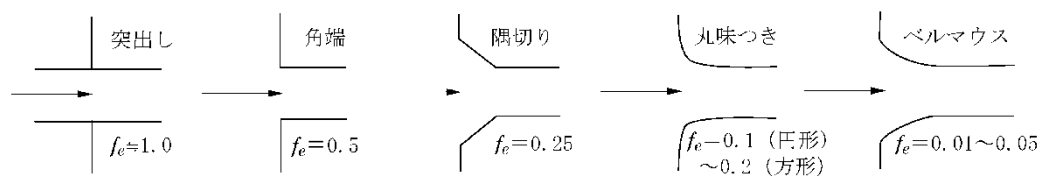


図-12.2 流入損失水頭係数

③ 流入以外（漸拡、曲り）の損失水頭係数

$$\Sigma f_n = f_0 + \Sigma f_{b1} \cdot f_{b2} = (\text{漸拡}) + (\text{曲りの総和}) \quad (\text{図-12.3 参照})$$

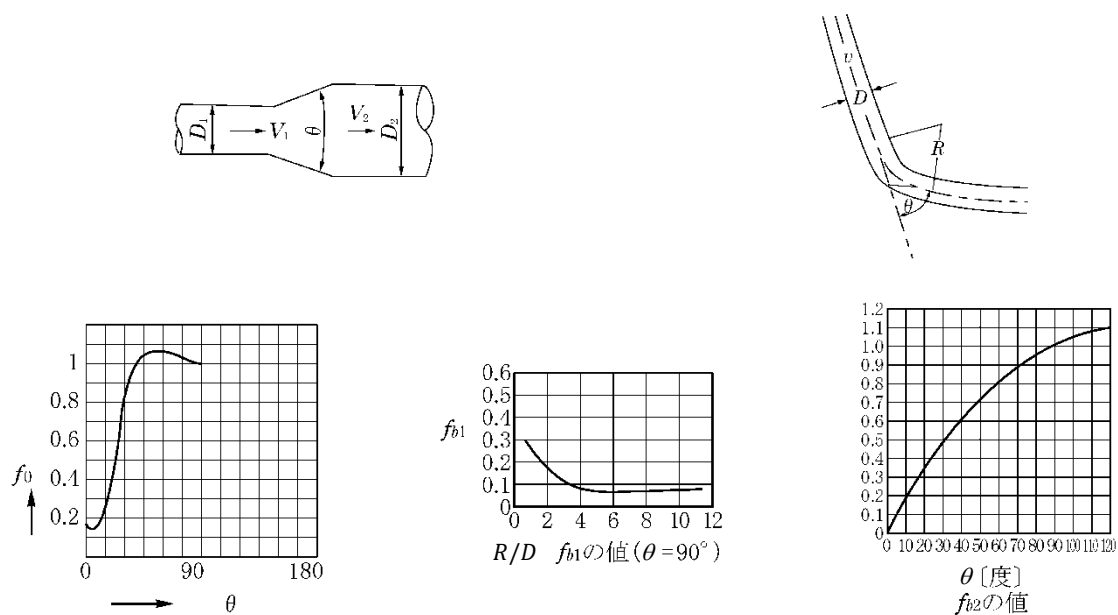


図-12.3 漸拡、曲りの損失水頭係数

12.2.3 排水樋門としての流量公式⁵⁾

(1) スライドゲート付樋門の流量公式(図-12.4)

$$\text{満流} \quad Q = \mu \cdot B \cdot d_a \sqrt{2g\delta} \quad \mu : 1.04 \sim 1.11 \quad \dots\dots\dots (12.6)$$

$$\text{常流} \quad Q = \mu \cdot B \cdot H \sqrt{2g\delta} \quad \mu : 1.00 \sim 1.13 \quad \dots\dots\dots (12.7)$$

$$\text{限界流} \quad Q = 1.7\mu \cdot B \cdot H_e^{3/2} \quad \mu : 0.88 \sim 0.94 \quad \dots\dots\dots (12.8)$$

ここに、 Q : 流量 (m^3/s) B : 水門幅 (m) H : 床版上の外水の水深 (m) H_e : 床版上の内水の水深 (m) d_a : 水門の高さ (m) δ : $H_e - 1.03H$ (m)

ただし、海水の場合

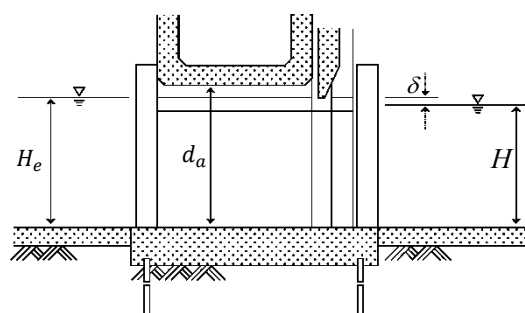
 μ : 流量係数 g : 重力の加速度 (m/s^2)

図-12.4 スライドゲート付排水樋門の水理諸元

流水の計算区分は、次式による。

$$\text{満流} \quad H \geq d_a \quad \frac{H-d_a}{H_e-d_a} > 0.39 \sim 0.42$$

$$\text{常流} \quad H \geq d_a \quad \frac{H-d_a}{H_e-d_a} < 0.39 \sim 0.42$$

～

$$H < d_a \quad \frac{H}{H_e} > 0.81 \sim 0.82$$

$$\text{限界流} \quad H < d_a \quad \frac{H}{H_e} < 0.81 \sim 0.82$$

(2) フラップゲート付排水水門の流量公式(図-12.5)

$$\text{満流} \quad Q = y \cdot B \cdot d_a \sqrt{2g\delta} \quad \dots\dots\dots (12.9)$$

$$x \geq 0.8 \quad y = 1.02$$

$$x < 0.8 \quad y = 1.02 - 2.42(0.88 - x)^3$$

$$\text{ただし } x = 3\sqrt{H_e\delta}/D \text{ で、 } H_e > D \text{ の場合は } H_e = D$$

$$\text{常流} \quad Q = y \cdot B \cdot H \sqrt{2g\delta} \quad \dots\dots\dots (12.10)$$

$$x \geq 0.8 \quad y = 0.98$$

$$x < 0.8 \quad y = 0.98 - 3.41(0.8 - x)^3$$

$$\text{ただし } x = 3\sqrt{H_e\delta}/D \text{ で、 } H_e > D \text{ の場合は } H_e = D$$

$$\text{限界流} \quad Q = 1.7y \cdot B \cdot H_e^{3/2} \quad \dots\dots\dots (12.11)$$

$$y = 0.88 \sim 0.94$$

流れの計算区分は次式による。

$$\text{満流} \quad H \geq d_a$$

$$\text{常流} \quad d_a > H > \frac{2}{3}H_e$$

$$\text{限界流} \quad H < \frac{2}{3}H_e$$

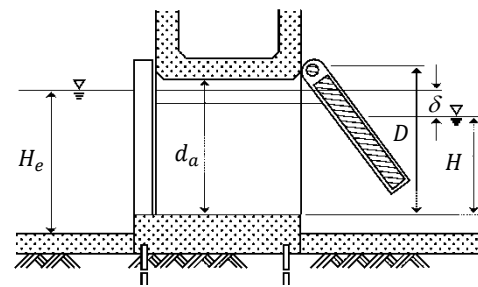


図-12.5 フラップゲート付排水水門の水利諸元

参考文献

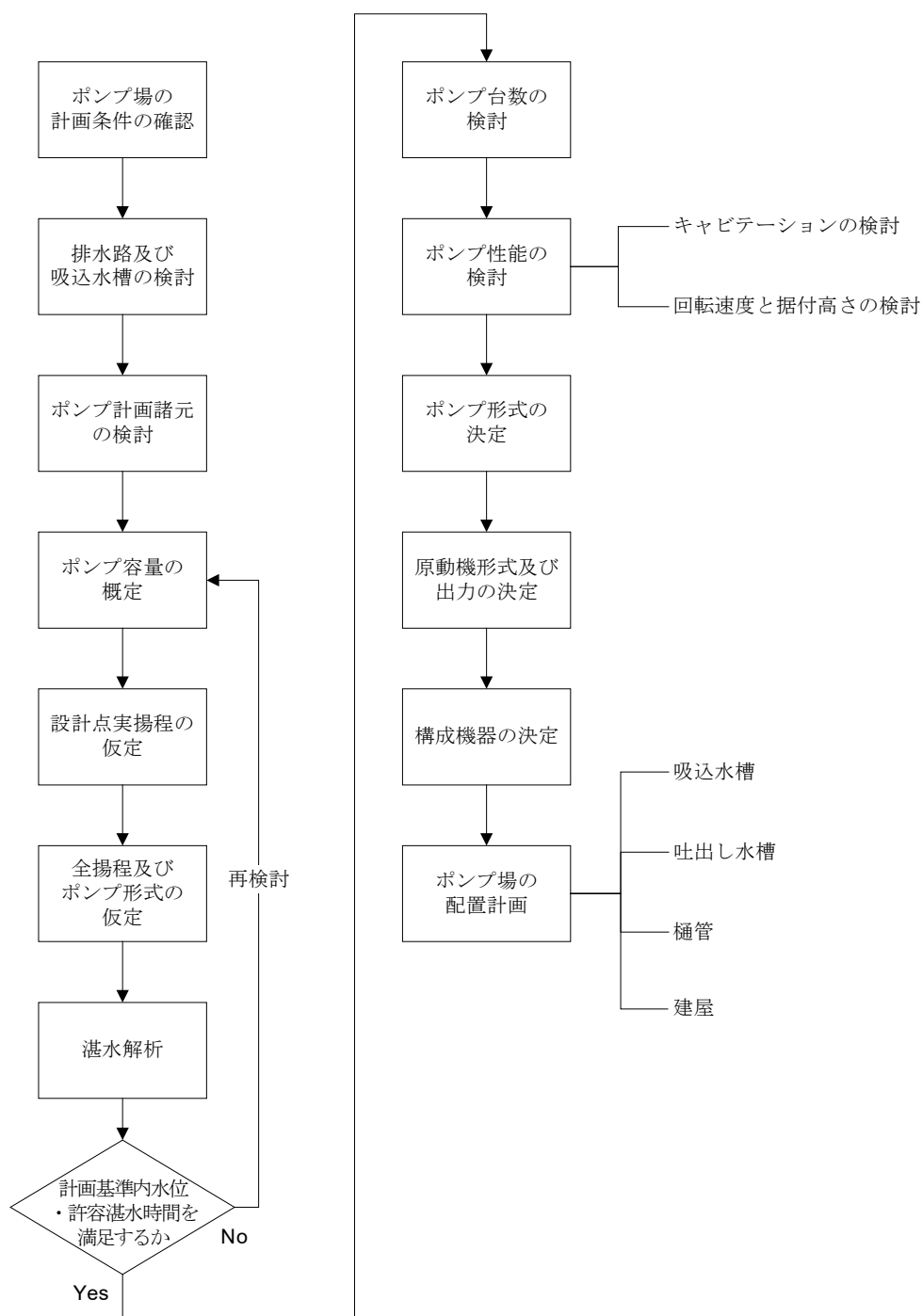
- 1) 農林水産省農村振興局整備部設計課：鋼構造物計画設計技術指針（水門扉編）、p. 4（2009）
- 2) 農林水産省農村振興局整備部設計課：鋼構造物計画設計技術指針（水門扉編）、p. 48（2009）
- 3) 農林水産省農村振興局整備部設計課：鋼構造物計画設計技術指針（水門扉編）、p. 58（2009）
- 4) (社)土木学会：水理公式集 平成 11 年版、p. 245（1999）
- 5) 農林省農地局：土地改良事業計画設計基準・設計「海面干拓」、pp. 115～116（1966）

13. ポンプ場^{1)～3)}

(基準、基準の運用第3章 3.4.4 関連)

13.1 ポンプ場計画作成の流れ

ポンプ場計画作成に当たっての概略の手順を図-13.1に示す。



注) ポンプ場計画手順の概念を示したものであり、現場条件等により検討項目や手順が異なってくる。

図-13.1 ポンプ場計画作成の概略の手順

13.2 吸込水位、吐出し水位及び実揚程

13.2.1 吸込水位

排水ポンプ設計の吸込水位は、排水計画上設定される排水路末端等における計画基準内水位からポンプ場の吸込水槽までの導水諸損失水頭（スクリーン損失含む）を差し引いた吸込水槽内の水位とし、洪水時と常時に区分して以下のように設定する。

なお、導水路損失水頭は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「ポンプ場」による。

(1) 洪水時初期吸込水位

洪水時における吸込水位は、洪水の流入量、湛水量、ポンプ排水量等の関係による内水位により大幅に変動するが、ポンプ運転を開始する際の目標水位であり、湛水解析計算の出発値となる初期吸込水位を設定する。

初期吸込水位は一般に、水門閉鎖外水位よりやや高いことが多く、この水位を低く設定すると最高湛水位を低く抑えるのには有利である。反面、導水路やポンプ場の施設規模が大きくなるので、関係諸条件を総合的に検討し、次の値を一応の目安として比較検討を行い決定することができる。

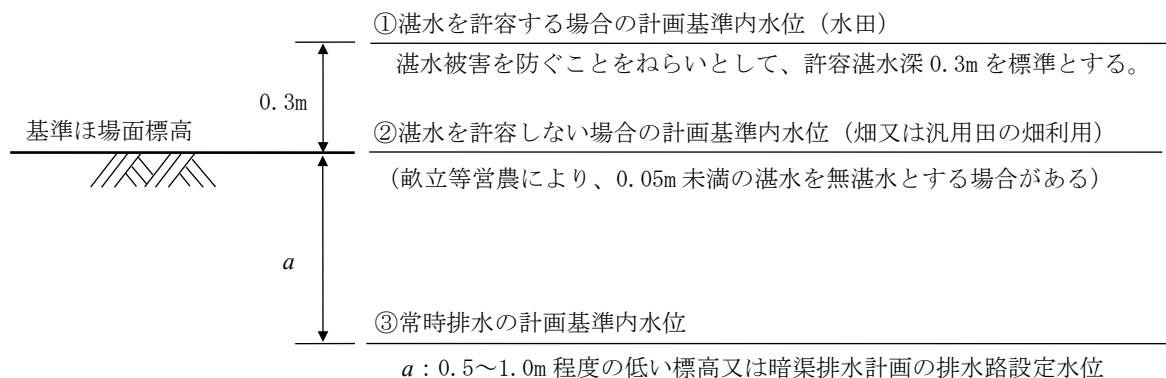


図-13.2 計画基準内水位の概念図

ア 受益区域内に湛水を許容する場合

洪水時初期吸込水位 = (①計画基準内水位 - 0.3m程度) - (吸込水槽までの計画排水量における導水諸損失水頭（スクリーン損失含む）)

イ 受益区域内に湛水をさせない排水計画の場合

洪水時初期吸込水位 = (②計画基準内水位 - 0.5m程度) - (吸込水槽までの計画排水量における導水諸損失水頭（スクリーン損失含む）)

※計画基準内水位における湛水深等については、技術書「5. 計画基準内水位」を参照。

(2) 常時初期吸込水位

常時初期吸込水位とは、常時排水における地下水位低下を主眼としたポンプの運転を開始する際の目標水位である。

常時初期吸込水位 = (③常時排水の計画基準内水位) - (吸込水槽までの計画排水量における導水諸損失水頭（スクリーン損失含む）)

常時排水の計画基準内水位は、一般に水田の汎用化等の土地利用計画、作付作物等に応じた地下水管理に必要な水位として最低ほ場面標高から0.5～1.0m程度の低い標高であるか、又は暗渠排水計画での排水路設定水位である。

(3) 最低吸込水位

最低吸込水位とは、ポンプ運転を継続できる最低の水位（ポンプ運転可能最低水位又はポンプ非常停止水位とも呼ばれる。）であり、初期吸込水位、将来に予想される地盤の沈下量、排水流出特性、排水路貯留能力、ポンプの運転管理方式等を考慮して決定する。

一般には、洪水時排水用ポンプでは洪水時初期吸込水位から0.5m程度、常時排水ポンプでは常時初期吸込水位から0.5m程度それぞれ低い水位とすることが望ましいが、ポンプ台数が多く、かつON-OFF運転を行う必要がある場合は別途検討の上定める。

(4) 最高吸込水位

排水地区内における既往の最高湛水位等、ポンプ場地点で考えられる最高の水位を最高吸込水位とする。この水位をもとに、導水路壁高や機場床面の標高決定等の洪水時における浸水対策の検討を行う。

13.2.2 吐出し水位

排水ポンプ計画の吐出し水位は、排水口となる河川、湖沼及び海の外水位に吐出し水槽から排水口までの送水諸損失水頭を加えた値とし、洪水時と常時に区分して以下のように設定する。

(1) 洪水時計画ピーク吐出し水位

洪水時の計画ピーク吐出し水位は、外水位ハイドログラフのピーク水位に、吐出し水槽から排水口までの送水諸損失水頭を加えた水位とする。外水位ハイドログラフは、基準書「3.3.6 計画基準値 3. 計画基準外水位」、技術書「7. 計画基準外水位」による。

(2) 常時計画吐出し水位

常時の計画吐出し水位は、河川及び湖沼に排水口を設ける場合は平水位に、海に排水口を設ける場合は平均潮位に、吐出し水槽から排水口までの計画排水量における送水諸損失水頭を加えた水位とする。

なお、海や河口近くに排水口を設ける場合の平均潮位等は、排水口の水越高による修正を行い、排水口における常時の平均的な外水位を適切に設定する必要がある。

(3) 洪水時最高吐出し水位

洪水時の最高吐出し水位は、河川又は湖沼に排水口を設ける場合は計画高水位に、海に排水口を設ける場合は設計高潮位に、吐出し水槽から排水口までの送水諸損失水頭を加えた水位とする。

(4) 常時最高吐出し水位

常時の最高吐出し水位は、常時排水ポンプの運転上限目標水位で、河川又は湖沼にあつては豊水位、海にあつては朔望平均満潮位を一応の目安とする。

(5) 最低吐出し水位

最低吐出し水位は、一般に吐出し水槽に接続する送水路の敷高とするが、外水条件により考えられる最低の水位がこれより高い場合には最低外水位とする。この水位は、吐出し管出口の標高決定の要因となる。

13.2.3 実揚程

排水ポンプは一般に実揚程の変動幅が大きく、特に洪水用ポンプの実揚程は、内外水位の変動に応じて変化し、ポンプ吐出し量も揚程により大幅に変化するので、洪水時排水ポンプと常時排水ポンプに区分されている。それぞれの実揚程については、基準及び運用の解説「3.4.4 ポンプ場 3. 揚程」による。

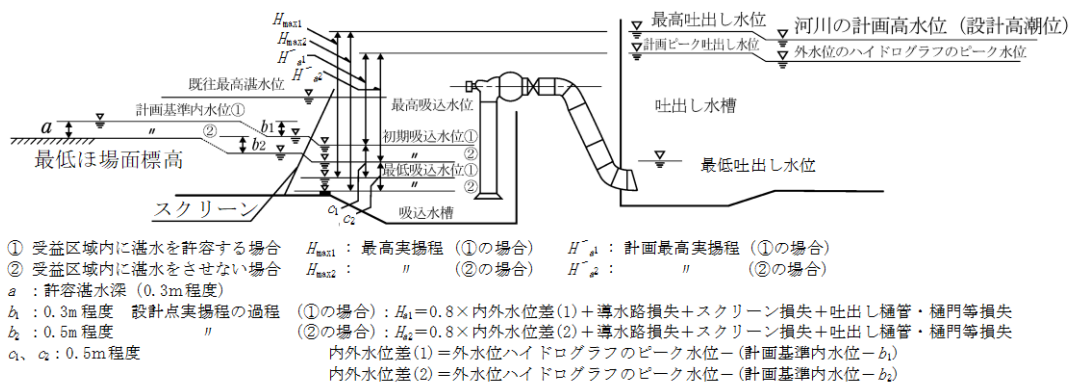


図-13.3 洪水時排水ポンプの設計水位及び実揚程

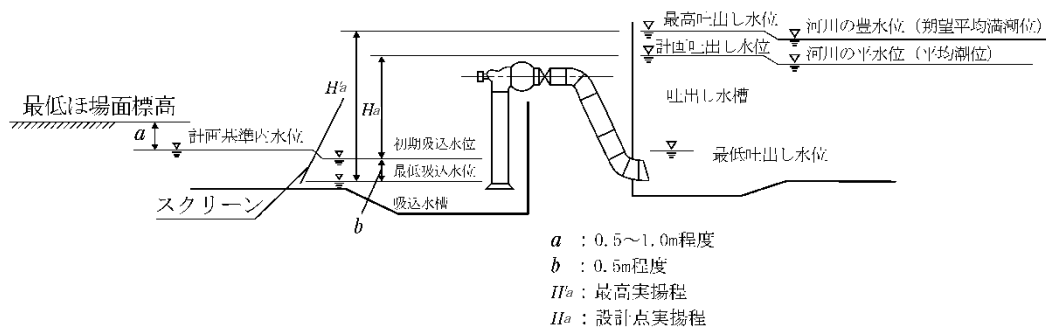


図-13.4 常時排水ポンプの設計水位及び実揚程

13.3 ポンプ計画諸元の決定について

洪水時排水ポンプの吐出し量は、平均所要排水量をすべての水位条件下において確保すれば安全であるが、このようにするとポンプの平均吐出し量が平均所要排水量を上回り不経済となるので、設計点実揚程を仮定して湛水解析を行い、ポンプの設計点実揚程を最適値にすることによりポンプの平均吐出し量（設計点吐出し量）と平均所要排水量を一致させるように決定する。

洪水時排水ポンプの設計点吐出し量及び設計点実揚程は、湛水解析を行い洪水排水計画における所要の排水量が確保され、内水位が計画基準内水位以下となるか、あるいは許容湛水深以上の湛水時間が許容湛水時間以内となることを確認する。

その湛水解析は、ポンプ容量の概略値をもとに、ポンプ設計点実揚程を仮定して繰り返し計算を行い、最適な設計点実揚程を求める。

13.3.1 ポンプ容量の概定

技術書「4. 排水方式の選定」ポンプ容量の概略検討を参照のこと。

13.3.2 ポンプ設計点実揚程の仮定

洪水時排水ポンプの揚程は内外水位の変動に応じて変化し、ポンプの吐出し量もこの揚程変化に伴い大幅に変化する。このため経済的なポンプ設計を行うためには、運転頻度の最も多い揚程においてポンプの効率を最高にする必要がある。

基準の運用と解説「3.4.4 ポンプ場 3. 揚程」に規定されているように、一般に内外水位差の80%程度に導水諸損失水頭（スクリーン損失含む）及び樋管等の送水損失水頭を加えたものを設計点実揚程と仮定してもよい（ポンプ運転時の内外水位の推移によっては、これにとらわれない場合もあるので注意が必要である）。

この仮設計点実揚程に、ポンプ配管の諸損失の概略値として、管内流速3.0m/sの場合、立軸ポンプで0.5m程度、横軸ポンプで0.6m程度を加えて仮全揚程としてもよい。

13.3.3 ポンプ形式の仮定

ポンプ形式は、13.3.1のポンプ容量の概略値と13.3.2の仮全揚程をもとに、仮選定する。

なお、仮選定表（選定図）は土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「ポンプ場」を参照すること。

13.3.4 湛水解析

以上により仮定したポンプについて湛水解析を行い、内水位をチェックし、内水位の最高値が計画基準内水位以下、又は許容湛水深以上の湛水時間が許容湛水時間以内になるようにポンプ容量を変化させて繰り返し計算を行う。この結果、まずポンプ吐出し量を決定してから次に設計点実揚程の検討を行うものとし、計算結果で、内水位条件を満足しない場合には設計点実揚程を大きくし、逆に余裕があり過ぎる場合には小さくして再計算する。図-13.5に湛水解析における内外水位の関係を示す。

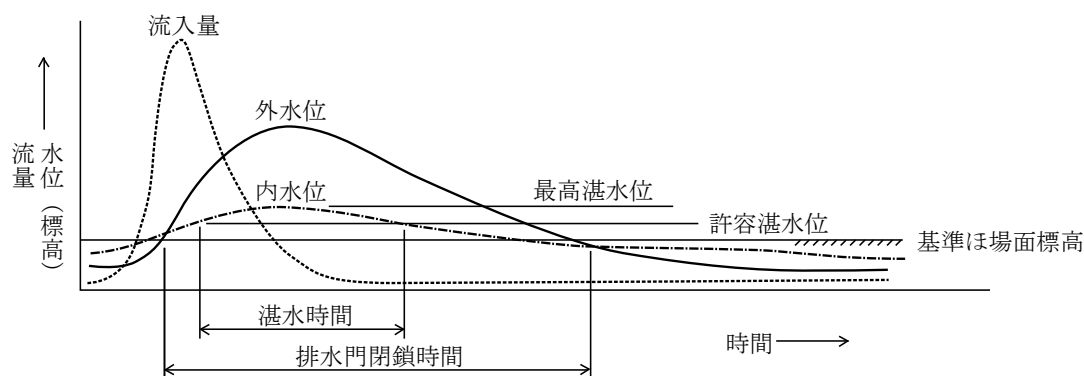
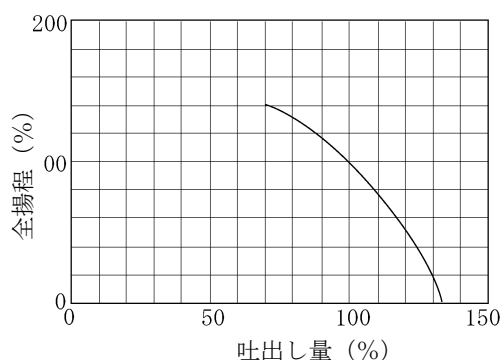
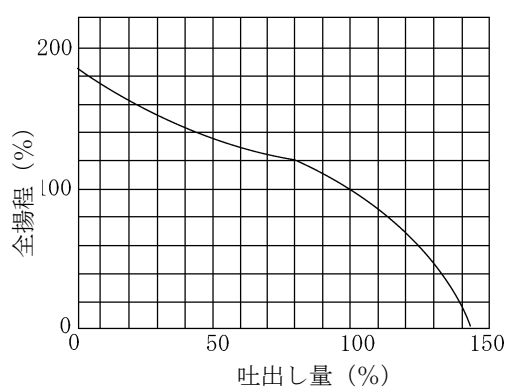


図-13.5 湛水解析における内外水位の関係

なお、湛水解析の計算を行うには、次の資料が必要となる。

- ・ 計画基準内水位等の内水位資料
- ・ 計画外水位曲線
- ・ 計画洪水流出量のハイドログラフ
- ・ 内水位と湛水量の関係
- ・ 全揚程に対するポンプ吐出し量の変化（図-13.6～7のポンプ特性図）

図-13.6 軸流ポンプ特性図 ($N_s=1500$)図-13.7 斜流ポンプ特性図 ($N_s=900$)

注)実際のポンプ特性図はポンプ製作会社の違いや、その他の条件によってこれらの図とは多少異なる。

13.4 ポンプ容量と台数の決定に際しての基本的な考え方

ポンプ容量と台数の決定に際しての基本的な考え方は、排水路の水流の安定条件を満足させることと、建設費をできるだけ安価にし、さらに経済的維持管理ができることが最も重要である。

そこで、①ポンプの種類をできるだけ制限し、②維持管理費、建設費の節減を図り、また、③可能な限り流量に合わせて排水することができるように、分割することが重要となる。

ポンプの吐出し量と台数の組合せは、設計点実揚程と各ポンプの所要排水量をもとに、下記に述べる「ポンプ形式による特性」、「ポンプ台数割の決定」を考慮し、洪水時及び常時における各種の排水量について、排水量の変動域を検討し、最多頻度の排水量をベースにして全体の変動域をどのように分割するかを検討してポンプ台数を決定し、各分割幅の排水量に対応するものを概定する。

