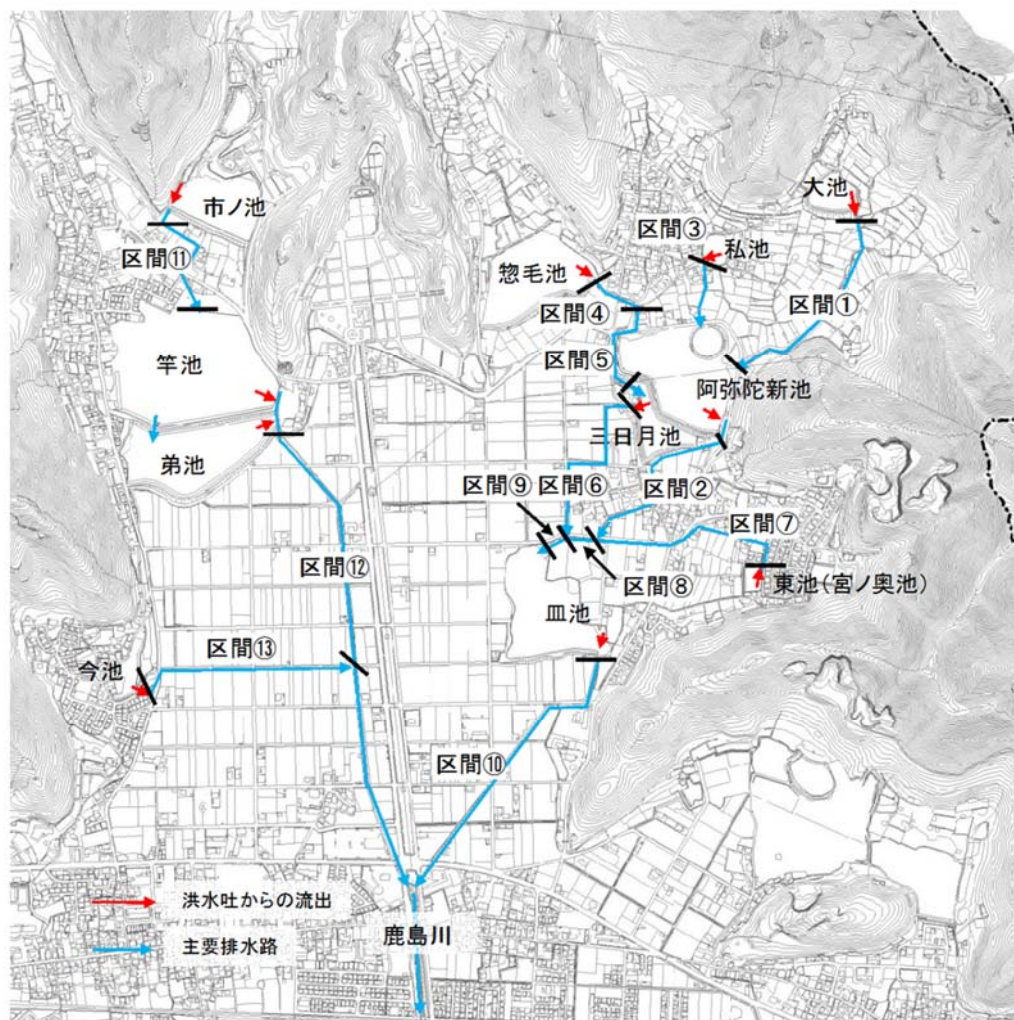


② 用排水路の流量計算

- 簡便な方法とするため、各区間の流量は不定流解析によらず、流入量の「足し算」で計算します。
- 計算にあたっては、安全側を想定して流出ピークが重なり合うよう、時間遅れは0とします（ため池での時間遅れは水理計算で考慮）。



※三日月池からは区間⑥へのみ放流するものとする

ため池貯水池を含む流出ブロック

- ① 流域からの流入量（貯留関数法）
- ② 貯水面への降雨量
- ③ 洪水吐からの放流量（積の公式）
- ④ 貯水量（①～③を逐次計算）

水路（右図に示した用排水路の各区間）の流量

- ① 当該区間に流出する流出ブロックからの流出量
- +
- ② 接続する上流区間からの流入量

図5. 2. 6：排水路と設定した水路区間

【参考】評価モデルの検証

水文観測機器を用いて観測した貯水位／雨量データを用いて、モデルの検証を実施しました。

① 検証作業

○対象ため池：2015年の梅雨期～台風シーズンに観測を実施した市ノ池、竿池、弟池

○対象降雨：平成27年台風11号に伴う一連降雨（2015年7月17日～18日）

※平成27年台風11号においては、高砂市域で住宅8棟の床下浸水被害あり

○市ノ池：総雨量：241.5mm、ピーク雨量：40.0mm/h、降雨継続時間：28h

○竿池：総雨量：224.5mm、ピーク雨量：35.0mm/h、降雨継続時間：28h

※平成27年台風11号においては、高砂市域で住宅8棟の床下浸水被害あり

② 検証方法

観測貯水位と計算貯水位の比較

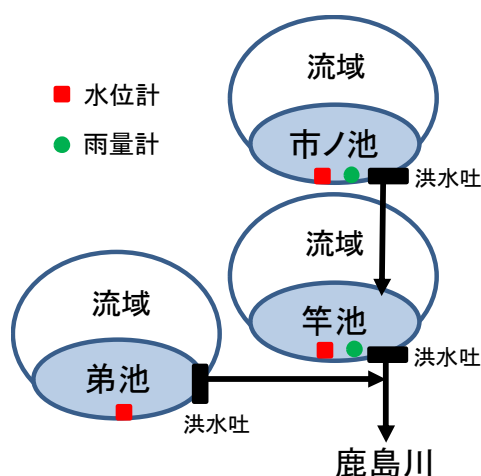


図5.2.7：観測ため池模式図

③ 検証結果

・各ため池において、観測値と計算値の波形はよく整合し、流出の時間遅れの影響は殆ど見られませんでした。また、貯水位についても大きな差異は見られませんでした。

※竿池と弟池においては、観測値の方が計算値よりも貯水位が高くなりました。これは、降雨の空間分布の不均一（観測地点よりも流域内の山側で降雨量が多かった可能性）や洪水流出モデルで使用した流域面積が実際流出範囲よりも狭かったこと（ダムと異なりため池では地形上の分水嶺が明確ではない場合が多い）等の理由が考えられます。

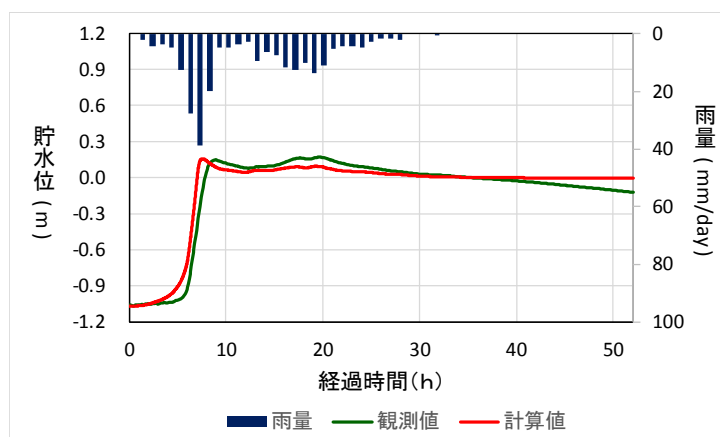


図5. 2. 8：市ノ池

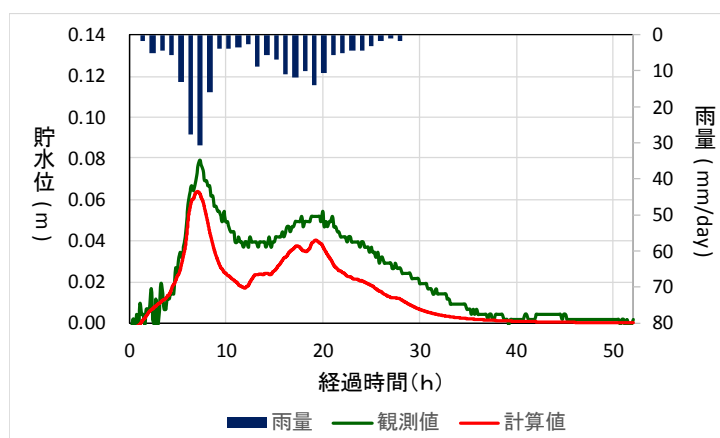


図5. 2. 9：弟池

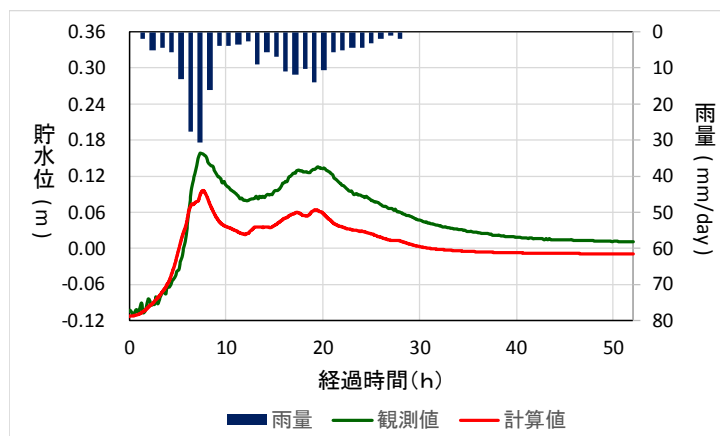


図5. 2. 10：竿池

※いずれも、貯水位 0m = 常時満水位としています。

c) 降雨データの作成

ため池群近隣の雨量観測データを入手し、ハイエトグラフを作成します。

① 入手したデータ

○近隣の気象庁の雨量観測点のデータを入手

○特別地域気象観測所：姫路（1948～2015 年：68 年間）

○アメダス観測点：明石（1978～2015 年：38 年間）、福崎（1976～2015 年：40 年間）、三木（1978～2015 年：38 年間）

② 対象データ

○各年の年最大雨量（1 時間および 1 日）を収集。

→収集する年数は評価対象の降雨が確率年 10 年の場合においては 30 年以上、30 年の場合は 40 年以上、50 年の場合は 50 年以上を目安とします。

③ 確率雨量とハイエトグラフの作成

○想定する降雨継続時間は 24 時間とします。

○確率降水量（1 時間および 1 日）は求めた各地点の年間最大値を同一地点のデータと擬似的に見なし（200 年確率の計算を行うため、計 223 個のデータを使用）、グンベル法により計算します。

