

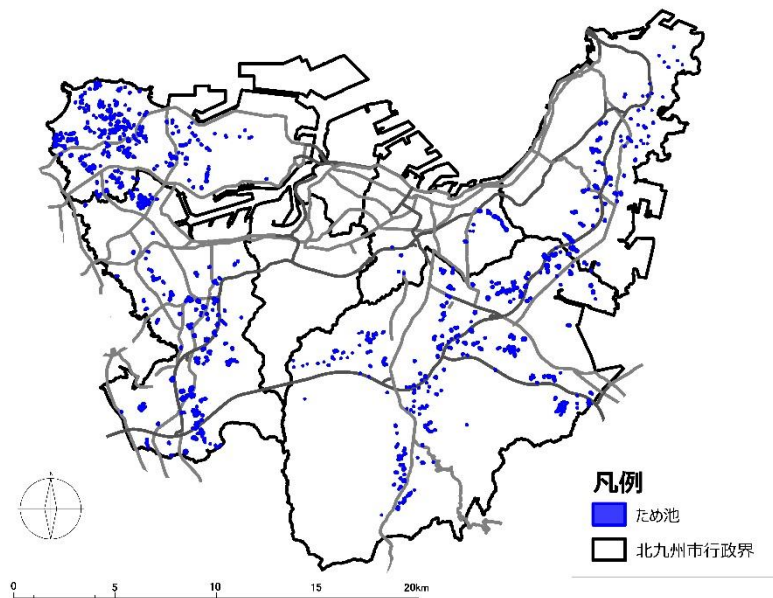
3. 6-2 気候変動による水害リスクの評価

3.1 概要

3.1.1 背景・目的

九州地域・沖縄地域には、水稲など農作物の栽培を目的としたため池が多く分布している。その多くは江戸時代に築造されたものと推測され、老朽化が進んでいる。

近年、気候変動などの影響で集中豪雨が頻発する傾向で、住宅や農地などへ大きな被害が発生している。ため池の数が福岡県内で最も多く、ため池等の水害リスクが比較的多い北九州市をモデルとして、気候変動を踏まえたため池等の水害リスクの評価手法の検証及び適応策を検討した。



資料：北九州市提供データを元に九州環境管理協会作成

図 3.1-1 調査実施場所

3.1.2 実施体制

本調査の実施者：一般財団法人九州環境管理協会

アドバイザー：国立大学法人九州大学大学院平松和昭教授
農研機構農村工学研究部門 吉迫宏氏

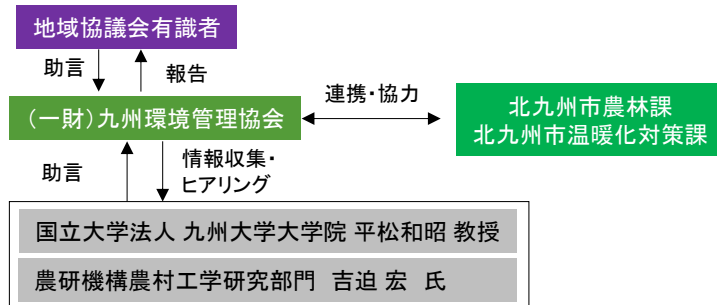
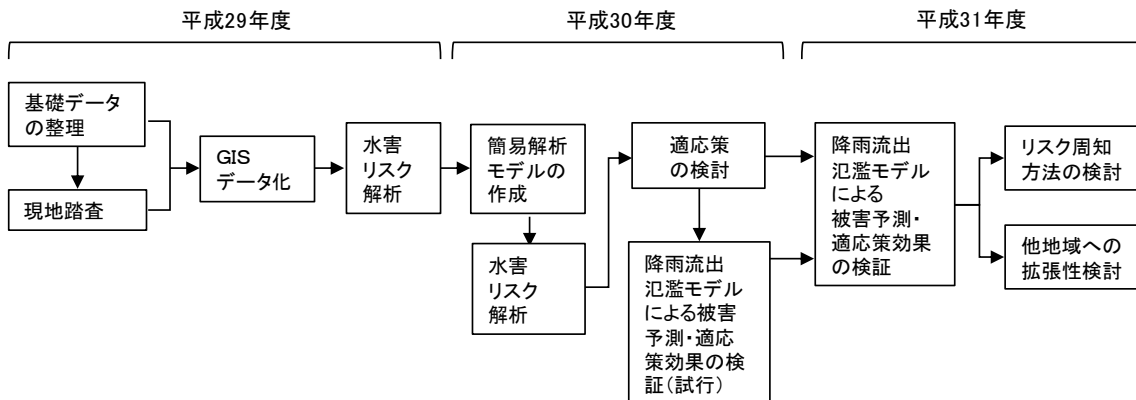


図 3.1-2 体制図

3.1.3 実施スケジュール（実績）

平成 29 年度は、北九州市内のため池の情報の収集・整理、GIS データ化、広域的な水害リスク解析を行った。平成 30 年度は、簡易解析モデルを用いた水害リスク解析、適応策の検討を行った。平成 31 年度は、引き続き簡易解析モデルを用いた水害リスク解析を行うとともに、適応策の検討を行った。

実施スケジュール



3.1.4 気候シナリオ基本情報

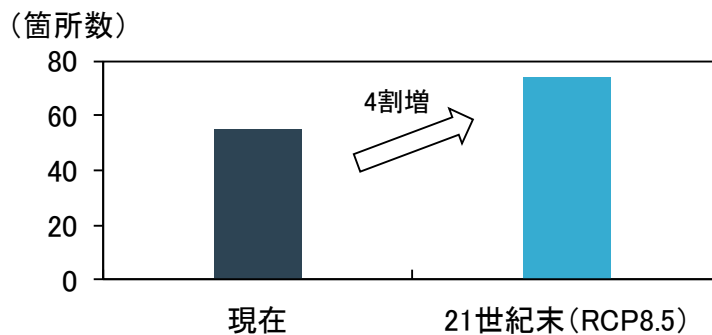
気候シナリオの基本情報

項目	洪水時の流出流量
気候シナリオ名	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 (d4PDF)
気候モデル	MRI-NHRCM20
気候パラメータ	降水量
排出シナリオ	RCP8.5 (4度上昇)
予測期間	21世紀末
バイアス補正の有無	無し

3.1.5 気候変動影響予測結果の概要

21世紀末(RCP8.5)には、設計指針の整備水準を満たしていないため池が、約4割増加すると予測された。

設計指針の整備水準を満たしていないため池のうち、下流影響度が他のため池と比べて特に高かったため池を水害リスクの高いため池として選定した。その結果、北九州市内のため池のうち、2箇所(A池、B池)を選定した。そのうち、水害リスクが高いA池について適応策として「低水位管理」及び「スリット設置」を実施した場合の効果を実験した結果、適応策を実施することで、200年確率の大雨においても、堤体の上流端からの越流が生じないと予測された。



気候モデル：MRI-NHRCM20 排出シナリオ：RCP8.5

図 3.1-3 設計指針の整備水準を満たしていないため池の増加割合

表 3.1-1 A池の適応策の検討結果

ため池 名称	確 率 降水量	現在	21 世紀末 (RCP8.5)			
			適応策 なし	適応策あり		
				低水位管理 (-0.5m)	低水位管理 (-1.0m)	スリット 設置
A池	30年	○	○	○	○	○
	50年	○	○	○	○	○
	100年	○	○	○	○	○
	200年	×	×	○	○	○

※1. 「○」：越流が発生しない 「×」：越流が発生する

※2. 低水位管理は、満水位よりも0.5m下げた場合と1.0m下げた場合を予測した。

※3. 気候モデル：MRI-NHRCM20 排出シナリオ：RCP8.5

3.1.6 活用上の留意点

3.1.6.1 本調査の将来予測対象とした事項

整備水準を満たしているかどうかの評価は、ため池の設計で用いる手法に基づいて、洪水流入に伴う越流発生を指標として推定した。

3.1.6.2 本調査の将来予測の対象外とした事項

本調査では、ため池貯水位の増加に伴うため池堤体の決壊は考慮していない。また、流木や土砂の流入による影響は考慮していない。

3.1.6.3 その他、成果を活用する上での制限事項

一般的にダムで行われている水文観測データがため池にはないため、ため池への流入量について、パラメータ等に文献値を用いざるをえない。当然のことながら、流出特性はため池毎に異なることから、長期にわたる水文観測や各種パラメータ調査を行うなど、精査が必要である。

3.1.7 適応オプション

表 3.1-2 適応オプションのまとめ

適応オプション	想定される実施主体			評価結果							
	行政	事業者	個人	現状		実現可能性				効果	
				普及状況	課題	人的側面	物的側面	コスト面	情報面	効果発現までの時間	期待される効果の程度
ため池堤体の嵩上げ・浚渫	●			普及が進んでいる	・費用負担 ・合意形成	△	○	△	◎	短期	高
洪水吐スリットの設置 (緊急放流孔)	●			普及が進んでいる	・適切なスリットの規模設定	△	○	△	◎	短期	高
降雨前の事前放流による低水位管理	●	●	●	普及が進んでいる	・合意形成 ・運用方法	△	○	◎	◎	短期	高
期別毎の低水位管理	●	●	●	普及が進んでいる	・合意形成 ・運用方法	△	○	◎	◎	短期	高
ため池ストック管理の適正化	●	●	●	普及が進んでいる	・合意形成 ・機能の吟味	△	○	◎	◎	短期	高
浸水想定区域図の作成	●			普及が進んでいる	・関係者への周知徹底	◎	○	◎	◎	短期	高
ため池ハザードマップの作成	●			普及が進んでいる	・関係者への周知徹底	◎	○	◎	◎	短期	高
ため池防災支援システムの活用	●			普及が進んでいる	・使用方法	◎	○	◎	◎	短期	高
水位計等による監視体制の整備	●			普及が進んでいる	・費用負担 ・運用方法	△	○	△	◎	短期	高

表 3.1-3 適応オプションの考え方

適応オプション	適応オプションの考え方
① ため池堤体の 嵩上げ・浚渫	<p><ため池の洪水調節機能を強化する方法> 嵩上げ、浚渫ともに既存技術で対応可能である。嵩上げの場合、工法によっては新たな用地買収が発生する。また、浚渫の場合、浚渫土砂の処分費用が新たに発生する。普及率に関しての情報は無い。</p>
② 洪水吐スリットの 設置 (緊急放流孔)	<p><ため池の洪水調節機能を強化する方法> ため池の洪水調節機能を強化する方法として、既存事例がある。既存の技術で対応可能であり、施設の大規模な改修を伴わないため低コストである。スリットの大きさは、下流排水路の流下能力を考慮したものとす。堰板を用いる場合は、作業員が一人で外せる程度の規格(0.5m×0.5m)とする。なお、北九州市では洪水吐スリット(緊急放流孔)を洪水吐改修の条件としている。</p>
③ 降雨前の事前 放流による 低水位管理	<p><ため池の洪水調節機能を強化する方法> 豪雨の発生が予測される際、ため池の貯留水を事前に放流し、空き容量を確保する方法。施設の改修を伴わないソフト対策として、普及率に関しての情報は無いが、多くの実施事例がある。既存の設備で対応可能であり、設備に係る追加費用は不要である。実施にあたっては、水位低下開始のタイミング、営農面への配慮、関係者間の情報共有、管理規定等の作成が必要である。降雨波形が後方分布型や2山型などの場合は、低水位管理でも対応が難しいことがある。</p>
④ 期別毎の 低水位管理	<p><ため池の洪水調節機能を強化する方法> ③とほぼ同様の手法であるが、降雨前に水位を低下させる即時的な管理ではなく、かんがい期、非かんがい期等の期別毎に水位を設定して管理する手法である。普及率に関しての情報は無いが、多くの実施事例がある。上記同様に設備に係る追加費用は不要である。</p>
⑤ ため池ストック 管理の適正化	<p><ため池の治水機能を活用する方法> ため池は結果的に「治水機能」を発揮していることもある。農業上の利用度が低いことに加え、老朽化が著しく決壊等の危険度の高いため池については、ため池の統廃合や廃止を検討する。その際には、ため池が洪水を一次貯留するなど下流域への被害を軽減することもあることを踏まえ、機能を吟味し、適正化を図る必要がある。普及率に関しての情報は無い。</p>
⑥ 浸水想定区域 図の作成	<p><ため池の緊急時の迅速な避難行動につなげる手法> 普及率に関しての情報は無いが、農林水産省において全ての防災重点ため池について浸水想定区域図を整備するように推進している。 地域において緊急時の迅速な避難行動につなげるためには、市町村が避難に係る判断に必要な情報を平常時から地域住民等に提供しておく必要がある。</p>
⑦ ため池ハザード マップの 作成	<p><ため池の緊急時の迅速な避難行動につなげる手法> 令和元年度5月末現在、287の市町村のため池ハザードマップをホームページ上で閲覧可能である。新たな基準により都道府県で再選定した防災重点ため池 63,722箇所について、決壊した場合の影響度に応じて優先順位を付けてハザードマップの作成等を実施していくことになっている。地域において緊急時の迅速な避難行動につなげるためには、市町村が避難に係る判断に必要な情報を平常時から地域住民等に提供しておく必要がある。</p>
⑧ ため池防災 支援システム の活用	<p><ため池の緊急時の迅速な避難行動につなげる手法> 豪雨・地震時に決壊のおそれのあるため池と被害の危険度をリアルタイムで予測・表示するシステムである。迅速な情報収集・共有に活用できるシステムであることから、国、都道府県、市町村が一体となって活用していくことを推進している。</p>
⑨ 水位計等による 監視体制の 整備	<p><ため池の緊急時の迅速な避難行動につなげる手法> 普及率に関しての情報は無い。特に影響度の大きなため池については、豪雨や地震時等にため池の状況を速やかに把握し、適切な判断や行動につなげられるよう計画的に水位計等の管理施設の整備を推進している。 設置費用は、北九州市(福岡方式)では約50万円、他の自治体では150~250万で設置している。</p>