13.4.1 ポンプ形式による特性

ポンプの特性は、ポンプ形式によって異なり、一般的な排水ポンプ形式である斜流ポンプ、軸流ポンプ及び可動羽根軸流ポンプの一般的な特性を表-13.1に示す。

表-13.1 ポンプ特性の比較表

形 式 項 目	斜流ポンプ	軸流ポンプ	可動羽根軸流ポンプ
吐出し量 Q と揚程 H	揚程の変動に対する吐出し量の変動は軸流より大きい。	揚程の変動に対する吐出し量の変動は斜流より小さい。	各々の羽根角度における $Q-H$ 曲線は固定羽根と同じ。羽根角度の増減に従って任意に水量調節ができる。
軸動力	Q の変化に関わらずほぼ一定である。	締切軸動力は、最高効率点の 200～250% で漸次低下し、最高効率点を過ぎてもさらに低下する。	揚程の変化に応じて羽根を操作し、水量を増減させて、軸動力一定の運転ができる。
効率 η	計画点効率は軸流ポンプより 2% 程度良い。	計画点効率は斜流ポンプより 2% 程度悪い。	軸動力一定の羽根操作を行うことによって、 $Q-\eta$ 曲線は斜流ポンプと同じ程度の曲線となる。
選定上の注意	締切運転は可能であるが長時間は避ける。	締切運転は、軸動力が大きくなるため行わない。キャビテーションは起こりやすい。 H の使用可能範囲が狭い。	低揚程大容量ポンプの水量調節や揚程変化の大幅な排水ポンプに適する。羽根をねかせて運転できるため、締切時の軸動力が小さくなり、締切運転が可能である。

13.4.2 ポンプの台数割の決定

(1) 台数分割に関しては、排水量、揚程の変動及び継続時間を考慮し、ポンプ場の造成及び運転管理が合理的かつ経済的となるよう、以下の留意事項を踏まえ検討する。

ア 可能な限り流量に合わせて排水させるため、常時排水と洪水時排水に分ける。

イ 流量に合わせて排水する際、台数分割とポンプ自体の制御法の考え方があるが、管理状況を踏まえ台数制御を基本として、地域における流出のパターンを把握した上でイニシャルコストとランニングコストの関係を整理して計画する。

ウ 台数分割については、単純な水位制御で対応可能とする分割を考える。

(2) ポンプ台数決定の手法

機械排水計画においては、洪水排除を目的とする洪水時排水と、低湿地帯又は水田の地下水排除を目的とする常時排水がある。

一定限度以上の排水量の場合は少なくとも 2 台以上のポンプが必要である。その理由として、1 台では降雨時の故障に対する対応性がない点と無降雨時の断続運転による不経済性がある。また、常時排水が必要な地区については、その排水量に合わせた小型ポンプを併せ設けて動力費や維持管理費の節減を図ることも必要である。

なお、ポンプの台数割の決定に当たっては、表-13.2、表-13.3及び表-13.4に示す事項にも留意する。

表-13.2 ポンプ台数決定の要素

項 目	内 容
経済性評価	ポンプ台数を決定するには、それぞれの分割案において設備費、それに対する利息総計、動力費、補修費及び維持管理費を求め、その総額が最小となる案を選ぶのが原則であるが、単純に費用に換算できない信頼性や操作のしやすさ等も加えて総合的に判断する必要がある。
設備費	設備費としては、ポンプ、原動機等の機器費、据付工事費、土木工事費、建屋建築費等がある。ポンプ形式が同じであれば、全排水量を何台かに分割する場合、台数の少ない方が経済的になる傾向にある。
土木・建設費	ポンプ台数が少ない方が平面的なスペースは小さくなるが、上下方向の寸法は増加する。また、同一容量の機器に揃えた方が配置的に無駄なスペースが小さくなるほか、土木工事の設計、施工性や運転操作の単純化、維持管理の容易性等からいっても有利である。
動力費・補修費・維持管理費	洪水用排水ポンプの場合、稼働時間が短いので、大容量の排水ポンプ以外では動力費は評価の比較対照としては大きな要素にならない。 また、補修費及び維持管理費においてもあまり影響を受けないのが普通である。
信頼性	所要全排水量を1台のポンプでまかなうことは、もし、その1台のポンプが故障すれば全機能が停止してしまうため危険である。このことから、2台以上の台数に分割して危険分散するのが一般的である。
製作・輸送限界	計画排水量が大きくなると、ポンプメーカーの製作限界や設置場所までの輸送制限を考慮する必要がある。これは、原動機及び動力伝達装置についても同様である。

表-13.3 ポンプ台数割の留意点

項 目	内 容
吐出し量の組合せ	排水量の変動に応じて効率的に運転し、運転経費の節減を図るためには、異なる吐出し量の組合せとすることが有利である。 一方、ポンプ設備費の低減及びポンプ運転の均等化及び維持管理費の低減を図るためには、同一吐出し量とすることが有利な場合がある。
ポンプ台数	ポンプの台数は多いほど排水量の変動等に応じて効率的に運転できるが、反面、機場の平面スペースが大きくなり、配管等も複雑になるので工事費や用地費は高くなる。
制御方式	排水量変動への対応又は流入量への追従等については、原則として台数制御により対応するが、更に円滑な対応を必要とする場合には、導水路及び送水路の特性及び制御目標、ポンプの性能特性等を検討し、吐出し弁制御、回転速度制御及び羽根角度制御等の適切な制御方式を検討する必要がある。

表-13.4 制御方式と特徴

制御方式	特 徴
台数制御	制御方式は簡単であるが、制御量は段階的変化となる。
吐出し弁制御	制御方式は簡単であるが運転効率が悪く、制御範囲はポンプ形式、弁形式、弁前後の差圧により制約がある。
回転速度制御	大容量ポンプ少台数の設備で連続的な制御ができるが、設備費が高い。
羽根角度制御	運転効率がよく、大容量、低揚程で揚程変化の割合が大きい軸流、斜流ポンプの制御に適する。

13.5 ポンプ台数分割の地区事例

ポンプ台数分割の事例を、表-13.5 に示す。

表-13.5 ポンプ台数分割地区事例

地区名	事業名	機場名	設計年度	口径×台数	決定根拠
斜里 (北海道)	畑地帯総合 パイロット (国)	斜里右岸	H7	$\phi 1,200 \times 3$ 台 ($Q=9.39\text{m}^3/\text{s}$)	・ 中小洪水に対応するため、ポンプの台数運転による制御及び経済性を検討し、決定した。
白根郷 (新潟)	農地防災 (国)	萱場	H7	$\phi 2,000 \times 3$ 台 ($Q=28.0\text{m}^3/\text{s}$)	2 台案と 3 台案について比較し、3 台案に決定した。 ・ 2 台案において、1 台が故障すると 50% の損失となり、危険率大となる。 ・ 2 台案において、小洪水対応のために、可動羽根制御を採用すると、経済性において 3 台案との差が小さくなる。
阿賀野川 右岸 (新潟)	かんがい排水 農地防災 (国)	新井郷川	H元	$\phi 3,200 \times 5$ 台 ($Q=110.0\text{m}^3/\text{s}$)	・ 常時運転対応能力及びランニングコストを含めた経済性を比較検討し、決定した。
射水郷 (富山)	農地防災 (国)	西部	H5	常時 $\phi 1,000 \times 1$ 台 ($Q=2.2\text{m}^3/\text{s}$) 洪水時 $\phi 1,350 \times 2$ 台 ($Q=8.3\text{m}^3/\text{s}$)	・ 常時、洪水時ポンプを区分する。 ・ 経済比較の結果、決定した。
新利根川 沿岸 (茨城)	かんがい排水 (国)	布鎌	S56	$\phi 1,200 \times 3$ 台 ($Q=8.4\text{m}^3/\text{s}$)	・ 以下に示す 4 ケースの組合せについて、設備費、動力費、維持管理費の経済比較を行い、決定した。 ケース 1 : $\phi 1,500 \times 2$ 台 ケース 2 : $\phi 1,200 \times 3$ 台 ケース 3 : $\phi 1,000 \times 4$ 台 ケース 4 : $\phi 1,200 \times 1$ 台 + $\phi 1,650 \times 1$ 台
小松 (千葉)	湛水防除 (県)	小松	H10	$\phi 600 \times 1$ 台 $\phi 900 \times 2$ 台 ($Q=4.0\text{m}^3/\text{s}$)	・ $\phi 600 \times 1$ 台は、常時排水計画より決定した。 ・ $\phi 900 \times 2$ 台は、 $\phi 600$ から 2 台目のポンプへスムーズな連続運転を行えるよう決定した。
大島 (愛知)	湛水防除 (県)	大島	H8	$\phi 800 \times 1$ 台 $\phi 1,000 \times 1$ 台 ($Q=3.3\text{m}^3/\text{s}$)	・ $\phi 800$ は、常時計算結果より決定した。
中江帆引 (岐阜)	湛水防除 (県)	帆引新田	H9	$\phi 800 \times 2$ 台 ($Q=2.4\text{m}^3/\text{s}$)	・ 中小洪水(1/2 年確率)に対応するため、2 台とした。 ・ 経済性、維持管理の面から同口径分割とした。
西小藪 (岐阜)	湛水防除 (県)	西小藪	H12	$\phi 450 \times 1$ 台 $\phi 900 \times 1$ 台 ($Q=2.22\text{m}^3/\text{s}$)	以下の点を考慮して決定した。 ・ 自然排水不能であるため、常時排水を考慮した。 ・ 現況施設が 2 台であるため、2 台以上とした。 ・ 建設費の経済性。 ・ $\phi 1,000$ 以下の立軸ポンプは、原動機をモーターとすると、機場スペースが狭くできる。
荒原 (兵庫)	湛水防除 (県)	荒原	H10	$\phi 800 \times 2$ 台 ($Q=2.53\text{m}^3/\text{s}$)	・ 現況施設の利用状況を勘案し、小洪水時の維持管理性を考慮したうえで決定した。
巨椋池 (京都)	農地防災 (国)	巨椋池	H10	$\phi 1,800 \times 2$ 台 $\phi 2,600 \times 3$ 台 ($Q=80\text{m}^3/\text{s}$)	以下の項目について検討し、決定した。 ・ ポンプ送水特性と吐出し量対応不能範囲 ・ 洪水吐出し量の調整対策 ・ 吸込側排水路及び遊水池等への整合性 ・ 経済性

13.6 遠方操作による監視操作制御

遠方操作は、ポンプ場から離れた中央管理所から有線、又は無線によりテレメータやテレコンを利用してポンプ施設を運転管理並びに操作を行うものである。この方法は、複数個所のポンプ場を集中管理して遠方から運転操作を行う場合に適している。この場合には、中央管理所内に必要な運転状態の表示、データの集積を行う機器等が設備される。水管理制御施設で採用されることが多い。

ただし、施設全体の設備費がかさむので、施設規模、目的、運営管理等を検討し、さらに管理者の意見等を考慮して採否を決定する必要がある。

参考文献

- 1) 鈴木光剛：排水計画（その9）－施設計画の手法－、農土誌、40（12）、pp.53～58（1972）
- 2) 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「ポンプ場」（2018）
- 3) 農業土木事業協会：実務家のための最新ポンプ設備工学ハンドブック、p.825（2007）

14. 河口改良

14.1 河口改良で使用される参考文献

河口改良を伴う排水計画地区の検討に使用された参考文献を表-14.1 に示す。

表-14.1 河口改良で使用される参考文献

地区名	事業名	設計年度	流域面積 ha (洪水量 m ³ /s)	工種諸元	参考文献
日方江 (富山)	かんがい排水 (県営)	H元	880 (28.290)	吐口工、暗渠工	土地改良事業計画設計基準 海岸保全施設築造基準解説 (海岸協会) 河川砂防技術基準 (日本河川協会) 港湾の施設の技術上の基準 (日本港湾協会)
西蒲原 (新潟)	かんがい排水 (国営)	H11	6,620 (105.900)	河海工 延長 $L=184.0\text{m}$ [接続工 $L=9.0\text{m}$ 、 樋門工(2連) $L=10.0\text{m}$ 、 暗渠工(2連) $L=18.0\text{m}$ 、 開渠工(2連) $L=147.0\text{m}$]	海岸保全施設築造基準解説 (海岸協会) 河川砂防技術基準 (日本河川協会) 港湾の施設の技術上の基準 (日本港湾協会)
鯖石川 下流 (新潟)	湛水防除 (県営)	H5	(18.235)	河口工 延長 $L=40.0\text{m}$	港湾の施設の技術上の基準 (日本港湾協会) 漁業構造物標準設計法
諏訪川 (富山)	排水対策特別 (県営)	H2	242 (7.600)	吐口工 延長 $L=130.0\text{m}$ [吐口工 $L=3.8\text{m}$ 、 導水路工 $L=49.0\text{m}$ 、 暗渠工 $L=59.6\text{m}$ 、 開渠工 $L=17.6\text{m}$]	河川砂防技術基準 (日本河川協会)

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)

平成13年度に土地改良法が改正され、土地改良事業の実施に際し「環境との調和に配慮」することが原則化され、「環境との調和に配慮した農業農村整備事業等基本要綱」（平成14年2月14日付け13農振第2512号農林水産事務次官依命通知）を制定し、対象とする事業等が明確化された。

この環境配慮の取組を具体的に進めるための技術的な拠り所として、生態系配慮については、平成13年度から平成16年度までに生物・生態系への配慮の基本的な考え方や手順について示した「環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き（第1編～第3編）」¹⁾（以下「環境配慮の手引き」という。）、生態系ネットワークの重要性の整理や工種横断的な環境配慮の手法や工法を具体的に示した技術的参考資料として「環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針」²⁾（以下、「環境配慮の技術指針」という。）を制定している。景観配慮についても、その基本的な考え方や手順について示した「農業農村整備事業における景観配慮の手引き」³⁾（以下「景観配慮の手引き」という。）、景観との調和に配慮した調査、計画、設計、施工及び維持管理を進めるための技術参考資料として「農業農村整備事業における景観配慮の技術指針」⁴⁾（以下「景観配慮の技術指針」という。）を制定している。これまで、これらの手引き・技術指針に沿って農地・農業水利施設等の整備に当たり、生態系配慮及び景観配慮が進められてきたところである。

実際の調査及び計画に当たっては、地域の自然的・社会経済的・文化的な条件を十分に調査した上で計画を作成することが必要である。この場合において、農家を含む地域住民の意見を調査及び計画の早い段階から取り入れる工夫を講じたり、事業の透明性を確保しながら効率的に調査及び計画を進めるために学識経験者等の有識者の指導及び助言を受けつつ、各地区において様々な創意工夫をすることが望ましい。以下に、その際に参考となるよう環境との調和に配慮するに当たっての基本的な考え方や地区事例を記載する。

15.1 生態系配慮

本項は、農業用の排水施設整備の実施に併せて、環境との調和への配慮の観点から行う生態系配慮対策を計画する場合に参考となる一般的な考え方についてまとめたものである。

15.1.1 「環境配慮の手引き」及び「環境配慮の技術指針」との関連について

「環境配慮の手引き」は、国や地方公共団体等で実際に農業農村整備事業に携わる者を対象に、環境に係る調査、計画策定と設計に当たり、その内容が環境との調和に適切に配慮されるよう、基本的な考え方や仕組み、留意事項等をまとめたものである。また、「環境配慮の技術指針」は、生物の「生息・生育環境及び移動経路」の保全・形成に視点を置き、農地・農業水利施設等の整備に当たって、調査から維持管理に至る各段階における環境配慮の手法を具体化し、現場への適用性を向上させることを目的としている。

農業用の排水施設整備における具体的な生態系配慮の検討に当たっては、環境配慮の手引き及び環境配慮の技術指針で生態系配慮に関する基本的知識等を習得した上で、本項の内容を参考とすることとし、これらの適切な運用を図るものとする。

15.1.2 ミティゲーション5原則

ミティゲーション5原則は、「米国NEPA（国家環境政策法）」で用いられている考え方で、事業が環境に与える影響を回避、軽減等により緩和する措置の一般を示すものである。

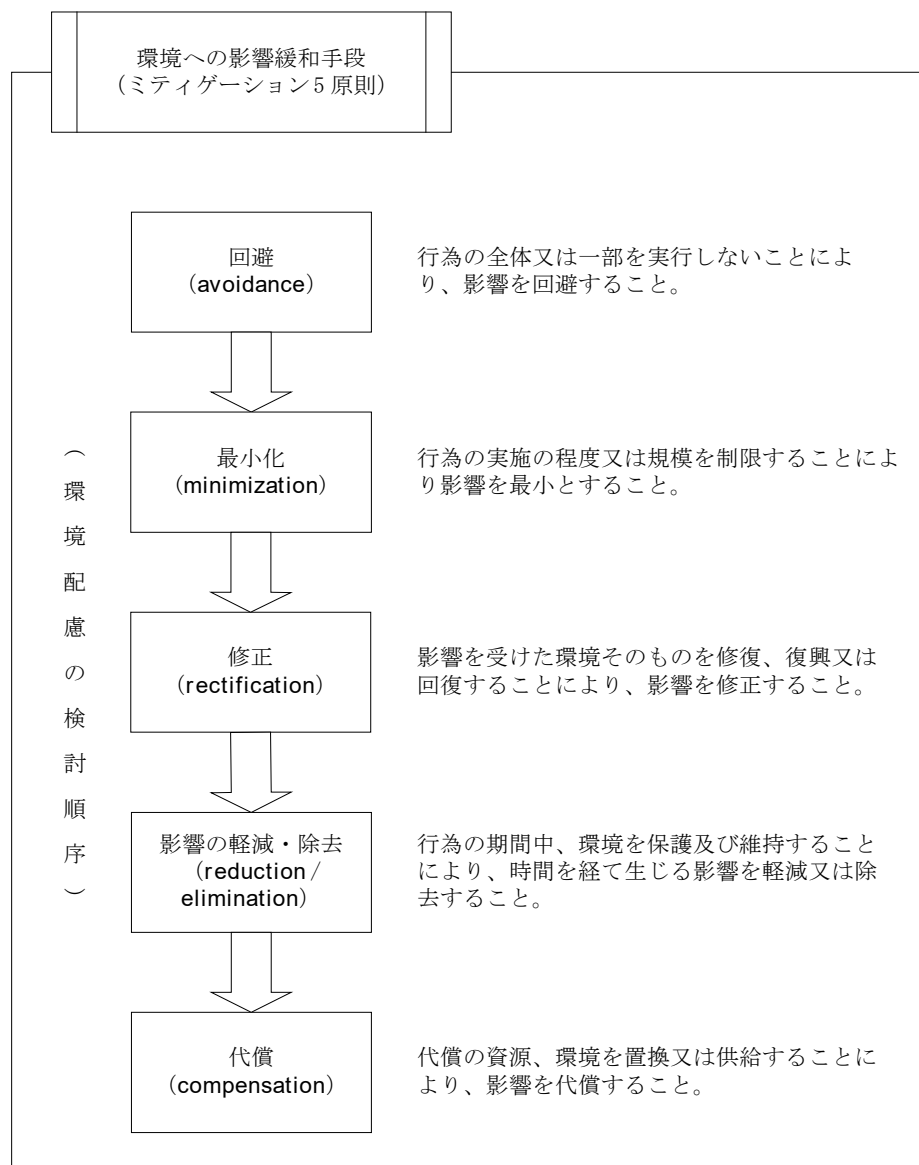
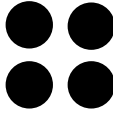
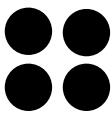
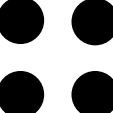
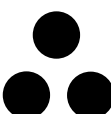


図-15.1 ミティゲーション5原則

15.1.3 生物生息空間の形態・配置の六つの原則

生物生息空間の形態、配置等に関して、国際自然保護連合（IUCN）では以下のように提唱している。これは、ダイヤモンド（Diamond. J. M 1975）等による実証的研究によって明らかにされたものである。

原則	優 (better)	劣 (worse)	生物生息空間の形態・配置の原則
広大化			生物生息空間はなるべく広い方がよい。 タカ、フクロウやキツネ等の高次消費者が生活できる広さが一つの目安。生物の多様性に富み、安定性が増し、種の絶滅率が低くなる。
団地化			同面積ならば分割された状態よりも一つの方がよい。 一塊の広い地域であって初めて高い生存率を維持できる多くの生物種は、生息空間がいくつかの小面積に分割されると生存率が低くなる。
集合化			分割する場合には、分散させない方がよい。 生物空間が接近することで、一つの生物空間で種が絶滅しても、近くの生物空間からの種の供給が容易になる。
等間隔化			線状に集合させるより、等間隔に集合させた方がよい。 等間隔に配置されることで、どの生物空間も、他の生物空間との間での種の良い交流が確保される。線状の配置は、両端に位置する生物空間の距離が長く、種の交流を難しくしてしまう。
連続化			不連続な生物空間は生態的回廊（エコロジカルコリドー）でつなげた方がよい。 エコロジカルコリドーの存在により、生物の移動が飛躍的に容易になる。
円形化			生物空間の形態はできる限り丸い方がよい。 生物空間内における分散距離が小さくなる。また、外周の長さも小さくなり、外部からの干渉が少なくて済む。

六つの原則を一言に集約すると

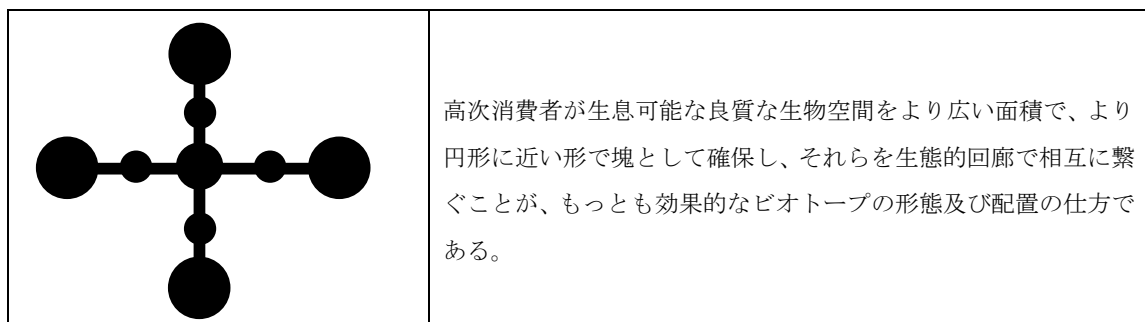
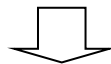


図-15.2 生物生息空間の形態・配置の六つの原則

15.1.4 農業用の排水施設整備における生態系配慮の基本的な留意事項

排水路は、通年で水路内に水が流れており、流れも比較的緩やかである場合が多いことから、魚類、両生類等の生息環境を保全・形成するための対策を講じやすい。対策工法としては、水路内の落差対策としての水路魚道、魚類等の生息環境としてのワンドや魚巢ブロックの設置などが考えられる。さらに、排水路と田面の落差による移動障害を解消し、水田を魚類の生息環境とするための水田魚道の設置が効果的である。

15.2 景観配慮

本項は、農業用の排水施設整備の実施に併せて、環境との調和への配慮の観点から行う景観配慮対策を計画する場合に参考となる一般的な考え方についてまとめたものである。

15.2.1 「景観配慮の手引き」及び「景観配慮の技術指針」との関連について

「景観配慮の手引き」は、農業農村整備事業における景観配慮の取組を実施するための基本的な考え方等について取りまとめたものである。また、「景観配慮の技術指針」は、農業農村整備事業において、良好な農村景観への配慮のため、農地、農業水利施設等の整備に当たって、調査から維持管理に至る各段階の景観配慮手法を具体化し、景観配慮の取組の現場適用性を向上させることを目的としている。

農業用の排水施設整備における具体的な景観配慮の検討に当たっては、景観配慮の手引き及び景観配慮の技術指針で基本的知識等を習得した上で、本項の内容を参考とすることとし、これらの適切な運用を図るものとする。

15.2.2 農業用の排水施設整備における景観配慮の基本的な留意事項

15.2.2.1 排水施設の基本的性格を踏まえた景観配慮

排水機場、遊水池、幹線排水路等の大規模な施設は、おのずから周辺の景観に大きな影響を及ぼすこととなる。このため、事業計画策定に当たっては、周辺景観との調和に配慮するとともに、事業の実施を契機として魅力的な景観の創造についても十分な検討が求められる。

農村における都市化及び混住化が進む中、町中を流れる排水路とその管理用道路は地域住民等に憩いや安らぎを与える空間としての機能も期待されることから、特に、これらを活用した潤いある農村景観の創造（親水機能や生態系保全機能等も含む）に向けて、地域住民等の安全性確保にも留意しつつ、効果的な施設整備を検討することが望ましい。その際、防護柵等の安全施設に木材などの自然素材を活用することで、経年変化により周辺になじみ良好な景観を形成する効果が期待される一方で、素材の耐久性や素材感の視認性にも留意することが求められる。

なお、近年、更新事業地区が主体となっている中、古い排水路等の施設は、地域の産業遺産等、地域を代表する景観を構成する施設として貴重な存在となっていることがあり、これらの施設の改修整備等に当たっては、新旧施設の調和に十分な配慮が求められる。

15.2.2.2 農家及び地域住民等の意向を踏まえた景観配慮

遊水池や幹線排水路等の基幹的な施設は、地域内外の来訪者が集う地域の交流拠点ともなり得る施設であることから、地域の歴史や文化との融合を図ったり、地場の素材を活用したりするなどの工夫を加えることによって、地域らしさを十分にいかした整備を検討することが望ましく、地域住民や関係機関の意向を踏まえた計画とすることが重要である。

15.2.3 調査計画における基本事項

景観に配慮した計画樹立のための一般的な手順は図-15.3のとおりである。以下に、概査、基本構想の策定、精査、計画樹立の各段階の基本的考え方を示す。

なお、調査と計画は常に連携を保ちつつ並行的に進め、計画作成の途上で生じてくる新たな事態に応じて、所定の調査が円滑に実施できるよう心掛けることが必要である。

15.2.3.1 概査（景観配慮の手引きの「5.2 基礎調査」参考）

概査では、文献調査、現地踏査等により地域の景観に関する基本的情報を収集し整理する。

(1) 調査範囲の設定

調査範囲は排水施設の整備を実施する区域を基本とするが、地域の歴史や文化、行政区域等の地域のまとまりを踏まえ設定する。

(2) 調査体制の整備

景観配慮対策は、排水施設の整備のみならず、周辺地域で実施される他事業等を含めた総合的な対策として実施することが必要であることから、関係機関とは十分連絡調整することが重要である。

また、調査の早い段階に地域の代表者や関係機関によって構成される検討組織を設立することが有効であり、必要に応じて景観に関する専門家の意見を求める。

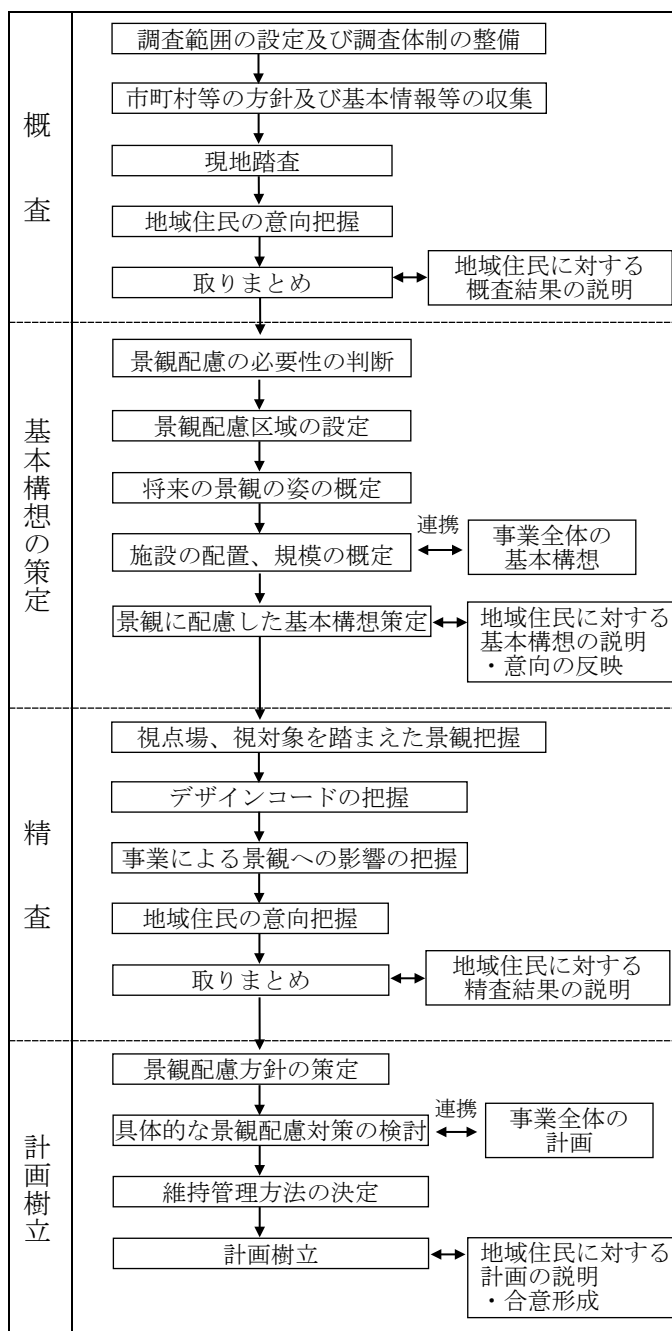


図-15.3 景観に配慮した計画樹立のための一般的な手順

(3) 関係市町村等の景観配慮に関する方針の把握

田園環境整備マスタープランを始めとする環境に関する各種計画、条例等を収集し、関係市町村等の景観配慮に関する方針を把握する。この中で、田園環境整備マスタープランにおける環境創造区域等のように、特に景観に配慮すべき区域についても把握する。

