

当社水力発電所の河川法に係る
データ改ざん及び手続き不備に関する
調査報告書

第 2 分冊

(ダム安全性検討)

平成 19 年 1 月 24 日

東京電力株式会社

目 次

I	調査の目的、体制及び方法	1
1	調査の目的	1
2	調査の体制	1
3	調査の方法等	2
3.1	河川法に係るデータ改ざん等に関する調査	2
3.2	河川法に係る手続き不備に関する調査	3
II	河川法に係るデータ改ざん等に関する調査	6
1	調査結果の概要	6
2	事実関係に関する調査結果	7
2.1	【玉原発電所】 玉原ダム（ダム変形）	7
2.2	【一ノ瀬発電所】 丸沼ダム（堆砂状況）	20
2.3	【須田貝発電所】 須田貝ダム（堆砂状況）	26
2.4	【今市発電所】 栗山ダム（堆砂状況）	30
2.5	【今市発電所】 今市ダム（堆砂状況）	33
2.6	【塩原発電所】 八汐ダム（堆砂状況）	36
2.7	【塩原発電所】 蛇尾川ダム（堆砂状況）	39
2.8	【塩原発電所】 八汐ダム・蛇尾川ダム（放流量等）	41
2.9	【葛野川発電所】 葛野川ダム（堆砂状況）	47
2.10	【葛野川発電所】 葛野川ダム（水位等）	50
2.11	【中津川第二発電所】 穴藤ダム（揚圧力）	53
2.12	【安曇発電所】 奈川渡ダム（揚圧力）	57
2.13	【水殿発電所】 水殿ダム（揚圧力）	60
3	データ改ざん等に関する再発防止策	63
3.1	改善すべき点の整理	63
3.2	再発防止策	67
3.2.1	「意識」の面における対策	67
3.2.2	「仕組み」の面における対策	69

（以上、第1分冊）

Ⅲ ダムの安全性検討	1
1 玉原ダムの安全性検討	3
1.1 挙動計測結果の評価	3
1.1.1 外部変形	3
1.1.2 内部変形	6
1.1.3 漏水量	6
1.1.4 間隙水圧	7
1.2 地震記録	7
1.3 巡視・点検結果	8
1.4 まとめ	8
2 ダムの堆砂に対する安全性検討	9
2.1 貯水池・調整池の堆砂に対する安全性評価	9
2.2 改ざん等を行ったダムの貯水池・調整池の堆砂に対する安全性評価	9
2.2.1 丸沼ダムの堆砂に対する安全性評価	9
2.2.2 須田貝ダムの堆砂に対する安全性評価	11
2.2.3 栗山ダムの堆砂に対する安全性評価	12
2.2.4 八汐ダムの堆砂に対する安全性評価	13
2.3 技術的な課題に起因する補正等を行っていた貯水池・調整池の堆砂に対する安全性評価	15
2.4 まとめ	18
3 蛇尾川ダム・八汐ダムの安全性検討	19
3.1 運用実績の評価	19
3.2 八汐ダムの挙動計測結果の評価	19
3.3 蛇尾川ダムの挙動計測結果の評価	20
3.4 地震記録	21
3.5 巡視・点検結果	22
3.5.1 巡視	22
3.5.2 外観点検	22
3.6 調整池からの浸透流出による近隣地山の安定性について	24
3.6.1 調整池止水対策の経緯	24
3.6.2 調整池からの浸透流出量の想定と実績	25
3.6.3 近隣地山の安定性	25
3.7 まとめ	25
4 葛野川ダムの安全性検討	27
4.1 挙動計測結果の評価	27
4.1.1 漏水量	27
4.1.2 変形	27
4.1.3 揚圧力	27

