

「ため池等による洪水軽減効果について」

神戸大学教授
田中丸 治哉 氏

第3回揖保川流域治水協議会

ため池等による洪水 軽減効果について

神戸大学大学院農学研究科
食料共生システム学専攻
田中丸 治哉

1



2



兵庫県市川下流における河川改修工事

3



兵庫県市川上流の生野ダム(洪水調節容量を有する多目的ダム)

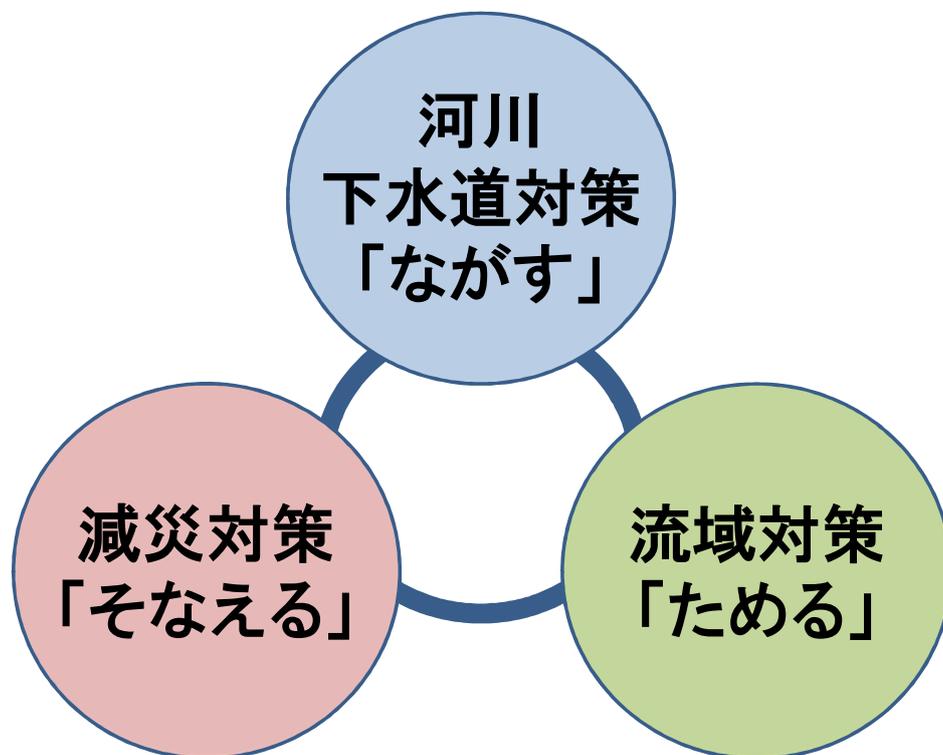
4

総合治水の考え方(1)

● 総合治水 (Comprehensive flood control) とは

総合治水とは、従来推進されてきた**河道・下水道対策** (河道改修, 治水ダム, 遊水地など)だけでなく, 全流域を対象として, **流域対策** (地下浸透施設, 透水性舗装, 雨水貯留施設など) や**減災対策** (建物の耐水化, 警報システム, 避難体制整備, 水害保険など) から成る様々な治水対策を組み合わせるものである。特に流域が持つべき保水・遊水機能を確保し, 河川への流出を抑制する治水対策である。

5



総合治水の考え方

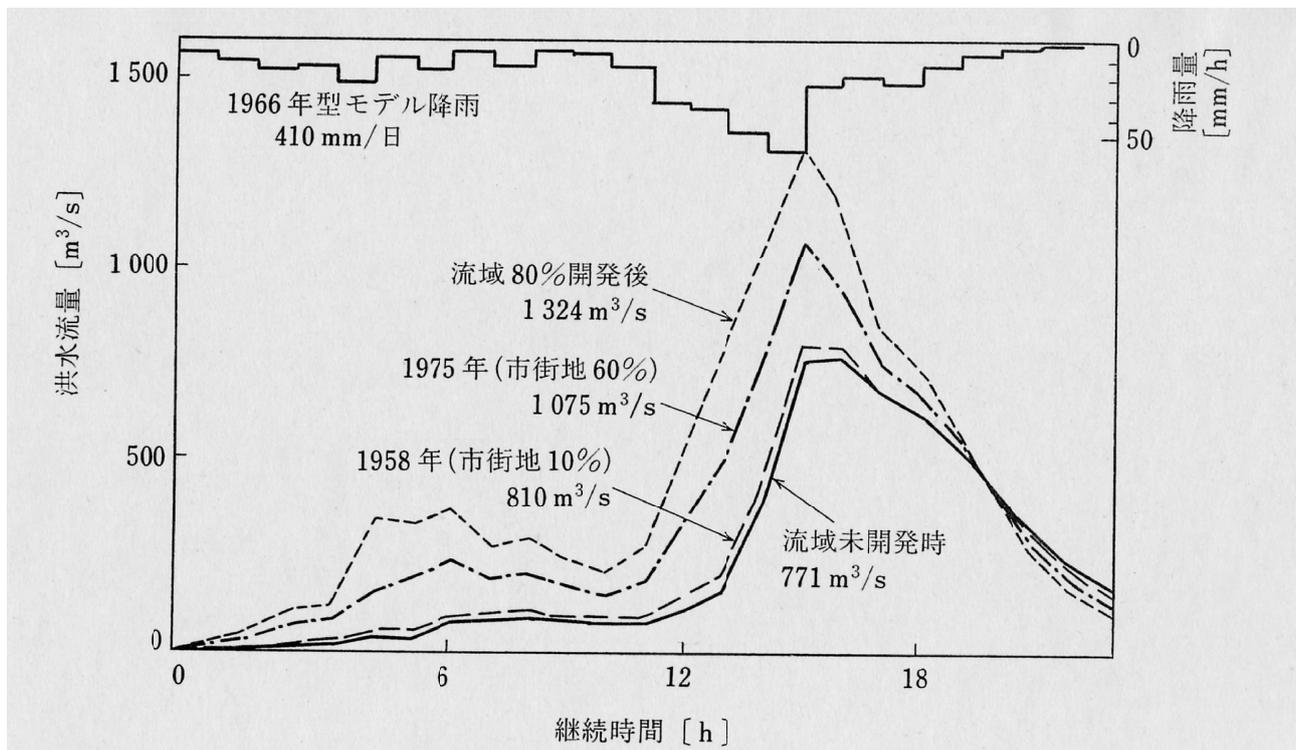
6

総合治水の考え方(2)

● 総合治水が導入された背景

高度成長期以降、各地で流域開発が進行したため、都市化に伴う洪水流量の増大が顕著となり、鶴見川(神奈川県・東京都)、大和川(奈良県、大阪府)など、もはや河道対策だけでは対応できない河川も見られるようになったことから、昭和50年代から総合治水対策が実施されることとなった。

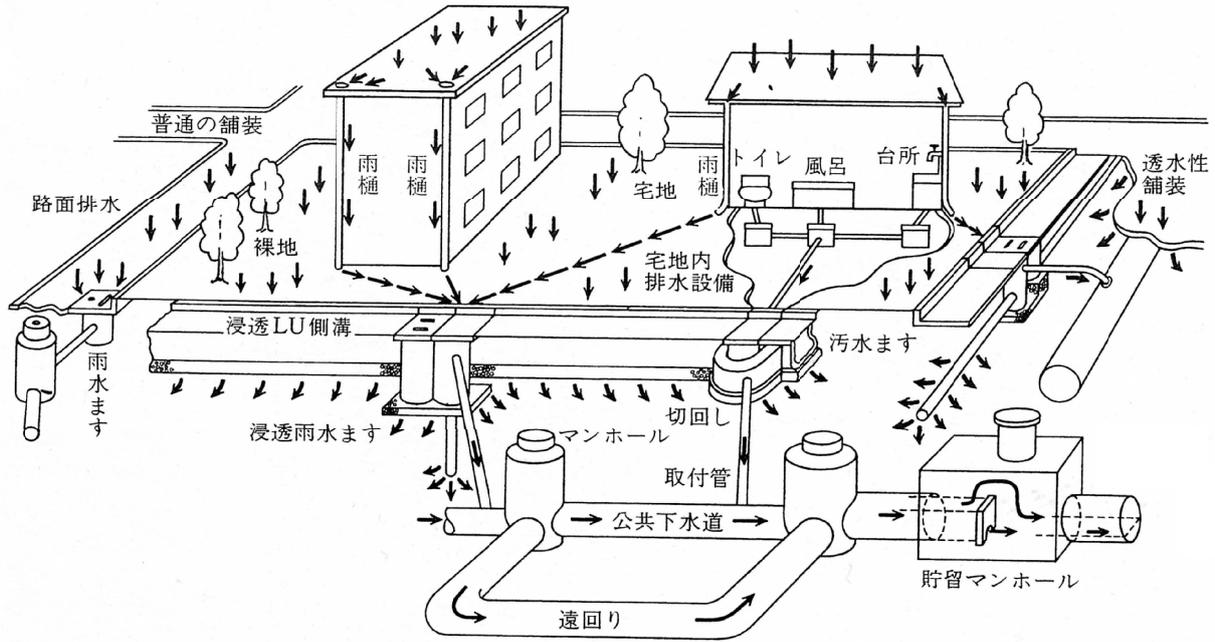
7



鶴見川流域の市街化と洪水流出量の変化

出典 建設省河川局治水課・建設省土木研究所：第38回建設省技術研究会報告

8



雨水の流出を抑制する下水道(東京都下水道局)

出典 高橋 裕:新版 河川工学, 東京大学出版会



大阪府・寝屋川



花園多目的遊水地(寝屋川流域)



花園多目的遊水地(寝屋川流域)



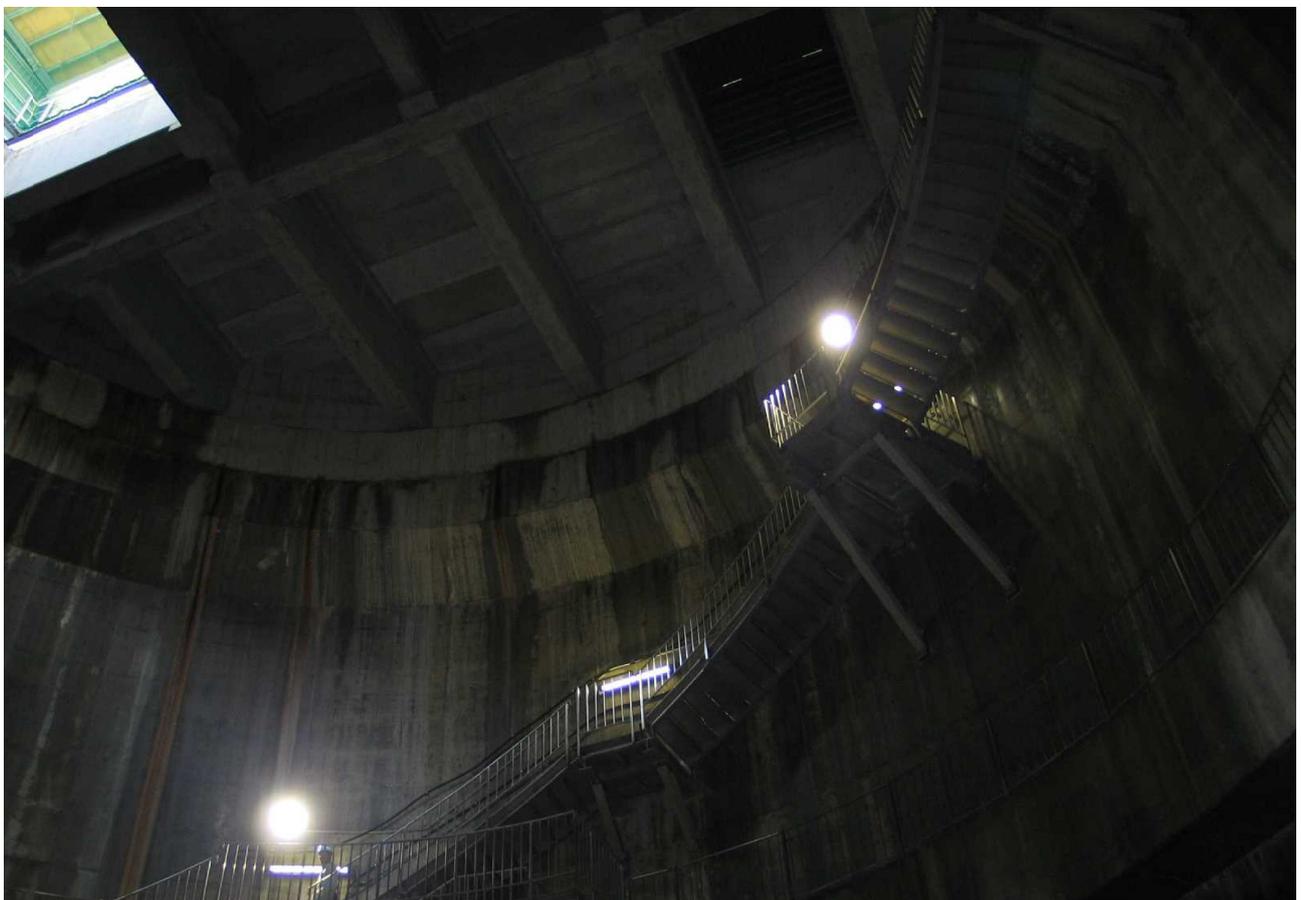
松原南調整池(寝屋川流域)



