

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。

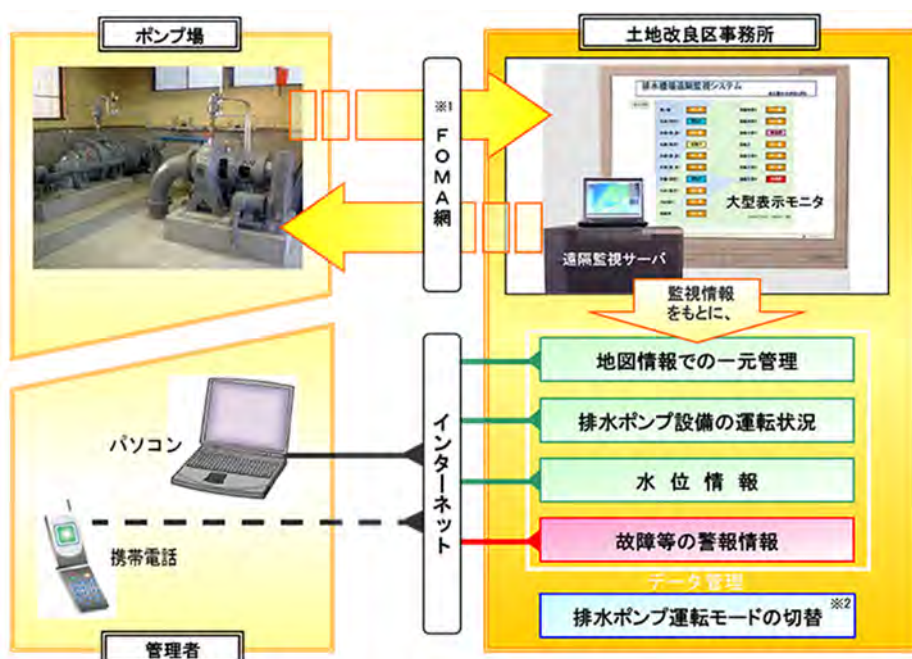
17.1.2 遠方操作システムの導入

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）

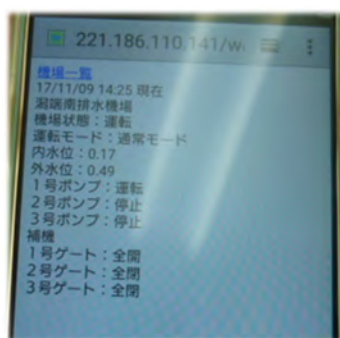


写真-17.1 スマートフォンによる情報の確認状況

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。

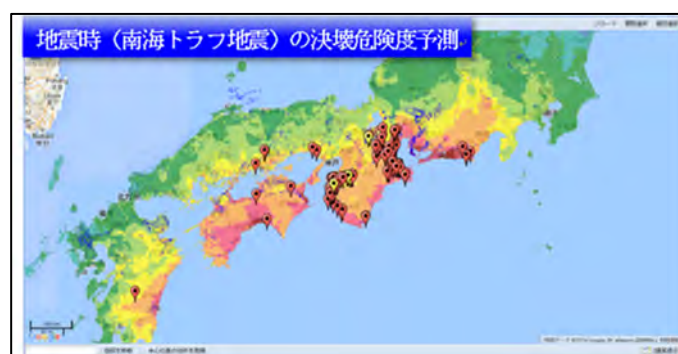


図-17.4 南海トラフ地震を想定したため池の決壊危険度予測図

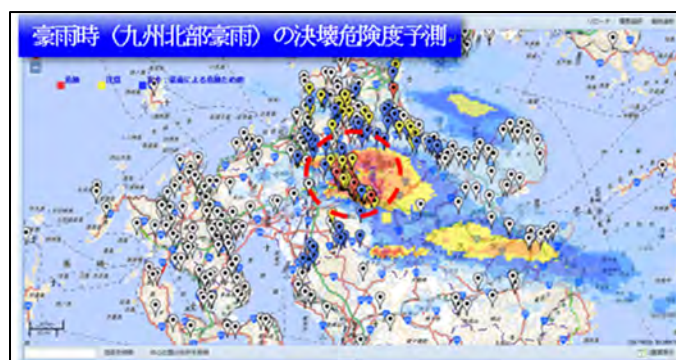


図-17.5 平成29年7月九州北部豪雨における決壊危険度予測図