4.2	地震記録	28
4.3	巡視・点検結果	29
4.3.1	巡視	29
4.3.2	外観点検	29
4.4	まとめ	30
5	穴藤ダムの安全性検討	31
5.1	挙動計測結果の評価	31
5.1.1	変形	31
5.1.2	漏水量	31
5.1.3	揚圧力	32
5.2	地震記録	32
5.3	巡視・点検結果	33
5.4	まとめ	33
6	奈川渡ダム・水殿ダムの安全性検討	35
6.1	奈川渡ダムの挙動計測結果の評価	35
6.1.1	変形	35
6.1.2	漏水量	36
6.1.3	揚圧力	37
6.2	水殿ダムの挙動計測結果の評価	40
6.2.1	変形	40
6.2.2	漏水量	41
6.2.3	揚圧力	41
6.3	地震記録	43
6.4	巡視・点検結果	44
6.4.1	巡視	44
6.4.2	外観点検	44
6.5	まとめ	45

<図表集>

(以上、第2分冊)

IV	河川法に係る手続き不備に関する調査	1
1	手続き不備事案の実態	1
1.1	手続き不備事案の抽出の経緯	1
1.2	手続き不備事案の実態の整理	1
2	原因の分析	11
2.1	手続き不備の実態からの分析	11
2.2	申請業務の流れからの分析	11
2.3	分析に基づく発生原因の特定	13
3	手続き不備に関する再発防止策	16
V	今後の再発防止策について	24

(以上、第3分冊)

・本報告書で使用している地図類は、当社の設備管理システムから出力したものです。
・本報告書の内容を本来の目的以外に使用することや、当社の許可無くして複製・転載することはご遠慮ください。

東京電力株式会社

Ⅲ. ダムの安全性検討

ダム堤体やその基礎に関しては種々な測定を行っており、その主要なものを下記に示す。

(1) 漏水量

- ①コンクリートダムにおける基礎排水孔、継目排水孔等からの漏水量
- ②フィルダムの下流側フィルター敷から集水した漏水量
- ③表面遮水壁型フィルダムの表面遮水壁を通しての漏水量

(2) 変形

- ①フィルダムやアーチダムにおける視準測量
- ②コンクリートダムにおけるプラムライン
- ③フィルダムにおける水準測量による堤体の沈下量
- ④フィルダムにおける層別沈下計による内部沈下量

(3) 温度

コンクリートダム内に埋設された温度計による堤内温度

(4) 揚圧力または間隙水圧

- ①重力ダムにおける基礎排水孔等に取り付けられたブルドン管圧力計による揚圧力
- ②岩盤内に埋設された間隙水圧計による揚圧力
- ③フィルダムのコア内に埋設された間隙水圧計による間隙水圧

ダムの安全性評価については「ダムの安全管理：飯田隆一著 財団法人 ダム技術センター」^{*1)}に、「構造物の安全性の判定は、先ず構造物全体の状況を示す測定値に着目して、構造物が巨視的に見て安定した状態にあって、今後とも同様な状態が継続する状況下にあるか否かを判断する必要がある。もし構造物全体の状況を示す測定値に異常や漸増傾向が見られ、何らかの対応策が必要と考えられた場合に、そのような状況が現れた原因と、その対応策を検討する必要が生ずる。この段階では、個々の部分の漏水量・揚圧力・応力・歪みなどの局所的な現象の測定値が必要になる。このような観点から、ダムの安全管理は、先ずダム全体の状況を示す測定値、即ち漏水量の集計した値と変位に着目すべきであることになる。」と記載されている。これに基づき、以降に記すダムの安全性の評価は、ダム全体の状況を示す漏水量、変形の計測結果により行うことを基本とする。

また、ダムの安定性についても「ダムの挙動の測定値によるダムの安全管理は、ダムに起っている諸現象が、既に安定した状態または安全性により余裕がある状態に移行しつつあるか、あるいは近い将来安定した状態になるかを確認することにより行うことができる。またこのような状況下でない現象、即ち

っきりとした増加傾向を示し、近い将来に安定した状態になることが予測出来ない現象は、ダム安全管理にとっては特に注目すべき現象である。」と記載されている。よって、これらに基づいてダムの安全性の評価を行うこととする。