寝屋川南部地下河川(寝屋川流域)



寝屋川南部地下河川(寝屋川流域)



寝屋川南部地下河川(寝屋川流域)

兵庫県 総合治水条例

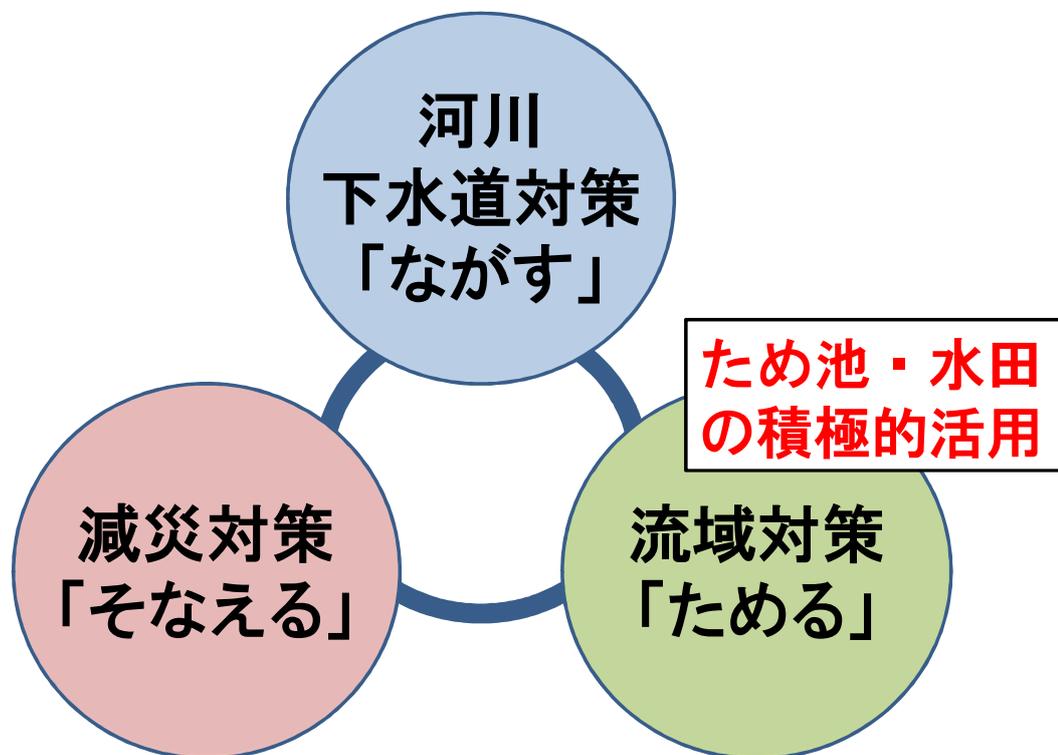
● 総合治水条例

兵庫県は、総合治水の基本理念を明らかにするとともに、総合治水に関する施策を定め、県・市町・県民が協働して総合治水を推進することを目的として、平成24年4月1日に「総合治水条例」を施行した。

● 貯水施設による雨水貯留容量の確保

第26条 利水ダム、ため池その他の雨水を貯留し、利用する目的で設置された貯水施設の管理者は、雨水を貯留するに当たっては、あらかじめその貯水量を減じる等の適切な措置により、大雨に伴う雨水を貯留する容量を確保するようにしなければならない。

17



総合治水の考え方

18

● 総合治水の推進（総合治水条例への対応）

① ため池を活用した雨水貯留

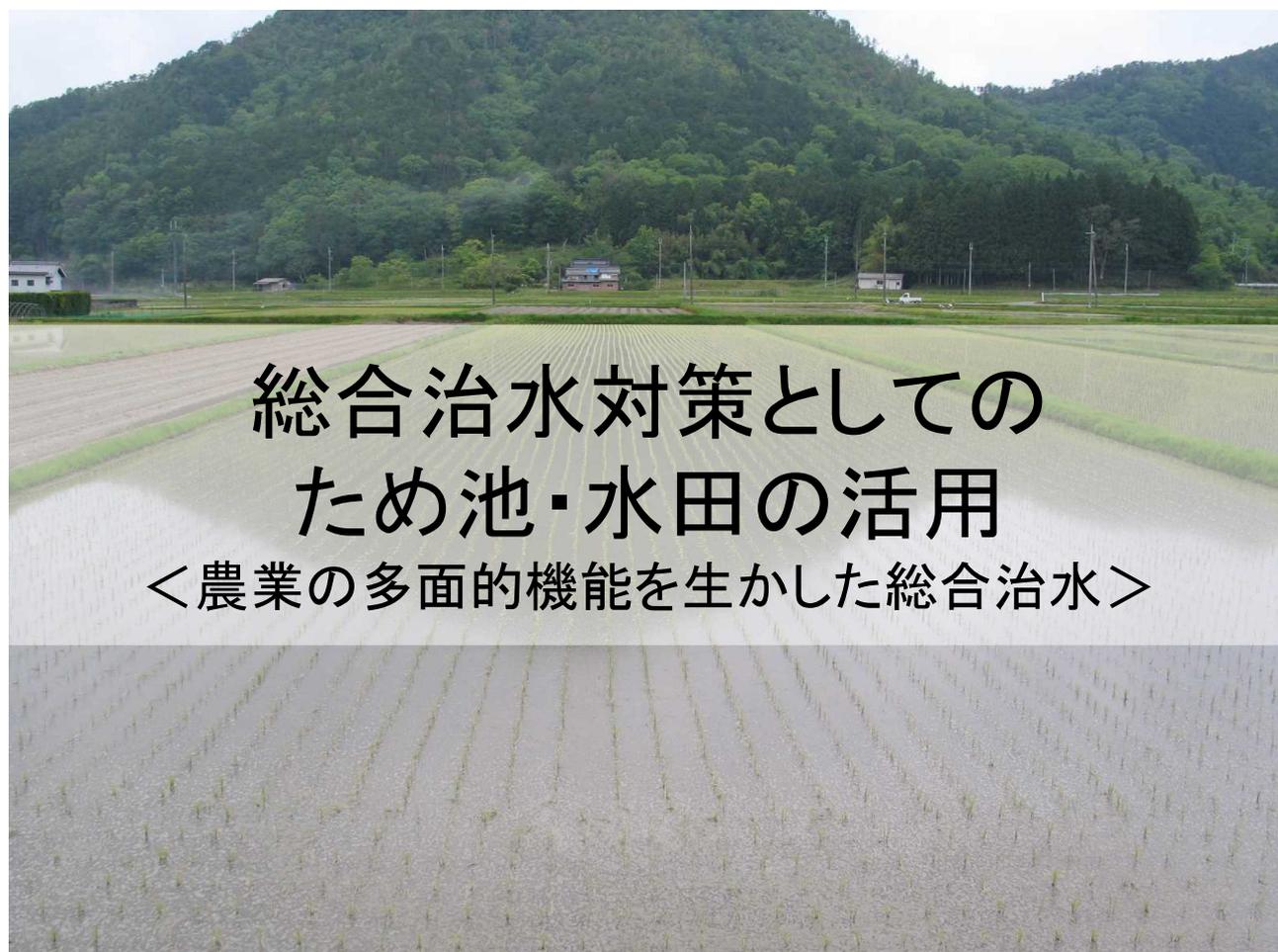
ため池の空き容量を利用して、一時的に雨水を貯留することで治水ダムによる洪水調節と同様の効果が期待できる。

台風等の来襲前に灌漑用取水口を開放して、ため池の水位を下げる直前放流方式の他、洪水吐の整備（越流堰を一部切り下げる等）によって、洪水期の水位を常時下げておく期間放流方式が考えられる。

② 水田を活用した雨水貯留

水田の落水口に堰板を設置して、大雨時に水田に貯留できる水量を増やす方法。農家の方々の協力が得られれば、非常に安価な堰板を用意するだけで、雨水貯留が可能となる。

新潟県では、「**田んぼダム**」の名称で、これまで広範囲に適用されており、その導入効果が実証されている。



兵庫県について特筆すべき点

● 全国一ため池が多い

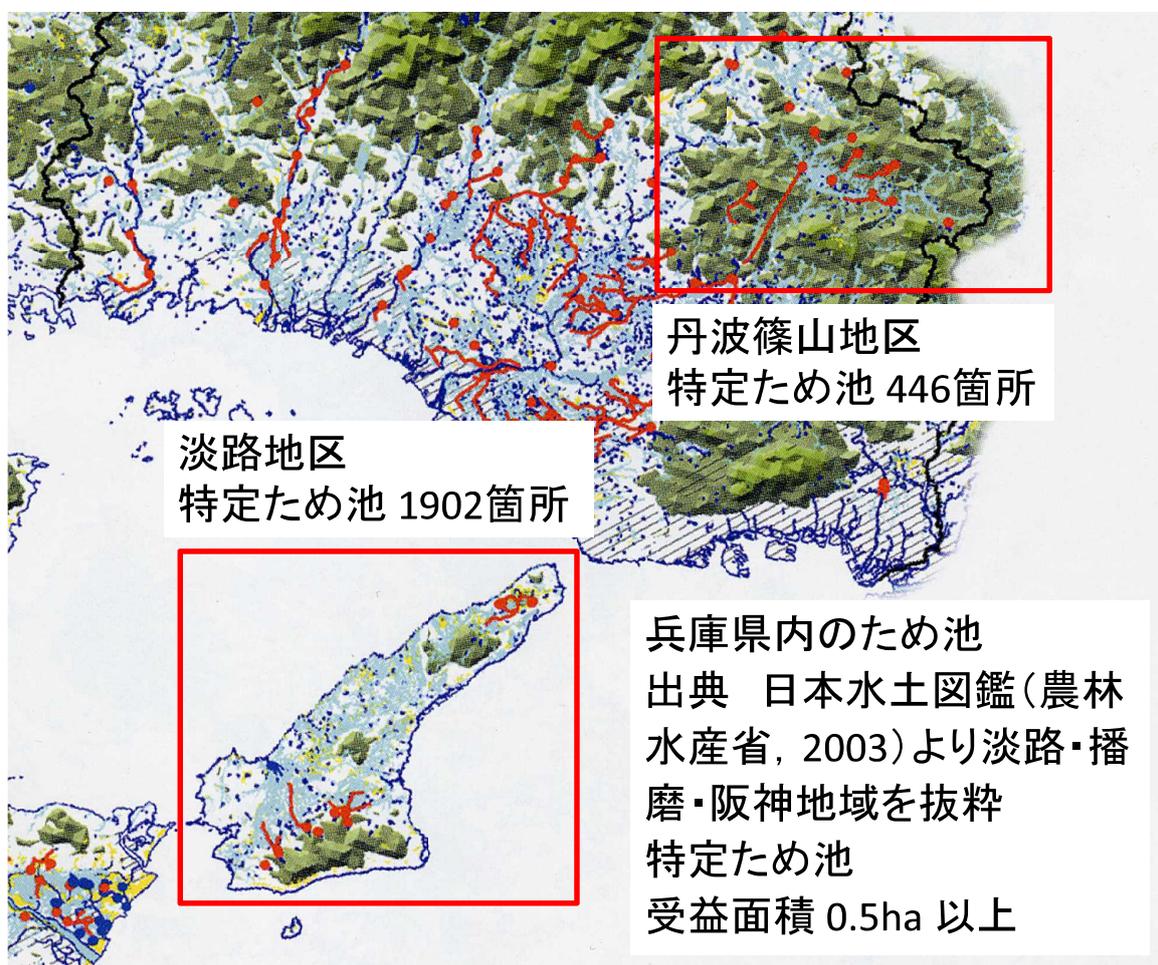
兵庫県内のため池数 **24,400箇所** (2019年4月1日)

