

目 次

第1章 手引き作成の背景と目的	1
1.1 背景.....	1
1.2 手引きの目的.....	2
第2章 ため池の機能と役割	4
2.1 ため池のかんがい機能と多面的機能.....	4
2.2 ため池の形態による特徴と構造、水位.....	5
2.3 ため池の洪水調節機能.....	10
第3章 ため池の低水位管理	11
3.1 基本的な考え方.....	11
3.2 対象となるため池.....	13
3.3 低水位管理の時期と手法.....	15
3.4 具体的な手順や留意点.....	19
第4章 取組の効果	25
4.1 低水位管理に取り組んだ場合の効果.....	25
第5章 ため池の日常管理と利用可能な事業	27
5.1 ため池の日常管理.....	27
5.2 利用可能な事業及びため池事前放流の取組み実施に関する問合せ先(令和6年度時点).....	33
第6章 参考資料【市町・県担当者向け】	36
6.1 短期流出モデルの作成.....	36
6.2 短期流出モデルによる洪水抑制効果の検証.....	42
6.3 洪水抑制効果試算マニュアル.....	45

第6章 参考資料【市町・県担当者向け】

6.1 短期流出モデルの作成

県で行った実証試験において、ため池の「低水位管理」に取り組んだ場合の効果を検証するため、流出モデルを作成した。作成した流出モデルについて、参考に紹介する。

6.1.1 ため池容量のモデル化と空き容量の算定方法

ため池を空にして堤内の測量を実施すれば、ため池の水位－貯留量関係は正確に把握できるが、ため池の大半を占める老朽ため池では、水位－貯留量関係が得られていないのが実態である。田中丸ら（2015）は、ため池の内部形状が図 6-1 のような錐台（円錐台ないし角錐台）で表現できるものと仮定することとした。ため池は、平地に多い皿池と山麓に多い谷池に大別できる。皿池であれば、上方から見て満水面と底面の中心位置が近い円錐台を考えればよい。一方、谷池であれば、満水面の中心位置よりも底面のそれが下流側に大きく偏った角錐台ないし円錐台が想定できることから、皿池・谷池 のいずれについても、錐台による近似が可能と考えた。錐台であれば、満水面積を S_1 、底面積を S_2 、最大水深を H' とすれば、総貯水量 V は次式で求められる。

$$V = \frac{1}{3} H' (S_1 + \sqrt{S_1 S_2} + S_2) \quad (1)$$

ここで、満水面積 S_1 と総貯水量 V は与えられているから、最大水深 H' (= 堤高－洪水吐高) の第 1 次近似値として与えると、未知数は底面積 S_2 のみとなる。そこで、 $x = S_2^{0.5}$ とおくと、(1)式は次の 2 次方程式となり、解の公式によって解くことができる。

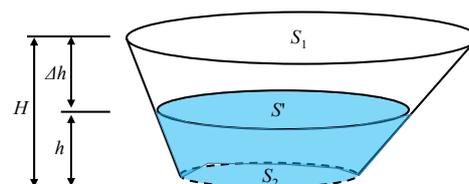


図 6-1 ため池の貯水量モデル

$$x^2 + \sqrt{S_1} x + S_1 - \frac{3V}{H'} = 0, \quad x = \frac{-\sqrt{S_1} + \sqrt{S_1 - 4(S_1 - \frac{3V}{H'})}}{2} \quad (2)$$

$$\frac{V}{S_1} \leq H' \leq \frac{3V}{S_1} \quad (3)$$

ただし、① x は正の実数で、かつ、② $S_1 \geq S_2$ ($= x^2$) を満たさなければならない。①と ②を満たすための条件は、(3)式で与えられる。そこで、 $H' < V/S_1$

のケースと、 $H' > 3V/S_1$ のケースが見られた。そこで、前者については最大水深を H' の 1.5 倍、後者については最大水深を H' の 0.5 倍と仮定し直して、再度、第 3 式を満たすか否かを確認した。全てのため池について、第 2 式より底面積 S_2 を求めた。

満水状態からの水位低下量 Δh のときの空き容量 V' は、図 6-1 の S_1 と S' に挟まれた部分の体積である。 V' と S' は、満水面、水位低下量 Δh のときの水面、底面が相似であることを利用すれば、次式で求められる。

$$S' = \left[\frac{\Delta h}{H'} \left(\sqrt{\frac{S_2}{S_1}} - 1 \right) + 1 \right]^2 S_1, \quad V' = \frac{1}{3} \Delta h (S_1 + \sqrt{S_1 S_2} + S_2) \quad (4)$$

6.1.2 降雨時のため池の水収支(流出モデル)

降雨時の短期流出モデルの概念図を
図 6-2 に示す。

6.1.2.1 流域からの流入量の算定

降雨時におけるため池への流入要素としては、降雨量と流域からの表面流出量が考えられる。そのうち降雨については、近傍の気象観測所の時間雨量の観測値を利用し、流域とため池水面に降る範囲を分離し、水面部は流出率 100% とし、流域部は、表面流出量として、流域を山地が大部分を占めることから国の「ため池の洪水調節機能強化対策の手引き」(以下、「国手引き」) に従い、貯留関数法(角屋ら、1980) で求めることとした。貯留関数法の基礎式は下記の(5)式で与えられる。

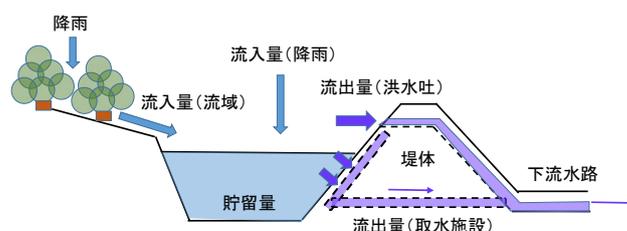


図 6-2 ため池の流出入モデル

$$\frac{dS}{dt} = r_e - q, \quad S = kq^p \quad (5)$$

ここで、 S : 貯留高 (mm) k, p : 係数 (無次元)、 r_e : 有効降雨強度 (mm/h) t : 時刻、 q : 流量 (mm/h) とする。

有効降雨強度は、実測の洪水量値が無くても推定可能な「一次流出量・飽和雨量を用いる方法」を採用し、下記の(6)式に従って求めた。

$$r_e = f_1 r \quad 0 < R < R_{sa} \quad r_e = f_s r \quad R_{sa} \leq R \quad (6)$$

ここで、 f_1 ：一時流出率 (0.4)、 r ：観測降雨強度、 Rsa ：飽和雨量 (50mm)、 f_s ：飽和流出率 (1.0) の各数値は、国手引きの値を初期値として採用した。

実際の計算は(5)式を使って、まず、 t 時刻の貯留高 $S(t)$ を求めて、2 次のルンゲ・クッタ法により、 Δt 時刻後の貯留量 $S(t+\Delta t)$ を求め、さらに Δt 時刻後の流量 $q(t+\Delta t)$ を求める。この計算を q が0に近づくまで毎時刻繰り返した。

6.1.2.2 ため池からの流出量の算定

降雨時のため池からの流出要素としては、洪水吐からの流出量と取水施設 (斜樋の取水栓) からの放流量が考えられる。そのうち、洪水吐からの流出量については越流水深を使った四角堰のオリフィスの式 (7) 式で算定し、取水施設 (斜樋の取水栓) からの放流量は、「土地改良設計指針「ため池整備」」に従い、円形のオリフィスの式 (8) 式で算定した。

$$Q = C_1 B h^{\frac{3}{2}} \quad (7)$$

ここで、 Q ：流量 ($m^3 \cdot s^{-1}$) C_1 流量係数 (2.0)、 h ：越流水深 (m) とする。ただし、流出入計算を行う際は、時間単位となることから、 Q (m^3/s) については、予め越流水深を最大値 $h_{max}(=h \cdot 1.0)$ から最小値 $h_{min}(h \cdot 0.1)$ まで 0.1 倍刻みで初期値与え、1分単位で流量を算定し、60分後までの流量を累計し流量 Q_{60} とした。 h と Q_{60} の相関関係式から Q (m^3/h) を算定した。

$$Q = A C_2 \sqrt{2g \frac{H}{2}} \quad (8)$$

ここで、 Q ：放流量 (m^3/s)、 A ：孔断面積 (m^2)、 C_2 ：流量係数 (0.62)、 g ：重力加速度 ($=9.8m/s$)、 H ：孔中心までの水深 (m) とする。放流量については、 $H=0.50m$ として、時間当たりの放流量は、 Q ：放流量 (m^3/s) を 60^2 して算定した。

6.1.3 流出モデルの検証

事前放流の効果算定に先立ち、作成した流出モデルが適正であるか検証する必要がある。

実測値との比較により検証するため、モデルため池 (10箇所) を設定し、各ため池で一定期間水位観測を実施し、検証に使用する実測値を得た。観測水位については、校正值を与えて、流出モデルで算出した推定水位と比較できるようにした。

次に、有効雨量算定時に使用した一次流出率、飽和雨量、ため池の初期湛水深を変数とし、モデルで算出した推定水位と観測水位の時間毎を目的関数とし、その差が最小になるように、最適化を行い、流出モデルで必要となる定数（一次流出率、飽和雨量、ため池の初期湛水深）を求めた。