1 玉原ダム安全性検討

1.1 挙動計測結果の評価

1.1.1 外部変形

(1) 外部変形測定概要

玉原ダムは、ダムの外部変形（沈下量と水平変位量）の測定のために、ダム左右岸に合計 11 点の基準点をダムの天端（1 測線）及び法面（上流 1 測線、下流 3 測線）に計 5 測線 24 箇所の測定点を設置している。また、沈下測定用の基準点であるベンチマークは右岸側 4 箇所、左岸側 4 箇所の計 8 点設置している。ダム外部変形・漏水量測定位置を図-1-1 にダム間隙水圧計位置を図-1-2 に示す。なお、上流法面の測線については、ダム水位が上昇し水没した場合（ダム水位 14m 以上）には測定不能となる。

測定方法・頻度は以下の通りである。

①測定方法及び使用機械

- ・沈下量測定：直接水準測量
- ・上下流水平変位測定：視準測量

②測定頻度

- ・測定点設置～平成 11 年は天端 3 回／月、その他 1 回／月
注) 湛水開始当初は密に測定を実施しており、天端については毎日実施している時期もある)
- ・平成 12 年～平成 15 年は 1 回／月
- ・平成 16 年～現在は 4 回／年

(2) 外部変形測定の経緯

- ①昭和 56 年 12 月に外部測定点を設置した。なお、降雪により 1 月から 3 月は原則として測定できない。
- ②昭和 57 年 3 月に外部変形測定ならびに初期湛水を開始した。
- ③昭和 59 年 5 月に天端 No. 3 の測定点の基礎コンクリートに雪害と考えられるクラックが発生していたため、打ち替えを実施した。打ち替え前後に測定点を測定し、2.4cm 下流側へ基礎が移動したことが判明したため、初期値の補正を実施した。
- ④以下、参考として記す。
 - ・昭和 60 年に下流法面中段 (EL. 1155m) の基準点が雪害により傾いていることが確認されたため、打ち替えを実施している。基準点については、座標から元の位置へ復元した。
 - ・平成 8 年に下流法面中段 (EL. 1120m) の基準点が雪害により傾いて

いることが確認されたため、打ち替えを実施している。上記同様、座標から元の位置へ復元されている。

- ・平成 18 年に下流法面下段 (EL. 1080m) の基準点が雪害により傾いていることが確認されており、打ち替えを予定している。
- ・築堤時の余盛り高は最大 1.5m である。

以上の経緯と前節に記すデータ補正等の経緯並びに実測データとして現場で読み取り値を記載した野帳や委託報告書が残存していることから、全データについてダムの挙動評価に使用可能と判断している。

(3) 外部変形測定結果

a. 沈下測定結果

沈下測定結果は、測線毎に沈下履歴を図－1－3～7に示した。同図より、以下の事項が言える。

- ①測定点設置部の盛立て高さが高くなる（天端部や中央部など）ほど沈下量が大きく、平成 18 年 12 月現在で、湛水開始以降の最大沈下量は、天端の No. 2 測定点であり、45.9cm の沈下となっている。
- ②湛水開始以降の 3～5 年で、湛水荷重や湛水時の浸水沈下、自重による圧密沈下により、現時点の総沈下量に対し、50%程度の沈下が発生している。また、その後の 10 年で約 80%～90%に達している。
- ③湛水開始当初（昭和 57、58 年）、年間 0.2cm～9.0cm 発生していた沈下も、平成 18 年には、各測定点とも±0.2cm 程度と年間沈下量は収束傾向にあり、安定した挙動を示している。

b. 上下流変位測定結果

上下流測定結果は、測線毎に変位履歴を図－1－8～12に示した。同図より、以下の事項が言える。

- ①湛水荷重等により、原則的に下流側へ変位している。また、天端での変形量より下流法面の EL. 1155m の測線での変形量が大きくなっており、H18 年 12 月現在における湛水開始以降の最大変位量は、No. 16 測定点で 25.1cm となっている。
- ②変形量の約 7～8 割は湛水開始以降約 10 年程度で発生している。
- ③測定点 24 点のうち、現状でも天端の No. 1・6・7 の 3 点については、上流側へ変形 (-0.7cm～-2.6cm) している。なお、上流法面の No. 9 については、平成 10 年以降水没し、測定できないが、平成 10 年 12 月の測定では、最大 2.4cm 上流側へ変位していた。
- ④湛水開始当初（昭和 57、58 年）、年間上流側 0.5cm～下流側 4.1cm