3.2 気候シナリオに関する情報

3.2.1 気候シナリオ基本情報

表 3.2-1 気候シナリオの基本情報

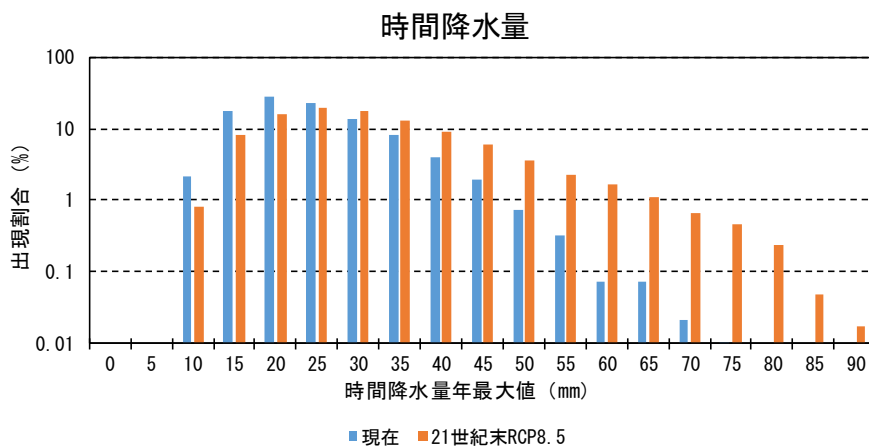
項目	洪水時の流出流量
気候シナリオ名	地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース (d4PDF)
気候モデル	MRI-NHRCM20
気候パラメータ	降水量
排出シナリオ	RCP8.5 (4度上昇)
予測期間	21世紀末
バイアス補正の有無	無し

3.2.2 使用した気候パラメータに関する情報

水害リスクの影響評価にあたって使用した気候パラメータは降水量であり、時間降水量及び日降水量（時間降水量より算定）を求めて、確率降水量を算出した。

時間最大降水量をみると、現在の主な分布は10～70mmに対して、21世紀末 RCP8.5の主な分布は10～90mmとなり、時間降水量年最大値は30mm以上において21世紀末 RCP8.5のほう現在よりも出現割合が高くなっている。

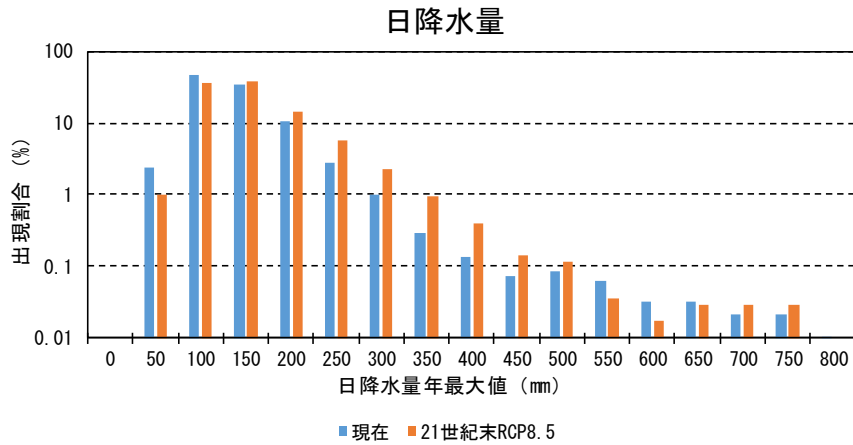
一方、図 3.2-2 に示す日最大降水量をみると、21世紀末 RCP8.5では200～500mmの出現割合が現在と比べて高くなる一方、550mm以上になると、出現割合は大きく変わらない。



※1. 図示した気候シナリオのデータは、図 3.2-3 に示す9つのグリッドポイントを全て集計している。

※2. 出現割合は対数目盛で表示している。

図 3.2-1 時間最大降水量の現在と 21 世紀末の比較結果



- ※1. 図示した気候シナリオのデータは、図 3.2-3 に示す9つのグリッドポイントを含めて集計している。
- ※2. 出現割合は対数目盛で表示している。

図 3.2-2 日最大降水量の現在と21世紀末の比較結果

3.2.3 気候シナリオに関する留意事項

d4PDF から抽出した降水量について、北九州市域及びその近傍で長期間にわたり気象観測を行っているアメダス（下関、八幡、行橋、頂吉）の観測結果と比較した



図 3.2-3 d4PDF のグリッドポイントの位置とアメダス観測所の位置

表 3.2-2 利用した観測データ

項目	内 容
観測データ	アメダスデータ（下関、八幡、行橋、頂吉） 1980年～2000年（21年間） 時間降水量、日降水量
入手方法	「気象庁ホームページ 過去の気象データ・ダウンロード」より入手 http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php （2020-02-14時点）

表 3.2-3 観測所の所在地

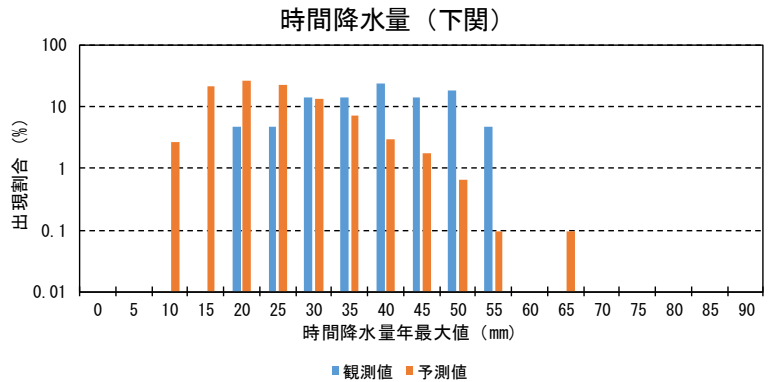
観測所名	所在地	緯度(度)	緯度(分)	経度(度)	経度(分)
下関	山口県下関市竹崎町	33	56.9	130	55.5
八幡	福岡県北九州市八幡西区鷹の巣	33	51.1	130	44.6
行橋	福岡県行橋市西泉	33	42.8	130	58.5
頂吉 (カクメヨシ)	福岡県北九州市小倉南区	33	44.5	130	50.6

図 3.2-4 に示す時間最大降水量をみると、60～75mm の時間最大降水量が観測値ではみられていないが、予測値ではみられている。

図 3.2-5 に示す日最大降水量をみると、300mm 以上の日最大降水量が観測値ではみられていないが、予測値ではみられている。以上のように、時間最大降水量、日最大降水量ともに、予測値と観測値でやや異なる傾向を示している。

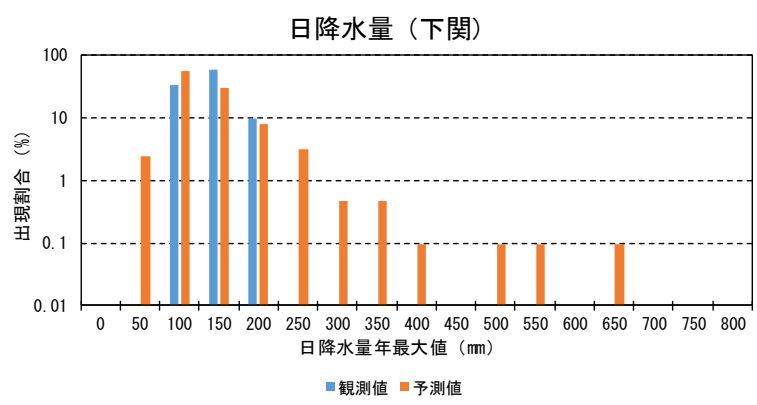
その原因の一つとして、予測値は 1050 年分のデータを用いて出現割合を算出している一方、観測値は 21 年間のデータであるため、台風の通過による大雨などの発生確率の違いによると考えられる。また、d4PDF の空間解像度は 20km であるため、山間部と沿岸部など、観測所が位置する場所の違いが気候シナリオでは表現が十分ではないことも影響している可能性がある。

本調査のように、確率降水量を求めて水害リスクへの影響を評価する際、d4PDF のように多くのアンサンブル数を使用することで、短期間の観測値では得られない雨の出現まで表現できていると考えられる。



※観測値はアメダスのデータを示す。予測値は d4PDF のアンサンブル実験データ（グリッドポイント 78-72）を示す。

図 3.2-4 時間最大降水量の再現性の確認



※観測値はアメダスのデータを示す。予測値は d4PDF のアンサンブル実験データ（グリッドポイント 78-72）を示す。

図 3.2-5 日最大降水量の再現性の確認

3.2.4 バイアス補正に関する情報

本調査では、台風や梅雨等による稀にしか起こらないような極値の降水量を含む d4PDF のデータを用いて 200 年確率降水量を算出しており、これに対応する観測データの不足等もあることからバイアス補正は行っていない。

3.2.5 気候シナリオ選択の理由

本調査は、豪雨時のような極端現象におけるため池の水害リスクの評価を目的としているため、台風や梅雨等による稀にしか起こらないような将来降水量の設定が必要となる。また、ため池の設計指針である「土地改良事業設計指針「ため池整備」平成 27 年 5 月農林水産省農村振興局監修 公益社団法人 農業農村工学会発行」においては、確率的に 200 年に 1 回起こると推定される 200 年確率洪水流量の設定が求められている。

200 年確率降水量の算定にあたっては、アンサンブル数^{*}の多い気候シナリオを使用する必要があることから、利用する気候シナリオは、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（d4PDF）のデータを用いることとした。

^{*} アンサンブル（ensemble）は全体、統一といった意味であり、音楽の方では合奏、数学では集合を意味する用語として用いられている。理工学分野では「アンサンブル平均」という用語が知られているが、これは、同一条件下で得られる多くの測定値の平均を意味している。また、気象分野では、計算初期値を少しずつずらした多数の数値計算を行い、得られた結果の平均により将来予測を行う「アンサンブル予測」という用語がある。気象予測では、観測結果から設定される初期値の誤差が結果に大きな差を与える。この初期値の誤差の影響を大幅に軽減する方法として考えられているもので、最近の気象予測で用いられている方法である。

[出典：（一財）土木研究センター、月刊土木技術資料に掲載された土木用語の解説。

<http://www.pwrc.or.jp/index.html>（参照 2020-02-23）]

3.3 気候変動影響に関する調査手法

3.3.1 手順

気候変動影響に関する調査手順を図 3.3-1 に示す。

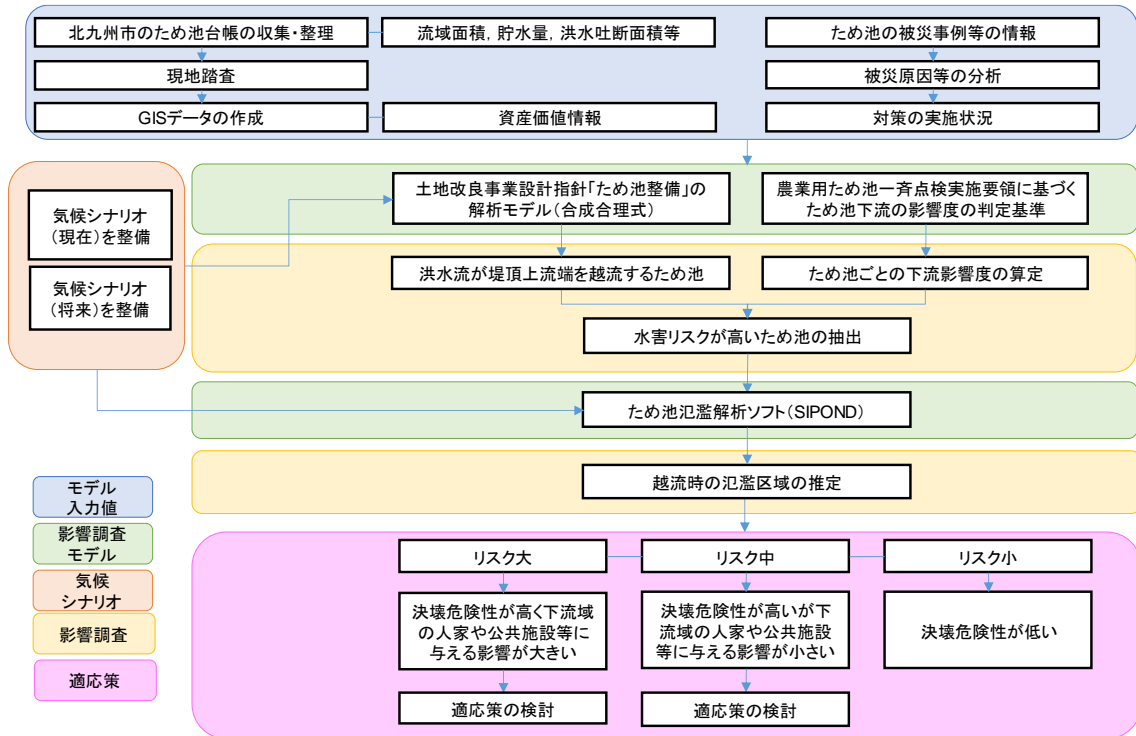


図 3.3-1 調査手順

3.3.2 使用したデータ・文献

本調査で主に使用したデータや文献は下表のとおりである。

表 3.3-1 収集データ・文献一覧

番号	収集データ		内容
1	国交省	国土数値情報 (国土交通省)	100メートルメッシュ土地利用データ等
2	福岡県	平成 25 年度ため池一斉点検調査結果 (福岡県)	点検判定個表 252 件
3	北九州市	ため池台帳	ため池諸元、位置図、写真等 566 件
4		平成 18 年度農業用ため池データベース	ため池諸元、集水区域、受益区域等 600 件
5		平成 27 年度農業用ため池データベース (受益面積 0.5ha 以上)	ため池諸元、判定結果等 384 件
6		平成 27 年度都市計画基礎調査データ	現況土地利用GISデータ
7	指針 ・ 要領	土地改良事業設計指針 「ため池整備」 (平成 27 年 10 月発行) 農林水産省 農村振興局 整備部	—
8	その他	「中小河川計画の手引き (案)」 (平成 11 年 9 月) 中小河川計画検討会	—

3.3.3 有識者ヒアリング

本調査における有識者ヒアリングの要旨を表 3.3-2～表 3.3-9 に示す。

表 3.3-2 有識者ヒアリング (第 1 回目)

NO.	1
ヒアリング対象者	九州大学農学研究院 教授 平松和昭 氏
日付	平成 30 年 5 月 15 日 15:00～16:00
場所	九州大学農学研究院環境農学部門生産環境科学講座 水環境学研究室
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域適応コンソーシアム事業の概要について ・ 水害リスクの検討方法について

表 3.3-3 有識者ヒアリング (第 2 回目)

NO.	2
ヒアリング対象者	農研機構農村工学研究部門施設工学研究領域地域防災ユニット長 吉迫宏 氏
日付	平成 30 年 6 月 21 日 13:00～15:00
場所	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究部門
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域適応コンソーシアム事業の概要について ・ 水害リスクの検討方法について

