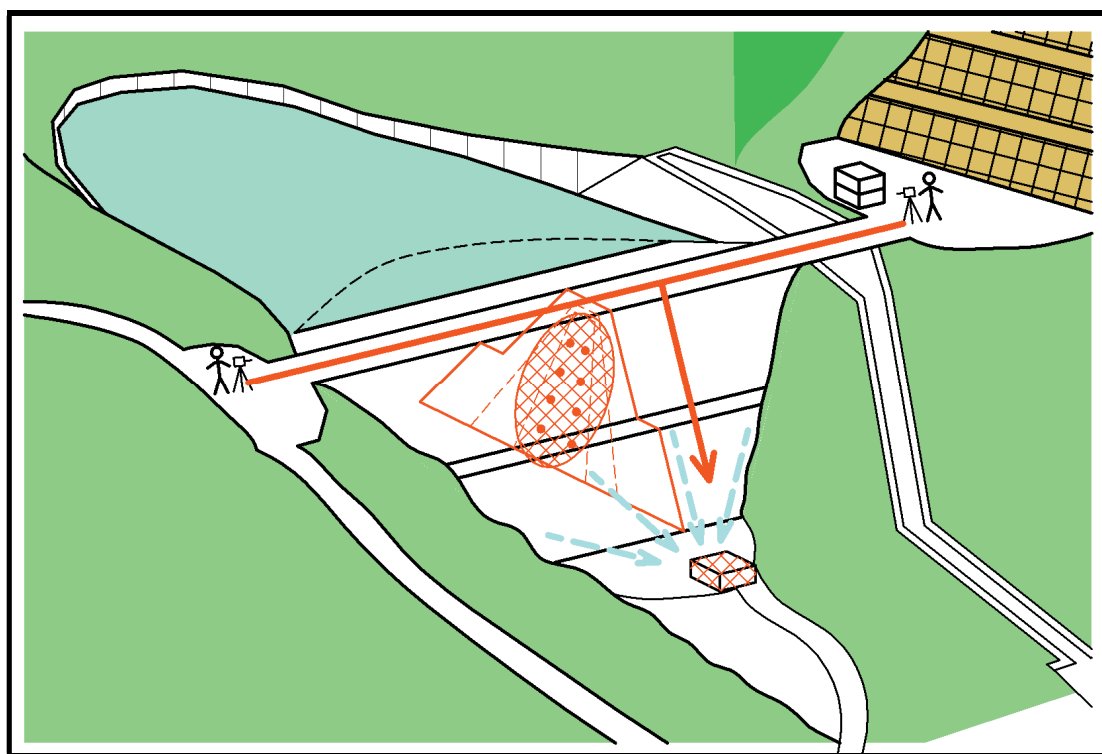


農業用ダム機能診断マニュアル

計測データ管理用

—土地改良区等の職員向け—



平成 31 年 3 月

農林水産省農村振興局

＜目 次＞

	ページ
1 ダムの安全性について	1
2 観測データについて	3
2. 1 フィルダムの観測	3
2. 2 コンクリートダムの観測	13
3 データ整理について	22
4 緊急時・計器故障時の対応	27

《参考資料》

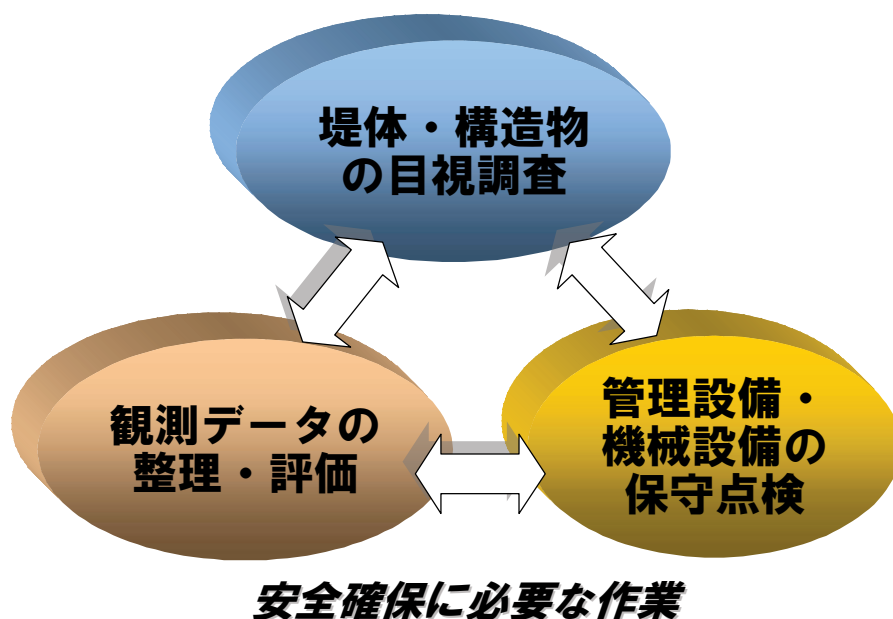
- 浸透量および浸潤線の簡易観測手法による機能診断の
ための技術資料 参考 1
(堤体の観測施設が十分に整備されていない長期供用アースフィルダムを対象)

1 ダムの安全性について

ダムは、貯水や放流による水位操作、地震による激しい振動、豪雨による洪水時のいかなる条件においても、安全性が保たれている必要があります。

ダムの構造物としての寿命は、一般の建物や機械設備などくらべて非常に長く、また、万が一その安全性が損なわれると、下流の住民や農地への被害が生じる恐れもあることから、定期的な点検・診断・維持補修が欠かせません。

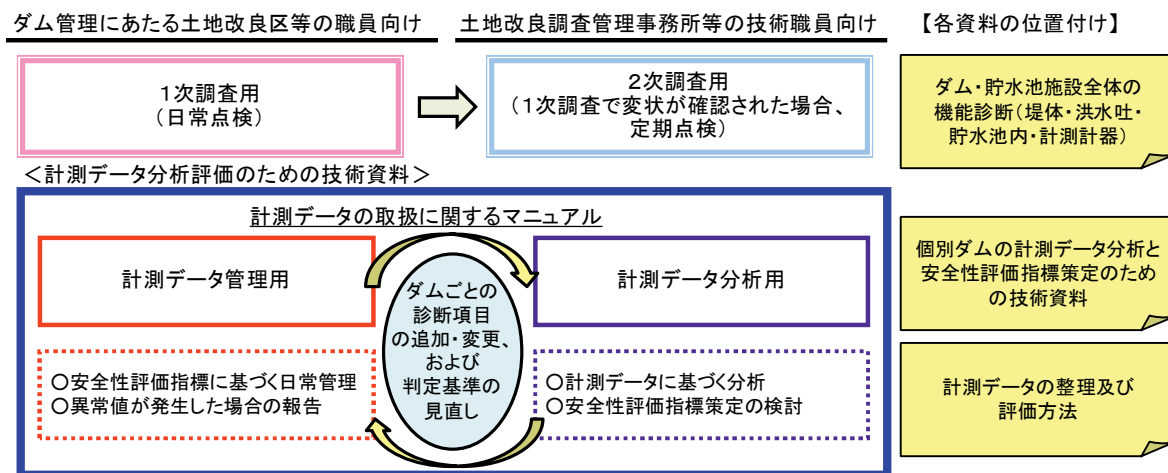
また、ダムにはその安全性を常時監視するための観測計器が設置されており、このデータを適切に評価・整理しておくことが求められます。



この手引きでは、農業用ダム管理者がダムの安全確保に必要な作業のうち、観測計器で計測されるデータの意味合いと安全性評価の考え方を簡単にまとめています。

なお、地震や大雨時の観測等の方法については、「土地改良施設管理基準－ダム編－」（平成16年3月）を適用して下さい。

ダムの機能診断手法として、本手引きの他に「農業用ダム機能診断マニュアル(1次調査用、2次調査用)」「農業用ダム機能診断マニュアル(計測データ分析用)」が策定されています。これらの各種資料の位置づけは以下のとおりとなっています。



機能診断に関する各種資料の位置付け

2 観測データについて

2. 1 フィルダムの観測

◎フィルダムに設置されている計器

土と岩石材料でできているフィルダムには、堤体や基礎地盤、周辺の地山などに、以下のようなさまざまな計器が設置されています（ダム毎に異なります）。

ここでは、特に重要な観測項目である浸透量、間隙水圧、変形について、計測の目的と得られたデータによる評価方法を解説します。なお、堤体の安全性を評価する場合は、1つの観測項目の異常値だけで評価を行うのではなく、他の観測項目についても異変が生じていないかを確認することも重要です。複合的な要因で異変が発生するため、堤体の目視調査においても関連した異変が発生していないかを確認し、総合的に安全性を評価する必要があることに注意して下さい。

特 に 重 要	浸透量観測施設
	間隙水圧計
	表面変位計（測量の標点）
	孔内水位計（浸潤線観測孔）
や や 重 要	浸透圧観測孔（基盤）
	層別沈下計
	土圧計
	岩盤変位計
	地下水位計（地山）
	地震計

日常管理において計測しているデータについては、計測に誤りがないかを確認する意味でも、計測後すぐにグラフ化を行い、これまでと異なる傾向を示していないことを確認して下さい。

（１）浸透量の計測と評価

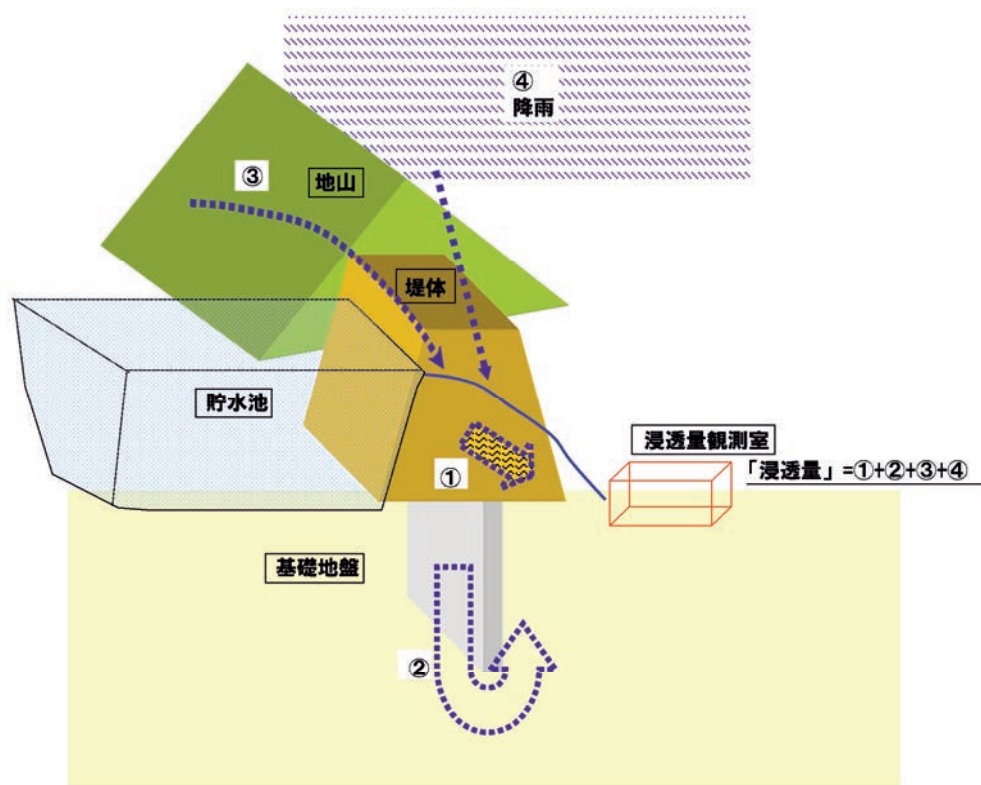
浸透量の観測は、ダム安全性を確認するために最も重要な項目です。

フィルダムの浸透量とは、貯水池から堤体や基礎地盤、地山を通じて徐々に下流側に流れてくる水を、専用の観測施設で計測するものです。

計測される浸透量は、下の図のように、

- ①堤体の中を流れてくる水
- ②基礎地盤の中を流れてくる水
- ③左右岸の地山を通ってくる水
- ④降雨が堤体表面や地表面から流入してくる水

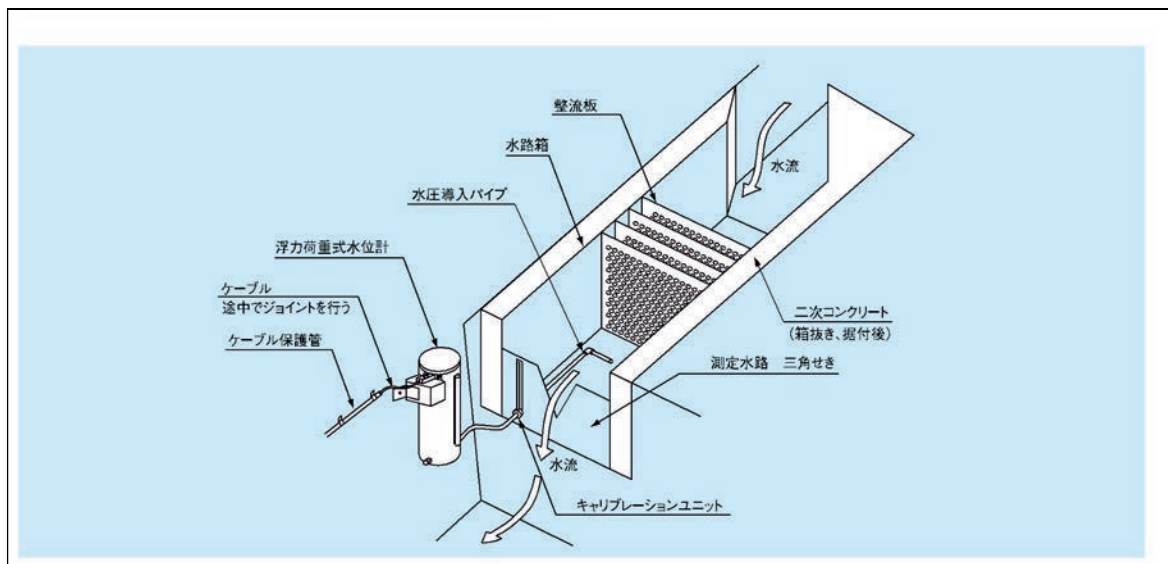
を合わせたものです。



通常は浸透全体の量が記録されていますが、フィルダムの場合、特に安全性に関係するのは①の堤体内の浸透、場合により②の基礎地盤内浸透水です。

浸透量は通常「三角堰」の水位を自動または手動で測定します。

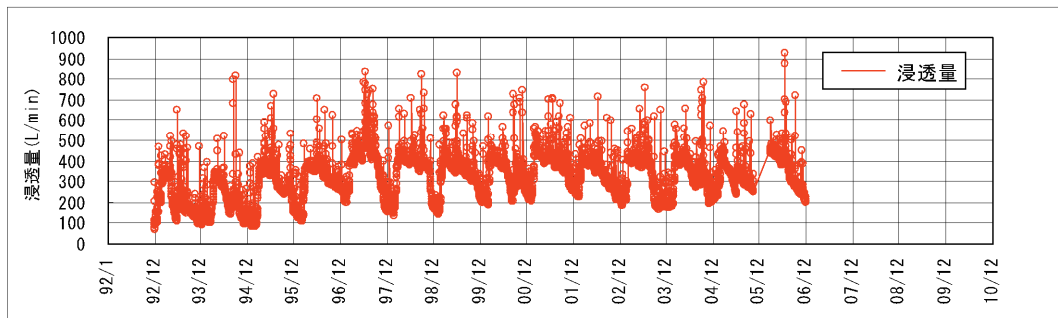
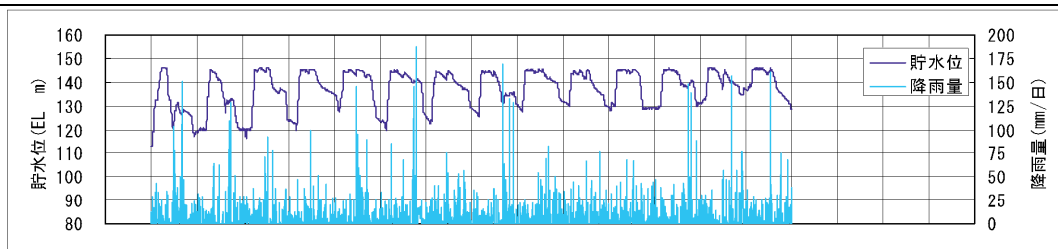
測定したデータは日報や専用の処理コンピュータに入力し、帳票またはグラフで整理します。