発生していた上下流変位も、平成 18 年には、変位増分は上流側 0.4cm～下流側 0.2cm と年間変位量は収束傾向にあり、安定した挙動を示している。

図-1-13 に最大断面付近の外部変形の分布を示す。同図より、何れも堤体外形線から内側に変形し、堤体密度が上昇する方向であり安定化に向かっていることが認められている。

【参考】ダム天端測定点の上流側への変形について

ロックフィルダムにおいて、測定点が上流側へ変形することは特異な事象ではなく、多くの文献などで紹介されている。また、当社 9 箇所のロックフィルダムのうち、玉原ダム以外で上流側へ変形しているのは、栗山ダムと八汐ダムであり、それぞれ最大 4cm、3cm 程度の上流変位を計測している。以下にその一例を示す。

(1) 「ロックフィルダムの実測変形挙動に関する検討」(水資源開発公団：現「(独)水資源機構」)^{※4)}

5 地点のロックフィルダムについて、沈下ならびに上下流変位の挙動を取りまとめている。その中で、堤体部およびロック部の水平変位で A ダムの堤頂部が上流側へ-3.1cm 変形している。これは、堤頂部およびロック部高標高部の沈下の影響によるものと推察している。

(2) 「フィルダムの挙動解析(その1) -天端最大断面の外部変位-」(建設省土木研究所：現(独)土木研究所)^{※5)}

21 ダムのロックフィルダムについて、測定された外部変位量のうち、天端変位に着目した整理が行われ、水平変位については、①下流側変位量増加型、②一旦下流側へ変位するがその後上流側へ戻っている。に分類され、下流側変位量増加型には①-1 下流側変位量単純増加型と、①-2 下流側へ変位しているが上流側へ多少揺れ戻りの傾向を示しながら収束傾向を示す型がある。

①-2 型は、21 ダム中 12 ダムで認められ、昭和 50 年以降に建設されたダムでは、ほとんどのダムがこの傾向を示している。②型は 5 ダムで、昭和 50 年代前半までに建設されたダムの中では、6 ダム中 4 ダムでこのような傾向を示している。

これらのデータのうち、中央土質遮水壁型フィルダムは 16 ダムであり、12 ダムで上流側への変形を経験し、4 地点では 2000 日以上経過しても、上流側への変形が継続されている。

- (3) 「フィルダムの挙動解析 (その2) - 変位, 浸透 -」 (建設省土木研究所: 現(独)土木研究所) ※6)

完成後10年以上経過した11ダムを対象として、天端および最大横断面の変形傾向について取りまとめられており、最高水位時から3年後、もしくは10年後と経年とともに上流側へ変形が進行するダムが3地点ある。また、何れのダムも、絶対変位量で、上流側への変位を示している。

1.1.2 内部変形

- (1) 内部変形測定概要

玉原ダムでは、内部変形を測定するため層別沈下計を設置している。層別沈下計は、6箇所(コアゾーン3箇所、上流側ロックゾーン1箇所、下流側ロックゾーン2箇所)で計測しており、クロスアーム式で10m毎の沈下量を測定できるものである。

- (2) 内部変形測定結果

内部変形測定結果は、沈下履歴を図-1-14に示した。同図より、以下の事項が言える。

- ①鉛直変位分布は高標高部ほど変形が大きく、この分布は湛水開始以降同じ傾向である。
- ②コアゾーン(V-2)上部約30m区間の圧縮量は全区間(表面沈下量)の約半分を占めている。また、内部沈下量についても、現状では収束傾向にあり安定した挙動を示しており、外部変形測定結果の傾向と一致している。

1.1.3 漏水量

- (1) 漏水量測定の概要

玉原ダムの漏水量測定は、河床の法尻(以下ダム法尻と呼ぶ)と左岸台地の法尻(以下左岸台地と呼ぶ)の各々に集水堰を設け漏水量を測定している。また、フィルター直下流に集水堰を設けて中央連絡坑(ダム監査廊)に導水し、測定(以下コア直下流と呼ぶ)している。なお、それぞれの測定箇所、漏水量に合わせて濁度と水温についても測定している。