表 3.3-4 有識者ヒアリング（第3回目）

NO.	3
ヒアリング対象者	九州大学農学研究院 教授 平松和昭 氏
日付	平成30年11月9日 10:00～12:00
場所	九州大学農学研究院環境農学部門生産環境科学講座 水環境学研究室
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・気候シナリオの選定について ・バイアス補正について ・簡易解析モデルの条件設定について ・ため池氾濫解析の条件設定について ・適応策について

表 3.3-5 有識者ヒアリング（第4回目）

NO.	4
ヒアリング対象者	農研機構農村工学研究部門施設工学研究領域地域防災ユニット長 吉迫宏 氏
日付	平成30年11月13日 10:00～12:00
場所	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究部門
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・気候シナリオの選定について ・バイアス補正について ・簡易解析モデルの条件設定について ・ため池氾濫解析の条件設定について ・適応策について

表 3.3-6 有識者ヒアリング（第5回目）

NO.	5
ヒアリング対象者	九州大学農学研究院 教授 平松和昭 氏
日付	平成31年4月24日（水）10:00～12:00
場所	九州大学農学研究院環境農学部門生産環境科学講座 水環境学研究室
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・気候シナリオの選定について ・バイアス補正について ・ため池氾濫解析の条件設定について

表 3.3-7 有識者ヒアリング（第 6 回目）

NO.	6
ヒアリング対象者	農研機構農村工学研究部門施設工学研究領域地域防災ユニット長 吉迫宏 氏
日付	令和元年 6 月 10 日（月） 14:00～16:00
場所	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究部門
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気候シナリオの選定について ・ バイアス補正について ・ 簡易解析モデルの条件設定について ・ ため池氾濫解析の条件設定について ・ 適応策について

表 3.3-8 有識者ヒアリング（第 7 回目）

NO.	7
ヒアリング対象者	農研機構農村工学研究部門施設工学研究領域地域防災ユニット長 吉迫宏 氏
日付	令和元年 10 月 28 日（月） 13:30～16:00
場所	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究部門
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 簡易解析モデルの条件設定について ・ 適応策について

表 3.3-9 有識者ヒアリング（第 8 回目）

NO.	8
ヒアリング対象者	九州大学農学研究院 教授 平松和昭 氏
日付	平成 30 年 5 月 15 日 15:00～16:00
場所	九州大学農学研究院環境農学部門生産環境科学講座 水環境学研究室
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 簡易解析モデルの条件設定について ・ 適応策について

3.3.4 観測および実証実験

解析に必要な基礎データのうち、洪水吐の構造に関する情報、あるいは宅地造成等による改変に関する情報の更新が必要と考えられるため池 134 件について、現地踏査を行った。踏査時における確認項目を表 3.3-10 に、現地踏査の状況を図 3.3-2 に示す。

表 3.3-10 現地踏査における確認項目

確認項目		
ため池	形式	a. 谷池 b. 皿池 c. 重ね池（親子池）
	貯水状況	a. 異常なし b. 貯水可（空池） c. 貯水不可 d. 埋立済
		d. 埋立済の場合の現況
堤体の舗装	a. 池側に舗装 b. 下流側に舗装 c. 池側・下流側ともに舗装 d. 舗装無し	
洪水吐	形式	a. 水路流入型 b. 越流堰型 c. 側水路型 d. 洪水吐なし
		b の場合の堰高（m）
	材質	a. コンクリート b. 素掘り c. 石積・石張 d. ヒューム管 e. U字溝
	沈下・破損状況	a. 有り b. 無し
	断面寸法	幅（m）上辺
		幅（m）下辺（台形の場合）
		高さ（m）
	かさ上げの有無	a. 有り b. 無し
a かさ上げ有りの場合の高さ（m）		
余裕高（m）		



図 3.3-2 現地踏査の状況

3.3.5 気候変動影響予測手法の検討

気候変動影響予測手法の検討の流れを図 3.3-3 に示す。

ため池は北九州市内に点在するため、ため池台帳に記載の位置、構造などの諸元を GIS データとして整理した。解析に必要な基礎データのうち、洪水吐の構造に関する情報、あるいは宅地造成等による改変に関する情報の更新が必要と考えられるため池については現地踏査を行った。

その情報を用いて、「土地改良事業設計指針 ため池整備」の解析モデルを用いて、堤頂上流端を越流するため池箇所数を予測し、設計指針の整備水準を満たしていないため池の増加度合を算定した。また、ため池が決壊した場合の影響度を把握するため、下流域の人家、公共用施設、国道等を確認し、影響度について判定した。

設計指針の整備水準を満たしていないため池のうち、下流影響度が他のため池と比べて高いため池を水害リスクの高いため池として選定した。

選定したため池において、ため池氾濫解析ソフト SIPOND で氾濫区域を推定し、適応策による効果を検証した。

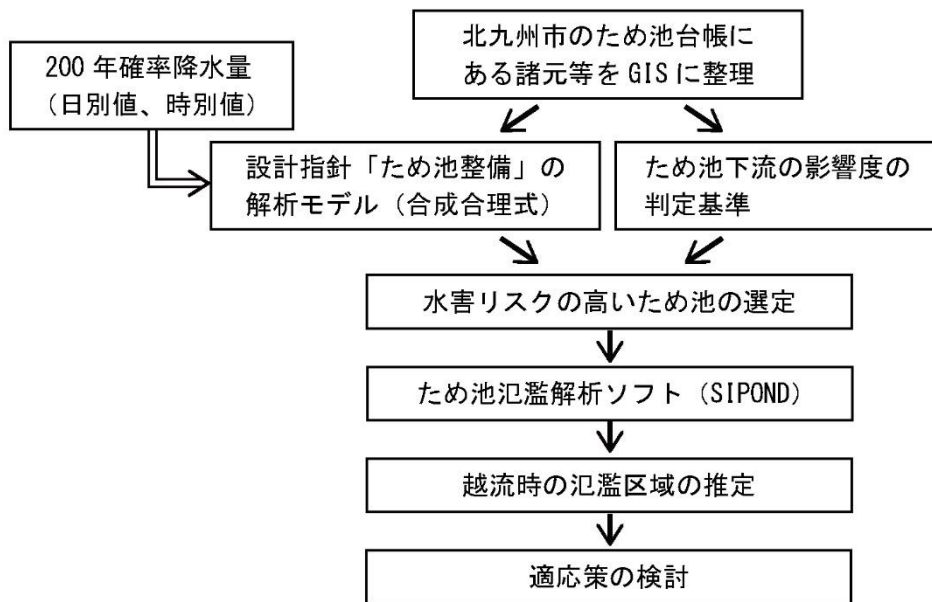


図 3.3-3 検討手順

3.3.6 影響予測モデルに関する情報

3.3.6.1 設計指針の整備水準を満たしていないため池の増加度合

古い時代に作られたため池や40年以上前に整備されたため池は、現行の「設計指針」に基づく設計洪水流量に対応していない。そのため、大雨による流入量の増加により、ため池の堤体が越流破壊するおそれがある。そこでまず、現行の「設計指針」の整備水準を満たしていないため池の増加度合を推定した。

(1) 検討方法

1) 解析モデルの概要

解析モデルは、「土地改良事業設計指針「ため池整備」平成27年5月 農林水産省農村振興局監修 公益社団法人 農業農村工学会発行」によるため池の貯留効果の計算例で使用されているモデルを用いた。

2) モデルの基礎式

ため池への流入及び放流による水位変動の基礎式は、以下のとおりである。

$$\begin{aligned} H(t+\Delta t) &= \frac{V(t+\Delta t)}{A} \\ V(t+\Delta t) &= V(t) + \{I(t+\Delta t/2) - O(t+\Delta t/2)\} \times \Delta t \\ I(t+\Delta t/2) &= \frac{I(t+\Delta t) + I(t)}{2} \\ O(t+\Delta t/2) &= \frac{O(t+\Delta t) + O(t)}{2} \end{aligned} \tag{1.3.6.1-1}$$

ここで、

H	: ため池の満水位からの水位 (m)
V	: ため池の満水位からの貯留量 (m ³)
A	: ため池の満水位面積 (m ²)
I	: ため池への流入量 (m ³ /s)
O	: ため池からの放流量 (m ³ /s)
Δt	: 計算の時間ピッチ (s) (本計算では 1h=3600s)

である。

この基礎式を用いて、以下の計算手順により、水位変動を計算した。

- ① 流入ハイドログラフより、 $I(t+\Delta t/2)$ を算出する。
- ② 水深 H を仮定して、 $O(t+\Delta t/2)$ を算出する。
- ③ (2.2-1)式より $V(t+\Delta t)$ 、 $H(t+\Delta t)$ を算出する。
- ④ $|H(t+\Delta t) - H(t)| \leq$ 許容誤差 (本計算では 0.001m) であれば、次の時間の計算に移る。
そうでなければ②に戻り、 $|H(t+\Delta t) - H(t)| \leq$ 許容誤差となるまで計算を繰り返す。

3) 計算の諸条件

① 降水量データ

本調査は、豪雨時のような極端現象におけるため池の水害リスクの評価を目的としているため、台風時や梅雨時等の大雨の将来降水量の設定が必要となることから、d4PDFのデータを用いて確率降水量を求めた。

a 確率降水量の算出方法

確率降水量の推定は、「中小河川計画の手引き（案）」（平成11年9月、中小河川計画検討会）に示された手法を用いた。確率降水量の推定方法の手順を図3.3-4に示す。

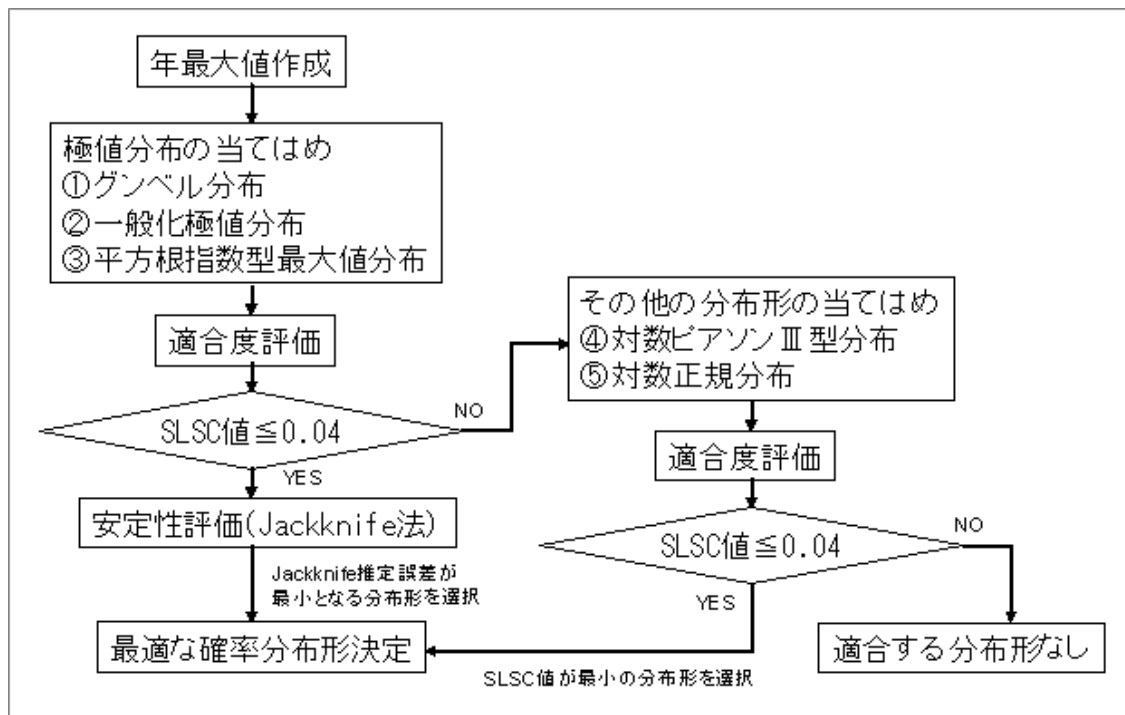
手順1：各年の時間降水量・日降水量の年最大値を抽出

手順2：年最大降水量をもとに、グンベル分布、一般化極値分布、平方根指数分布でそれぞれ当てはめ、SLSC値を求めて適合度を評価する。

手順3：上記3つの分布が当てはまらない場合には、対数ピアソンⅢ型分布、対数正規分布に当てはめ、SLSC値を求めて適合度を評価する。

手順4：手順2に示した3つの分布で適合された分布を対象にJackknife法により安定性評価を行い、Jackknife推定誤差が最小となる分布形を最適な確率分布形とし、確率降水量を決定する。

また、手順2で適合せず、手順3に示した2つの分布で適合した場合も同様に方法により確率分布形を決定する。手順5で求めた確率降水量は5年、10年、30年、50年、100年、200年確率とする。



出典：気象庁ホームページ“異常気象リスクマップ”

(<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/coment.html>)、(参照日 2019-06-13)

図 3.3-4 確率降水量の推定方法

b 確率降水量の補正

北九州市におけるため池改修事業2事例において、200年確率時間降水量が求められている。この200年確率時間降水量とd4PDFのデータから推定した200年確率時間降水量を比較すると、平均1.6倍高くなっている。

よって、本調査においてはd4PDFから抽出した200年確率時間降水量を1.6倍したものを予測条件とした。

表 3.3-11 200年確率時間降水量の補正值

項目		F池	S池	平均
200年確率降水量 (mm)	①既存事例	81.3	86.3	83.8
	②d4PDF	52.9	53.0	53.0
降水量比	=①/②	1.5	1.6	1.6

※北九州市におけるため池改修事業2事例（F池、S池）

② 流入ハイドログラフの作成

a 降雨強度式

流入ハイドログラフを作成するにあたり、使用する長期降雨強度式はタルボットの式を用いることとし、日降雨量と1時間降雨量から降雨強度式を推定する式は、以下のようになる。

$$\begin{aligned}
 I_N^{24} &= R_N^{24} \times \beta_N & \beta_N &= \frac{a}{T+b} \\
 a &= b + 24 & b &= \frac{24 - \beta_N^t \times t}{\beta_N^t - 1} \\
 \beta_N^t &= \frac{I_N^t}{I_N^{24}} & I_N^t &= R_N^t \times (24/t)
 \end{aligned}
 \tag{1.3.6.1-2}$$

ここで、

I_N^{24} : N年確率24時間降雨強度 (mm/24h)

R_N^{24} : N年確率24時間降雨量 (mm)

β_N : N年確率特性係数値 (-)