(4) 文献等による景観に関する基本的情報の把握

文献、地形図等により景観に関する基本的情報を把握する。把握する情報としては地域の景観に関する情報（自然、地形、土地利用、施設、植栽、社会環境、住民意向等）である。これらは地域の景観を構成する重要な景観要素で地域のアイデンティティを構成するものである。なお、排水施設整備における景観構成要素の主な例は、表-15.1に示すとおりである。

また、景観構成要素の把握に当たっては、地域の生活様式、文化的背景及び歴史的な意味も併せて考慮することが必要である。

表-15.1 排水施設整備における景観構成要素の主な例

景観要素	景観構成要素
自然・地形	平地、山、台地、河川、湖沼、気候、自然植生、土壌 等
土地利用	農地（水田、畑）、水辺、林地、宅地、道路 等
施設・植栽等	[農業用水利施設等] 排水路、排水水門、排水機場、遊水池、管理用道路、農作業（田植、稲刈り） [生活用施設] 公共施設、人の集まる場所、工場、倉庫、住宅地
その他 (歴史・文化・ アイデンティティ に関する項目)	[農業関係] 水利遺構（疏水、堤等） [生活関係その他] 史跡・遺跡、鎮守の森、神社、祠（ほこら）、舟、地域の来歴、故事、 シンボルとされている大河や山並み等、地区の花、草、木

(5) 現地踏査

現地踏査では、現地で地域景観の特徴を把握するとともに文献調査等で把握した景観構成要素について現地で確認する。特に、田園環境整備マスタープランにおいて環境創造区域が設定されている場合は詳細に把握することが必要である。

主に遠景、中景の視点から、地形、土地利用、施設等を調査し、地域景観の特徴を把握する。また、これと併せて景観に影響を与える阻害要因（野積みされたゴミ、景観に配慮されていない人工物（工場、倉庫等）等）についても把握する。

(6) 地域住民の意向把握（景観配慮の手引きの「4.2 住民参加による景観配慮の取組」参考）

概査における地域住民の意向把握では、地域住民の景観についての認識の度合いを主に把握し、併せて文献では把握できない地域住民になじみが深い景観構成要素やその文化的背景等についても把握する。意向把握の方法としては、農家を含む地域住民の代表者等に対する聞き取り、アンケート調査等により行う。

特に、排水機場や遊水池等の大規模な施設については、事業費や将来の維持管理費にも大きな

影響を及ぼすことから、可能な限り早い段階から地域住民の意向把握に努めるとともに、概査から計画樹立に至るまで連続したかかわりを持つことが有効である。

(7) 取りまとめ

文献調査、現地踏査等により把握した地域景観に関する基本的情報を地形図、整理表等で整理する。

ア 地域の景観に関する情報の整理

文献調査、意向調査で把握した景観に関する情報を現地踏査等で把握した景観構成要素等とともに地形図で整理する。

イ 景観を保全する必要性の整理

調査によって把握した景観構成要素について、関連情報等をもとに保全する必要性を整理する。その際、石碑や祠（ほくら）等のように特に配慮を要するものについても整理する。

ウ 景観を創造する必要性の整理

景観構成要素を現状のまま保全できない場合は、排水施設の整備と併せて新たな景観の創造について検討することが望ましい場合がある。例えば、排水路を新設する周辺地域が歴史的景観を有し、特に景観に配慮する必要がある場合は、排水路を石積み排水路として整備し、新たに景観を創造するなどの工夫を取り入れることが望ましい。また、現地踏査において景観に影響を与える阻害要因が確認された場合は、それらを除去・遮蔽（しゃへい）、修景・美化する必要性について整理する。

(8) 地域住民に対する概査結果の説明

景観に配慮した事業の円滑な実施のためには、地域住民の理解が不可欠であることから、概査の段階で取りまとめた結果を説明し、地域住民の景観への関心を高めるとともに、完成後の維持管理の必要性についても理解を得ることが必要である。

また、地域住民が意識していない保全すべき景観構成要素が存在する場合もあることから、専門家の助言に基づき、そのような景観構成要素についても、地域住民に提示することが望ましい。

15.2.3.2 基本構想の策定（景観配慮の手引きの「6.2 基本構想」参考）

基本構想の策定では、概査に基づき、地域が目指す将来の景観の姿や景観配慮の方向性を概定し、取りまとめる。

(1) 景観配慮の必要性の判断

概査及び地域住民に対する説明結果を踏まえ、排水施設整備と地域の景観とのかかわり、地域住民の意向、専門家の意見等を考慮して、景観に配慮した事業実施の必要性及び妥当性を判断する。

(2) 景観配慮区域の設定

田園環境整備マスタープランにおける環境創造区域の設定有無も踏まえつつ、概査で把握した景観に関する情報、景観構成要素の配置等を考慮して、景観特性、地域景観上の重要度から景観配慮区域を設定する。なお、効率的な調査、計画、実施の観点からも、景観配慮区域を特定しておくことは重要である。

また、景観特性を踏まえた区域分けを行った上で、それぞれの区域の特徴に応じた景観配慮を採用することが望ましい場合もある。例えば、路線延長が長い場合は、区間ごとに様々な景観が

排水路周辺に現れることが想定されることから、周辺の景観の特徴に応じて区間分けを行った上で、それぞれの区間の特徴をいかした景観配慮とすることが望ましい。

(3) 将来の景観の姿の概定

概査で把握した景観構成要素のうち、地域における景観上の重要度、地域住民の意向等を考慮して、保全すべき景観構成要素を選定するとともに、必要に応じて新たな景観創造についても検討し、地域全体が目指すべき将来の景観の姿について概定する。この場合、整備する部分だけでなくその周辺についても、農家を含む地域住民の意向を踏まえつつ、景観配慮の在り方について検討し、基本的考え方を整理する。

また、除去・遮蔽（しゃへい）等の対策を講じる必要のある景観阻害要因への対応についても概定する。

(4) 施設の配置、規模の概定

施設の配置、規模の概定に当たっては、生産性の向上等の施設本来の目的を十分踏まえつつ、地勢、水系構造、山並みの稜線や家並みの輪郭線（スカイライン）、土地利用等の周辺状況と景観構成要素との関係を総合的に考慮して検討する。

(5) 景観に配慮した基本構想策定と地域住民に対する基本構想の説明

上記(1)～(4)を踏まえて、基本構想（案）を作成し、地域住民に説明した上で、地域住民の意向を基本構想に反映させることが必要である。

特に、景観配慮区域内や景観の保全、形成で影響を受ける地域住民に対しては十分説明することが必要である。

15.2.3.3 精査（景観配慮の手引きの「5.3 詳細調査」参考）

精査では、基本構想に基づいた計画樹立のため、景観配慮区域を中心に景観との調和を図るための詳細な情報を収集する。また、計画樹立の作業とも連携を図りながら進める。

(1) 視点場、視対象を踏まえた景観把握（景観配慮の手引きの「3.2.2 景観の概念を成り立たせる「視点」と「視対象」」参考）

事業による景観への影響を把握するため、視点場、視対象を踏まえた現地踏査を行い、主要な景観を把握する。なお、排水施設は都市部と近接する場合が多いことから、公共の建物等、不特定かつ多数の者が通行したり立ち寄ったりする複数の場所を視点場として選定する。

視点場、視対象を踏まえた景観の検討では、まず施設全体を見渡せる遠景から検討を行い、次いで中景、近景へと検討を進めることにより全体の景観をイメージする。

ア 遠景における検討（景観配慮の手引きの「3.2.3 景観をとらえる視点」参考）

排水路等、線的要素の整備の際には計画路線と周辺景観との関係を見渡せる場所（展望所、橋の上、山腹の駐車帯等）を視点場として選定し、背景となる家並みや田園景観との調和に配慮して検討する。

また、比較的大規模な排水機場のような構造物については、周辺景観への影響が大きいことから、複数の場所から、位置、建屋の高さ、色調等について検討が必要である。

イ 中近景における検討（景観配慮の手引きの「3.2.3 景観をとらえる視点」参考）

地域に存在する周辺の他の景観構成要素及び遠景時に検討した山々を背景又は添景とするなど農村景観において「主役」と「脇役」、「図」と「地」との関係を意識して景観構成要素間の

位置関係を総合的にとらえて検討することが望ましい。

視点場の検討では、主要な幹線道路等地域の人々のよく集まる場所から選定する。

- (2) 景観形成のためのデザインコードの把握（景観配慮の手引きの「3.2.4 景観特性のとりえ方」及び「5.3.2 景観特性の把握」参考）

地域ごとに地域独特の景観が存在していることから、排水施設整備においても地域固有のデザインコードを反映させ、地域の個性を活かした景観配慮をすることが重要である。このため、地域景観に共通する固有の景観特性をデザインコードとして把握し、施設のデザインの基礎データとする。

調査に当たっては、まずデザインコードを反映させるべき対象施設を選定し、その施設にふさわしいデザインコードの収集を現地において実施する。

デザインコードの収集に当たっては、以下について留意する。

ア 景観構成要素からのデザインコードの把握

デザインコードの材料としては、概査において把握した景観構成要素が重要な手掛かりとなる。景観構成要素は、地域景観を構成する重要な要素になるとともに、地域のアイデンティティを形成するものであり、これらといかに調和させることが可能かを十分検討することが必要である。

イ デザインコードの背景の把握

デザインコードは、地域のデザイン的な特徴を表す個性であるとともに、地域の伝統、風土によって培われてきたものである。したがって、単に視覚的なデザインだけをとらえるのではなく、そのデザインを成り立たせている背景についても把握することが必要である。

- (3) 事業による景観への影響の把握（景観配慮の手引きの「6.3.2 景観への影響の検討」参考）

計画樹立に先立ち、基本構想及び精査における視点場、視対象の検討やデザインコードの把握を踏まえ、事業による地域景観への影響を把握することが必要である。また、農村景観は地域の営農及び生活活動によって維持されてきたものであることから、排水施設整備後の営農及び生活の変化による将来の営農体系も考慮した景観への影響についても併せて検討することが望ましい。

以下に、排水施設整備において、景観への影響を把握するに当たっての主要な検討事項を記載する。

ア 周辺の景観構成要素との調和

遊水池等の整備によって形成される景観が、地域周辺を囲む山々や森、地域内を流れる河川等、周辺の自然と調和しているか、排水機場や水路等の整備によって形成される景観が、地域内に存在する建物や樹木、祠（ほくら）、神社、史跡等を含めた周辺の田園景観と調和しているかなど、地域の景観構成要素と空間的に調和しているかについて検討する。

イ 地域内の景観構成要素の再配置

地域内に存在する樹木、石碑等の移動可能な景観構成要素を施設整備に伴い再配置する場合、その配置は景観上適切かについて検討する。

ウ 地域景観に影響を与える阻害要因への対応

景観に影響を与える阻害要因（野積みされたゴミ、景観に配慮されていない人工物（工場、倉庫等）等）については、施設整備に併せて除去・遮蔽（しゃへい）又は修景・美化する可能性について検討する。

(4) 地域住民の意向の把握

精査における意向把握では、施設ごとの具体的な整備内容とその景観配慮の考え方を明らかにした上で、地域住民の意向、評価等について把握する。その方法としては、農家を含む地域住民に対するワークショップ、聞き取り調査等が有効である。

また、精査の結果、新たに判明した内容についても、地域住民に対して説明し、理解を得ることが必要である。この中で、景観配慮によって事業費が増えたり、新たな維持管理が必要となる場合や、利水条件に影響を与えることとなるような場合は、それらの内容についても十分な説明を行うことが重要である。

(5) 取りまとめと地域住民に対する精査結果の説明

精査により把握した詳細な情報について、概査の取りまとめと同様に、地形図、整理表等で整理する。また、地域住民に対し精査結果を説明し、合意形成に向けて、地域の景観への意識の醸成や高揚に努めることが望ましい。

15.2.3.4 計画樹立（景観配慮の手引きの「6.3 景観配慮計画」、景観配慮の技術指針の「4.2 計画」、「6.2 維持管理」参考）

計画樹立では、基本構想、精査結果を踏まえ、景観に配慮した計画を樹立する。

(1) 景観配慮方針の策定

基本構想において設定した景観配慮区域内において、基本構想、精査結果を踏まえて計画範囲の設定、景観への影響の検討等を行い、景観との調和についての基本的な考え方である景観配慮方針を策定する。

(2) 具体的な景観配慮対策の検討

具体的な景観配慮対策の検討に当たっては、生産性の向上といった事業本来の目的、景観配慮の基本原則（除去・遮蔽（しゃへい）、修景・美化、保全、創造）（景観配慮の手引きの「3.3.1 景観配慮の基本原則」参考）、景観上の役割（整備対象の「主役」・「脇役」、景観の基調としての「地」の検討）、調和の方向（「融合調和」、「対比調和」）（景観配慮の手引きの「3.3.2 景観調和の方針」参考）、景観設計要素（景観配慮の手引きの「3.3.3 景観設計の要素」参考）を踏まえつつ行う。

表-15.2に景観配慮対策の検討に当たって参考となる視点を示すが、いずれの場合においても、景観シミュレーション等の手法を用いて関係者間でイメージを共有しながら、比較検討することが重要である（景観配慮の手引きの「6.3.2 景観への影響の検討」参考）。なお、すべての対策は当該事業だけで対応できるものではなく、そのようなものについては、関係市町村等と調整を行い、他の事業の活用についての検討も併せて行うことが有効である。

(3) 景観資源の価値を高める工夫

景観配慮計画の作成に当たっては、「事業が周辺景観に与える影響」、「地域づくりにおける将来像との調和」及び「事業による景観資源の創出」といった観点から景観配慮を検討することは、地域の景観資源の認知拡大や、地域づくりへの気運醸成につながり、景観資源の価値を高めることにつながる。

表-15.2 景観配慮対策の検討に当たって参考となる視点

景観配慮の基本原則	景観配慮の対象	景観配慮対策の検討に当たっての視点
「除去・遮蔽（しゃへい）」 景観の質を低下させる要素を取り除いたり隠すこと	地域全体	景観の阻害要因となっている施設等の移転が望ましい。 整備対象の規模及び配置を工夫することにより、地域のアイデンティティであり景観を特徴づけている施設等の視認性を確保することが望ましい。
	整備対象施設	景観を阻害する施設は、周辺への植栽や埋設化することが望ましい。例えば、施設に送電線が必要となる場合は、地下埋設方式とすることも検討する。
「修景・美化」 景観阻害のインパクトを軽減したり、美化要素を付加して景観レベルを上げること	地域全体	景観に影響を与える阻害要因のうち、撤去が不可能なもの（景観に配慮されていない人工物等）については、周辺に植栽するなどして景観への影響を緩和することが望ましい。
	整備対象施設	整備対象の排水路を周辺景観に調和させることが必要な場合は、石積み水路としたり、排水路沿線に河畔木、草花等を植栽するなどにより配慮することが望ましい。その際、景観とともに生態系にも配慮することが望ましい。また、新たに建屋等を建設する場合は、地域景観との調和を図るため、地域のデザインコードを踏襲した形状、色彩、素材とすることが望ましい。
「保全」 調和のとれた状態を保全し管理すること	地域全体	地域内に存在する伝統的な施設、神社、鎮守の森、史跡等の景観構成要素については、可能な限り現状のままの状態での保全を方向で検討する。現状のまま保全できない場合は、移設等によって、地域の景観構成要素として残すことが望ましい。この場合、景観構成要素の再配置については、現況の景観特性とともに、新たに整備される施設を十分踏まえて検討することが必要である。
	整備対象施設	石積み水路等、地域の景観や歴史・文化的価値の観点から保全することが好ましい施設については、可能な限り現状のままの状態での保全を方向で検討する。現状のまま保全できない場合は、その素材や様式等を新たな施設に採り入れることが望ましい。
「創造」 新しい要素を付加することで新たな空間調和を創り出すこと	地域全体	地域住民や景観の専門家等から斬新なアイデアを募るなどにより、地域の歴史・文化等に根ざした新たな景観の創造を通じて、地域らしさを創出し、地域内外の交流の場とする等、地域の活性化に結びつけることが望ましい。
	整備対象施設	地域住民の要望等を考慮して、新たに石積み水路、親水空間等を整備することを検討する。その際、素材については地元産のものを使用したり、石積みの工法等についても地元の伝統的工法を用いるなど、地域らしさを創出することが望ましい。

(4) 維持管理方法の決定

景観に配慮した施設を整備することにより、新たに維持管理が生じる場合は、その施設の整備内容、維持管理内容及び手法、維持管理体制並びに費用負担の方法について検討する。

景観に配慮した施設は、一般に農家のみならず地域住民を含めた形で維持管理することが好ましい場合が多いことから、具体的な維持管理協定の制定、維持管理組織の設立等についても検討することが望ましい。このため、調査計画の各段階を通じて、地域住民の理解が醸成されるような取組に努めることが極めて重要である。

特に、対象とする施設の規模が比較的大きなものである場合には、施設そのものの本来の機能の維持と併せて、その周辺の景観の持続的な管理の在り方について、検討組織の場を活用するなど、関係行政機関や予定管理者等とも十分調整を行うことが重要である。

(5) 計画樹立と地域住民に対する計画の説明（景観配慮の手引きの「7.3 景観設計案の比較検討と最終案への合意形成」参考）

上記(1)～(4)を踏まえて、計画（案）を作成し、地域住民に計画内容の詳細を説明し、その意向を十分に把握しながら合意形成を図っていくことが必要である。その際、多数決だけに依存せず、関係者相互で議論し、その優劣評価の考え方について意思統一を図り、合意形成に向けて話し合うことが重要である。

この段階では、具体的な景観配慮の内容や景観配慮によって生じる影響、特に、景観に配慮した施設について新たな事業費負担や維持管理費負担が生じる場合、その施設の内容や管理内容、住民の負担等についても十分説明し、理解を得ることが必要である。

(6) 多様な住民の参加

「施設への近づきやすさ」、「親しみやすさ、使いやすさ」、「愛着・我が事感の醸成」といった観点から景観配慮を検討することで、多様な住民参加による対策の質的な向上と地域づくりなどへの波及効果が期待される。

15.3 水質保全

本項は、農業用の排水施設整備の実施に際し、環境との調和への配慮の観点から行う水質保全対策を計画する場合に参考となる基本的な調査、対策手法及び進め方についてまとめたものである。

なお、ここでのいう水質保全対策とは、上流側の排水を水源としている地域の農作物の生育が著しく阻害されている場合等における水質の保全及び改善を目的とするものではなく、①農村景観の一部を形成する、②生態系を維持・保全する、③地域住民の憩いの場となる等、地域の環境に対して排水路が担う役割を認識し、その保全、活用を図ろうとする場合に行われる水質面での対策をいう。それらの対策における具体的な調査、対策及び手法は、農作物が生育阻害を受けている場合等の水質の保全及び改善におけるそれと大きく異なるものではないが、ここに示す基本的な考え方や留意事項をもとに、地域の特性に応じた様々な創意工夫を取り入れることが必要である。

また、ここでのいう水質保全対策では、その必要性、改善目標、対策手法等に絶対的な指標があるものではなく、また、対策を講じることで一般に事業費が増嵩する傾向にあることから、その決定に当たっては、地域の実情、特に関係農業者、関係機関及び地域住民の意向を踏まえて適切に検討されるべきものである。したがって、調査、計画の各段階においては、関係農業者等と十分な調整を図ることが極めて重要となる。

15.3.1 水質調査手法

水質を把握するために実施する調査としては、直接的に水質を把握する調査（水質調査）と底質中に含まれる物質又は水中の生物相や水生植物から間接的に水質の程度を判定する調査（底質調査、水生生物調査、水生植物調査）がある。

排水施設の配置は広域にわたるので、水質保全対策の対象とする範囲や内容に応じた的確な測点、測定項目等を選定する必要がある。

15.3.1.1 水質調査

排水施設整備の実施に併せて、水質保全に取り組む場合の水質調査としては、主に排水路の汚濁状況の把握を目的とする。

なお、農地からの排水以外にも、周辺からの汚濁水の流入が水質汚濁の原因になる場合があることから、必要に応じて、汚濁水の排水路への流入箇所における汚濁状況を把握することが重要である。

また、下流域の水質への影響を予測するために、幹線排水路、河川等との合流地点を中心に、排水の濃度及び負荷量を把握することも重要である。

(1) 水質調査の目的

水質調査は、排水路に流入する汚濁水や対策の対象とする一定の区域等における水質の把握を通じて、対策の必要性の有無、対策を行う場合の水質改善目標、水質改善手法、水質改善施設の規模及び維持管理方法等を決定するために行う。

したがって、まずは地区内外から流入する汚濁水の水質が、排水路の水質に及ぼす影響を中心に把握する必要がある。

また、下流の公共用水域において水質保全計画が策定されている地区など、地区外に排出される排水の水質を対象とした対策を講じる必要がある地区については、排水路の排水先である下流の河川等公共用水域への流入地点（排水路末端）での水質調査が必要となる。

(2) 既存データ等の収集

当該地区内及びその周辺で既に行われている調査結果等を収集し、整理する。排水施設整備の実施に併せて水質保全に取り組む必要がある地区の場合、既に関係行政機関等によって水質調査が経年的に行われ、水質の目標値も設定されている場合が多い。このため、これらの調査結果等を把握、整理することを通じて、当該地区における水質改善目標、測定項目、観測頻度等の参考にすることが重要である。なお、既存データの整理に当たっては、測定法、器具、分析方法等についても確認しておくことが必要である。

(3) 測定項目、測点、調査時期等

他の行政機関による取組や計画がある場合は、それらの機関とも十分連携及び調整を図りつつ、測定項目、測点、観測時期を決定する必要があるが、表-15.3に一般的な考え方を紹介する。

なお、景観の向上を目的とする地区においては、ある程度の水量感と透明感が求められることがあるので、流量と併せて透視度も測定することが望ましい。同様に、生態系保全を目的とする地区にあっては、溶存酸素量（D0）、生物化学的酸素要求量（BOD）、水温等を、親水空間の形成を目的とする地区にあっては、大腸菌群数も併せて測定しておく必要がある。また、測定期間と頻度には、必ずしも絶対的な決まりはなく、頻度については、汚濁水の水質、流量、水温、降雨量

等によって異なることに留意する必要がある。

さらに、営農（代かき、田植え等）や降雨などによる排水量の増加に伴い、短期的に大量の負荷が排出されるような地区については、測定時期と頻度の設定に留意する必要がある。

表-15.3 水質調査の一般的考え方

主な調査対象	測定項目	測 点	測定時期、頻度等
排水路	流量、水温、生物化学的酸素要求量(BOD) 又は化学的酸素要求量 (COD)、浮遊物質 量 (SS)、電気伝導度 (EC)、全窒素 (T-N)、全リン (T-P)、溶存酸素量 (DO)、 水素イオン指数 (pH) 等	地区内排水路、排水路 から河川等への流出 地点(必要に応じ、流 出先河川等の上下流 地点) 等	代かき期、田植期等、負荷流出 が増大する時期を考慮し回数 を定める。洪水時も別途測定。 排水ポンプの作動や施肥期、 融雪期に注意。

15.3.1.2 底質調査

底質中に含まれる物質が、底質直上の水質環境、若しくは、周辺環境に影響を及ぼす可能性が高い場合、又は、堆積した底質が出水時に下流域へ流出し、下流域の水環境に影響を与える可能性が高い場合は、底質調査を実施する。

(1) 採泥の時期

底質中に含まれる物質が、水利用に悪影響を及ぼす時期を含め、底質調査を実施する場合は、水質調査と同時期に実施することが望ましい。

(2) 採泥地点

地形等により堆積泥が多く底質悪化が考えられる地点を選定するが、水質調査の近傍でもよい。

(3) 採泥の方法

採泥試料は、同一場所で少しずつ位置を変えて採取することを原則とする。表泥採取は、エクマンバージ採泥器等によって3回以上底質を採取し、それらを混合して試料とする。遊水池等で必要と認められる地点では、柱状採泥を行う。

(4) 測定項目及び整理すべき事項

底質の状態（堆積厚、堆積物の状態、色相、臭気）、底質からの栄養塩の溶出速度、底質中に含まれる物質等を測定し、採泥日時、採泥地点、採泥地点付近の地形、地質、採泥方法と併せて整理を行う。

15.3.1.3 水生生物調査

水中には、バクテリア、藻類、底生動物、魚類等の様々な種類の生物が多く生息しており、それぞれの環境によって違った種類の生物が棲み着いていることから、生物相を調べることによって水質汚濁の程度を判定することができる。また、生態系の保全を目的とする地区においては、水生生物調査を行うことにより、生態系に配慮すべき種などの把握も兼用して調査することができる。

水路内の浮遊生物（クロロフィルa等）は上流から流下したものが大部分なので、その場所の水質を示さない場合が多い。したがって、水質判定はその場所に生息している生物で行う必要がある。

底生動物や付着物は、流速や水深など環境条件によって変わるので、比較のためにはできるだけ環境条件が類似した場所を選ぶ。なお、調査前の数日間に出水又は増水のあった場合は試料採取を

延期する等の配慮が必要である。

15.3.1.4 水生植物調査

水生植物を調査することにより、水質の汚濁状況が概定できる。

なお、水生植物の利用による水質改善や親水空間形成を目的とした植栽等を考えている地区においては、これらに活用する種が在来種なのか外来種なのかの選定の参考にもなるので、必要に応じて水辺の植物調査なども行うとよい。

15.3.2 水質保全対策

水質保全の対策としては、地区内外から排水路へ流入する汚濁量（負荷）をできるだけ軽減した上で、排水路に水質改善施設を設置することを通じて水質を改善することが重要である。

15.3.2.1 対策検討上の留意点

対策の検討に当たっては、排水施設への流入負荷を軽減するために講じられる別途の取組と整合したものとするとともに、地域住民や関係農家等の意向も十分反映させることが重要である。

また、対策の多くは、その持続的効果発現のために維持管理を適切に継続していく必要があるため、維持管理の容易さ、体制、費用及びそれらを踏まえた持続可能性についても十分考慮が必要である。

以下に、各施設における水質保全対策を検討する際の留意点を示す。

(1) 排水施設の水利的特徴

一般的に排水路は、用水路と比較し、①雨水の影響が大きい、②平常時の流速が小さいという特徴を有している。

このため、用水路と異なり、非かんがい期のみならず、かんがい期においても、排水路にヘドロが蓄積され、水質悪化の問題が生じている場合が見受けられる。また、降雨時に排水路に堆積していたヘドロが攪拌流下し、下流域の水質に影響を与えている場合もある。

したがって、排水路を活用した対策としては、植生による吸着や微生物による分解機能を活用した対策のほか、底泥を除去する対策等がよく用いられるが、これら対策を選択する際には、前提となる水利条件との関係を十分に検討することが重要である。

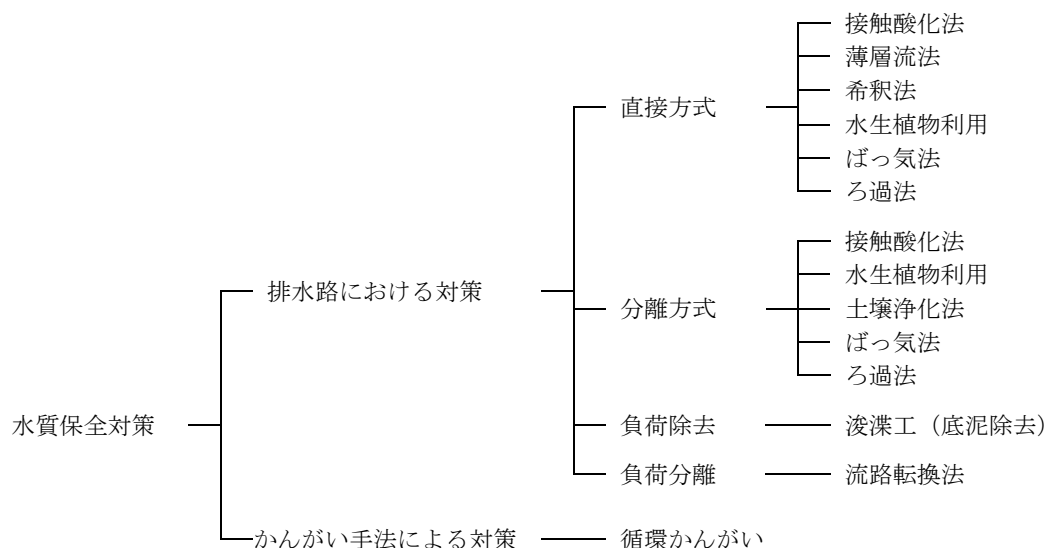
また、条件によっては、排水水門の直上流部や排水ポンプの吸込水槽においても、排水の滞留が生じてヘドロが蓄積し、水質が悪化する場合があるが、この場合、底泥除去等の対策を講じる必要があることに留意する。