- (2) 漏水量測定結果

漏水量測定結果は、履歴を図-1-15に示した。同図より、以下の事項が言える。

- ①ダム法尻、コア直下流、左岸台地ともに降雨や融雪の影響を受けて変動している。これは、雨水等がダムの表面や周辺の地山を伝わって集水堰に入ってくる水量であり、ダムの漏水量とは異なるものである。
- ②左岸台地の漏水量については、降雨や融雪がない時には、湛水当初から現在に至るまで漏水はない。
- ③降雨や融雪の影響が少ない毎年1月の、ダム水位が一番高い日の漏水量の経時変化グラフを図－1－16～17に示す。図に示すとおり、漏水量は減少傾向かつ安定した値を示している。
- ④これまでに、漏水の濁りは認められていない。

1.1.4 間隙水圧

(1) 間隙水圧測定概要

間隙水圧計は、ダム盛立やグラウチングの進捗状況に併せて順次埋設し、完成後のダムの保安監視を主目的としている間隙水圧計は、ダム軸方向に配置されている下流フィルター着岩部並びにグラウトカーテン下流の基礎岩盤内に設置している。

上記以外については、湛水開始当初におけるダム及び基礎の間隙水圧分布を把握し、流線網の形を推定することを主目的として設置されている。

(2) 間隙水圧測定結果

間隙水圧測定結果は、履歴を図－1－18～19に示した。同図より、以下の事項が言える。

- ①初期湛水に伴い、上昇した各計測点の水圧値は、その後、概ね一定の値を示しており、安定した挙動をしている。
- ②貯水位との関係については、コア内及びカーテン上流側（基礎岩盤）の計器は貯水位の影響を受け比較的、変動が大きく、カーテン下流側（基礎岩盤）の計器は貯水位の影響が少ない。

1.2 地震記録

玉原ダムで観測された天端及び基盤での地震計記録及び近傍の気象庁観測地点（みなかみ町鹿野沢、川場村谷地、沼田市西倉内、利根郡片品村東小川）の震度階の中で、震度3以上の地震を表－1－1に示す。

観測された最大の地震は、平成16年10月23日17時56分頃～18時34分頃に発生した新潟中越地震であり、利根郡片品村東小川で震度5弱、

ダムに設置している地震計では基盤 24gal、天端 156gal が確認されている。

近傍の気象庁観測地点で震度 4 以上もしくはダム基礎加速度が 25gal 以上を観測した場合に点検を実施しているが、これまでに異常は発生していないことを確認している。

1.3 巡視・点検結果

玉原ダムでは、月 1 回の巡視並びに年 1 回の外観点検を実施しており、至近で実施した（巡視；平成 18 年 12 月 13 日、外観点検；平成 18 年 7 月 13、14 日）結果より、ダムの異常は確認されていない。巡視（1 回／月）及び外観点検（1 回／年）のチェック項目は以下のとおり。

- ・天端のひび割れ、沈下、不陸、わだち。
- ・上下流面の変位・変形、沈下・崩落、はらみだし、漏水の有無。
- ・通廊内のひび割れ、継目の開き、漏水、剥離・剥落、鉄筋の発錆状況。
- ・堤体直下流河床における基礎からの漏水。

1.4 まとめ

玉原ダムの計測結果ならびに巡視・点検結果から確認した結果を以下に記す。

- ①堤体の変形（沈下、水平変位）は収束傾向を示しており、安定した挙動を示している。
- ②漏水量は収束傾向を示しており、安定した状態を示している。
- ③至近の巡視・外観点検においてもダムの異常は認められていない。

以上より、玉原ダムは安全な状態を確保できていると考えられる。

2 ダムの堆砂に対する安全性検討

2.1 貯水池・調整池の堆砂に対する安全性評価

堆砂状況報告にあたり、データの改ざんや技術的な課題に起因する補正を行っていたダムについて、以下の(1)～(3)の方法で、堆砂に対する安全性の評価を行うこととする。