○降雨強度式はタルボット式により作成します。

○降雨パターンは時間あたりの降雨ピークを降雨継続時間の中央（13 時間目）に配置した中央集中型、ならびに最後（24 時間目）に配置した後方集中型の 2 種類を設定し、ハイエトグラフを作成します。

○設計洪水流量を用いた検証は、200 年確率で降雨継続時間 24 時間、後方集中型降雨を基本に行います。

d) 評価指標の設定

評価はため池下流水路におけるピーク流量を用いて行います。

① 地区内の溢水防止

- 地区内における用排水路の溢水防止に関する評価においては、まず水路の各区間において流下可能な最大流量を設定します。
- ため池管理者への大雨時の用排水路に関する溢水状況の聞き取り調査より、地区内では降雨確率10年（降雨継続時間24時間・中央集中型）を超える降雨で用排水路の溢水が生じるものとします。
- 各区間の流下可能な最大流量は、降雨確率10年（降雨継続時間24時間・中央集中型）を基本とし、現地での測量で把握した水路の断面形状から求めた流下可能な最大流量がこれを上回る場合には、求めた値を流下可能な最大流量とします。
- 洪水流出モデルで求めたピーク流量が流下可能な最大流量を上回る場合には、当該区間において用排水路の溢水が生じるものとします。そこで、評価は被災リスク発生の観点から、「ピーク流量>設定最大流量」で「溢水発生」、「ピーク流量≤設定最大流量」で「安全」とします。

② 下流河川の洪水緩和

- 下流河川に対する洪水緩和は、ため池群の最下流水路の最大流量を評価対象とし、現状のため池（減災対策を行わない場合）に対する対策実施後のピーク流量の変化（低減率）を評価指標とします。

【参考】シナリオの設定における超過確率年の考え方

- (1) 地区内で溢水の発生する超過確率年を過去の災害に関する記録や関係者への聞き取りなどで把握します。
- (2) 「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「排水」」における計画基準降雨に関する記述（多くの場合20年に1～3回程度の降雨規模が経済的に最適となることが多い）などを参考に、(1)で把握した超過確率年とともに地区の実態（都市化／混住化が進んで水路の拡幅が困難、など）なども踏まえ、ため池群の洪水調整機能を活用して地区内の溢水防止の検討対象とする（シナリオとして設定する）超過確率年を決めます。

e) シナリオの設定と評価

① 地区内用排水路の溢水抑止効果

◆検討シナリオ：降雨確率20年（降雨継続時間24時間・中央集中型）の降雨に対し、次の検討を行います。

I 現状における被災可能性

現状の施設（ため池、用排水路）において、降雨前の貯水位が満水の場合。

II 減災対策（水位低下管理）を実施した場合

減災対策を必要とする用排水路に流出するため池において、洪水流出モデルで設定した総貯水量の50%の貯水量に対応する水位まで低水位管理や事前放流によりあらかじめ降雨前の貯水位を引き下げた場合。

III 減災対策（スリットの設置）を実施した場合

現状で溢水が生じる用排水路に流出するため池において、洪水吐にスリット（切欠き。堰板による利水機能の維持やステップ設置による維持管理などに配慮する）を設置した場合。

＜スリット設置の考え方＞

作業員1名で脱着できる堰板の大きさを0.5m×0.5mとし、この大きさを基本に上限を0.5m×1.0m（切込深は堰板2枚分）として設定しました。

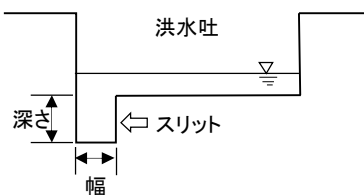


図5.2.11：洪水吐とスリット

◆検討シナリオ：降雨確率30年（降雨継続時間24時間・中央集中型）の降雨に対し、降雨確率20年の降雨に対する設定のうち、上記IとIIIの検討を行います。

◆評価結果：降雨確率20年の降雨に対する場合

I 現状における被災可能性

現状（ハード・ソフトの減災対策を実施しない場合）のため池では、鹿島川左岸側の用排水路においては区間②、④～⑧、⑩、右岸側の用排水路においては区間⑬で溢水が発生します。

表5. 2. 3：評価結果（現状・降雨確率 20 年）

水路区間	ピーク流量 m ³ /s	設定流下能力 m ³ /s	評価結果	上流側に位置するため池
左岸①	2.45	4.38	安全	大池
左岸②	8.17	6.86	溢水発生	阿弥陀新池
左岸③	0.37	0.37	安全	私池
左岸④	5.04	4.23	溢水発生	惣毛池
左岸⑤	5.04	4.60	溢水発生	惣毛池
左岸⑥	9.74	8.17	溢水発生	三日月池
左岸⑦	0.52	0.43	溢水発生	東池
左岸⑧	8.68	7.29	溢水発生	阿弥陀新池・東池
左岸⑨	18.42	19.32	安全	三日月池・阿弥陀新池・東池
左岸⑩	22.57	19.01	溢水発生	皿池
右岸⑪	4.85	10.92	安全	市ノ池
右岸⑫	14.93	23.95	安全	竿池・弟池
右岸⑬	2.15	1.81	溢水発生	今池

Ⅱ 減災対策（水位低下管理）を実施した場合

総貯水量の 50%に相当する水位まで降雨前に水位低下管理（低水位管理／事前放流）を行った場合においては、鹿島川左岸側の用排水路においては区間②、⑦～⑧、ならびに右岸側の用排水路において区間⑬で溢水が発生します。

表5. 2. 4：評価結果（水位低下管理・降雨確率 20 年）

水路区間	ピーク流量 m ³ /s	設定流下能力 m ³ /s	評価結果	上流側に位置するため池	減災対策 （常時満水位からの低下水位）
左岸①	2.45	4.38	安全	大池	
左岸②	7.23	6.86	溢水発生	阿弥陀新池	阿弥陀新池貯水位：-0.69m
左岸③	0.37	0.37	安全	私池	
左岸④	3.52	4.23	安全	惣毛池	惣毛池貯水位：-1.33m
左岸⑤	3.52	4.60	安全	惣毛池	④で対策
左岸⑥	6.76	8.17	安全	三日月池	
左岸⑦	0.51	0.43	溢水発生	東池	東池貯水位：-0.57m
左岸⑧	7.71	7.29	溢水発生	阿弥陀新池・東池	②＋⑦で対策
左岸⑨	13.40	19.32	安全	三日月池・阿弥陀新池・東池	②＋⑦で対策
左岸⑩	16.39	19.01	安全	皿池	皿池貯水位：-0.66m
右岸⑪	4.85	10.92	安全	市ノ池	
右岸⑫	14.93	23.95	安全	竿池・弟池	
右岸⑬	2.15	1.81	溢水発生	今池	今池貯水位：-0.54m

低水位管理や事前放流などの水位低下管理においては、相当量（総貯水量の 50%）まで水位を事前に低下させても溢水が発生する水路が残ります。

Ⅲ 減災対策（スリットの設置）を実施した場合

溢水が発生する区間の上流側に位置するため池へスリットを設置した場合には、鹿島川右岸側の区間⑬を除いて溢水は発生しません。

表 5. 2. 5：評価結果（スリットの設置・降雨確率 20 年）

水路区間	ピーク流量 m ³ /s	設定流下能力 m ³ /s	評価結果	上流側に位置するため池	減災対策 (スリットの規模)
左岸①	2.45	4.38	安全	大池	
左岸②	6.79	6.86	安全	阿弥陀新池	阿弥陀新池：幅0.4m×深さ0.7m
左岸③	0.37	0.37	安全	私池	
左岸④	4.19	4.23	安全	惣毛池	惣毛池：幅0.3m×深さ0.8m
左岸⑤	4.19	4.60	安全	惣毛池	④で対策
左岸⑥	7.93	8.17	安全	三日月池	三日月池：幅0.3m×深さ0.5m
左岸⑦	0.41	0.43	安全	東池	東池：幅0.1m×深さ0.8m
左岸⑧	7.20	7.29	安全	阿弥陀新池・東池	②＋⑦で対策
左岸⑨	15.05	19.32	安全	三日月池・阿弥陀新池・東池	②＋⑥＋⑦で対策
左岸⑩	18.58	19.01	安全	皿池	
右岸⑪	4.85	10.92	安全	市ノ池	
右岸⑫	14.93	23.95	安全	竿池・弟池	
右岸⑬	2.00	1.81	溢水発生	今池	今池：幅0.4m×深さ1.0m

スリットの設置はため池の洪水調整機能の強化に有効であり、鹿島川左岸側の用排水路では用排水路拡張の代替策となり得るといえます。

◆評価結果：降雨確率 30 年の降雨に対する場合

I 現状における被災可能性

現状（ハード・ソフトの減災対策を実施しない場合）のため池では、鹿島川左岸側の用排水路においては区間①を除く区間全てにおいて、右岸側の用排水路においては区間⑬で溢水が発生します。