β_N^t : N年確率t時間特性係数値 (-)

I_N^t : N年確率t時間降雨強度 (mm/24h)

R_N^t : N年確率t時間降雨量 (mm)

t : 任意の時間 (h) (本計算では1h)

T : 降雨継続時間 (h) (本計算では1h)

a、b : 求めるべき定数

である。

b 各時間における降雨強度の計算

タルボット式による各時間における降雨強度の計算式は、以下のとおりある。

$$I = \frac{a}{T+b} \quad (1.3.6.1-3)$$

時間 t_1 から t_2 までの降雨強度の算出するにあたり、まず(1.3.6.1-3)式に時間 t_1 を代入して降雨強度を算出し、その値に t_1 をかけると t_1 時間までの降雨量が算出される。

$$R^{t_1} = \frac{a}{t_1+b} \times t_1 \quad (1.3.6.1-4)$$

同様に、 t_2 時間までの降雨量は以下のとおりとなる。

$$R^{t_2} = \frac{a}{t_2+b} \times t_2 \quad (1.3.6.1-5)$$

(1.3.6.1-5)式から(1.3.6.1-4)式を引けば、時間 t_1 から t_2 までの降雨量となる。この降雨量に時間 $t_1 \sim t_2$ での時間で割れば、時間 t_1 から t_2 までの平均降雨量、すなわち降雨強度となる。

$$I_{t_1}^{t_2} = \frac{R^{t_2} - R^{t_1}}{t_2 - t_1} = \left(\frac{a \times t_1}{t_1 - b} - \frac{a \times t_2}{t_2 - b} \right) \times \frac{1}{t_2 - t_1} = \frac{a \times b}{t_2 - t_1} \times \left(\frac{1}{t_1 + b} - \frac{1}{t_2 + b} \right) \quad (1.3.6.1-6)$$

(1.3.6.1-6)式に「a 降雨強度式」より得られた a 、 b を代入して、各時間における降雨強度を算出した。本計算に与える降雨強度については、降雨波形を後方集中として、算出結果より設定した。

③ 流入ハイドログラフ（流入量）の算定

流入ハイドログラフ（各時間の流入量）は、簡易的に、時間遅れを考慮した合成合理式により算定した。

時間遅れの合成合理式の計算にあたっては、ため池別に洪水到達時間を算出し、時間区分を 10 分とし、1 時間を 6 区分して区分別流量を計算して、各時間の流出量は洪水到達時間に応じて、洪水到達時間の範囲（例えば洪水到達時間が 60 分であれば、10～60 分）の平均値とした。

区分別流量の計算式は、以下のとおりである。

$$Q = \frac{1}{3.6} f \times r \times A \quad (1.3.6.1-7)$$

ここで、

Q : 流量 (m³/s)

f : 流出率 (市街地 : 1.0、山林・農地・その他 : 0.7)

r : 降雨強度 (mm/h)

A : 流域面積 (km²)

である。

また、洪水到達時間は角屋・福島式により算定した。

$$T = C \times A^{0.22} \times (f \times I)^{-0.35} \quad (1.3.6.1-8)$$

ここで、

T : 洪水到達時間 (min)

C : 洪水到達時間係数 (市街地 : 70、山林・農地・その他 : 290)

A : 流域面積 (km²)

f : 流出率 (市街地 : 1.0、山林・農地・その他 : 0.7)

I : 降雨強度 (mm/h)

である。

④ 越流の判定条件

ため池の水位の初期条件は、常時満水位とした。ため池への流入に伴い、ため池水位が上昇し、水位と洪水吐の高さ(上端)を比較し、水位が洪水吐の高さを上回る場合に、ため池の洪水吐からオーバーフローすると判定した。

なお、計算にあたっては、ため池堤体は崩壊しないものとした。

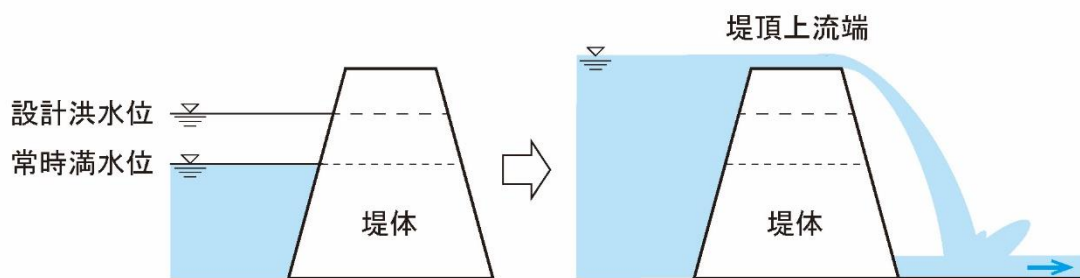


図 3.3-5 ため池からの越流の有無についての模式図

3.3.6.2 水害リスクの高いため池の選定

(1) 検討方法

ため池が決壊した場合の影響度を把握するため、下流域の人家、公共用施設、国道等を確認し、影響度について判定した。

(2) 判定方法

1) 下流影響範囲の設定

ため池が決壊した場合に大きな影響を受ける範囲として、ため池堤体より標高が低く、堤体からの距離が 100m 未満、100m 以上 500m 未満の地域を下流影響範囲とした。

2) 判定項目

ため池の下流域に「人家」「公共施設」「道路」があるかどうかを判定項目とした。

3) 演算方法

北九州市域を 50m×50m のメッシュに区分し、メッシュ単位で演算を行った。

4) 下流影響範囲の演算

50m メッシュ毎に平均標高を算出し、ため池堤体より標高が低いメッシュを下流域にあるメッシュとした。また、下流域にあるメッシュで、メッシュの中心が堤体より 100m 未満の範囲に位置するメッシュと、100m 以上 500m 未満の範囲に位置するメッシュを下流影響範囲とした。使用した標高データは国土地理院の「基盤地図情報 数値標高モデル 10m メッシュ」である。

5) 下流影響度の判定

「人家」「公共施設」「道路」の 3 つの判定項目でため池の下流影響度を判定した。

判定項目と配点は農水省「農業用ため池一斉点検及びデータベース構築要領」を参考とした。

① 判定項目「人家」

下流影響範囲内に人家があるかどうかを、平成 27 年度に実施された都市計画基礎調査による土地利用現況 GIS データから判定した。土地利用現況 GIS データの「住宅用地」の面積をメッシュ毎に集計し、下流影響範囲であるメッシュの住宅用地面積を合計した。

総務省統計局「社会生活統計指標 - 都道府県の指標 - 2015」によると、1 住宅当たり敷地面積は 283 m²であるため、住宅用地面積の合計が 283 m²以上であれば、人家が 1 戸以上あると判定した。演算イメージを図 3.3-6 に示す。

表 3.3-12 判定項目「人家」における下流影響度の判定基準および配点

項目	判定基準	配点
下流影響範囲（距離 100m 未満）	1 戸以上	30
	人家なし	0
下流影響範囲（距離 100m 以上 500m 未満）	1 戸以上	20
	人家なし	0

② 判定項目「公共施設」

下流影響範囲内に公共施設があるかどうかを、平成 27 年度に実施された都市計画基礎調査による土地利用現況 GIS データの「公共施設用地」から判定した。

北九州都市計画基礎調査の「公益施設用地」は「官公庁」「教育」「文化・宗教」「医療福祉」「その他」に分類されている。

公共施設用地のうち、「教育」「医療福祉」「官公庁」の用地があれば「官公庁、教育、医療福祉施設」に、公共施設用地の「その他」の用地があれば「その他の公共施設」に、それ以外は「公共施設無し」に分類し、配点した。演算イメージを図 3.3-6 に示す。

表 3.3-13 判定項目「公共施設」における下流影響度の判定基準および配点

項目	判定基準	配点
下流影響範囲（距離 100m 未満）	官公庁、教育、医療福祉施設	30
	その他の公共施設	15
	公共施設無し	0
下流影響範囲（距離 100m 以上 500m 未満）	官公庁、教育、医療福祉施設	20
	その他の公共施設	10
	公共施設無し	0

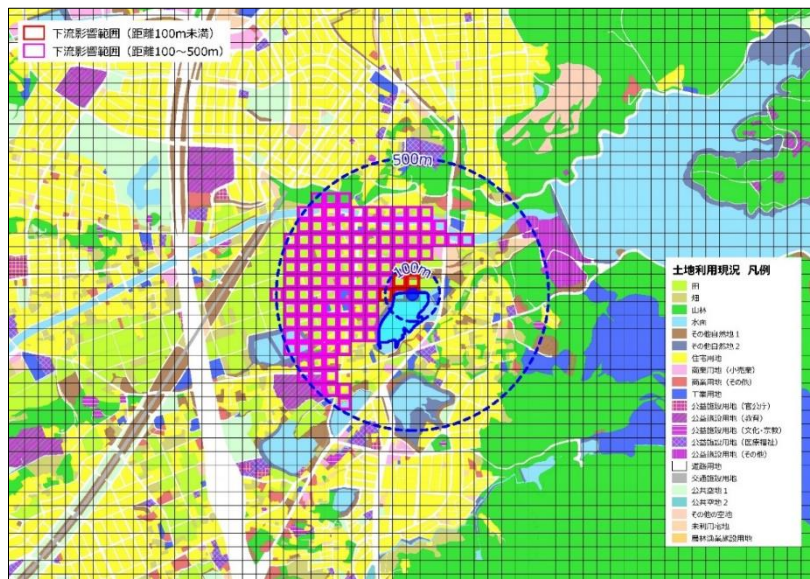
③ 判定項目「道路」

下流影響範囲内に国道等があるかどうかを、国土交通省国土数値情報「緊急輸送道路」（データ基準年：平成 27 年）及び平成 27 年度に実施された都市計画基礎調査による土地利用現況 GIS データから判定した。

下流影響範囲内に高速道路や国道、都道府県知事が緊急輸送道路に指定した道路があれば「緊急輸送道路あり」とし、都市計画基礎調査土地利用現況 GIS データの「道路用地」があれば「その他道路あり」、それ以外は「なし」に分類し配点した。演算イメージを図 3.3-7 に示す。

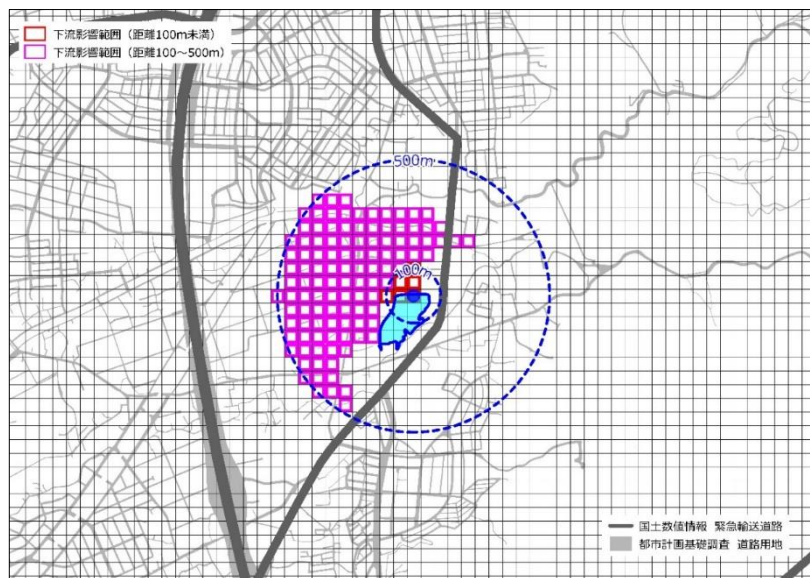
表 3.3-14 判定項目「道路」における下流影響度の判定基準および配点

項目	判定基準	配点
下流影響範囲（距離 100m 未満）	緊急輸送道路あり	20
	その他の道路あり	10
	なし	0
下流影響範囲（距離 100m 以上 500m 未満）	緊急輸送道路あり	10
	その他の道路あり	5
	なし	0



※1：北九州市提供データを元に九州環境管理協会作成

図 3.3-6 判定項目「人家」及び「公共施設」の演算イメージ図



※1：北九州市提供データを元に九州環境管理協会作成

図 3.3-7 判定項目「道路」の演算イメージ図

3.3.6.3 ため池の流下能力解析及びハザード解析

(1) 検討方法

降雨流出氾濫モデルは、農林水産省がため池ハザードマップを作成する際に推奨している「SIPOND」を用いた。

SIPOND は、ため池が決壊した場合の浸水想定区域を算定するためのため池氾濫解析ソフトである。SIP*の取り組みにより農研機構（国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門）の監修のもと開発されている。

SIP の成果である「ため池防災支援システム」で使用されている解析エンジンを実装しており、「ため池ハザードマップ作成の手引き（平成 25 年 5 月農林水産省農林振興局防災課発行）」に対応している。

(2) 降雨流出氾濫モデルの基礎式

地表面の氾濫流の基礎式としては、以下のような 2 次元・非定常浅水流の連続式と運動方程式を用いた。

【連続式】

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = r(t) + q_{CHAN} + q_{SWEWR} \quad (1.3.6.3-9)$$

【x 方向運動方程式】

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} uM + \frac{\partial}{\partial y} vM = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} \quad (1.3.6.3-10)$$

【y 方向運動方程式】

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} uN + \frac{\partial}{\partial y} vN = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} \quad (1.3.6.3-11)$$

ここで、

T : 時間

x,y : 水平 2 次元座標

h : 水深

u,v : x,y 方向の流速成分

M,N : x,y 方向の流量フラックス（単位幅流量）、 $M=uh$ および $N=vh$

H : 水位

$r(t)$: 雨量による供給量

* SIP とは、総合科学技術・イノベーション会議が自らの司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために新たに創設するプログラムである。

- q_{CHAN} : 排水路に流入する、あるいは排水路から流出する水量
 q_{SEWER} : 下水路に流入する、あるいは下水路からあふれる水量
 g : 重力加速度
 ρ : 水の密度
 $\tau_{b,x}, \tau_{b,y}$: x, y 方向の地表面摩擦抵抗応力

である。 $\tau_{b,x}, \tau_{b,y}$ は次のように表される。

$$\frac{\tau_{b,x}}{\rho} = \frac{gn^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} = \frac{gn^2 M \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}} \quad (1.3.6.3-12)$$

$$\frac{\tau_{b,y}}{\rho} = \frac{gn^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} = \frac{gn^2 N \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}} \quad (1.3.6.3-13)$$

