

【事例紹介】

日常点検における UAV（小型無人航空機）の導入検討事例（東北管内 ロックフィルダム R3.8時点）

《説明主旨》

近年、ダム管理において、施設管理者の高齢化や、安全性確保、効率的な点検に対応するために、UAV による管理が注目されはじめている。

東北の某ダムでは日常管理における UAV の利用について、実用化に向けた検討が進められていることから、令和3年8月時点における検討事例について紹介を行う。

なお、UAV は、未だ発展途上の段階であり、導入に際しては最新の技術や、社会的制約を確認する必要がある。

《日常管理における UAV の活用効果》

1 日常点検

ダム施設日常点検は、大きく堤体・貯水池等のダムの基本的施設と、取水・放流設備など貯水池運用などを行う付帯施設の日常点検に大きく分けられる。

ダム施設は、面的広がりや、高低差を有しており、点検時間を要するとともに危険性を内包していることから、UAV を活用することにより、効率的、安全な作業を計画する。

《UAV 活用のメリット・デメリット》

項目	メリット	デメリット
堤体 貯水池 付帯施設 ・ゲート ・取水塔 ・洪水吐き	・危険箇所の点検における安全性の確保 ・点検時間の短縮 ・自動飛行による定点観測が可能	・降雨、風に弱い ・操作ミスなどによる破損等 ・詳細な亀裂、変状確認は困難。