6. 1. 3. 1 モデルため池の概要と水位観測

モデルため池は、令和4年8月に豪雨災害のあった梯川流域にあるため池の中から、事前放流の効果検証に協力いただいたため池を10箇所（図6-3）選定した。各ため池の諸元は表6-1に示すとおりである。

各ため池では6月から10月の期間、ため池の水位を連続観測するため、図6-4に示す水位観測の計装設備を設置した。水位は堤頂部付近に設置した基準点からの相対水位であり、測定間隔は1回/5minとした。

また、ため池管理者には、通常の用水管理を従来どおり行い、その作業内容（ため池栓開け閉め等）の記録用紙に記録し、大雨前に事前放流とその作業内容の記録、非かんがい期に水位を下げて管理とその作業内容の記録もあわせて、記録することを協力いただいた。事前放流については、営農への影響、ため池の貯水状況や水稻の生育時期等を考慮し、実施の判断はため池管理者によるものとした。

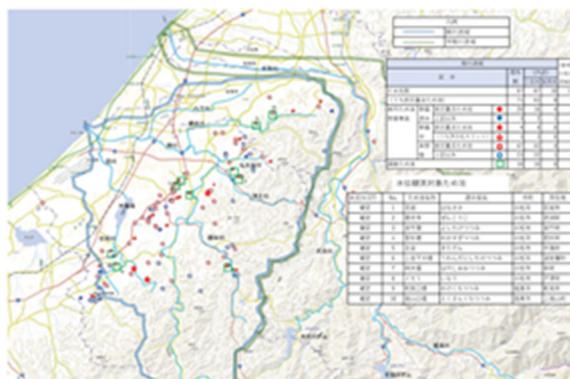


図6-3 梯川水系におけるため池の分布とモデルため池の位置図

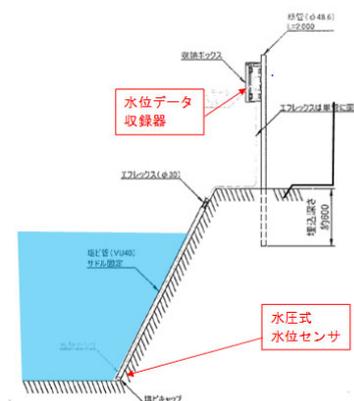


図6-4 計装設備の設置状況

表 6-1 モデルため池の諸元

No.	水系	市町名	名称	天端幅 (m)	堤高 (m)	堤頂長 (m)	満水面積 (m ²)	総貯水量 (m ³)	洪水吐呑口高 (m)	洪水吐呑口幅 (m)	設計洪水量 (m ³)	取水工斜樋管 構造・規格	取水工斜樋管 流下能力 (m ³ /s)	土地利用
1	梯川	小松市	花坂	3.5	4	26	1,700	6,600	0.4	0.4	1.4	HP管φ250	0.04	第三紀層山地
2	梯川	小松市	善光寺	3	5.3	8.3	5,400	18,000	2	3.9	8.4	不明	0.05	第三紀層山地
3	梯川	小松市	吉竹堤（鎌谷）	3	8.6	51.3	18,500	88,300	2.02	13.7	12	鋼管φ250	0.1	第三紀層山地
4	梯川	小松市	若杉堤（大池）	5	6.3	135	22,200	110,000	1.2	1.7	3,462	斜樋管φ300	0.048	第三紀層山地
5	梯川	小松市	北谷	2.3	5.6	64	2,600	5,900	1.1	1.1	5.2	HP管φ300	0.04	第三紀層山地
6	梯川	小松市	花谷堤	3	8	47	2,400	13,000	1.65	1.4	6	HP管φ250	0.04	第三紀層山地
7	梯川	小松市	林大堤	3	3.7	58	5,400	8,800	1.7	3.1	2.46	鋼管φ250	0.034	第三紀層山地
8	梯川	小松市	イモリ	11	3.67	60	4,000	8,400	-	-	-	HPφ200	-	第三紀層山地
9	梯川	能美市	和気口堤	3.1	9.2	53	6,000	18,000	-	-	-	鋼管φ450mm	-	第三紀層山地
10	梯川	能美市	徳山口堤	4.2	5.1	25	700	2,500	0.5	0.5	0.8	コブト管φ150mm	-	第三紀層山地

6.1.3.2 モデルため池にける水位観測結果

モデルため池で実施した水位観測結果のうち、林大堤（小松市）の事例を図 6-5 に示す。観測期間中、6 月と 7 月に早期注意情報に応じて事前放流が実施された。

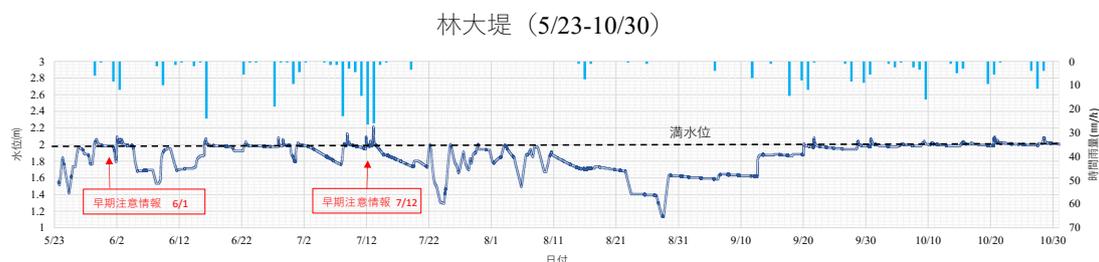


図 6-5 林大堤の水位観測結果

6.1.3.3 モデルため池にける流出モデルの検証結果

モデルため池のうち、事前放流を実施した林大堤（小松市）について、流出モデルの検証を行った。

放流期間は、早期注意情報（高）は発令後の水位減少傾向から、6/1 の 10:00 から 19:00 とし、取水施設（取水栓）からの放流量については、同期間中の水位減少傾向から開放する取水栓数を調整した。

検証期間は、事前放流前の 6/1 の 1:00 から降雨の影響が治まった 6/3 の 15:00

までとし、降雨データは小松気象台の同期間中の降雨を使用した。ため池の実測の水位変化と流出モデルによる水位変化を図 6-6 に示す。

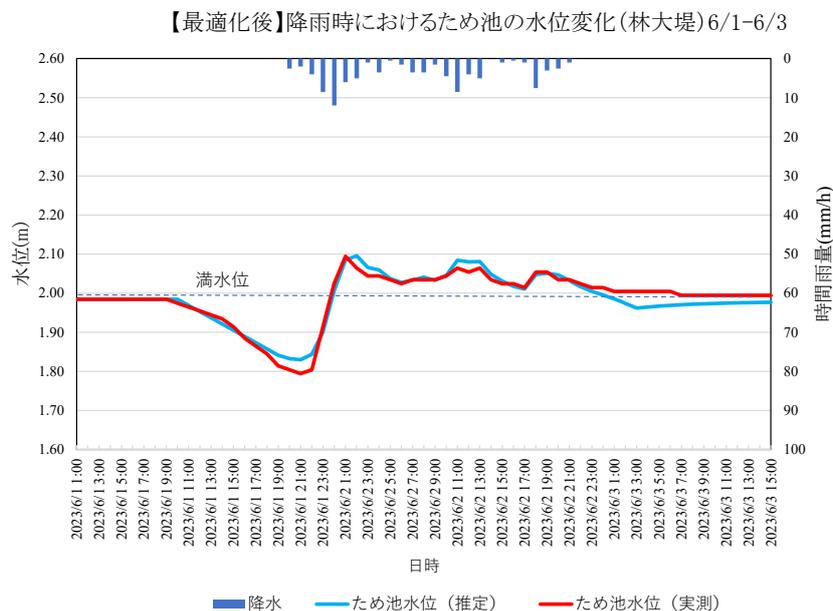


図 6-6 ため池の実測水位と推定水位の検証結果

6.2 短期流出モデルによる洪水抑制効果の検証

洪水抑制効果は、低水位管理や事前放流を実施した場合に、ため池下流へ放流されるピーク流出量が、実施しなかった場合と比較してどれくらい低減されるか（低減率）で評価するものです。

6.2.1 事前放流による洪水抑制効果の算出方法

ため池下流水路への洪水抑制効果については、前述の流出モデルを使って、取水施設（斜樋の取水栓）からの事前放流を実施した場合としなかった場合で流出解析を行い、洪水ピークの低減率（9）式、低減量（10）式を求め評価した。また、ため池内の高水位による堤体に与える影響を軽減する効果については、事前放流有無によるため池内のピーク水位差（12）式から、ピーク水位低減率（11）式を求め評価した。なお、水位はため池底標高を 0.00 とした場合の値である。

$$\text{洪水ピーク低減率 (\%)} = \text{洪水ピーク低減量} / Q_{\text{peak_out}} (\text{事前放流なし}) \times 100 \quad (9)$$

$$\text{洪水ピーク低減量 (m}^3/\text{h)} = Q_{\text{peak_out}} (\text{事前放流なし}) - Q_{\text{peak_out}} (\text{事前放流あり}) \quad (10)$$

$$\text{ため池ピーク水位低減率 (\%)} = \text{ため池ピーク水位低減量} / H_{\text{peak}} (\text{事前放流なし}) \times 100 \quad (11)$$

$$\text{ため池ピーク水位低減量 (m)} = H_{\text{peak}} (\text{事前放流なし}) - H_{\text{peak}} (\text{事前放流あり}) \quad (12)$$