農業用水の水源は、全国では約9割が河川なのに対して、兵庫県では約半分がため池である。

● 兵庫県内のため池分布

地区名	ため池数	地区名	ため池数
東播磨	574	北播磨	5,550
中播磨	1,263	西播磨	900
丹波篠山	678	淡路	11,492

21



22

ため池は農業水利施設

できるだけ水位を高く保ちたい

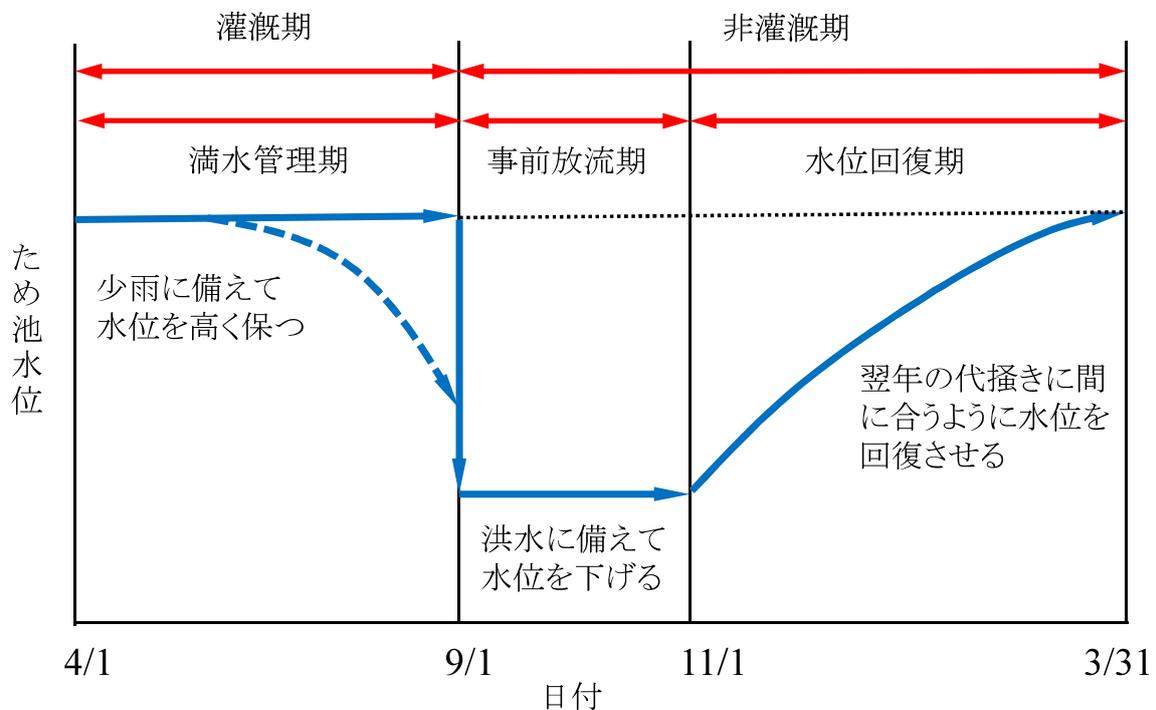
VS

ため池を治水に利用

できるだけ水位を下げておきたい

営農に支障のないため池の減災活用

23



ため池事前放流の考え方(淡路地区)

中谷他, 水土の知(農業農村工学会誌), 84(4), 2016 を一部改変

24

期間限定型のため池事前放流

- ① 対象地区での営農の実態を踏まえ、**営農に支障のない9月及び10月に限定してため池の水位を下げる(=事前放流期)**。
- ② 11月1日から翌年3月31日(淡路地区)にかけて水位を回復させる(=水位回復期)。
- ③ 事前放流期のため池の空き容量は、水位回復期に流入が期待される水量に合致させる(=翌年の田植え前にため池を満水に戻す)。

25

計画上考慮すべき豪雨は9～10月に多い

淡路地区では、2日雨量300mm以上の豪雨のうち約7割は9～10月に観測されている。丹波篠山地区も同様。

淡路地区で観測された過去の豪雨

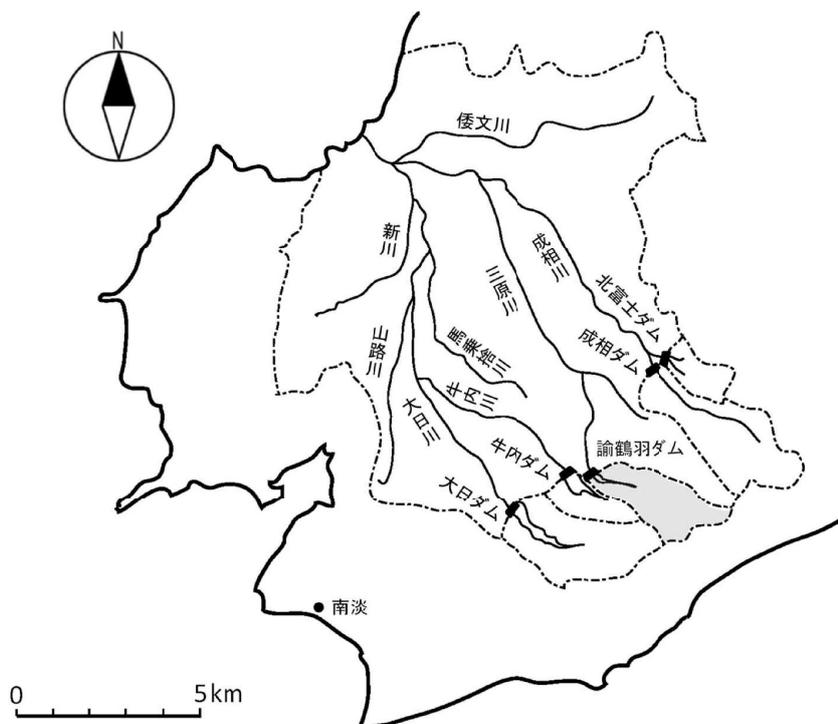
雨量観測点	2日雨量	全期間	うち9～10月
アメダス群家 (淡路市)	300mm以上	3降雨	3降雨(100%)
	200mm以上	12降雨	10降雨(83%)
アメダス洲本 (洲本市)	300mm以上	10降雨	6降雨(60%)
	200mm以上	36降雨	16降雨(44%)
アメダス南淡 (南あわじ市)	300mm以上	4降雨	3降雨(75%)
	200mm以上	13降雨	7降雨(54%)

26

事前放流期のため池水位の決定

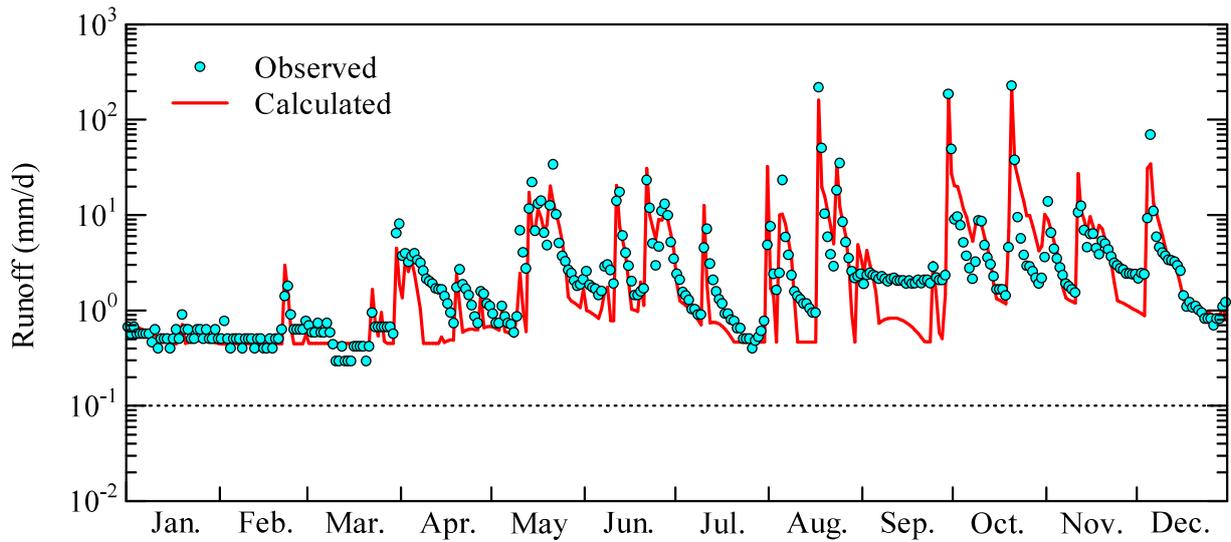
- ① アメダス地点の気象データとタンクモデルによる長期流出解析(37年間)を実施
- ② 所定の非超過確率(渴水確率)に対する水位回復期の確率流入量(比流量)を推定
- ③ 水位回復期に期待できるため池流入量
= 流域面積 × 水位回復期の確率流入量(比流量)
- ④ これと総貯水量のいずれか小さい方を事前放流期の空き容量とし、それに対応する水位低下量を計算

27



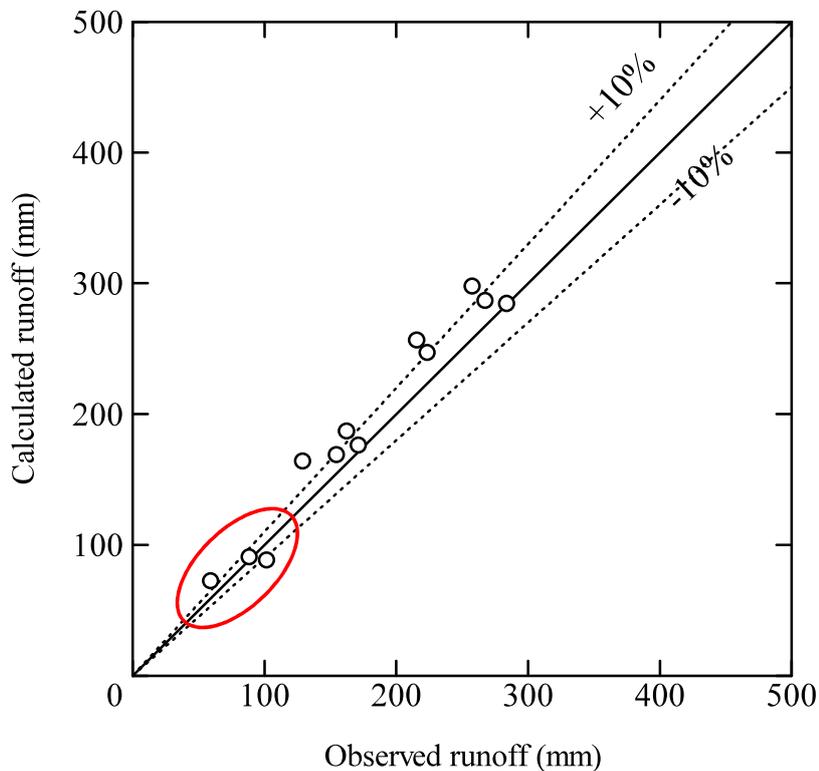
淡路南部・三原川水系の概要図
諭鶴羽ダム流域(4.1km²)に直列4段タンクモデルを適用

28

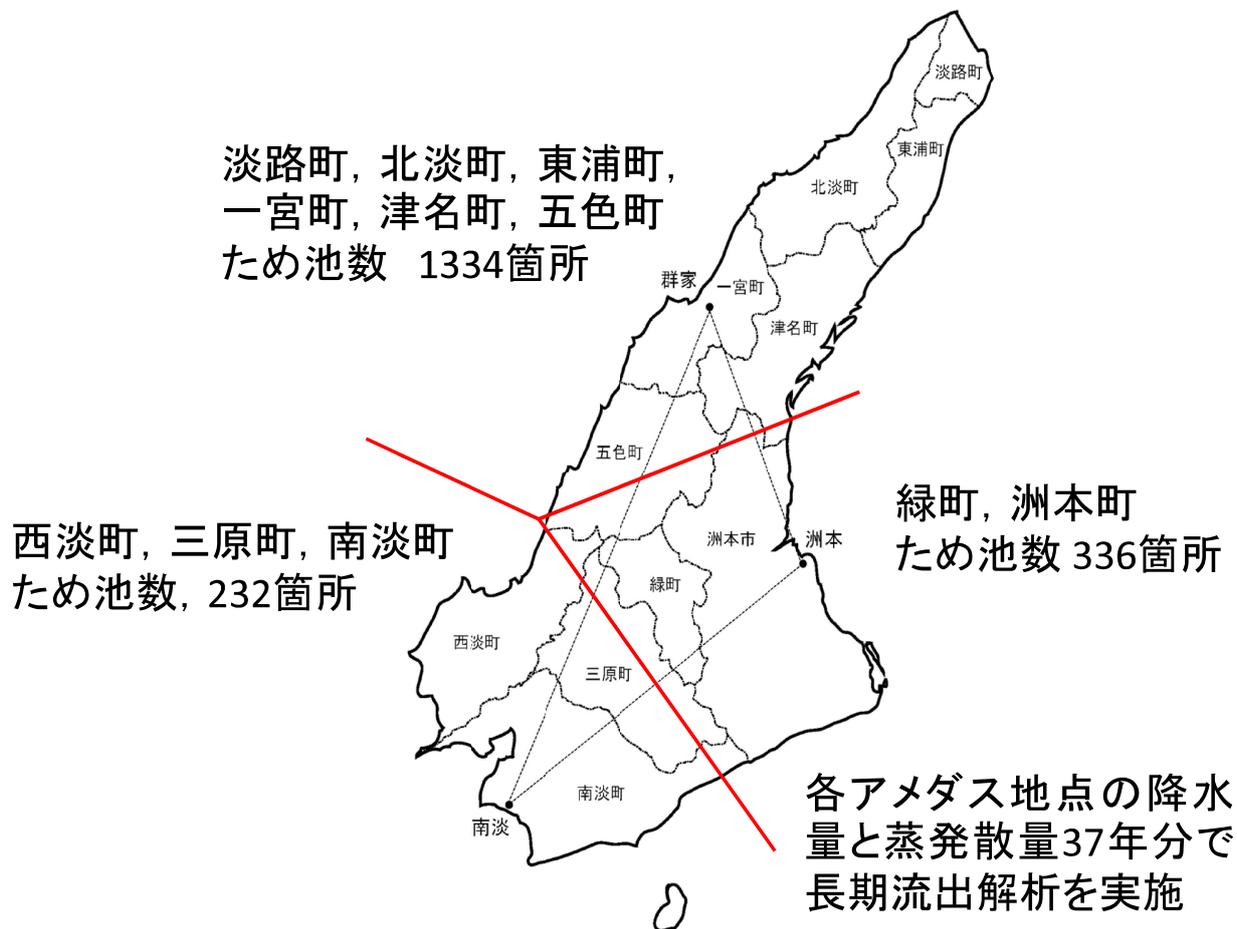


諭鶴羽ダム流域へのタンクモデルの適用結果

同定期間: 1992~1995年 検証期間: 1996~2004年
 検証期間の最終年(2004年), 相対誤差 44.64%



ため池水位回復期の総流出高の再現結果 ($R^2 = 0.963$)