(1) ダム直上流の堆砂がダム本体の安定性に及ぼす影響の評価

各ダムでは、設計時に、ダムに作用する泥圧の設計条件として、ダム直上流の設計堆砂位が設定されている。

したがって、設計堆砂位と現在の堆砂状況を比較することによって、ダム直上流の堆砂がダムの安定性に及ぼす影響の有無を評価する。

(2) 末端部の堆砂が周辺の土地や構造物等に及ぼす影響の評価

貯水池・調整池末端部の堆砂が洪水位を上昇させ、用地買収線を越えた場合は、堆砂が周辺の土地や構造物等に影響を及ぼす。

これに対し、実測結果を用いた設計洪水量での背水計算により算出した末端部の現在洪水位と用地買収線の標高とを比較することによって、末端部の堆砂が周辺の土地や構造物等に及ぼす影響の有無を評価する。

(3) 堆砂による濁水発生が周辺環境等に及ぼす影響の評価

堆砂が貯水の流動や河川流入の影響を受けて濁水が発生する場合、貯水池・調整池あるいは下流河川的环境に悪影響を及ぼす可能性がある。

そこで、貯水池・調整池内における濁度等の測定実績を確認し、出水時以外における堆砂の影響による濁水の発生等、周辺環境に及ぼす影響の有無を評価する。

2.2 改ざん等を行ったダムの貯水池・調整池の堆砂に対する安全性評価

2.2.1 丸沼ダムの堆砂に対する安全性評価

(1) 測量の経緯

- ① 平成元年5月9日に現場の測点杭の確認を行ったが縦横断測点杭54本中縦断杭1本、横断杭11本を確認できなかった。杭のない箇所については、立木、岩等にマーキングされていた(図-2-1、表-2-1参照)。

- ② 現場確認できなかった杭の復元等を実施し、平成元年9月4日から8日の期間で深浅測量を実施した結果、下記の事項が判明した。
 - a 従来と比較すると、縦断距離で▲27.5m、横断距離で最大▲17.0mの差異。(図-2-2、表-2-2参照)
 - b 実測の縦横断距離測量結果を使用して、総貯水容量を算出したところ、前年比約10万m³(堆砂量10万m³増加)減少。
- ③ 平成元年における深浅測量の結果、堆砂量が前年比で約10万m³増加したため、平成元年から平成13年まで実測堆砂量に対し約1万m³上乗せした値を報告していた。(図-2-3、図-2-4参照)

(2) ダム直上流の堆砂がダム本体の安定性に及ぼす影響の評価

丸沼ダムには設計堆砂位が設定されていない。そこで、ダム直上流の堆砂の現状やこれまでの状況変化を考慮して安全性を評価する。

平成17年深浅測量結果におけるダム近傍の横断面図(No. 3、4測線)を図-2-5、図-2-6に、縦断図を図-2-7に示す。

図-2-5～図-2-7より、ダム前面の左右岸付近への堆砂はほとんどないこと、調整池全体としても顕著な堆砂がないことが分かる。また、丸沼ダムの底部に設置されている連絡水路取水口の水 midpoint 検ロボットによる点検結果(平成18年6月実施、図-2-8参照)より、スクリーン底部に堆砂が確認されていないことから、ダム前面付近の堆砂はほとんどないと判断できる。

よって、ダムに泥圧は作用していないと考えられることから、ダム本体の安定性に及ぼす影響はないものと判断できる。

(3) 末端部の堆砂が周辺の土地や構造物等に及ぼす影響の評価

平成17年深浅測量結果における上流端付近の横断面図(No. 22、23、24測線)を図-2-9～図-2-11に示す。

丸沼上流端には遊歩道や温泉施設があるが、堆砂は常時満水位以下であるため、支障はないと判断される。(図-1-12、写真-2-1、写真-2-2参照)

また、貯水池末端部に流入している河川(湯沢、四郎沢)において流水を阻害するような著しい土砂の堆積は認められない(写真-2-3～写真-2-6参照)ことから、出水における水位上昇は、周辺の土地や構造物等に及ぼす影響はないと判断できる。