(2) 排水施設の親水空間、生態系保全等に対する機能

排水路が居住地内を流下し、排水路を含めた周辺環境が貴重な親水空間として位置づけられる場合や、排水路内に生息する水生生物及びそのネットワーク（排出先の湖沼、河川等から排水路を通じて水田まで遡上する生態系など）を保全する必要がある場合などには、求められる水量、水質、水路の路線、構造等について十分に検討する必要がある。

15.3.2.2 主な水質改善手法

排水施設整備の実施に当たり、排水路で活用可能と考えられる水質改善手法を図-15.4に紹介するとともに、主要な手法の特徴及び留意点を以下に示す。



※直接方式：排水路内に水質改善施設を設置し、直接的に水に作用させる方式

分離方式：排水路の水をポンプ等で本流から分離し、水質改善施設で処理してから戻す方式

図-15.4 主な水質改善手法⁸⁾

(1) 接触酸化法

ア 特徴

主に礫、木炭、波板、ひも等の接触材利用により、新たに浄化の場を作り出す手法で、フルームを組立柵渠（底打ちなし）や土水路に変更するだけでも効果がみられる。

イ 留意点

（ア）有機物が多い場合は、嫌気状態にならないように配慮する必要がある。

（イ）汚濁物質の沈降や吸着等に伴い、通水断面積が小さくなる恐れがあるため、定期的に汚泥の除去を行う等の維持管理が必要である。

(2) 希釈法

ア 特徴

（ア）水質濃度の低い水をたくさん流入させることにより、希釈させる手法である。

（イ）伏流水をポンプ等で汲み上げて希釈水として利用すると同時に水路底から地下への浸透速度をあげることで自然浄化機能の向上を図る伏流浄化法と、浄化用水を導水し水質濃度を低減させる導水法がある。

イ 留意点

（ア）清澄な希釈水が近傍にあることが必要である。

（イ）少量の導水では藻類の増殖を抑制する効果が期待できない。

（ウ）大量に導水する場合には、排水路の流下能力や下流への影響等を考慮することが必要である。

(3) 水生植物利用

ア 特徴

- (ア) 水生植物の生育による窒素及びリンの吸収、吸着等を活用した手法である。
- (イ) 水中植物の除去により、生体内に吸収された栄養塩類が水中から除去される。
- (ウ) 自生している植生を利用できる。

イ 留意点

- (ア) 水生植物を回収、除去することが必要である。このため、除去した水生植物の有効利用についても検討することが望ましい。有効利用の例としては、ヨシを肥料として利用する取組などがある。
- (イ) 植物の育成期間に左右される。
- (ウ) 植物の密集度の違いにより、育成条件が異なる。
- (エ) 広い用地を必要とする。
- (オ) 導入する植物の選定に当たっては、その影響を考慮することが必要である。

(4) ろ過法

ア 特徴

- (ア) ろ過装置で物理的に除去を行う手法である。
- (イ) 浮遊物質（SS）の除去には効果的であり、透視度も改善される。また、生物ろ過の場合、生物化学的酸素要求量（BOD）の除去についても効果がある。

イ 留意点

- (ア) 目詰まりによるろ過障害が発生する。
- (イ) 浮遊物質（SS）の除去はできるが、全窒素（T-N）、全リン（T-P）の除去は困難である。
- (ウ) 大容量の水処理を行う場合、施設スペースの確保やコスト高が課題となる。

(5) 底泥除去

ア 特徴

- (ア) 水路の底に溜まった泥の除去を行う方法である。
- (イ) 浮遊物質（SS）の除去には効果的であり、透視度も改善される。

イ 留意点

- (ア) 底泥除去をしたヘドロが再流出しないようにする必要がある。また、作業の際に生じる汚濁が、下流域や末端施設に与える影響についても検討する必要がある。
- (イ) 泥は耕地に返還できず産廃になる可能性があり、処理コストが高くなる場合も少なくないので、受け入れ先との協議が必要である。

(6) 循環かんがい

ア 特徴

排水を極力地区外に出さないという考えで、排水先に調整池を設け、その水を用水に再利用し、水稻の生育による吸収や水田の持つ脱窒作用等により水質改善を図るもので効果は高い。

イ 留意点

- (ア) 排水を用水として反復利用することに対する農家の理解が必要である。
- (イ) 新たな調整池が必要となる場合が多く、またポンプ運転経費等の掛増が発生する。

15.3.3 調査及び計画の基本的な進め方

排水施設の整備に併せて水質保全対策を実施する場合に、参考となる基本的事項を概査、基本構想の策定、精査、計画樹立の段階ごとに示す。

一般に、排水施設の整備は広域にわたる場合が多く、近年の都市化及び混住化の進展等により、生活雑排水の流入など多様な水質悪化要因が考えられることから、施設整備上の配慮のみで目標とする水質保全を図ることが困難な場合が多い。このような場合には、必要な負荷軽減に向けた役割分担について、関係農業者のみならず関係機関や地域住民とも十分に調整し、施設が担うべき機能や水質改善目標を基本構想段階で概定することが重要となる。

15.3.3.1 概査

概査は、水質保全対策を実施する必要性を明らかにするために行うものである。

このため、①水質に関する問題点、②関係農業者を含む地域住民の水質保全に対する意向、③土地改良区等施設予定管理者等の意向、④関係市町村等の方針等を資料の収集及び聞き取り調査等により把握しておく必要がある。

特に、排水施設整備に併せて水質保全対策に取り組む必要のある地区の場合には、関係機関によって水質調査が経年的に実施されている場合が多いので、これらのデータ等を活用し、水質に関する問題の所在等を明確にしておくことは有効である。

また、幹線排水路などの基幹的な施設の整備に併せて、新たな親水空間を創出しようとするような場合には、当該施設が水質保全対策上で担うべき役割及び機能について、近隣地区の事例なども参照しつつ、関係機関等と十分に調整を図っておく必要がある。

15.3.3.2 基本構想

基本構想は、概査によって水質保全対策の必要性が明確化された場合に、計画の骨格をなす各要素の相互関連を検討し、大まかな方向付けを行うものである。

このため、概査の結果を踏まえつつ、①水質改善の目的及びテーマ、②達成すべき水質改善目標、③目標を達成するための手段、④予定管理者等による適正な管理の可否等について、基本構想で概定しておく必要がある。

基本構想の策定に当たっては、関係農業者のみならず関係機関や地域住民とも十分に調整するとともに、特に、水質改善目標やそのための手段などの検討に際しては、水質の専門家等の助言を得ながら進めることが有効である。

〔参考〕水質保全対策の検討項目整理表

水質保全対策を策定する際の主な検討項目を表-15.4に示す。

なお、実際の検討に当たっては、本表にある項目の他、必要となる項目を適宜追加するなど、地域の事情に応じて適切な項目について整理することが望ましい。

表-15.4 水質保全対策の主な検討項目

検討項目	内容例
①検討対象施設	ダム、調整池、排水路等
②負荷との関係	流入負荷対策、流出負荷対策等
③水質に関する課題	水質改善を検討するに至った背景、課題等
④関係市町村等の方針や水質保全の取組状況	田園環境整備マスタープランにおける位置づけ、それに基づく他機関の取組等
⑤対策のテーマ	景観配慮、生態系保全、親水空間の創設、下流公共用水域への負荷削減等
⑥対策の目的	排水先湖沼の富栄養化改善等
⑦水質改善目標	水質目標値の設定、水生生物の生息数向上等
⑧対策の内容	手法、規模、施設等
⑨水質モデル	類似参考地区、シミュレーション等
⑩対策検討に当たって特に配慮すべき事項	地域住民の施設に対する理解の向上等
⑪維持管理内容	管理者、作業内容、費用等
⑫モニタリング	継続観測調査の内容等
⑬農家の取組	営農面での水質改善に向けた取組等
⑭地域住民のかかわり	地域住民の意向、役割分担等

15.3.3.3 精査

精査は、概査を補完するとともに、基本構想に基づき、精度を上げて現状を把握することを通じて、①水質改善目標、②対策の規模及び手法、③維持管理手法等を具体化するために行うものである。このため、常に計画策定段階と連携を図りながら進めていくことが重要である。

水質調査に当たっては、水質改善の目的及びテーマ（景観形成、生態系の保全、親水空間の創設、下流公共用水域の負荷軽減等）、水質汚濁発生の原因・時期等を踏まえて、調査箇所、測定時期・項目等を決定する必要があるが、具体的な考え方は、技術書「15.3.1 水質調査手法」及び「15.3.2 水質保全対策」を参照するものとする。

15.3.3.4 計画

計画策定の段階においては、基本構想及び精査結果を踏まえ、①水質改善の目的及びテーマ、②水質改善目標、③対策の規模及び手法、④維持管理手法等の詳細を定める。

特に、幹線排水路などを対象とした大規模、広範囲に及ぶ対策を検討する場合には、初期建設費とともに、維持管理のための体制や費用も十分に勘案しておくことが必要である。

さらに、事業完了後のモニタリング調査を継続的に実施することは、対策の有効性等の検証や効果的な維持管理手法の導入にもつながるなど、対策の効果を持続及び増大させるためにも有効である。このため、維持管理体制を検討する際には、モニタリング調査についても併せて検討し、関係者間でその役割分担について合意形成を図っておく必要がある。

15.4 地区事例

15.4.1 景観や生態系との調和に配慮した調査計画の事例

(1) 地域概要

本地区は本県の西南部に位置し、三つの河川に囲まれ、山脈の東麓から展開している扇状地右辺部に位置し、標高110mから210mの段丘地形を呈している。扇状地であることから水が不足し、古くからため池や用水路を築いてきた地域である。また、集落形態としては、散居集落を形成し、「えぐね」と呼ばれる屋敷林、薪を積んだ「きずま」に囲まれた特徴的な農村景観をなしている。

このような特徴的な農村景観を形成していることから、「農村景観100選（平成4年、農林水産省）」などに選ばれた。このことを契機として、本町では「景観形成基本方針」を作成するなど地域住民全体での環境対策に力を入れている。



写真-15.1 散居集落



写真-15.2 えぐね



写真-15.3 きずま

(2) 地区概要

- ・事業工種：国営農地再編整備事業
- ・受益面積：883ha
- ・工 期：H10～H18
- ・主要工事：区画整理、農地造成、排水路整備、道路整備

(3) 環境に関する調査及び計画の経緯

本地区は、所有耕地が分散し、区画形状が未整備又は10a区画である上に、かんがい用水が不足し、用排水路が未整備であったことから、農用地の効率的利用と労働生産性の高い農業経営の展開を目的として本事業を実施することとなった。

事業を実施する本町では、「景観形成基本方針」が作成され、地域として環境対策に力を入れていることに加え、調査において環境省レッドデータブックで「絶滅危惧Ⅱ類」に指定されている生物種をはじめ、その他多くの生物種が地域内に生息及び生育していることが確認されたため、

それらの環境との調和に配慮して事業を実施することとなった。

環境との調和への配慮方針を決定するに当たり、学識経験者、環境の専門家、地域住民等からなる「田園景観検討委員会」を設置し、景観調査や生態系調査を行い、保全対象要素や保全対象生物、それぞれの配慮対策等の基本的方針を決めた。

また、生態系に配慮した施設整備の方針として「水辺環境」、「緑地環境」及び「農耕地環境」に区分して検討を行った。

調査及び計画に当たっては、事業実施地区内で生活する地域住民の理解及び協力が不可欠と考え、早い段階からの地域住民の参加を促すために、ワークショップによる合意形成、パンフレットによる啓発等を行った。

(4) 概査の段階

本町で作成された「農村環境計画」や「景観形成基本方針」、環境省レッドデータブック、本県レッドデータブック、地域住民からの情報等から、地域に生息及び生育する代表的なほ乳類、鳥類、昆虫類、は虫類、両生類、魚類、植物等に関する情報を広く収集した。また、景観に関しては散居集落として特徴的な農村景観を形成していることがわかった。

(5) 基本構想、精査の段階

概査で得られた情報より、事業の基本構想を作成するため、学識経験者や環境の専門家、行政機関、土地改良区、地元農協、地域住民等により構成された「田園景観検討委員会」を設立した。

「田園景観検討委員会」では、現況における景観や生態系の客観的評価を行うこと及び今後の対応についての地元合意形成を図ることを目的とし、景観調査、専門家による生態系調査、ワークショップ方式による検討や地域住民の意向等の聞き取り調査を実施した。

ア 景観調査

農村景観の良さを評価するために、地域外の都市住民に美しいと感じる風景等を撮影してもらい、美しい農村景観を抽出した。

抽出に当たっては、撮影者に美しいと感じた理由を記述してもらったり、写真を自然及び景観、歴史的施設、動物、植物等に分類した。

イ 生態系調査

専門家による目視や採集により、ため池、土水路、畦畔等において生態系調査を行い、88科306種の植物が生育、228科1,020種の動物が生息していることが確認された。その中でも、地域で特徴的な種や学術的に貴重である種、絶滅のおそれがある種を「注目すべき種」とした。また、「注目すべき種」が数多く確認され、生物生息のネットワーク上で重要と考えられるため池や排水路等を「注目すべき生息地」とした。

ウ ワークショップ活動

住民参加による計画作成を行うため、ワークショップ活動による住民参加の促進を行った。ワークショップでは、地域の農村景観の良さや生態系の重要性を認識してもらうために、地域住民による「集落点検調査」等を行い、集落の貴重なもの、代表する施設、景観等を明らかにした。

エ 環境との調和への配慮方針

上記の結果より、地区全体を水辺環境（用排水路、ため池）、緑地環境（屋敷林、ため池の周りや用排水路沿いの樹林地）、農耕地環境（水田）からなるものとして、環境との調和への配慮

方針を以下のとおりとした。

(ア) 水辺環境の保全、再生

植生が豊かな土水路、未改修のため池など生物の生息及び生育に好ましい水辺はできる限り保全することとし、排水路の改修に当たっては魚類等の生息環境を極力再生するため、その状況に応じた排水路構造とする。

(イ) 緑地環境の保全

地区内の屋敷林、河畔林等の緑地は、地区内及び地区周辺を含めた生物の生息及び生育や移動の場であり、農村景観を形成するものであるため極力保存する。

(ウ) 農耕地環境の保全、再生

水田や休耕地には湿地環境を有しているものがあり、昆虫類や両生類、は虫類等の生息の場になっている。また、畦畔や法面には地域の環境に適した植物が見られるため、湿地環境を有する水田を保全するとともに、畦畔や法面は植生工を施さず郷土種の早期再生を図る。

(エ) 水辺と緑地のネットワーク形成

排水路とため池、水辺と緑地の連続性は、魚類、昆虫類、鳥類等の生息や移動にとって重要であるため、これらを「注目すべき生息地」として連続させて配置し、水辺と緑地のネットワークの形成を図る。

(6) 一般計画、主要工事計画の段階

ア 保全対象生物及び保全対象要素の選定

精査の結果や基本構想を基に、事業目的や受益農家等の意見を踏まえて保全対象要素をとりまとめた。保全対象要素は以下のとおりとした。

- ・ 森（まとまりのある樹林）
- ・ 屋敷林（えぐね）
- ・ 水路沿いの樹林、藪
- ・ 水田にある独立木
- ・ 土水路、ため池
- ・ 史跡及び文化財

保全対象生物については、注目すべき種の中から、以下の項目に該当しないものとした。

- ・ 本地域が分布限界近くに位置しているため「注目すべき生物」に位置付けられているが、生物そのものは絶滅するおそれのないもの
- ・ 行動範囲が広く地区内に営巣が確認されていない生物など本地域において保護策を講じることができないもの
- ・ 捕獲が困難であり、少数の個体を保護しても効果が期待できないもの

イ 保全対策範囲の区分

主要工事計画においては、保全対象生物や保全対象要素に対し、それぞれ必要な具体的配慮対策を行う必要があるが、その際には事業による影響範囲を検討して、保全対策範囲を設定する。以下に事業実施前の現況調査結果とそれに対応した区分を示す。

15.4.2 景観との調和に配慮した事例

15.4.2.1 景観との調和に配慮した調査計画の事例

調査計画の進め方の参考とするため、排水施設の整備に当たって景観に配慮した地区事例をもとに、調査計画の各段階における取組について一例を紹介する。

(1) 景観配慮の概要

本地区は、町の活性化計画の中心的地域に位置付けられており、中でも本地区の排水路は、築造後30年近く経過しているものの、地域にとって水との触れ合いを感じることでできる親水空間を形成していた（写真-15.4）。



写真-15.4 事業実施前の排水路

このため、老朽化が著しい排水路の改修に当たっては、排水路とその周辺の空間等を利用し、豊かで潤いのある快適な生活空間を創造するとの方針から整備を行った。

整備方針の決定に当たっては、景観シミュレーションを用いた地元説明会を実施することで地域関係者の意向を十分把握するよう努め、また、排水路整備後の維持管理の方法等についても、地元町内会の協力を得るなど、合意形成が図られた。

(2) 調査計画の各段階における取組

ア 概査

概査では、関係行政機関の景観配慮に関する方針、地区内の主な景観構成要素等について把握した。

調査は、排水路周辺の景観資源の分布状況等に特に留意し、地域関係者とともに景観点検を兼ねた現地踏査を行いながら進めた。調査を通じて住民が地域景観の成立過程を再認識することや、住民の間で景観の保全、形成に向けての意識の醸成や高揚が図られ、地域での合意形成につながった。

調査の結果、“水路に流れる水”、“歴史的玉石護岸”、“水生生物の生息空間”等が重要なテーマとして把握され、さらに、排水路北側が集落の中心部に隣接していること等に留意すべきといった立地的な要素も把握された。

イ 基本構想の策定

基本構想の策定では、概査における景観点検を通じて把握した景観構成要素を基に、景観配慮の必要性が確認され、自然資源をいかした景観を保全しながら、落ち着きと安らぎを持った「ふれあいと水の散歩みち」をテーマとした整備を目標とすることが設定された。

また、重視すべき景観構成要素が集積している範囲や住民の意向を勘案し、五つのエリアにゾーニングを行い、全てを景観配慮区域として設定し、“自然したしみゾーン”、“水たわむれゾーン”等、それぞれのエリアに応じた景観配慮の方向性を検討した。

ウ 精査及び計画樹立

精査では具体的な景観配慮のため、これまでの検討結果を踏まえて、再度現地踏査を実施し、

地域の意向を再確認した。

計画樹立では、検討委員会で具体的な景観配慮対策を決定するとともに、維持管理についても、地域住民を含めた町内会で年2回程度石積み水路の除草を行うことで合意形成を図った。

以下に、景観配慮対策を検討するために実施した取組内容について示す。

(ア) 現地ワークショップ

景観に配慮した具体的な整備方針について検討することを目的として、地域関係者を交えて現地踏査を実施しながら意見交換した。

(イ) 地域の意向の把握

現地ワークショップとは別に、事業実施による周辺景観への影響を把握するため、農村景観に関する専門家の指導の下で、現況写真を基に景観配慮後のイメージ図を作成し(図-15.6)、これを用いたワークショップを2回開催することを通じて、計画樹立に対する地域関係者の意向を把握した。



図-15.6 景観イメージ図

(ウ) 検討委員会による検討

現地ワークショップ、地域の意向の把握等の結果に基づき、学識経験者及びその他関係機関の職員で構成される検討委員会を立ち上げて、景観に配慮した具体的な排水路の整備の在り方について検討を行った。

本委員会の提言等も踏まえながら、本地区における具体的な景観配慮対策を決定し、地域の活性化にも資する新たな親水空間を創造した(写真-15.5)。



写真-15.5 事業実施後の排水路

15.4.2.2 景観との調和に配慮した対策の事例

多様な施設や地域の実態に応じた景観配慮の在り方の参考とするため、特色ある施設整備や地域のデザインコードの導入を検討した事例をもとに、それぞれの特徴について紹介する。

15.4.2.2.1 排水機場の整備において周辺景観に配慮した事例(色彩、高さ)

(1) 景観配慮の概要

当該排水機場は、河口部に位置し、近隣砂丘台地に群生する保安林(松林)に囲まれるとともに、周囲は住居専用地域に指定されていた(写真-15.6)。

このため、排水機場の整備に当たっては、排水機場近隣の保安林の高さよりも建物自体が突出

しないよう、また、周囲の住宅地や保安林の景観に対し、奇抜さや威圧感を与えないものとする必要がある。

当該事業では、事業投資を経済的なものとする 것과併せ、景観への影響を極力軽減するため、排水機場建屋を最小限の補修にとどめて既設利用することとし、外壁の補修及び耐震補強を行うとともに、一部受電設備の建屋を新築することとした。なお、建屋の配色については、既に地域の景観の一部となっている既存施設の配色と同じとした。

(2) 具体的検討内容

事業の実施に伴い、整備した施設が、周辺景観から突出したイメージを与えることのないよう、背景色や地域全体の基調色を把握し、景観シミュレーションを用いた色彩検討を行い、現機場に隣接して新設する受電設備建屋については、近隣に群生する保安林（松林）の景観に溶け込ませるよう建物の高さを低く抑えることとした（図-15.7）。



写真-15.6 事業実施前の排水機場



図-15.7 景観シミュレーション

排水機場周辺は、海岸線に沿って砂丘がつながり、海水浴に訪れる来訪者から眺めた場合に砂丘の奥に松林を望むこととなる景観が阻害されることのないように配慮した（写真-15.7）。この他にも、橋、漁港、道路等周辺に幾つかの視点場を選定し、四季の変化に伴う眺望の移り変わりについても検討した。



写真-15.7 視点場（海水浴場）からの眺望（排水機場の建屋は砂丘台地に隠れ、避雷針のみが見える。）

15.4.2.2.2 排水機場の整備において周辺景観に配慮した事例（色彩、素材）

(1) 景観配慮の概要

本地区の排水機場の整備に当たっては、景観配慮を踏まえた外観の検討を行い木製ルーバーの採用等外装の木質化を行った。地域固有の種である思川桜の色を差し色として外観に活用するなど、地元で親しまれる施設となるよう配慮した整備がなされている。

(2) 具体的検討内容

排水機場の構造自体は、耐加重、耐火性の観点から木造化が困難であるため、木製ルーバー施工による外装の木質化を行い、凹凸感のある外観となるよう肌理（きめ）に配慮した。



写真-15.8 整備後の排水機場全景



写真-15.9 整備後の排水機場入口部

15.4.2.2.3 遊水池の整備において周辺景観に配慮した事例

(1) 景観配慮の概要

本地区では、市街地化、混住化が進んできている水田地帯に、新規遊水池を造成するに当たり、農家と非農家、農村に暮らす人々と都市に暮らす人々等の多様な交流と相互理解を深めることを目的として、景観に配慮した憩いの場の創設を構想した（図-15.8）。

遊水池の造成における景観配慮等の検討に当たっては、地域住民等を含めたワークショップを開催し、景観に特化せず、施設やその周辺地域の有効活用に関する意見等も含めて、広く地域住民の意向の把握を行った。その結果をもとに、遊水池を複数のブロックに分割ゾーニングし、そのブロックごとに整備方針を検討して各々に特色ある整備を実施した。

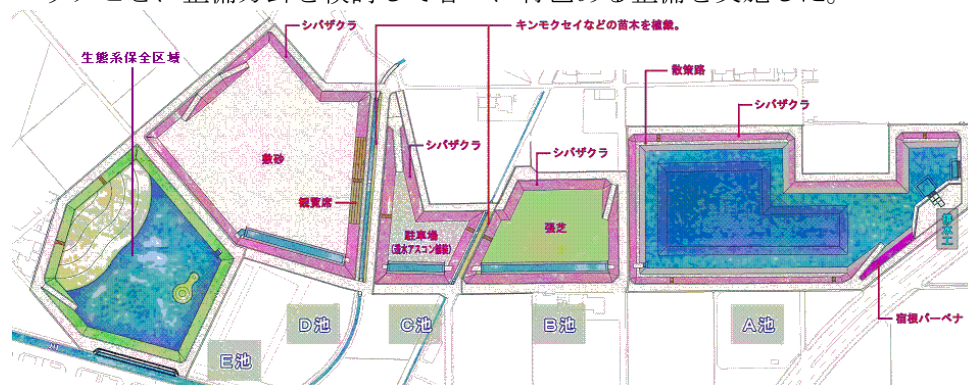


図-15.8 ブロック区分した整備方針検討図

(2) 具体的検討内容

市街地と近接している地域特性を踏まえ、遊水池及びその周辺の有効利用を念頭においた整備をテーマとして検討を行い、その上に、住民意向を反映させた景観配慮を付加していった。

ワークショップにおける主な意見は、“地域住民参加により遊水池法面に植栽を施す”、“遊水池の一部に生態系を保全するエリアを確保する”、“安全柵には自然素材の木柵を採用する”等であった。

これらを踏まえ、ゾーニングの一方では、遊水池周りを人為的に芝桜で修景・美化することにより景観の主役とし（写真-15.10）、もう一方では、遊水池に生態系保全区域を確保し（写真-15.11）、自然の緑や水面を景観の脇役とすることで対比調和型の景観配慮とした。また、これにより他の環境要素である生態系への配慮にも寄与している。

当遊水池の施設管理者は市町村でありながら、住民参加による整備や多様な交流の場としての利活用を通じて、地域住民による協働管理が行われており、また継続的な維持管理についても話されている。



写真-15.10 地域住民参加で行われた
遊水池法面の芝桜の植栽



写真-15.11 生態系保全区域

15.4.2.2.4 デザインコードの検討事例

デザインコードの検討の参考とするため、排水機場の建屋を周辺の農村景観と調和したデザインとした事例を幾つか紹介する（写真-15.12～15.14）。

これらの地区では、排水機場の建屋を検討する際、現地調査等により周辺の景観構成要素や地域関係者の意向の把握等を行い、これらの結果を基に、周辺の集落に立ち並ぶ伝統的な民家と調和するよう地域固有のデザインコードを反映させ、シミュレーションを通じて、地域関係者の意向を踏まえた整備構想を策定した。

参考とするデザインは、伝統的家屋全体であったり、屋根の形状であったりと様々であるが、現代風にアレンジして整備することで、伝統の中にも斬新さがうかがえる施設としている。

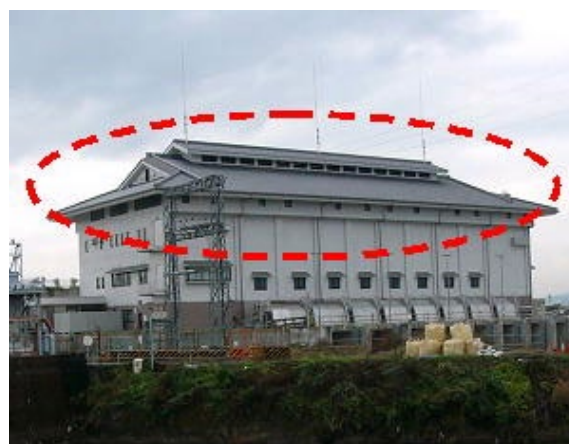
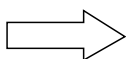


写真-15.12 左は地域の代表的な建築様式の「大和棟の瓦屋根」、右はこれをデザインコードとした排水機場

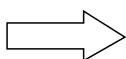


写真-15.13 左は地域の代表的な建築物の「蔵（水屋）」、右はこれをデザインコードとした排水機場

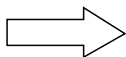


写真-15.14 左は地域の伝統的な民家の建築様式の「くど造り」で、右はこれをデザインコードとした排水機場

15.4.3 水質保全対策の事例

15.4.3.1 事例 1

(1) 地区概要

本地区の排水先である湖は、周辺の開発などによって水質汚濁が進行し、淡水赤潮の発生が確認されるなど、富栄養化による問題が顕著になっていた。その後、この湖が湖沼水質保全特別措置法（昭和59年法律第61号。以下、「湖沼法」という。）の指定を受け、これに基づき県が水質保全計画を策定して、湖の水質改善に取り組んでいる。このため、本地区においても、農地から排出される負荷の削減を図るための対策を実施している。