水位回復期の確率流入量 (千 m^3/km^2)

確率	18/37	9/37	4/37	2/37	1/37
群家	58	33	28	24	10
洲本	191	104	78	72	68
南淡	86	54	47	40	35

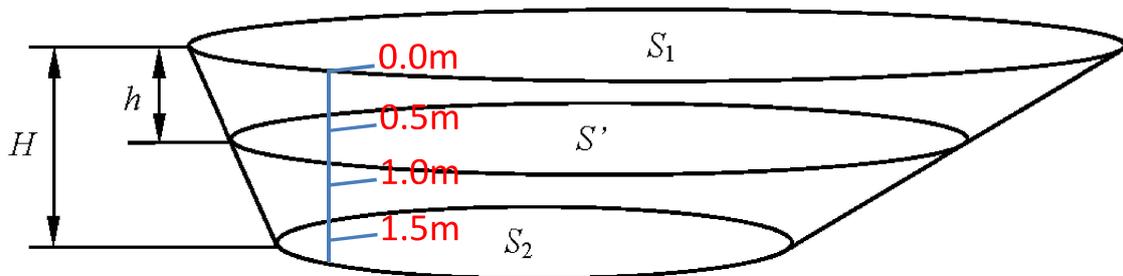
- ① 非超過確率2/37のケースを例にとると、洲本では72千 m^3/km^2 であるから、**三木田大池(洲本市)**で水位回復期に期待できる流入量は、

$$72(\text{千}m^3/km^2) \times 1.93(km^2) = 139(\text{千}m^3)$$

- ② これを事前放流期の空き容量とするが、実用上はこれに対応する水位低下量を求め、水位で管理

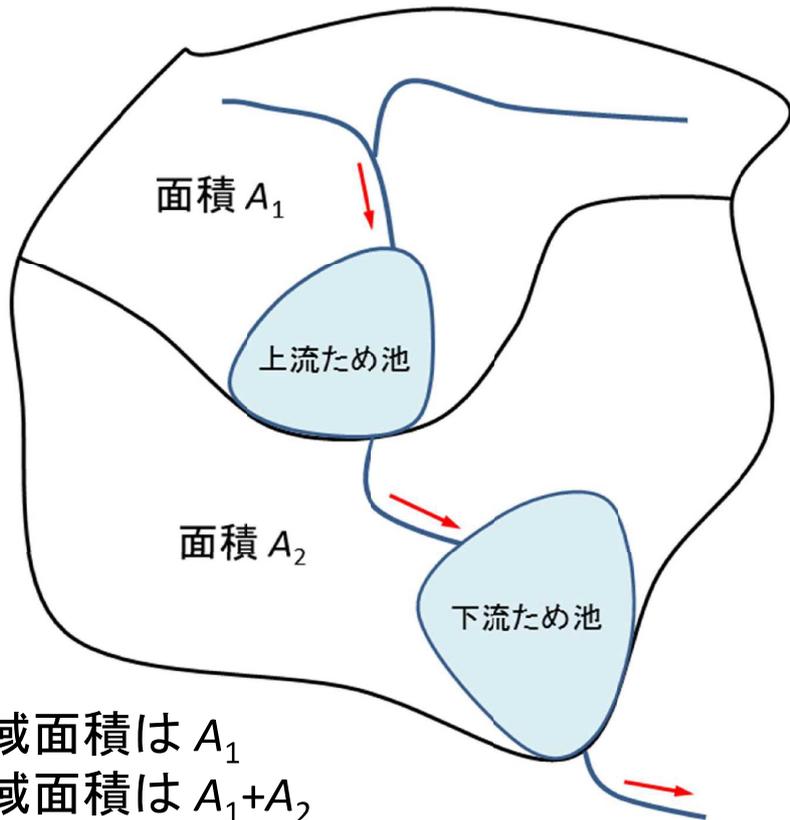


洲本市・三木田大池
 流域面積 1.93 km²
 総貯水量 150,000 m³



水位管理の方法

- ① ため池の内部形状を錐台で近似する。総貯水量，満水面積，堤高に基づいて，底面積を決定する。
- ② 満水面から水位をある設定された刻みで順次下げ，その水位に対応する空き容量 V' を計算する。
- ③ 空き容量 V' が水位回復期の確率流入量を上回らない範囲で最大の水位低下量を採用する。

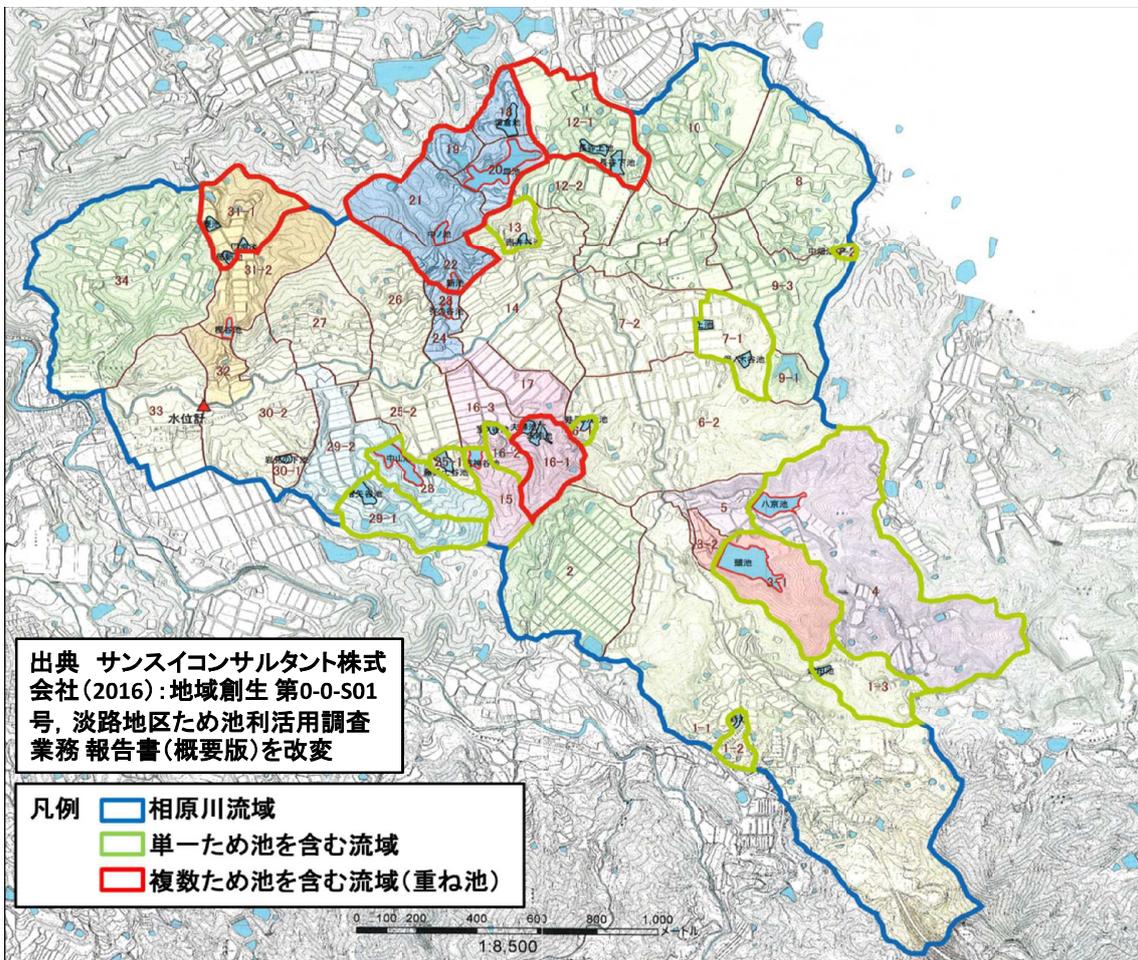


重ね池の例

上流ため池の流域面積は A_1

下流ため池の流域面積は $A_1 + A_2$

→ 下流ため池の寄与面積は A_2



都志川支流 相原川流域 (4.89km²) の場合

特定ため池 24箇所

そのうち単一ため池 13箇所

→ 流域面積そのまま採用

そのうち重ね池 11箇所

→ 流域面積を寄与面積に修正

修正前の雨水貯留容量 33,247 (m³)

修正後の雨水貯留容量 26,847 (m³)

→ 修正後は元の値の0.81倍 (=0.8倍)

この比率を淡路地区全体に適用

37

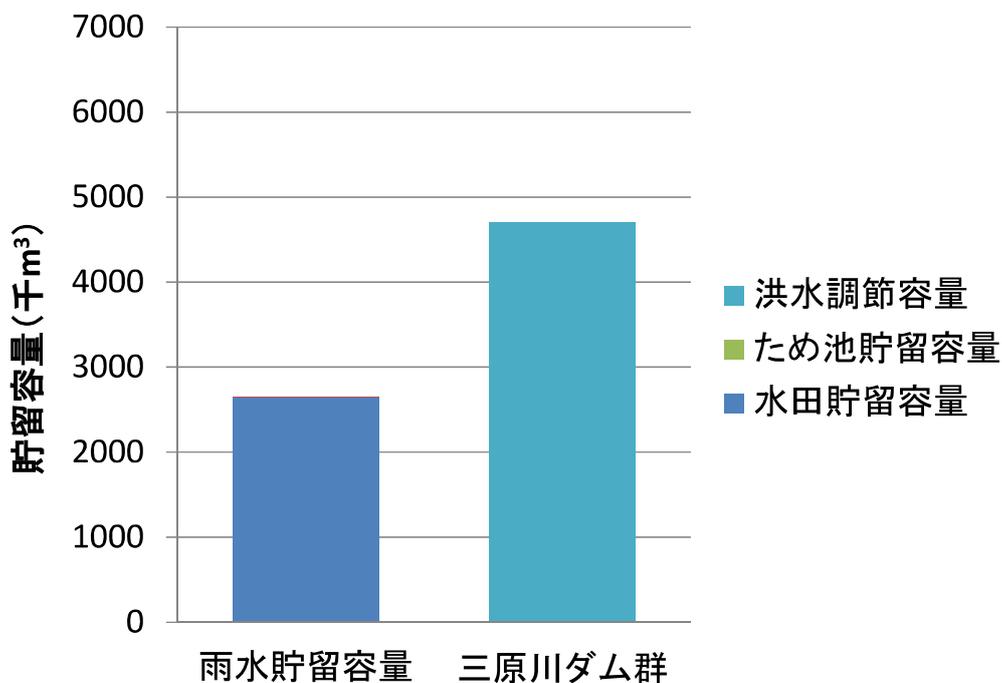
各種の雨水貯留容量 (千m³)

貯留容量種別	ため池貯留容量	水田貯水容量	三原川ダム群 洪水調節容量
淡路市	2213	2162	—
洲本市	1476	2026	—
南あわじ市	2458	2649	4700
合計	6146	6837	4700