表 5. 2. 6：評価結果（現状・降雨確率 30 年）

水路区間	ピーク流量 m ³ /s	設定流下能力 m ³ /s	評価結果	上流側に位置するため池
左岸①	2.67	4.38	安全	大池
左岸②	8.91	6.86	溢水発生	阿弥陀新池
左岸③	0.40	0.37	溢水発生	私池
左岸④	5.53	4.23	溢水発生	惣毛池
左岸⑤	5.53	4.60	溢水発生	惣毛池
左岸⑥	11.07	8.17	溢水発生	三日月池
左岸⑦	0.56	0.43	溢水発生	東池
左岸⑧	9.47	7.29	溢水発生	阿弥陀新池・東池
左岸⑨	20.54	19.32	溢水発生	三日月池・阿弥陀新池・東池
左岸⑩	25.08	19.01	溢水発生	皿池
右岸⑪	5.33	10.92	安全	市ノ池
右岸⑫	16.39	23.95	安全	竿池・弟池
右岸⑬	2.34	1.81	溢水発生	今池

Ⅲ 減災対策（スリットの設置）を実施した場合

溢水が発生する区間の上流側に位置するため池へスリットを設置した場合には、鹿島川右岸側の区間⑬を除いて溢水は発生しません。

表 5. 2. 7：評価結果（スリットの設置・降雨確率 30 年）

水路区間	ピーク流量 m ³ /s	設定流下能力 m ³ /s	評価結果	上流側に位置するため池	減災対策 (スリットの規模)
左岸①	2.67	4.38	安全	大池	
左岸②	6.75	6.86	安全	阿弥陀新池	阿弥陀新池：幅0.4m×深さ0.9m
左岸③	0.36	0.37	安全	私池	私池：幅0.2m×深さ0.3m
左岸④	4.10	4.23	安全	惣毛池	惣毛池：幅0.5m×深さ1.0m
左岸⑤	4.10	4.60	安全	惣毛池	④で対策
左岸⑥	8.13	8.17	安全	三日月池	三日月池：幅0.3m×深さ0.5m
左岸⑦	0.43	0.43	安全	東池	東池：幅0.06m×深さ1.0m
左岸⑧	7.17	7.29	安全	阿弥陀新池・東池	②＋⑦で対策
左岸⑨	15.24	19.32	安全	三日月池・阿弥陀新池・東池	②＋⑥＋⑦で対策
左岸⑩	18.90	19.01	安全	皿池	
右岸⑪	5.33	10.92	安全	市ノ池	
右岸⑫	16.39	23.95	安全	竿池・弟池	
右岸⑬	2.19	1.81	溢水発生	今池	今池：幅0.4m×深さ1.0m

スリットの設置はため池の洪水調整機能の強化に有効であり、鹿島川左岸側の用排水路では用排水路拡張の代替策となり得るといえます。

② 下流河川に対する洪水調整機能

◆検討シナリオ：降雨確率30年（降雨継続時間24時間・中央集中型）の降雨に対し、次の検討を行います。

I 現状における被災可能性

現状の施設（ため池、用排水路）において、降雨前の貯水位が満水の場合。

II 減災対策（スリットの設置）を実施

スリットの設置により降雨ピーク時のため池における貯留量を増強する場合。
 なお、スリットは降雨確率30年（降雨継続時間24時間・中央集中型）の降雨に対して下流水路で溢水が生じないように設置したスリットを基本とし、最下流に位置する皿池と竿池、弟池にも設置する（東池には設置しない）ものとしします。

◆ピーク流量の緩和度合の評価

○評価にあたっては、鹿島川から見て一連の群となる最下流のため池洪水吐の各ピーク流出量の合計値を求め、これを用いてピーク流量の緩和度合を計算します。

ため池群ピーク流出量＝竿池ピーク流出量＋弟池ピーク流出量＋
 皿池ピーク流出量

ピーク流量の緩和度合＝（シナリオⅡのピーク流量－シナリオⅠのピーク流量）／シナリオⅠのピーク流量

表5.2.8：設置したスリット

ため池	スリットの規模
大池	（なし）
阿弥陀新池	幅0.4m×深さ0.9m
私池	幅0.2m×深さ0.3m
惣毛池	幅0.5m×深さ1.0m
三日月池	幅0.3m×深さ0.5m
東池	（なし）
皿池	幅0.5m×深さ1.0m
市ノ池	（なし）
竿池	幅0.5m×深さ1.0m
弟池	幅0.5m×深さ1.0m

（今池は地区内用排水路の溢水抑止効果が小さいことから、検討対象から除外）

◆評価結果

阿弥陀地区のため池群は、スリットの設置により地区下流の鹿島川（普通河川）に対する洪水調整機能を増強することができます。

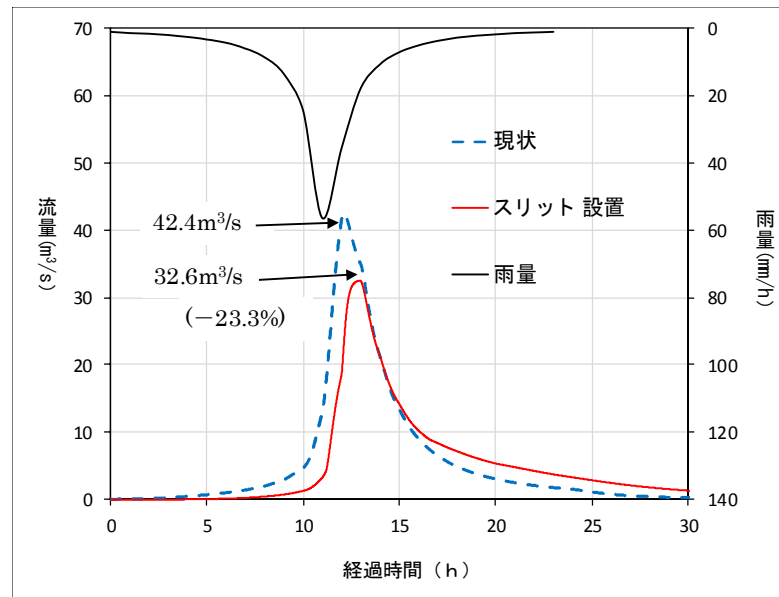


図5. 2. 1 2：降雨確率30年の降雨に対するピーク流出量

STEP3. 利水容量の評価

a) 水収支計算モデルの作成

ため池の水収支の計算モデルは次のとおりとし、計算は日単位で行います。

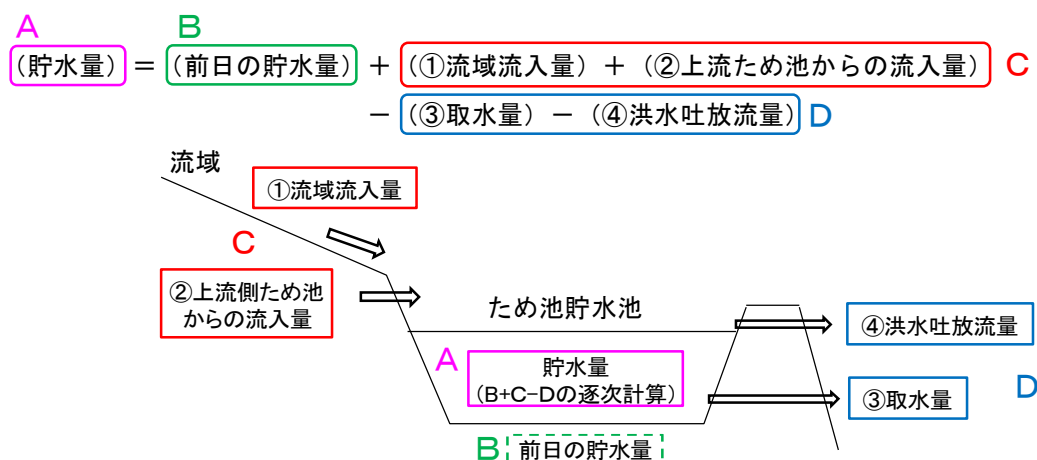


図 5. 2. 13：水収支の計算モデル

◆取水期間

既往文献（※）と現地調査に基づいて、6月11日～9月20日とします。そのうち、代かき期間を6月11日～20日、中干し期間を7月21日～31日とします。

表 5. 2. 9：加古川西部地区における聞き取り調査結果

	かんがい 放流期間	中干し
A池	6/10-9/15	7/20-31
B池	6/10-9/23	7/20-31
C池	6/8-9/10	7/20-31
D池	6/6-9/23	7/20-下旬

※藤井・南（1986）：加古川西部地区溜池群の貯水量変動特性溜池地域の水管理に関する研究（Ⅰ），農業土木学会論文集(122)，19-28

◆ため池受益地

ため池DBの受益面積は全て水田面積とします。かんがい用水に関しては、河川からの取水や井水を用いていないことから、全てため池から賄われるものとします。

◆転作率

高砂市阿弥陀地区の水田転作率（平成28年度）は57.2%（高砂市役所調べ）とします。

◆水収支計算モデルの各項

①流域流入量

流域からため池への日あたり流出量は、「国営大和紀伊平野土地改良事業計画書（農業用水再編対策） 事業計画決定説明資料（用水計画編）」（近畿農政局）で用いられている「ため池流出雨量」「流域流入量」の算定式を用いて求めます。ため池の水収支は日単位で計算することから、作業の簡略にするために、ここではため池に関する用水計画策定に用いられている日単位で流域流入量を求める簡便式を用います。

$$(\text{流域流入量}) = (\text{流域面積}) \times (\text{ため池流出雨量}) \times 0.9 (\text{安全率})$$

$$(\text{ため池流出雨量}) = (\text{日雨量}) \times (\text{流出率})$$

表5. 2. 10：全雨量と流出率

全雨量(mm)	流出率(%)	全雨量(mm)	流出率(%)
10未満	0	40以上～50未満	60
10以上～15未満	40	50以上～60未満	65
15以上～20未満	42	60以上～80未満	70
20以上～25未満	45	80以上～100未満	75
25以上～30未満	50	100以上～150未満	80
30以上～40未満	55		

原典 可知貫一（1948）：農業水利学，第一出版，P338

※1日を超えない降雨については、日雨量を全雨量として流出率を求めます。1日を超える降雨については、累加雨量に対応する流出率に当日の日雨量を乗じます。

②上流側ため池からの流入量

直上流となるため池（A池→B池→C池と直列に連なる親子（重ね）ため池であれば、B池についてはA池、C池であればB池）の「④洪水吐放流量」とします（上流側にため池がない場合は0）。