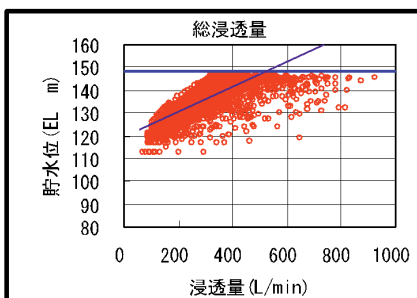
<三角堰の例>

Aダム										
Time	WL	Temp	Rain	浸透量				間隙水圧計		
測定日時	貯水位	外気温	日雨量	浸透1	浸透2	浸透3	総浸透量	P-1	P-2	P-3
				右岸 浸透量	河床 浸透量	左岸 浸透量		間隙 水圧計	間隙 水圧計	間隙 水圧計
日	m	℃	mm	L/min	L/min	L/min	L/min	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
2005/1/1	259.99	5.9	0	36.6	33.3	26.3	96.2	0.37	0.24	0.02
2005/1/2	259.98	7.3	4	28.1	30.3	20.9	79.3	0.37	0.25	0.02
2005/1/3	259.96	8.2	3	23.8	27.9	17.8	69.5	0.37	0.24	0.02
2005/1/4	259.93	3.6	0	54.1	32.2	25.8	112.1	0.36	0.24	0.02
2005/1/5	259.92	3.9	13	45	36.1	35.1	116.2	0.37	0.25	0.02
2005/1/6	259.89	7.6	0	32.9	32.9	25.7	91.5	0.37	0.25	0.02
2005/1/7	259.84	8.8	0	147	97.2	48.2	292.4	0.37	0.25	0.02
2005/1/8	259.82	6	12	77.4	69.3	58.1	204.8	0.37	0.25	0.02
2005/1/9	259.78	8	0	40.7	41	33.2	114.9	0.37	0.24	0.03
2005/1/10	259.78	6.4	9	59.4	40.5	33.1	133	0.36	0.25	0.02
2005/1/11	259.77	4.3	3	62.2	45.5	47	154.7	0.36	0.24	0.03
2005/1/12	259.77	6.4	0	50	44	40	134	0.36	0.25	0.02
2005/1/13	259.74	6.4	0	35.4	39.8	31.5	106.7	0.36	0.25	0.02
2005/1/14	259.71	6.8	0	31.5	37.3	29.5	98.3	0.36	0.24	0.02

<観測データの入力例>



↑
経時変化図

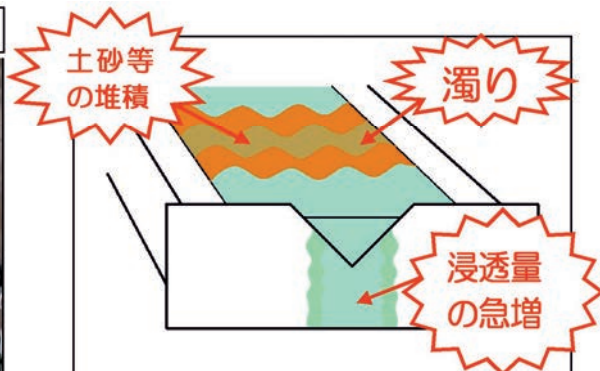


←貯水位との相関図

＜浸透量グラフの例＞

★浸透量データによる安全性評価は、以下の点に注意して行ってください。

浸透量計測施設(三角堰) [緊急報告]



降雨の状況や貯水位の変動と関係なく浸透量が最近になって急増したり、浸透に通常以上の濁りが生じ、その状態が継続している場合、前回点検時以降に土砂等の堆積が見られる場合は、浸透量の増減と合わせて注意してください。

《三角堰自動計測器の精度確認について》

自動計測値（三角堰自動計測器）と手計り値（ビーカーやバケツによる観測）の総和が同量とならない場合があります。

そのため、手動計測（手計り）結果と自動計測結果を比較チェックし、異常が無いか確認することも必要です。



〈手動計測状況〉



〈三角堰自動計測器〉

あるダムでは、三角堰のナイフエッジ部分に水深が目視で確認できるような目盛を付けており、三角堰自動計測器の値が正しいかを確認しているところもあります。

また、水路の底に白色のプレートを設置することで土砂等の堆積状況が確認しやすくなるといった工夫を行っているところもあります。



〈三角堰での計測工夫事例の紹介〉

《浸透量計測施設（三角堰）内の堆積物について》

浸透量観測施設に堆積している赤褐色の物質について、粘土との区別が難しい場合があります。

写真例は、鉄酸化細菌（バクテリア）が、浸透水に含まれる二価の鉄イオンを酸化した際に生成される酸化鉄の皮膜と茶褐色の沈殿物です。

水の流れがないか緩やかな場合、形成された皮膜がその場所に留まっている場合があります。光で反射し、油膜のように見られます。

この場合、油膜であれば油特有の臭いがあること、つついた場合に割れないことで酸化鉄の皮膜と区別することができます。

また、黒色の沈殿物が堆積している場合もあり、その場合マンガン酸化細菌（バクテリア）の生成物である可能性があります。

鉄・マンガン酸化細菌（バクテリア）およびその生成物である沈殿物は無害ですが、ドレーン管などの目詰りが生じたり、浸透量計測値に支障が生じる場合があるため、適宜清掃等を行ってください。なお、堆積物の性状が明らかでない場合は、土地改良調査管理事務所等の技術職員または専門技術者等に相談してください。



写真例：赤褐色の沈殿物



写真例：酸化鉄の皮膜

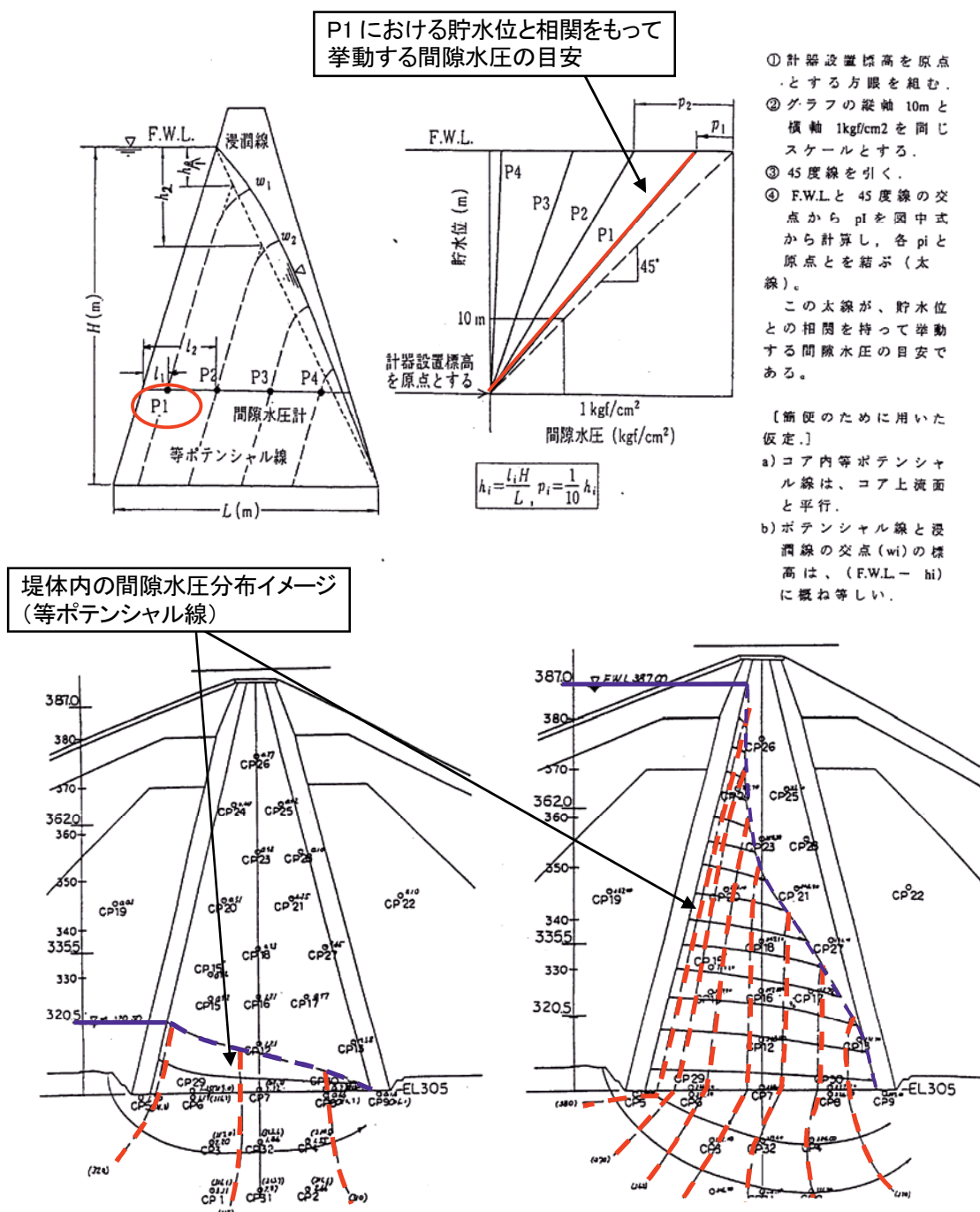


写真例：黒色の沈殿物

(2) 間隙水圧・浸潤線の計測と評価

間隙水圧とは、堤体材料（土）の隙間に存在する水が、貯水池の高い水位から伝わる圧力のことです。

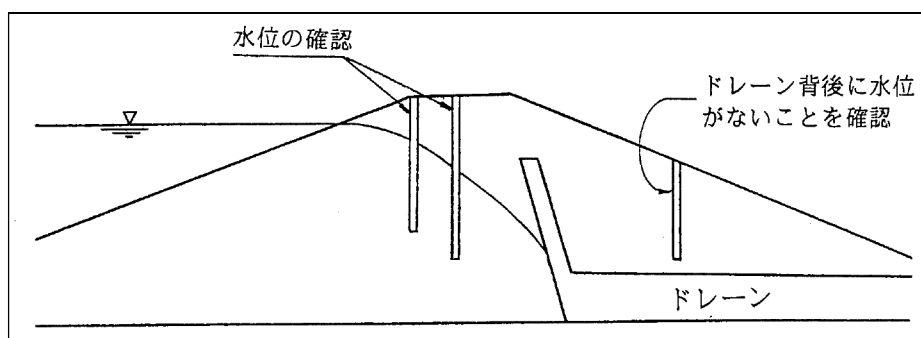
堤体の中の圧力の状態が健全であることは、ダム安全性に対して重要な意味を持っています。



ダム堤体内の間隙水圧の概念図

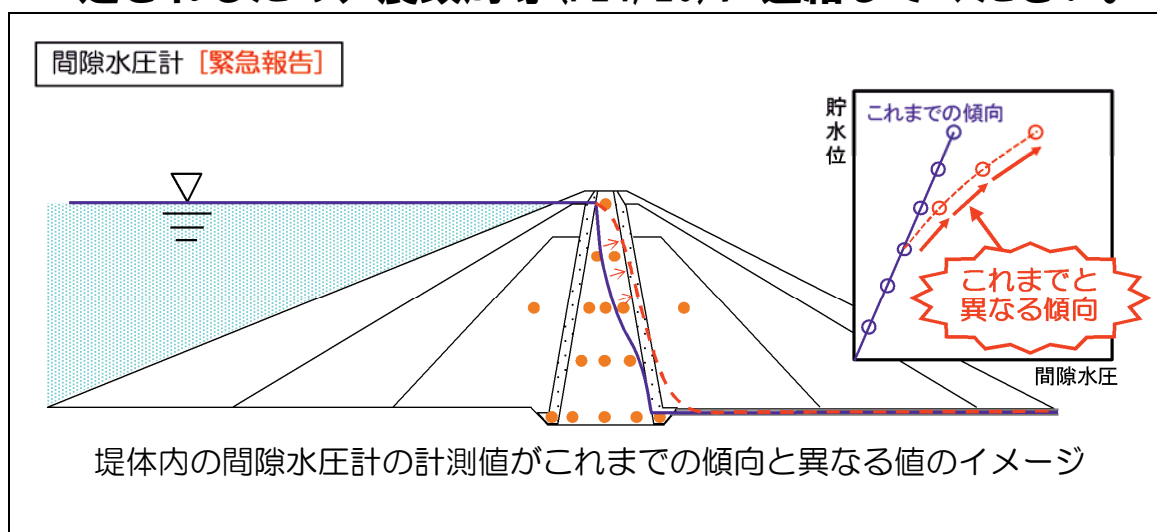
計測は「間隙水圧計」という計器で圧力を測定しています。計測方法は、電気式または機械式のものがありますが、電気式の場合は計器の寿命が10年程度とされているため、定期的な計器点検により正常に計測が行われていることを必ず確認して下さい。

また、間隙水圧計の他に、堤体内水位を測定するために浸潤線観測孔を設置しているダムがあります。その計測方法は手動による場合が多く、直接水位を測定できることから、定期的に電気式計器とのチェックを行うことが精度確保の観点から必要です。



浸潤線観測の例

★間隙水圧、浸潤線観測データによる安全性評価は、以下の点に注意して行ってください。異なる傾向が確認された場合は堤体内の浸透状況に変化が生じていることが想定されるため、農政局等(P24, 25)に連絡してください。



（３）変形の計測と評価

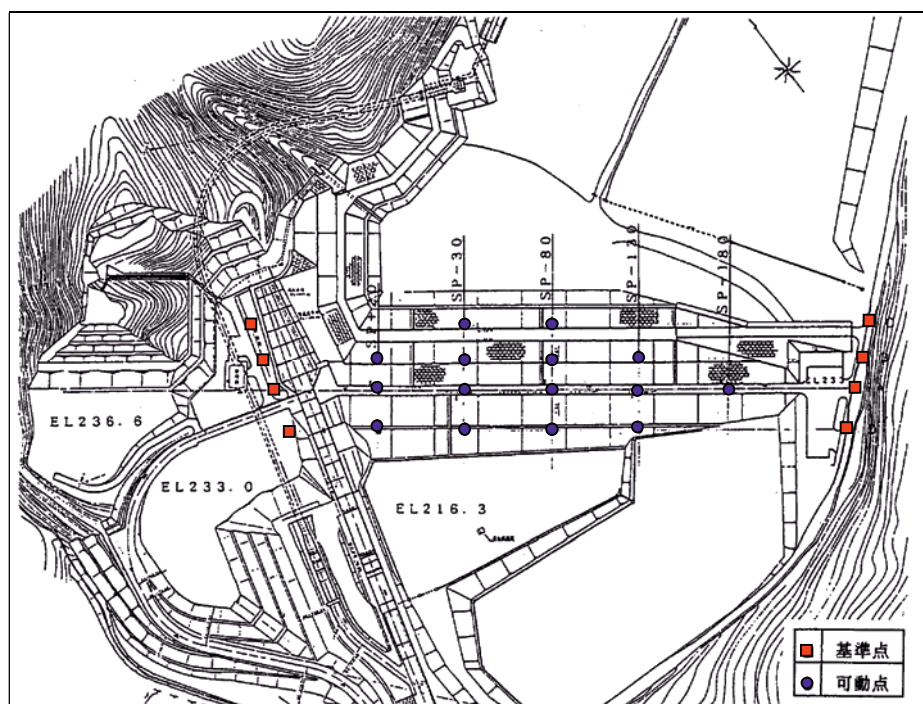
表面変位計による計測は、ダムの安全性を確認する上で重要な計測項目であり、築堤及び湛水により生じる鉛直変位や水平変位から堤体の安定性（すべり）に対する検討、地震が発生した場合の堤体の安全性に対する検討を行うために必要です。表面変位の計測点を下図に示します。