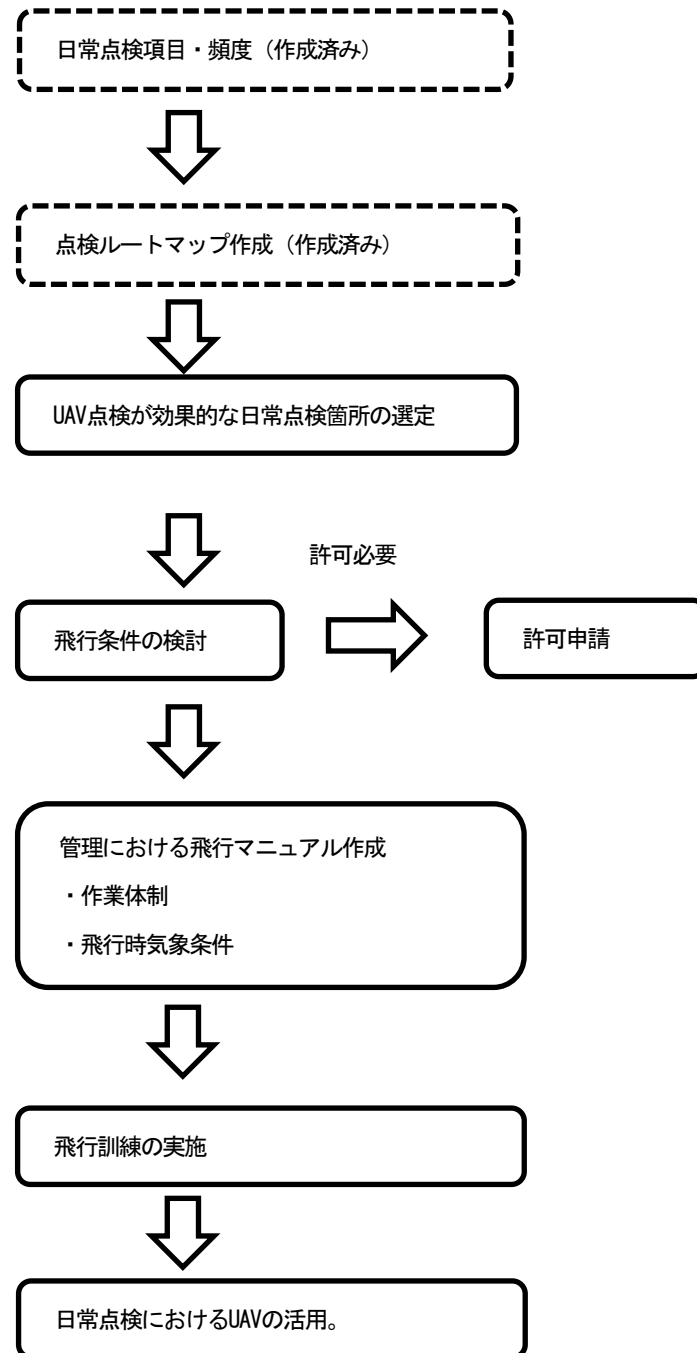
2 貯水池内安全管理

堤体、貯水池内などの立ち入り禁止区域侵入者の確認を行うとともに、UAV に取り付けられた拡声器により注意を行う。

3 事前放流などにおける下流河川の安全確認と、拡声器による注意

《UAV 導入の流れ》

下記の流れで検討を行っている。



《UAV 飛行に際しての留意点》

1 飛行可能エリア

UAV 検討に際しては、電源持続時間（バッテリー）の確認を行ったうえで、下記法令などを参考とされたい。

項目	概要
無人航空機（UAV、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン（令和元年7月10日 国土交通省 航空局）	航空法における無人飛行機の定義や飛行ルール、飛行禁止区域、注意事項等について記されている。
UAV の飛行ルール 国土交通省ホームページ	飛行禁止区域、無人飛行機を許可飛行エリアで飛行させる場合の許可申請書等

《空撮定点位置図》



撮影番号	名称	目的	頻度
①	ダム湖全体	ダム湖全体の形状や地形に変状が見られないか確認	1回/3か月
②③④	各沢の状況	ダム湖各沢の法面等の著しい浸食や滑りが発生していないか上空より確認	〃
⑤	網場	網場全体にめくれや損傷等が発生していないか上空より確認	〃
⑥	ダム左岸法枠	ダム左岸の法枠に損傷や変形等が発生していないか上空より確認	〃
⑦	ダム湖左岸法枠	ダム湖左岸の法枠に損傷や変形等が発生していないか上空より確認	1回/6か月
⑧	ダム下流河川の状態	ダム下流河川に著しい変状等が発生していないか上空より確認	〃
⑨	ダム湖右岸付近	ダム湖右岸の地滑り区域に滑動等の変状が無いのか上空より確認	〃

【事例紹介】 特定小電力無線を用いたダム計測データ自動転送による管理の省力化

(福島県 大柿ダム)

《説明主旨》

斜面部にあるリム地下水観測孔水位など計測が困難な位置に設置されている計器の測定値について、“特定小電力無線通信”を用いたデータ転送を行うことにより管理の省力化や管理員の安全確保を図る。

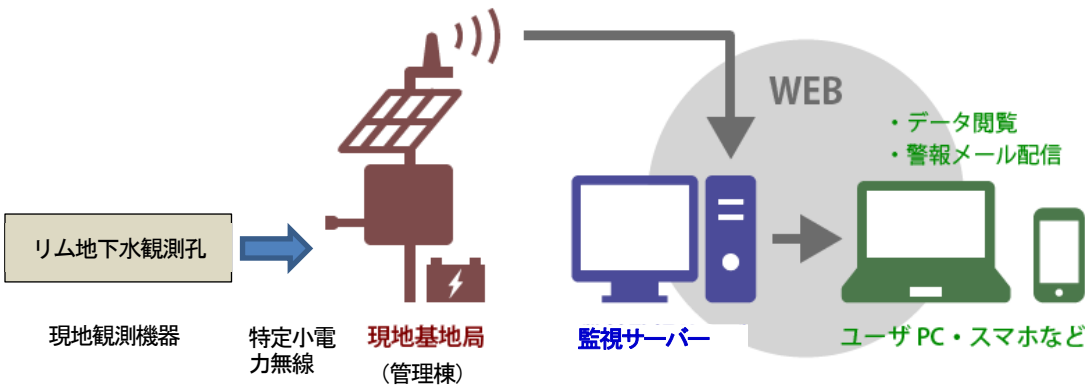
《取組概要》

大柿ダム（ロックフィルダム 堤高：84.5m 堤頂長：262m）は、S47～63年にかけて築造され、福島県に管理委託、請戸川土地改良区に操作委託されている。

本ダムは、H23. 3. 11 に発生した東日本大震災時により被災するとともに、福島第1原子力発電所事故（福島原発から半径15km圏内に位置）により立ち入り禁止区域となった。