注1) ため池の雨水貯留容量は、非超過確率 2/37 (18.5年確率)、
水量管理を実施したときの値

注2) 水田貯水容量は既往最大級の大雨の最大水位による

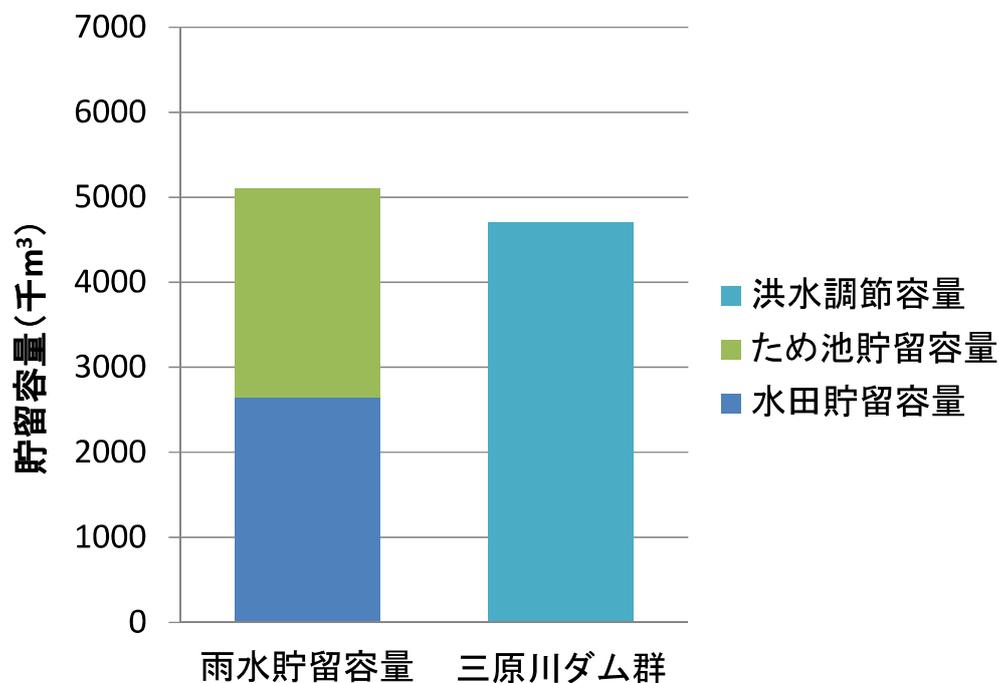
38



南あわじ市の雨水貯留容量と洪水調節容量との比較

水田貯水容量: 既往最大級の大雨の最大水位による

洪水調節容量: 大日, 牛内, 諭鶴羽, 成相, 北富士各ダムの合計



南あわじ市の雨水貯留容量と洪水調節容量との比較

ため池貯留容量: 非超過確率2/37, 水量管理

水田貯水容量: 既往最大級の大雨の最大水位による



兵庫県淡路市・寄合池の洪水吐

41



寄合池の洪水吐に設置された切欠き

42



兵庫県淡路市・宮池の放流管

43



兵庫県淡路市・宮池の放流管(蓋を開けたとき)

44



45

● ため池活用の利点

- ① 既存のため池を活用して、雨水貯留容量を確保することができる。総貯水量の大きなため池であれば、かなり大きな雨水貯留容量を確保できる。
- ② とくに、ため池の直下流では、ほぼ確実に洪水軽減効果が期待できる。
- ③ 期間限定型の事前放流であれば、営農への影響を最小限に抑えることができる。
- ④ 洪水吐の切欠きや放流管を設置すれば、管理に手間を要することなく所定の水位に維持できる。

46

●ため池活用の難点

- ①ため池の水位を下げた場合、渇水時に水位が満水に戻らないリスクが少ないながらも存在する。しかし、ため池を利用する農家が減災効果の受益者でない場合、農家にとって取り組みのメリットがない。
- ②洪水吐の切欠きや放流管がない場合には、水位を下げた状態で保つための放流操作が必要である。
- ③老朽化した改修が必要なため池が多数ある。ため池そのものの安全性を確保する必要がある。



新潟発

地域を水害から守る 田んぼダム

田んぼダムの取組で 地域に安全と安心を

新潟県農地部

田んぼダムってなに？

田んぼダムとは、田んぼがもともと持っている水を貯める機能を利用し、大雨が降ったときに田んぼに一時的に水を貯めることで、洪水被害を軽減する取組です。平成14年度に旧神林町（村上市）で全国に先駆けて取組が始まりました。

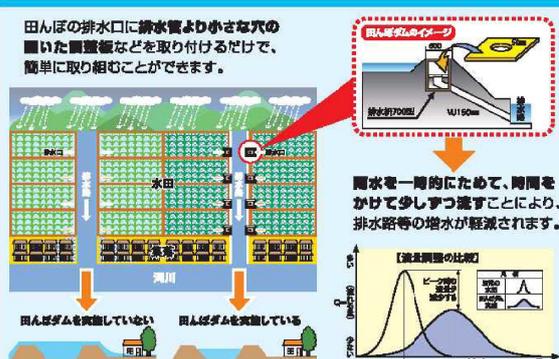
●今何で、田んぼダムが注目されているの？

近年、地球温暖化の影響と思われる局地的な豪雨等により、各地で洪水被害が多発しており、自らを自らで守る自主防災組織などが必要となっています。

田んぼダムで洪水被害の軽減ができます。新潟県では田んぼダムの取組の拡大を目指しています。

●田んぼダムはどうやってやるの？

田んぼの排水口に排水管より小さな穴のついた調整板などを取り付けるだけで、簡単に取り組むことができます。



田んぼダムの仕組み

雨水を一時的にためて、時間をかけて少しずつ流すことにより、排水路等の増水が軽減されます。

【治水効果の比較】

田んぼダムを実施していない場合、急激な増水が発生します。田んぼダムを実施している場合、増水が軽減され、被害も軽減されます。

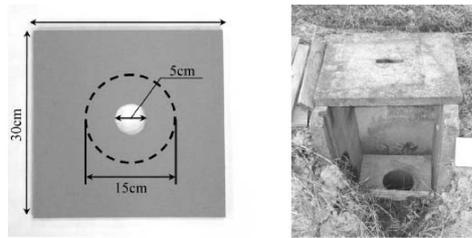


図-1 神林地区で用いられている落水量調整板 (左) と排水マス (右)
Fig. 1 A runoff control device (left) and drainage box (right) in Kamihayashi.

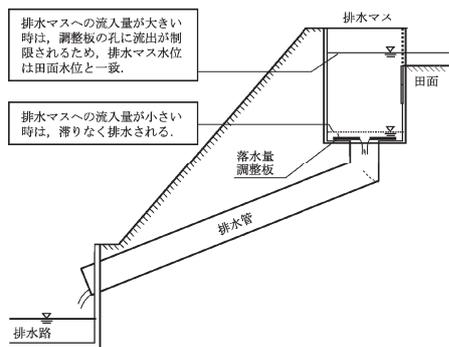


図-2 田んぼダムの流出量抑制機構
Fig. 2 The mechanism of runoff control by Paddy Field Dam.

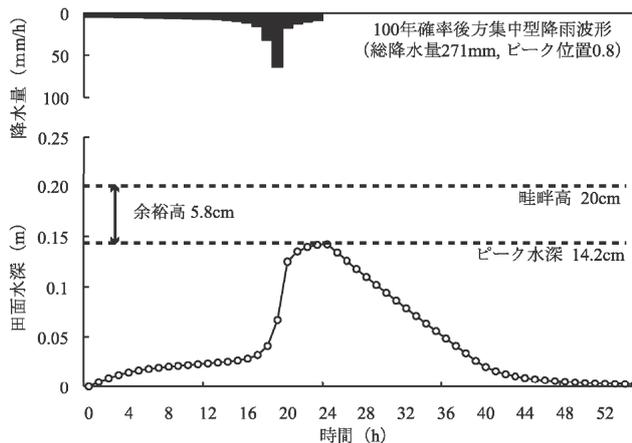


図-3 田んぼダム実施時のピーク田面水深と畦畔余裕高
Fig. 3 Peak water depth of a paddy field plot and extra levee height.

出典 吉川ら:田んぼダムの公益的機能の評価と技術的可能性, 水文・水資源学会誌, 25(5), pp. 271-279, 2011

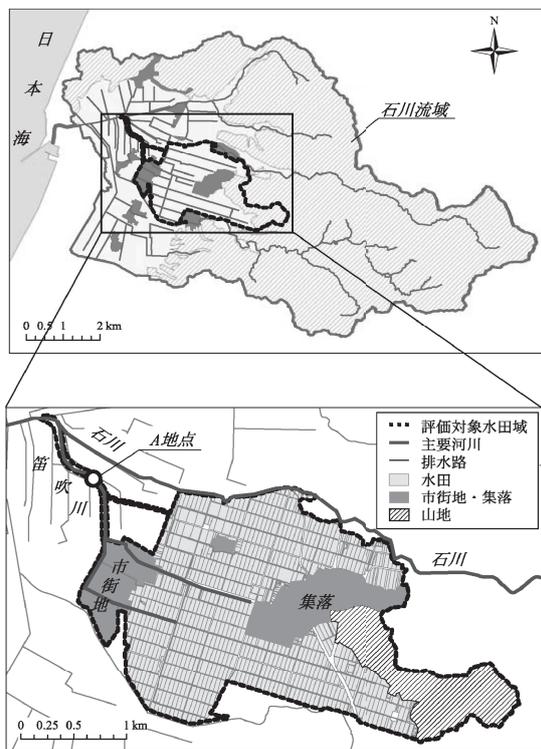


図-4 評価対象地位置図
Fig. 4 Location of the study area.

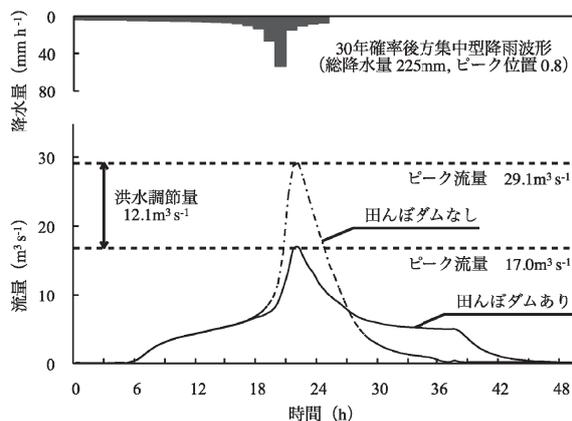


図 5 田んぼダムの取組の有無による笛吹川A地点における流量の計算結果
Fig. 5 The simulation result of discharge at site A on Fuefuki river in the case with and without installation of runoff control devices.

出典 吉川ら:田んぼダムの公益的機能の評価と技術的可能性, 水文・水資源学会誌, 25(5), pp. 271-279, 2011



兵庫県赤穂市・周世における田んぼダムの取り組み

51



兵庫県赤穂市・周世における田んぼダムの取り組み(兵庫県撮影)

52



兵庫県赤穂市・周世における田んぼダムの取り組み(兵庫県撮影)