6.2.2 モデルため池における洪水ピーク低減率

6.1.3 で検証したモデルを使用して、事前放流を実施した場合としなかった場合で、ため池からの流出量を算出した。事前放流量はため池取水栓の構造から計算上の時間当たり放流量を求め、実際の放流時間帯に放流するものとした。流出解析結果（図 6-7）から、事前放流なしの場合のピーク流出量は 551m³/h、事前放流した場合は 427m³/h となり、約 23% の低減率となった。

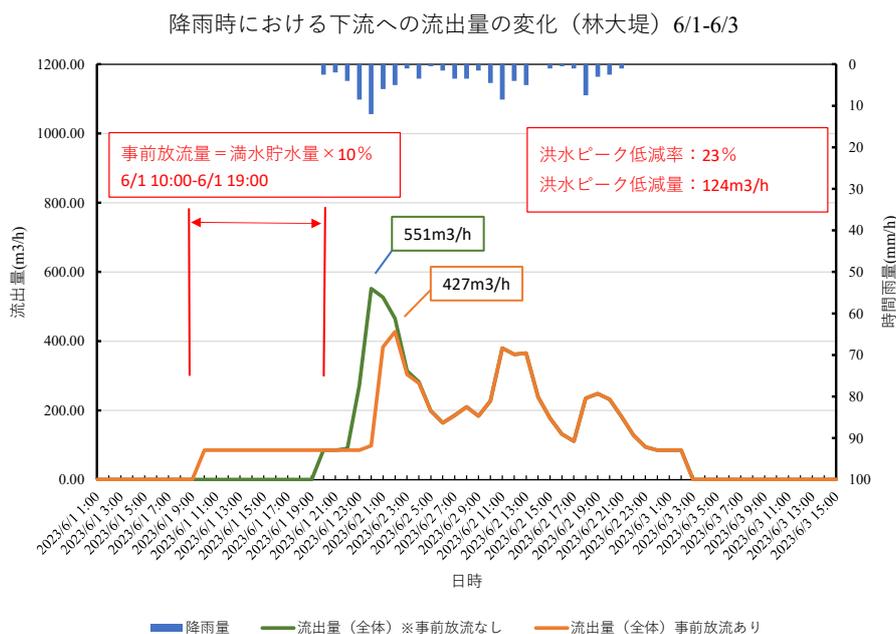


図 6-7 ため池の洪水ピーク流出量

6.2.3 水系毎のため池における洪水ピーク低減率(灌漑期)

解析作業を実施した結果の例を表 6-2 に示す。

なお、解析に使用した降雨イベントは小松観測所の 50 年確率の 24 時間雨量 198.5mm、時間雨量 47.4mm からピーク位置をずらした前型、中型、後型の 3 タイプのモデル降雨を作成し、本報告では、そのうちの前型の波形を使用した。

灌漑期間中の事前放流については、モデルため池における事前放流の実態から、営農に支障を与えない程度であることから、ため池取水栓 2 箇所を降雨 10 時間前に開放し、降雨前の貯水量は、満水貯水量の 70%以上とした（貯水量 1000m³ 未満程度の小規模ため池を除く）。

表 6-2 解析結果例（梯川水系）

水系	市町名	名称	初期水深	洪水ピーク低減量 (m ³ /h)	洪水ピーク低減率 (%)	空き容量 (m ³)	雨水保留量換算値 (mm)	ため池ピーク水位低減量 (m)	ため池ピーク超過時間短縮 (h)	ため池ピーク低減率	初期減水深
梯川	小松市	八幡堤（柳上）	0.98	87.98	2.8%	1,328	8	0.01	3	0.00	0.09
梯川	小松市	若杉堤（大池）	0.97	341.14	10.0%	3,399	19	0.04	4	0.00	0.16
梯川	小松市	吉竹堤（鎌谷）	0.98	8.38	0.1%	1,912	4	0.00	3	0.00	0.11
梯川	小松市	千木野堤	0.85	36.59	0.9%	1,912	11	0.01	4	0.00	0.49
梯川	小松市	大池	0.93	48.86	3.0%	1,328	18	0.01	4	0.00	0.24
梯川	小松市	花坂	0.71	168.41	12.0%	1,912	26	0.08	5	0.02	0.77
.											
.											

6.2.4 水系毎のため池における洪水ピーク低減率(非灌漑期)

これまでの事前放流については、灌漑期間中に実施する場合の事前放流であるが、9月下旬から11月下旬の秋雨前線及び台風による大雨を想定し、事前放流を行い、ため池の水位を予め低い状態にする低水位管理も重要な流域治水対策の一つである。このときの雨水貯留容量(空き容量)目安は、水位回復期(12月～翌年3月)に期待できるため池への流入量を上回らないとする。すなわち、水位回復期の末期にため池水位が常時満水位に戻るような空き容量とすることが、営農の観点から重要である。

水位回復期の想定流入量の算定について、近年の異常気象を考慮すると、無降雨の場合も想定されることから、今回、渇水比流量で必要用水量を確保できるか検討した。必要用水量及び渇水比流量は下記の(13)、(14)式で算出した。なお、渇水流量は、降雨の影響を受けない基底流量であり、1年のうち355日間はこれを下回らない日平均流量であると定義されている。

$$\text{必要用水量} = \text{渇水比流量} (\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2) \times \text{流域面積} (\text{km}^2) \times \text{水位回復期間} (\text{s}) \quad (13)$$

$$\text{渇水比流量} = \text{水系の渇水流量} (\text{m}^3/\text{s}) \div \text{流域面積} (\text{km}^2) \quad (14)$$

非灌漑期間中の低水位管理については、土地改良事業設計指針「ため池整備」の緊急降下水位(常時満水位を設定し、「常時満水位-2m」と「常時満水位-(貯水深×1/3)」を比較し、いずれか高い水位)を目標水位とした。ただし、前述の目標水位に対し、水位回復期間で回復が見込めない場合は、目標水位を調整し、期間内に回復する水位とした。

上記の目標水位で同様の解析作業を実施した結果の例を表6-3に示す。なお、解析に使用した降雨イベント等の条件は、灌漑期と同様である。

表6-3 解析結果例(梯川水系)

水系	市町名	名称	初期水深	洪水ピーク低減量(m ³ /h)	洪水ピーク低減率(%)	空き容量(m ³)	雨水保留量換算値(mm)	ため池ピーク水位低減量(m)	ため池ピーク超過時間短縮(h)	ため池ピーク低減率	初期減水深	回復所要日数
梯川	小松市	八幡堤(柳上)	0.63	2,763.79	87%	23,280.34	141.35	0.45	13.00	0.08	1.67	153
梯川	小松市	若杉堤(大池)	0.65	3,398.30	100%	38,191.62	211.00	0.73	63.00	0.09	2.00	234
梯川	小松市	吉竹堤(鎌谷)	0.63	4,111.80	39%	32,359.15	75.69	0.24	7.00	0.03	2.00	77
梯川	小松市	千木野堤	0.58	244.24	6%	5,401.80	31.04	0.05	5.00	0.01	1.50	32
梯川	小松市	大池	0.63	951.77	59%	7,011.86	92.87	0.23	8.00	0.05	1.35	100
.												
.												
.												

6.3 洪水抑制効果試算マニュアル

6.3.1 洪水抑制効果試算ファイルの概要

事前放流の取組を進める際に、事前放流量をどのくらいに設定するかがポイントとなる。灌漑期に事前放流を大量に実施した場合、期待した降雨がなかった場合に用水不足に陥るリスクがある。また、非灌漑期においても、事前放流量を大量に実施すると、春先の灌漑期に水位の回復が間に合わないこともリスクとして考えられる。一方で、事前放流量を極端に抑制すると、洪水抑制効果が期待できない状況となる。

本ファイルは、事前放流の取組を始めるに当たり、営農に影響を与えない範囲で事前放流を実施する場合、仮想の降雨イベントに対し、どのくらい洪水抑制効果が期待できるか、ため池毎に予め試算するためのものである。

1つのファイルには、県内の水系毎の重要ため池の情報が登録してあり、28水系 1,013 箇所的重要ため池について試算できる。(表 6-4)

表 6-4 今回試算した水系毎の重要ため池数

	(単位：箇所)	
	灌漑期	非灌漑期
奥能登	200	200
河原田川	6	6
山田川	10	10
若山川	48	48
仁岸川	11	11
西二又川	5	5
町野川	84	84
日詰川	3	3
八ヶ川	33	33
中能登	394	393
羽咋川	138	137
笠師川	5	5
熊木川	26	26
御祓川	18	18
崎山川	11	11
三引川	3	3
酒見川	10	10
前田川	20	20
大谷川	18	18
大津川	7	7
二宮川	38	38
菱根川	8	8
富来川	4	4
米町川	88	88
県央	287	287
犀川	19	18
大野川	268	269
石川	6	6
手取川	6	6
南加賀	126	127
新堀川	37	37
大聖寺川	28	28
梯川	61	62
総計	1013	1013

6.3.2 洪水抑制効果試算ファイルの操作手順

6.3.2.1 検討対象のため池を選択

灌漑期の事前放流用の計算ファイルの「ため池容量の計算_前」シートの A2 セルに A 列にある試算対象のため池番号を入力する。入力後、選択したため池のデータが表示されているか確認する。