計測作業における被爆の防止を行うため、斜面部にあるリム地下水観測孔水位の計測を手動から自動計測に変更、計測値は「特定小電力無線」を用いて管理棟（現地基地局）に転送、管理棟からwebにより監視サーバーに転送を行い、サーバー上で監視を行った。また、サーバー上での自動管理、多種デバイスでのアクセスによるリアルタイムな情報共有を可能とした。

《システム概要図》



《通信の区分》

	Bluetooth	Wi-Fi		EnOcean	特定小電力	
					狭帯域	広帯域 Wi-SUN
周波数帯	2.4GHz帯	2.4GHz帯	5.0GHz帯	315/868905 920MHz帯	426/ 429MHz帯	900MHz帯
通信距離	～10m	数100m		～200m	～1km	
伝送速度	1Mbps～	11Mbps～		125kbps	～9600bps	50kbps
利用可能チャンネル	79	13	19	—	46	
送信時間制限	なし	なし		あり	あり	
変調方式	FSK/PSK	DSSS/OFDM		ASK/FSK	FSK	

《検討時の留意点》

- ① 計測の必要性と、計測期間、計測廃止の判断を検討しておくことが必要。
- ② 特定小電力無線は、直進性が良く、障害物に大きく影響されることから立木などについて注意が必要。
- ③ 電源が必要であり、ソーラパネルなどによる電源確保がなされている。
- ④ 年1回程度の点検が必要。
 - ・機器の電氣的な信頼性。
 - ・手動計測による計器信頼性チェック。

《参考文献》

- ① 電波法施行規則第6条第4項第2号の規定に基づく特定小電力無線局の用途、電波の型式及び周波数並びに空中線電力

7.3.1.2 定期点検・2次調査

ダム設置者が行うダム施設の点検・調査として、「定期点検」「2次調査」があり、ダム施設（機械設備、電気通信設備、その他管理設備は除く。）機能の安全性、経年劣化等について評価する。

また、この点検・調査結果に基づき監視強化・詳細調査等の対応を決定するとともに、異常の兆候が見られた施設については、日常点検・1次調査の中で行う「施設監視計画」を立案し、監視を強化する。