(2) 水質改善目標等

本地区では、排水先の湖沼が湖沼法に基づく指定湖沼となっているため、当該湖沼の水質保全を主目的に位置づけている。具体的な水質目標は、湖に流入する排水路について、化学的酸素要求量（COD）、全窒素（T-N）、全リン（T-P）に関して定められている。また、指標としては、湖沼の汚濁物質が蓄積されやすいという性質から水質濃度ではなく、削減量として管理しやすい負荷物質の総量で定めている。

(3) 水質調査

本地区は、地区内の農地から排出される水質が下流の湖沼に与える影響を把握する観点から、調査地点、観測項目、観測頻度を以下のように設定している。

ア 水質調査地点

水質調査地点の選定としては、農地からの排水を集約して湖に注ぐ幹線排水路に対して水質保全対策を行うことが予め想定されたことと、改善目標の指標に対して負荷量の流入と流出の収支を求める必要があったことから、表-15.5及び図-15.9に示すとおり、水質保全対策対象地上流部（No. 1）及び下流部（No. 2）で調査を行っている。

イ 観測項目

観測項目としては、本地区の水質目標を踏まえ、流量、化学的酸素要求量（COD）、全窒素（T-N）、全リン（T-P）を測定するとともに、水素イオン濃度（pH）、生物化学的酸素要求量（BOD）等その他水質改善手法の選定に当たり参考となる項目も調査している。

ウ 観測頻度

本地区では、かんがい期のうち、例年多量の用水を使用しており、流出負荷量がピークになると考えられる時期を選定し、2回程度観測を行っている。また、水田営農が下流域の水質に影響を与えているかの判断や排出量の算定の基礎及び観測結果のばらつきを防ぐために、非かんがい期においても1回程度の観測を実施している。

表-15.5 本地区における水質調査

水質調査地点	観測項目	観測頻度
No. 1	流量、化学的酸素要求量（COD）、全窒素（T-N）、全リン（T-P）、水素イオン濃度（pH）、生物化学的酸素要求量（BOD）	かんがい期 2回（ただし、負荷量のピーク時期）
No. 2		非かんがい期 1回

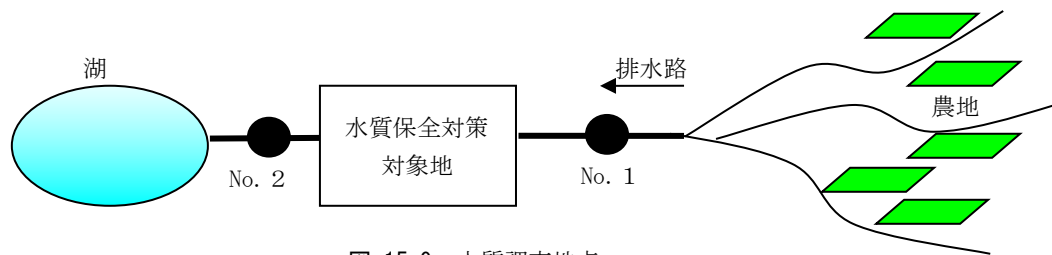


図-15.9 水質調査地点

(4) 水質保全対策

本地区では、農地からの排水を集約して湖に注ぐ幹線排水路の水質改善を図るため、水生植物を植栽した水質浄化池を設置（水生植物利用法）し、汚濁水を迂回、滞留させることにより水中の窒素、リンを植物に吸収させ、水質の改善を図っている（図-15.10）。

また、周辺の整備を一体的に行い、地域住民はもとより隣接する道の駅を訪れる人々に対して潤いあふれる親水空間を提供している。

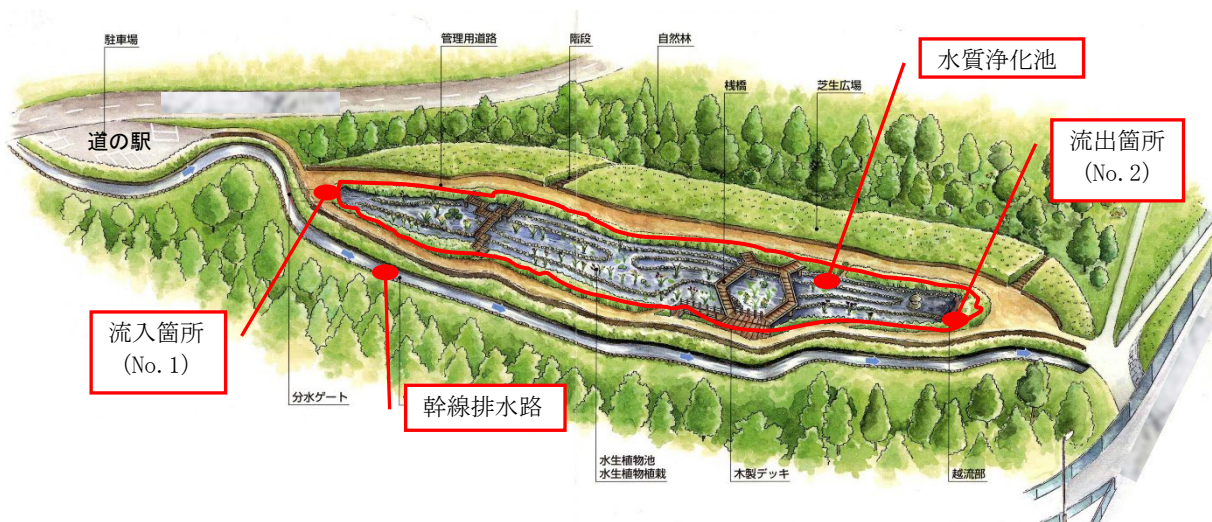


図-15.10 水質保全対策対象地全景（イメージ）

なお、地域住民の憩いの場としての水質浄化池の役割に鑑み、水質保全対策の検討に当たっては農家だけではなく、非農家に対しても周知するよう努めた。

(5) モニタリング及び維持管理

水質保全対策の有効性の確認や維持管理の改善のために、本地区ではモニタリング調査を実施し、負荷量軽減の程度を確認している。

観測位置としては、予め想定されていた水質浄化池の上下流地点（No. 1及びNo. 2）において観測している。

また、観測項目は、調査段階と同様のものとし、観測頻度も時期による観測条件の相違が生じないように、調査時に測定した回数と時期を合わせることにしている。

維持管理については、地域住民の意識が高まり、農家を含む地域住民（ボランティアグループ）と行政が共同で年4回程度、水質浄化池の草刈り等を実施している。

15.4.3.2 事例2

(1) 地区概要

本地区は、水質汚濁が問題となっている潟湖の上流に位置している。行政機関において都市下水道整備や潟湖の浚渫などの直接改善対策が実施されているが、本地区においても排水路の改修と併せて水質改善に取り組むこととし、同時に生態系の保全及び親水公園の形成を図ることとした地区である。

(2) 水質改善目標等

本地区では、生態系の保全及び親水空間の形成の観点から、具体的な水質改善目標として、潟湖に流下する排水路における、化学的酸素要求量（COD）を設定している。

(3) 水質調査

本地区は、地区内の農地から排出される排水の水質が下流の潟湖に与える影響を把握する観点から、調査地点、観測項目、観測頻度を以下のア～ウのとおり設定している。

また、調査結果を分析するため、学識経験者により構成される「環境整備連絡会」を設立し、水質予測モデルや浄化効果について検討している。

ア 水質調査地点

水質調査地点の選定としては、潟湖への流出負荷把握の観点から、潟湖へ流下する幹線排水路の最下流地点を中心に観測している。また、基本構想作成時には排水路の各合流地点においても観測し、水質変化を把握することによって汚濁原因等を分析できるよう考慮した(表-15.6)。

イ 観測項目

観測項目としては、本地区の水質目標を踏まえ、化学的酸素要求量（COD）を測定するとともに、水素イオン濃度（pH）、電気伝導度（EC）、溶存酸素量（DO）、浮遊物質（SS）等その他水質改善手法の選定に当たり参考となる項目も調査している。

ウ 観測頻度

本地区では栄養塩類や有機物など、汚濁原因を把握するため月1回の頻度で観測を行っている。

また、基本構想策定時には、各支線排水路の汚濁状況をできるだけ的確に確認するため、調査地点数を増やして観測を実施している。

表-15.6 本地区における水質調査

水質調査地点	観測項目	観測頻度
幹線排水路最下流（潟湖直上流） （概査時及び着工後）	流量、水温、化学的酸素要求量（COD）、水素イオン濃度（pH）、浮遊物質（SS）、溶存酸素量（DO）、電気伝導度（EC）、透視度、全窒素（T-N）、全リン（T-P）等	4月～12月まで 月1回
排水路の各合流地点（5地点） （基本構想策定時）	化学的酸素要求量（COD）、水素イオン濃度（pH）、浮遊物質（SS）、溶存酸素量（DO）、電気伝導度（EC）、全窒素（T-N）、全リン（T-P）	3カ月（季節ごと）に1回

なお、本地区では、生態系への配慮の観点から、水質調査とは別に魚類の生息状況を把握するための調査を実施している。

(4) 水質保全対策

本地区においては、排水路整備において緩勾配型自然石付金網護岸工（写真-15.15）により接触面を増加させる（接触酸化法）とともに、多様な水生植物を水路底に植栽し（水生植物利用法）、水質改善とともに潤いのある水辺環境の形成を図っている。

なお、水質保全対策及び維持管理手法の検討に当たり、農家を含む地域住民によるワークショップを開催している。ワークショップは合意形成を図るのみならず、地域の水環境や農業用排水施設に対する関心を醸成するのに大変有効である。

ワークショップの結果、本地区では地域条件や用地条件を考慮した上でゾーニングを行い、それらに応じて多様な構造を取り入れることとなった。



写真-15.15 緩勾配型自然石付金網護岸工設置状況



写真-15.16 地域住民による水生植物の植栽

(5) モニタリング及び維持管理

モニタリング調査の調査地点、観測項目及び観測頻度については、表-15.6の概査時及び着工後と同様である。この調査結果をもとに、地区における水質保全効果と今後の課題について、有識者を含む環境整備連絡会を設立し、検討を行っている。

また、維持管理については、ワークショップでの合意に基づき、集落に接した区間については地域住民自ら植栽（写真-15.16）等の管理を行うこととしている。

15.4.3.3 事例3

(1) 地区概要

本地区の排水先である湖は、近年、周辺の都市や農地からの排水が集中するために水質汚濁が顕著となっており、湖沼法の指定を受け、各分野で対策が図られている。そのため、農業排水についても、富栄養化の原因の一つと考えられる窒素やリンの削減に取り組む必要があることから、本地区では農業排水量を抑制するため、循環かんがいを導入し、湖への汚濁負荷の削減を図るとともに、地域の環境及び水資源の総合的な保全を目指した。

(2) 水質改善目標等

本地区における水質改善目標は、湖沼法に基づく湖沼水質保全計画に準拠するものとし、化学的酸素要求量（COD）、全窒素（T-N）、全リン（T-P）について設定されている。ただし、濃度による評価では、一般に高濃度化する循環かんがいにおいて有効ではないため、目標濃度と現状の濃度の差を汚濁負荷の削減量に換算し、目標としている。

(3) 水質調査

本地区では、下流の湖に与える負荷量を把握する観点から、調査地点、観測項目、観測頻度を以下のように設定している。

ア 水質調査地点

水質調査地点の選定については、湖への流出負荷把握の観点から、湖へ流下する幹線排水路の最下流地点を観測するとともに、比較対象として近隣の流入河川の水質を把握している。

イ 観測項目

観測項目としては、本地区の水質目標を踏まえ、化学的酸素要求量（COD）、全窒素（T-N）、全リン（T-P）としている。

ウ 観測頻度

本地区では、月1回の頻度で観測を行っている。なお、作期により負荷量が異なることから、1年を代かき期（4～5月）、普通期（6～9月）、非かんがい期（10月～3月）の3期間に区分し、それぞれのデータを平均して評価を行っている。

(4) 水質保全対策

本地区においては、達成すべき目標が既存のもので、かつ、その難易度も高いものであるため、基本構想段階から、以下に示す複数の対策を効果的に組み合わせて実施することとしている。

なお、これら水質保全対策の具体的な適用の検討に当たっては、学識経験者により構成される検討会を設立して、専門的見地からの意見を取り入れている（図-15.11）。

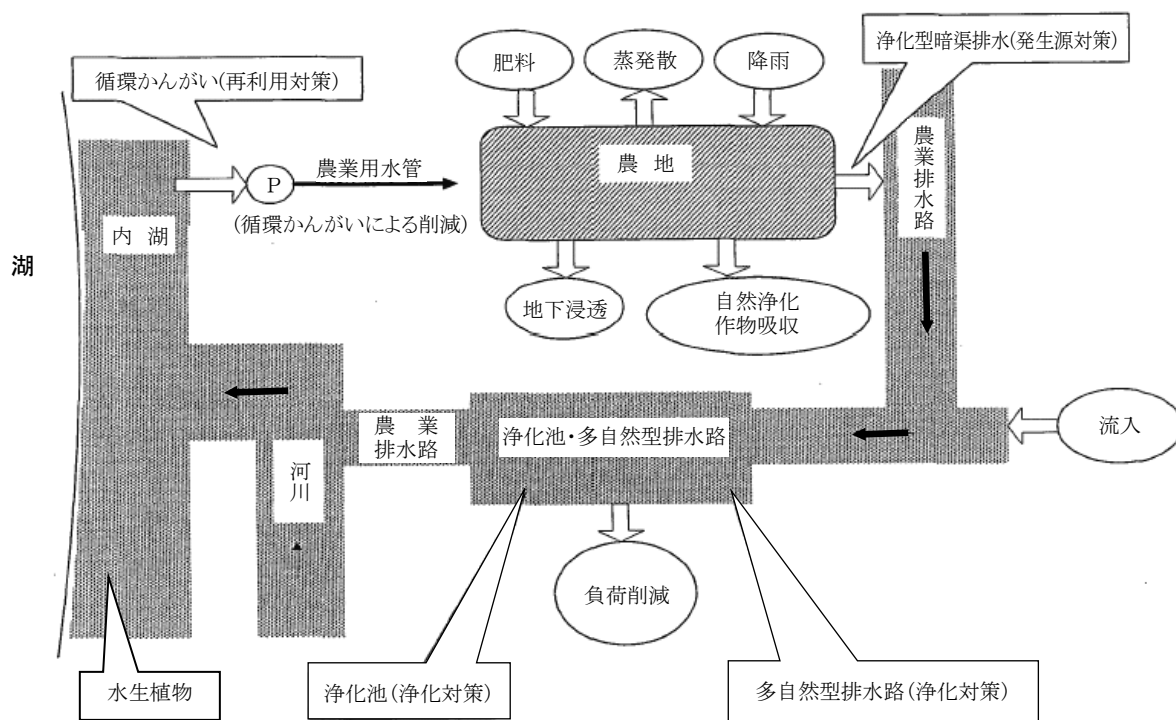


図-15.11 水質保全計画図

ア 循環かんがい

用排分離により流出した排水が湖へ流出する前に取水し、再度ポンプアップによりかんがいする。このことにより、湖への流出負荷削減が図られるとともに、水田による塩類の沈降、稲による吸収によって更なる水質改善を図る。

イ 浄化型暗渠排水

排水口を吸水管より上部に設けた構造とすることで、非湛水時においても、排水位を高く維持して土壌を還元的環境に保ち、土壌微生物による脱窒の促進を図る（図-15.12）。

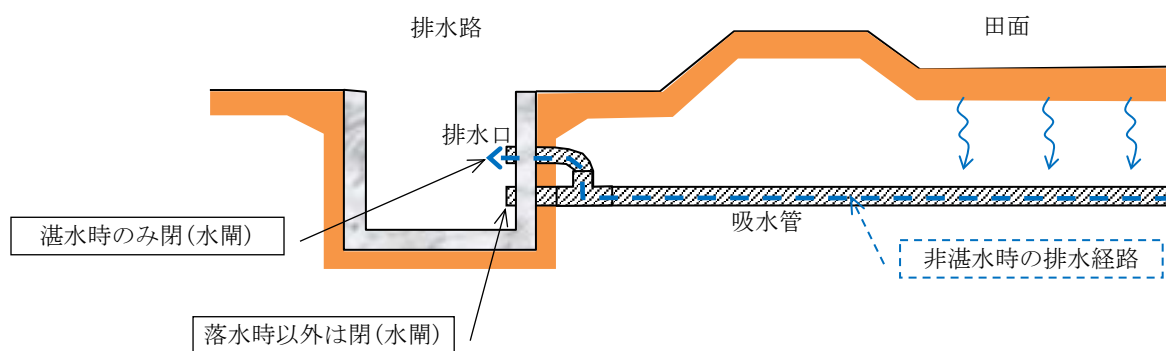


図-15.12 浄化型暗渠排水模式図

ウ 水生植物利用法

本地区では、排水や河川が湖に注ぐ直前で滞留する内湖から循環を行っているが、この内湖に生息する水生植物により、栄養塩類の吸収を図る。

エ 多自然型排水路（写真-15.17）及び浄化池の設置（写真-15.18）

排水路や浄化池に玉石積み護岸を採用し、接触面を多くして（接触酸化法）水質改善機能の向上を図る。



写真-15.17 多自然型排水路設置状況



写真-15.18 多自然型浄化池設置状況

(5) モニタリング及び維持管理

本地区では、採用した水質改善対策の負荷削減効果を検証するため、循環かんがいポンプによる循環水量、浄化型暗渠排水の活用面積、幹線排水路及び浄化池の土砂の処理量並びに植物の刈取搬出量から換算式を使用して汚濁負荷削減量を算出し、確認することとしている。

また、維持管理については、市町村、土地改良区及び地域住民が中心となって管理組織を形成し、各施設の維持管理についてそれぞれ管理方法及び維持管理費用を定め、そのうち管理方法については、日常的に実践して行うような作業を「日常管理」、年数回程度行うような作業を「定期管理」として位置付けている（表-15.7）。

作業の役割分担に当たっては、負荷削減目標は、地区全体で達成するものであり、施設が造成された集落のみが管理すればよいというものではないという認識を広めることに努めた。

表-15.7 維持管理の項目

浄化施設	日常管理	定期管理
浄化型 暗渠排水	—	管の点検、清掃
多自然型 排水路	漂流物やごみによる流路閉塞の有無を確認	堆積土砂の浚渫及び浚渫土の処理 水生植物の刈り取り
多自然型 浄化池	漂流物やごみによる流路閉塞の有無を確認	堆積土砂の浚渫及び浚渫土の処理 水生植物の刈り取り
循環かんがい 施設	ポンプ及び付帯施設の運転管理、安全点検 除塵設備の運転管理、塵芥の処理	ポンプ場の維持管理及び修繕

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局計画部事業計画課：環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き（第1編～第3編），（社）農業土木学会（2004）
- 2) 農林水産省農村振興局整備部設計課：環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針，（公社）農業農村工学会（2015）
- 3) 農林水産省農村振興局企画部事業計画課：農業農村整備事業における景観配慮の手引き，（社）農業土木学会（2007）
- 4) 農林水産省農村振興局設計課：農業農村整備事業における景観配慮の技術指針（2025）
- 5) （社）農村環境整備センター：農村に適した水質改善手法（1995）

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)

令和3年3月に閣議決定された土地改良長期計画においては、頻発化・激甚化する災害に対応した排水施設整備・農業用ため池対策や流域治水の取組等による農業・農村の強靱化が掲げられている。

また、国土強靱化基本計画（令和5年7月28日 閣議決定）では、国土強靱化の推進方針として、「流域治水推進行動計画（令和3年7月）」に基づき、関係府省庁、地方公共団体等との緊密な連携・協力の下、上流・下流や本川・支川の流域全体を見据えた事前防災のためのハード・ソフト一体となった流域治水の取組を強化することが示されている。

本章では、防災・減災活動等のソフト対策や流域治水対策の推進を図る際に参考となる、業務継続計画（BCP）、農地・農業水利施設を活用した流域治水の概要及び事例を紹介する。

16.1 業務継続計画（BCP : Business Continuity Plan）¹⁾

16.1.1 背景

BCPは通常業務の遂行が困難になる事態が発生した際に、業務の継続や復旧を速やかに遂行するために策定される計画であり、平成13年の米国WTCでのテロ以来、企業存続をかけた危機管理対策として重要な位置を占めており、自然災害発生時に実際に役に立った例が報告されている。

近年、高い確率で発生が予想されている南海トラフ地震や首都直下型地震といった巨大地震や集中豪雨の増加等を始めとして、日本全国どこにおいても大規模災害が発生する可能性があり、土地改良施設が被災してその機能を果たせなくなった場合には、営農に支障を与えるだけでなく、地域住民の生命及び財産ひいては地域社会全体にかかわる重大な事態が生じるおそれがある。

このため、被災後、施設管理者が業務を継続、あるいは早期に再開することにより、農業生産や周辺地域への影響が軽減できるよう、初動体制の強化等を内容とする土地改良施設管理者の業務継続計画（BCP）の策定を推進することが重要である。

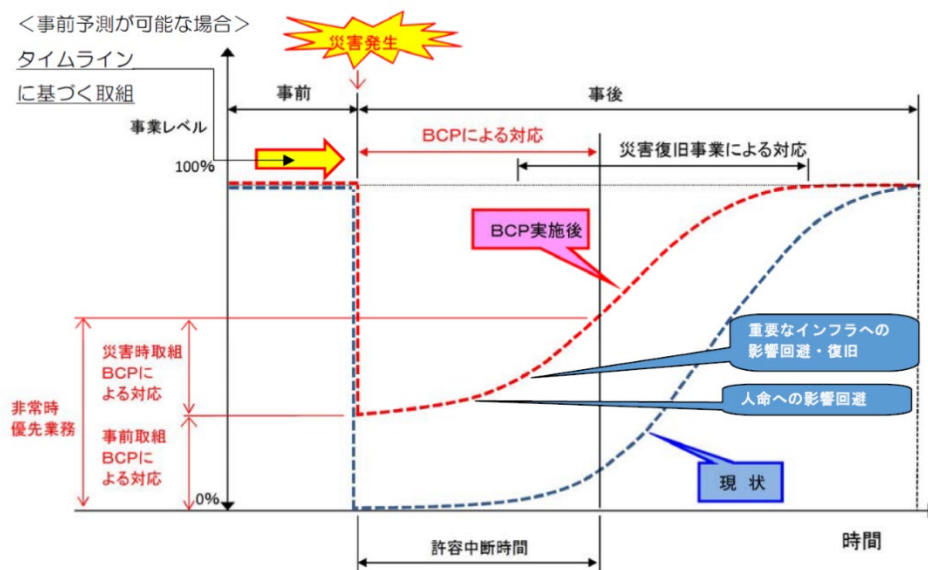


図-16.1 土地改良施設管理者のためのBCPの概念図

16.1.2 BCPの特徴

BCPは、業務内容に基づき、現実的な作業目標を整理し、業務継続に必要な具体策の検討を始めることが肝要であり、それら具体策の検討及び検証を進めることで業務継続を現実的なものとするができる。また、従来の防災計画とは異なり以下の特徴がある。

- (1) 業務に著しいダメージを与えかねない重大災害を想定して計画を策定する。
- (2) 被災を前提として災害発生後に活用できる資源（ヒト、モノ、カネ、情報、ライフライン等）に制限があると認識し、継続すべき優先業務を絞り込み対応手順を計画する。
- (3) 各重要業務の担当ごとに、どのような被害が生じるとその優先業務の継続が危うくなるのか抽出して検討を進める。
- (4) 優先業務の継続に不可欠で、再調達や復旧に時間や手間がかかり、復旧の制限となりかねない重要な要素を洗い出し、重点的に対処する。
- (5) 重要業務の目標時間を設定し、その調達に向けて事前準備する。
- (6) 指揮命令系統の維持、情報の発信及び共有、災害時の判断の重要性等危機管理や緊急時対応の要素を含んでいる。
- (7) 訓練等の取り組みを通して対応力の向上を図るため定期的に計画書の内容の見直しを行う。

また、BCPを作成する土地改良区等の管理者の管理体制は大小さまざまであり、地区特有の条件也多岐にわたる。マニュアルや様式は管理者が業務を継続させるための方向性を示すものであり、項目や体裁等は地区の実情に応じて変更することが可能である。なお、BCPを策定するに当たり、既存の防災計画等において災害発生への対応を設定している場合、重複する内容の検討を省略することも可能である。

16.1.3 土地改良施設管理者のためのBCP策定

土地改良施設管理者のためのBCPは豪雨及び地震が発生した場合、活用できる資源が制限された状況で施設に関する被害の拡大を防ぎ、施設の機能回復のために優先すべき業務を特定し、業務継

続に必要な措置を講ずること適切な業務執行を行うことを目的として整備する。一方で、BCPを作成する土地改良区等の管理者の管理体制は大小さまざまであり、地区特有の条件也多岐にわたる。まずは簡易にBCPを策定した上で、訓練及び点検により継続的に改善し定着していくことを目指し、その後、できる限り早期にBCPを作成し、災害に対応し得る体制の整備を図ることが望ましい。なお、既に類似の体制が整備又は定着している場合には、その体制を活用し、策定を進めることも有効である。

平成28年3月に発行された「土地改良施設管理者のための業務継続計画（BCP）策定マニュアル」は土地改良施設の管理者が自らBCPを作成できるようにまとめられており、本マニュアルを参考に、地域の実情や復旧に必要な資源等を考慮しながらBCPを策定する。

16.1.4 BCP の活用

BCP は、可能な範囲で早期に作成し、継続的にレベルアップさせていく必要がある。計画を策定（Plan）した後、事前対策や訓練等による行動手順の実施（Do）を行うとともに、訓練の結果分析や、人事異動、設備変更、委託先変更等による体制の変更等災害発生後の行動に影響する内容の洗い出し、問題点の把握（Check）、必要に応じて各計画を改善する（Act）からなる「PDCA サイクル」を回すことで、BCP の最新性を保つとともに、内容を向上させていくことが重要である。

また、併せて役職員の意識を共有、向上させてBCP を定着させるとともに、想定外の状況下においても柔軟に対処する力を高めることも重要となる。



図-16.2 BCP のPDCA サイクル

16.2 農地・農業水利施設を活用した流域治水

16.2.1 概要

流域治水とは、河川等の管理者が主体となつて行う治水対策に加え、集水域と河川区域のみならず、氾濫域も含めて一つの流域として捉え、その流域のあらゆる関係者が協働して、流域全体で水害を軽減させる取組である。

農地・農業水利施設を活用した流域治水の取組としては、それらの有する国土保全機能をいかして、

- ・農業用ダムの活用（事前放流等）
- ・水田の活用（「田んぼダム」）
- ・農業用ため池の活用（事前放流、洪水吐きスリットの設置等）
- ・排水施設等の活用（ポンプ増設、降雨前の排水操作等）

などが実施されている。

16.2.2 流域治水プロジェクト

各水系においては、河川整備等に加え、雨水貯留浸透施設の整備、土地利用規制のほか、農地・農業水利施設を活用した取組も含め、あらゆる関係者が協働し、重点的に実施する治水対策の全体像として「流域治水プロジェクト」の策定が進められている（一級水系は全て策定済）。

また、近年の気候変動の影響により、産業革命以前と比べて世界の平均地上気温を2℃に抑える

シナリオ（パリ協定が目標としているもの）でも、20 世紀末と比べて 2040 年頃には、全国の一級水系で治水計画の対象とする降雨量の変化倍率が約 1.1 倍、治水計画の目標とする規模の洪水の流量の平均値は約 1.2 倍になり、洪水の発生頻度の平均値は約 2 倍になると試算²⁾されることを踏まえ、流域治水の取組を更に加速化・深化させるべく、一級水系において「流域治水プロジェクト 2.0」への更新が行われている。

令和 6 年 3 月末時点で、全国 109 の一級水系における 119 の流域治水プロジェクトのうち 107 プロジェクトにおいて、農業用ダムの事前放流、「田んぼダム」の取組、農業用ため池、排水施設等の活用など、農地・農業水利施設を活用した流域治水の取組が進められている。