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。

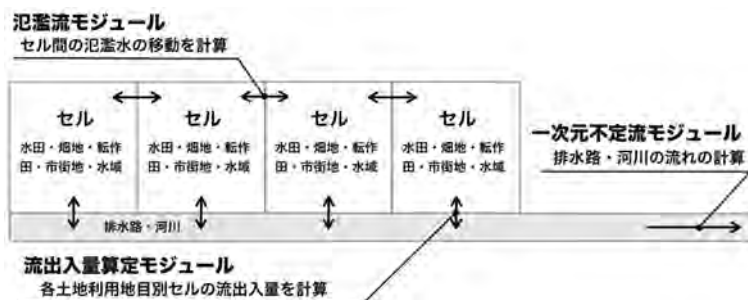


図-17.7 内水氾濫解析モデルの概要

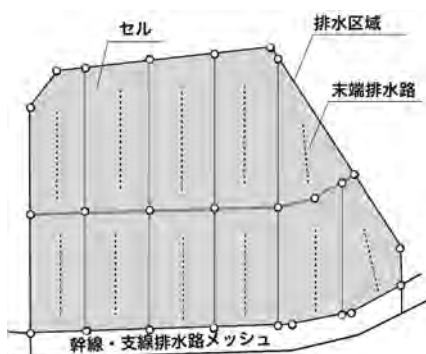


図-17.8 解析対象領域の分割イメージ

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。

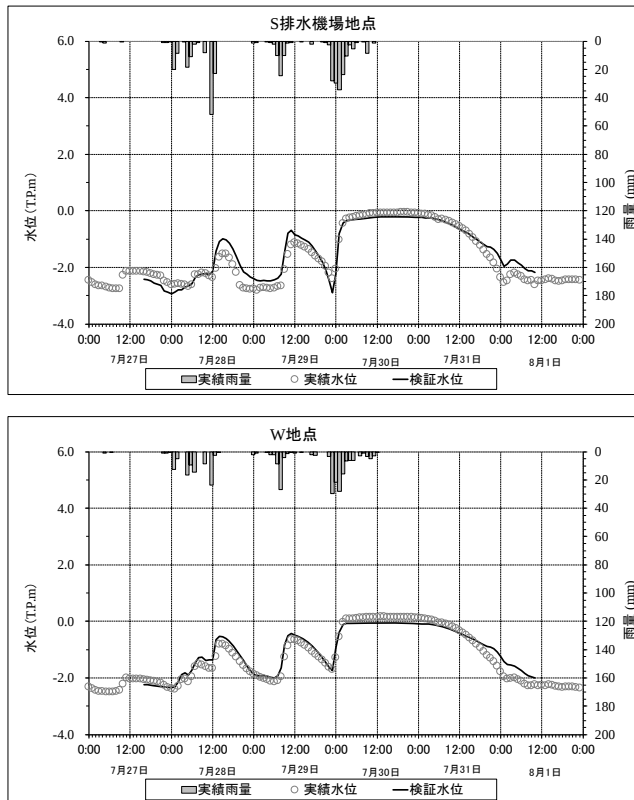


図-17.9 平成 23 年 7 月出水水位ハイドログラフ



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。

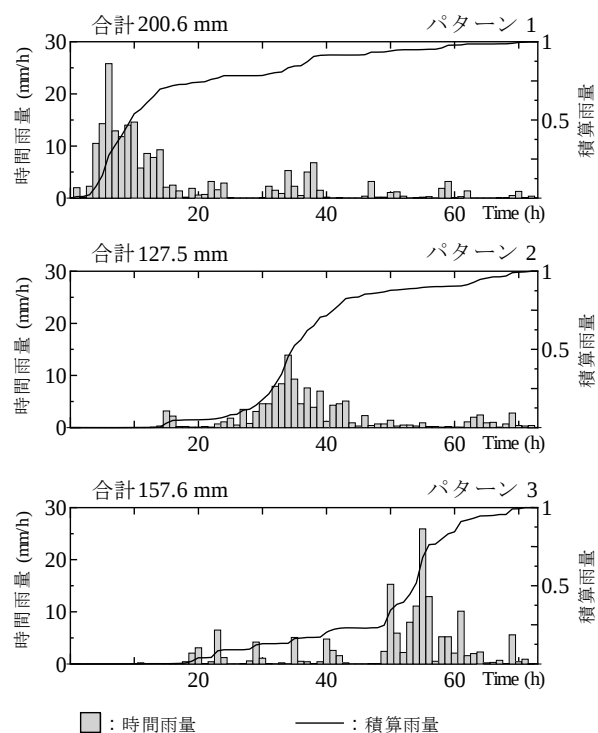


図-17.11 模擬発生豪雨データの抽出例

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。