12 番の御引干場を試算したい場合、A2 セルに 12 を入力

1	A	B	C	E	F	BC	BD	BE	BF
1		2	3	5	6	55	56	57	58
2	12				御引干場	400	1300		6.7
3	事前放流によるため池の流出抑制効果								時間雨量：
4					S1	V	H	H'	
5	OBJECTID	水系	市町名	名称	満水面積(m ²)	総貯水量(m ³)	満水深(m)	修正満水深(m)	
7	2	299	河原田川	輪島市	小伊勢	2,500	4,700	8.95	4.475
8	3	300	河原田川	輪島市	上堤	1,700	6,600	5.6	5.6
9	4	301	河原田川	輪島市	下堤	3,800	5,400	7	3.5
10	5	307	河原田川	輪島市	谷内ノ溪	1,200	12,600	8	12
15	10	363	河原田川	輪島市	河原	400	1,000	3.7	3.7
17	12	378	河原田川	輪島市	御引干場	400	1,300	6.7	6.7
23									

6.3.2.2 降雨イベントの入力

降雨イベントは、時間単位雨量の 48 時間分を入力できるので、気象庁のホームページ等から検討したい降雨イベントをダウンロードし、「算定式_前」シートの下記の入力欄に入力（貼付）する。（参考-1 参照）

6.3.2.3 事前放流量を設定

事前放流量は、取水栓の開放数と放流時間で設定する仕組みになっており、「算定式_前」シートの V2 セル（放流時間）、V3（取水栓の開放数）に仮定の数値を入力し、V1（事前放流量）とその時の V5（貯水率）を確認し、設定する。

		降雨量
時刻	R	(mm)
0:0	0.00	
1:0	7.24	
2:0	10.61	
3:0	17.03	
4:0	31.68	
5:0	47.40	
6:0	22.67	
7:0	13.26	
8:0	8.69	
9:0	6.13	
10:0	5.26	
11:0	3.99	
12:0	3.52	
13:0	3.13	
14:0	2.80	
15:0	2.52	
16:0	2.28	
17:0	2.08	
18:0	1.90	
19:0	1.74	
20:0	1.60	
21:0	1.48	
22:0	1.37	
23:0	1.27	
0:0	0.00	

U	V	W
事前放流量	332	m ³
放流時間	5	h
取水栓の開放数	1	箇所
貯水率	74%	

V2セル(放流時間)、V3(取水栓の開放数)に仮定の数値を入力し、その時のV1(事前放流量)とV5(貯水率)を確認。※貯水率がマイナス表示となった場合はプラスなるように入力値を調整

時間雨量をB17セル以下の欄に入力(貼付)する。
※48時間分まで入力可

6.3.2.4 事前放流時のため池水深を設定(初期水深の最適化)

6.3.2.3 で設定した貯水率時のため池水深を求める。下図のように「①初期値の最適化」ボタン(P4セル付近)をクリックする。自動計算が終わると、N5セル(初期水深H1')に、初期水深が表示される。

M	N	O	P
堤高H	7	(m)	
総貯水量Vmax	1,300	(m ³)	
満水面積S1	400	(m ²)	
底面積S2	46	(m ²)	
初期水深H1'	5.79	74%	7.82057E-07
満水時水深	6.7	(m)	

↑ため池容量算定時に補正した場合あり

「①初期値の最適化」ボタン(P4セル付近)をクリックする。

6.3.2.5 洪水吐の流出諸元を設定(流出量(a,b)の最適化)

降雨時に、洪水吐から排水される流量を算定するため、特性曲線式に必要な計数を設定する。下記のCase1とCase2を試行し、CR12セルに表示される誤差集計値が小さい場合のa,b値を採用し、CP2セル、CQ2セルに入力する。

Case1: 「②流出量(a,b)の最適化」ボタン(CS4列付近)をクリックするとCR12セルに誤差の集計値が表示される。

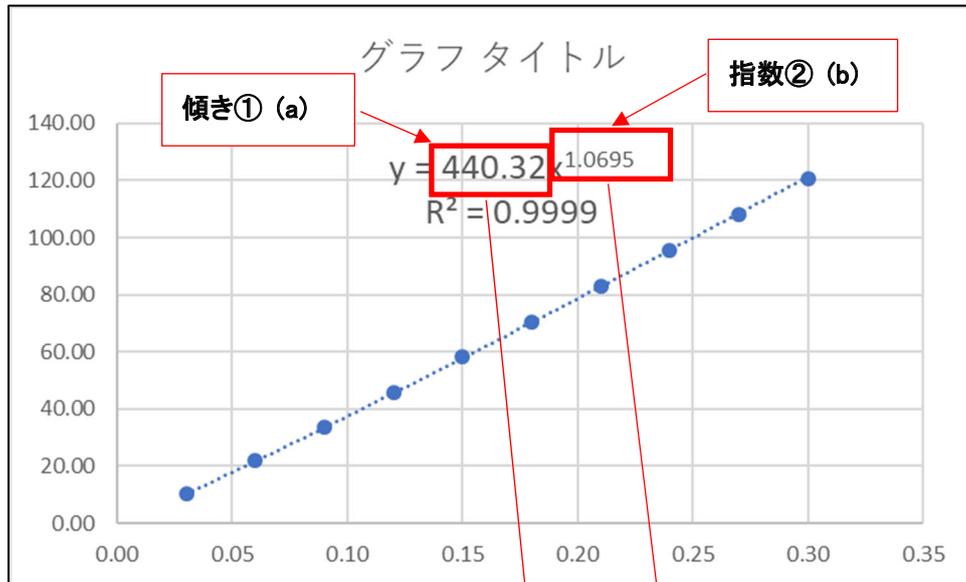
CN	CO	CP	CQ	CR	CS	CT	CU
越流水深	1h流出量	a	b				
0.03	10.21	1164.37651	1.08177	16.0			
0.06	21.89	1164.37651	1.0817658	33.6			
0.09	33.81	1164.37651	1.0817658	52.3			
0.12	45.90	1164.37651	1.0817658	71.6			
0.15	58.11	1164.37651	1.0817658	91.4			
0.18	70.44	1164.37651	1.0817658	111.7			
0.21	82.87	1164.37651	1.0817658	132.4			
0.24	95.40	1164.37651	1.0817658	153.3			
0.27	108.03	1164.37651	1.0817658	174.4			
0.30	120.75	1164.37651	1.0817658	195.8			
				1,032.5			

②流出量 (a, b) の最適化

誤差集計値 (Case1)

「②流出量(a,b)の最適化」ボタン(CS4 列付近)をクリックする

Case2：下図のグラフの近似曲線の傾き①と指数②をそれぞれ、
CP2 セル、CQ2 セルに入力すると CR12 セルの値が誤差の集計値が表示される。



近似曲線の傾き①と指数②をそれぞれ、
CP2 セル、CQ2 セルに入力する

CN	CO	CP	CQ	CR
越流水深	1h流出量	a	b	
0.03	10.21	440.32	1.0695	0.1
0.06	21.89	440.32	1.0695	0.2
0.09	33.81	440.32	1.0695	0.3
0.12	45.90	440.32	1.0695	0.3
0.15	58.11	440.32	1.0695	0.2
0.18	70.44	440.32	1.0695	0.1
0.21	82.87	440.32	1.0695	0.1
0.24	95.40	440.32	1.0695	0.3
0.27	108.03	440.32	1.0695	0.5
0.30	120.75	440.32	1.0695	0.7
				2.9

誤差集計値 (Case2)

この場合、Case2 の場合の方が、誤差集計値が小さくなることから、CP2 セル、CQ2 セルに入力される値は、440.32 と 1.0695 となる。

6.3.2.6 洪水抑制効果の試算結果

6.3.2.2 から 6.3.2.5 の手順で入力作業を行うと、洪水ピーク低減量(m³/h)が Q80 セルに、洪水ピーク低減率(%)が Q81 セルに、ため池ピーク水位低減量(m)が R82 セルに、ため池ピーク低減率(%)が S82 セルに表示される。

	Q	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
	流出量 (取水施設)	流出量 (全体)	ため池推定水深(2) 事前放流あり	水深hの 水面積	空き容量	貯水量	ため池推定水深 (1) 事前放流なし	流出量 (洪水 吐)	流出量 (取水施設)	流出量 (全体)
13										
14	q_{out2} (m ³ /h)	$q_{out1}+q_{out2}$ (m ³ /h)	$H2=H1-\frac{q_{out1}}{S^2}$	S^2 (m ²)	ΔV^1 (m ³)	V (m ³)	$H2=H1+\frac{q_{in1}}{S^2}$	q_{out1} (m ³ /h)	q_{out2} (m ³ /h)	$q_{in1}+q_{out1}$ (m ³ /h)
73	0.00	0.04	6.70	400	-0	1,300	6.70	0.04	0.00	0.04
74	0.00	0.04	6.70	400	-0	1,300	6.70	0.04	0.00	0.04
75	0.00	0.04	6.70	400	-0	1,300	6.70	0.04	0.00	0.04
76	0.00	0.04	6.70	400	-0	1,300	6.70	0.04	0.00	0.04
77	0.00	0.03	6.70	400	-0	1,300	6.70	0.03	0.00	0.03
78	0.00	0.03	6.70	400	-0	1,300	6.70	0.03	0.00	0.03
79		113.49			331.93		6.90	113.49	0.00	113.49
80		洪水ピーク低減量(m ³ /h)		0						
81		洪水ピーク低減率(%)		0%	雨水保留量換算値					31.92
82			ため池ピーク水位低減量(m)		0.00					0%
83							63			
84			ため池ピーク超過時間短縮(h)		6					
85			ため池内の水位低減効果→		ピークカット率					2%