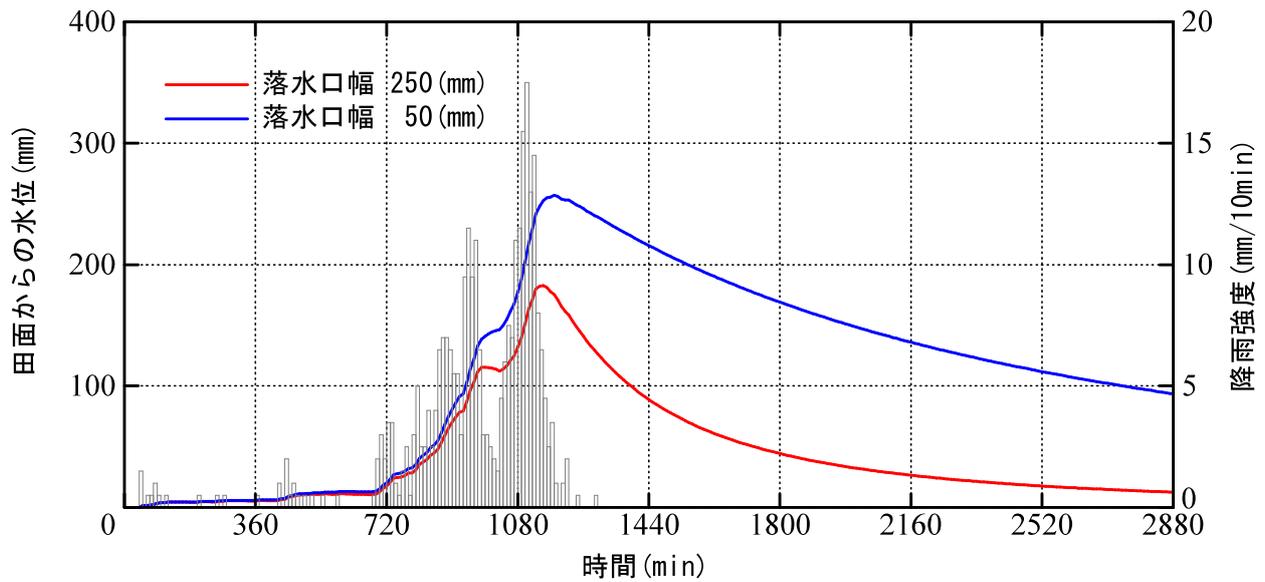
総合治水対策としての田んぼダム

● 田んぼダムの機能

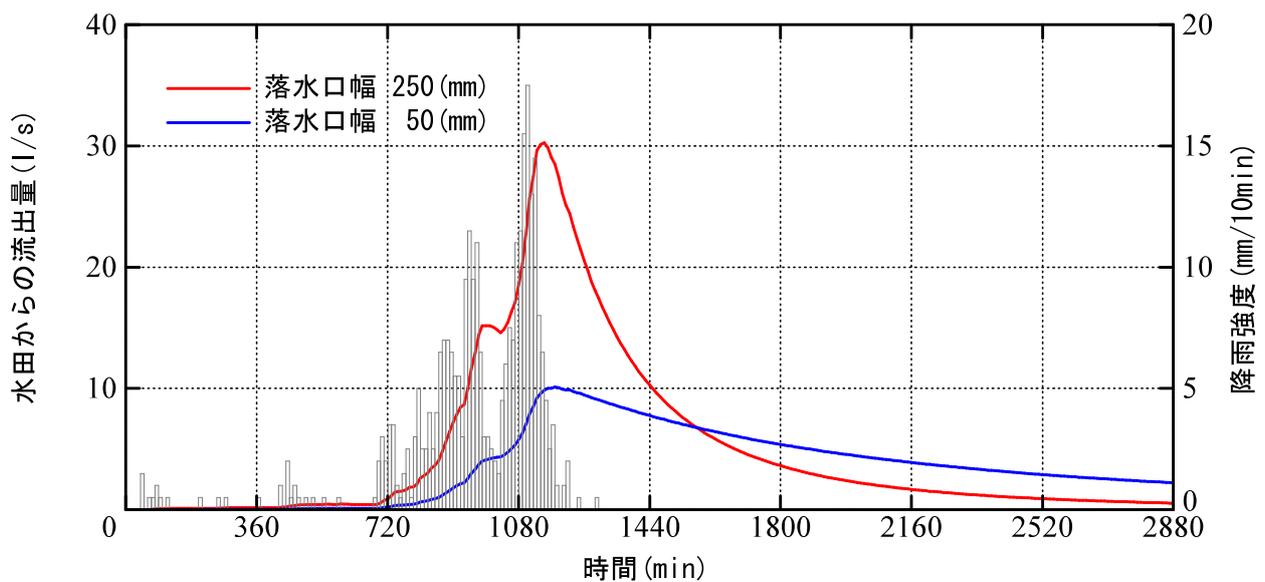
田んぼダムは、水田の落水口に設置した堰板で水田からの排水を抑制し、流出ピークを平滑化することで、洪水を軽減するものである。

● 田んぼダムの利点

- ① 広域で田んぼダムの取り組みを行えば、当該地区からの洪水流量の軽減が期待できる。
- ② 堰板そのものは非常に安価である。
- ③ 平時から堰板を設置しておけばよく、降雨前や降雨中の操作を必要としない。



標準区画(30a)の水田で落水口幅を狭めたときの水田水位の変化
 降水量データ: 洲本 2014年 10月13~14日
 総降水量 296.5mm, 最大1時間雨量 83mm



標準区画(30a)の水田で落水口幅を狭めたときの水田流出量の変化
 降水量データ: 洲本 2014年 10月13~14日
 総降水量 296.5mm, 最大1時間雨量 83mm

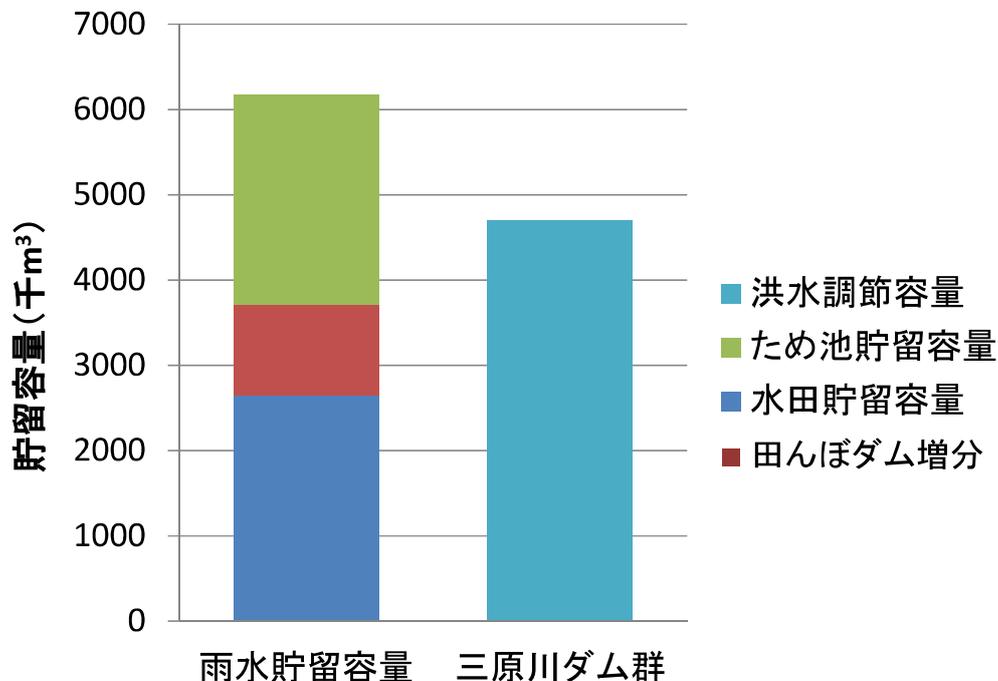
各種の雨水貯留容量(千m³)

貯留容量種別	ため池貯留容量	田んぼダム 水田貯水容量	三原川ダム群 洪水調節容量
淡路市	2213	2517	—
洲本市	1476	2459	—
南あわじ市	2458	3708	4700
合計	6146	8680	4700

注1) ため池の雨水貯留容量は、非超過確率 2/37(18.5年確率)、
水量管理を実施したときの値

注2) 水田貯水容量は既往最大級の大雨の最大水位による
田んぼダムの取り組みは、整備済み水田のみ

57



南あわじ市の雨水貯留容量と洪水調節容量との比較

ため池貯留容量: 非超過確率2/37, 水量管理

水田貯水容量: 既往最大級の大雨の最大水位による

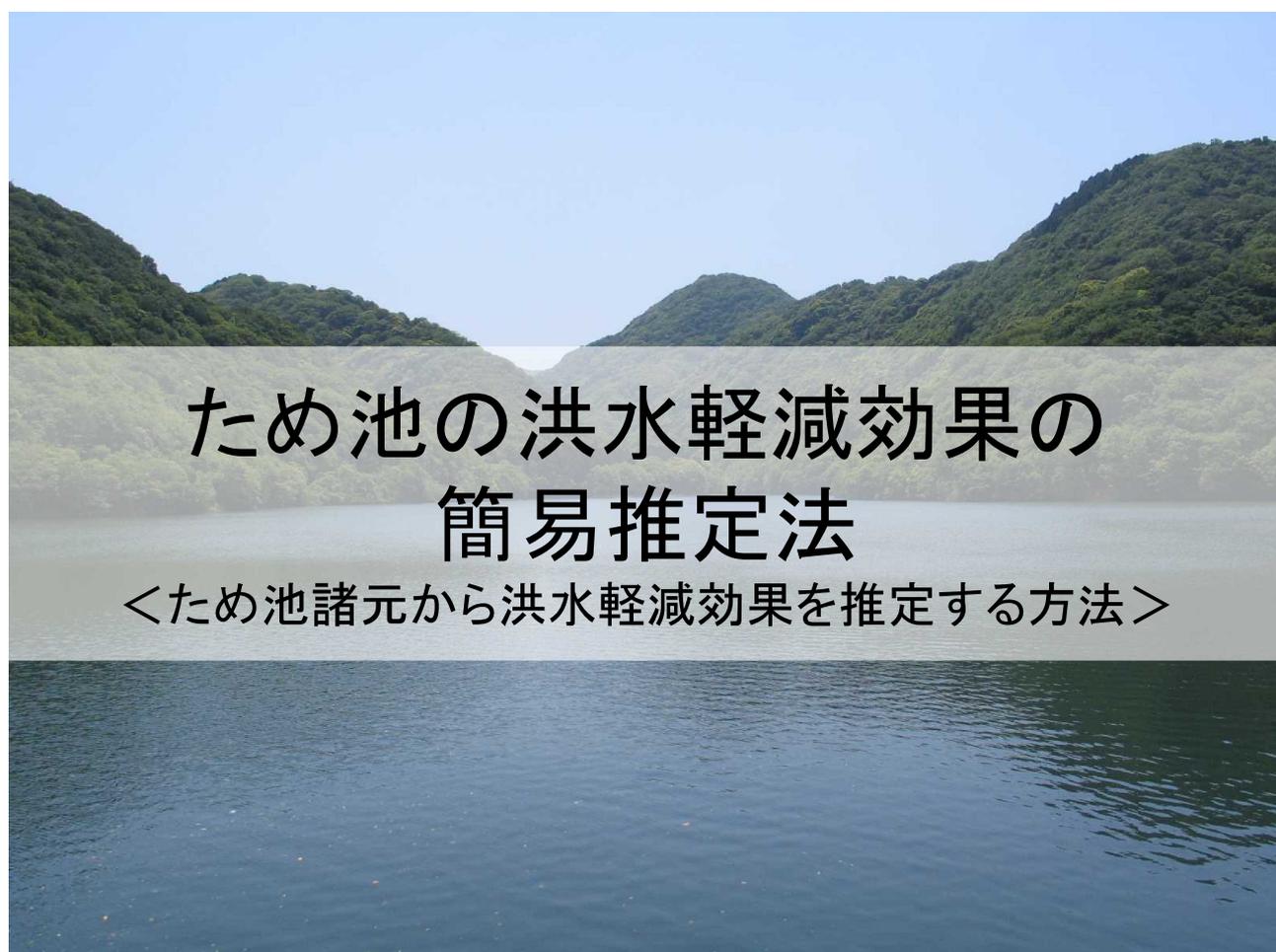
58

● 田んぼダムの難点

- ① 想定を超える豪雨においては、雨水が畦畔を越流するリスクが小さいながらも存在する。
- ② しかし、田んぼダムに取り組む農家が田んぼダムの効果の受益者でない場合、農家にとってメリットがない。
- ③ 田んぼダムの機能を維持するためには、定期的なゴミの除去など、維持管理が必要である。

● 田んぼダムの普及に向けて

- ① 協力農家が受益者である場合は導入しやすいが、そうでない場合は、協力に対するインセンティブが必要。
- ③ できるだけ営農に支障が生じない構造の堰が必要。

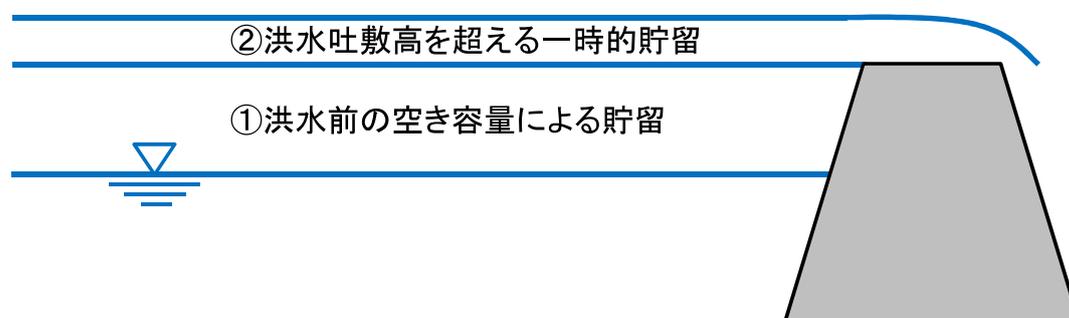


ため池の洪水軽減効果の 簡易推定法

〈ため池諸元から洪水軽減効果を推定する方法〉

● ため池の洪水軽減効果

ため池の洪水軽減効果は、①洪水前の空き容量による雨水貯留と、②ため池水位が洪水吐敷高(常時満水位)を超えたときの一時的な雨水貯留によって発現する。



兵庫県では、営農に支障がない事前放流として、水田灌漑終了後の台風期(9, 10月)に限定してため池水位を低下させ、洪水に備える方法が導入されている。これは①の効果によって洪水軽減を図るものである。