(1) 定期点検

ダム設置者が、ダム全体の機能低下の有無を確認するために定期的（数年ごとに1回（最長でも5年に1回）のサイクル）に行う点検作業である。

(2) 2次調査

ダム設置者が以下の目的で実施する調査である。

1次調査の段階で、何らかの変状が確認された場合に、変状に関する定量的な状況やダム機能低下の有無を確認・把握するための調査を行う。

また、これに加えて、「農業用ダム機能診断マニュアル（2次調査用、平成31年3月）」に基づき、定期的（最長でも5年に1回の頻度）にダム設置者による機能診断を行う。

農業ダムの機能診断フローを図-7.3に示す。

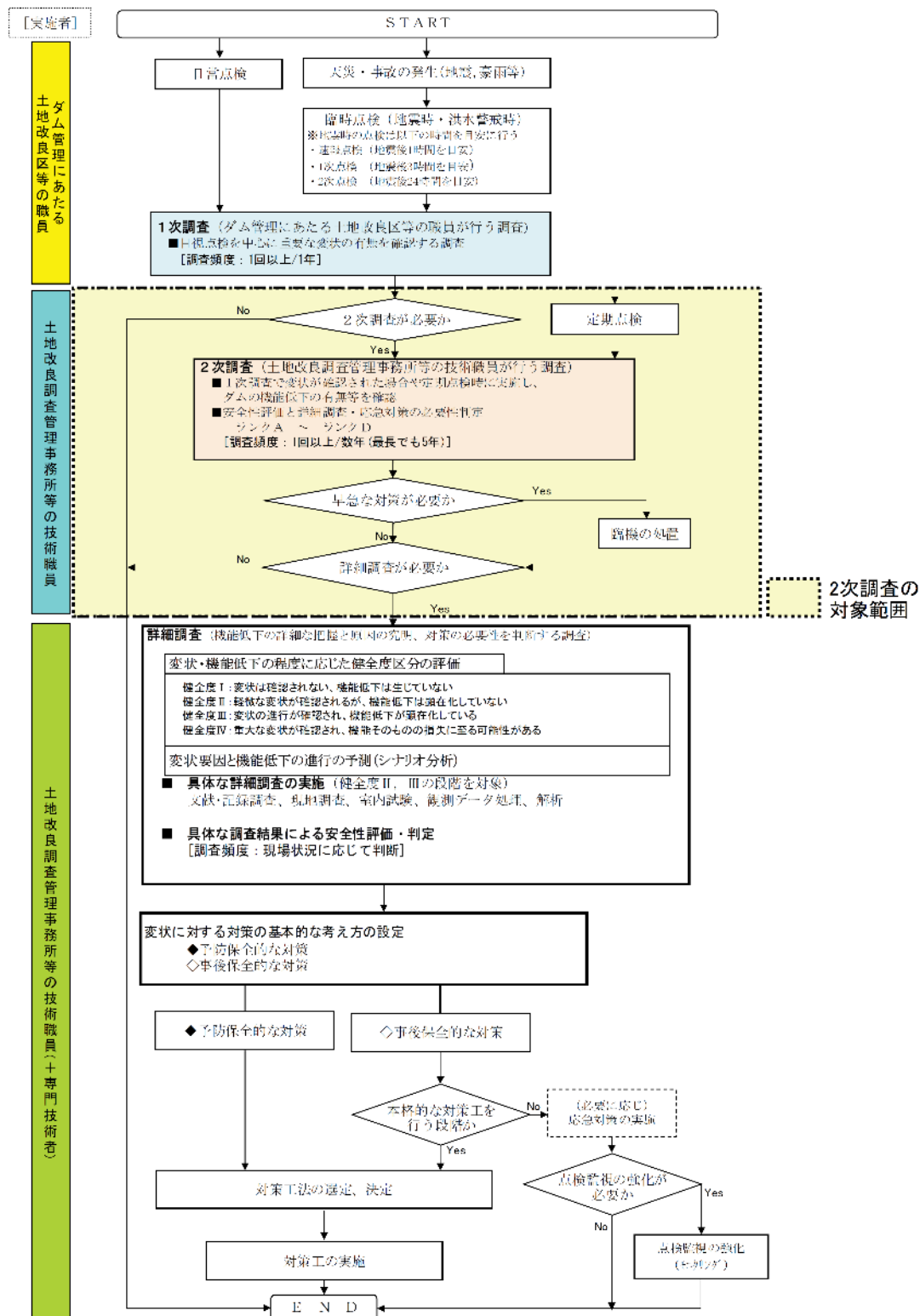


図-7.3 農業用ダムの機能診断フロー

（引用文献：農業用ダム機能診断マニュアル（2次調査用）、平成31年3月、P.3に加筆修正）

ア 2次調査の実施手順

2次調査の実施時の現場作業内容、記録の作成方法等の基本的な流れを図-7.4に示す。

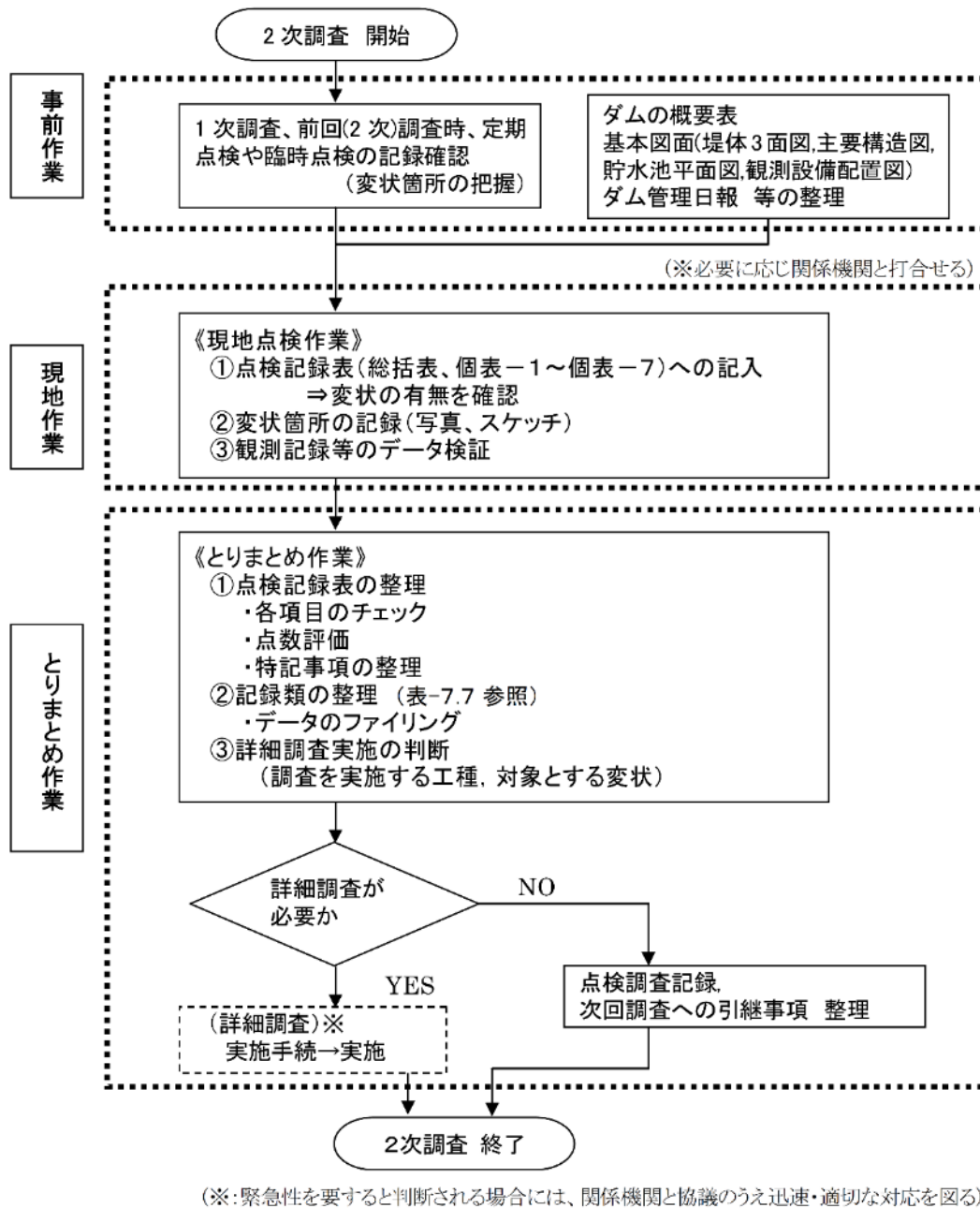


図-7.4 2次調査の作業の流れ

(引用文献:「農業用ダム機能診断マニュアル(2次調査用) P.5」に加筆修正)