6.3.2.7 非灌漑期の低水位管理時における効果算定について

非灌漑期に低水位管理を行った場合の洪水抑制効果の算定方法については、非灌漑期の低水位管理用のファイルを使用し、6.3.2.1 検討対象のため池を選択、6.3.2.2 降雨イベントの入力、6.3.2.5 洪水吐の流出諸元を設定(流出量(a,b)の最適化)の順に作業を行うこととなるが、初期水位の設定方法が、灌漑期と異なる。

非灌漑期の設定水位は、緊急降下の目標水位である「常時満水位-2.0m」と「常時満水位-(貯水深×1/3)」を比較していずれか高い水位とすることが一つの目安となるが、前述したように、事前放流量を大量に実施すると、春先の灌漑期に水位の回復が間に合わないこともリスクとして考えられる。試算時の事前放流量を設定した際に、12月~3月の期間中に水位回復されるか、簡易的に確認することも可能である。但し、水系毎の渇水比流量(m³/s/100km²)が必須となる。蒸発散量は補完法で求める(参考-2,3 参照)。なお、流出量に与える蒸発散量の影響は小さいため、簡略的に算定する場合は0としてもよい。

$$\text{回復期流入量} = \text{渇水比流量} \times \text{集水面積} - \text{蒸発散量}$$

「ため池容量の計算_前」シートにおいて、CR列(回復期流入量-事前放流量(空き容量))がマイナスとなる場合は、12月~3月の期間中に水位が満水まで回復しないこととなるため、事前放流量を減ずる必要がある。

	A	B	F	BY	CN	CO	CP	CO	CR	CS	CT
1	1	2	6	77						12月	1.4
2	32	デカドベ池	2,449			湯水費流量	1.22	m3/s/100km2	2449.00	1月	2.4
3	事前放流によるため池の									2月	13.8
4										3月	46
5	OBJECTID	名称	空き容量(m3)		回復所要日数 (蒸発流量のみ)	蒸発散量	回復期流入量		不足量		
6	1	1349 上野奥池	774	1	39	38	2,513	1,739			
7	2	1352 道	996	0	42	45	2,506	1,570			
8	3	1356 岡					3,788	2,991			
9	4	1357 堀					10,159	9,056			
10	5	1358 花					12,659	10,217			
11	6	1359 江田池	4,494	6	18	153	31,733	27,239			
12	7	1360 古池	725	7	18	51	5,051	4,326			
13	8	1361 新堤池	1,394	8	69	51	2,500	1,106			
14	9	1362 熊の谷池	3,241	9	27	127	14,795	11,554			
15	11	1367 能納屋池	2,030	11	37	114	6,900	4,870			
16	13	1369 堀腰池	5,662	13	33	197	20,975	15,313			
17	15	1371 宮田池	4,917	15	121	184	4,917	-0			
18	16	1372 前の池	848	16	22	95	5,006	4,156			
19	17	1376 尾井の木	4,543	17	50	159	11,320	6,777			
20	18	1377 若宮谷	969	18	28	32	4,305	3,336			

マイナスとなる場合は、空き容量を減ずる。

「算定式_前」シートにおいて、下記のとおり、初期設定としては、非灌漑期設定水位は、「常時満水位-2.0m」と「常時満水位-(貯水深×1/3)」を比較していずれか高い方が入力される設定となっているが、上記水位設定時の空き容量が、回復期流入量を上回る場合は、設定水位を上げて、空き容量が回復期流入量を下回るように、直接入力する。

U	V	W	X	Y	Z	AA
事前放流量	0	m3	常時満水位-2m		7.60	
放流時間		h	常時満水位-(貯水深		6.40	
取水栓の開放数		箇所	非灌漑期設定水位		8.69	
貯水率	100%		上記水位時のS'2		3,821	
			上記水位時の空き容		3,572	3,572
			上記水位時の貯水量		26,428	
			上記水位時の貯水率		88%	

回復期流入量

非灌漑期の算定の場合、6.3.2.3 事前放流量を設定、6.3.2.4 事前放流時のため池水深を設定（初期水深の最適化）の作業は不要となる。

【補足】

「ため池容量の計算_前」シートの B 列から AZ 列は、「ため池データベース」のデータを引用している。

OBJECTID	名称	天端幅(m)	堤高(m)	堤頂長(m)	総貯水量 (千m ³)	流域面積(m ²)	満水面積(m ²)	洪水吐径_2	洪水吐径_3	設計洪水量	取水工種元	取水工種J	満水面積(ha)	集水面積(ha)	流域面積(ha)
1	1349 上野奥池	2	5	60	1.6	0.02	0.0006	0.4	0.4	0.4	取水塔	壁構造 製φ15	0.06	2	2.06
2	1352 道下	2	5.5	35	2	0.02	0.0007	0.8	1.2	0.4	堤 管φ50	φ50	0.07	2	2.07
3	1356 岡山地	2	5.4	22	1.6	0.03	0.0009	0.6	1.1	0.8	斜樋	鋼製管管φ15	0.06	3	3.06
4	1357 堀山池	4	7.4	34	2	0.08	0.0007	0.9	3.2	1.8	斜樋	鋼製管管φ20	0.07	8	8.07
5	1358 花立池	3	7.3	34	5.7	0.1	0.0015	1.8	2	2	斜樋	不明	0.15	10	10.15
6	1359 江田池	3.8	8.9	31	13.4	0.25	0.0024	1.8	2.7	5	斜樋	不明	0.24	25	25.24
7	1360 古池	2.5	4	66	1.9	0.04	0.0008	1.1	0.6	0.9	斜樋	鋼製管管φ15	0.08	4	4.08
8	1361 新堤池	2	7.3	42	3.3	0.02	0.0008	0.6	1.9	0.4	取水塔	φ100	0.08	2	2.08
9	1362 熊の谷池	5	5.8	39	7.8	0.117	0.002	0.4	0.4	2.3	その他	不明	0.2	11.7	11.9
11	1367 能納屋池	4	4.9	74.5	4.5	0.055	0.0018	1	1	1.1	斜樋	斜樋管φ150mm	0.18	5.5	5.68
13	1369 堀腰池	3.5	9.6	50.3	17.3	0.166	0.0031	1.35	1.85	3.3	斜樋	鋼管φ150,鋼製	0.31	16.6	16.91
15	1371 宮田池	4	7.2	40	12.6	0.04	0.0029	0.9	0.7	0.8	斜樋	斜樋管φ100mm	0.29	4	4.29
16	1372 前の池	5.5	9.4	70	2	0.04	0.0015	1.5	0.6	0.9	斜樋	鋼製管管φ15	0.15	4	4.15
17	1376 尾井の木	3	7	48	12	0.09	0.0025	1.2	2.2	1.8	斜樋	不明	0.25	9	9.25
18	1377 若宮谷	2	10.7	26	5.9	0.024	0.0005	0.6	1.2	0.7	取水塔	不明	0.05	3.4	3.45

同シートの BC 列から BO 列は、「参考資料 6.1.1 ため池容量のモデル化と空き容量の算定方法」にしたがって、ため池の想定底面積と満水深を求めている。

OBJECTID	名称	満水面積(m ²)	総貯水量(m ³)	満水深(m)	修正満水深(m)	V/S1	判定	3V/S1	判定	底面積(m ²)
1	1349 上野奥池	600	1,600	4.6	4.6	12	12	2.7	○	147
2	1352 道下	700	2,000	4.7	4.7	14	14	2.9	○	201
3	1356 岡山地	600	1,600	4.8	4.8	11	11	2.7	○	126
4	1357 堀山池	700	2,000	6.5	6.5	7	7	2.9	○	45
5	1358 花立池	1,500	5,700	5.5	5.5	25	25	3.8	○	634
6	1359 江田池	2,400	13,400	7.1	7.1	38	38	5.6	○	1,418
7	1360 古池	800	1,900	2.9	2.9	23	23	2.4	○	520
8	1361 新堤池	800	3,300	6.7	6.7	15	15	4.1	○	240
9	1362 熊の谷池	2,000	7,800	5.4	5.4	31	31	3.9	○	953
11	1367 能納屋池	1,800	4,500	3.9	3.9	25	25	2.5	○	612
13	1369 堀腰池	3,100	17,300	8.25	8.25	35	35	5.6	○	1,235
15	1371 宮田池	2,900	12,600	6.3	6.3	35	35	4.3	○	1,219
16	1372 前の池	1,500	2,000	1.9	1.9	26	26	1.3	○	662
17	1376 尾井の木	2,500	12,000	5.8	5.8	41	41	4.8	○	1,666
18	1377 若宮谷	500	5,900	10.1	15.15	26	17	11.8	×	289

同シートの BV 列から BY 列は、「算定式_前」で試算計算結果を表示（貼付）したものである。

OBJECTID	名称	初期水深	洪水ピーク低減量(m ³ /h)	洪水ピーク低減率(%)	空き容量(m ³)
1	1349 上野奥池	52%	17	6%	774
2	1352 道下	53%	16	5%	936
3	1356 岡山地	50%	4	1%	797
4	1357 堀山池	45%	76	5%	1,103
5	1358 花立池	57%	0	0%	2,442
6	1359 江田池	66%	0	0%	4,494
7	1360 古池	62%	1	0%	725
8	1361 新堤池	58%	66	22%	1,394
9	1362 熊の谷池	58%	120	5%	3,241
11	1367 能納屋池	55%	5	0%	2,030
13	1369 堀腰池	67%	233	6%	5,662
15	1371 宮田池	59%	654	77%	4,917
16	1372 前の池	58%	10	1%	848
17	1376 尾井の木	62%	343	17%	4,543