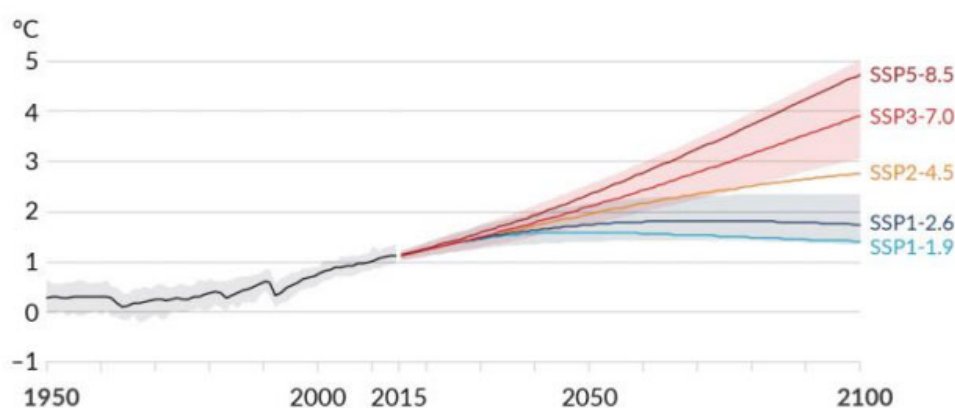


図-18.1 1850～1900年を基準とした世界平均気温の変化¹⁾

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）。

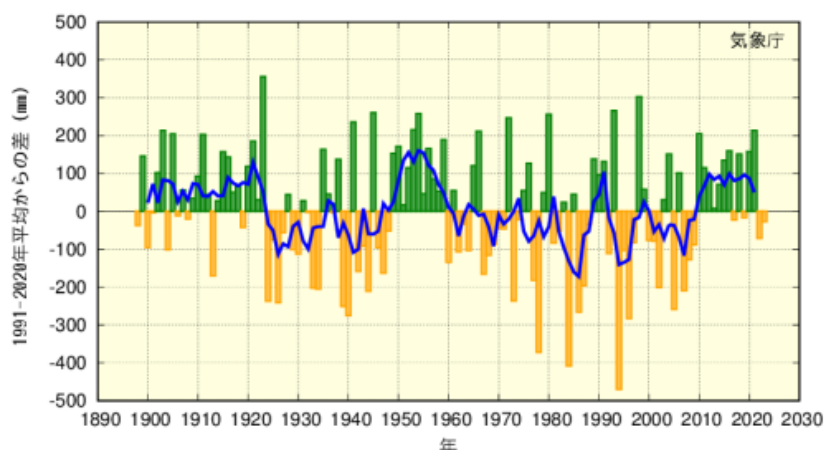


図-18.2 日本の年降水量偏差の経年変化

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。

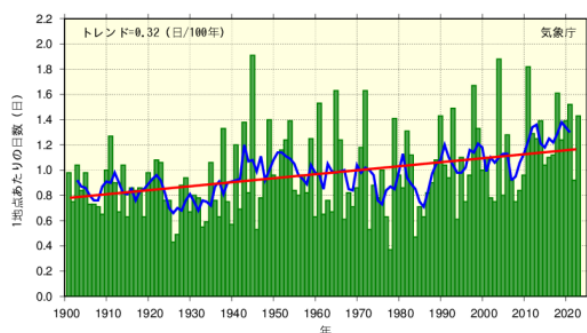


図-18.3 日降水量 100mm 以上の年間日数の経年変化

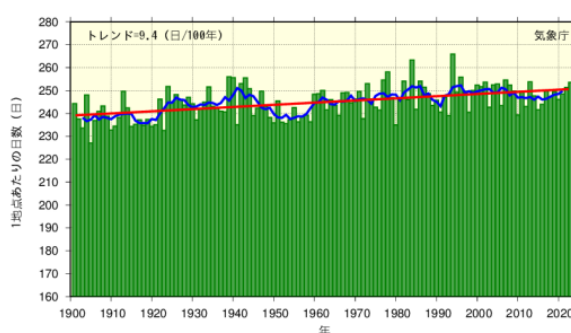


図-18.4 日降水量 1.0mm 未満の年間日数の経年変化

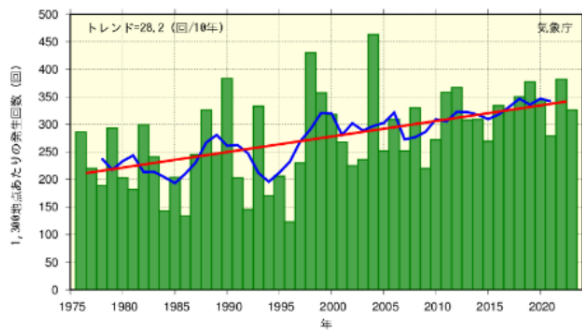