変形量は、計測値と初期値の差で求められるため、測点設置後の初期値を押さえる必要があります。

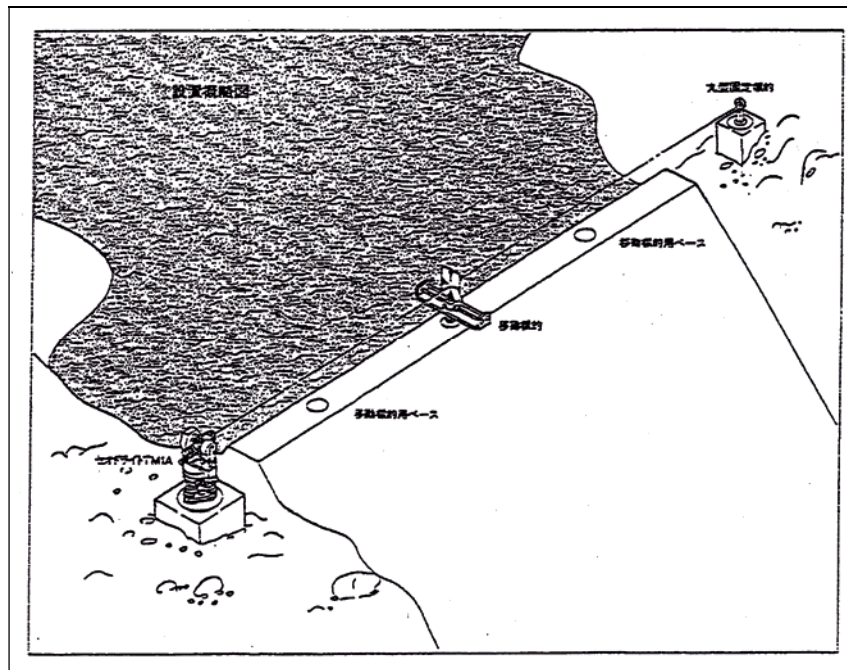
- ・ 鉛直変位 設置時の標高
- ・ 水平変位 基準点からの座標

初期値が分からないような場合は設計値を参考としたり、経時的な変化傾向から堤体の安定性を検討してください。

また、基準点自体の安定性や測定機器の精度等によって誤差が生じるため、基準点自体の安定性の確認（目視による変状確認等）、測定機器の点検を定期的の実施し、精度を確保する必要があります。

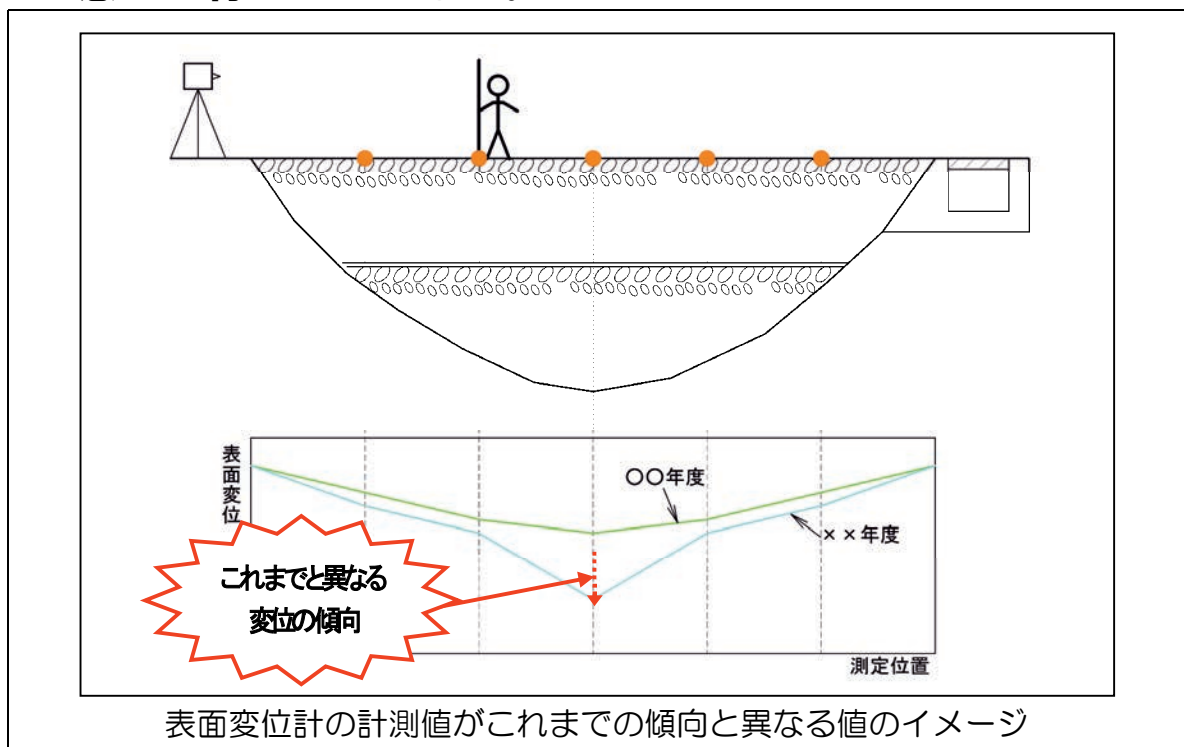


表面変位計配置図（参考）



セオドライト・移動標的による変位量測定例（参考）

★表面変位計測データによる安全性評価は、以下の点に注意して行ってください。



2. 2 コンクリートダムの観測

◎コンクリートダムに設置されている計器

コンクリートダムには、堤体や基礎地盤、周辺の地山などに、以下のようなさまざまな計器が設置されています（ダム毎に異なる）。

ここでは、特に重要な観測項目である浸透量、揚圧力、変形について、計測の目的と得られたデータによる評価方法を解説します。なお、堤体の安全性を評価する場合は、1つの観測項目の異常値だけで評価を行うのではなく、他の観測項目についても異変が生じていないかを確認することも重要です。複合的な要因で異変が発生するため、堤体の目視調査においても関連した異変が発生していないかを確認し、総合的に安全性を評価する必要があることに注意して下さい。

特に重要	浸透量観測施設
	ブルドン管式圧力計（揚圧力）*1)
	間隙水圧計（揚圧力）*1)
やや重要	プラムライン（変位）*2)
	ひずみ計
	温度計
	応力計
	継目計
	岩盤変位計
	地下水位計（地山）
	地震計

*1) ブルドン管式圧力計（基礎排水孔設置）・間隙水圧計（堤体基礎設置）は共に揚圧力を測る機器である

*2) 規模の小さいダムでは省略される場合がある

日常管理において計測しているデータについては、計測に誤りがないかを確認する意味でも、計測後すぐにグラフ化を行い、これまでと異なる傾向を示していないことを確認して下さい。

（１）浸透量の計測と評価

浸透量の観測は、ダム安全性を確認するために最も重要な項目です。

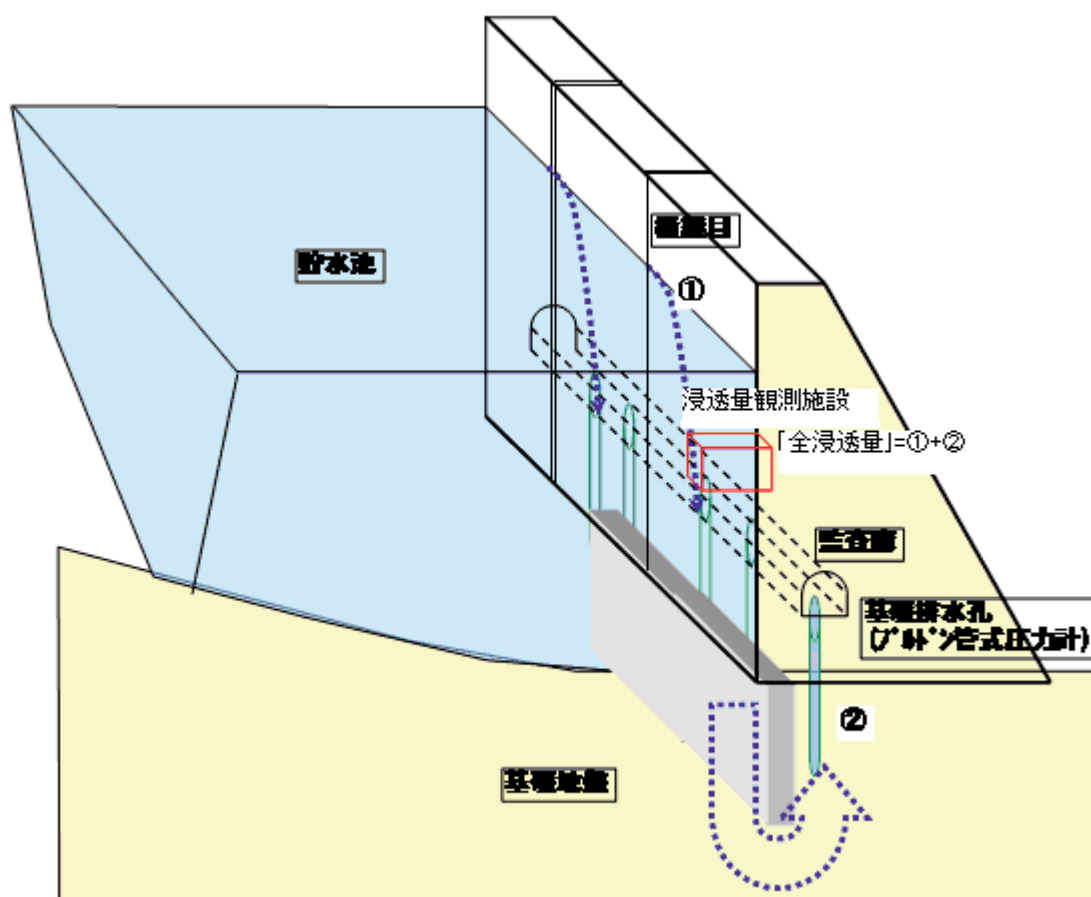
コンクリートダムの浸透量とは、貯水池から堤体の継目や基礎地盤、地山を通じて流れてくる水を、専用の観測施設で計測するものです。

計測される浸透量は、下の図のように、

①堤体の継目を通ってくる水（継目排水）

②基礎地盤の中を通ってくる水（基礎排水）

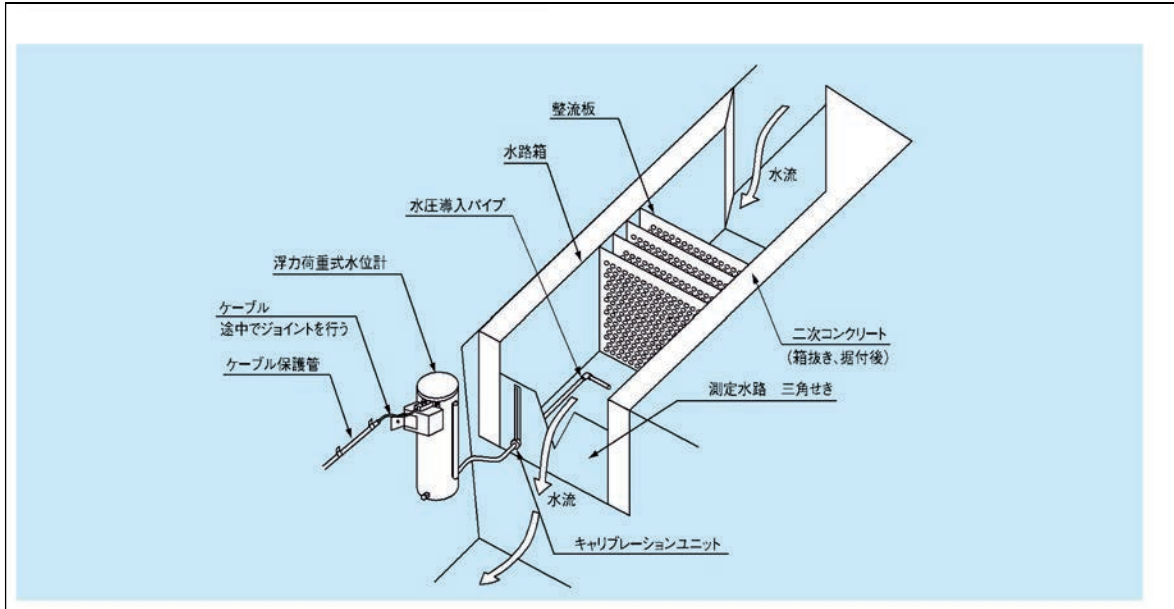
を合わせたものです。



通常は、監査廊の中央部付近にある浸透量観測施設で全浸透量が記録されています。コンクリートダムの場合、特に安全性に関係するのは②の基礎地盤内浸透水です。

浸透量は通常「三角堰」の水位を自動または手動で測定します。

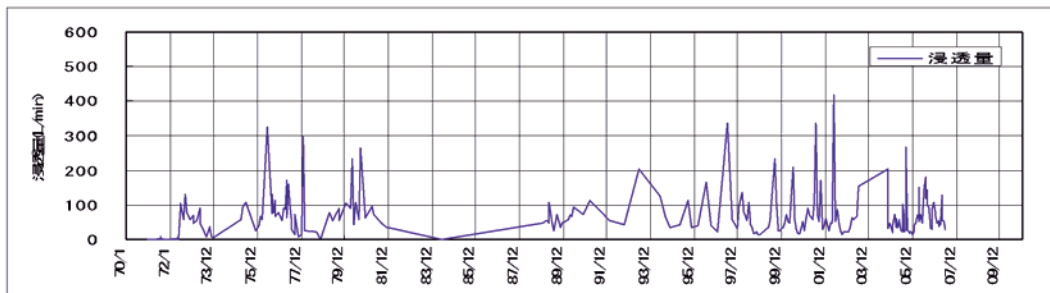
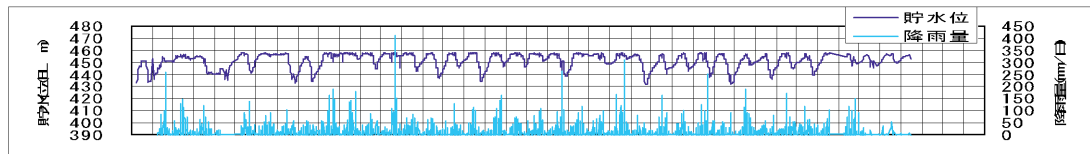
測定したデータは日報や専用の処理コンピュータに入力し、帳票またはグラフで整理します。