「算定式_前」シートのB列からAB列までは、「ため池容量の計算_前」シートからの引用値または自動計算値となっている。但し、放水時も取水栓を開放する場合は、開放数をR2セルに入力する。一次流出率（D3セル）と飽和雨量（D4セル）は、林大堤（小松市）における最適化時の結果を引用している。一次流出率や飽和雨量は、洪水抑制効果に大きく影響を与える要素であるため、ため池水位の観測値がある場合は、「6.1.3 流出モデルの検証」に記載した手法で、ため池固有の値を求めることも可能である。また、ため池水位の観測値がない場合は、国手引きの一般値である一次流出率（0.4）と飽和雨量（50mm）を使用することも有効である。

1	テカドベ池			流域面積 (池外)	0.02 (km ²)	堤高H	6.8 (m)
2				流域面積 (池内)	0.0018 (km ²)	総貯水量Vmax	5,200 (m ³)
3	一時流出率	0.74	0.1~1.0	流域面積 (全体)	0.0218 (km ²)	洪水面積S1	1,800 (m ²)
4	飽和雨量	120.00	0~200	K	2.92	底面積S2	324 (m ²)
5				P	0.6	初期水深H1'	4.08 (m)
6						満水時水深	5.8 (m)
7							1ため池容量算定時に補正した場合あり

	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
取水栓の口径	125	(mm)			事前放流量	663.85	m ³	常時満水位 - 2m	3.90			
取水栓の開放数	0	箇所			放流時間	10	h	常時満水位 - (貯水深)	3.93			
洪水吐工 (吐口高)	0.7	(m)			取水栓の開放数	1	箇所	非灌漑期設定水位	4.08			
洪水吐工 (吐口幅)	0.4	(m)			貯水率	87%		上記水位時のS'2	1,102			
a	1300.2	H-Q関係式 (洪水吐流出量)						上記水位時の空き容	2,449	2,449	1.69E-08	
b	1,312	H-Q関係式 (洪水吐流出量)						上記水位時の貯水量	2,751			
								上記水位時の貯水率	53%			

(参考-1)過去の降雨データの取得方法

解析に使用する降雨量（時間単位）データを気象庁ホームページ（HP）からダウンロードする。

1. インターネットで「気象庁」を検索し HP 画面まで進み、「各種データ・資料」をクリックする。



2. 「気象」の中に「過去の地点気象データ・ダウンロード」をクリックし、「石川」をクリックする。



3. 「小松」をクリックし、地点に「小松」が選択されたら、「項目を選ぶ」をクリックする。



4. 検索したい項目（降水量）を選択し、項目に「降水量」が表示されたら「期間を選ぶ」をクリックする。

例：2022年8月3～5日の時間毎データ

5. 検索したい期間を入力し、項目に期間が表示されたら「CSV ファイルをダウンロード」をクリックする。

6. CSV ファイルがダウンロードされたら、開いてデータを確認し保存する。

年月日時	降水量(mm)	品風情報	均質番号
2022/8/3 1:00	0	8	1
2022/8/3 2:00	0	8	1
2022/8/3 3:00	0	8	1
2022/8/3 4:00	0	8	1
2022/8/3 5:00	0	8	1
2022/8/3 6:00	0	8	1
2022/8/3 7:00	0	8	1
2022/8/3 8:00	0	8	1
2022/8/3 9:00	0	8	1
2022/8/3 10:00	0	8	1
2022/8/3 11:00	0	8	1
2022/8/3 12:00	0	8	1
2022/8/3 13:00	1	8	1
2022/8/3 14:00	0	8	1

降水量の欄をコピーし、「2.1.2.3 事前放流量を設定」の手順に従い、降水量の欄に貼付する。

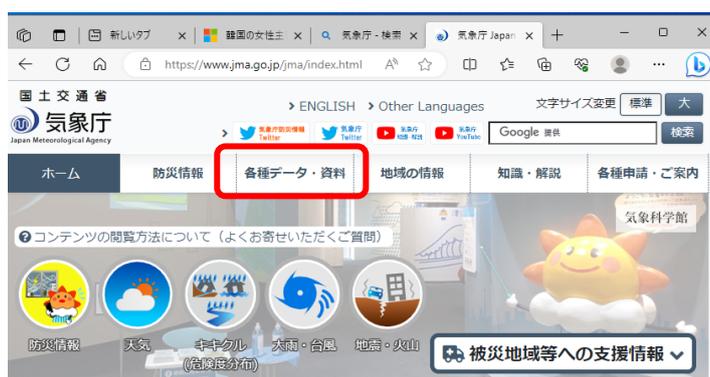
(参考-2)過去の蒸発算定に使用するデータの取得方法

蒸発量の算定に必要なデータは、石川県の場合、金沢気象台に限られる。

算定に必要なデータ（平均気温、相対湿度、平均風速、気圧、日照時間）日単位データを気象庁ホームページ（HP）からダウンロードする。

例：2022年8月3～5日の日毎データ

1. インターネットで「気象庁」を検索し、「各種データ・資料」をクリックする。



2. 「気象」の中に「過去の地点気象データ・ダウンロード」をクリック。次に「石川」をクリックする。



3. 地点から「金沢」を選択し、地点に「小松」が選択されたら、「項目を選ぶ」をクリックする。



4. 「項目」の気温から日平均気温を選択し、順に日射、風、湿度／気圧に進み、各データ項目を選択



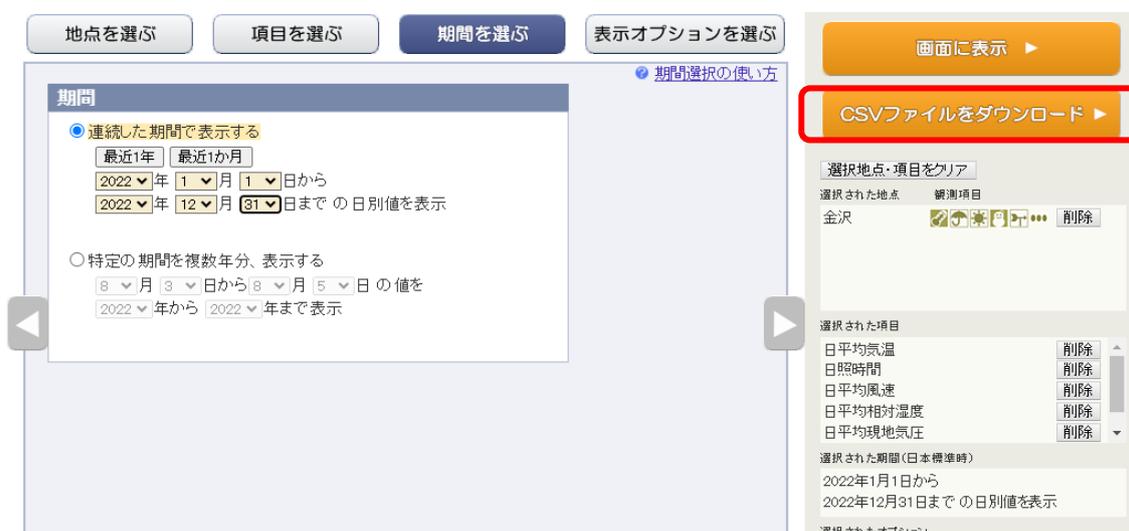


5. 取得期間を選択（年単位とする）



6. データをダウンロードする。

※CSV ファイルはエクセルデータを軽くしたもの



7. ダウンロードが完了したら、ファイルを開き、OKであれば、「名前をつけて保存」で、エクセル形式で保存する。

(参考-3) 蒸発散量の算出(蒸発散量算出ファイル)

ダウンロードした気象データ(平均気温、相対湿度、平均風速、気圧、日照時間)の日データを使って、蒸発散量を算出する。

金沢気象台における風速計の設置標高が48.4mであるため、2mに換算する。

- ① 日付とダウンロードした日平均風速(観測値)を貼り付ける。
- ② ①で換算した日平均風速(換算値)を「平均風速」欄に貼り付ける。
その他のダウンロードした気象データ(平均気温、相対湿度、気圧、日照時間)、日付を貼付する。

風速換算		
	48.4	←風速計の設置高(m)
Log()	1.684845362	
Log2.0	0.301029996	0.178669214
日付	日平均風速(観測値)	日平均風速(換算値)
2022/1/1	4.5	0.804011461
2022/1/2	5.1	0.911212989
2022/1/3	4.8	0.857612225
2022/1/4	7.3	1.304285259
2022/1/5	2.8	0.500273798
2022/1/6	3.1	0.553874562
2022/1/7	3.9	0.696809933
2022/1/8	2.9	0.518140719