③取水量

○高砂市阿弥陀地区ため池における取水量は、各ため池の受益水田を対象に計算した「粗用水量」をそのまま「水田かんがい用水量」とします。

○「水田かんがい用水量」＝「粗用水量」－「地区内利用可能量」であるので、「地区内利用可能量」を0とすれば、水収支の検討時における各ため池の貯水量は、利水に対して安全側に計算されるものと考えられます。

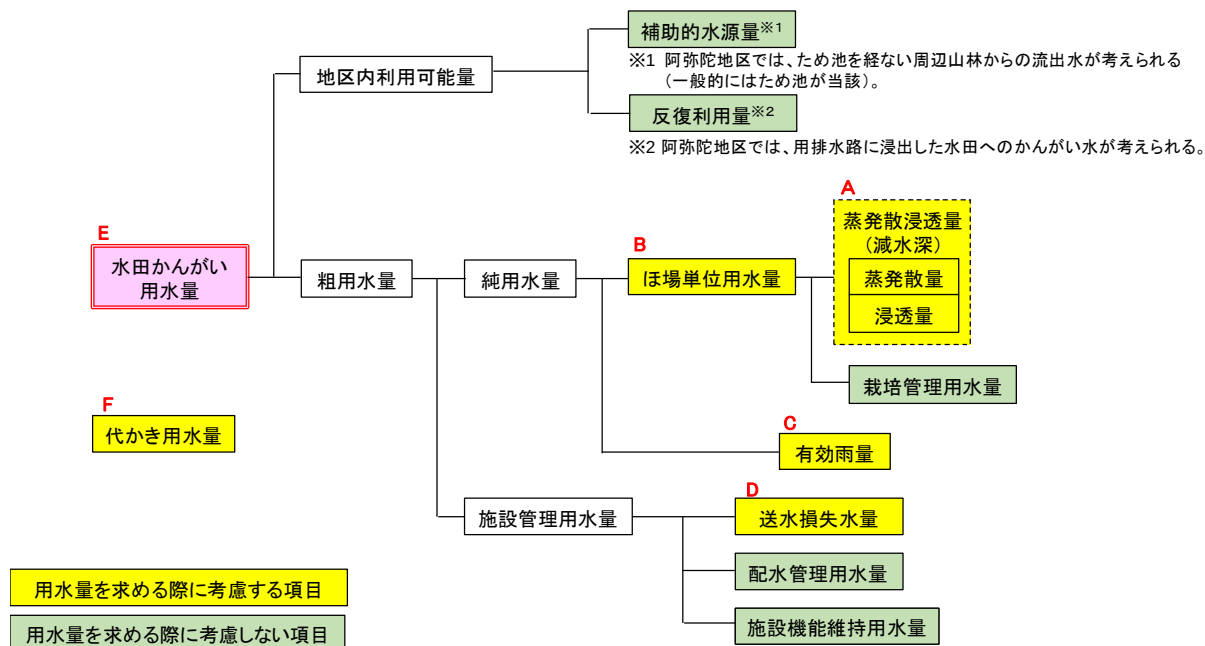


図5. 2. 14：取水量を構成する要素

A 減水深

阿弥陀地区における減水深は既往資料、既往文献から推定し、期間を通じて12mmとしました。

【既往資料】

阿弥陀地区の受益水田に関する土壌タイプは、「農業環境技術研究所 土壌情報閲覧システム」（農研機構農業環境変動研究センター，図5. 2. 15）より求め、「国営大和紀伊平野土地改良事業計画書（農業用水再編対策） 事業計画決定説明資料（用水計画編）」（近畿農政局）に記載されている奈良県大和野における観測で得られた同じ土壌タイプの減水深の内、最大のものを阿弥陀地区の減水深としました（表5. 2. 11）。

【既往文献】

既往文献（藤井・南（1986）：加古川西部地区溜池群の貯水量変動特性溜池地域の水管理に関する研究（I），農業土木学会論文集(122)，19-28）において、加古川西部地区の平均減水深は12.5mmと報告されています。

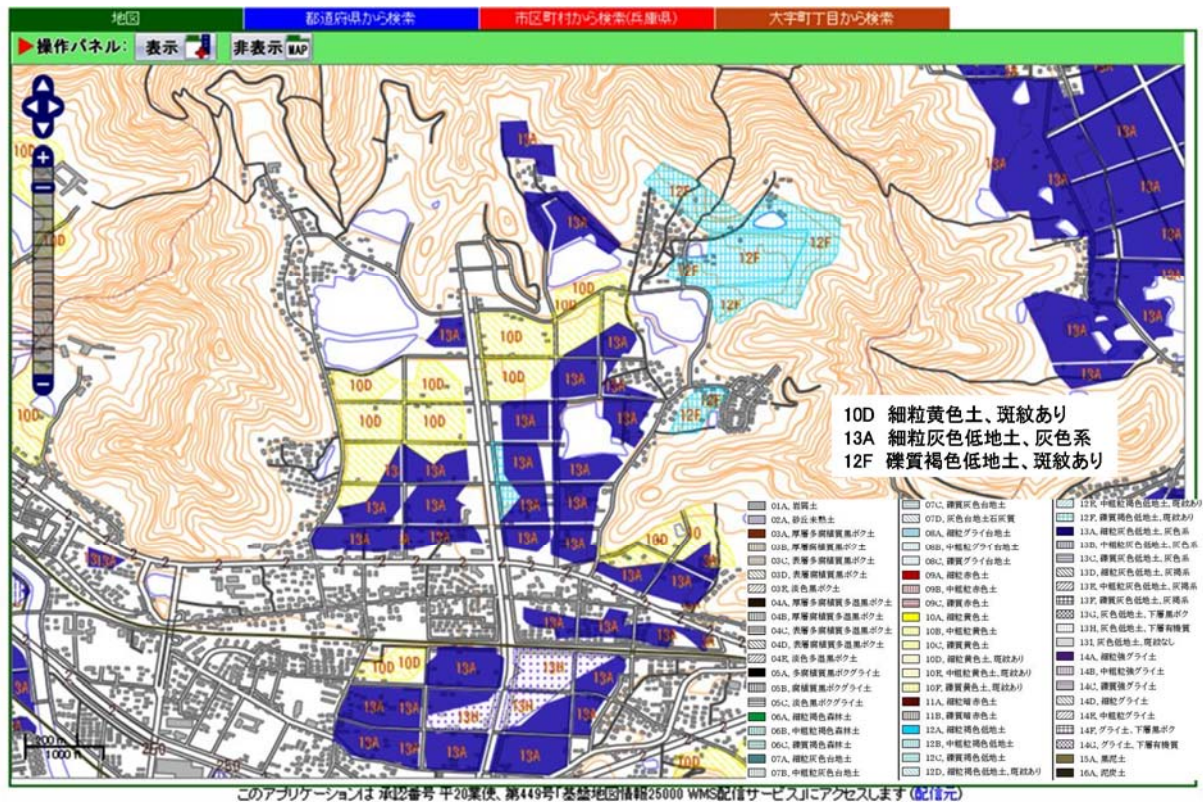


図5. 2. 1 5 : 阿弥陀地区の土壤

表5. 2. 1 1 : 求めた減水深 (阿弥陀地区)

(土壌統)	(土壌タイプ)	(対応する減水深)
細粒黄色土、斑紋あり (10D)	→ 黄褐色土壌・粘土型 (I82)	→ 減水深タイプC-3 (平均10mm)
細粒灰色低地土、灰色系 (13A)	→ 灰色土壌・粘土満俺型 (F51)	→ 減水深タイプC-3 (平均10mm)
礫質褐色低地土、斑紋あり (12F)	→ 黄褐色土壌・壤土満俺型 (I83)	→ 減水深タイプL-3 (平均12mm)

B ほ場単位用水量

ほ場単位用水量（単位は $\text{m}^3/\text{s}/\text{ha}$ ）は減水深から下式で求めました。

$$(\text{ほ場単位用水量}:\text{m}^3/\text{s}/\text{ha}) = (\text{減水深 mm/day}) \times 1,000 / (86,400 \times 10,000)$$

C 有効雨量

既往文献（藤井・南（1986）：加古川西部地区溜池群の貯水量変動特性溜池地域の水管理に関する研究（I），農業土木学会論文集（122），19-28）では、加古川西部地区におけるため池4箇所（地区内の代表的なため池）における聞き取り調査の結果として「降雨時には樋を閉める」こと、うち1箇所のため池における観測放流量の分析結果から「日雨量5mm以上あった18日のうち、12日は完全に樋を閉じ、干天続きの中での小雨であった2日は大幅に放流量を減らしていた」ことを報告しています。これを踏まえ、阿弥陀地区においては日雨量5mm以上の日は放流停止とし、これをもって有効雨量の加算に代えることとしました。

D 送水損失用水量

送水損失量は「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「農業用水」付録 技術書」において、「パイプライン等全面満流する場合：5%」「これ以外の開水路、函渠、トンネル等一部でも自由水面を持った流れがある場合：10%」「土水路やブロック、石積み水路等で明らかに水路損失が大きいと思われる場合：実情に合わせて計上」とされています。阿弥陀地区においては、地区の実情を勘案して、送水損失用水量は15%とし、純用水量を15%割り増して計算することとしました。

E 水田かんがい用水量

水田かんがい用水量は、次式により求めました。なお、用水量は水稻の生育過程により異なるため、生育過程に対応した用水量とするために係数を設定しました（表5. 2. 1 2）。また、ため池では平年と比べて渇水年においては節水的に取水している実態が既往文献において報告されているので、係数はこれに対応し、平年と渇水年のそれぞれについて設定しました。

・日雨量 < 5mm の場合

水田かんがい用水量 (m^3/day)