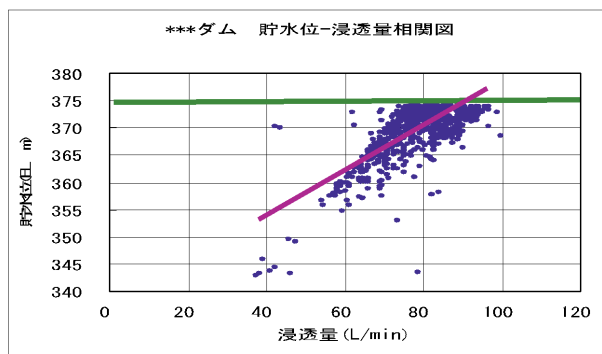
<三角堰の例>

**ダム												
Time	WL	Temp	Rain	浸透量			間隙水圧計				ブラムライン	
測定日時	貯水位	外気温	日雨量	基礎排水量	継目排水量	総浸透量	P-1	P-2	P-3	P-4	DX(ダム軸)	DY(上下流)
日	m	℃	mm	L/min	L/min	L/min	間隙水圧計	間隙水圧計	間隙水圧計	間隙水圧計	ダム軸	上下流
							kgf/cm2	kgf/cm2	kgf/cm2	kgf/cm2	mm	mm
2002/1/1	169.96	3.7	0	19.0	1.0	20.0	6.70	4.20	1.20	1.20	1.200	5.800
2002/1/2	169.96	4.8	0	20.0	1.0	21.0	6.70	4.20	1.20	1.20	1.500	5.800
2002/1/3	169.96	7.9	1	22.0	1.0	23.0	6.70	4.20	1.20	1.20	1.300	5.900
2002/1/4	169.98	8.3	0	23.0	1.0	24.0	6.70	4.20	1.20	1.20	1.100	5.900
2002/1/5	169.98	6.5	0	23.0	1.0	24.0	6.70	4.20	1.20	1.20	1.100	5.900
2002/1/6	169.97	7.8	0	24.0	1.0	25.0	6.70	4.20	1.20	1.20	1.100	5.900
2002/1/7	168.97	5.5	0	24.0	1.0	25.0	6.70	4.20	1.20	1.20	1.500	5.800
2002/1/8	169.97	3.3	0	25.0	1.0	26.0	6.70	4.20	1.20	1.20	1.900	5.700
2002/1/9	169.96	6.9	0	26.0	1.0	27.0	6.70	4.20	1.20	1.20	1.700	5.800
2002/1/10	169.95	7.6	0	28.0	1.0	29.0	6.70	4.20	1.20	1.20	1.700	5.700
2002/1/11	169.94	9.1	0	28.0	1.0	29.0	6.70	4.20	1.20	1.20	1.500	5.700
2002/1/12	169.93	7.4	0	29.0	1.0	30.0	6.70	4.20	1.20	1.20	1.500	5.700
2002/1/13	169.92	5.6	1	30.0	1.0	31.0	6.70	4.20	1.20	1.20	1.400	5.700
2002/1/14	169.91	6.0	0	31.0	1.0	32.0	6.70	4.20	1.20	1.20	1.300	5.900
2002/1/15	169.90	3.3	0	31.0	1.0	32.0	6.70	4.20	1.20	1.20	1.500	5.800
2002/1/16	169.89	4.3	0	33.0	1.0	34.0	6.70	4.20	1.20	1.20	1.600	5.800
2002/1/17	169.88	3.7	14	34.0	34.0	34.0	6.70	4.20	1.20	1.20	1.600	5.800

<観測データの入力例>



↑
経時変化図



←貯水位との相関図

＜浸透量グラフの例＞

★浸透量データによる安全性評価は、以下の点に注意して行ってください。

浸透量計測施設(三角堰) [緊急報告]

降雨の状況や貯水位の変動と関係なく浸透量が最近になって急増したり、浸透に通常以上の濁りが生じ、その状態が継続している場合、前回点検時以降に土砂等の堆積が見られる場合は、浸透量の増減と合わせて注意してください。

《三角堰自動計測器の精度確認について》

自動計測値（三角堰自動計測器）と手計り値（ビーカーやバケツによる観測）の総和が同量とならない場合があります。

そのため、手動計測（手計り）結果と自動計測結果を比較チェックし、異常が無いか確認することも必要です。



〈手動計測状況〉



〈三角堰自動計測器〉

あるダムでは、三角堰のナイフエッジ部分に水深が目視で確認できるような目盛を付けており、三角堰自動計測器の値が正しいかを確認しているところもあります。

また、水路の底に白色のプレートを設置することで土砂等の堆積状況が確認しやすくなるといった工夫を行っているところもあります。



〈三角堰での計測工夫事例の紹介〉

《浸透量計測施設（三角堰）内の堆積物について》

浸透量観測施設に堆積している赤褐色の物質について、粘土との区別が難しい場合があります。

写真例は、鉄酸化細菌（バクテリア）が、浸透水に含まれる二価の鉄イオンを酸化した際に生成される酸化鉄の皮膜と茶褐色の沈殿物です。

水の流れがないか緩やかな場合、形成された皮膜がその場所に留まっている場合があります。光で反射し、油膜のように見られます。

この場合、油膜であれば油特有の臭いがあること、つついた場合に割れないことで酸化鉄の皮膜と区別することができます。

また、黒色の沈殿物が堆積している場合もあり、その場合マンガン酸化細菌（バクテリア）の生成物である可能性があります。

鉄・マンガン酸化細菌（バクテリア）およびその生成物である沈殿物は無害ですが、ドレーン管などの目詰りが生じたり、浸透量計測値に支障が生じる場合があるため、適宜清掃等を行ってください。なお、堆積物の性状が明らかでない場合は、土地改良調査管理事務所等の技術職員または専門技術者等に相談してください。



写真例：赤褐色の沈殿物



写真例：酸化鉄の皮膜

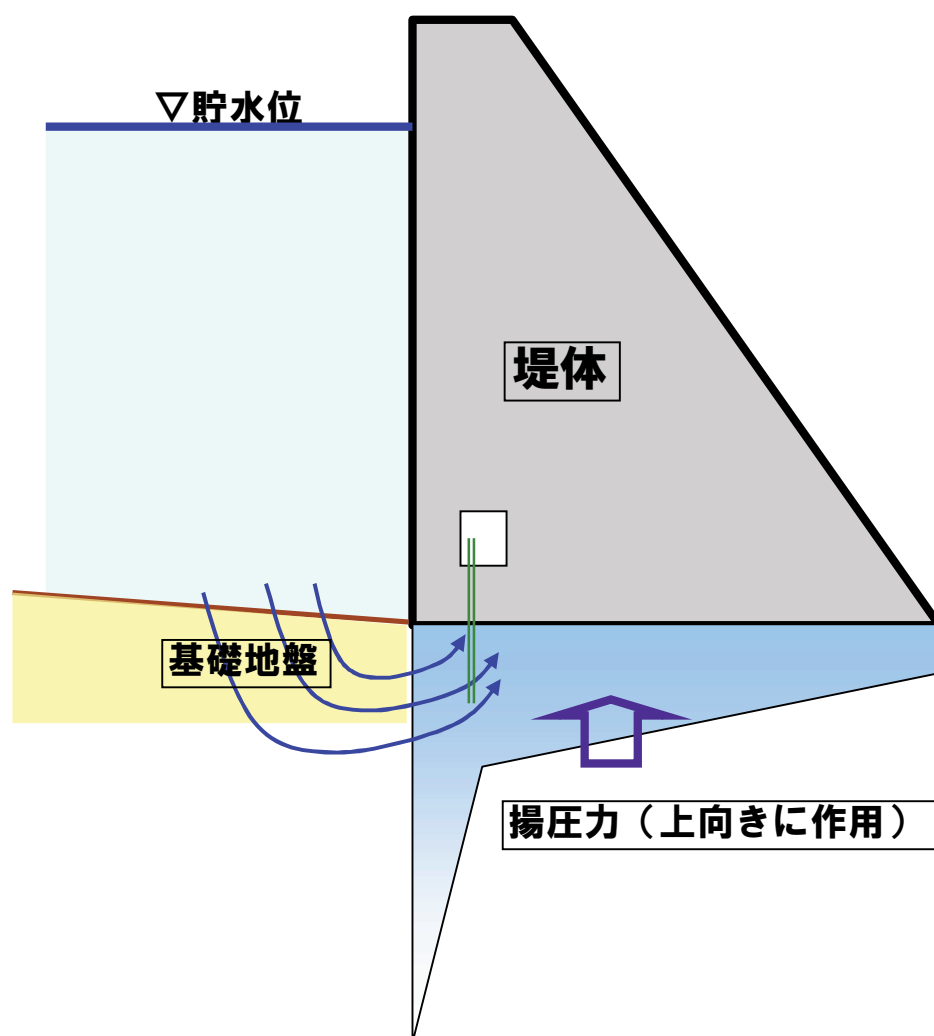


写真例：黒色の沈殿物

（２）揚圧力の計測と評価

揚圧力とは、ダムに貯水した際に、基礎地盤の間隙内を浸透して堤体に対して伝わる水圧のことです。

コンクリートダムでは、堤体の設計に見込んだ揚圧力に対して過大でないか、急激な変化が生じていないかを確認することがダムの安全性に対して重要な意味を持っています。



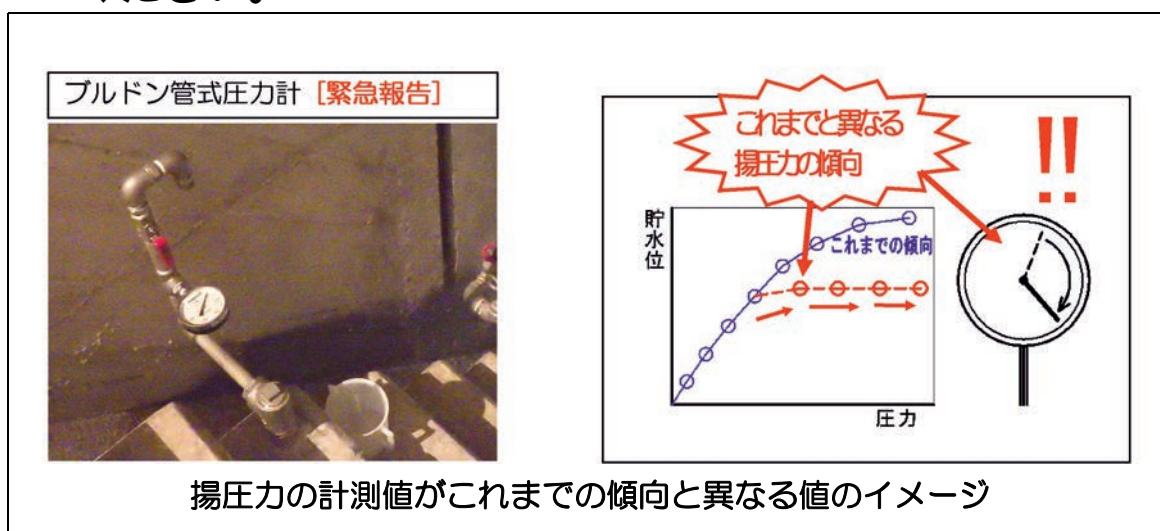
揚圧力の概念図

揚圧力の計測は監査廊の中に設置された基礎排水孔の先端に設置された「ブルドン管式圧力計」及び堤体基盤に設置された「間隙水圧計」という計器で圧力を測定しています。計測方法は、前者は手動または電気式、後者は電気式のもの

が一般的です。電気式の場合は計器の寿命が10年程度とされているため、定期的な計器点検により正常に計測が行われていることを必ず確認して下さい。

ブルドン管式圧力計による揚圧力の測定手法については、「土地改良施設管理基準—ダム編—」（平成16年3月）P165を参照して下さい。

★揚圧力による安全性評価は、以下の点に注意して行ってください。



《ブルドン管の清掃について》

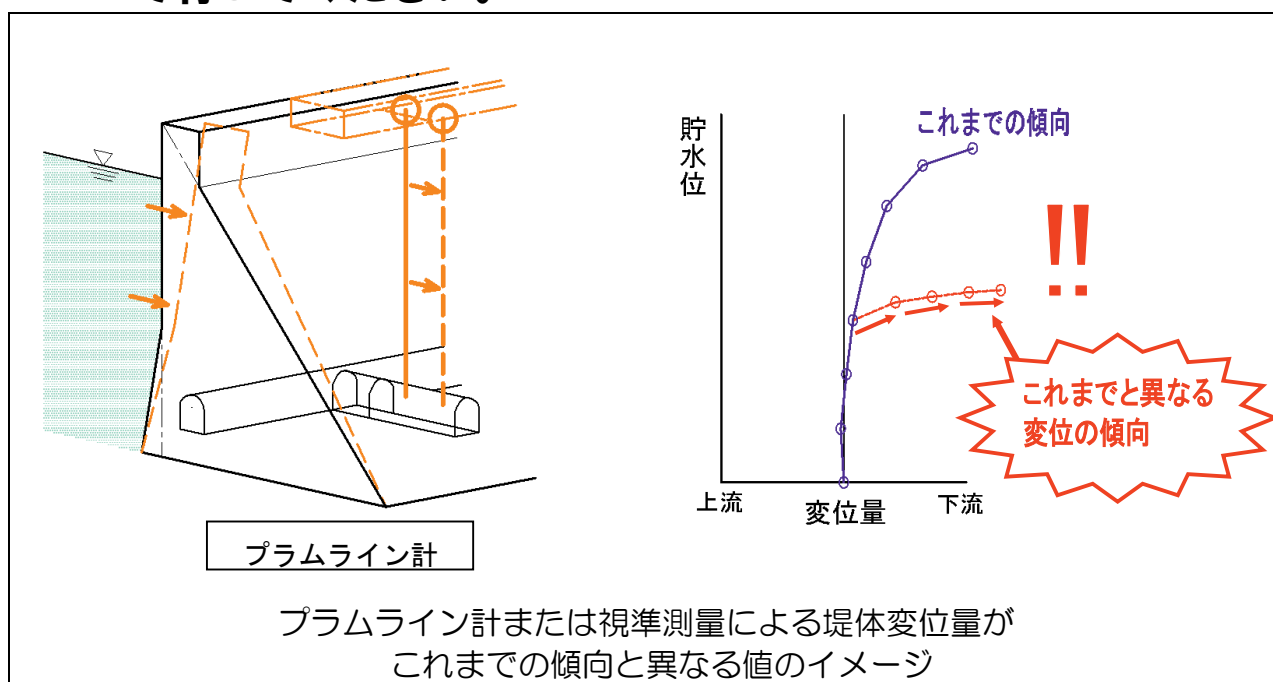
ブルドン管には遊離石灰や鉄酸化細菌（バクテリア）由来の赤褐色の析出物が溜まり、排水やバルブの閉塞等に支障をきたす場合があります。定期的な清掃を行ってください。



(3) 変形の計測と評価

コンクリートダムの変形の計測は、大規模なダムでは堤体プラムライン、小規模なダムでは視準測量により計測される場合が多いです。変位（鉛直変位、水平変位）の計測は、ダムの安全性を確認する上で重要な計測項目です。定期的な計器点検により正常に計測が行われていることを必ず確認して下さい。

★変位計測データによる安全性評価は、以下の点に注意して行ってください。



なお、コンクリートダムは温度の変化による伸び縮みや堤体にかかる貯水圧などによる影響を受けて変位するため、過去の動きとの比較も必要となる場合があります。

また、堤体温度データはひび割れ防止等の基礎資料となるのでデータの蓄積も必要となります。

3 データ整理について

(1) データ整理の方法

ダムを観測データの処理は、建設された時期によって、

- ・ 手動の観測値を紙の様式に記録する
- ・ 自動でパソコンに取り込み、帳票やグラフ出力も可能

など、ダム毎に異なっていると思われます。

いずれの方法であっても、

- ・ 計測機械や処理用のパソコンが定期的に点検整備されていて、正確なデータが得られていること
- ・ 緊急時に、今までの値や傾向と比較できるよう、過去の数値データが保管されていること
- ・ 計測されたデータから、安全性を評価するための管理基準値が設定されていることが肝心です。