なお、土地改良事業計画の策定に当たっては、各水系における流域治水の取組状況にも留意する必要がある。

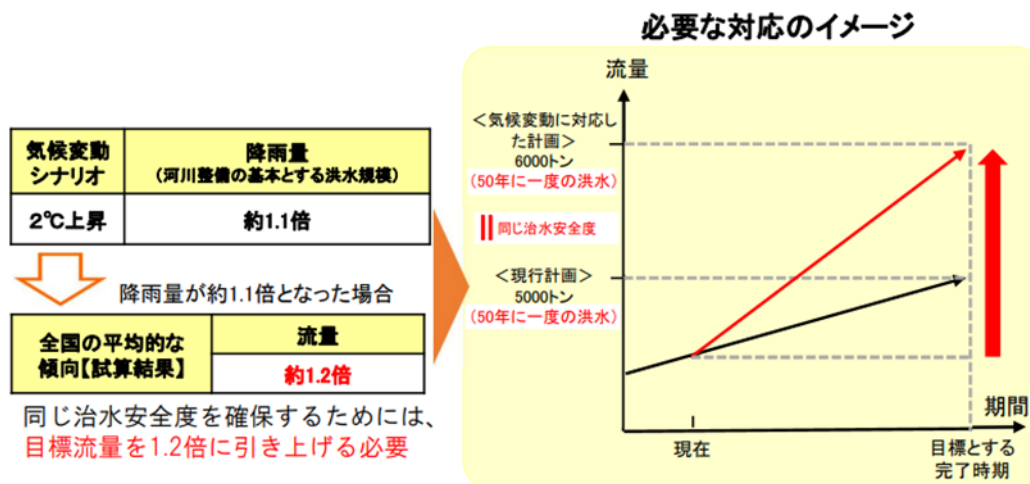


図-16.3 気候変動の影響を考慮した必要な対応のイメージ³⁾

16.2.3 農業用ダムの活用

ダムによる洪水調節は、下流の全川にわたって水位を低下させ、堤防の決壊リスクを低減するとともに、内水被害や支川のバックウォーターの影響を軽減するものであり、有効な治水対策として位置付けられる。

現在全国で稼働しているダムは、治水ダム、利水ダム等を含めて約180億 m^3 の有効貯水容量を有するが、洪水調節のための貯水容量は約54億 m^3 にとどまっている。

このような中、近年、水害は激甚化・頻発化してきており、治水対策の緊要性、ダム整備の地理的な制約等を勘案すると、緊急時には、既存ダムの有効貯水容量を洪水調節に最大限活用することが必要である。このため、令和元年に「既存ダムの洪水調節機能の強化に向けた基本方針」が定められ、農業用ダムについても、令和2年から事前放流等の洪水調節機能強化の取組を行っている。

事前放流の実施に当たっては、河川管理者、ダム管理者、関係利水者間で水系ごとに締結した「治水協定」に基づき実施することとし、協定に定めのない事項又は疑義の生じた事項については、河川管理者、ダム管理者、関係利水者間で十分に協議することが重要である。

なお、農業用ダムの洪水調節機能の強化に当たっては、農業用ダムの特性や、対象となる個々のダムの構造や規模、放流設備、管理体制、関係土地改良区への影響等の水利用の状況等を考慮した上で、ダムの安全性を確保しつつ、効果的に取り組むことが重要である。また、洪水調節機能の強

化による水不足が生じないように、水系内で弾力的に水の融通を行うなど、水系内全体で利水の総合的な運用を調整しながら取り組むことも重要である。

(1) 事前放流の取組事例

Hダムは、昭和27年度から昭和37年度まで実施された国営事業によって建設された農業用ダムであり、O市ほか4市1町に農業用水を、O市に水道用水を供給している。

Hダムでは、令和2年に洪水調節機能強化の基本的な方針や事前放流の実施方針等を定めた「Y川水系治水協定」を締結し、洪水調節機能強化に取り組むこととしている。令和3年7月1日からの大雨では、事前放流と利水空き容量の活用により、約210万 m^3 の洪水調節容量を確保した(図-16.4)。

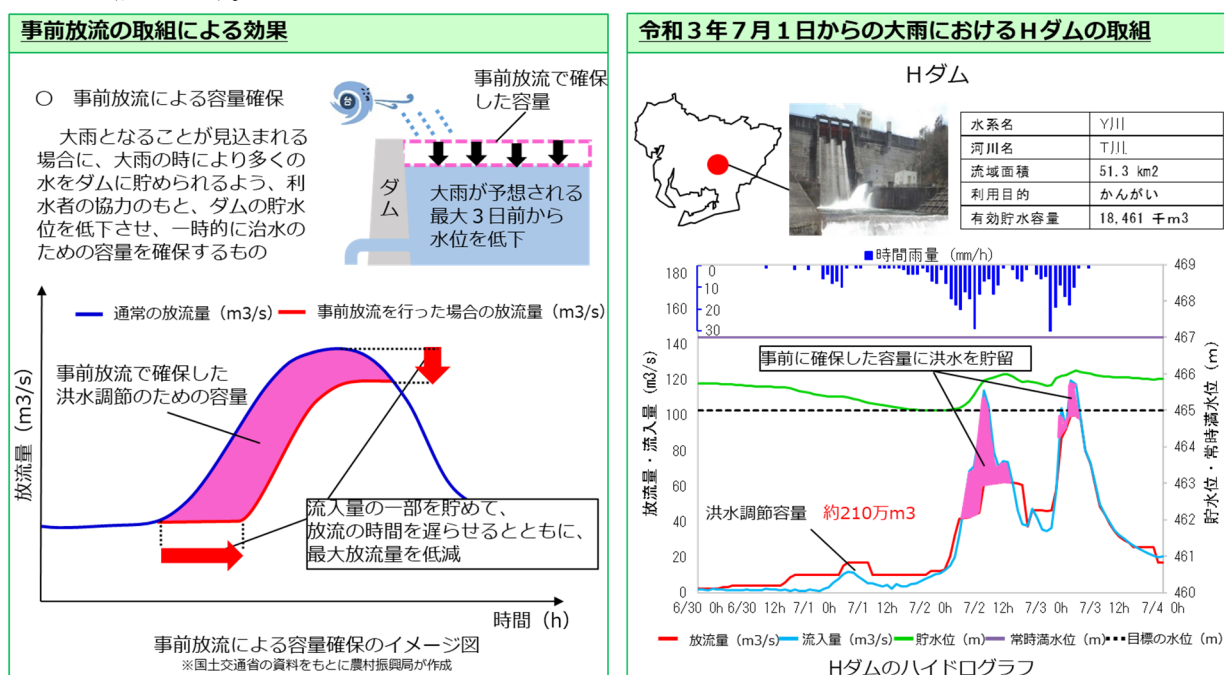


図-16.4 事前放流の取組事例 (Hダム)

16.2.4 水田の活用(「田んぼダム」)⁴⁾

「田んぼダム」とは、「田んぼダム」を実施する地域やその下流域の湛水被害リスクを低減するための取組であり、水田の落水口に流出量を抑制するための堰板や小さな穴の開いた調整板などの器具を取り付けることで、水田に降った雨水を、時間をかけてゆっくりと排水し、水路や河川の水位の上昇を抑えることで、溢れる水の量や範囲を抑制することができる(図-16.5)。

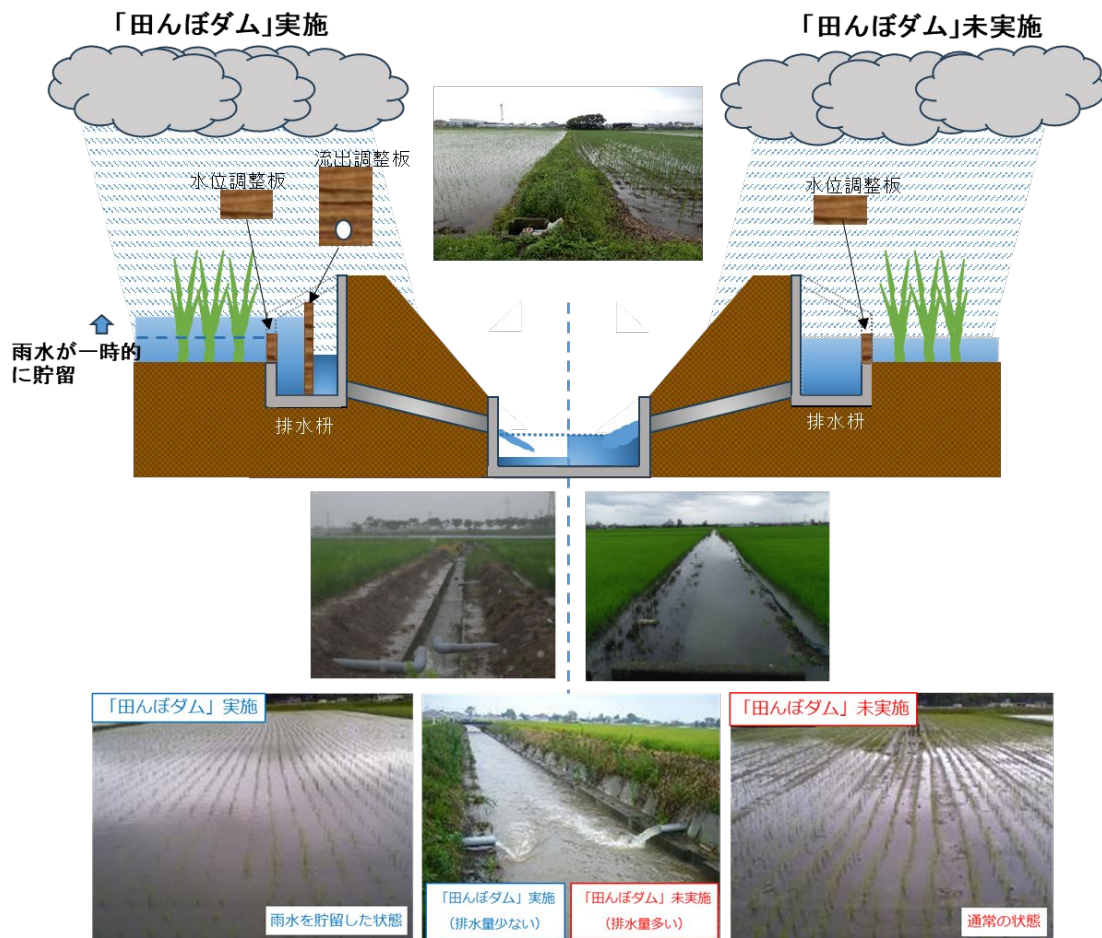


図-16.5 「田んぼダム」を実施している水田の排水イメージ

「田んぼダム」という言葉は、分かりやすく、興味を喚起する言葉である一方で誤解を受けることもあり、「田んぼダム」において誤解をされやすい以下の3つのポイントについて、関係者間で共通の理解を図った上で、地域一体となって取組を進めることが重要である。

① 「取組」であり、「施設」ではない

「田んぼダム」は、水田の落水口に調整板などを設置する「取組」であり、ダムや遊水地のような「施設」ではない。

② 水田に降った雨を貯留する取組

「田んぼダム」は、水田に降った雨を一時的に貯留する取組であり、排水路や河川から水田に水を引き入れるものではない。

③ 作物の生産に影響を与えない範囲で行う取組

「田んぼダム」は、作物の生産に影響を与えない範囲で、農業者の協力を得て実施する取組。また、農作業への影響や取組の労力を最小限にするための工夫が欠かせないもの。

これらを踏まえつつ、「田んぼダム」の取組を始める際には、「田んぼダム」の効果、農作物の収量や品質への影響、取組に必要な労力などの情報を農業者、地域住民、行政機関、土地改良区等の農業関係機関、防災関係機関等の全ての関係者で共有することが重要であり、その上で、関係者間で相談・協議を重ね、取組の内容や実施体制を整えるといった過程を経ることにより、関係者相互の理解を深め、繋がりを強め、地域全体の協働による継続的な取組を実現することができる。

(1) 取組状況

「田んぼダム」の取組は、平成14年（2002年）にN県の旧K村で下流域の集落から上流域の集落に呼びかけることで始まり、その取組は年々増加してきている。図-16.6に示すとおり、「田んぼダム」は、令和5年度時点で37道県、約8.7万haで取組が行われている。

水災害に繋がるような豪雨は、いつ発生するかわからないため、地域が「田んぼダム」の恩恵を得るためには、地域で農業が持続的に営まれ、農地が健全に保全され、「田んぼダム」の取組が継続して行われる必要がある。「田んぼダム」を通じて地域の農業や防災・減災への理解が深まり、地域住民や様々な関係者間の繋がりが強化されることで、地域の持続性と協働力の向上が期待される。

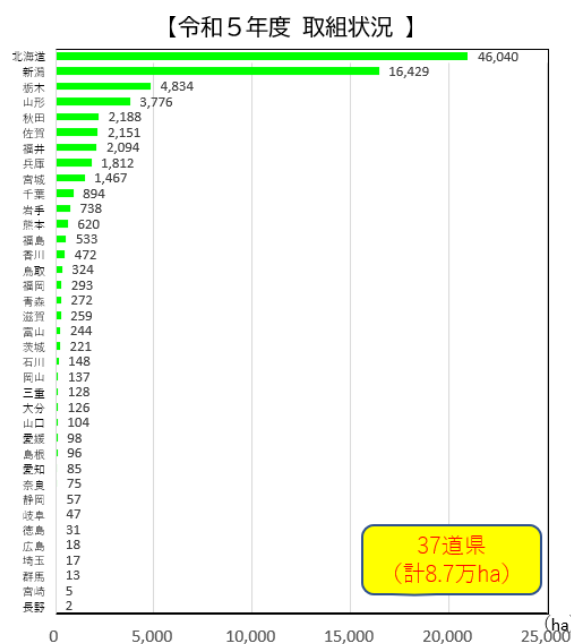


図-16.6 「田んぼダム」の取組状況

(2) 田んぼダムの取組事例

①共感の波紋が「田んぼダム」の原動力（H道I市）

「田んぼダム」の効果という観点から考えると、標高の高い上流側の水田で雨水を貯留するのが効果的だが、本地区では被害を受けやすい、標高が低い下流側の農業者が上流域への気持ちと他流域への思いやりの気持ちを持って「田んぼダム」の取組を実践され、そのことが上流側にも共感の波紋として広がることで拡大し、地域全体の活動として「田んぼダム」に取り組むことになった。

②「仕掛け」と「仕組み」で高い実施率を実現（N県M市）

M市での田んぼダム事業は、市独自の水位調整管（フリードレーン方式）を採用しているが、初期モデルは、二重構造の内側円筒の側面にある孔で排出量を抑制するものであり、内側円筒の上げ下げによる調整が必要であるため、農家の作業負担が大きいものであった（図-16.7（左））。このため、M市はN大学と協働で調整管の開発を行った。改良モデルは、アタッチメントの出口側を絞っておくことで排出量を抑制するもの（図-16.7（右））で、設置後は人的に操作することなく排出量の抑制が可能となり、安定した効果が発揮できる「仕掛け」を行った。また、農家の負担も軽減した。

また、M市では、多面的機能支払交付金を活用とM市の委託事業の2つで「田んぼダム」の取組を行う農家へのインセンティブを付与する「仕組み」としている。

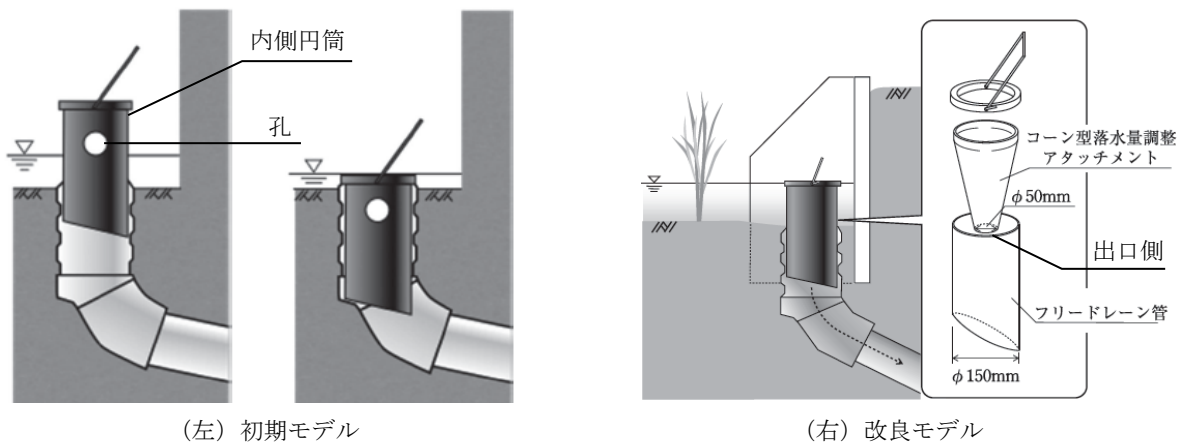


図-16.7 水位調整管（フリードレーン方式）

16.2.5 農業用ため池の活用⁵⁾

農業用ため池は、降雨を貯留し農地に用水を供給する本来の機能のほかに、多面的機能の一つとして、降雨を貯留し下流の農地や農業施設等への被害を軽減する洪水調節機能を有している。農業用ため池の本来機能である「かんがい機能」を損なわないことを前提として、洪水調節機能を最大限に活用し、農村地域の防災・減災力を強化する取組について、概要及び事例を紹介する。

(1) 対策の概要

農業用ため池の洪水調節機能を強化する対策の基本は、降雨前に農業用ため池に空き容量（流入する洪水を貯留する容量）を確保することである。空き容量を確保する手法には様々なものがあるが、ここでは施設の改修を伴わないソフト対策と施設の簡易な改修により実施可能なハード対策を示す。

ア 降雨前の事前放流による低水位管理

豪雨の発生が予測される際、降雨予測等を基に農業用ため池の貯留水を事前に放流し、空き容量を確保する手法である。かんがい機能に支障を来さないよう、貯留状況と降雨予測との一体的な管理が必要であり、降雨時に作業を行う場合は、安全面への配慮も必要となる。

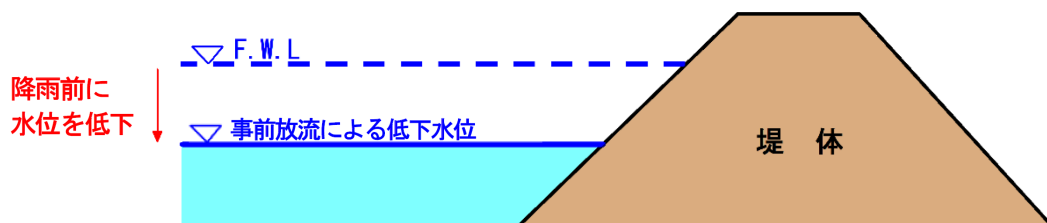


図-16.8 事前放流イメージ図

イ 洪水吐きスリット（切り欠き）の設置

低水位管理を効率的に行う手法として、斜樋等の取水施設の利用、放流管の設置のほかに、洪水吐きスリットの設置がある。洪水吐きの一部にスリットを設けることにより、常時水位をスリット底まで低下させ、空き容量を確保するもので、手間をかけずに低水位を保つことができる。また、降雨時には、スリットからの放流による空き容量の維持及び回復の効果がある。

堤体や取水施設の改修を必要とせず、基本的に洪水吐きのクレスト部の切開により設置が可能である。スリットに角落としを設置する場合は、その取扱に伴う管理体制を構築する必要がある。

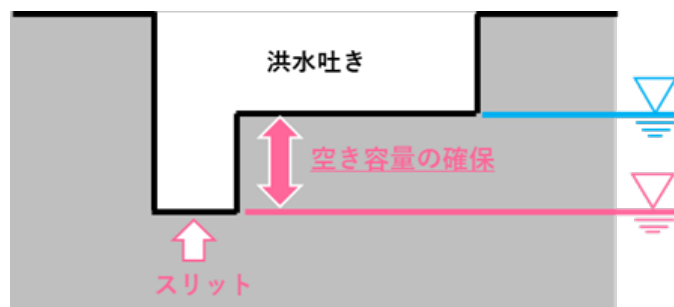


図-16.9 洪水吐きスリットイメージ図

(2) 対策に当たっての留意点

ア 豪雨時に越流水深が大きくなる農業用ため池においては、一時的な貯留量（貯留効果）が大きくなる一方で、堤体の状態によっては被災リスクが高くなることも考えられる。堤体の余裕高不足の解消、洪水吐きの放流能力の確保等抜本的なハード対策も視野に入れながら、各地域条件に適した対策を検討していくことが重要である。

イ 取組を実施するに当たっては、農業用ため池の堤体や洪水吐き等に異常が無いかを日常管理により把握し、異常が確認された場合は、適切に対処しておくことが重要となる。日常管理の詳細については、ため池管理マニュアル⁶⁾を参照することとする。

ウ 治水部局から協力や連携を求められた場合には、農業用ため池の本来の機能であるかんがい機能に支障を来すことがないように十分吟味するとともに、災害発生時の責任の所在等について明確にしておく必要がある。

(3) 事前放流による低水位管理の取組事例

H県のA島は農業用ため池が密集しており、過去の災害時には多くの農業用ため池が決壊し、下流で大きな被害が発生した。また、近年、局地的な集中豪雨等により浸水被害が多発している。

このような中、H県では、農業用ため池の洪水調節機能を最大限発揮させる取組を平成27年度から本格的に展開し、効果を発揮している。以下、施設整備及び普及啓発の概要並びに取組の効果を示す。

ア 事前放流施設の整備

管理者が事前放流に取り組みやすい構造（ため池栓の開栓（図-16.10）や洪水吐きの切り欠きに設けた放流ゲートの操作（図-16.11）により、低水位管理が可能な構造）とするため、以下のような施設の整備を推進した。

- ① ため池改修事業と併せた整備
- ② 治水効果の高い農業用ため池での単独整備
- ③ 災害復旧と併せた整備

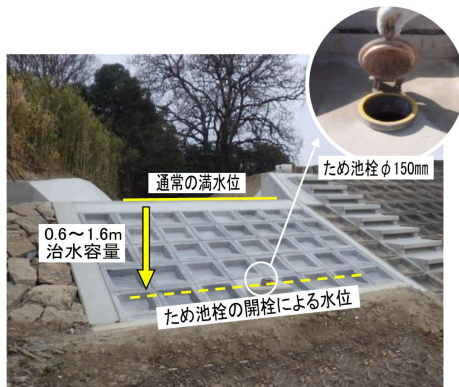


図-16.10 ため池栓の設置



図-16.11 洪水吐き放流ゲート等の設置

イ 事前放流に当たっての対応

(ア) 管理者への呼びかけ

台風前に関係市のCATV、防災無線、電話等により、管理者へ事前放流について周知及び依頼。

(イ) 「ため池管理者防災ネット」によるメール配信

登録している管理者（令和6年11月末時点の登録者数は280人）の携帯電話へ、台風前の事前放流依頼、通過後の施設点検、その他管理情報等をメールで配信。

(ウ) かいぼりの復活

かいぼり（池干し）を復活し、9月以降の落水を拡大するとともに貯水量の増加、施設点検、豊かな海づくり等を促進。

ウ 事前放流の普及啓発

管理者の適正管理に向けた講習会において、事前放流の意義や効果について啓発。

エ 取組の効果

平成28年9月の台風16号では、最大時間雨量95mm（S観測所観測史上第2位）を記録する豪雨が発生した。S川流域では、農業用ため池の事前放流等を実施し、農業用ため池165か所で降雨を貯留したことにより、S川のピーク流量を4%カットし、K地点での11cmの水位低下に貢献したと推測される。

16.2.6 排水施設等の活用

農業用の用排水路、排水機場、排水樋門等を整備することにより、農地のみならず市街地や集落の湛水防止・軽減も図られることから、これらの施設整備を進めるほか、豪雨が予想される際に、事前に水路内の水を排水し、水位を低下させることにより水路の貯留機能を活用する取組等が行われている。

なお、排水地区に非農用地が多く含まれる地区等にあつては、平常時並びに洪水時等の運転管理及びその対応や措置、管理費用の負担に関する事項等について関係自治体等と協議するとともに、積極的に広報活動を行い、地域全体の排水に関する住民の理解を深め、協力体制を確立させておく必要がある。



図-16.12 排水機場と周辺の市街地



図-16.13 クリーク先行排水による空き容量確保の事例

参考文献

- 1) 農村振興局整備部防災課災害対策室：土地改良施設管理者のための業務継続計画（BCP）策定マニュアル、pp. 1～5(2016)
- 2) 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会：「気候変動を踏まえた治水計画のあり方」提言（令和3年4月改訂）、https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/chisui_kentoukai/
- 3) 国土交通省水管理・国土保全局：公表資料『流域治水プロジェクト2.0』を策定します（令和5年8月22日）、https://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo05_hh_000179.html
- 4) 農村振興局整備部：「田んぼダム」の手引き（2022）
- 5) 農村振興局整備部防災課：ため池の洪水調節機能強化対策の手引き（2018）
- 6) 農村振興局整備部防災課：ため池管理マニュアル（2015）

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)

近年の情報処理技術及び情報通信技術の発展は目覚ましく、排水に係る施設においてもこれらの技術が活用されている。また、排水に関する近年の研究として、低平農業地域の氾濫現象を高精度で解析するための「内水氾濫解析モデル」、実測では得られない長期間及び多数の降雨データを得るための「豪雨の内部波形の模擬発生法」がある。

本章では、計画作成時の参考とされたく、これらの技術及び研究の概要及び事例を紹介する。

17.1 排水機場への遠方操作システムの導入

17.1.1 背景

I 県K土地改良区は、K市北部から西南部に位置し、沿岸方向に緩傾斜する低平地にある。K土地改良区管内の全域はほぼ水田として利用されており、現在の農地面積は1,935ha で合計23の排水機場を活用した排水及び用水供給が行われている。一方、平成10年9月の豪雨では、受益地の多くが50cm 以上湛水するなど、これまで度々湛水被害に悩まされてきた地域である。

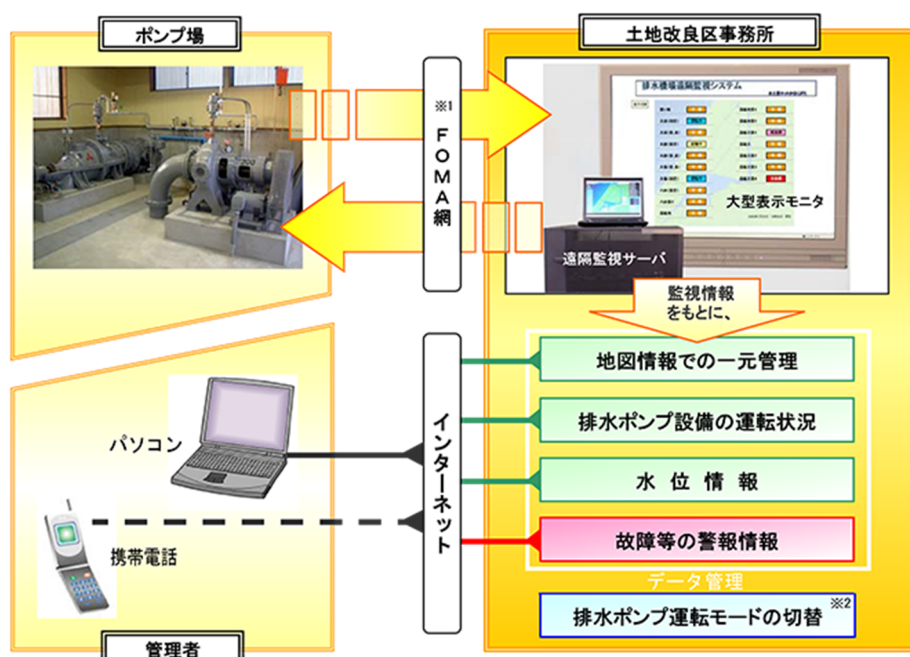
17.1.2 遠方操作システムの導入

過去の被害を踏まえ、同土地改良区では、排水ポンプ設備の合理的な管理を行う目的で、平成16年4月から20の排水機場に、状態監視、情報収集等を目的とした遠方監視システムを導入し運用を進めている。

パソコン、スマートフォン、携帯電話等インターネットに接続した機器を利用することで、排水機場内の機器の運転状況、故障等の警戒情報、内水位、外水位等の情報を関係者全員で共有し、豪雨状況に迅速に対応できるよう体制を整えている。

また、本土地改良区では、台風接近に伴う豪雨災害への対応として、「事前行動計画」を策定しており、排水路の水位やポンプの稼働状況の確認等について、台風接近の24時間前、12時間前及び6時間前のタイムラインに沿った対応事項、実施者及び実施場所を規定している。