洪水軽減効果の推定目的

● 洪水軽減効果が大きいため池の選定

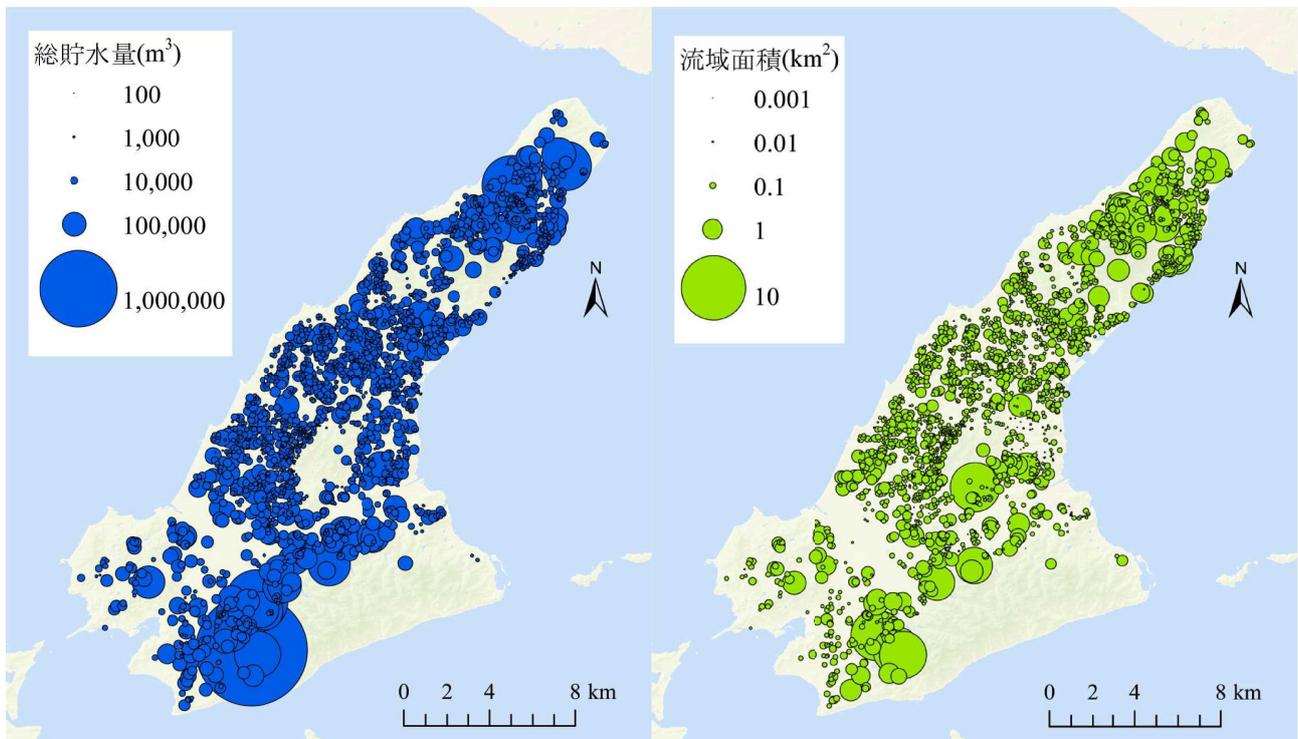
放流管や洪水吐切欠きなどの施設整備のコストと手間を考えると、事前放流による洪水軽減効果が大きいため池から優先的に整備することが望まれる。

● 洪水軽減効果の簡易推定

ここでは、兵庫県・淡路地区のため池1,902箇所、丹波篠山地区のため池446箇所を対象に洪水流出解析を行い、ため池諸元と洪水軽減効果の関係について検討し、洪水軽減効果の簡易推定法を提案する。以下、淡路地区での検討結果を中心として述べる。



安乎堂池(淡路市)における放流管の設置工事



対象ため池 兵庫県・淡路地区のため池(受益面積0.5ha以上) 1902箇所, 洪水吐は, 設計洪水量(200年確率降雨におけるピーク流出量×1.2)を流す通水能を有する改修済みため池を想定

事前放流による洪水軽減効果の評価(1)

● 降雨波形, 有効降雨の設定

アメダス3観測点(郡家, 洲本, 南淡)で求めた10年確率モデル降雨波形(ピーク位置: 前方20%, 中央50%, 後方80%)を使用。有効降雨は南あわじ市の本庄川ダム流域で求めた平均流出率(0.8)をモデル降雨に乗じて推定。

● 洪水流出解析の実施

ため池への流入量は, 杉山らの総合貯留関数モデルで計算。ため池の内部形状を錐台で近似してH-V関係を求めた後, 洪水吐からの越流量を台形堰の流量公式で計算して, 連続式に基づいて貯水量, 貯水位, ため池からの流出量を1分刻みで追跡した。

65

事前放流による洪水軽減効果の評価(2)

● 洪水軽減効果の評価

空き容量による貯留効果 → ピーク低減率

ピーク低減率(%) =

$$\frac{Q_{peak}^{out}(\text{事前放流なし}) - Q_{peak}^{out}(\text{事前放流あり})}{Q_{peak}^{out}(\text{事前放流なし})} \times 100$$

洪水吐敷高を超える一時貯留の効果 → ピークカット率

$$\text{ピークカット率}(\%) = \frac{Q_{peak}^{in} - Q_{peak}^{out}(\text{事前放流なし})}{Q_{peak}^{in}} \times 100$$

66

事前放流による洪水軽減効果の評価(3)

● 検討ケース

降雨ピーク位置(3ケース)

前方20%, 中央50%, 後方80%

事前放流の有無(3ケース)

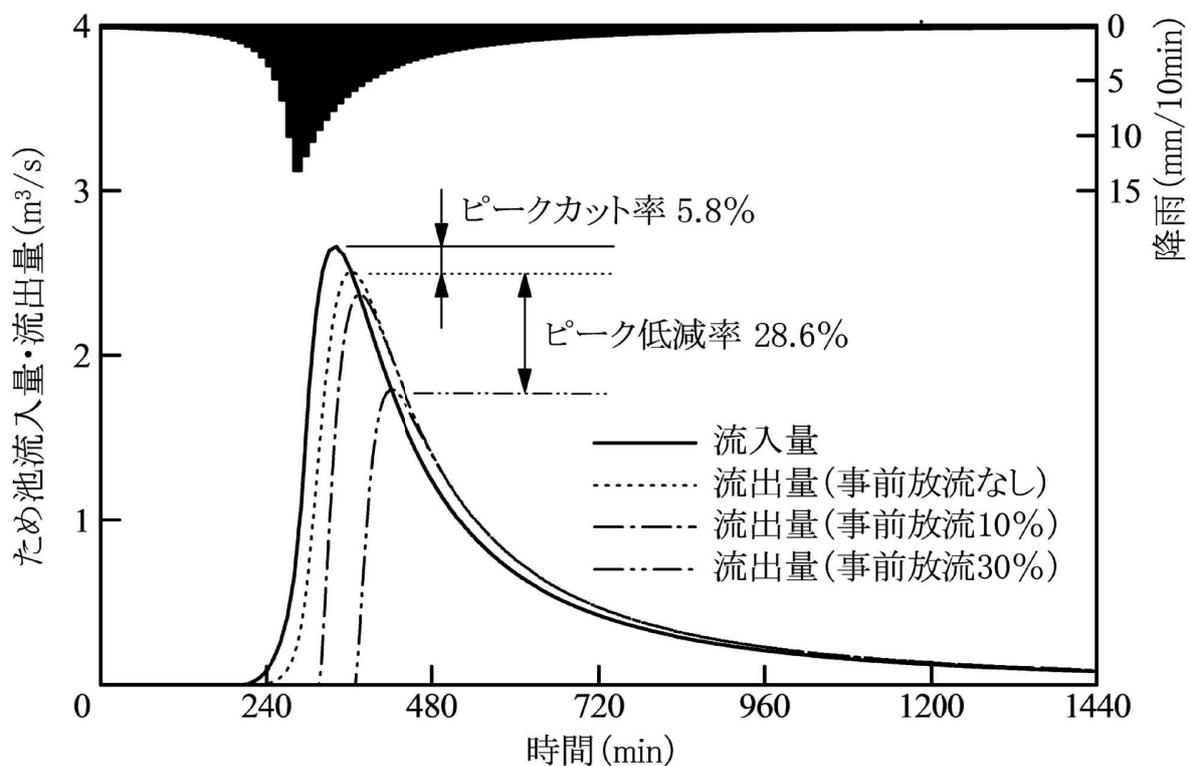
事前放流なし

事前放流あり(総貯水量の10%)

事前放流あり(総貯水量の30%)

全ため池について、合計9ケースの洪水流出解析とため池貯留計算を実施し、ピーク低減率とピークカット率をそれぞれ計算した。重ね池は考慮しない。

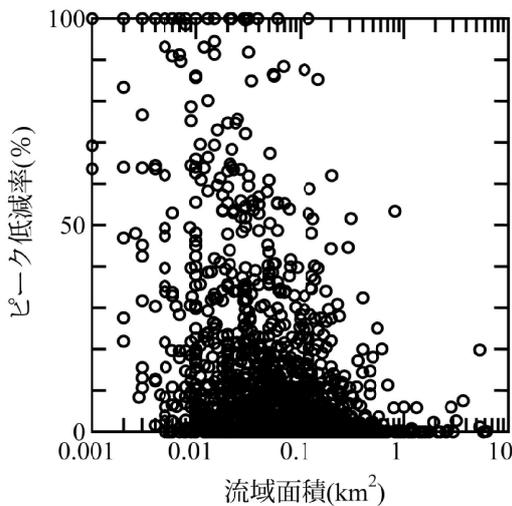
67



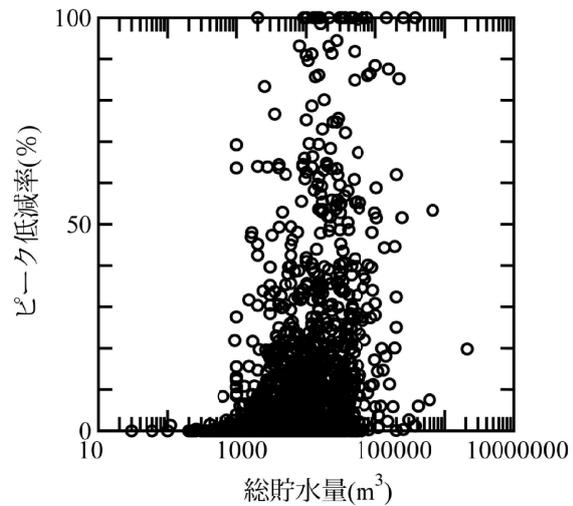
淡路市・御手洗池(総貯水量 $40,000\text{m}^3$)の事例

68

ピーク低減率とため池諸元の関係



流域面積とピーク低減率
の関係(事前放流10%)



総貯水量とピーク低減率
の関係(事前放流10%)

いずれも明確な関係が読み取れない

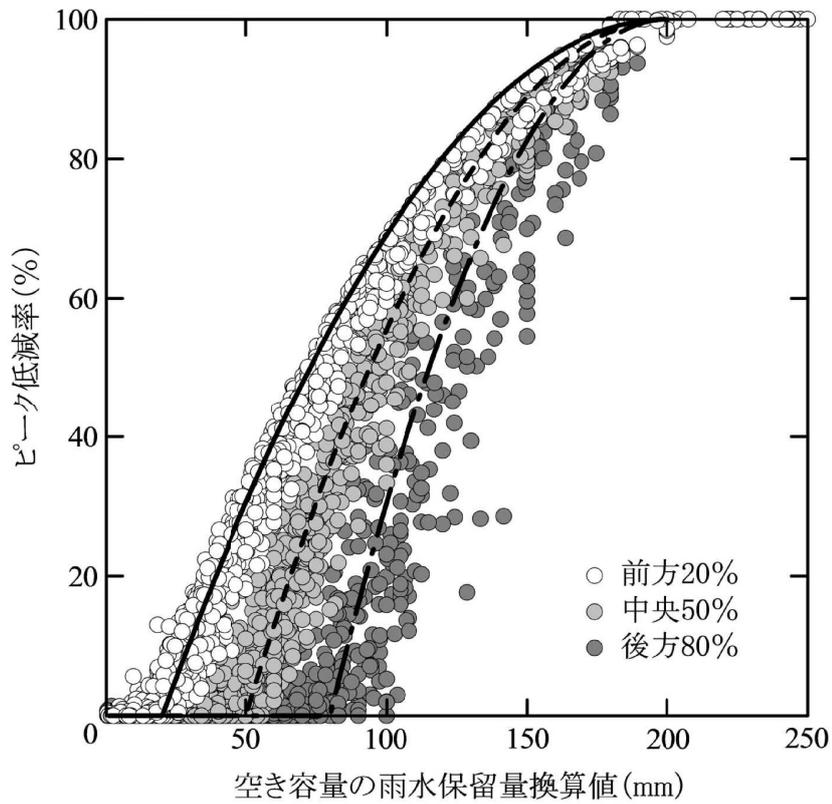
事前放流による洪水軽減効果の評価(4)