ここで、 n : 合成等価粗度係数とする。また、合成粗度係数は、次の式から求める。

$$n^2 = n_0^2 + 0.020 \cdot \frac{\theta}{100 - \theta} \cdot h^{4/3} \quad (1.3.6.3-14)$$

ここで、

- n_0 : 底面粗度係数
 θ : 建物占有率 (%)

である。

3.3.7 影響予測に必要な入力パラメータ

3.3.7.1 設計指針の整備水準を満たしていないため池の増加度合

影響予測に必要な準備すべき入力パラメータは下表のとおりである。

表 3.3-15 入力パラメータ

入力パラメータ	単位	入手方法
ため池貯水量	m ³	ため池台帳
ため池満水面積	ha	ため池台帳
ため池流域面積	ha	ため池台帳
ため池流域の土地利用別面積	ha	GIS データより算定

3.3.7.2 水害リスクの高いため池の選定

影響予測に必要な準備すべき入力パラメータは下表のとおりである。

表 3.3-16 入力パラメータ

入力パラメータ	入手方法
人家位置	平成 27 年度都市計画基礎調査（北九州市）
公共施設位置	
道路位置	
標高データ	基盤地図情報 数値標高モデル 10m メッシュ

3.3.8 影響予測における留意事項（制限事項）

ため池の決壊事例では、流木や土砂の流入によりため池に流れ込む水量が一時的に集中したり、洪水吐きが閉塞したため水位が上昇し、越流する事例がみられるが、影響予測にあたっては、このような流木や土砂の流入を考慮していない。

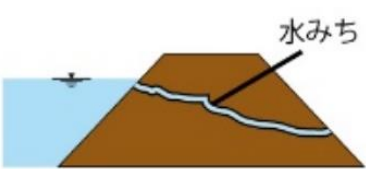
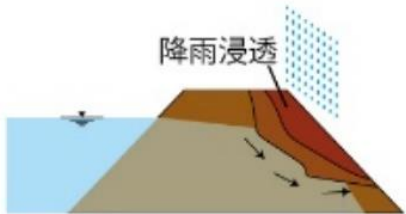
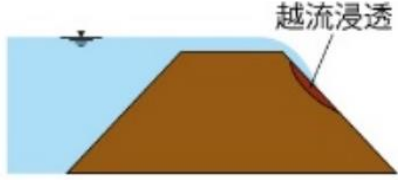
3.4 調査結果

3.4.1 文献調査結果

3.4.1.1 ため池決壊の主な原因

ため池の決壊の主な原因の一つに大雨によるものがあり、表 3.4-1 にその詳細を記載する。

表 3.4-1 ため池決壊の主な原因

区分	被災形態	被災メカニズム
豪雨	浸透破壊	 <p>堤体内部が劣化してくると、貯水位が上がるたびに水圧が掛かって強度が低下し、破壊する可能性がある。また、堤体内に上流から下流に向かう水みちが発生し破壊する。</p>
	すべり破壊	 <p>貯留した水と降雨が堤体の中に浸透して、堤体内部の水分量が増加し、堤体の法面部ですべりが発生し破壊する。</p>
	越流破壊	 <p>豪雨により貯水量が急激に上昇し、堤体を越えて流れ出すと下流の斜面を流下する。その際に堤体が浸食され、決壊に至る。</p>

3.4.1.2 ため池の決壊事例

ため池の決壊事例を表 3.4-2 に、所在地を図 3.4-1 に示す。そのうち、勝負迫下池の事例を表 3.4-3 に示す。

表 3.4-2 ため池の諸元と主な決壊原因

No.	ため池名	県名	発生年月日	貯水量 (m^3)	堤高 (m)	堤長 (m)	主な決壊 原因など
1	勝負迫下池	広島県	平成 30 年 7 月	3,000	5.0	31.0	越流破壊
2	冠光寺池	岡山県	平成 30 年 7 月	338,000	12.9	111.0	すべり破壊
3	山の神ため池、 山の神 2 ため池	福岡県	平成 29 年 7 月	70,000 4,000	9.9 4.1	156.0 52.0	越流破壊
4	鎌塚ため池	福岡県	平成 29 年 7 月	99,000	11.5	122.0	被害軽減
5	風呂ヶ谷下池	兵庫県	平成 29 年 4 月	—	—	—	浸透破壊
6	大切畑ため池	熊本県	平成 28 年 4 月	851,000	23.0	125.0	地震によるクラック
7	中村下池	広島県	平成 26 年 8 月	—	—	—	被害軽減、越流破壊
8	火打岩ため池	山口県	平成 25 年 7 月	22,500	4.7	96.0	越流破壊



※No. 5 風呂ヶ谷下池については詳細位置が不明なため、所在地の代表地点を示している。

図 3.4-1 事例ため池の所在地

表 3.4-3 (1/3) No.1 勝負迫下池

ため池	勝負迫下池 (しょうぶさこしもいけ)		
所在地	広島県福山市駅家町向永谷 1387 番地		
被災日	平成 30 年 7 月 7 日午後 7 時頃		
被災前 (平成 25 年 8 月 11 日撮影)		被災後 (平成 30 年 7 月 18 日撮影)	
			
出典：「国土地理院. 地理院タイル (空中写真・衛星画像)」. (https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html). (参照 2018-12-03) より作成			
諸元			
型式	コア型	堤長	31.0 m
堤高	5.0 m	上流勾配	1:1.6
下流勾配	1:1.4	総貯水量	3,000 m ³
天端幅	2.0 m	満水面積	1,000 m ²
流域面積	0.03 km ²	満水位	—
出典：「平成 30 年 7 月豪雨災害ため池被災調査報告書 (速報) (広島県小池、勝負迫下池、半三池、奥登祖池、沖登祖池). (2018 年 7 月 25 日). 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構」より作成			
被害状況	<p>堤体は谷の滞筋上を中心に約 2/3 が崩壊し、残存箇所は堤体の両岸であった。堤体には越流の跡があり、堤体天端には礫や 1 辺おおよそ 1m 程度の八面体コンクリートブロック、流入土砂などが打ち上げられていた。ブロックはため池上流の造成斜面の法面に設置されていたものと考えられ、ため池下流の浸水域にも広範囲に多数散乱していた。</p> <p>洪水吐は堤体右岸側にφ0.4mのヒューム管によるものが設置され、堤体の崩壊に伴って堤体天端中央部から排水路までの区間が破損、転落していた。</p> <p>洪水吐周辺の堤体の崩壊は堤体天端の貯水池側約 1m 地点を起点として、谷の滞筋を中心とした崩壊とは別個に発生していた。崩壊の主因は越流と推定されるものの、ヒューム管の破損部からの流出発生により、崩壊が拡大したものと推定される。</p> <p>ため池流域の上流部には、下流側から見て順番にため池 (名称不明) と駐車場 (上下方向に 2 面)、グラウンド (1 面) があつた。グラウンドを崩壊の起点としたすべり破壊で 2 面の駐車場とため池が崩壊し、崩壊土砂は勝負迫下池に流下していた。少なくとも下段の駐車場付近までの斜面が全般的に崩壊し、勝負迫下池上流側のため池も斜面崩壊に伴って跡形なく消失していた。</p>		

表 3.4-3(2/3) No.1 勝負迫下池





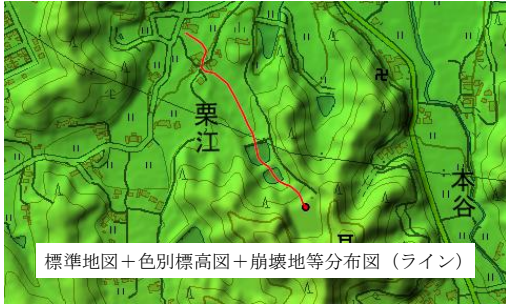

被災地写真			
 <p>堤体決壊部 (左) と天端に堆積したコンクリートブロック (右)</p>   <p>堤体右岸側からの決壊部 (左) とため池上流のすべり崩壊したグラウンド (右)</p>  <p>出典：「平成 30 年 7 月豪雨災害ため池被災調査報告書（速報）（広島県小池、勝負迫下池、半三池、奥登祖池、沖登祖池）.（2018 年 7 月 25 日）. 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構」より作成</p>			
被災分布			
 <p>標準地図+色別標高図+崩壊地等分布図（ライン）</p>		 <p>被災後の航空写真+崩壊地等分布図（ライン）</p> <p>※図中の赤線は被災後の空中写真から判読された崩壊地をラインで表したものの。 出典：「国土地理院. 地理院タイル（空中写真・衛星画像、色別標高図）」. (https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html).（参照 2018-12-03）」より作成</p>	
人的・物的被害		※ため池決壊による被害だけを分ける事は困難なため、全体の被害状況を記載している。	
人的被害	5名 (死亡2名、けが3名)	非住家被害	1,044件
住家被害	1,395件 (全壊10件、半壊5件、 床上浸水732件、 床下浸水648件)	その他の被害	913件 (道路冠水182カ所、 河川・ため池等284カ所、 土砂災害438カ所、 倒木9カ所)
被害額	-円	被害面積	-ha
出典：福山市. 福山市ホームページ “【重要】災害対応状況について（最終報）（7月18日現 http://www.city.fukuyama.hiroshima.jp/site/bosai/124432.html （参照 2018-08-20）より作成			

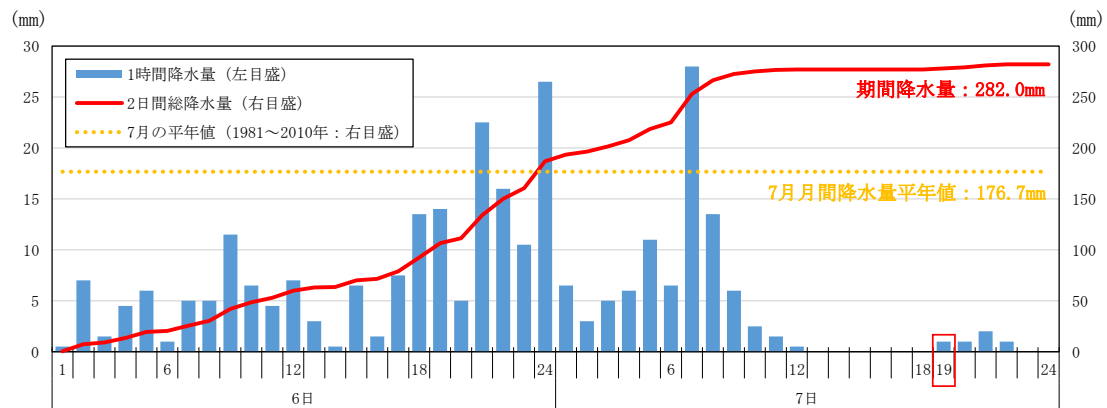
表 3.4-3(3/3) No.1 勝負迫下池

被災時気象概要



ため池決壊前の6時間毎のレーダ画像(7月6日PM18:00~7日PM12:00)

出典: 日本気象協会 HP (<http://www.tenki.jp/>) より作成



7月6日~7日の1時間毎の雨量

出典: 気象庁 HP (<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>) より作成

ため池が決壊したとされる7日午後7時頃では、ほとんど降雨がみられていなかったものの、6日から7日の正午にかけての総降水量は277.0mmにも及んでいた。

福山市の7月の月降水量平年値は176.7mmであるが、決壊前日の6日の日降水量は187.0mmであり、6日だけで月降水量平年値を超過していた。

主な決壊要因

周辺の雨量観測地点のデータでは、今回豪雨の特徴はピーク流出量を支配する1時間雨量の降雨強度はそれほど強くないものの、斜面崩壊に大きな影響を与える24時間雨量や総雨量は記録的に多いこと、八面体コンクリートブロックが堤体天端に打ち上げられるような強烈な越流が発生していることから、確認された越流の発生は豪雨に伴う貯水位の上昇ではなく、崩壊土砂の流入に伴うものと考えられる。

上流側で発生した崩壊はすべり破壊と考えられることから、土砂は短時間で勝負迫下池に流入し、強烈な越流発生とこれに伴う堤体の破壊は短時間に進行したのと考えられる。

3.4.2 有識者ヒアリングの結果

3.4.2.1 気候シナリオの選定について

- ・気候モデルによって降水量や降り方が異なる。使えそうなデータは集めて、アンサンブルして確率計算をしてはどうか。

3.4.2.2 簡易解析モデルの条件設定について

- ・ため池への流入量の設定が重要である。ため池の流域面積の精度や実際にため池にどの程度の水が流入するのか把握できていないなどの課題がある。
- ・ため池では、その規模に比べて余水吐が小さいなどの問題がある。
- ・指針には、前方集中型、中央集中型、後方集中型のいずれかで計算するが、一般的に後方集中型が影響は顕著に出やすいと言われている。
- ・土地改良事業設計指針ため池整備は、気候変動を考慮したものではない。今後、気候変動が顕在化してから検討することになる。水害リスクの検討にあたっては、降雨条件の設定が重要になる。現況降水量、将来降水量について非超過確率を算定できないか。非超過確率を比較して、降雨の出現頻度が現況と将来で変化する可能性があることも重要な点であろう。
- ・降水量の設定は、地域の防災リスクからの観点とハード整備からの観点で異なる。
- ・ため池からの越流の定義について、洪水吐の上端部を上回ることと明記すること。

3.4.2.3 ため池氾濫解析の条件設定について

- ・氾濫流の計算では、粗度係数の設定が重要になる。土地利用によって粗度係数を変えること。
- ・ため池の洪水吐の設計降水量は200年確率であるが、その下流の中小河川は20年確率程度となっており、前提条件が異なるなどの課題がある。

3.4.2.4 適応策について

- ・適応策のうち、事前放流による低水位管理や期別毎の低水位管理は、ため池の本来の機能を確保しながらになるため、地元との合意を得ることが難しい。しかし、低水位管理を実施している場所もある。適応策として、ため池においてすぐに出来る適応策が事前放流であり、非常に重要である。
- ・ため池の落水を行っているところでは、ため池管理規定を作成しており、それに基づき低水位管理を行っている。最近では、ため池の受益面積が少なくなり、水稻の作つけ率も低くなっていることから、水に余裕があり、低水位管理がやりやすくなってきている。また、都市部のため池管理者も防災意識の高まっていること、ため池を適切に管理していないことにより被害が生じた場合の訴訟等を恐れていることも背景にある。
- ・低水位管理は、作付け後期の台風シーズンのみに行うなどして対応できる。ため池の水を抜くには時間がかかるので、事前放流を行うための洪水吐スリットの設置などが有効と考えている。