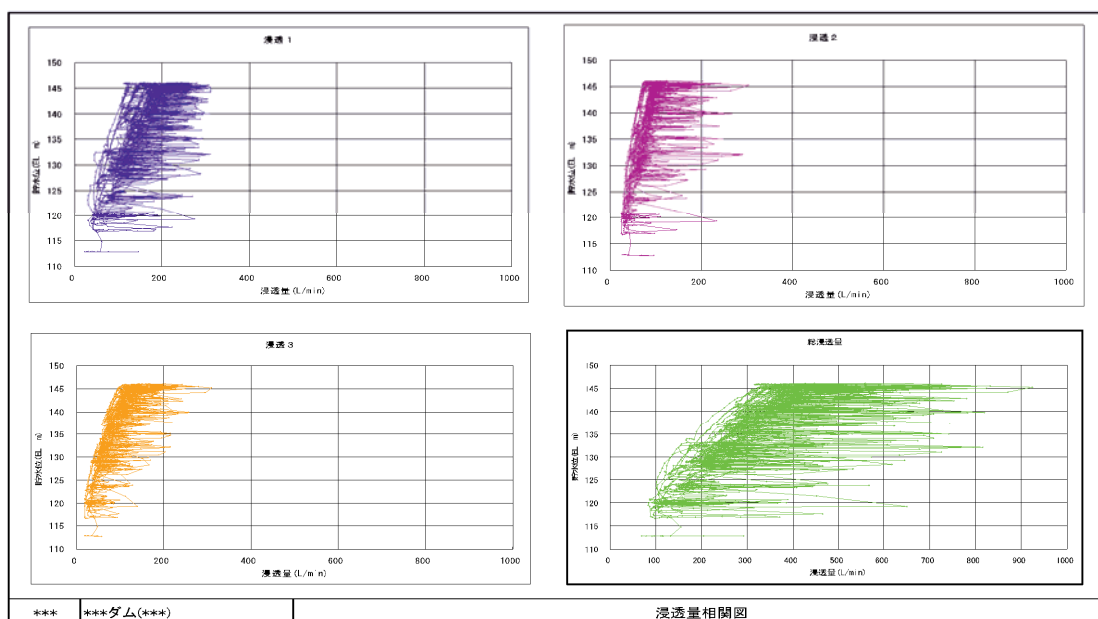
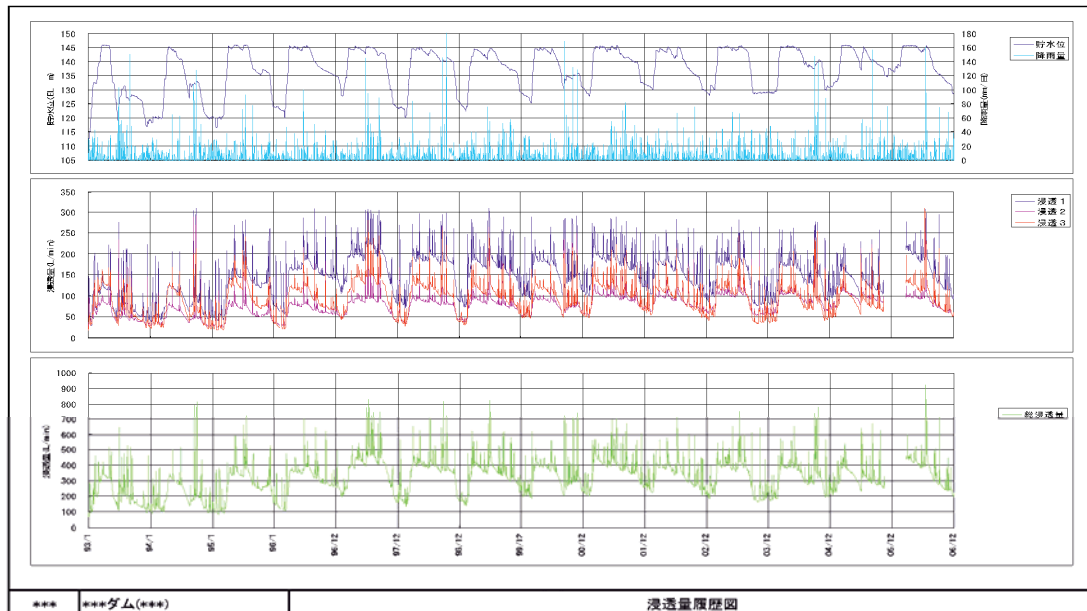
なお、設定されていないダムについては、農業用ダム機能診断マニュアル「計測データ分析用」等を使用し、調査管理事務所等と協議して設定してください。

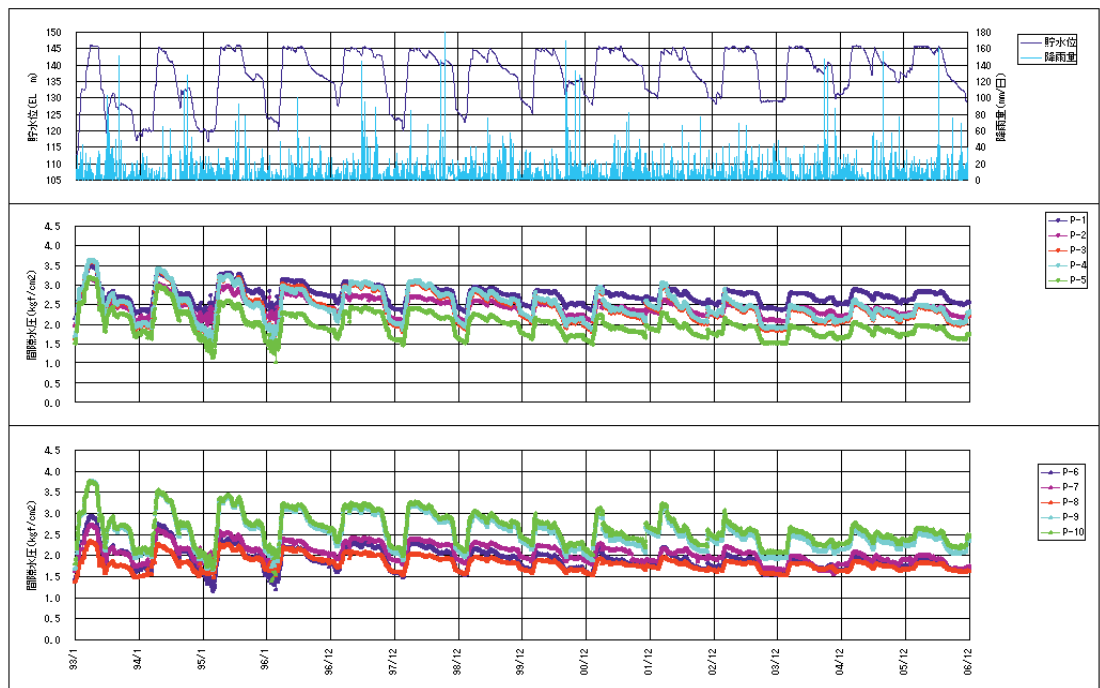
さらに、今後のダム管理においては、長期にわたって計測されたデータを、数字の羅列ではなく、適切に評価ができるような「グラフ処理」を行うことも重要となります。

この手引きには、観測データの記録を残し、また基本的な図化処理を行うためのツールとして、Microsoft[®] Excel を用いたダムデータ処理用ワークシートを添付しました。

基本シートから様々な解析評価を行うことも可能です。

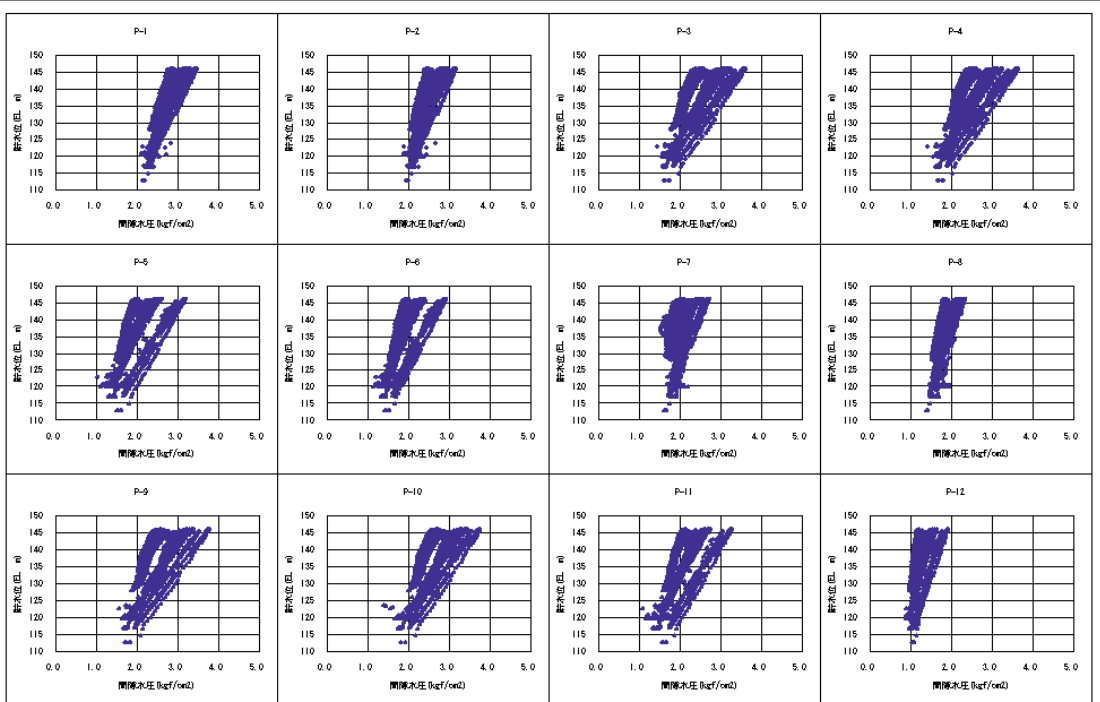
グラフ出力：貯水・降雨データと計器データを並べて作図します。





*** Δ ***

間隙水圧履歴図-1/6



*** Δ ***

間隙水圧相関図-1/5

(2) 計器の点検について

ダムに設置された観測計器の主な故障の状況と対策は以下のとおりです。

表-計測器の主な故障の状況と対策

分類	故障の状況	対 策
電気式計器	①計器自身の故障	計器設置時に最大限の注意を払う 代替計器で置換え
	②ケーブルの断線、絶縁抵抗故障	
	③落雷による故障	耐雷素子を使用(完全に防ぐことは不可能)
機械式計器	①循環式間隙水圧計のチューブなどの破損による漏水	専門業者による修理
	②計測器の故障	
三角堰	①堰への異物の付着,ナイフエッジ(金属部)の破損	定期的な清掃・部品の交換
測定装置	①使用環境による故障(湿気,温度など)	空調室内への設置等 使用環境の改善
	②構成部品の故障	修理
	③落雷による故障	耐雷素子を使用(完全に防ぐことは不可能)

ダムの計測は長期間にわたることから、計測器の保守点検を定期的(計測の都度)に実施する必要があります。

なお、電気式や機械式の埋設計器の耐用年数は、おおむね10年程度とされ交換が不可能なことから、データの精度と機器の廃棄の見定めが重要となります。ダムの安全性の確認上、重要な計器に関しては、代替計器の設置が必要となる場合もあるため、計測を中止する場合は管轄の農政局(土地改良調査管理事務所)と相談してください。

4 緊急時・計器故障時の対応

観測データに異常が生じたと思われる場合や埋設計器の故障によって計測を中止する場合は下記の連絡先まで連絡してください。

[通報・連絡先]

地区(管轄)	連絡先名称・担当部署	電話番号	FAX 番号
東北	北奥羽土地改良調査管理事務所 保全整備課 〒036-8214 弘前市大字寺新町 149-2	(0172)32-8457	(0172)35-3490
	北上土地改良調査管理事務所 保全整備課 〒020-0023 盛岡市内丸 7-25 盛岡合同庁舎 3F	(019)613-2533	(019)654-0271
	西奥羽土地改良調査管理事務所 保全整備課 〒010-0951 秋田市山王 7-1-3 秋田合同庁舎 5F	(018)823-7801	(018)823-7805
	阿武隈土地改良調査管理事務所 保全計画課 〒960-0241 福島市笹谷字稲場 38-7	(024)555-3780	(024)555-3783
関東	利根川水系土地改良調査管理事務所 保全整備課 〒277-0831 柏市根戸 471-65	(04)7131-7141	(04)7133-3527
	西関東土地改良調査管理事務所 保全整備課 〒439-0019 静岡県菊川市加茂 2280-1	(0537)35-3251	(0537)35-5212
北陸	信濃川水系土地改良調査管理事務所 保全整備課 〒951-8133 新潟市川岸町 1-49-3	(025)231-5141	(025)231-6986
	西北陸土地改良調査管理事務所 保全整備課 〒923-0801 小松市園町ホ 85 番地 1	(0761)21-9911	(0761)21-9985
東海	木曾川水系土地改良調査管理事務所 保全整備課 〒466-0857 名古屋市中区安田通 4-8	(052)761-3191	(052)761-3195
近畿	淀川水系土地改良調査管理事務所 保全整備課 〒612-0855 京都市伏見区桃山町永井久太郎 56	(075)602-1313	(075)602-1500
	南近畿土地改良調査管理事務所 調査計画課 〒638-0821 奈良県吉野郡大淀町下淵 388-1	(0747)52-2791	(0747)52-2794
中国四国	中国土地改良調査管理事務所 保全整備課 〒731-0221 広島市安佐北区可 2-6-15	(082)819-1617	(082)819-1620
	四国土地改良調査管理事務所 保全整備課 〒762-0086 香川県綾歌郡飯山町真時字柳下 677-1	(0877)56-8260	(0877)56-8266
九州	北部九州土地改良調査管理事務所 保全整備課 〒830-0062 久留米市荒木町白口 891-20	(0942)27-2160	(0942)51-3058
	南部九州土地改良調査管理事務所 保全整備課 〒885-0093 都城市志比田町 4778-1	(0986)23-1293	(0986)27-1281

浸透量および浸潤線の簡易観測手法による 機能診断のための技術資料（案）

－土地改良区等の職員向け－



写真：簡易観測装置の設置事例

平成31年3月

農林水産省農村振興局

目 次

1.	基本事項	参考 3
2.	観測施設の設置とデータ観測	参考 6
3.	観測データの評価	参考 21

1. 基本事項

(1) 目的

堤体の観測施設が十分に整備されていない長期供用アースフィルダムの管理者は、浸透量、浸潤線の計測が重要であると認識しているものの、構造上(堤体内の構造が不明)や経費・人員の問題から観測施設の設置は困難といった状況がある。このため、施設管理者の負担を極力軽減しつつ、長期供用アースフィルダムの安全性を把握するための簡易観測手法について、新たに観測施設を設置する場合の留意点や堤体の浸透量や浸潤線などの情報を簡易的に調査・分析する手法を技術資料としてとりまとめる。

(2) 対象施設

堤体の観測施設が十分に整備されていない長期供用アースフィルダムを対象とする。

(3) 対象者

上記対象施設を管理している土地改良区等の施設管理者を対象としています。

(4) 日常点検の流れにおけるデータ観測の位置づけ

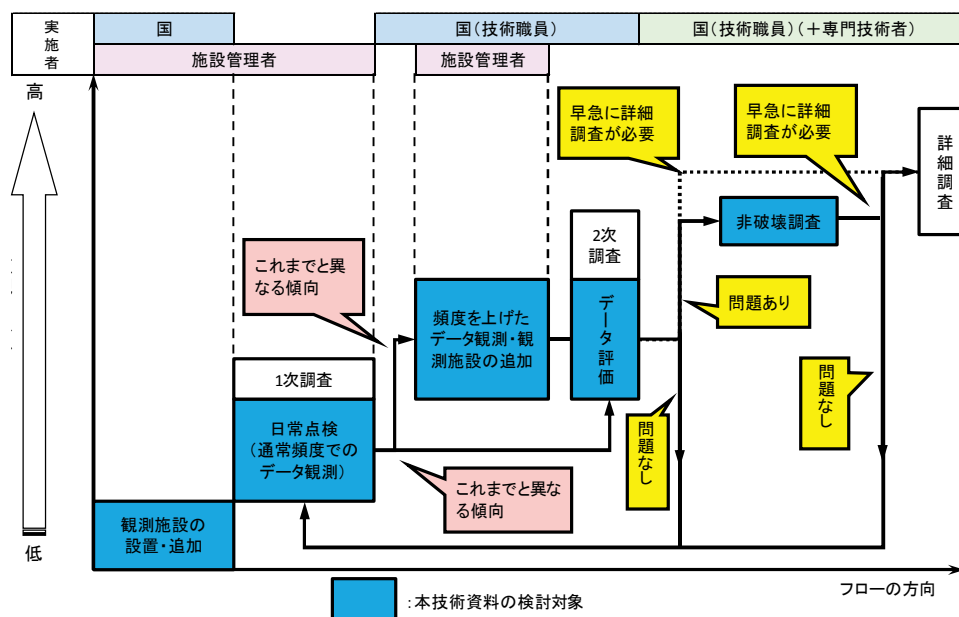


図-1.1 アースフィルダムの点検の流れにおけるデータ観測の位置づけ

(5) データ観測の意義

長期供用アースフィルダムの堤体の安全性を確認する手法を「定性的な手法（＝目視点検）」と「定量的な手法（＝データ分析・評価）」に大別する。

「定性的な手法」は、堤体外部からの目視点検によるため、堤体内部の劣化状況を把握することは困難であるが、継続観測データの分析による「定量的な手法」によれば、観測データには堤体内部の劣化が反映されているため、より早く堤体の劣化を把握することができる場合がある。