イ 2次調査の評価

調査結果に基づき「ランクD～A」の安全性評価と詳細調査・応急対策等の必要性について判定する。

以下に「農業用ダム機能診断マニュアル 2次調査用（平成31年3月）」内の「2次調査点検記録表（ロックフィルダム編）」を基にした評価事例を示す。

< 2次調査 点検記録表 個表-1：「堤体の変形」に関する調査 評価事例 >

個表-1「堤体の変形」に関する調査

調査実施日 2014/10/7～8 調査実施者名



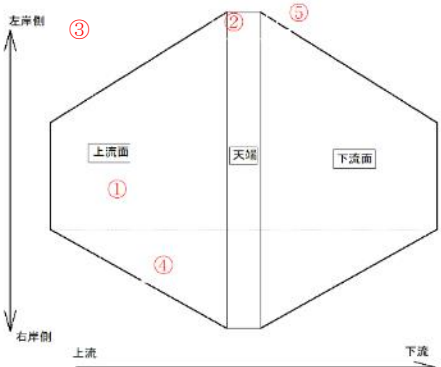
注1：判定はブロック毎（左岸、河床、右岸）におこなう。

【現地調査での確認内容】		注2：該当する場合は○、該当しない場合は—で消す			
		左岸部	河床部	右岸部	<計>
①堤体盛土の変形、損傷					自由記入欄 (具体的状況等)
1)堤体斜面に「陥没」または「はらみ出し」がある	調査内容 ・目視、写真 ・発生箇所(平面図に記載)	-5	-5	-5	0
2)堤体法面に連続したクラックがある	調査内容 ・目視、写真 ・発生箇所(平面図に記載) ・計測(クラックの方向、段差の有無及び大きさ)	-5	-5	-5	0
3)盛土表層部がずり落ちている箇所がある	調査内容 ・目視、写真 ・発生箇所(平面図に記載) ・計測(クラックの方向、段差の有無及び大きさ)	-5	-5	-5	0
4)堤体内部の盛土材が露出している	調査内容 ・目視、写真 ・発生箇所(平面図に記載)	-3	-3	-3	0
5)堤体下流面、排水側溝等のコンクリート製品のズレ、損壊がある	調査内容 ・目視、写真 ・発生箇所(平面図に記載)	-1	-1	-1	0
6)堤頂部(天端舗装または地覆コンクリート)の連続した亀裂の発生している部分があるか。	調査内容 ・目視、写真 ・発生箇所(平面図に記載)	-3	-3	-3	0
②表面保護材の劣化、変形					
1)張石工・捨石工のはがれ、欠けおち、ズレ、変形 がある	調査内容 ・目視、写真 ・発生箇所(平面図に記載)	-1	-1	-1	0
2)張石工・捨石工の間詰め材が抜け落ちている	調査内容 ・目視、写真 ・発生箇所(平面図に記載)	-1	①	-1	1
3)保護コンクリート・法枠工のはがれ、段差、変形がある	調査内容 ・目視、写真 ・発生箇所(平面図に記載)	1	1	1	
4)表面保護材(岩石材料)が細粒化もしくは風化している	調査内容 ・目視、写真 ・発生箇所(平面図に記載)	-1	-1	-1	0
5)表面保護工(コンクリート)の目地材が損傷している	調査内容 ・目視、写真 ・発生箇所(平面図に記載)	1	1	1	
6)表面透水アスファルト面にクラックが発生している	調査内容 ・目視、写真 ・発生箇所(平面図に記載) ・計測(クラックの長さ、深さ、幅)	3	3	3	
合計点数					1点

合計点数より、次のようにランク区分を判定する。

合計点数より、次のようにランク区分を判定する。			
ランク区分	全体点数	判 定	ランク判定
ランクD	0点	安全であり、通常の管理で問題ない	C
ランクG	1～5点	劣化程度は小さく、当面は通常の管理で問題ない。	
ランクB	6～9点	部分的に劣化がみられ、日常点検での注意が必要	
ランクA	10点以上	早急な詳細調査又は対策が必要	
(※1)判定ランクに関わらず、変状の確認された項目・箇所の状況の記録は必ず残しておく。			
(※2)ランクB、Cについては3点以上、ランクAについては5点以上の項目があった場合は、その項目について優先的に詳細調査を実施			

< 2次調査 点検記録表 個表-1 : 「堤体の変形」に関する調査 評価事例> (続き)

左記の変状	
	 ①リップラップの抜け落ちが確認された
堤体の状況	
 ②堤体全景 左岸より撮影	 ③上流面全景 左岸より撮影
 ④上流面リップラップ	 ⑤下流面全景 左岸より撮影