●ため池諸元によるピーク低減率の推定

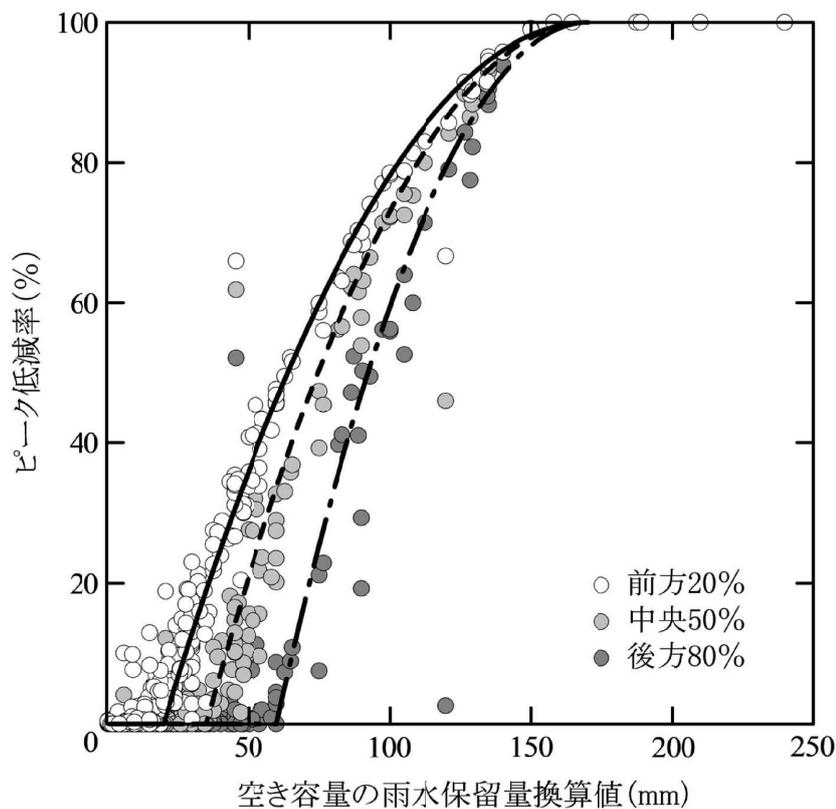
様々なため池諸元の組み合わせを調べたところ、事前放流によって確保された**空き容量を流域面積で除したもの(=空き容量の雨水保留量換算値)**とピーク低減率が明確な曲線関係(二次曲線)を示すことが分かった。

●ため池諸元によるピークカット率の推定

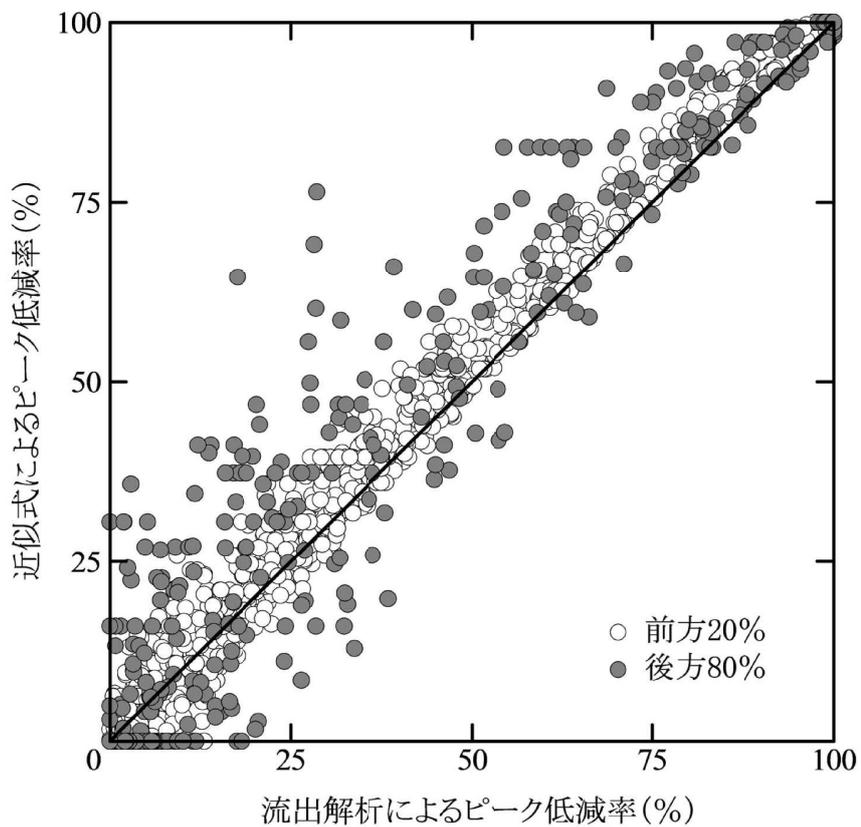
様々なため池諸元の組み合わせを調べたところ、**満水面積の1.5乗を流域面積で除したもの**とピークカット率が明確な曲線関係(対数曲線)を示すことが分かった。



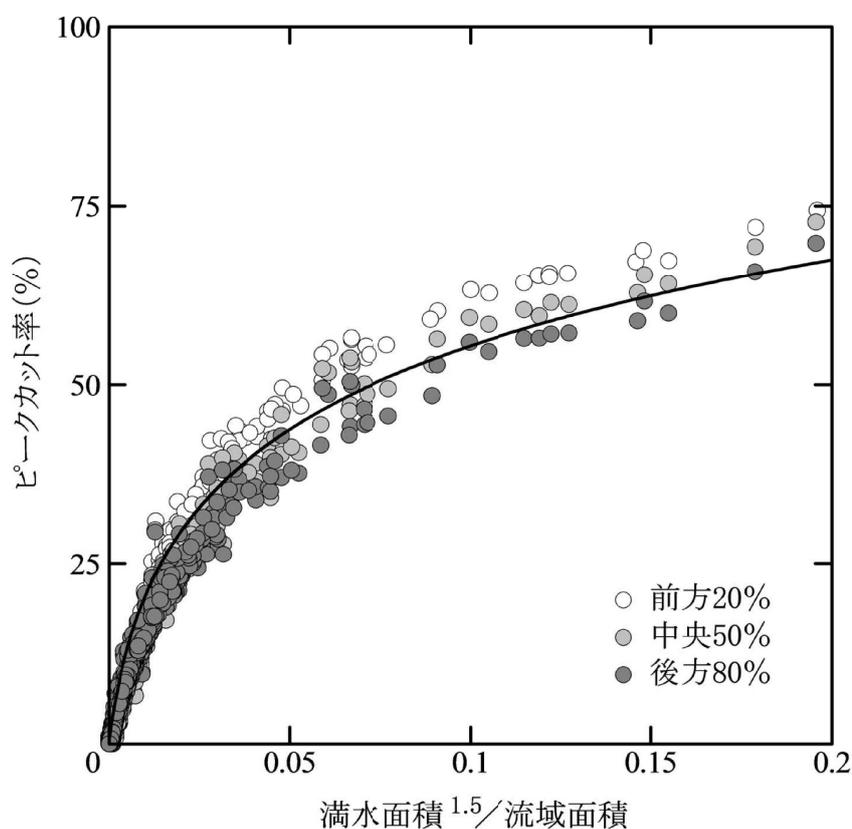
ピーク低減率と空き容量の関係(淡路地区)



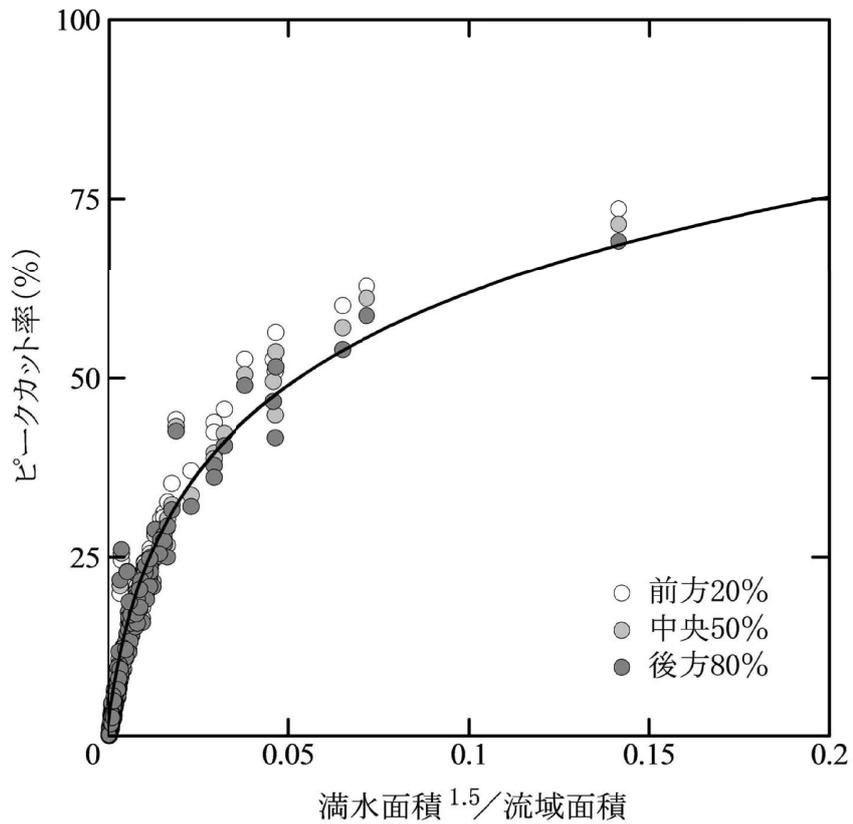
ピーク低減率と空き容量の関係(丹波篠山地区)



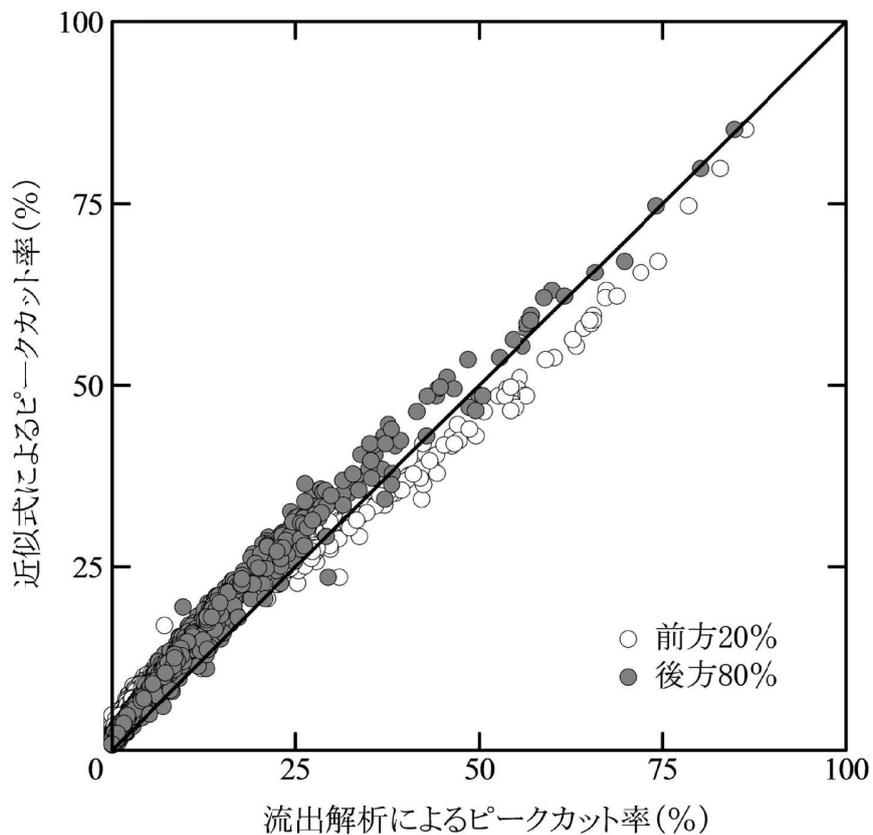
近似式によるピーク低減率の推定精度(淡路地区)



ピークカット率とため池諸元の関係(淡路地区)



ピークカット率とため池諸元の関係(丹波篠山地区)



近似式によるピークカット率の推定精度(淡路地区)

得られた結果

- 淡路地区のため池1,902箇所，丹波篠山地区のため池446箇所を対象に洪水流出解析を行い，ため池諸元と，事前放流による洪水軽減効果との関係について検討した。
- その結果，降雨ピーク位置（前方，中央，後方）に対して，それぞれ**空き容量の雨水保留量換算値からピーク低減率を推定する二次曲線**が提示された。
- さらに，**満水面積と流域面積からピークカット率を推定する対数曲線**が提示された。
- 淡路地区と丹波篠山地区のこれら近似曲線はかなり類似しており，ある程度の一般性が期待できる。

77

おわりに

● ため池活用と田んぼダムの意義とは

ため池や水田は，言うまでもなく農産物の供給を目的として設置されているから，これらを減災に活用することは，正に**農業・農村の多面的機能の発揮**に他ならない。

ため池や水田での雨水貯留は，流域の保水・遊水機能を強化する明確な効果を有することから，**有力な総合治水の取り組みの一つ**と位置づけられる。

兵庫県が全国に先駆けて平成24年4月に施行した「総合治水条例」の目的に合致するものである。

78



ご清聴ありがとうございました