このように、ハード対策とソフト対策を併せて充実させることによって、大雨に対する予備排水等の事前準備及び対応が行えるようになり、浸水被害の軽減が期待されている。



※1 NTT Docomo パケット通信サービス

※2 権限を与えられた者のみ、遠方での運転モード切替を行う。

図-17.1 システム構成図

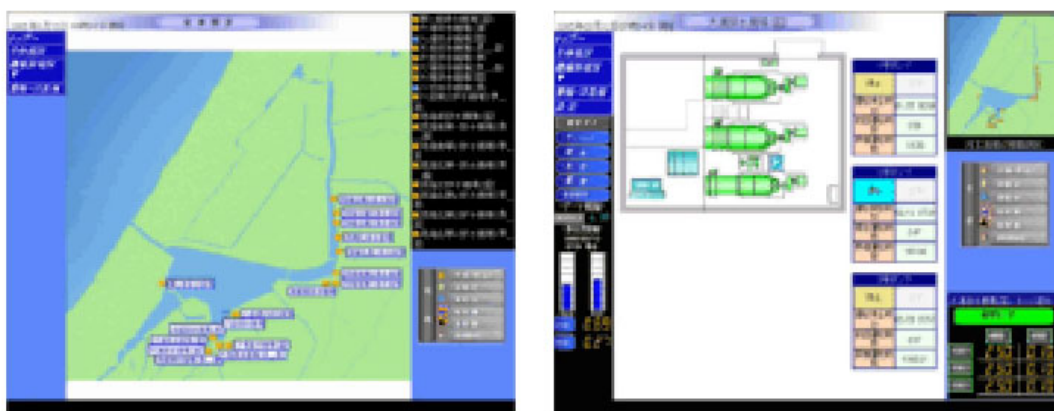


図-17.2 左：Web 監視現況（全体）、右：Web 監視現況（詳細）

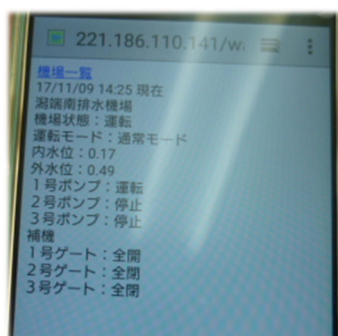


写真-17.1 スマートフォンによる情報の確認状況

17.2 ため池防災支援システム

17.2.1 背景

東日本大震災等の大地震、九州北部豪雨や平成30年7月豪雨等の豪雨災害では、ため池が各地で決壊し下流域で人災を始め二次被害が発生した。従来、ため池の決壊を予測したり、その危険情報を伝達したりする手段はなかったが、現在ではこのような被害を防ぐ目的でため池の決壊をリアルタイムに予測し、予測情報を迅速に関係者に伝達・共有する「ため池防災支援システム」が開発されている。

17.2.2 システムの概要

ため池防災支援システムは、豪雨及び地震時のため池決壊と下流被害の危険度を予測するとともに、被災状況をため池管理者から自治体、農林水産省等のため池関係者間で情報共有する災害情報システムである。地震時の場合には地震情報を受信してから30分以内、豪雨時の場合には現在時刻から6時間後までのため池の決壊危険度を予測し、インターネットで予測結果を地図に表示する。

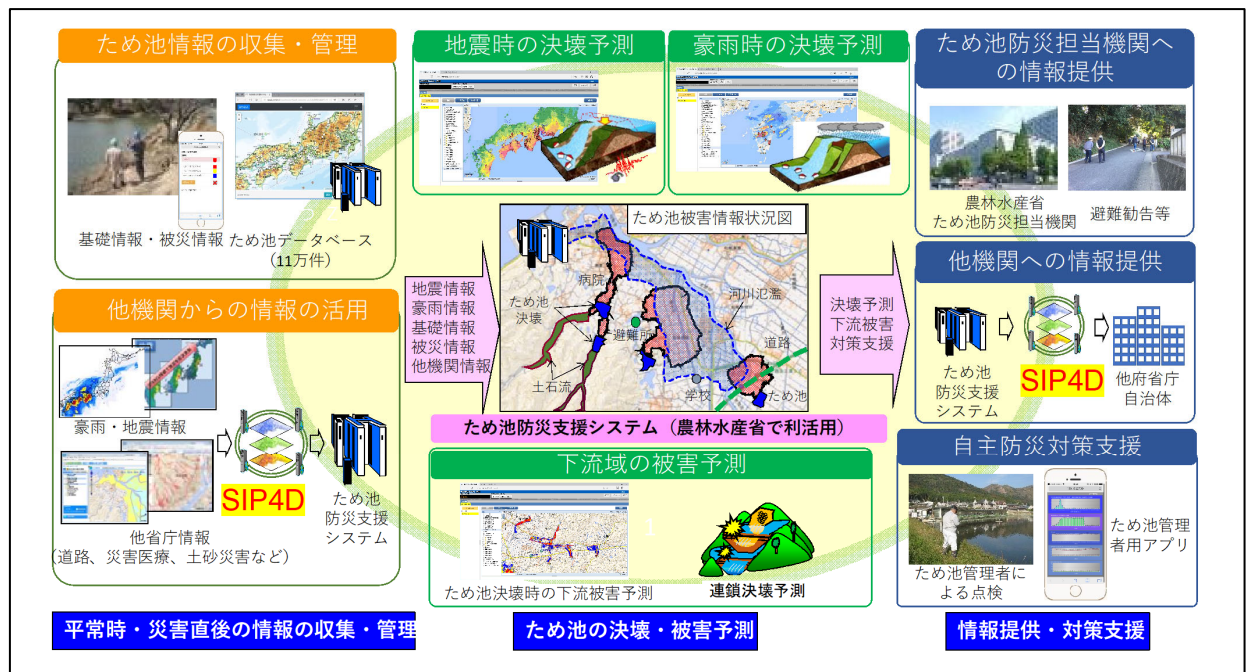


図-17.3 ため池防災支援システムの概念図

国や自治体はこの情報を基に、ため池周辺の住民の避難対策及び決壊防止のための緊急対策の検討が可能である。また、スマートフォンやタブレット等の端末を用いて、ため池管理者が現地で被災状況を入力したり、被災写真をアップロードすることで、国、自治体等の関係機関の間でため池決壊の有無や被災状況を即座に情報共有することも可能となる。

本システムの普及により、早期避難に必要な情報を提供することで人的被害を防止するとともに、災害情報を全国の防災機関と共有することで迅速な災害支援体制の確立が期待されている。

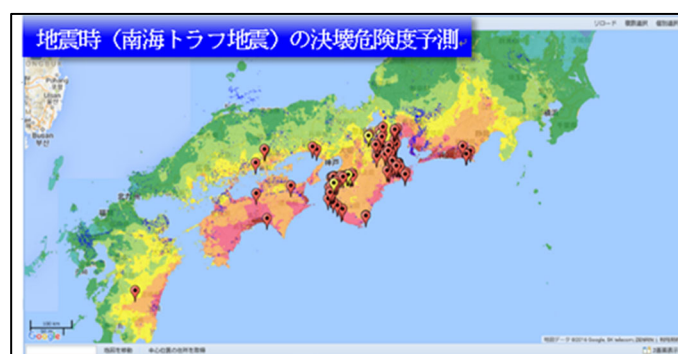


図-17.4 南海トラフ地震を想定したため池の決壊危険度予測図

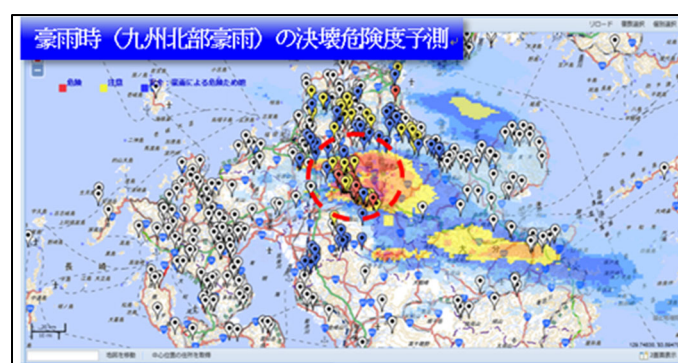


図-17.5 平成29年7月九州北部豪雨における決壊危険度予測図

地震時には地震情報を受信してから30分以内、豪雨時には現在時刻から6時間後までのため池の決壊危険度をリアルタイムで予測して、赤、黄及び青の三色で地図上に表示する。予測結果はインターネットを通じて、国や自治体等の防災担当者が閲覧可能。



図-17.6 九州北部豪雨におけるため池の氾濫予測結果図

ため池が決壊した場合の氾濫域を算定し、地図上に表示する。防災担当者はこれらの情報を基に、ため池周辺の住民の避難対策や決壊防止のための緊急点検を行うことが可能。

17.3 新たな内水氾濫解析モデルの開発

17.3.1 背景

内水氾濫現象を扱うモデルの多くは都市域を対象に開発されているが、こうしたモデルは水田を主体とする低平農業地域の氾濫現象の解析には不向きである。都市域の氾濫水は下水道や道路を通じて系外へと排出されるのに対し、下水道が整備されていない低平農業地帯では、氾濫原を構成する農地や農地転用によって開発された市街地からの流出水は末端排水路から支線・幹線排水路に流入し、系外へと排出される。また、都市域では、一般に道路敷高が建造物の敷高よりも低く、宅地等に降下した地表面の雨水は下水道や排水路に流入する前に近接する道路に集まり、これに沿って流れるが、農業地帯では、道路の敷高は農地面より高い位置にあるため、道路沿いの流れは発生しない。

こうした流出・氾濫現象の違いに着目して開発されたのが「内水氾濫解析モデル」である。本モデルは、低平農業地帯を対象に、土地利用属性の違いによる流出特性に着目するとともに、氾濫水の挙動を簡便かつ忠実に再現することで、浸水箇所及び浸水継続時間を推定するものである。なお、河川の越水、溢水等の位置及び解析範囲内への流入量が推定できる場合については、外水氾濫にも対応できる。

17.3.2 モデルの全体構成

解析モデルは、①各土地利用地目からの流出量を計算する「流出入量算定モジュール」、②排水路・河川の流れを計算する「一次元不定流モジュール」及び③氾濫水の平面的な伝播を計算する「氾濫流モジュール」で構成される（図-17.7）。①では各土地利用地目からの流出特性と排水路水位を考慮して、セルー排水路間の流出入量を計算し②の一次元不定流モジュールに横流入として受け渡す。②では、白石ら（1993）¹⁾の方法によって不定流の計算を行う。③では、氾濫流の移動量を平面2次元流の局所慣性方程式を差分法で計算する。

また、解析対象領域は、排水区域及び計算点を配置するセルの二つのレベルで分割する（図-17.8）。排水区域とは、一次元不定流モジュールにおける任意の距離（ Δx ）で分割された河川及び幹線・支線排水路網の各メッシュに横流入量として流入する区域を示す。一方、セルとは、溢水後の氾濫水の空間的な伝播を表現するために分割した格子である。排水路への横流入量は、符号の正負によって、土地から排水路への流出及び水路から土地への流入を表現する。土地ー排水路の水の受け渡しは、セル内に想定した仮定の末端水路を通じて行う。流出入量は、排水路水位と土地の湛水位の関係から水理学的に決定する。

さらに、氾濫水の伝播に影響を与える道路等の線状構造物、標高差及び土地利用属性に基づいて各セルの形状を任意多角形で表現する「地形適合型セル」を採用した。各セルの辺には標高値を持たせており、セルは土地利用属性ごとに設定し、水田、畑地、転作田、市街地（集落等の住区を含む）及び水域の5分類とした。それぞれのセルから排水路への流出及び排水路の水位上昇によるセルへの氾濫水の流入は、各セル内に仮定した末端排水路を通じて発生する。モデルの詳細については吉川ら（2011）²⁾を、GISを用いたセル分割の方法は吉川ら（2013）³⁾を参照のこと。

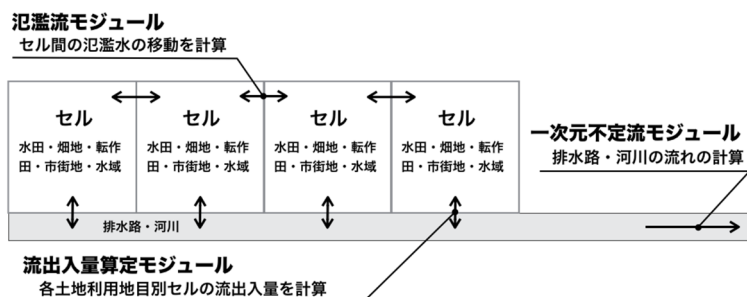


図-17.7 内水氾濫解析モデルの概要

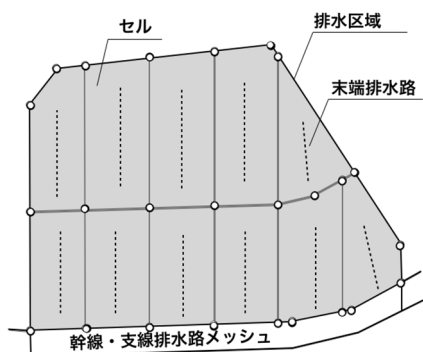


図-17.8 解析対象領域の分割イメージ

17.3.3 モデルの適用事例

N県N市M区S地区をモデル適用事例として示す。

(1) 流域の概要

本地区はN平野の中部に位置し、東はS川、西はN川に囲まれた流域約7,460haの完全輪中地帯であり、稲作を中心として野菜・果樹等の複合営農が行われている低平農業地帯である。

洪水時の排水は農地排水を目的として建設された3か所の排水機場からN川に排除している。本地域の基幹排水施設は1/30年確率相当の排水機能を有しているが、地盤沈下の進行、局地的な集中豪雨等で排水機場への負荷が増加し、農地の湛水及び住宅地の浸水被害が発生している。

(2) モデルの適用

上記で説明した内水氾濫解析モデルに基づいて、現地調査、工事図面、基盤地図情報等を基に、S地区をモデル化した。

(3) モデルの検証

解析から得られた計算湛水状況及び地区内水位と実績値を比較し、構築した解析モデルの妥当性を確認した。モデルの検証に用いた降雨イベントは、近年で最も大きい湛水被害が発生した平成23年7月出水とした。地区内8か所の雨量観測所雨量、実績ポンプ排水量並びにこれらから算出した基底流量及び保留量をモデルに与え、湛水状況及び水位観測所地点水位を求めた。図-17.9に水位観測所水位ハイドログラフ、図-17.10に再現計算による最大湛水区域と実績湛水区域とを比較した結果を示す。計算による水位及び湛水区域は、実績値を概ね良好に再現しており、地区の排水状況が表現可能なモデルといえる。

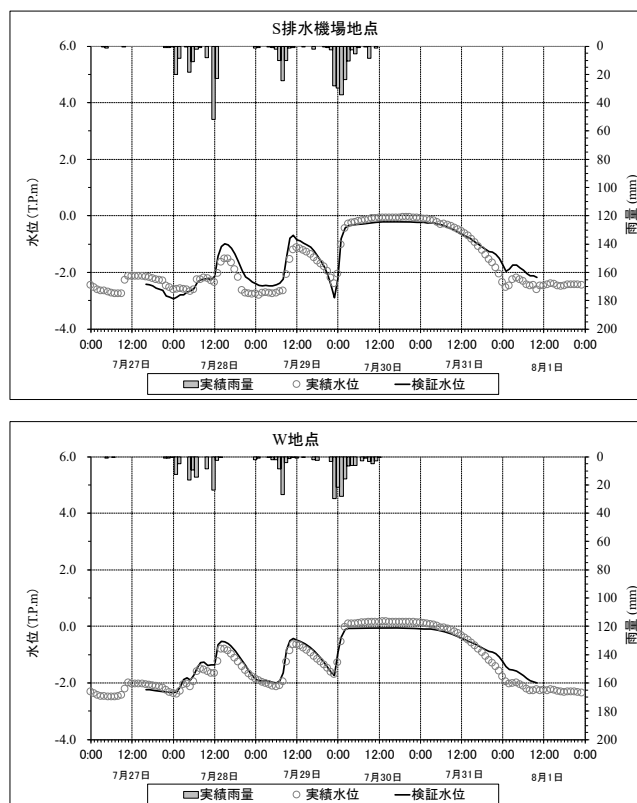


図-17.9 平成 23 年 7 月出水水位ハイドログラフ



図-17.10 平成 23 年 7 月出水湛水区域比較

17.4 豪雨波形の模擬発生に関する研究⁴⁾

気象及び水文特性を把握するためには、長期間の観測資料を収集することが望ましい。しかしながら、気象観測網は全国的に整いつつあるものの、洪水等の解析に必要な 1 時間単位の降雨データは観測期間が長くない地点もあり、その蓄積量には地域差がある。

そのような中、実測では得られない長期間、あるいは多数の降雨データを得るための手段として、その模擬発生手法が提案されている。ここでは、ある閾値を超える雨量規模を持つ豪雨を対象として、その総雨量と波形の模擬発生手法について紹介する。

17.4.1 研究事例

本模擬発生手法は、豪雨発生回数の決定、総雨量の決定、総雨量の 1 時間雨量系列への配分及び波形パターン発生の四つの手順から成る。各手順に必要なパラメータは、対象とする地点の実測降雨資料より抽出した豪雨イベントにより決定する。豪雨の降雨期間は、模擬発生の対象データと同期間に設定し（例えば 3 日間）、さらに雨量にある閾値を設けてそれを超えるイベントを抽出する。

本手法により発生させた模擬発生豪雨のハイトグラフの一例を図-17.11に示す。図より、降雨強度及び波形パターンは抽出した豪雨イベントで異なり、様々な結果が得られていることがわかる。

模擬発生豪雨は、データの妥当性や再現性を十分吟味する必要があるが、例えば短時間単位の雨量データを必要とする排水解析に対する入力用データとして活用が期待される。

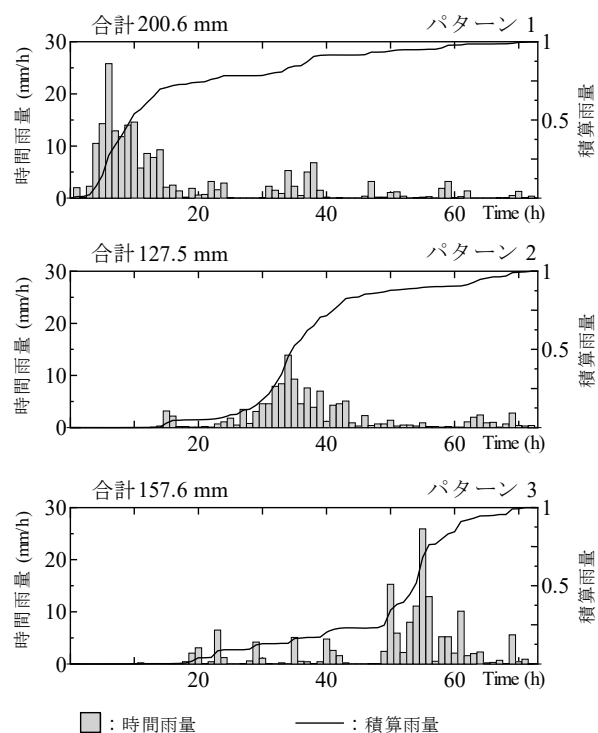


図-17.11 模擬発生豪雨データの抽出例

参考文献

- 1) 白石英彦・中道宏編著：農業水利計画のための数理モデルシミュレーション手法—新たな広域水管理をめざして—、土地改良技術情報センター、p. 295 (1993)
- 2) 吉川夏樹・宮津進・安田浩保・三沢眞一：低平農業地域における内水氾濫解析モデルの開発、水工学論文集、55、pp. 991～995 (2011)
- 3) 吉川夏樹・宮津進・阿部聡・三沢眞一：内水氾濫解析モデルのための地形適合セル生成および幾何属性情報整理手法の開発、農業農村工学会論文集、284、pp. 185～191 (2013)
- 4) 皆川裕樹・増本隆夫・工藤亮治：長短期降雨特性を備えた豪雨の内部波形の模擬発生法、農業農村工学会論文集、291、pp. 15～24 (2014)

18. 近年の降雨特性に関する情報

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第6次報告書では、地球温暖化の進行に伴う気候変動によって、極端な気象現象の頻度や強度が既に増加しており、今後更に増加すると予測されている。我が国は、同報告書等を踏まえ気候変動適応法（平成30年法律第50号）を制定するとともに、同法に基づき気候変動適応計画（令和3年10月22日閣議決定、令和5年5月30日一部変更 閣議決定）を定めた。同計画において、農業生産基盤に関しては、「今後、気候変動研究の進展に伴う新たな科学的知見等を踏まえ、中長期的な影響の予測・評価を行う。また、新たな科学的知見や気候モデルを活用した農業生産基盤への影響評価手法を確立し、将来予測に基づく施設整備を行う根拠を明確にした上で、今後の施設整備のあり方を検討する。」こと等が記載された。

また、国土交通省においては、平成30年4月、「気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会」を設置し、令和3年4月には、同会の「気候変動を踏まえた治水計画のあり方」提言が改訂され、気候変動を考慮した治水計画へ見直すにあたり、計画で想定する外力を世界の平均気温が2度上昇した場合を想定した降雨量とするとともに、過去に経験したことのない雨の降り方も考慮した上で、治水対策の検討の前提となる基本高水を設定すべきこと等が示された。

本章では、近年の降雨特性の関連情報として、地球温暖化に関する基本事項、日本の降水量の変化傾向、近年研究が進められている気候モデルを利用した研究を紹介する。

18.1 基本事項

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は、令和3年、今世紀末までの約100年で世界平均地上気温が1.0～5.7℃上昇するとの予測を行うとともに、気候に起因する食料不安や食料供給の不安定性が、都市化の拡大と食料生産の間の土地の競合など非気候リスクの駆動要因と相互に作用しつつ増大することが予測される等の第6次評価報告書を公表した。

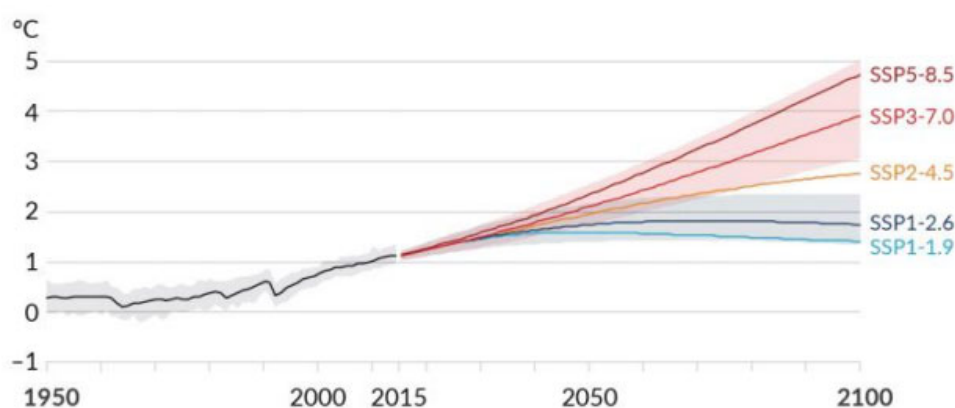


図-18.1 1850～1900年を基準とした世界平均気温の変化¹⁾

18.2 日本における降水の変化

18.2.1 降水量の変化傾向²⁾

気象庁の気候変動監視レポート 2023 によると、気象庁の 51 観測地点について、1898～2023 年の年降水量の基準値（1991 年～2020 年の 30 年平均値）からの偏差を解析したところ、2023 年の日本の年降水量の偏差は-27.8mm であり 1898 年の統計開始以降、少ない方から 53 番目であった（図-18.2）。

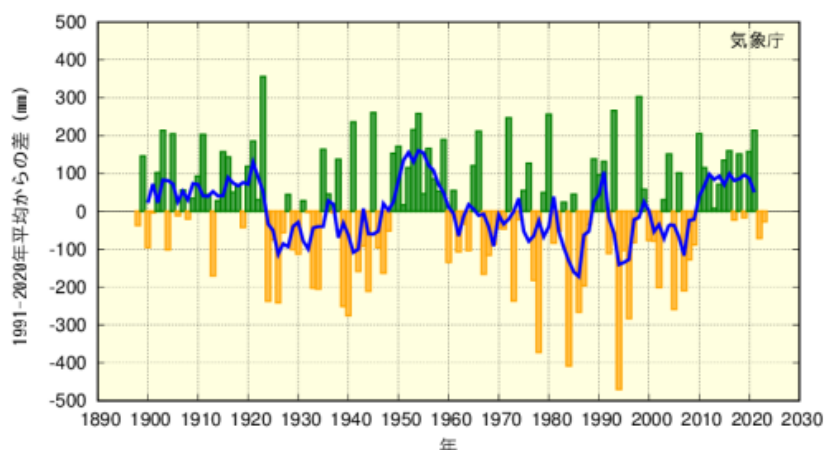


図-18.2 日本の年降水量偏差の経年変化

18.2.2 大雨等の発生頻度の変化傾向²⁾

気象庁の気候変動監視レポート 2023 によると、気象庁の 51 観測地点の観測値を用い、日本における大雨等の発生頻度の変化傾向の解析を行ったところ、日降水量 100mm 以上の日数は、1901～2023 年の 123 年間で増加している（図-18.3）。一方、日降水量 1.0mm 未満で降水の見られない日（無降水日）の日数も増加している（図-18.4）。

また、全国約 1,300 地点のアメダスの観測値を用い解析したところ、1 時間降水量 50mm 以上及び 80mm 以上の短時間強雨の年間発生回数はともに増加している（図-18.5、図-18.6）。50mm 以上の場合、統計期間の最初の 10 年間（1976～1985 年）平均では 1,300 地点あたり約 226 回だったが、最近の 10 年間（2014～2023 年）平均では約 330 回と約 1.5 倍に増加している。

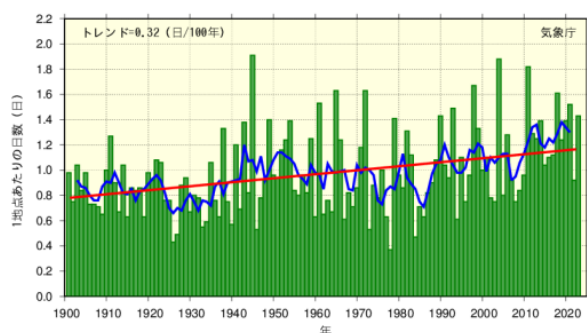


図-18.3 日降水量 100mm 以上の年間日数の経年変化

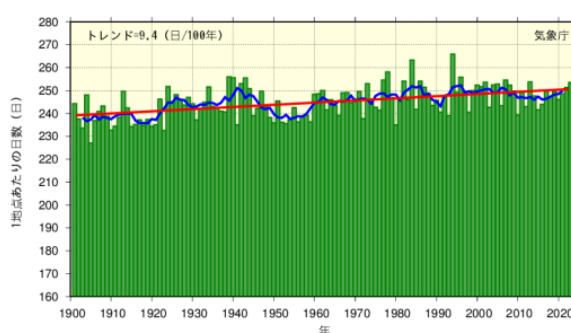


図-18.4 日降水量 1.0mm 未満の年間日数の経年変化

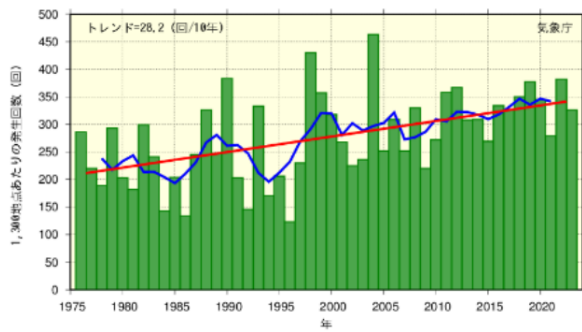


図-18.5 1時間降水量 50mm 以上の年間発生回数の経年変化

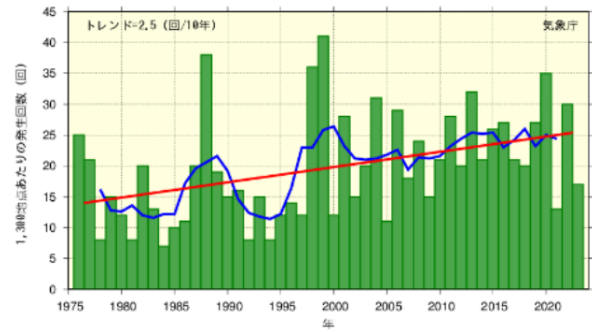


図-18.6 1時間降水量 80mm 以上の年間発生回数の経年変化

18.2.3 10年確率日雨量の経年変化

10年確率日雨量の経年変化に関する研究事例を二つ紹介する。図-18.7は、1901年から2007年までの107年間、全国52地点の日雨量をもとに10年確率日雨量を計算し、最初の評価期間（1901年～1927年）の確率雨量で除して、比率に直したものである³⁾。また、図-18.8は、1898年から2017年までの120年間、全国51地点の日雨量をもとに10年確率日雨量を計算し、最初の評価期間（1898年～1927年）の確率雨量で除して、比率に直したものである⁴⁾。