ウ 調査結果の取りまとめ

現地調査終了後は、調査結果の取りまとめを行う。

(ア) 整理すべき内容

基本的に表-7.7 に示す資料・データを「点検記録」としてファイリングする。

表-7.7 点検記録する資料・データ

	資料・データ	備考	確認欄
①	2次調査 点検記録表	記入もれのないこと	
②	(変状のある場合) 変状箇所の記録写真・スケッチ	写真は全体がわかるものと、変状箇所を拡大したものの2種類を添付すること	
③	ダムに関する資料 ・ダム諸元表 ・堤体3面図 (平面図、標準断面図、縦断面図) ・付帯施設構造図 (洪水吐き、監査廊等) ・観測施設配置図	縮小版でも可	
④	1次調査点検記録表(事前に実施したもの) 又は前回の2次調査点検記録表	コピーを添付する	

(引用文献： 農業用ダム機能診断マニュアル(2次調査用) P.64)

(イ) 詳細調査の実施について

点検記録表で集計した各重要点検項目のうち、判定ランク「A」に該当する工種及び個別項目で3点ないし5点以上を記録した項目については、変状の発生原因を特定するための詳細調査の実施が必要となる。

この場合、専門技術者による現地調査等が必要となるため、対応の緊急性(点数評価だけでなく、施設管理者からの要請、調査担当者の技術的評価も含めて、“安全サイド”での判断が望まれる)を考慮し、関係機関(土地改良調査管理事務所→農政局水利整備課等)への早急な連絡・協議を実施することとする。

詳細調査の実施に当たっては、2次調査の「点検記録表」を準備しておく。

具体的な詳細調査の例として、コンクリート構造物のひび割れについては、ボーリングコアを用いたコンクリートの強度試験や中性化試験、超音波試験によるクラック深度・分布調査等がある。フィルダム堤体法面に連続したクラックがある場合については、より詳細な目視観察、石灰水注入によるクラック深度調査(トレンチ調査)、測量調査等がある。いずれの場合においても、変状の状況に応じて試験方法を選択して行う必要があるため、専門技術者からの意見を聴取するとともに助言を受け、調査内容を検討する。

7.3.2 日常点検における計測と留意事項

ここでは、日常点検における計測と留意事項として築造数が多いダムタイプである「フィルダム」

と「重力式コンクリートダム」について主に記す。

(1) 計測項目

ダムの安全管理上、河川管理施設等構造令で義務づけられている計測項目は、表-7.8に示すとおりである。

ダムの安全を確認するためには、漏水量、変形、揚圧力、間隙水圧、浸潤線等の計測が必要であり、これらの計測を正しく行わなければダムの安全性を的確に判断することはできない。

表-7.8 計測項目

(計測装置)

第13条 ダムには、次の表の中欄に掲げる区分に応じ、同表の右欄に掲げる事項を計測するための装置を設けるものとする。

項	区 分		計測事項
	ダムの種類	基礎地盤から堤頂までの高さ(単位 m)	
1	重力式コンクリートダム	50 未満	漏水量 揚圧力
		50 以上	漏水量 変形 揚圧力
2	アーチ式コンクリートダム	30 未満	漏水量 変形
		30 以上	漏水量 変形 揚圧力
3	フィルダム	ダムの堤体が概ね均一の材料によるもの	漏水量 変形 浸潤線
		その他のもの	漏水量※ 変形

2 基礎地盤から堤頂までの高さが100m以上のダム又は特殊な設計によるダムには、前項に規定するもののほか、当該ダムの管理上特に必要と認められる事項を計測するための装置を設けるものとする。

(出典：河川管理施設等構造令)

※河川管理施設等構造令(昭和51年政令第199号)においては、堤体及び基礎地盤からの「漏水量」を測定することと規定されているが、ここでは、堤体又は基礎地盤に異常が生じている場合の漏水と区別するため、ダムの安全性上、特に問題のない漏水の量を「浸透量又は排水量」と呼ぶこととする。

河川管理施設等構造令に示す計測項目はダムの安全管理にとって必要最小限度の計測項目を示したものであり、実際のダムでは、このほかに堤体や基礎岩盤の応力、ひずみ、温度などの計測が行われる場合がある。