- ・降雨波形が後方分布型や2山型などの場合は、低水位管理でも対応が難しいことがある。
- ・30年確率ぐらいからため池の決壊が生じるおそれがあるので、低水位管理によって効果ができればよい。
- ・愛知県では、河川管理の一環としてため池を活用している。奈良県では総合治水対策の一環で国土交通省がため池の整備をしている。農水省としても洪水防止にため池を積極的に活用しようとしている。

3.4.2.5 その他

- ・ため池が江戸時代から使用されてきているのは、北九州市だけでなく、全国的なものであり、水害リスクとして重要な課題だと考える。
- ・ため池に流入する流木による影響については、流域の地形や地質、植生状況の違いにより、どれだけの降水量になると流木が流出するのかなど、モデル化にあたっての課題が多く、予測計算に考慮することは難しいと考える。
- ・ため池が被災する確率降雨は30年確率程度なので、朝倉のような降雨とは切り分けて考えたほうがよい。

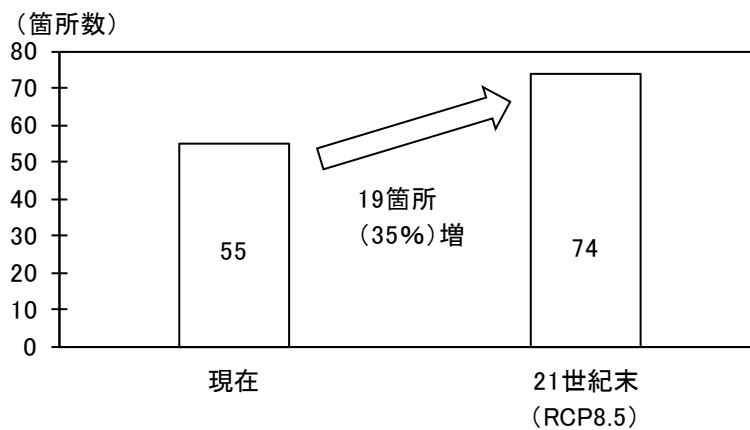
3.4.3 観測や実証実験の結果

本調査では、解析に必要な基礎データのうち、洪水吐の構造に関する情報、あるいは宅地造成等による改変に関する情報の更新が必要と考えられるため池 134 件について、現地踏査を行った。

3.4.4 気候変動影響予測結果

3.4.4.1 設計指針の整備水準を満たしていないため池の増加度合

d4PDF から求めた 200 年確率降水量を用いて、現在と 21 世紀末 RCP8.5 を計算した結果、21 世紀末 RCP8.5 において、堤頂上流端から越流するため池が、現況から約 4 割増加するものと予測された。



気候モデル：MRI-NHRCM20 排出シナリオ：RCP8.5

図 3.4-2 設計指針の整備水準を満たしていないため池の増加度合

3.4.4.2 水害リスクの高いため池の選定

(1) 下流影響度の算定結果

下流影響度の算定結果を以下に示す。ため池の下流影響度の最大は 130 点となり、最頻値は 60 点であった。

なお、埋立済のため池は解析の対象から除いた。

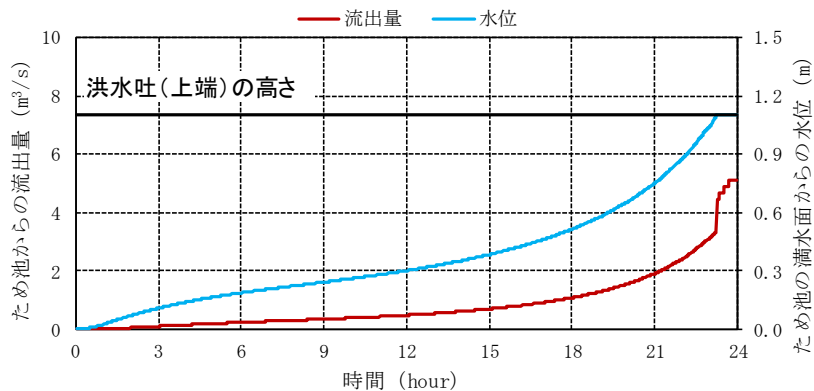
(2) 水害リスクの高いため池の選定結果

設計指針の整備水準を満たしていないため池のうち、下流影響度が他のため池と比べて特に高かったため池を水害リスクの高いため池として A 池と B 池の 2 箇所を選定した。

3.4.4.3 ため池の流下能力解析及びハザード解析

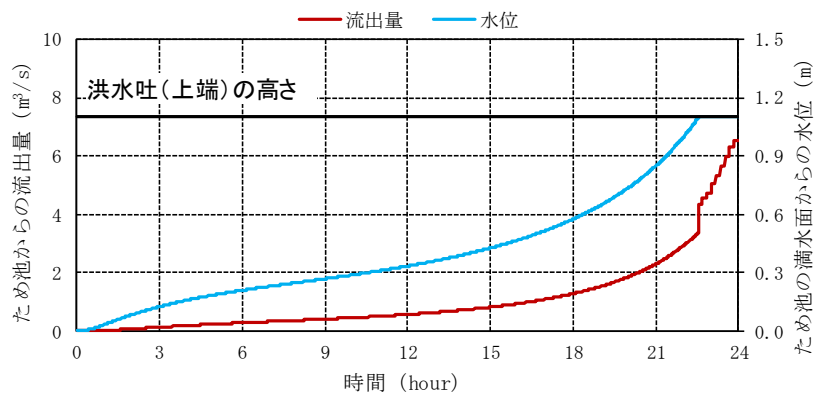
氾濫解析を行うため池は、水害リスクが高いため池として選定したA池とB池の2箇所について流出量を予測した。

A池のため池からの流出量は図 3.4-3、図 3.4-4 に、B池のため池からの流出量は図 3.4-5、図 3.4-6 に示す。



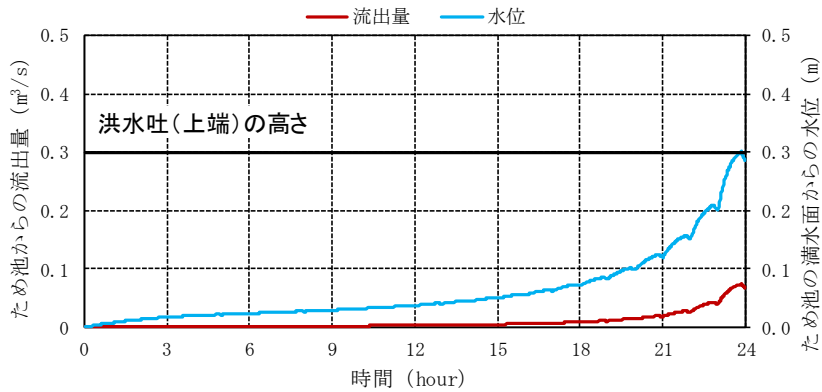
気候モデル：MRI-NHRCM20 排出シナリオ：RCP8.5

図 3.4-3 A池のため池からの流出量及び満水面からの水位（現在）



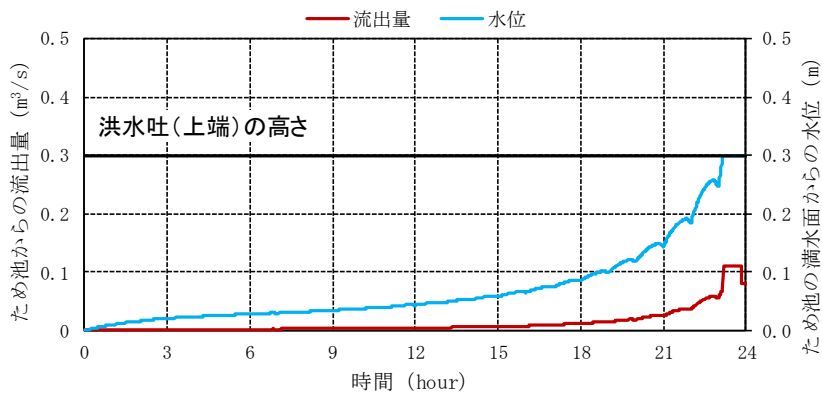
気候モデル：MRI-NHRCM20 排出シナリオ：RCP8.5

図 3.4-4 A池のため池からの流出量及び満水面からの水位（21世紀末 RCP8.5）



気候モデル：MRI-NHRCM20 排出シナリオ：RCP8.5

図 3.4-5 B池のため池からの流出量及び満水面からの水位（現在）



気候モデル：MRI-NHRCM20 排出シナリオ：RCP8.5

図 3.4-6 B池のため池からの流出量及び満水面からの水位（21世紀末 RCP8.5）

さらに、A池とB池について、ため池氾濫解析ソフト（SIPOND）を用いて氾濫解析を行った結果、A池においては下流河川において最大浸水深は50cm程度であった。B池においてはため池の近傍において最大浸水深は50cm程度であった。

3.4.5 結果を活用する上での留意点・制限事項

本調査では、ため池貯水位の増加に伴うため池堤体の決壊は考慮していない。また、一般的にダムで行われている水文観測データがため池にはないため、ため池への流入量について、パラメータ等に文献値を用いざるをえない。当然のことながら、流出特性はため池毎に異なることから、長期にわたる水文観測や各種パラメータ調査を行うなど、精査が必要である。

3.5 適応オプション

3.5.1 手順

適応オプションの手順を図 3.5-1 に示す。

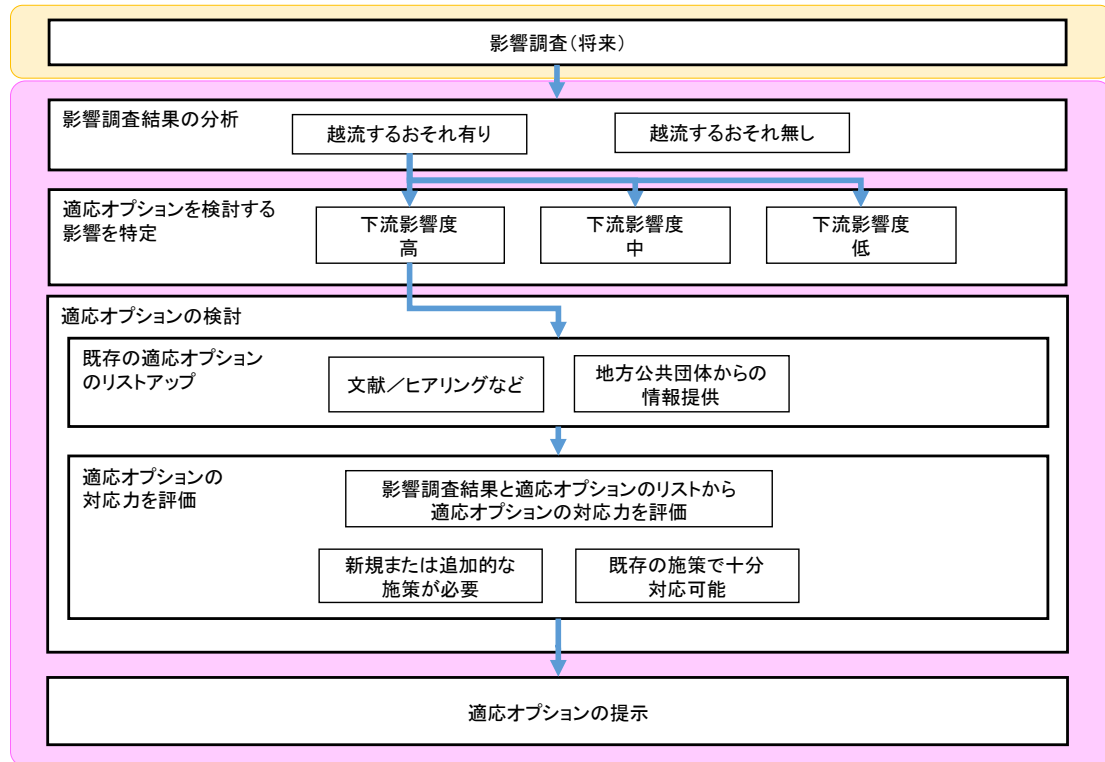


図 3.5-1 適応オプションの手順

3.5.2 概要

ため池の水害リスクを低減するための適応オプションについて、既存資料等をもとに、実施主体、実現可能性、効果等について、表 3.5-1 に示すとおりまとめた。

適応オプション毎の考え方は表 3.5-2 に示すとおりである。

表 3.5-1 適応オプションのまとめ

適応オプション	想定される実施主体 ^{*1}			評価結果							
	行政	事業者	個人	現状		実現可能性 ^{*2}				効果 ^{*2}	
				普及状況	課題	人的側面	物的側面	コスト面	情報面	効果発現までの時間	期待される効果の程度
ため池堤体の嵩上げ・浚渫	●			普及が進んでいる	・費用負担 ・合意形成	△	○	△	◎	短期	高
洪水吐スリットの設置（緊急放流孔）	●			普及が進んでいる	適切なスリットの規模設定	△	○	△	◎	短期	高
降雨前の事前放流による低水位管理	●	●	●	普及が進んでいる	・合意形成 ・運用方法	△	○	◎	◎	短期	高
期別毎の低水位管理	●	●	●	普及が進んでいる	・合意形成 ・運用方法	△	○	◎	◎	短期	高
ため池ストック管理の適正化	●	●	●	普及が進んでいる	・合意形成 ・機能の吟味	△	○	◎	◎	短期	高
浸水想定区域図の作成	●			普及が進んでいる	関係者への周知徹底	◎	○	◎	◎	短期	高
ため池ハザードマップの作成	●			普及が進んでいる	関係者への周知徹底	◎	○	◎	◎	短期	高
ため池防災支援システムの活用	●			普及が進んでいる	・使用方法	◎	○	◎	◎	短期	高
水位計等による監視体制の整備	●			普及が進んでいる	・費用負担 ・運用方法	△	○	△	◎	短期	高

「●」は、適応策を検討実施する主体であることを示す。

表 3.5-2 適応オプションの考え方と出典 (1/2)