全国的にみると確率日雨量は増加傾向にあるといえるが、両図とも全国平均の変化を示すものであり、地域や地点によって傾向は異なる。

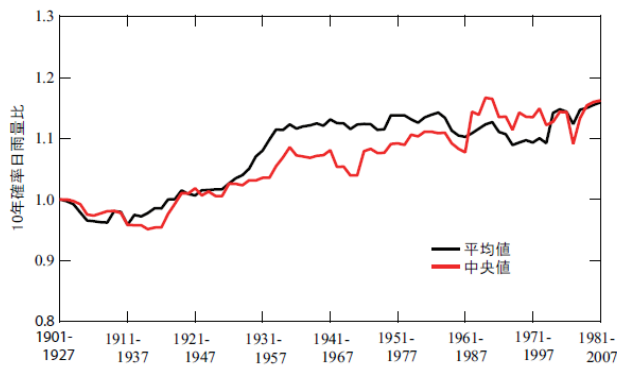


図-18.7 10年確率日雨量比の全国平均値（黒線）
（解析期間：1901年～2007年）

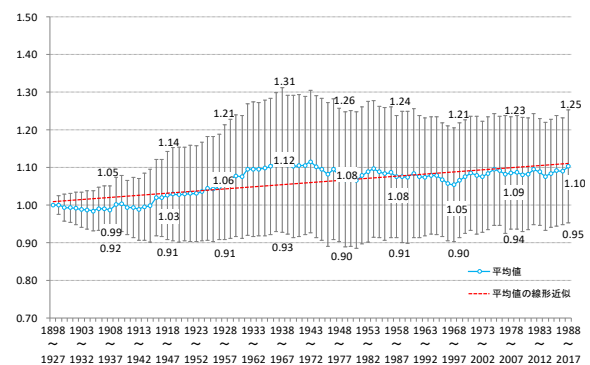


図-18.8 10年確率日雨量比の全国平均値（青線）
（解析期間：1898年～2017年）

18.3 気候モデルを利用した将来予測

将来の気候の変化を予測するため、各国の研究機関において、気候システムを再現することができる「気候モデル」を開発している。気候モデルは、気候システムを構成する大気、海洋、陸面、氷床等を物理法則に従い定式化し、スーパーコンピュータ等の計算機によって擬似的な地球を再現しようとする計算プログラムである。

気候モデルは、計算技術上の様々な仮定や近似を含み、計算結果には気候モデル特有のバイアスが含まれるほか、予測の不確実性（計算結果のばらつき）が現れる。

18.3.1 研究事例

気候モデルを用いた研究事例として、複数の気候モデルの特徴を反映させて、豪雨を模擬発生させ、水田の湛水解析と水稻減収量の算定からリスク分布を得る手法が研究開発されている。皆川ら(2018)⁵⁾の研究においては、I 県K地区を対象として、現在期間と RCP8.5 シナリオ下における 10 年確率雨量値の雨量強度の出現頻度分布を算定したところ、図-18.9 のように不確実性を含む結果が得られた。

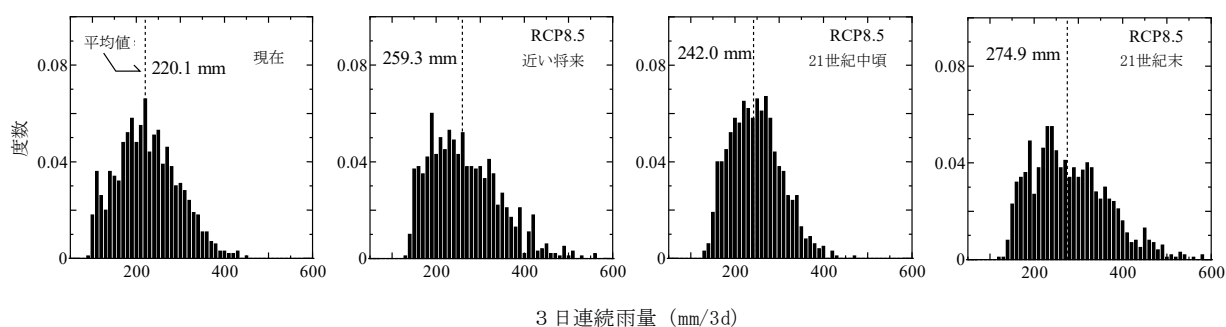


図-18.9 気候予測の不確実性を取り入れた確率雨量の強度分布の算定結果
(RCP8.5 シナリオでの 10 年確率の例)

18.3.2 日本における降水（雪を含む）の将来予測

日本の気候変動 2020⁶⁾によると、将来予測では、日降水量について 2℃上昇シナリオによる予測で約 1.5 倍に増加、4℃上昇シナリオでは約 2.3 倍に増加するなど、全国平均で見た場合、大雨や短時間強雨の発生頻度や強さは増加し、雨の降る日数は減少すると予測されている。

一方、21 世紀末における無降水日（1 日の降水量が 1.0mm 未満の日）の日数は、4℃上昇シナリオでは、20 世紀末と比べてほぼ全国的に有意に増加すると予測されている。

また、積雪深の年最大値及び降雪量は、2℃上昇シナリオによる予測では約 30%減少（北海道ほか一部地域を除く）、4℃上昇シナリオでは 70%減少（北海道の一部地域を除く）すると予測されている（雪ではなく雨になることが増える）。平均的な降雪量が減少したとしても、ごくまれに降る大雪のリスクが低下するとは限らない（ただし、この予測の確信度は低い）としている。

なお、将来の気候は、主に、IPCC 第 5 次評価報告書でも用いられた 2℃上昇シナリオ（RCP2.6：パリ協定の 2℃目標が達成された世界であり得る気候の状態に相当）及び 4℃上昇シナリオ（RCP8.5：現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった世界であり得る気候の状態に相当）に基づき予測されている。

参考文献

- 1) IPCC (気象庁訳) : IPCC 第6次評価報告書 第1作業部会報告書 政策決定者向け要約 (2021)
- 2) 気象庁 : 気候変動監視レポート 2023 (2024)
- 3) 永井明博 : 気象・水象の類似する地域における地域確率雨量の経年変化、農業農村工学会ダム研究委員会シンポジウム (平成 22 年 11 月 26 日)
- 4) 日本水土総合研究所 : 気象変動の影響による確率降雨量の変化、第 68 回農業農村工学会大会講演会講演要旨集、pp. 582～583 (2019)
- 5) 皆川裕樹・池山和美・北川 巖・増本隆夫 : 低平水田域における豪雨排水に関するリスクとその不確実性の評価法、農業農村工学会論文集、307、pp. I_175～I_184 (2018)
- 6) 文部科学省及び気象庁 : 日本の気候変動 2020 - 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 -J (2020)

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)

これまで排水計画は、過去の降雨などに基づいて作成してきたが、近年の気候変動の影響による降雨量の増大、海面水位の上昇などを考慮すると、現在の計画では実質的な安全度が確保できないおそれがある。

このため、土地改良事業における排水計画の策定に当たり、計画基準降雨については、気象観測資料と気候予測資料による過去と将来の実験（予測）値を用いて推定することとする。

19.1 気候変動予測

気候変動予測は、将来の温室効果ガスの排出等による放射強制力を仮定し、大気がどのように応答するかを長期的な傾向を把握するものである。近年の気候変動予測における温室効果ガス等の放射強制力は、各国が政策的に緩和策を行うことを前提として考え出された4つのRCPシナリオ(IPCC(気候変動に関する政府間パネル)第5次評価報告書¹⁾で公表)が広く使用されている。

表-19.1 RCPシナリオの概要

シナリオ名	内容	気温上昇予測幅 (1986～2005年の平均を基準とした 2081～2100年の世界平均気温)
RCP8.5	高位参照シナリオ ・21世紀末の放射強制力 8.5W/m ² ・2100年における温室効果ガス排出量の 最大排出量に相当するシナリオ	2.6～4.8℃
RCP6.0	高位安定化シナリオ ・21世紀末の放射強制力 6.0W/m ²	1.4～3.1℃
RCP4.5	中位安定化シナリオ ・21世紀末の放射強制力 4.5W/m ²	1.1～2.6℃
RCP2.6	低位安定化シナリオ ・21世紀末の放射強制力 2.6W/m ² ・将来の気温上昇を2℃以下に抑えるという 目標のもとに開発された排出量の最も低い シナリオ	0.3～1.7℃

※ 放射強制力 (W/m²) : 気候変動をもたらす温室効果ガス、エアロゾル、土地利用等の変化によって引き起こされる放射エネルギー収支の変化量。正の放射強制力は温暖化、負の放射強制力は寒冷化を起こし、CO₂が現在の倍になったときの放射強制力は約4 W/m²であるといわれている。

(1) 気候予測資料（データセット）

気候変動予測は、21 世紀末等の将来を対象とすることから、将来の可能性の幅（不確実性）が大きくなる。1 つの実験では、気候変動予測の不確実性を評価できないことから、初期値及び境界条件を少しずつ変化させ（摂動を与え）るなど、過去や将来の実験数を仮想的に増加させて計算（アンサンブル実験）を行う。

この過去及び将来で複数のアンサンブル実験を行った計算結果の集合体のことをデータセットと呼ぶ。日本で開発された代表的なデータセットには、d4PDF/d2PDF、NHRCM05/02 等がある（表-19.2）。

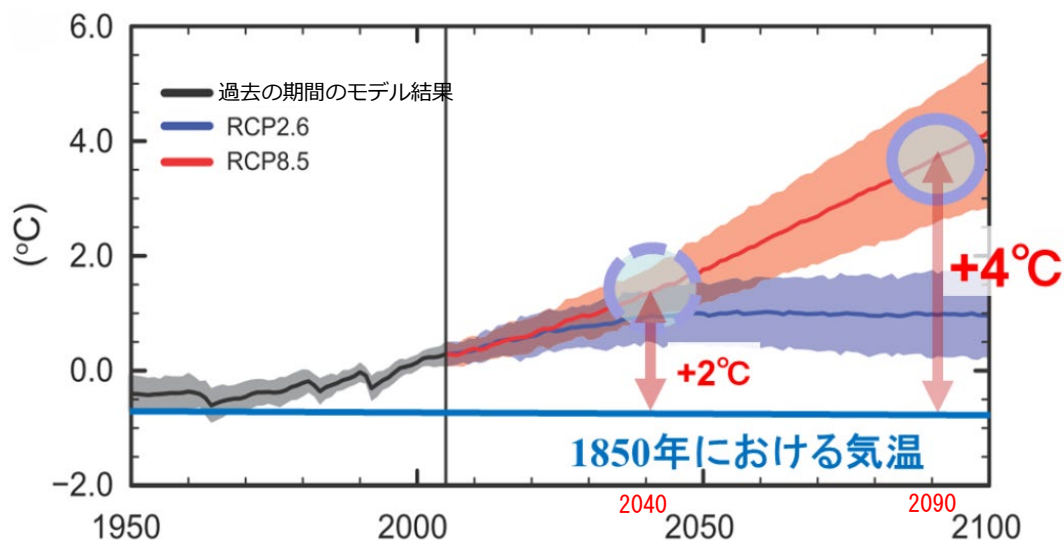
(2) 気候予測資料（データセット）の選定

データセットの選定にあたり、集中豪雨を評価できる 5 km メッシュ以下の領域解像度でデータ数の多いものとする。

また、排水施設の標準耐用年数は 20 年、国営事業の一般的なサイクルは 40 年前後であることを踏まえ、排水施設の次期更新期間を将来として想定する。排水施設を 2020 年代に設置する場合、次期更新期間は 2040 年代～2060 年代となる。

使用するデータセットは、この期間に合致すること及びデータ数が多いことから、d2PDF（5 km）²⁾とし、最新の研究成果が存在する地域ではそれらも用いて d2PDF による検討結果の参考とする。

なお、パリ協定（2016 年 11 月締結）においては、将来の気温上昇を 2℃未満に抑えるという目標が定められており、IPCC における各 RCP シナリオにおいても 2040 年頃で 2℃前後上昇が予想されている（図-19.1）。今後とも気候変動予測に関連する最新情報を収集し、使用するデータセットの見直しを適宜検討する。



※ 1986～2005 年平均に対する世界平均気温の変化を CMIP5（世界機構研究計画（WCRP）が開始した「第 5 期結合モデル相互比較計画」）の複数モデルによりシミュレーションされた時系列（1950 年から 2100 年）で示している。

図-19.1 今世紀末までの世界平均気温予測 ^{1), 3)}

表-19.2 日本で開発された代表的なデータセット

全球モデル	緯域モデル	格子の 大きさ(km)	計算年	排出シナリオ	メソッド	対象地域	データセット名	作成年 (DIASHPより)	備考
MRI-AGCM	NHROM	20	1951年～2010年(60年) 2090年頃のCO2定常60年間	過去 4℃上昇時点(RCP8.5)	50(実測×3振動) 90(6SST×15振動)	全国	d4PDF(20km) (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(日本域ダウンスケーリング))	2015年12月	過去実験データは、上の行に記載の物と同一
			1951年～2010年(60年) 2040年頃のCO2定常60年間	過去 2℃上昇時点(RCP8.5)	50(実測×3振動) 54(6SST×9振動)	全国	d2PDF(20km) (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(日本域ダウンスケーリング))	2015年12月	
			1984年～2004年(20年)	過去	3(実測×3振動)	全国	NHROM20 (環境省 地域気候変動予測データ(協力:気象庁))	2014年3月	「21世紀末における日本の気候」(観測値)
			2051年～2100年(50年)	RCP8.5 RCP6.0 RCP4.5 RCP2.6	9(3SST×3振動) 3(SST) 3(SST) 3(SST)				
			1950年～2099年(150年)	過去～ 過去	RCP8.5 RCP6.0 RCP4.5 RCP2.6				
			1951年～2010年(60年) 2090年頃のCO2定常60年間	過去 4℃上昇時点(RCP8.5)	12(実測×3振動) 12(6SST×2振動)	全国	統合プログラム 全球60km緯域20km150年連続実験データセット	2022年11月	過去実験データは、上の行に記載の物と同一
			1951年～2010年(60年) 2040年頃のCO2定常60年間	過去 2℃上昇時点(RCP8.5)	12(実測×3振動) 12(6SST×2振動)	全国	d4PDF(5km) (全国 5km メッシュアンサンブル気候予測データ)	2022年9月	
			1951年～2010年(60年) 2090年頃のCO2定常60年間	過去 4℃上昇時点(RCP8.5)	50(実測×3振動) 90(6SST×15振動)	北海道、九州	d4PDF(5km,yamada) (北海道域5kmメッシュアンサンブル気候予測データ(大雨イベント))	2021年3月	過去実験データは、上の行に記載の物と同一
			1951年～2010年(60年) 2040年頃のCO2定常60年間	過去 2℃上昇時点(RCP8.5)	50(実測×3振動) 54(6SST×9振動)	北海道、九州	d2PDF(5km,yamada) (北海道域5kmメッシュアンサンブル気候予測データ(大雨イベント))	2021年3月	
			1980年～2010年(31年) 2090年頃のCO2定常31年間	過去 4℃上昇時点(RCP8.5)	12(実測×3振動) 12(6SST×2振動)	全国 (北海道、沖縄除く)	d4PDF(5km,SI-CAT) (大気近未来予測力学的ダウンスケーリングデータ(東北から九州))	2019年10月	過去実験データは、上の行に記載の物と同一
			1980年～2010年(31年) 2040年頃のCO2定常31年間	過去 2℃上昇時点(RCP8.5)	12(実測×3振動) 12(6SST×2振動)	全国 (北海道、沖縄除く)	d2PDF(5km,SI-CAT) (大気近未来予測力学的ダウンスケーリングデータ(東北から九州))	2019年10月	
		2	1980年～1999年(20年) 2076年～2095年(20年)	過去 RCP8.5 RCP2.6	1 4(SST) 4(SST)	全国	NHROM5 (創生: 統合プログラム 5km格子NHROM日本域気候予測データセット)	2017年10月	「気象庁 地球温暖化予測情報第9巻」から名称変更(2022年12月)
			1980年～1999年(20年) 2076年～2095年(20年)	過去 RCP8.5 RCP2.6	1 4(SST) 4(SST)	全国	NHROM2 (創生: 統合プログラム 2km格子NHROM日本域気候予測データセット)	2015年5月	「気象庁 地球温暖化予測情報第9巻」から名称変更(2022年12月)

※ d4PDF(5km,yamada)とd4PDF(5km,SI-CAT)は計算条件が異なることから、計算条件を全国で同じにしたデータセットが作成された。

※ 上表に記載のデータセットは全て1時間単位の降雨量データを有している。

19.2 将来の降雨予測に基づく確率降雨量の算定方法

(1) 気象観測資料及び気候予測資料（データセット）の入手・補正

ア 気象観測資料の入手

気象観測資料の実績降雨は、既に温暖化の影響を含んでいる可能性がある近年の降雨資料を確率統計解析の対象としないことに留意する必要がある。

したがって、気象観測資料の入手期間は、気候予測資料の過去実験値の計算期間（60 年分（1951 年～2010 年））のうち、2010 年から遡った 30 年から 50 年程度が必要と考えられるが、計画の対象とする事業の整備水準、地域における近年の降雨特性等を踏まえて検討する。

※土地改良事業計画（排水）における将来の降雨予測に基づく確率降雨量算定マニュアル

第 3 章参照

イ 気候予測資料（データセット）の入手

d2PDF（5 km）は 2023 年よりデータ統合・解析システム DIAS⁴⁾（事務局：国立研究開発法人海洋研究開発機構）を通じて公開されており、時間降雨量データをダウンロードすることができる。

d2PDF（5 km）のデータ入手先：<https://diasjp.net/>

※土地改良事業計画（排水）における将来の降雨予測に基づく確率降雨量算定マニュアル

第 4 章参照

ウ 気候予測資料（データセット）の補正

気候予測資料は気候モデルによって計算されるが、計算結果の精度や誤差を評価しておく必要がある。過去を再現した気候モデルの出力結果（過去実験値）と実績降雨を比較したときの系統的な誤差（バイアス）が気候予測資料に含まれると、気候変動の影響評価を適切に行えないため、バイアスを含む気候予測資料を、実績降雨を使ってバイアス補正（以下、「補正」という。）する。

なお、今後の解析技術向上に資するデータ蓄積のため、当面の間は補正なしの降雨量変化倍率についても計算し、補正を行った場合との差異を確認する。

※土地改良事業計画（排水）における将来の降雨予測に基づく確率降雨量算定マニュアル

第 5 章及び第 6 章参照

(2) 確率降雨量の算出

ア 確率降雨量の算出

①実績降雨に基づく確率降雨量

19.2(1)アで入手した気象観測資料（2010 年から遡った 30 年から 50 年程度）の実績降雨から年最大雨量（1～3 日連続降雨量）を抽出し、1/10 確率等の確率降雨量を算出する。

（確率降雨量の算出方法は、「6. 実績降雨に基づく計画基準降雨」を参照）

※土地改良事業計画（排水）における将来の降雨予測に基づく確率降雨量算定マニュアル

第 3 章参照

②補正した過去実験値に基づく確率降雨量

補正した過去実験値（60 年分（1951 年～2010 年）のうち、2010 年から遡った 30 年から 50 年程度（気象観測資料と同期間）×12 メンバ（摂動））から年最大雨量（1～3 日連続降雨量）を抽出し、1/10 確率等の確率降雨量を算出する。（確率降雨量の算出方法は、「6. 実績降雨に基づく計画基準降雨」を参照）

※土地改良事業計画（排水）における将来の降雨予測に基づく確率降雨量算定マニュアル
第 5 章参照

③補正した将来実験値に基づく確率降雨量

補正した将来実験値（60 年分×12 メンバ（6 種類の海面水温の将来変化パターン×2 摂動））から年最大雨量（1～3 日連続降雨量）を抽出し、1/10 確率等の確率降雨量を算出する。（確率降雨量の算出方法は、「6. 実績降雨に基づく計画基準降雨」を参照）

※土地改良事業計画（排水）における将来の降雨予測に基づく確率降雨量算定マニュアル
第 6 章参照

④降雨量変化倍率の算出

上記②③より算出された、1～3 日連続降雨量それぞれに対して、過去と将来の実験値に基づく各確率降雨量の比から降雨量変化倍率を算出する（小数点以下第 3 位を四捨五入）。

⑤将来の降雨予測に基づく確率降雨量

上記④で算出した 1～3 日連続降雨量それぞれの降雨量変化倍率を上記①に乗じて、将来の降雨予測に基づく将来の確率降雨量とする。

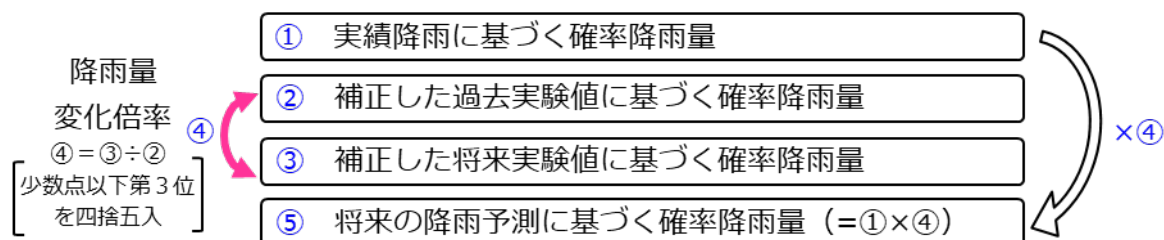


図-19.2 将来の降雨予測に基づく確率降雨量の算出イメージ

(3) 日降雨パターン（前方山型、中央山型、後方山型）の検討

実績降雨の日降雨パターン、補正した将来実験値の日降雨パターンを各々検討し、生起頻度が最も高いパターンを特定する。次に、特定したパターンで日配分雨量を求める。

（詳細は、「6. 実績降雨に基づく計画基準降雨」の 6.3.1 を参照）

(4) 日降雨量に対する時間分布の検討

上記(3)によって求めた日配分雨量に対する時間配分の検討に当たっては、「6. 実績降雨に基づく計画基準降雨」の 6.3.2 及び以下の事項に留意する。

ア 実績降雨と補正した将来実験値の日降雨パターンが同じ場合

実績降雨と補正した将来実験値の日降雨パターンが同じ場合は、実績降雨の雨の継続時間を

基本に降雨量の引き伸ばしを行う。

イ 実績降雨と補正した将来実験値の日降雨パターンが異なる場合

実績降雨と補正した将来実験値の日降雨パターンが異なる場合は、双方の雨の継続時間で時間分布を検討する。

(5) 短時間降雨強度を対象とする場合

上記(2)④で算出した降雨量変化倍率のうち、最大日雨量の変化倍率を実績降雨による確率降雨量（短時間降雨強度）に乗じて、将来の降雨予測に基づく確率降雨量とする。

(6) 計画基準降雨の決定

前項までの検討を基に、傾斜地など洪水ピーク流出量を計画の基礎とする場合は短時間降雨強度を、氾濫域など洪水ハイドログラフを計画の基礎とする場合は適当な波形を持った連続降雨をそれぞれ対象とし、計画排水量を決定する。計画排水量の算定に採用した降雨を計画基準降雨とする。

19.3 モデル地区における降雨量変化倍率の算定例

(1) S地区

(1/30 確率降雨量) S地区	連続降雨日数	実績降雨 (mm)①	過去実験 (mm)②	将来実験 (2040年頃) (mm)③	降雨量変化倍率 ④ = ③/②	将来の降雨予測に基づく確率降雨量 ⑤ = ①×④
	1日	131.7	131.2	156.0	1.19	156.7
	2日	195.5	179.8	201.6	1.12	219.0
	3日	223.5	199.7	223.3	1.12	250.3

(2) N地区

(1/15 確率降雨量) N地区	連続降雨日数	実績降雨 (mm)①	過去実験 (mm)②	将来実験 (2040年頃) (mm)③	降雨量変化倍率 ④ = ③/②	将来の降雨予測に基づく確率降雨量 ⑤ = ①×④
	1日	124.4	133.4	152.1	1.14	141.8
	2日	179.8	179.5	192.5	1.07	192.4
	3日	204.2	200.8	216.4	1.08	220.5

(3) Y地区

(1/10 確率降雨量) Y地区	連続降雨日数	実績降雨 (mm)①	過去実験 (mm)②	将来実験 (2040年頃) (mm)③	降雨量変化倍率 ④ = ③/②	将来の降雨予測に基づく確率降雨量 ⑤ = ①×④
	1日	104.3	93.9	107.3	1.14	118.9
	2日	121.8	116.7	133.5	1.14	138.9
	3日	127.2	127.4	144.4	1.13	143.7

19.4 近年の降雨に対する気候変動の影響等の確認

将来の降雨予測に基づく確率降雨量を算出する際に、実績降雨に基づく確率降雨量の算出において、2010年から遡ってデータ整理を行うとしたことを踏まえ、2011年以降の大雨により湛水被害が生じた地域においては、2011年以降の近年の降雨の影響等を確認するため、最新年までの実績降雨の降雨資料を追加して確率降雨量を算出し、19.2(2)⑤で算出する将来の降雨予測に基づく確率降雨量と比較を行う。また、日降雨パターンが異なる場合は、計画排水量も算出して比較を行う。(確率降雨量の算出方法は、「6. 実績降雨に基づく計画基準降雨」を参照)

19.5 降雨特性を踏まえ降雨量変化倍率を用いない場合

上記19.4で確認した結果、地域的な特性により、2011年以降の近年の実績降雨の降雨資料を用いて算出した確率降雨量が将来の降雨予測に基づく確率降雨量を上回る場合や、19.2で算出する降雨量変化倍率を用いることによって災害に対する安全度が従来より低下する場合については、降雨量変化倍率を用いずに別途検討することもできる。

参考文献

-
- 1) IPCC (気象庁訳) : IPCC 第5次評価報告書 第1作業部会報告書 政策決定者向け要約 (2015)
 - 2) 気象庁気象研究所 : d2PDF (5km) (全国5kmメッシュアンサンブル気候予測データ)
 - 3) 文部科学省、気象庁気象研究所、東京大学大気海洋研究所、京都大学防災研究所、国立環境研究所、筑波大学、海洋研究開発機構 : 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利用手引き
 - 4) DIAS : データ統合・解析システム (Data Integration and Analysis System) <https://diasjp.net/>

お問合せ先

この計画基準の記載内容につきまして御質問等がございましたら、最寄の農政局等へ御連絡ください。

■農林水産省

東北農政局農村振興部設計課

TEL：022-211-6277（直通） FAX：022-216-4287

〒980-0014 宮城県仙台市青葉区本町 3-3-1

関東農政局農村振興部設計課

TEL：048-740-0489（直通） FAX：048-600-0624

〒330-9722 埼玉県さいたま市中央区新都心 2-1

北陸農政局農村振興部設計課

TEL：076-232-4722（直通） FAX：076-234-8051

〒920-8566 石川県金沢市広坂 2-2-60

東海農政局農村振興部設計課

TEL：052-223-4634（直通） FAX：052-219-2667

〒460-8516 愛知県名古屋市中区三の丸 1-2-2

近畿農政局農村振興部設計課

TEL：075-414-9513（直通） FAX：075-417-2090

〒602-8054 京都府京都市上京区西洞院通下長者町下る丁子風呂町

中国四国農政局農村振興部設計課

TEL：086-224-9419（直通） FAX：086-234-7445

〒700-8532 岡山県岡山市北区下石井 1-4-1

九州農政局農村振興部設計課

TEL：096-300-6446（直通） FAX：096-211-9844

〒860-8527 熊本県熊本市西区春日 2-10-1

■北海道開発局

農業水産部農業振興課

TEL：011-700-6768（直通） FAX：011-709-2145

〒060-8511 北海道札幌市北区北 8 条西 2 丁目

■沖縄総合事務局

農林水産部農村振興課

TEL：098-866-1652（直通） FAX：098-860-1194

〒900-0006 沖縄県那覇市おもろまち 2-1-1