(2) 計測頻度

第二期、第三期の計測回数は表-7.9のとおりである。ただし、この回数には地震発生後や洪水後の臨時の計測、点検、監視は含まれてない。

昨今においては、省人化、省力化を目指したダムの安全管理が望まれており、ダムの安全管理に必要な計測項目を厳選して合理的な安全管理を行うことが大切である。また、ダムの安全管理の段階に応じて、ダムの挙動を詳しく分析した上で、各計測項目の必要性を再評価し、計

測頻度の緩和や、計測を終了するなどの配慮も必要である。

表-7.9 第二期、第三期の計測回数

計測項目		ダムの形式区分	計測点	計測回数		備 考
				第二期	第三期	
漏水量		全てのダム	原則として個々の漏水箇所ごと	1週ごとに1回	1か月ごとに1回	排水量が比較的少なく、かつ揚圧力が小さいものについては第三期の計測を省略することができる。
揚圧力		重力及び中空重力ダム	横継目によって区切られた区間ごと	1か月ごとに1回	3か月ごとに1回	
		アーチダム(堤高 30m 以上)	クラウン断面及びその両側にそれぞれ1箇所	1か月ごとに1回	3か月ごとに1回	
浸潤線		均一型フィルダム	代表的な断面を1箇所以上選び各段面にダム軸より下流に3箇所以上	1か月ごとに1回	3か月ごとに1回	
変	たわみ量	重力及び中空重力ダム(堤高 100m 以上) アーチダム(堤高 30m 以上)	代表断面の頂部ダム堤頂の長いダム、両岸の斜面が急勾配の中空重力ダム及び重要なアーチダムには代表断面の左右両岸の頂部にも追加する。	1週ごとに1回	1か月ごとに1回	
		重力及び中空重力ダム(堤高 50m 以上 100m 未満) アーチダム(堤高 30m 未満)		1か月ごとに1回	3か月ごとに1回	
形	鉛直及び水平移動量	全てのフィルダム(均一型、ゾーン型及び表面遮水壁型)	代表断面及びその両側の頂部に各1箇所、代表断面上の上流側の最低水位以上の法面及び下流側の法面にそれぞれ2箇所以上	1か月ごとに1回	3か月ごとに1回	上流側の法面については貯水池水位が低下したとき測定すればよい。堤高 70m 未満のフィルダムについては第三期半年ごとに1回としてもよい。

- (注) (1) コンクリートダムで特に堤高が高いもの又は特殊な設計のものについては、計測項目中にひずみ又は応力、内部温度、継目の開き及び基礎岩盤の変形についても必要に応じて追加し、適当な期間計測を行う。
- (2) ゾーン型フィルダムの下流側ゾーンで排水機能が低いおそれのあるものについては、均一型フィルダムに準じ計測項目に浸潤線を追加する。
- (3) ゾーン型及び均一型フィルダムで、貯水位の変動が大幅かつ急激であり、残留間隙水圧の影響を調査する必要があると認められるものについては、適当な期間、間隙水圧の計測を行う。
- (4) 各期間における計測データの検討結果によっては、それ以降の計測回数を変更してもよい。小規模なダムで冬期計測が困難な期間及び貯水池の空虚期間が長い場合は、その期間の計測は省略してもよい。
- (5) 「漏水量」は、フィルダムでは「浸透量」が、コンクリートダムでは「排水量」が相当する。

(3) 計測における留意点

ア 電気式計器の信頼性確保

電気式計器の耐用年数は、おおむね 10 年程度とされており、計測値の信頼性を確認する必要があることから、1 回／年程度の定期点検を行い絶縁抵抗、指示値の確認・評価が必要である。

また、浸透量又は排水量は重要な計測項目であることから浸透量又は排水量の自動測定においては、越流水深について定期的に手ばかりを行い、自動測定値の信頼性を確認するとともに、測定堰に異物が付着し三角堰の計測精度が低下していないかなどの確認が必要である。