一方、観測データの値が長期間変化しない、あるいは、貯水位に応じて規則的に変化すること等が確認できれば、堤体が正常な状態にあることを具体的なデータでもって確認することが可能となる。

継続的なデータ観測は、堤体内部の劣化を早期に把握するうえで有効な手段である。

(6) 計測項目と計測回数の標準

ダムの計測は、堤体及び基礎地盤の挙動が定常状態になるまでの期間等から、第1期、第2期、第3期に3区分される。本技術資料で対象とする長期供用アースフィルダムは、基本的に第3期に相当する。

以下に、第3期におけるフィルダムの計測項目と計測回数の標準を示す。（土地改良事業計画設計基準設計「ダム」技術書〔フィルダム編〕（平成15年4月改定））

表-1.1 フィルダムの計測項目と第3期における計測回数の標準

タイプ及び高さ		浸透量	変形	浸潤線	備考
ゾーン型	70m未満	月1回	(3月1回)		◎第3期で()を付したものは半年ごとに1回としてよい。
	70m以上	月1回	3月1回		
均一型	—	月1回	(3月1回)	3月1回	

《観測頻度と観測のタイミングの工夫》

ア) 観測開始直後の観測頻度

貯水池に水があり雨の影響のない状態での浸透量及び浸潤線の定常状態の値を把握するため、堤体及び基礎地盤の挙動が定常状態になるまでの期間である第2期に相当する頻度での観測を行うことが望ましい。これにより、浸透量及び浸潤線の観測値が、降雨後、どれくらいの日数で一定になるかを把握する。

表-1.2 フィルダムの計測項目と第2期における計測回数の標準

タイプ	浸透量	変形	浸潤線
ゾーン型	週1回	月1回	
均一型	週1回	月1回	月1回

イ) 観測タイミングの工夫

観測のタイミングを工夫し、直前の降雨からア)で把握した日数が経過した降雨の無い日に観測を行うなど、事前に観測データに与える降雨の影響を排除しておくことが望ましい。また、毎回朝 9 時などの決まった時間に観測する定時観測を行うことが望ましい。

(7) 観測データ分析に必要なその他指標

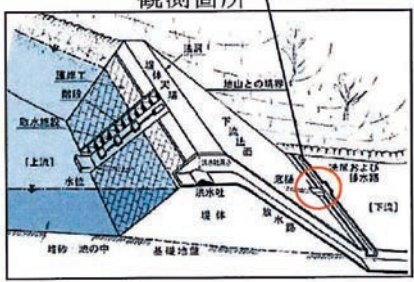
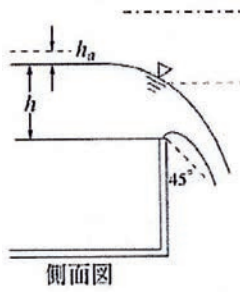
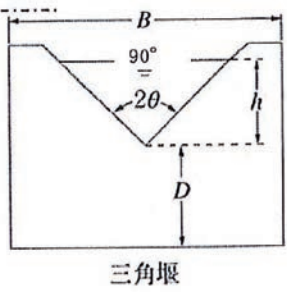
浸透量及び浸潤線とも、貯水位と降雨量の影響を受けるため、浸透量と浸潤線の観測を行う際には、貯水位と日降雨量の観測データも記録しておく必要がある。

2. 観測施設の設置とデータ観測

(1) 簡易なデータ観測手法

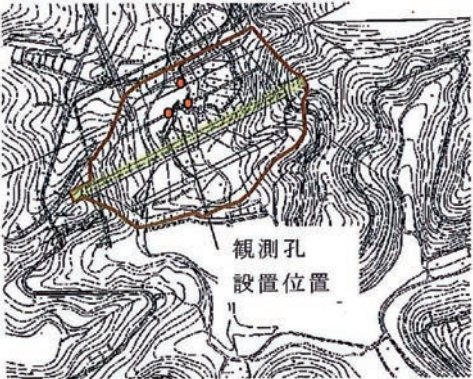
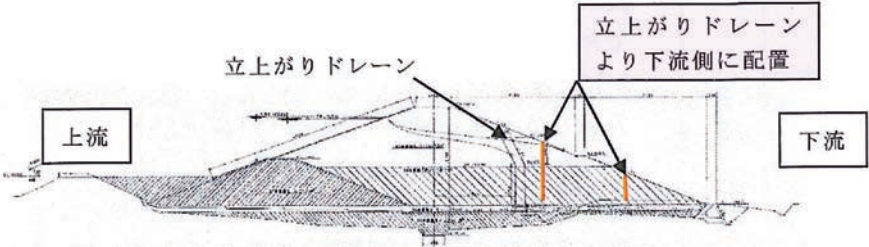
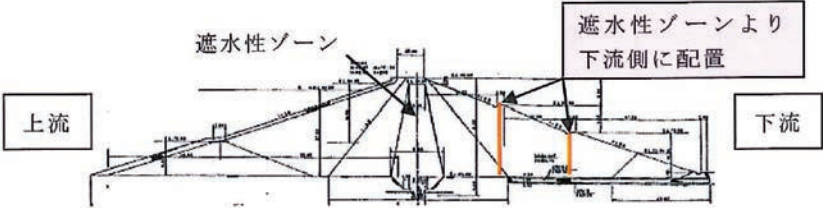
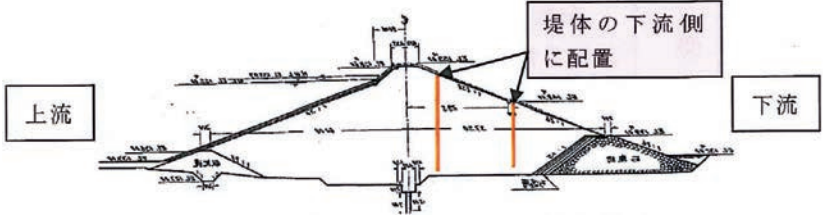
長期供用アースフィルダム安全性を評価するための計測を的確かつ効率的に行うため、観測施設の設置や観測にあたっての留意点等について整理する。なお、堤体に観測施設を設置する場合には、観測点位置や観測孔配置等について、国の担当者に相談し決定するものとする。

ア) 浸透量

項 目	内 容
観測点位置	① 堤体内部への追加施設の設置は困難なため、既存の小排水路等に観測点を設置することを基本とする。 ② 堤体直下流に排水のための小水路が設置されている場合、その最下流点を観測点とする。堤体下流に小水路等はないが、浸透してきた水が集まる沢等がある場合、浸透水を集める簡易な装置を設置し観測点とする。 ③ ②に該当しない場合、堤体下流に浸透水を集めるための小水路(U字溝)を敷設し、その最下流点を観測点とすることを検討する。
観測手法	① 漏水量浸出箇所の下流部に三角堰を設置し越流水深を計測する。  図-2.1 観測箇所位置図  写真-2.1 観測イメージ 下図に示す越流水深(h)を測定し記録する。越流水深(h)は、三角堰地点よりやや上流の水深であることに留意する。  側面図  三角堰 図-2.2 三角堰 (越流水深)

項 目	内 容
観測手法	② 上記のような小水路が堤体下流に存在しない場合は、浸透水が地表に出てくる沢を土のう等により堰上げ、三角堰を設置し越流水深を計測する。三角堰の設置が困難な場合は、土のうの間にパイプ等を設置し浸透水を1点に集め、容器（バケツ等）が一杯になるまでの時間を計測する。  写真-2.2 簡易観測装置の例
《参考》 施設設置 費用概算 額	① 小水路区間に三角堰を設置するための角落としを追加する改良を加え施設設置する場合・三角堰の材料費を加えたとしても数万円程度と想定。 ② 写真2のような簡易観測装置の場合は、設置費用は少額。 ③ 新たな小水路の設置が必要な場合、堤体長分のU字溝が必要(参考:内側深さと幅がそれぞれ15cm、長さ1mのU字溝価格は約2千円)(2011年単価)。
観測機器	自動 ① 三角堰の場合 流量を自動観測するには、流速および水深を測定する必要がある。三角堰の場合、越流水深が分かれば、流量を計算することができるため、水深を自動観測する装置について検討する。  写真-2.3 自動水位観測装置の例 写真3は、水圧式の自動水位観測装置の一例である。写真3左のセンサーを水路に取り付け、写真3右の測定装置に接続し、現地に据え付ける。1mmの分解能であり、測定間隔は、1秒間隔から24時間間隔まで設定可能である。(2011年度参考価格約20万円)電源は電池式であるため、1回/月の頻度で現地に設置している観測装置からデータを引き抜く際に、電池残量を確認する必要がある。 ② 簡易観測装置の場合 水深測定は困難である。
	機側 ① 三角堰の場合 三角堰の越流水深を測定する場合、三角堰にゲージを設置するまたは、市販の定規等により測定可能である。 ② 簡易観測装置 バケツと秒数を測定可能な時計で測定可能である。

イ) 浸潤線

項 目	内 容
観測孔配置	① 観測孔は設計基準を踏まえ、最大断面のドレーン材下流側に2箇所、堤軸方向にさらに1箇所設置する。 ② 立上がりドレーン、遮水性ゾーンを有するダムの場合は、それらが機能し下流側の堤体内水位が低下していることを確認するため、立上がりドレーンや遮水性ゾーンより下流側に設置する。 ③ 観測孔の深度については、堤体内に堤体のゾーン区分、ドレーンの有無や形状を考慮し、設置目的に配慮して決定する。 ④ また、堤体表面に湧水等が確認されている部分がある場合は、浸潤線の傾向を把握するため、その付近上流に観測孔を設置する。
	 図-2.3 平面図
	 図-2.4 断面図(立上がりドレーンを有するダム)
	 図-2.5 断面図(遮水性ゾーンを有するダム)
	 図-2.6 断面図(立上がりドレーン、遮水性ゾーンのいずれも有しないダム)

項 目		内 容
観測孔の設置方法		① ボーリング実施にあたっては、堤体に圧力をかけ過ぎない等、細心の注意を払い行う。 ② 堤体内に宙水が存在する例が多いことから、ボーリングを行う際には、宙水の有無を確認し慎重に行う。 ③ 「浸潤線計測用パイプには、地上から 3m を除く全長にストレーナー(小孔)を開け、目詰まり防止のフィルタを巻く。また、地上から 3m の埋め戻しは雨水が浸入しないよう水密性に注意する。」(土地改良事業計画設計基準設計「ダム」技術書〔フィルダム編〕Ⅱ-379)を基本とする。 ④ 堤体内に宙水が存在する場合は、浸潤線水位を観測できるよう、③のストレーナーの長さや位置を工夫する。 ⑤ 「パイプ上端は堤体表面より 15cm 程度高くし、管頂部に保護キャップを設け雨水がパイプから浸入しないような構造とする。」(土地改良事業計画設計基準設計「ダム」技術書〔フィルダム編〕Ⅱ-379) ⑥ 「パイプの下端は、原則として基礎地盤に届く位置とする。」(土地改良事業計画設計基準設計「ダム」技術書〔フィルダム編〕Ⅱ-379)
計測手法		「巻き尺の先端に水面感知用ピックアップをつけて、これをパイプ内につり下げる。ピックアップが水面についたときのブザー音、電気抵抗の変化等によってその位置を決め、その時の巻き尺を読み取る。」(土地改良事業計画設計基準「ダム」技術書〔フィルダム編〕Ⅱ-379)
施設設置費用概算額		10m 深の観測孔を従来型のボーリング(内径 86mm)により掘削する場合は 33 万円程度(2011 年単価)。 「打込み式水位観測装置」(内径 20mm)にて設置する場合、25 万円程度(2011 年単価)。なお、観測管等の材料費価格により、設置価格は変動する。
観測機器	自動	浸透量の三角堰の場合と同様、浸潤線観測孔内の水位を自動観測可能である。
	機側	写真 4 は、ロープ式水位計の一例である。ロープ式水位計(ピックアップ先端外径 12mm)の価格は、5 万円程度(2011 年単価)。 写真-2.4 ロープ式水位計の例

(2) 観測データの入力・計算結果出力シート

次頁以降の様式により、観測したデータを記録・分析する。様式の構成及び使用法は、以下の表のとおりである。シートの表の行が不足する場合は、行のコピーを行い表の下に貼り付け適宜追加する。なお、②以降の観測結果シートの「2. 計算結果」の表には、数式が設定されているため、直接入力を行わない。

ア) シートの構成と使用法

構 成	使 用 法
①観測結果入力シート (現場持参・入力用)	●このシートを現場に持参し、観測結果を記録する。 ■三角堰等で越流水深を測定する場合は、「三角堰越流水深 (mm)」の列に測定した水深を記入する。 ■バケツ等の容器により容器が一杯になる時間を測定する場合は、「容量 $\frac{\text{リットル}}{\text{秒}}$ の容器が一杯になる時間 (秒)」の列に測定した秒数を記入する。この場合、容器の容量を該当する空欄に記入する。 ■浸潤線の測定は、巻き尺の先端に水面感知用ピックアップをつけて、これを各浸潤線観測パイプ内につり下げ、ピックアップが水面についたときのブザー音、電気抵抗の変化等によってその位置を決めた時の巻き尺の読みを「観測点 1 (m)」に記録する。観測点が複数ある場合は、「観測点 2 (m)」 「観測点 3 (m)」に記入する。 ●観測結果が記録されたシートを持ち帰り、パソコン上の表計算ソフトのシートに観測結果を入力する。
②計算結果出力シート (浸透量: 三角堰による 観測結果)	●「1. 条件入力」部分に、「水路内幅 B」と「水路底から三角堰下端までの長さ D」を入力する。 ■「浸透量 ($\frac{\text{リットル}}{\text{秒}}$)」の列へ、計算結果が出力される。
③計算結果出力シート (浸透量: バケツ等の容 器による観測結果)	●「1. 条件入力」部分に、「容器一杯の容量 (リットル)」を入力する。 ■「浸透量 ($\frac{\text{リットル}}{\text{秒}}$)」の列へ、計算結果が出力される。
④計算結果出力シート (浸潤線)	●「1. 条件入力」部分に、「観測点 1」に浸潤線観測点標高を入力する。(観測点が複数ある場合は、「観測点 2」、「観測点 3」に同様にする。) ■「観測点 1」の列へ、計算結果が出力される。(観測点が複数ある場合は、「観測点 2」、「観測点 3」にも同様に出力される。)

ダム名称:

※1: 三角堰等で越流水深を計測する場合、この列に記録してください(パケツ等の容器で秒数を計測する場合は記入不要)
 ※2: パケツ等の容器で秒数を計測する場合、この列に記録してください(三角堰等で越流水深を計測する場合は記入不要)
 ※3: 巻き尺の先端に水面感知用ピックアップをつけて、これを各浸潤線観測パイプ内につり下げ、ピックアップが水面についたときのブザー音、電気抵抗の変化等によってその位置を決めた時の巻き尺の読みを記録してください。