= ほ場単位用水量 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{ha}$) $\times$ 係数 $\times$ 受益面積 (ha) $\times$ 水稻作付率 $\times 86,400 / 0.85$

・日雨量 $\geq 5\text{mm}$ の場合

水田かんがい用水量 (m^3/day) = 0

表5. 2. 1 2：水稻の生育過程と必要水量

期間	水稻の生育過程	用水の必要程度	係数	
			平年	渇水年
6月後半	活着期	最必要	1.0	1.0
7月上旬	一次分けつ期	必要	0.9	0.8
7月中旬	二次分けつ期	必要	0.9	0.8
7月下旬	無効分けつ期	極小	0(中干し期間)	0(中干し期間)
8月上旬	幼穂形成期	最必要	1.0	1.0
8月中旬	穂はらみ期	最必要	1.0	1.0
8月下旬	出穂開花期	必要	1.0	0.8
9月上旬	こ熟期	必要、必要少	0.9	0.8
9月中旬	黄熟期	必要少	0.5	0.4
9月下旬	完熟期	極小	0.0	0.0

水稻の生育過程と用水の必要程度は既往文献2)に基づき作成し、係数は同資料と既往文献1)～3)を参考に決定

- 1) 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「農業用水」 付録 技術書(P147)：右上の図
- 2) 藤井 秀人・南 勲(1986)：加古川西部地区溜池群の貯水量変動特性溜池地域の水管理に関する研究 (I)，農業土木学会論文集(122)，19-28
- 3) 吉迫 宏・小川 茂男(2009)：ため池における利水容量の転用による洪水調節容量の創出ー東広島市六道池における検討一，システム農学25(1)，63-70

F 代かき用水量

代かき用水量は現地調査で受益水田は乾田と判断したことから、「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「農業用水」 付録 技術書」で示された乾田状態の代かき用水量の中央値である 150mm としました。

表 5. 2. 1 3：水田の立地条件と代かき用水量

水田の立地条件	代かき用水量(mm)
湿田状態	80～120
乾田状態	120～180
漏水田	150～250

「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「農業用水」 付録 技術書」(P145)を基に作成

代かき期間中の一日あたりの必要水量は同じく「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「農業用水」 付録 技術書」に示された等面積方式の算定式で求めました。

$$q_i = qA/n + dA \times (i - 1)/n$$

q_i : 代かき開始後*i*日目の必要水量

n : 計画代かき日数

i : 代かき開始からの日数

d : 代かき後の普通期ほ場単位用水量

q : 代かき用水量

A : 全計画面積

「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「農業用水」 付録 技術書」(P146)より

④洪水吐放流量

日あたりにおける貯水池の貯水量を超過する水量とします。

- ・（当日の貯水量）＞ 総貯水量※ の場合
（④当日の洪水吐放流量）＝（当日の貯水量）－ 総貯水量
- ・（当日の貯水量）≤ 総貯水量 の場合
（④当日の洪水吐放流量）＝ 0

※スリットを設置した場合には、スリット底面満水位の貯水量とする。

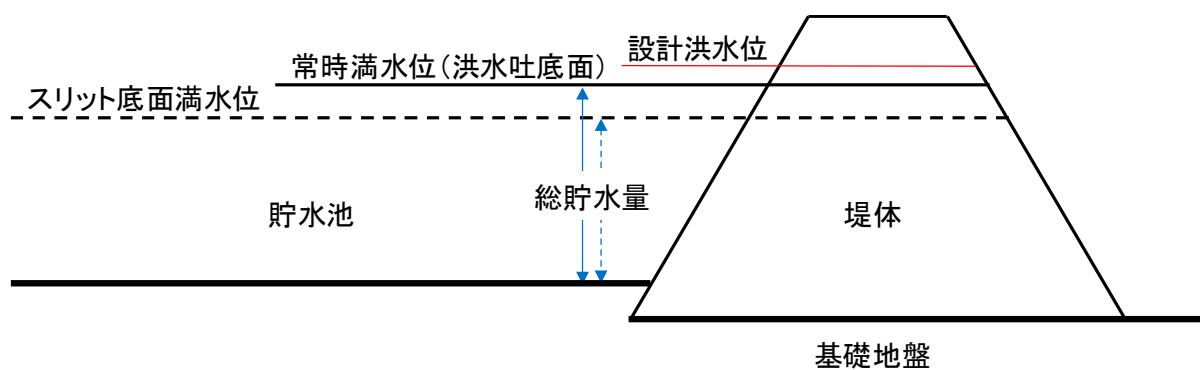


図5.2.16：概念図

b) 降雨データの作成

① 降雨データの収集

気象庁の雨量観測地点間をティーセン分割した際に、阿弥陀地区の最寄りの観測地点のデータを収集しました。

- ・ 観測地点名：姫路特別地域気象観測所
- ・ 収集（観測）期間：1948～2016 年（69 年間）

② 検討に用いる渇水年の降雨データ

下の手順により、検討に用いる非超過確率 10 年（水源計画の計画基準年）相当と 30 年相当の渇水年におけるかんがい期間の雨量データを、収集した観測データから抽出しました。

1. 収集した雨量データについて、6 月 11 日～9 月 10 日（かんがい期間のうち、最末期を除く期間）を集計期間として雨量データを年次ごとに合計し、岩井法で非超過確率年に関する集計期間の雨量を求めます。
2. 集計期間の雨量データの合計値が非超過確率年 10 年と 30 年に相当する年の降雨データを抽出します。
3. 集計期間中の旬別雨量の分布に関して、極端な偏りがないことを確認します。

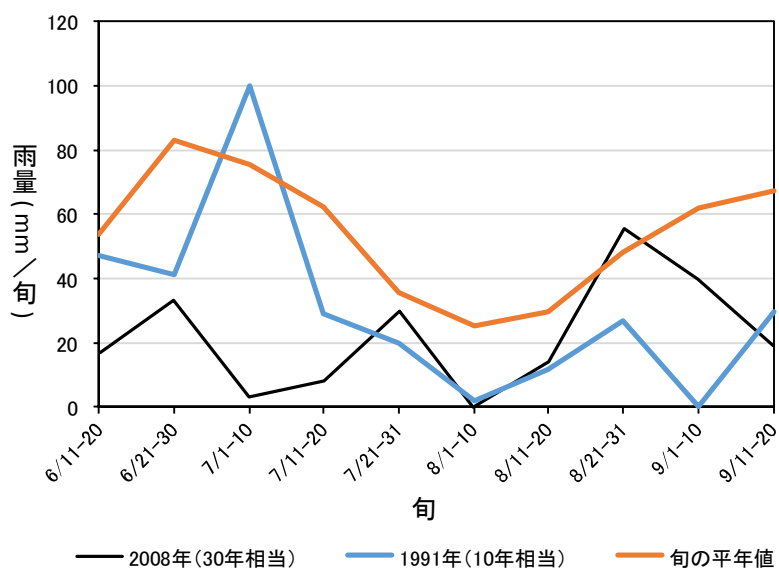


図 5. 2. 1 7：旬別の雨量（姫路）



図 5. 2. 1 8：気象庁の雨量観測地点と高砂市阿弥陀地区

c) シナリオの設定と評価

① シナリオの設定

◆検討の条件

○かんがい期間中の雨量データと水田かんがい用水量

(ア) 非超過確率年 10 年に相当する 1991 年降雨／水田かんがい用水量は平年

(イ) 非超過確率年 30 年に相当する 2008 年降雨／水田かんがい用水量は渇水
年

○ため池と水田

(1) ため池：現状の施設

受益水田：水稻作付率：42%

(2) ため池：下流河川に対する洪水調整機能増強のスリット設置

(前出のシナリオに基づく：下表)

受益水田：水稻作付率：42%

(各ため池の受益水田とも同率とする)

表5. 2. 14：設置したスリット

ため池	スリットの規模
大池	(なし)
阿弥陀新池	幅0.4m×深さ0.9m
私池	幅0.2m×深さ0.3m
惣毛池	幅0.5m×深さ1.0m
三日月池	幅0.3m×深さ0.5m
東池	(なし)
皿池	幅0.5m×深さ1.0m
市ノ池	(なし)
竿池	幅0.5m×深さ1.0m
弟池	幅0.5m×深さ1.0m

○利水調整

(A) 現状（洪水吐を通じた流出入のみ）

(B) 現状の用排水路を活用し、上流から下流のため池へ補給（貯水率0%となったため池に対して、用排水路を通じて上流側ため池から必要水量を補給する）

(C) 導水路を新設し、用水の不足するため池受益地へ補給（貯水率0%となったため池の受益地に対し、用排水路／導水路を通じて上流側のため池から必要水量を補給する）加えて、東池の貯水容量を増強（2,000m³ → 3,500m³）

○共通

・かんがい期前の各ため池貯水率は100%とします。

◆検討シナリオ

2組の降雨&用水量ごとに、「ため池と水田」「水利調整」を組み合わせた下の4組（合計8通り）のシナリオを検討します。

(1)－(A) (2)－(A) (2)－(B) (2)－(C)