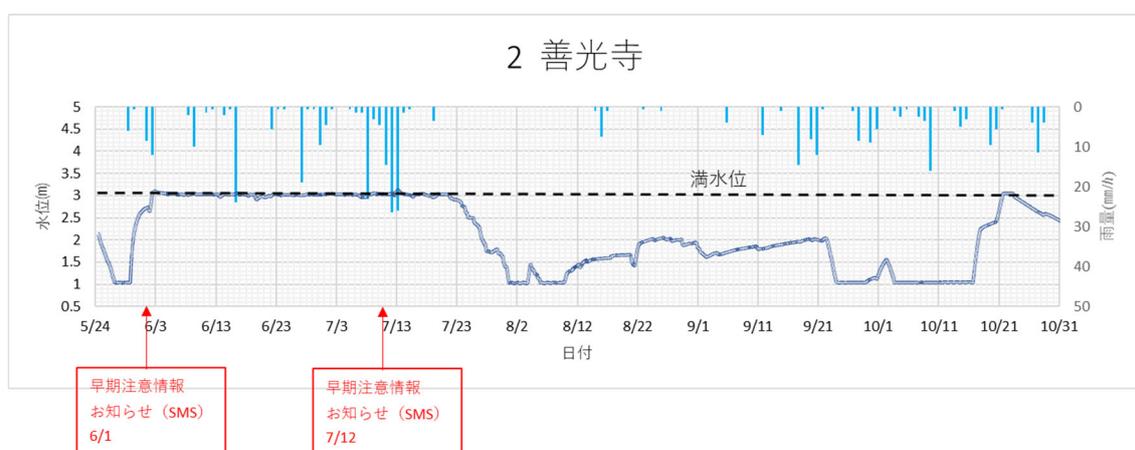
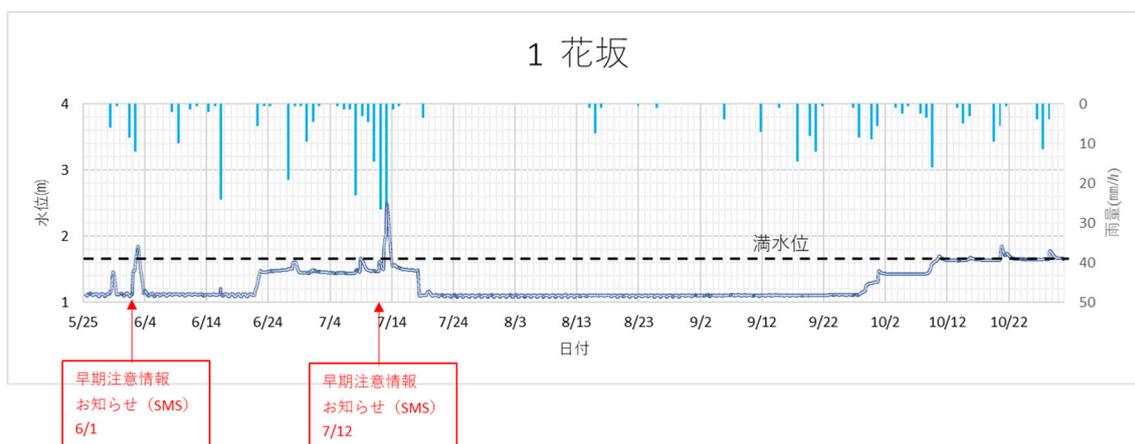
金沢気象台		緯度	36° 35.3'	経度	136° 38.0'					
		(10進法)	Rad							
φ	緯度	36.59	0.639			σ	5.6705E-08	W/m ² (J/s/m ²)		
	経度	136.63	2.385				4.90E-09	MJ/m ² /day		
						アルベド	α	0.06		
※別シートの換算値を入力										
年月日	season	i	平均気温 Ta [°C]	相対湿度 RH [%]	平均風速 z=48 u [m/s]	気圧 Pa [hPa]	日照時間 n [hr/day]	η	a ₂	赤緯 δ [rad]
2022/1/1	2022	1	1.3	67.0	0.8	1022.2	0.50	0.0172	4.889	-0.4026
2022/1/2	2022	2	4.5	64.0	0.9	1017.8	5.80	0.0344	4.907	-0.4012
2022/1/3	2022	3	4.9	72.0	0.9	1015.6	2.90	0.0516	4.924	-0.3996
2022/1/4	2022	4	4.7	67.0	1.3	1016.0	0.00	0.0689	4.942	-0.3980
2022/1/5	2022	5	1.0	76.0	0.5	1022.8	1.10	0.0861	4.960	-0.3962
2022/1/6	2022	6	3.3	63.0	0.6	1018.5	8.10	0.1033	4.978	-0.3942
2022/1/7	2022	7	3.4	64.0	0.7	1022.5	1.60	0.1205	4.995	-0.3921
2022/1/8	2022	8	5.6	56.0	0.5	1018.2	6.50	0.1377	5.013	-0.3899
2022/1/9	2022	9	6.8	77.0	0.9	1015.4	0.00	0.1549	5.031	-0.3876
2022/1/10	2022	10	5.7	70.0	0.7	1014.9	6.90	0.1721	5.049	-0.3851
2022/1/11	2022	11	6.0	73.0	1.1	1001.9	0.00	0.1894	5.067	-0.3826
2022/1/12	2022	12	2.2	67.0	1.3	1007.6	1.20	0.2066	5.084	-0.3799

③ 表の日単位の実蒸発散量 (Ea [mm/day]) の欄を月ごとに集計すると月単位蒸発散量 (Ea [mm/month]) となり、「6.3.2.7 非灌漑期の低水位管理時における効果算定について」で使用される蒸発散量となる。

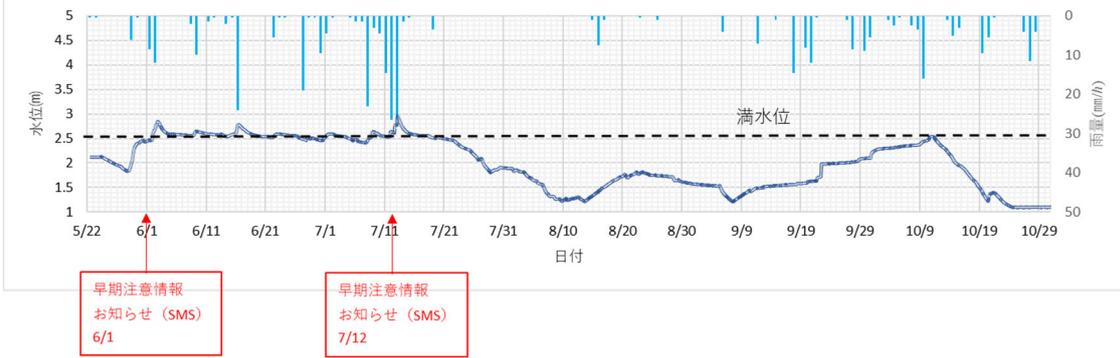
年月日	season	i 1/1からの日数	ペンマン式	地表面湿潤条件下		
			可能蒸発量 Epen [mm/day]	可能蒸発量 Epot [mm/day]	実蒸発散量 Ea [mm/day]	Ea [mm/10min]
2022/1/1	2022	1	0.673	0.2	-0.2	-0.00126
2022/1/2	2022	2	1.144	0.7	0.2	0.00118
2022/1/3	2022	3	0.9	0.5	0.1	0.000631
2022/1/4	2022	4	0.8	0.1	-0.5	-0.00332
2022/1/5	2022	5	0.5	0.3	0.1	0.000376
2022/1/6	2022	6	1.2	0.8	0.5	0.003167
2022/1/7	2022	7	0.8	0.4	-0.1	-0.00084
2022/1/8	2022	8	1.3	0.7	0.2	0.001514
2022/1/9	2022	9	0.6	0.2	-0.2	-0.00151
2022/1/10	2022	10	1.2	0.9	0.5	0.003752
2022/1/11	2022	11	0.7	0.2	-0.3	-0.00218
2022/1/12	2022	12	0.9	0.3	-0.2	-0.00127
2022/1/13	2022	13	0.5	0.3	0.0	0.000314
2022/1/14	2022	14	1.0	0.4	-0.2	-0.0013
2022/1/15	2022	15	0.7	0.3	-0.1	-0.00057

(参考-4)モデルため池の観測結果

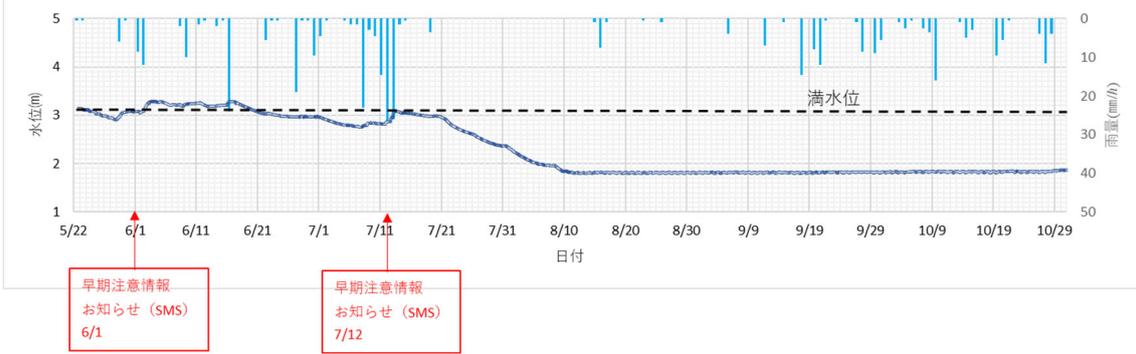
梯川流域の重要ため池 10 箇所の水位の連続観測結果（2023 年の 6 月から 10 月）を示す。水位は標高ではなく、堤頂付近の基準点からの相対水位であり、測定間隔は 1 回/5min である。期間中、6 月 1 日と 7 月 12 日に早期注意情報が発令され、6 月 1 日は林大堤、7 月 12 日はイモリで事前放流が実施された。