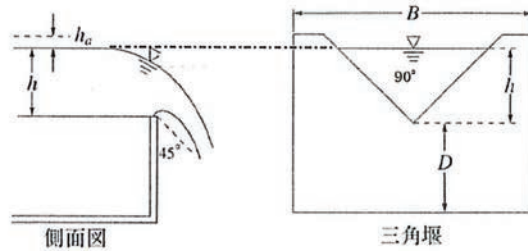
②計算結果出力シート(浸透量:三角堰による観測結果)

1.条件入力

ダム名称:

三角堰諸元入力	
水路内幅B	m
水路底から三角堰下端までの長さD	m

「水路内幅B」と「水路底から三角堰下端までの長さD」を入力



B: 水路内幅(m)、D: 水路底から三角堰下端までの長さ(m)、h: 越流水深(m)
Q: 流量(m³/s)、C: 変数

【90年度三角堰の流量公式(沼知・黒川・淵沢公式) (JIS B8302)】
(改訂六版 農業土木ハンドブック基礎編P83)

$$Q = C h^{5/2}$$

$$C = 1.354 + 0.004/h + (0.14 + 0.2/D^{0.5}) \times (h/B - 0.09)^2$$

適用範囲は、 $0.5 \leq B \leq 1.2\text{m}$ 、 $0.1 \leq D \leq 0.75\text{m}$ 、 $0.07 \leq h \leq 0.26\text{m}$ (ただし、 $h \leq B/3$)

2.計算結果

観測 年月日	貯水位 (m)	三角堰 越流水深h (m)	浸透量 ($\frac{\text{cm}}{\text{秒}}$)

④計算結果出力シート(浸潤線)

1.条件入力

ダム名称:

浸潤線観測点標高		
観測点1		m
観測点2		m
観測点3		m

観測点（浸潤線観測孔上端）の標高を入力

【浸潤線観測点配置図】※浸潤線観測点位置の記載されたダム堤体平面図及び横断面図を添付する。

浸潤線観測点位置の記載された ダム堤体平面図	浸潤線観測点位置の記載された ダム堤体横断面図
-----------------------------------	------------------------------------

2.計算結果

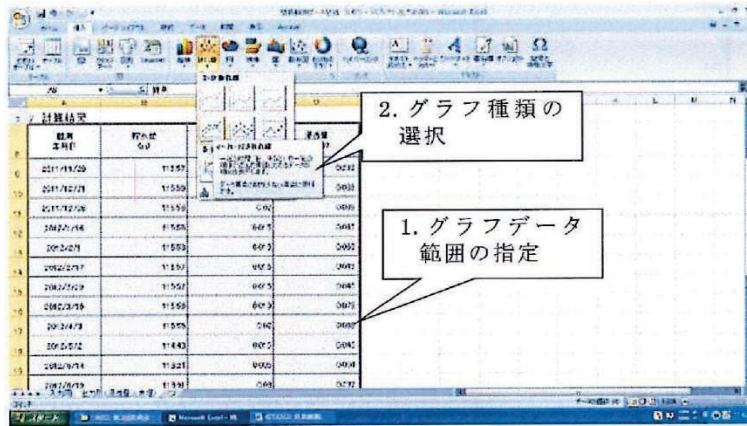
観測 年月日	貯水位 (m)	浸潤線水面標高(m)		
		観測点1	観測点2	観測点3

(3) 浸透量－貯水位履歴図作成例（エクセル 2007 による例）

作業手順①：グラフ種類の選択

ここでは、マーカー付き折れ線グラフの作成例を示す。

【表示画面】

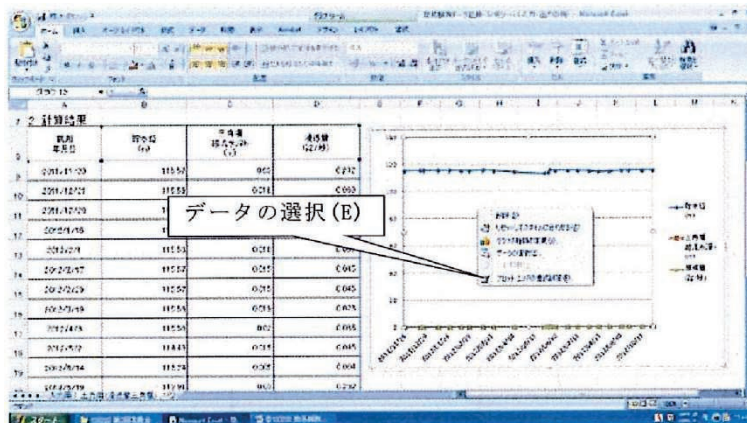


【作成手順解説】

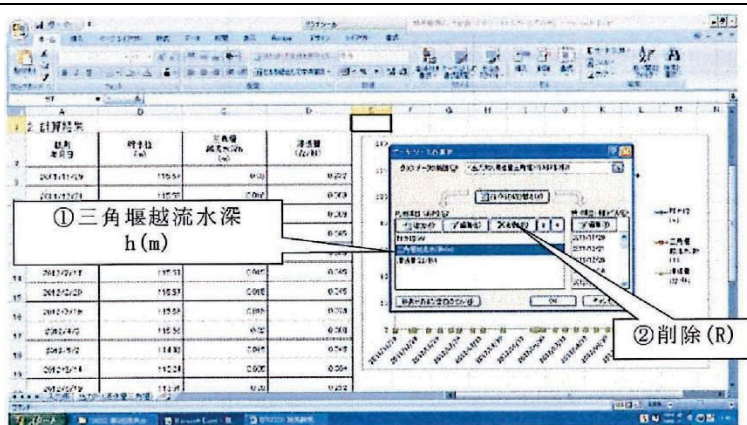
1. グラフデータ範囲の指定
クリックとドラッグにより、データ系列名を含む範囲を指定
2. グラフの種類を選択
データ範囲指定された状態で、[挿入]－[グラフの折れ線]－[2-D 折れ線 マーカー付き折れ線]を選択

作業手順②：三角堰越流水深データ指定の解除

「浸透量－貯水位履歴図」の作成において、「三角堰越流水深」は必要ではないデータであるため、三角堰越流水深データの指定を解除する。



3. データの選択
グラフ中央の任意の点で右クリックし、[データの選択 (E)]をクリック

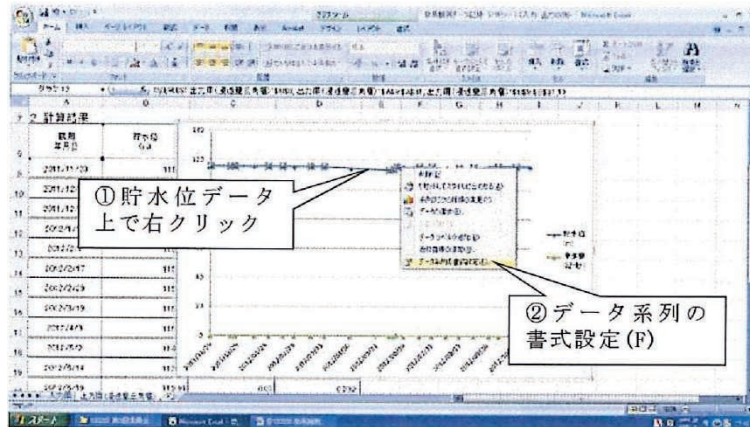


4. 三角堰越流水深データ指定の解除
①[データソースの選択]の[凡例項目(系列)(S)]の[三角堰越流水深 h(m)]を選択
②[削除(R)]をクリック

作業手順③：第2軸の設定

浸透量(ℓ/秒)と貯水位データ(m)の単位が異なることから、貯水位を右側の縦軸の第2軸として設定する。

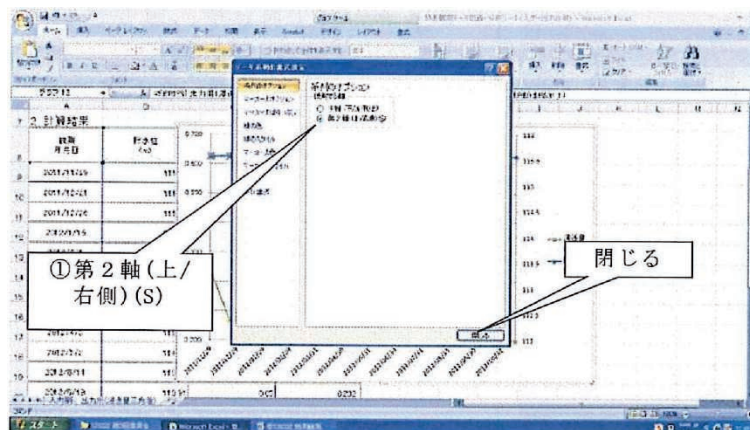
【表示画面】



【作成手順解説】

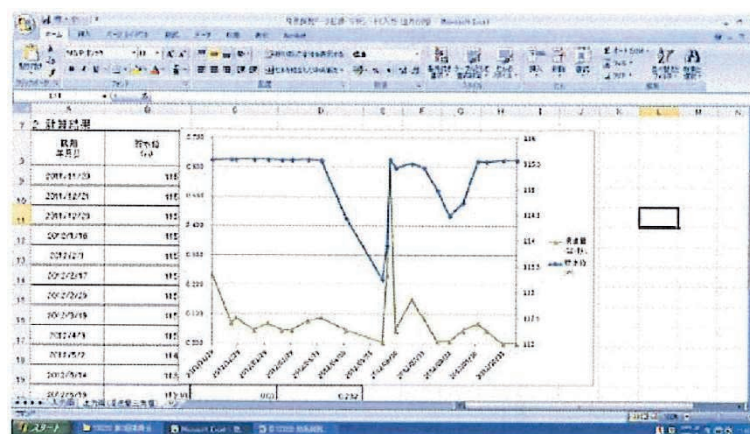
5. データ系列の書式設定

- ①貯水位データ上で右クリック
- ②[データ系列の書式設定(F)]を選択



6. 第2軸の設定

- ①[系列のオプション]の[第2軸(上/右側)(S)]を選択
- ②[閉じる]ボタンをクリック

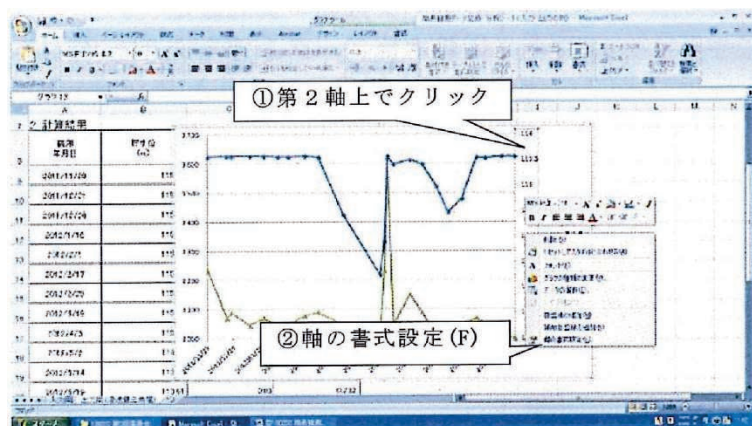


左図のようなグラフが概成される。

作業手順④：軸の最大値、最小値の設定

グラフの軸の最大値、最小値を設定する。ここでは、第2軸(貯水位の軸)の最小値を0、最大値を120、主軸(浸透量の軸)の最小値を0、最大値を1.0とする例を示す。

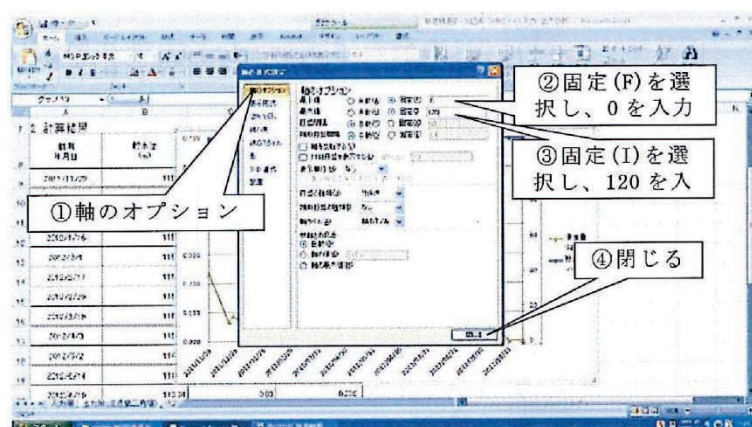
【表示画面】



【作成手順解説】

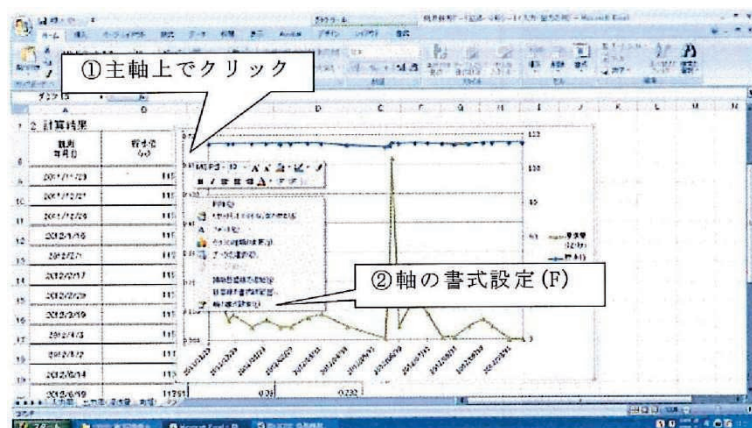
7. 第2軸の書式設定

- ①右側の第2軸上で右クリック
- ②[軸の書式設定(F)]を選択



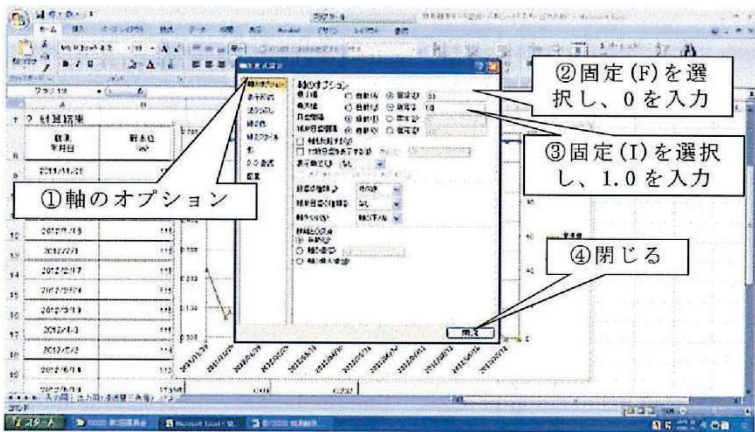
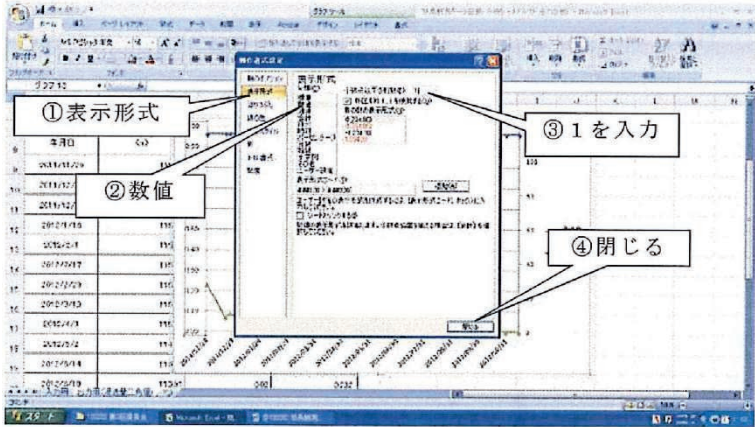
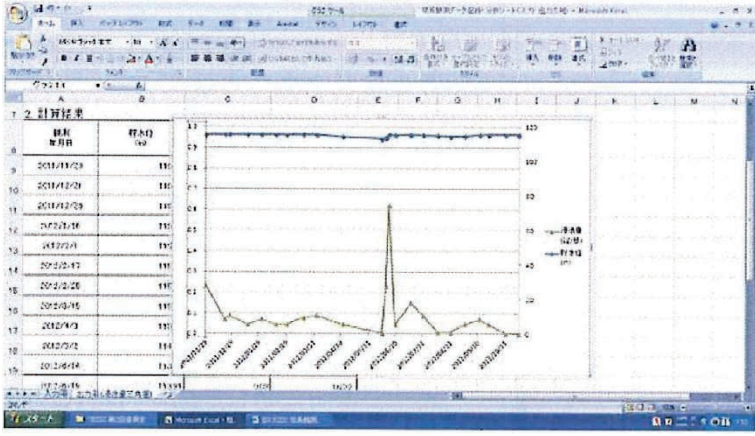
8. 第2軸の最小値、最大値の設定