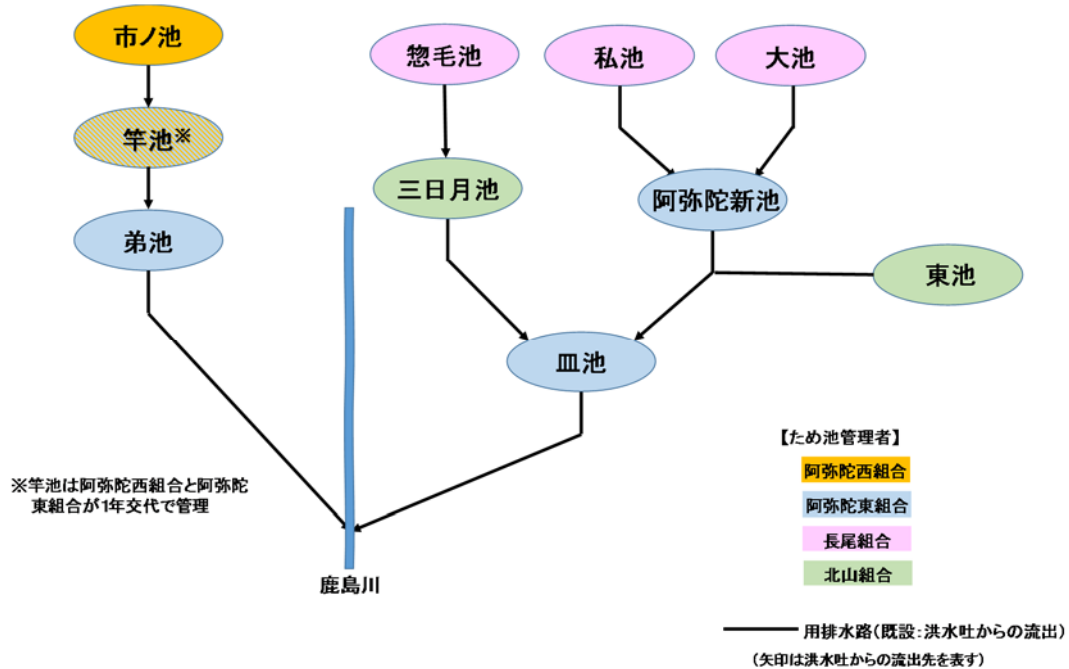


図5.2.19：利水調整（A）
 （現状：洪水吐からの流出・流入のみ）

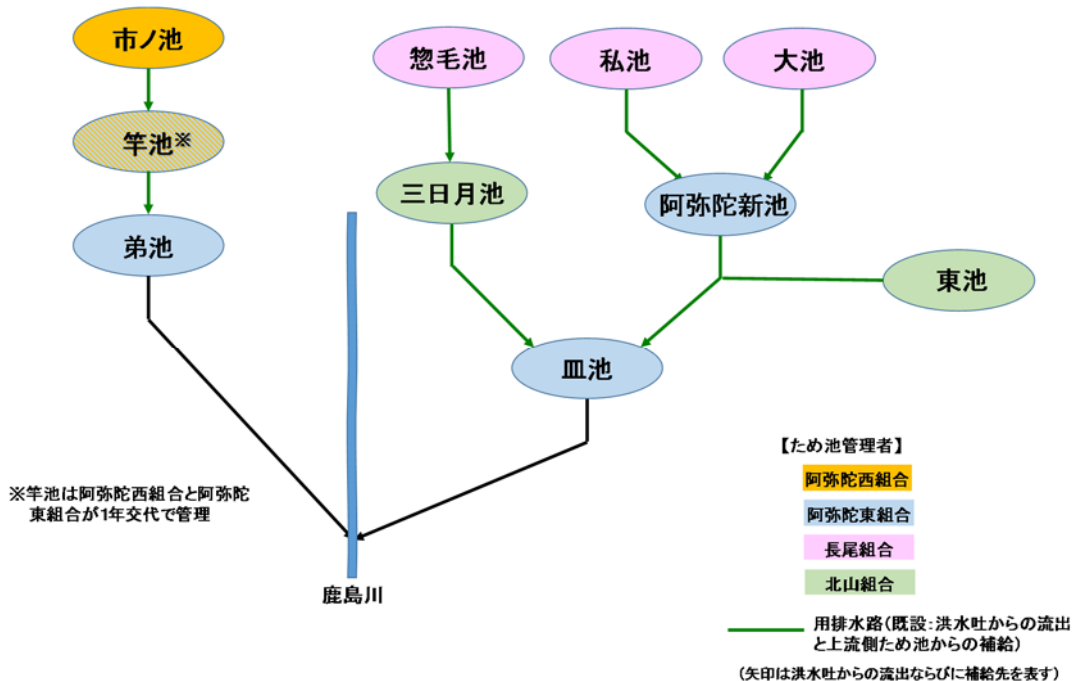


図5.2.20：水利調整（B）
 （現状の用排水路を活用し、上流から下流のため池へ補給）

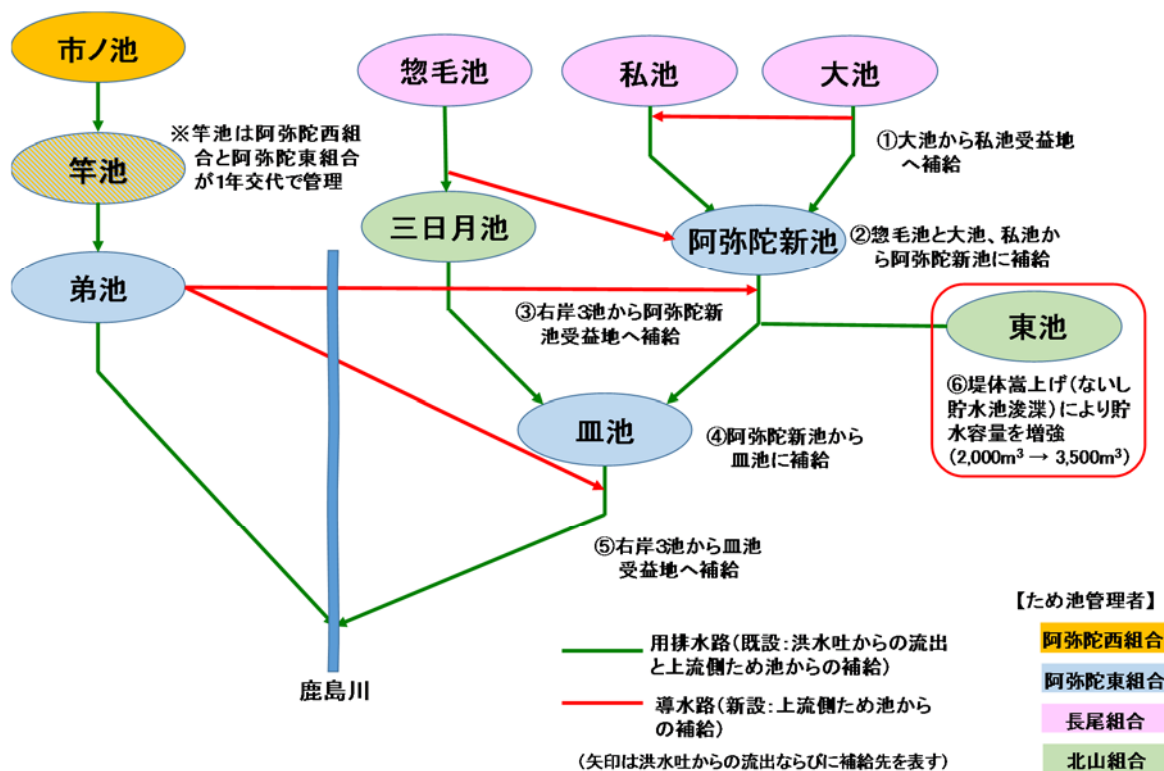


図 5. 2. 2 1 : 水利調整 (C)

(導水路を新設し、用水の不足するため池受益地へ補給+東池の貯水容量増強)

② 検討結果

(ア) 非超過確率年 10 年に相当する 1991 年降雨 (水田かんがい用水量: 平年)

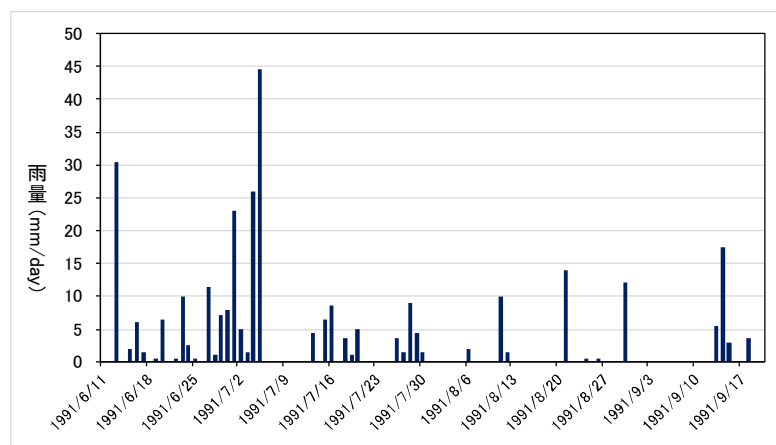


図 5. 2. 2 2 : 検討に用いた雨量データ (1991 年: 姫路)