(4) 堆砂による濁水発生が周辺環境等に及ぼす影響の評価

丸沼ダムの水質については、法律上測定および報告が義務づけられてはいないが、貯水池容量が大きいことや日光国立公園内に位置していることなどの理由により、環境等への影響を確認する観点から自主的に昭和48年より実施している。なお、測定頻度については、1～3回／年としている。ダム直上流上層における濁度および浮遊物質濃度（SS）の測定結果を図－2－13に示す。

丸沼ダムの水質が、昭和48年～平成18年の期間において、貯水池環境や周辺環境に対して悪影響を及ぼした実績はない。また、出水時等には一時的に濁度が上昇する場合が存在するものの、貯水池中央部における既往の測定実績の最大値は濁度17.2度（昭和56年8月測定）、SS 37mg/ℓ、（昭和57年8月測定）、平均的には濁度2.0度未満、SS 2.0mg/ℓ未満と極めて低い測定値であることから、堆砂の影響による濁水の発生等、周辺環境に及ぼす影響はなかったと判断できる。

（5）安全性評価のまとめ

丸沼ダムの堆砂については、ダム直上流の堆砂がダム本体の安定性に及ぼす影響、末端部の堆砂が周辺の土地や構造物等に及ぼす影響、堆砂による濁水発生が周辺環境等に及ぼす影響がそれぞれ問題ないことが確認されたことから、現状の堆砂に対してダム本体および貯水池の安全性は確保されていると判断できる。

2.2.2 須田貝ダムの堆砂に対する安全性評価

（1）ダム直上流の堆砂がダム本体の安定性に及ぼす影響の評価

深淺測量測線位置図を図－2－14に、平成18年度深淺測量結果における本川の縦断図を図－2－16に示す。なお、ダム直上流のNo.0測線の代替として、上流側15.300mの測量が可能な位置にNo.0'測線を設定し、平成19年1月に測量を実施した結果を図－2－15に示す。

須田貝ダムの設計堆砂位EL.705.000mに対し、平成19年1月に深淺測量を実施したNo.0'測線（追加距離15.300m）の現在最深河床高はEL.691.000mであり、標高差で14.000m低いことから、ダム本体の安定性に及ぼす影響はないと判断できる。

（2）末端部の堆砂が周辺の土地や構造物等に及ぼす影響の評価

洞元湖（須田貝ダム）の主要な沢を含めた上流端については、図－2－16～図－2－19に示す通り、利根川本川（矢木沢ダム直下流）、楢俣川（奈良俣ダム直下流）、矢木沢川、芦沢の4つが対象になる。

図-2-16、図-2-17より、利根川本川末端部測線No.34（追加距離5448.000m）、楯俣川末端部測線No.53'（追加距離2095.000m）については、現在洪水位（利根川：EL.743.060m、楯俣川：EL.743.650m）が左右岸用地買収高（EL.748.000m）よりも低い。よって、利根川本川及び楯俣川については、周辺の土地や構造物等に及ぼす影響はないと判断できる。

図-2-18、図-2-19より、矢木沢川および芦沢については、貯水池末端付近で、現在洪水位が用地買収高（EL.748.000m）を若干上回っているが、利根川本川との合流部（追加距離0.000m）の構造物（橋梁）設置箇所では、現在洪水位（矢木沢：EL.743.060m、芦沢川：EL.743.000m）が用地買収高（EL.748.000m）よりも低いことから構造物への影響はないと判断できる。

（3）堆砂による濁水発生が周辺環境等に及ぼす影響の評価

須田貝調整池の水質調査については、法律上義務づけられていないが、調整池容量が大きいことや利根川本川上流に位置していることなどの理由により自主的に昭和40年代から実施している。なお、測定頻度については、現在4回／年を基本として実施している。ダム直上流の上層における濁度および浮遊物質濃度の測定結果を図-2-20に示す。