- ①[軸のオプション]を選択
- ②[固定(F)]を選択し、最小値に0を入力
- ③[固定(1)]を選択し、最大値に120を入力
- ④[閉じる]ボタンをクリック



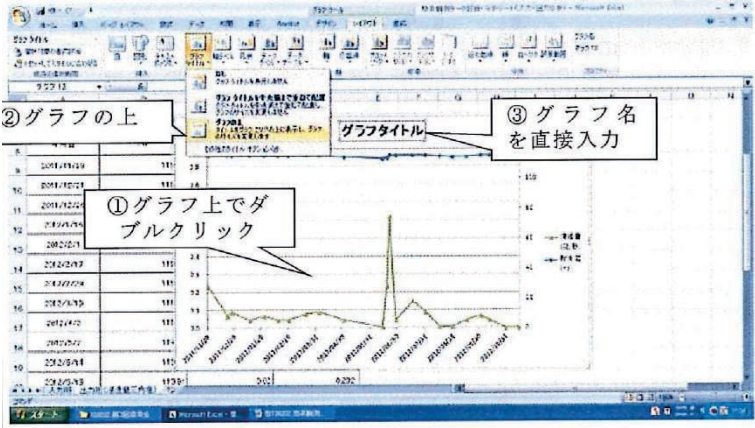
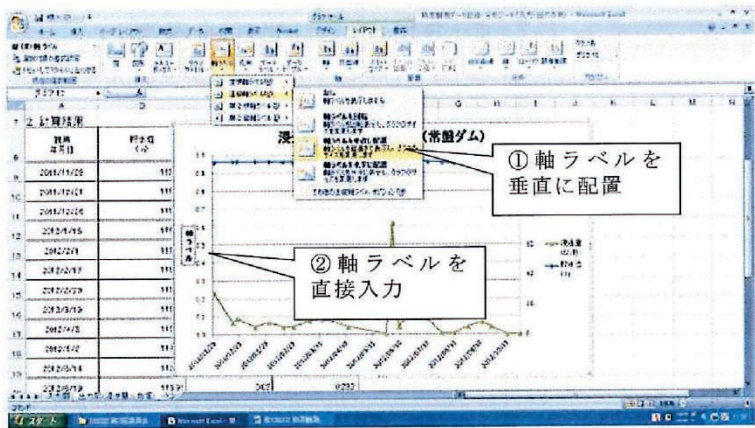
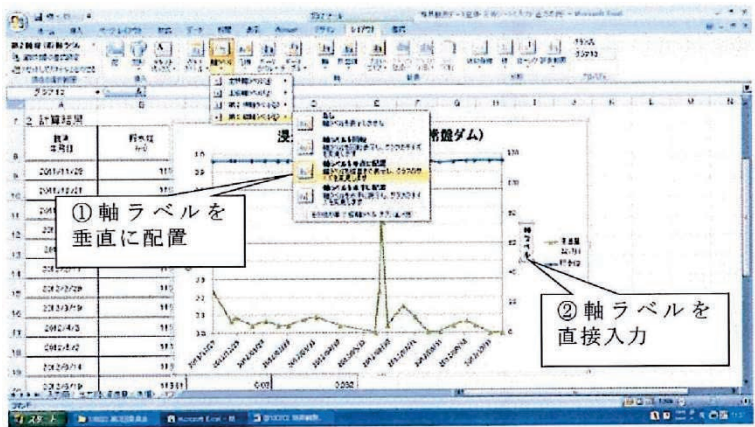
9. 主軸の書式設定

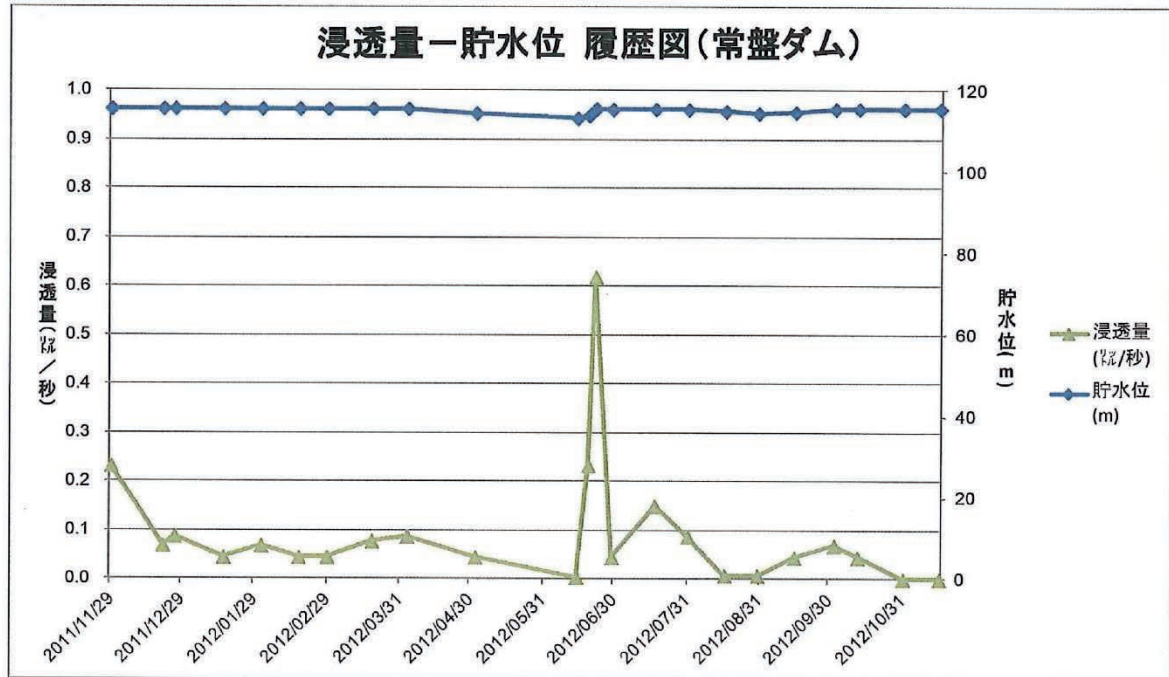
- ①左側の主軸上で右クリック
- ②[軸の書式設定(F)]を選択

【表示画面】	【作成手順解説】
 ①軸のオプション ②固定(F)を選択し、0を入力 ③固定(I)を選択し、1.0を入力 ④閉じる	10. 主軸の最小値、最大値の設定 ①[軸のオプション]を選択 ②[固定(F)]を選択し、最小値に0を入力 ③[固定(I)]を選択し、最大値に1.0を入力 ④[閉じる]ボタンをクリック
 ①表示形式 ②数値 ③1を入力 ④閉じる	11. 主軸の表示形式の設定 ①[軸の書式設定]の[表示形式]を選択 ②[分類(C)]の[数値]を選択 ③[小数点以下の桁数(D)]に1を入力 ④[閉じる]ボタンをクリック
	左図のような軸の最小値、最大値が設定されたグラフが概成される。

作業手順⑤：グラフタイトル、軸タイトルの編集

グラフタイトル、軸タイトルを編集する。

【表示画面】	【作成手順解説】
	12. グラフタイトルの編集 ①グラフ上の任意の場所でダブルクリック ②[グラフツール]の[レイアウト]、[グラフタイトル]、[グラフの上]を選択 ③グラフ名を直接入力
	13. 主軸タイトルの編集 ①[グラフツール]の[レイアウト]、[軸ラベル]、[主縦軸ラベル(V)]、[軸ラベルを垂直に配置]を選択 ②軸ラベルを直接入力
	14. 第2軸タイトルの編集 ①[グラフツール]の[レイアウト]、[軸ラベル]、[第2縦軸ラベル(E)]、[軸ラベルを垂直に配置]を選択 ②軸ラベルを直接入力



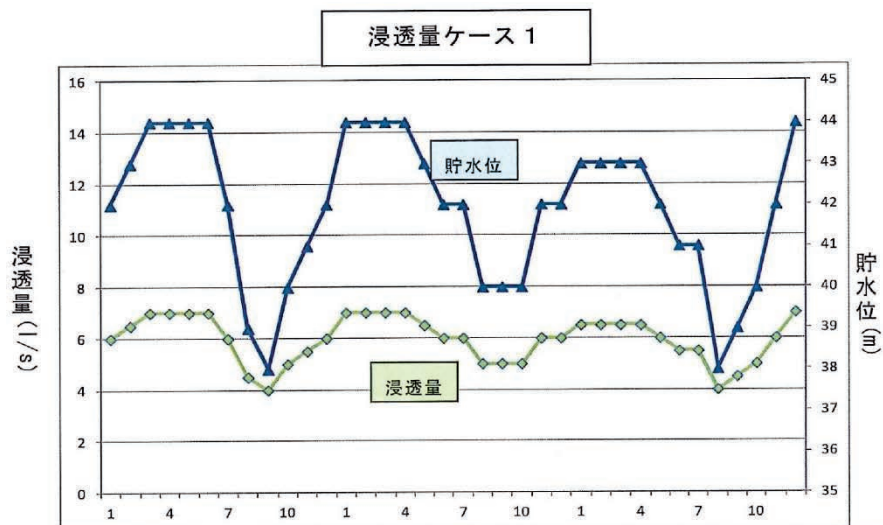
グラフ：常盤ダムの浸透量－貯水位履歴図

3. 観測データの評価

(1) 観測データの評価

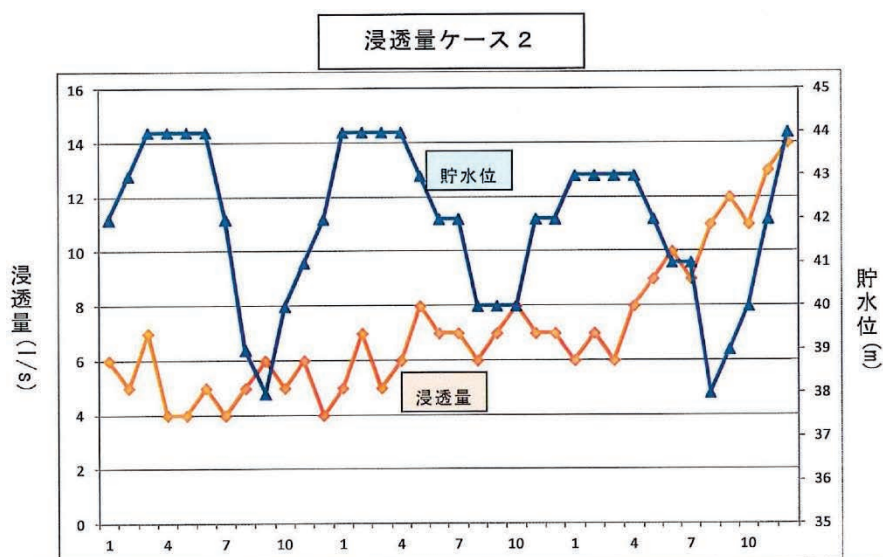
計測結果を用いて、縦軸に浸透量（浸潤線水位）と貯水位、横軸を時間軸として作成したグラフの図化イメージと評価例を示す。

ア) 浸透量



【評価例】

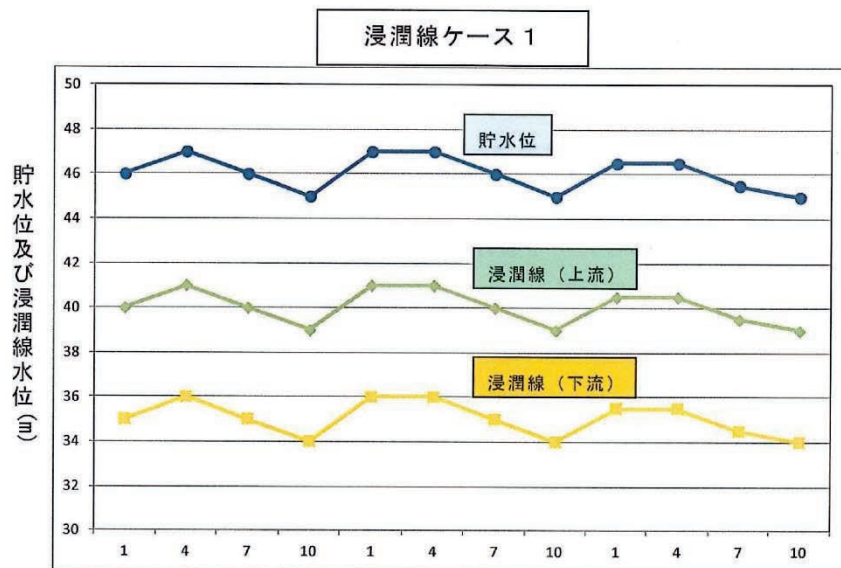
貯水位と浸透量が連動しており、浸透量の傾向も一定（増加傾向にない）であることから、異常は認められない。



【評価例】

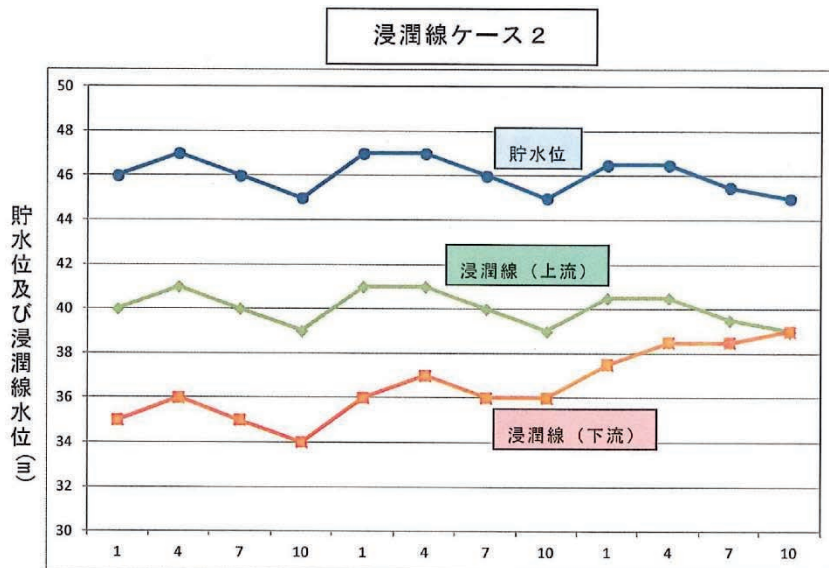
貯水位と浸透量が連動しておらず、浸透量が増加傾向にあり、異常と認められる。観測頻度を上げると共に早急な詳細調査が必要である。

イ) 浸潤線



【評価例】

貯水位と浸潤線水位が連動、上流側よりも下流側の浸潤線水位が低く、いずれの値も増加傾向にないことから、異常は認められない。



【評価例】

下流側の浸潤線水位が上流側の浸潤線水位まで上昇しており、異常と認められる。観測頻度を上げると共に早急な詳細調査が必要である。