○シナリオ（１）－（Ａ）

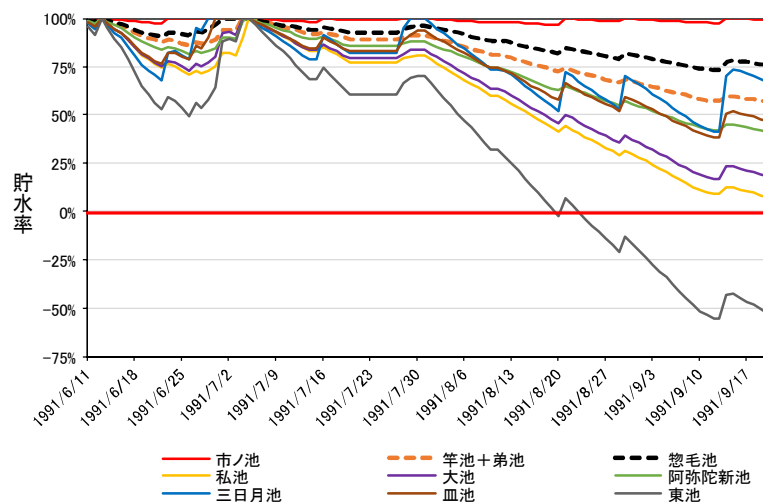


図5. 2. 2 3：かんがい期間中の貯水率の変化（シナリオ（１）－（Ａ））
（ため池・利水運用とも現状のまま）

- ・ 東池を除き、かんがい期間を通じて不足しません。

○シナリオ（２）－（Ａ）

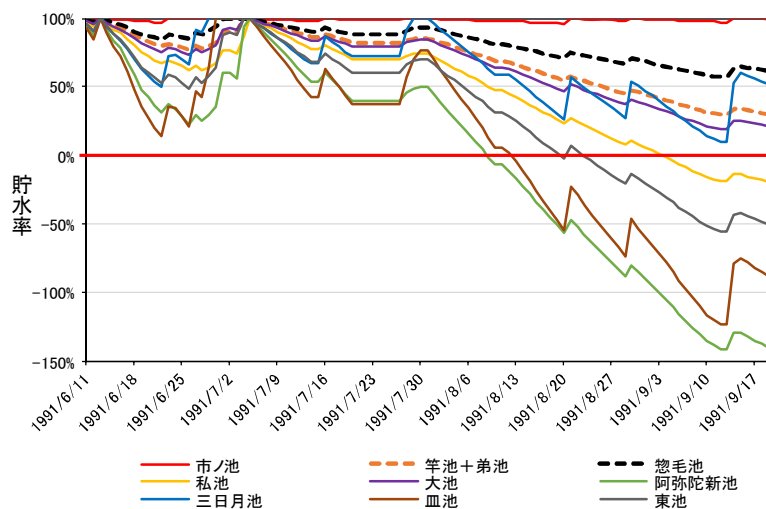


図5. 2. 2 4：かんがい期間中の貯水率の変化（シナリオ（２）－（Ａ））
（スリット設置・利水運用は現状のまま）

- ・ 東池と阿弥陀新池、皿池で大きく不足します。
- ・ 私池においてもかんがい期間末期に不足します。

○シナリオ（２）－（Ｂ）

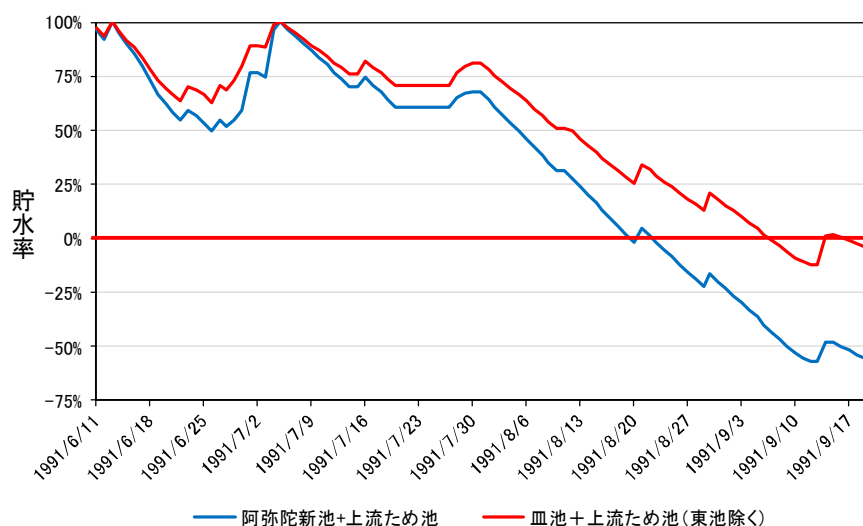


図5. 2. 25：かんがい期間中の貯水率の変化（シナリオ（２）－（Ｂ））
（スリット設置・上流側ため池からも補給）

- ・阿弥陀新池は上流側ため池から補給を行っても不足します（青のグラフ）。
- ・皿池は上流側ため池から補給でほぼ賄うことができます（赤のグラフ。但し、かんがい期間末期に若干不足）。
- ・上流側ため池から補給できない東池と私池の用水不足は解消しません。

○シナリオ（２）－（Ｃ）

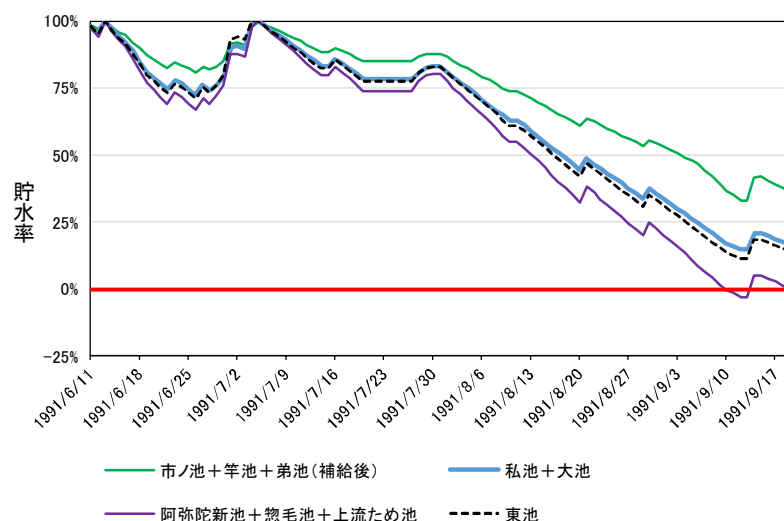


図5. 2. 26：かんがい期間中の貯水率の変化（シナリオ（２）－（Ｃ））
（スリット設置・新設導水路も活用して補給）

- ・私池は大池からの補給で必要な用水を賄うことができます（青のグラフ）。

- ・ 阿弥陀新池は上流側ため池（私池、大池）と導水路による惣毛池からの補給で必要な用水をほぼ賄うことができます（紫のグラフ。但し、かんがい期間末期には若干不足）。
- ・ 鹿島川右岸側ため池（市ノ池と竿池、弟池）から皿池と阿弥陀新池受益地へ不足する用水を補給した場合においても、右岸側ため池の用水は不足しません（緑のグラフ）。
- ・ 東池の用水不足は貯水容量の増強で解消します（黒点線のグラフ）
- ・ 従って、ため池群間で利水調整を行うことにより、全てのため池受益水田においてかんがい期間を通じて用水を確保することができます。