図-18.5 1時間降水量50mm以上の年間発生回数の経年変化

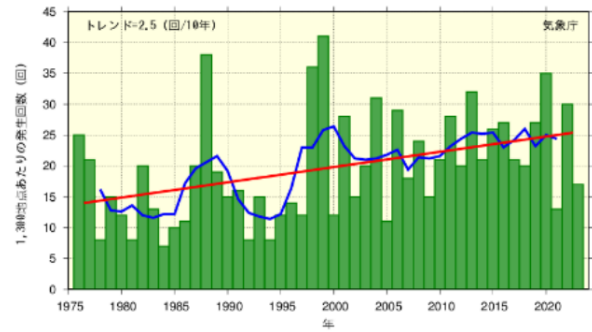


図-18.6 1時間降水量80mm以上の年間発生回数の経年変化

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。

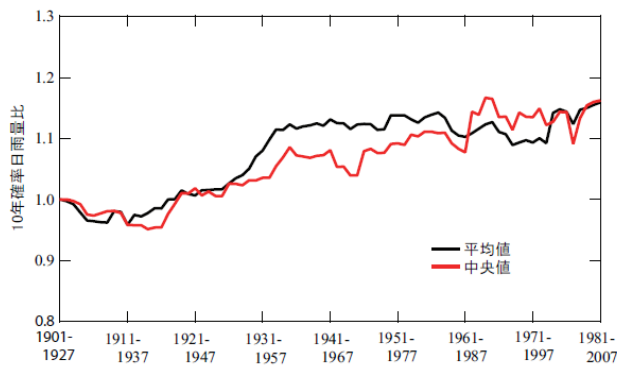


図-18.7 10年確率日雨量比の全国平均値（黒線）
（解析期間：1901年～2007年）

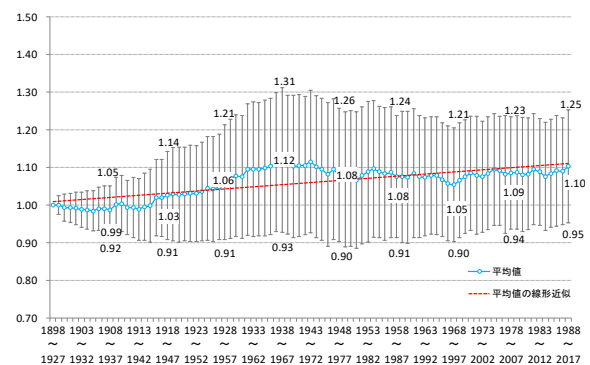


図-18.8 10年確率日雨量比の全国平均値（青線）
（解析期間：1898年～2017年）

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。

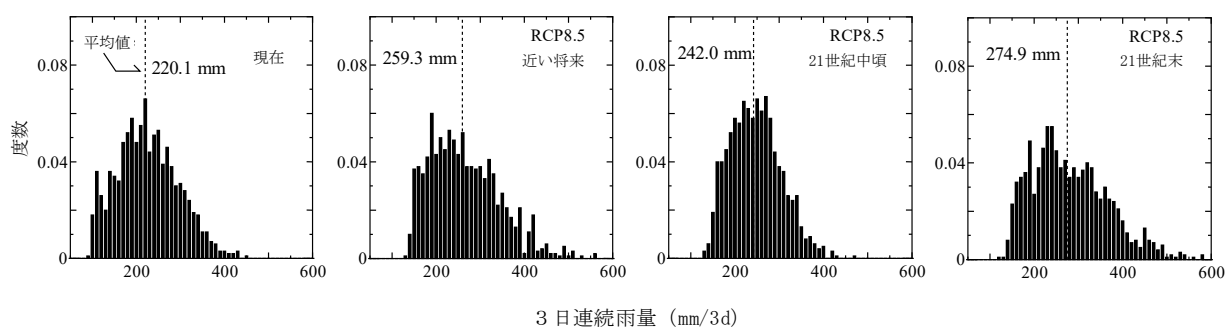