適応オプション	適応オプションの考え方と出典
① ため池堤体の嵩上げ・浚渫	<p><ため池の洪水調節機能を強化する方法> 嵩上げ、浚渫ともに既存技術で対応可能である。嵩上げの場合、工法によっては新たな用地買収が発生する。また、浚渫の場合、浚渫土砂の処分費用が新たに発生する。普及率に関する情報は無い。</p>
② 洪水吐スリットの設置 (緊急放流孔)	<p><ため池の洪水調節機能を強化する方法> ため池の洪水調節機能を強化する方法として、既存事例がある。既存の技術で対応可能であり、施設の大規模な改修を伴わないため低コストである。 スリットの大きさは、下流排水路の流下能力を考慮したものとする。堰板を用いる場合は、作業員が一人で外せる程度の規格 (0.5m×0.5m) とする。なお、北九州市では洪水吐スリット (緊急放流孔) を洪水吐改修の条件としている。</p>
③ 降雨前の事前放流による低水位管理	<p><ため池の洪水調節機能を強化する方法> 豪雨の発生が予測される際、ため池の貯留水を事前に放流し、空き容量を確保する方法。施設の改修を伴わないソフト対策として、普及率に関する情報は無いが、多くの実施事例がある。既存の設備で対応可能であり、設備に係る追加費用は不要である。 実施にあたっては、水位低下開始のタイミング、営農面への配慮、関係者間の情報共有、管理規定等の作成が必要である。 降雨波形が後方分布型や 2 山型などの場合は、低水位管理でも対応が難しいことがある。</p>
④ 期別毎の低水位管理	<p><ため池の洪水調節機能を強化する方法> ③とほぼ同様の手法であるが、降雨前に水位を低下させる即時的な管理ではなく、かんがい期、非かんがい期等の期別毎に水位を設定して管理する手法である。普及率に関する情報は無いが、多くの実施事例がある。上記同様に設備に係る追加費用は不要である。</p>
⑤ ため池ストック管理の適正化	<p><ため池の治水機能を活用する方法> ため池は結果的に「治水機能」を発揮していることもある。農業上の利用度が低いことに加え、老朽化が著しく決壊等の危険度の高いため池については、ため池の統廃合や廃止を検討する。その際には、ため池が洪水を一次貯留するなど下流域への被害を軽減することもあることを踏まえ、機能を吟味し、適正化を図る必要がある。普及率に関する情報は無い。</p>

表 3.5-2 適応オプションの考え方と出典 (2/2)

適応オプション	適応オプションの考え方と出典
⑥ 浸水想定区域図の作成	<p><ため池の緊急時の迅速な避難行動につなげる手法> 普及率に関しての情報はないが、農林水産省において全ての防災重点ため池について浸水想定区域図を整備するように推進している。 地域において緊急時の迅速な避難行動につなげるためには、市町村が避難に係る判断に必要な情報を平常時から地域住民等に提供しておく必要がある。</p>
⑦ ため池ハザードマップの作成	<p><ため池の緊急時の迅速な避難行動につなげる手法> 令和元年度5月末現在、287の市町村のため池ハザードマップをホームページ上で閲覧可能である。新たな基準により都道府県で再選定した防災重点ため池 63,722箇所（農業用ため池総数 166,638箇所）について、決壊した場合の影響度に応じて優先順位を付けてハザードマップの作成等を実施していくことになっている。 地域において緊急時の迅速な避難行動につなげるためには、市町村が避難に係る判断に必要な情報を平常時から地域住民等に提供しておく必要がある。</p>
⑧ ため池防災支援システムの活用	<p><ため池の緊急時の迅速な避難行動につなげる手法> 豪雨・地震時に決壊のおそれのあるため池と被害の危険度をリアルタイムで予測・表示するシステムである。迅速な情報収集・共有に活用できるシステムであることから、国、都道府県、市町村が一体となって活用していくことを推進している。</p>
⑨ 水位計等による監視体制の整備	<p><ため池の緊急時の迅速な避難行動につなげる手法> 普及率に関しての情報はない。特に影響度の大きなため池については、豪雨や地震時等にため池の状況を速やかに把握し、適切な判断や行動につなげられるよう計画的に水位計等の管理施設の整備を推進している。 設置費用は、北九州市（福岡方式）では約 50 万円、他の自治体では 150～250 万で設置している。</p>

3.5.3 個々の適応オプションについて

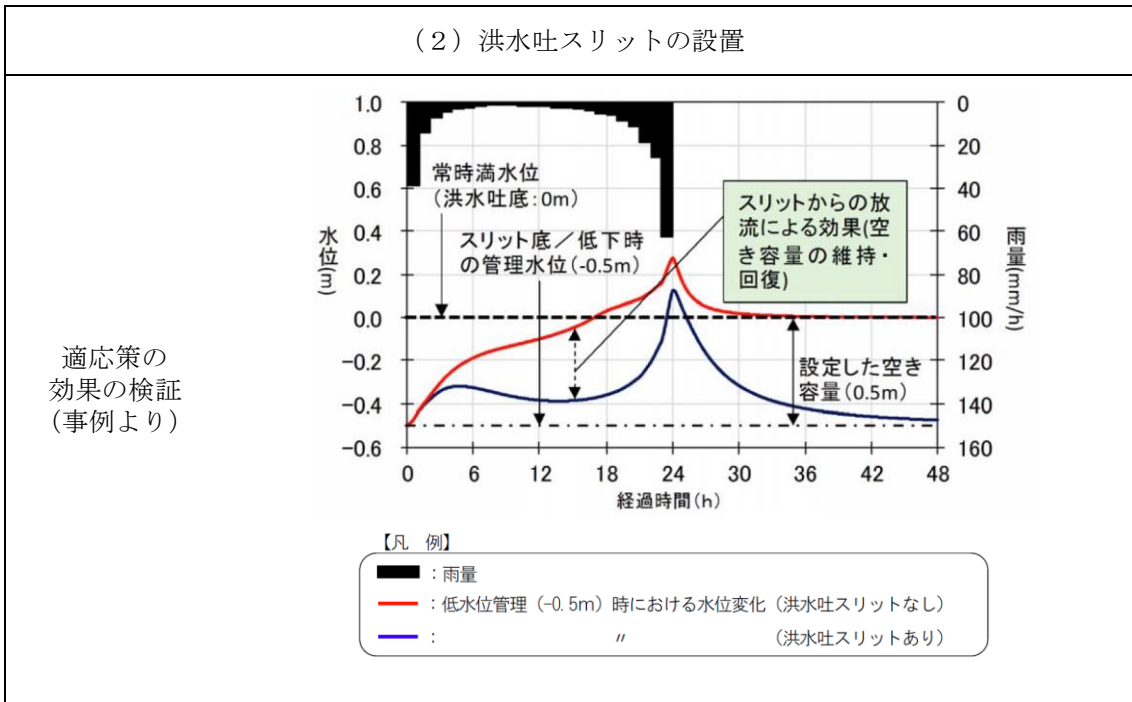
検討した適応オプションを以下に示す。

3.5.3.1 ため池堤体の嵩上げ・浚渫

(1) ため池堤体の嵩上げ・浚渫	
実施場所	対象ため池
気候変動影響	将来において降水量の増加が見込まれ、それに伴いたため池への流入水量の増加が想定される。
技術の内容	ため池の堤体を嵩上げや堆積土砂の浚渫を行うことで、洪水調節容量を確保する。
期待される効果	洪水調節容量を確保することにより、ピーク水位を低減する。
適応策のイメージ	

3.5.3.2 洪水吐スリットの設置（緊急放流孔）

(2) 洪水吐スリットの設置	
実施場所	対象ため池
気候変動影響	将来において降水量の増加が見込まれ、それに伴いたため池への流入水量の増加が想定される。
技術の内容	洪水吐の一部にスリットを設け、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。
期待される効果	洪水調節容量を確保することにより、ピーク水位を低減する。降雨時には、スリットからの放流による空き容量の維持と回復の効果。
適応策のイメージ	



3.5.3.3 降雨前の事前放流による低水位管理

(3) 降雨前の事前放流による低水位管理	
実施場所	対象ため池
気候変動影響	将来において降水量の増加が見込まれ、それに伴いたため池への流入水量の増加が想定される。
技術の内容	大雨の発生が想定される際に、降雨予測等を基にため池の貯留水を事前に放流し、空き容量を確保する。
期待される効果	洪水調節容量を確保することにより、ピーク水位を低減する。
適応策のイメージ	


3.5.3.4 期別毎の低水位管理

(4) 期別毎の低水管理	
実施場所	対象ため池
気候変動影響	将来において降水量の増加が見込まれ、それに伴いため池への流入水量の増加が想定される。
技術の内容	「(3)事前放流による低水位管理」とほぼ同様。降雨前に水位を低下させるのではなく、期別毎に水位を設定して管理する手法。
期待される効果	洪水調節容量を確保することにより、ピーク水位を低減する。
適応策のイメージ	<p>The diagram shows a trapezoidal dam body (堤体) on the right. To its left, two water levels are indicated by inverted triangles. The upper level is labeled 'かんがい期' (Irrigation period) and is connected to the dam by a dashed blue line. The lower level is labeled '非かんがい期' (Non-irrigation period) and is connected to the dam by a solid blue line. A red arrow points downwards from the irrigation level to the non-irrigation level, with the text '期別に水位を設定・管理' (Set and manage water levels by period) written vertically next to it.</p>

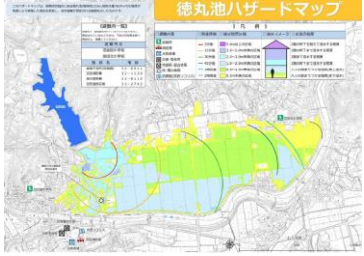
3.5.3.5 ため池ストック管理の適正化

(5) ため池ストック管理の適正化	
実施場所	対象ため池
気候変動影響	将来において降水量の増加が見込まれ、それに伴いため池への流入水量の増加が想定される。
技術の内容	ため池は結果的に「治水機能」を発揮していることもある。農業上の利用度が低いことに加え、老朽化が著しく決壊等の危険度の高いため池や、農家数の減少により適切な管理が困難なため池については、地域の意向や農業利用の実態を踏まえ、ため池の統合、廃止を検討する。
期待される効果	廃止することでため池の決壊等がなくなる。
適応策のイメージ	—

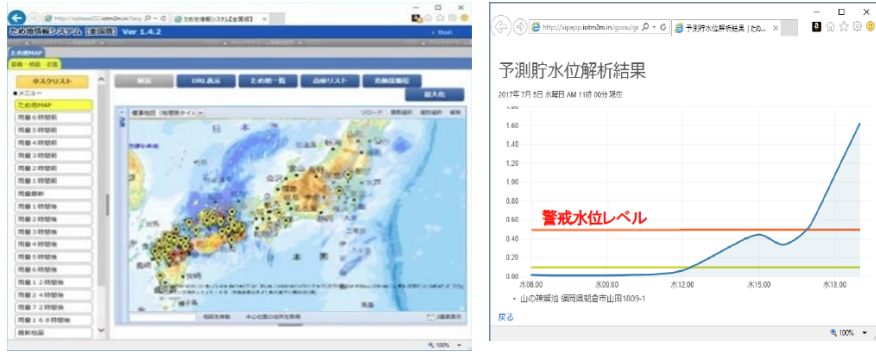
3.5.3.6 浸水想定区域図の作成

(6) 浸水想定区域図の作成	
実施場所	対象ため池
気候変動影響	将来において降水量の増加が見込まれ、それに伴いため池への流入水量の増加が想定される。
技術の内容	ため池の周辺住民の安全な避難行動に活用するため、ため池氾濫解析を行い、浸水想定区域図を作成・公表する。
期待される効果	地域において緊急時の迅速な避難行動につながる。地域住民及び関係者が災害発生に関する情報を共有できる。地域住民の日頃の防災・減災意識が醸成される。
適応策のイメージ	 <p>[出典：浸水想定区域図（防災重点ため池）. 令和1年6月14日. 宇都宮市]</p>


3.5.3.7 ため池ハザードマップの作成

(7) ため池ハザードマップの作成	
実施場所	防災重点ため池
気候変動影響	将来において降水量の増加が見込まれ、それに伴いため池への流入水量の増加が想定される。
技術の内容	決壊した場合の影響度が大きいため池については、緊急時の避難経路や避難場所を示したハザードマップを作成・公表する。その際、地域住民を含めたワークショップを開催し、地域の意見をハザードマップに反映させるとともに、住民の防災意識の向上を図る。また、避難指示等に必要情報を市町村が的確に把握できるよう、緊急時の点検・報告等のルールを定めておく。
期待される効果	地域において緊急時の迅速な避難行動につながる。地域住民及び関係者が災害発生に関する情報を共有できる。地域住民の日頃の防災・減災意識が醸成される。
適応策のイメージ	 <p>[出典：福岡県宮若市ため池ハザードマップ (平成30年2月、宮若市)]</p>

3.5.3.8 ため池防災支援システムの活用

(8) ため池防災支援システムの活用	
実施場所	対象地域全域
気候変動影響	将来において降水量の増加が見込まれ、それに伴いため池への流入水量の増加が想定される。
技術の内容	インターネット上でリアルタイムに豪雨時のため池の決壊危険度を表示し、決壊した場合の想定浸水区域を表示する。
期待される効果	インターネット上で関係者が情報を把握することができ、情報共有ができる。
適応策のイメージ	 <p>The image shows two screenshots from the Tametsuchi Disaster Support System. The left screenshot displays a web interface with a map of Kyushu, Japan, showing various dam locations. The right screenshot shows a 'Predicted Water Level Analysis Result' graph for a specific dam (山崎神岡池) on March 18, 2019. The graph plots water level (m) against time (h:m), showing a sharp increase in water level starting around 15:00, crossing a red 'Warning Water Level' line.</p>

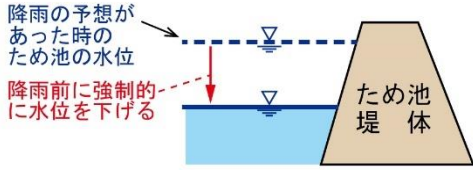
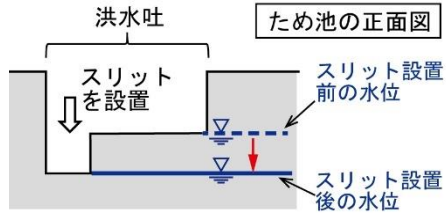
3.5.3.9 水位計等による監視体制の整備