（イ）非超過確率年30年に相当する2008年降雨（水田かんがい用水量：渇水年）

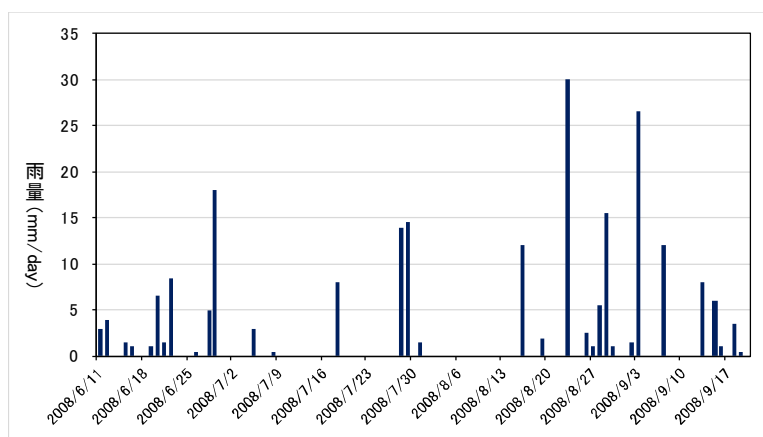


図5. 2. 27：検討に用いた雨量データ（2008年：姫路）

○シナリオ（1）－（A）

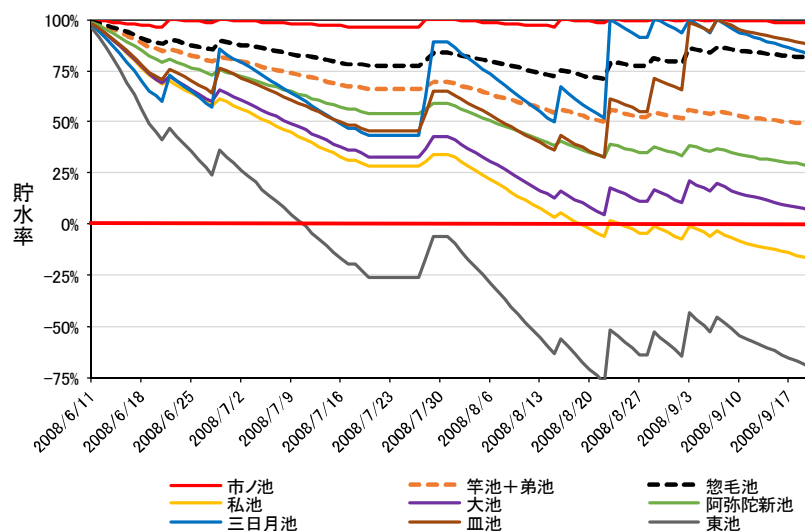


図5. 2. 28：かんがい期間中の貯水率の変化（シナリオ（1）－（A））

（ため池・利水運用とも現状のまま）

- ・ 東池で大きく不足します。私池でもかんがい期間末期に不足します。

○シナリオ（２）－（Ａ）

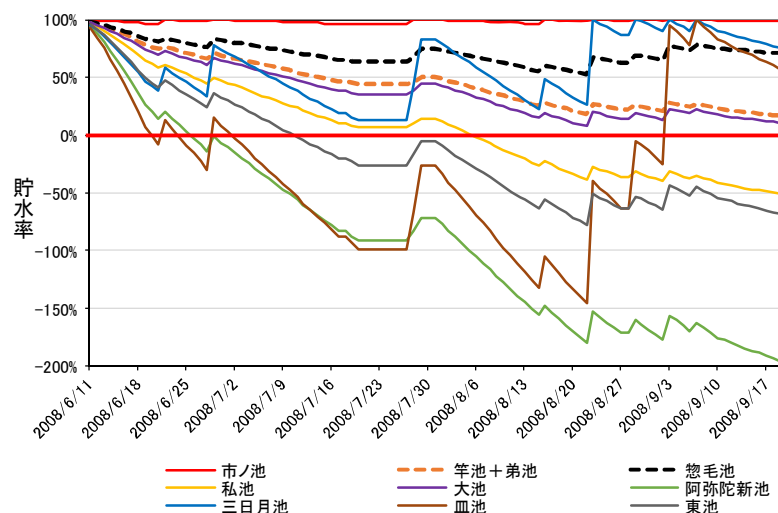


図5. 2. 29：かんがい期間中の貯水率の変化（シナリオ（２）－（Ａ））
（スリット設置・利水運用は現状のまま）

- ・ 東池と皿池、阿弥陀新池、私池で大きく不足します。

○シナリオ（２）－（Ｂ）（上流側ため池から補給する場合）

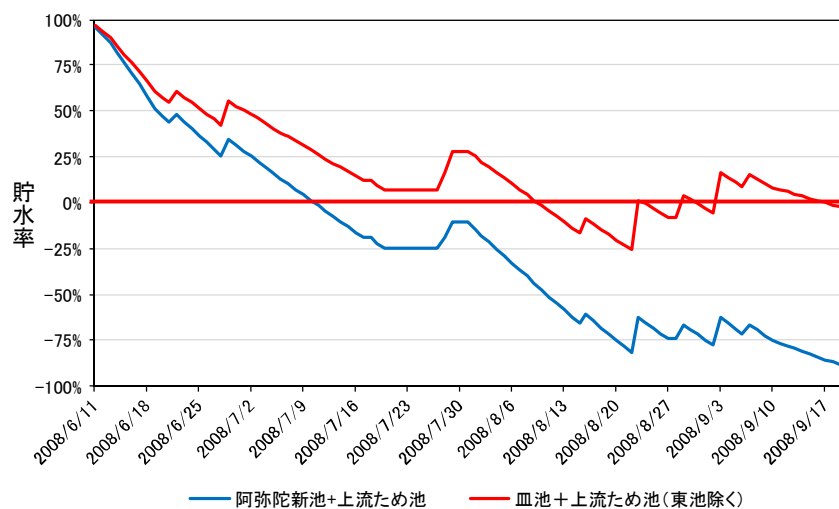


図5. 2. 30：かんがい期間中の貯水率の変化（シナリオ（２）－（Ｂ））
（スリット設置・上流側ため池からも補給）

- ・ 阿弥陀新池は上流側ため池から補給を行っても不足します（青のグラフ）。
- ・ 皿池も上流側ため池から補給を行っても不足します（赤のグラフ）。
- ・ 上流側ため池から補給できない東池と私池の用水不足は解消しません。

○シナリオ（２）－（Ｃ）（新設した導水路も活用して補給する場合）

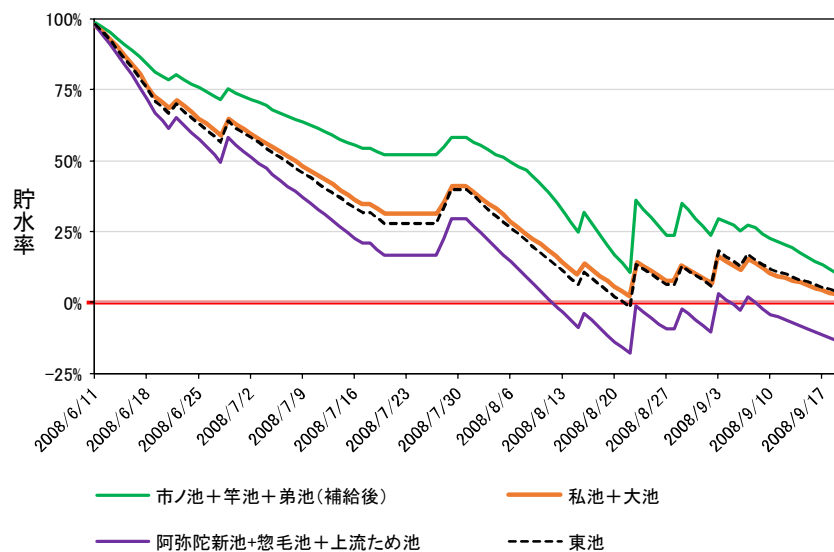


図5. 2. 3 1：かんがい期間中の貯水率の変化（シナリオ（２）－（Ｃ））
（スリット設置・新設導水路も活用して補給）

- ・ 私池は大池からの補給で必要な用水を賄うことができます（黄土色のグラフ）。
- ・ 阿弥陀新池は上流側ため池（私池、大池）と導水路による惣毛池からの補給を行っても用水不足は解消しません（紫のグラフ）。
- ・ 鹿島川右岸側ため池（市ノ池と竿池、弟池）から阿弥陀新池と皿池へ不足する用水を補給した場合においても、右岸側ため池の用水は不足しません（緑のグラフ）。
- ・ 東池の用水不足は貯水容量の増強で解消します（黒点線のグラフ）
- ・ 従って、ため池群間で利水調整を行うことにより、全てのため池受益水田においてかんがい期間を通じて用水を確保することができます。

【総括】

洪水調整機能と利水機能の評価で得られた結果について、総合評価を行います。

① 洪水調整機能

ため池洪水吐にスリットを設置すれば、今池下流区間を除き、地区内の用排水路における溢水は降雨確率 30 年（降雨継続時間 2 4 時間・中央集中型）の降雨に対して防ぐことができます。また、地区内の用排水路の溢水防止に留まらず、ため池群下流の鹿島川の洪水抑止にも寄与します。

これに対して低水位管理や事前放流による水位低下管理は、効果の発現が降雨強度や降雨パターン、降雨継続時間の影響を強く受け、ピーク流出前に水位低下管理で設けた空き容量が満水になった場合の流出量は無対策時と同じとなります。

従って、阿弥陀地区ため池群の洪水調整機能を増強するためには、水理計算に基づいて想定する降雨に対応した規模のスリットを設置することが適切です。

但し、東池は効果を発揮するためには幅の狭いスリットを設置する必要があることや用水が不足すること、今池も洪水調整の効果が小さいことから洪水調整機能を発揮させるため池から除外し、必要な減災対策は用排水路の拡幅・掘り下げで行うことが適当です。

② 利水機能

堤体の嵩上げ等の貯水池の拡張を行わずにスリットを設置して運用した（堰板を取り外した）場合、現行の利水容量からスリット深度に対応する貯水量を洪水調整のための容量として生み出すことになります。

スリットを設置（利水容量を調整して洪水調整容量を設定）した現状の水稻作付率を想定した場合の阿弥陀地区ため池群においては、現行のため池毎の利水運用のままであれば非超過確率 10 年程度の干ばつでも約半数のため池で用水が不足するものの、導水路でため池間を連結して地区内のため池群で一体的に利水運用を行った場合には、非超過確率 10 年程度の干ばつでも用水を賄うことができます。

従って、洪水調整機能の増強のためには、導水路を新設してため池間を連結し、地区内のため池群で一体的な利水運用を行う必要があります。

なお、現状でも用水が不足する東池については、貯水池の拡張による貯水容量の増強を行うことが適切です。

以上より、洪水調整機能活用計画案として、次のようなものが考えられます。

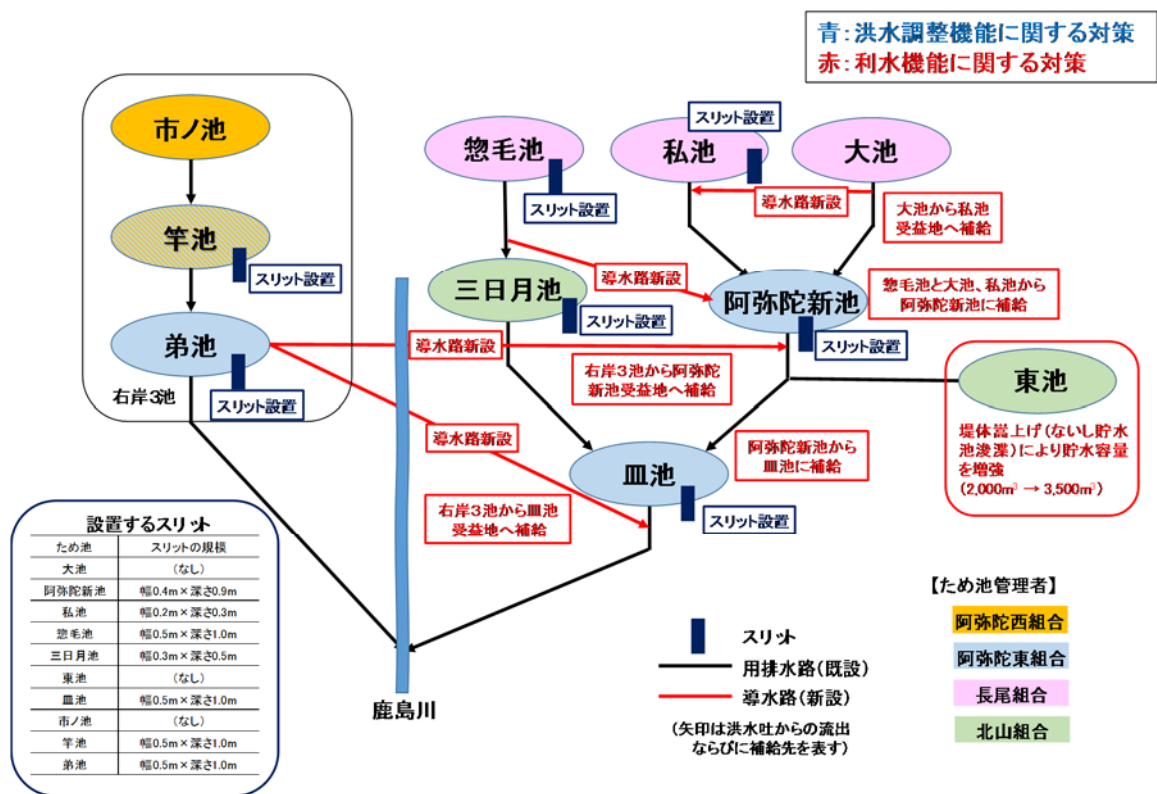


図 5. 2. 3 2 : 洪水調整機能活用計画案