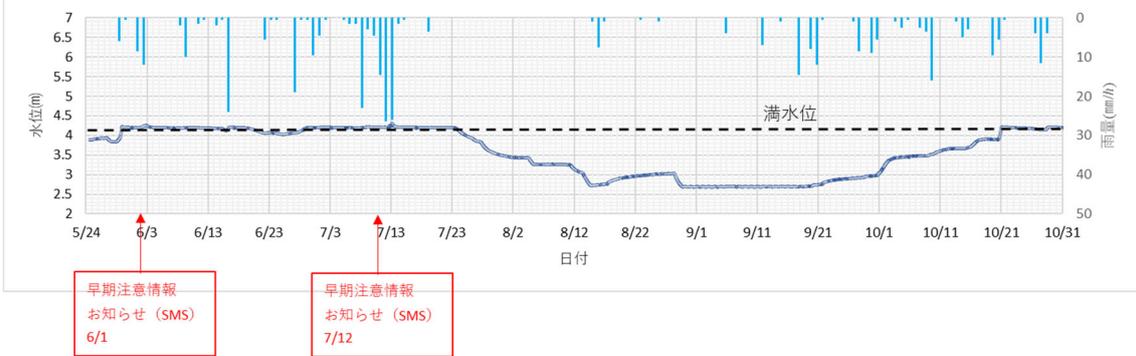
3 吉竹堤



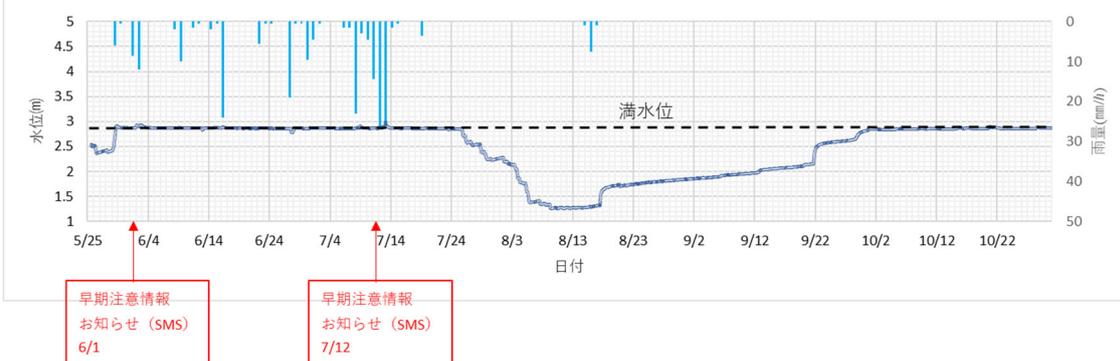
4 若杉堤



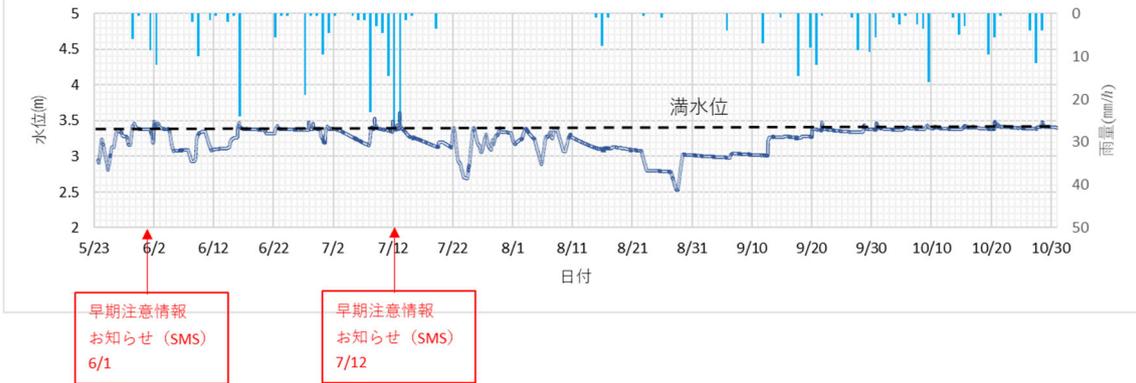
5 北谷



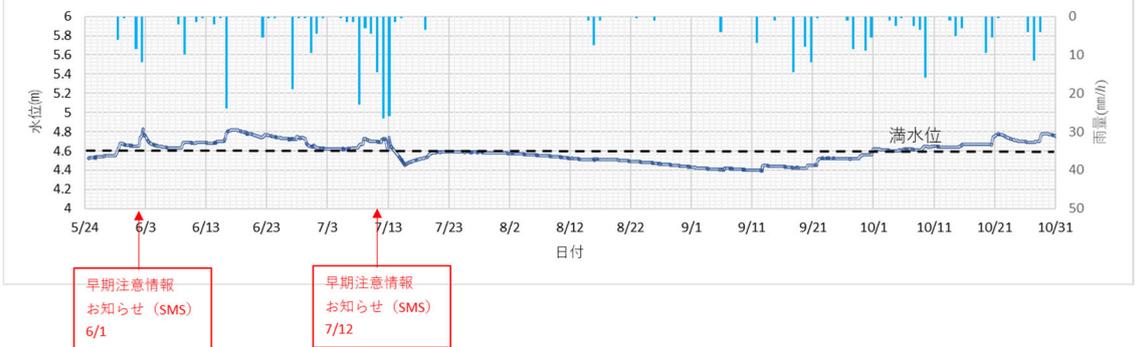
6 上谷下の堤



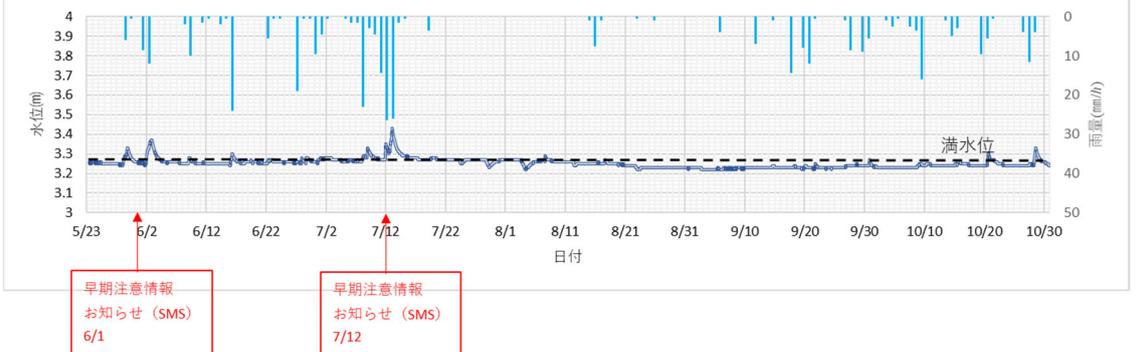
7 林大堤

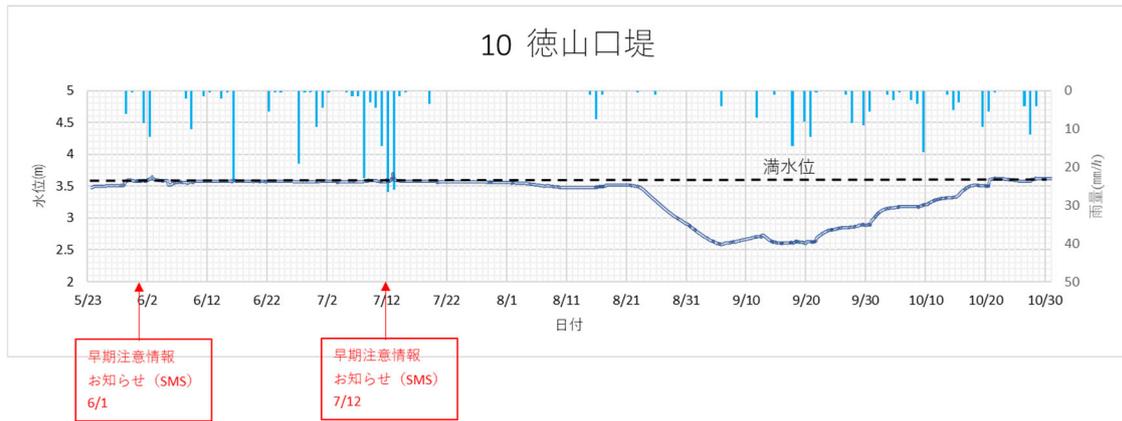


8 イモリ



9 和気口堤





引用文献

田中丸治哉、小澤亮介、中尾泰規、多田明夫（2015）：ため池の水位－貯留量関係のモデル化、農業農村工学会大会講演会講演要旨集、530-531

角屋 睦、永井 明博（1980）：流出解析手法（その10）—4. 貯留法—貯留関数法による洪水解析—、農業土木学会誌、48(10),747-754

農林水産省農村振興局整備部防災課（2018）：ため池の洪水調節機能強化対策の手引き

農林水産省農村振興局（2015）：土地改良事業設計指針「ため池整備」

農林水産省農村振興局（2019）：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説「排水」