(8) 水位計等による監視体制の整備																																					
実施場所	対象ため池																																				
気候変動影響	将来において降水量の増加が見込まれ、それに伴いため池への流入水量の増加が想定される。																																				
技術の内容	豪雨や地震時にため池の状況を速やかに把握し、適切な判断や行動につなげられるように、計画的に水位計等の管理施設を整備する。																																				
期待される効果	インターネット上で関係者が情報を把握することができ、地域において緊急時の迅速な避難行動につながる。																																				
適応策のイメージ	<p>[北九州市での実証試験サイト]</p>  <p>The image shows two screenshots related to the Tametsuchi Management System. The left screenshot is a website interface for 'ため池管理システム' (Dam Management System) for Kitakyushu City, featuring a map and a table of dam data. The right screenshot is a detailed monitoring interface for '高野池' (Takano Pond), showing a real-time water level graph, a cross-section diagram of the pond, and a table of recent water level data.</p> <table border="1"> <caption>北九州市 ため池管理システム 表</caption> <thead> <tr> <th>区</th> <th>地区</th> <th>池名</th> <th>水位(cm)</th> <th>上昇量(mm/5分)</th> <th>変動時刻</th> <th>警戒水位 (cm)</th> <th>危険水位 (cm)</th> <th>予定閉鎖日</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>八幡区</td> <td>徳野水池</td> <td></td> <td>-310</td> <td>0</td> <td>03月19日 14:36</td> <td>-290</td> <td>-265</td> <td>03月20日 14:36</td> </tr> <tr> <td>戸畑区</td> <td>高野池</td> <td></td> <td>-314.4</td> <td>0</td> <td>02月26日 18:13</td> <td>-60</td> <td>-30</td> <td>02月27日 18:13</td> </tr> <tr> <td>戸畑区</td> <td>高野池</td> <td></td> <td>-208</td> <td>-4.8</td> <td>05月10日 10:32</td> <td>-80</td> <td>-20</td> <td>05月10日 10:32</td> </tr> </tbody> </table>	区	地区	池名	水位(cm)	上昇量(mm/5分)	変動時刻	警戒水位 (cm)	危険水位 (cm)	予定閉鎖日	八幡区	徳野水池		-310	0	03月19日 14:36	-290	-265	03月20日 14:36	戸畑区	高野池		-314.4	0	02月26日 18:13	-60	-30	02月27日 18:13	戸畑区	高野池		-208	-4.8	05月10日 10:32	-80	-20	05月10日 10:32
区	地区	池名	水位(cm)	上昇量(mm/5分)	変動時刻	警戒水位 (cm)	危険水位 (cm)	予定閉鎖日																													
八幡区	徳野水池		-310	0	03月19日 14:36	-290	-265	03月20日 14:36																													
戸畑区	高野池		-314.4	0	02月26日 18:13	-60	-30	02月27日 18:13																													
戸畑区	高野池		-208	-4.8	05月10日 10:32	-80	-20	05月10日 10:32																													

3.5.3.10 適応策を実施した場合の影響予測結果

検討した適応策は、現状のため池の設備で対応可能であり、新たな費用負担が少ない「事前放流による低水位管理」及び「洪水吐スリットの設置」とした。

表 3.5-3 ため池の適応策

①事前放流による低水位管理	②スリットの設置
大雨の発生が予想されるときに、ため池の貯留水を事前に放流し、強制的に水位を下げ、空き容量を確保する。	洪水吐の一部にスリットを設け、ため池の水位を常時スリット底まで低下させ、空き容量を確保する。
	

(1) 検討条件

計算条件としては下記の条件で行った。

適応策 1-1：事前放流による低水位管理（常時満水位を 0.5m 下げた場合）

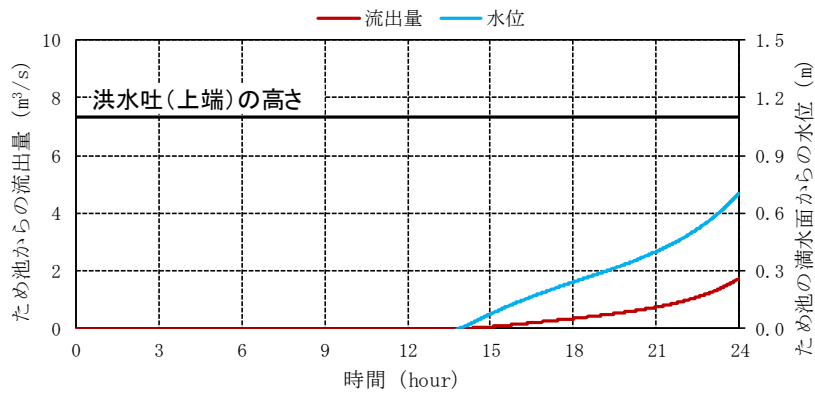
適応策 1-2：事前放流による低水位管理（常時満水位を 1.0m 下げた場合）

適応策 2：洪水吐スリットの設置（幅 0.5m×深さ 0.5m）

スリットの大きさは、下流排水路の流下能力を考慮したものとし、堰板を用いる場合は、作業員が一人で外せる程度の規格とするとなっていることから、ここでは幅 0.5m×深さ 0.5m とした。

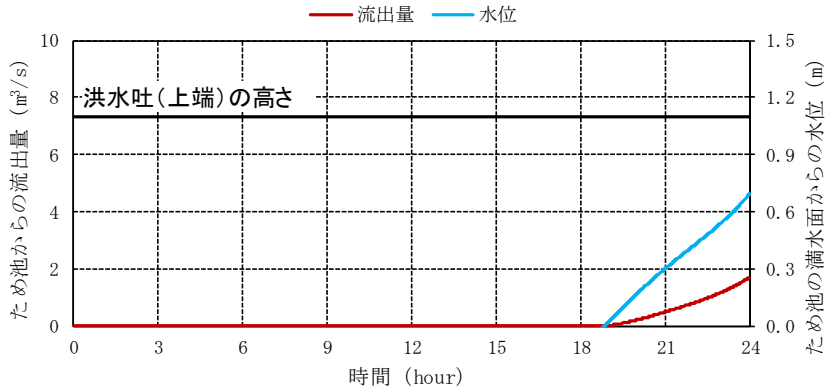
(2) ため池からの流出量

A池のため池からの流出量は図 3.5-2～図 3.5-4 に、B池のため池からの流出量は図 3.5-5～図 3.5-7 に示す。



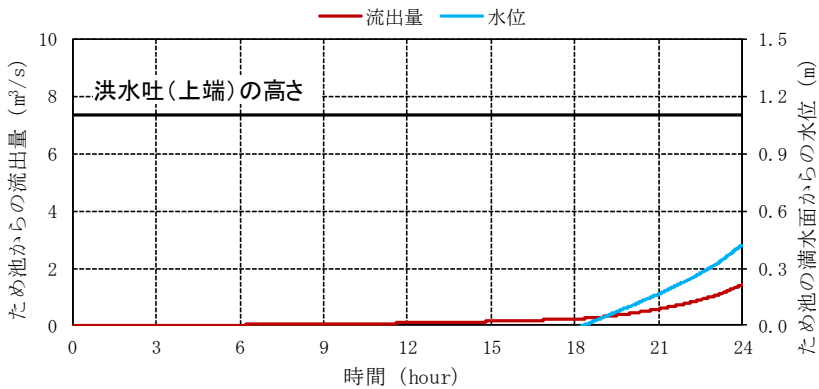
気候モデル：MRI-NHRCM20 排出シナリオ：RCP8.5

図 3.5-2 A池のため池からの流出量及び満水面からの水位
(21世紀末 RCP8.5：適応策 1-1)



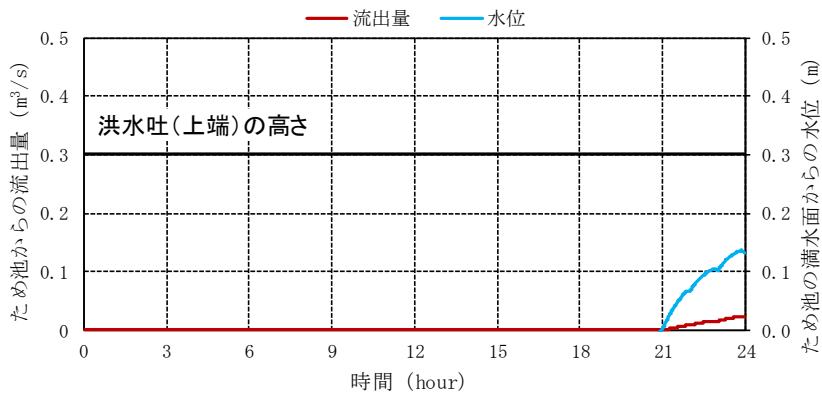
気候モデル：MRI-NHRCM20 排出シナリオ：RCP8.5

図 3.5-3 A池のため池からの流出量及び満水面からの水位
(21世紀末 RCP8.5：適応策 1-2)



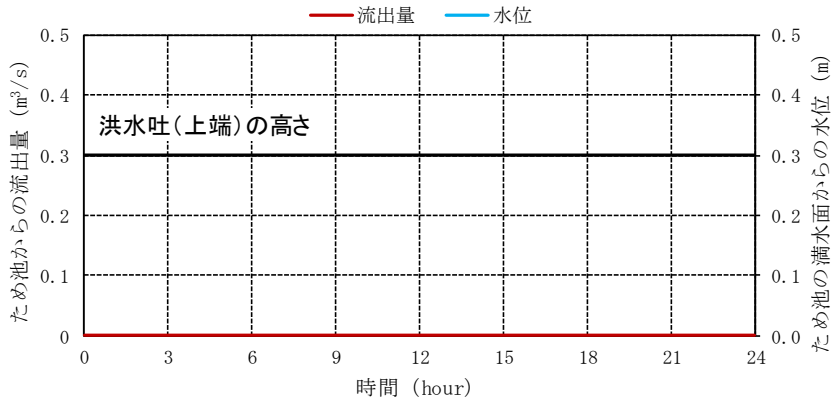
気候モデル：MRI-NHRCM20 排出シナリオ：RCP8.5

図 3.5-4 A池のため池からの流出量及び満水面からの水位
(21世紀末 RCP8.5：適応策 2)



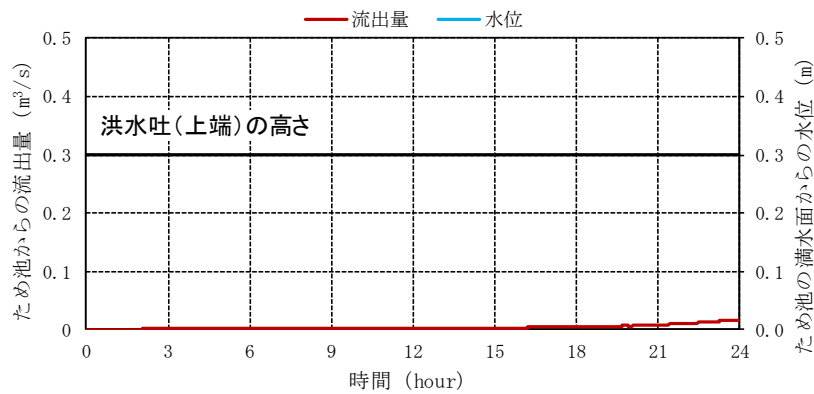
気候モデル：MRI-NHRCM20 排出シナリオ：RCP8.5

図 3.5-5 B池のため池からの流出量及び満水面からの水位
(21 世紀末 RCP8.5：適応策 1-1)



気候モデル：MRI-NHRCM20 排出シナリオ：RCP8.5

図 3.5-6 B池のため池からの流出量及び満水面からの水位
(21 世紀末 RCP8.5：適応策 1-2)



気候モデル：MRI-NHRCM20 排出シナリオ：RCP8.5

図 3.5-7 B池のため池からの流出量及び満水面からの水位
(21 世紀末 RCP8.5：適応策 2)

(3) 適応策の検討結果

適応策を実施した場合の A 池の越流状況を表 3.5-4、B 池の越流状況を表 3.5-5 に示す。A 池では 200 年確率降水量では、現在及び 21 世紀末 RCP8.5 では越流するが、適応策を実施することによって、200 年確率降水量においても越流しないものと予測される。

B 池では 200 年確率降水量では、21 世紀末 RCP8.5 では越流するが、適応策を実施することによって、200 年確率降水量においても越流しないものと予測される。

表 3.5-4 A 池の適応策の検討結果

ため池名称	確率降水量	現在	21 世紀末 (RCP8.5)			
			適応策なし	適応策あり		
				適応策 1-1 低水位管理 (-0.5m)	適応策 1-2 低水位管理 (-1.0m)	適応策 2 スリット 設置
A 池	30 年	○	○	○	○	○
	50 年	○	○	○	○	○
	100 年	○	○	○	○	○
	200 年	×	×	○	○	○

※1. 「○」：越流が発生しない 「×」：越流が発生する

※2. 低水位管理は、満水位よりも 0.5m 下げた場合と 1.0m 下げた場合を予測した。

※3. 気候モデル：MRI-NHRCM20 排出シナリオ：RCP8.5

表 3.5-5 B 池の適応策の検討結果

ため池名称	確率降水量	現在	21 世紀末 (RCP8.5)			
			適応策なし	適応策あり		
				適応策 1-1 低水位管理 (-0.5m)	適応策 1-2 低水位管理 (-1.0m)	適応策 2 スリット 設置
B 池	30 年	○	○	○	—	○
	50 年	○	○	○	—	○
	100 年	○	○	○	—	○
	200 年	○	×	○	—	○

※1. 「○」：越流が発生しない 「×」：越流が発生する

※2. 低水位管理は、満水位よりも 0.5m 下げた場合を予測した。なお、適応策 1-2 は本ため池では水深がそれよりも浅く適用できない。

※3. 気候モデル：MRI-NHRCM20 排出シナリオ：RCP8.5

引用文献一覧

- 1) (一財) 土木研究センター. 月刊土木技術資料に掲載された土木用語の解説.
<http://www.pwrc.or.jp/index.html> (参照 2020-02-23)
- 2) 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 (d4PDF) . <http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/index.html> (参照 2020-02-23)
- 3) 土地改良事業設計指針「ため池整備」. (平成 27 年 5 月). 農林水産省農村振興局監修
公益社団法人農業農村工学会発行
- 4) 中小河川計画の手引き (案). (平成 11 年 9 月). 中小河川計画検討会
- 5) 気象庁. 気象庁ホームページ “異常気象リスクマップ”.
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/coment.html> (参照 2019-06-13)
- 6) 平成 30 年 7 月豪雨災害ため池被災調査報告書 (速報) (広島県小池、勝負迫下池、半三池、奥登祖池、沖登祖池). (2018 年 7 月 25 日). 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
- 7) 福山市. 福山市ホームページ “【重要】災害対応状況について (最終報) (7 月 18 日現在)”. <http://www.city.fukuyama.hiroshima.jp/site/bosai/124432.html> (参照 2018-08-20)