図-18.9 気候予測の不確実性を取り入れた確率雨量の強度分布の算定結果
(RCP8.5 シナリオでの 10 年確率の例)

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）。

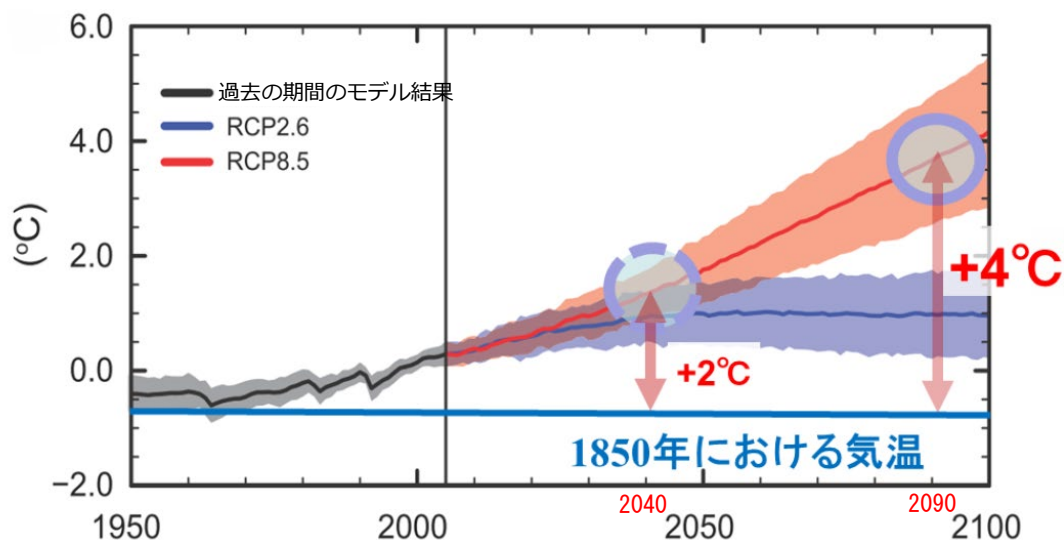
(2) 気候予測資料（データセット）の選定

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～ RCP8.5 RCP4.5 RCP2.6	1 1 1				
			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。

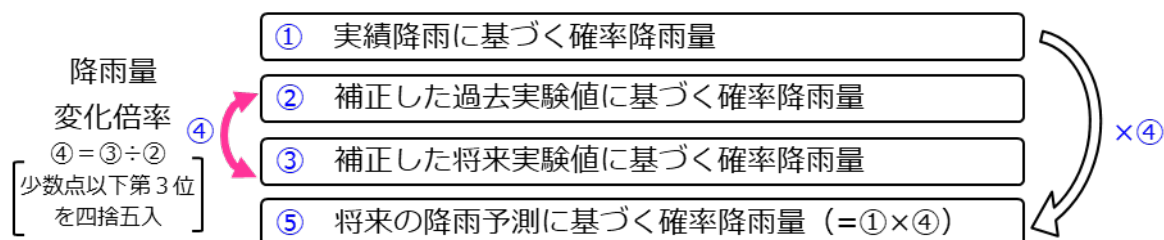


図-19.2 将来の降雨予測に基づく確率降雨量の算出イメージ

(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/>