過去10年間（平成9年～平成18年）の測定実績の最大値は、濁度9.0度（平成16年8月測定）、SS9mg/l（平成16年8月測定）、平均的には、濁度2度未満、SS2mg/l未満であることから堆砂の影響による濁水の発生等、周辺環境に及ぼす影響はなかったと判断できる。

（4）安全性評価のまとめ

須田貝ダムの堆砂については、ダム直上流の堆砂がダム本体の安定性に及ぼす影響、末端部の堆砂が周辺の土地（矢木沢川および芦沢を除く）や構造物等に及ぼす影響、堆砂による濁水発生が周辺環境等に及ぼす影響がそれぞれ問題ないことが確認されたことから、現状の堆砂に対してダム本体および調整池の安全性は確保されている。

2.2.3 栗山ダムの堆砂に対する安全性評価

（1）ダム直上流の堆砂がダム本体の安定性に及ぼす影響の評価

深浅測量測線位置図を図-2-21に、平成17年度深浅測量結果における本川の縦断図を図-2-22に示す。

栗山ダムの設計堆砂位EL.1052.000mに対し、平成17年度深浅測量結

果に基づくダム法尻直上流測線 NO. 2 (追加距離 165.000m) の現在最深河床高は EL. 1045.510m であり、標高差で 6.490m 低いことから、ダム本体の安定性に及ぼす影響はないと判断できる。

また、調整池の放水時の状況 (写真-2-7 参照、平成 18 年) から、顕著な堆砂がないことが確認できる。

(2) 末端部の堆砂が周辺の土地や構造物等に及ぼす影響の評価

図-2-22 に示すとおり、本川筋末端部測線 NO. 9 (追加距離 901.000m) の左岸用地買収高 EL. 1095.300m および右岸用地買収高 EL. 1095.100m に対し、現在洪水位は EL. 1090.800m であり、買収高が低い右岸と比較して 4.300m 低いことから、周辺の土地や構造物等に及ぼす影響はないと判断できる。

(3) 堆砂による濁水発生が周辺環境等に及ぼす影響の評価

栗山ダムでは、昭和 63 年から濁度および浮遊物質濃度 (SS) を 1 回/月~1 回/3 ヶ月の頻度で測定している。ダム直上流の表面下 0.5 m の位置における濁度および浮遊物質濃度の測定結果を図-2-23 に示す。

栗山ダムの水質が、昭和 63 年~平成 18 年の期間において、過去に調整池環境や周辺環境に対して悪影響を及ぼした実績はない。また、出水時等には一時的に濁度が若干上昇する場合は存在するものの、既往の測定実績の最大値は濁度 10.4 度 (平成 5 年 11 月測定)、SS 11mg/l (平成 6 年 10 月)、平均的には濁度 2 度未満、SS 4mg/l 未満と極めて低い測定値であることから、堆砂の影響による濁水の発生等、周辺環境に及ぼす影響はなかったと判断できる。

(4) 安全性評価のまとめ

栗山ダムの堆砂については、ダム直上流の堆砂がダム本体の安定性に及ぼす影響、末端部の堆砂が周辺の土地や構造物等に及ぼす影響、堆砂による濁水発生が周辺環境等に及ぼす影響がそれぞれ問題ないことが確認されたことから、現状の堆砂に対してダム本体および調整池の安全性は確保されている。

2.2.4 八汐ダムの堆砂に対する安全性評価

(1) ダム直上流の堆砂がダム本体の安定性に及ぼす影響の評価

深浅測量測線位置図を図-2-24 に、平成 17 年度深浅測量結果に

おける本川の縦断図を図-2-25に示す。

八汐ダム設計堆砂位 EL. 999.000m に対し、平成17年度深淺測量結果に基づくダム法尻直上流測線 NO. 2 (追加距離 213.780m) の現在最深河床高は EL. 970.520 であり、標高差で 28.480m 低いことから、ダム本体の安定性に及ぼす影響はないと判断できる。

(2) 末端部の堆砂が周辺の土地や構造物等に及ぼす影響の評価

図-2-25に示すとおり、本川(鍋有沢川)末端部測線 NO. 12 (追加距離 1498.190m) の左岸用地買収高 EL. 1053.700m および右岸用地買収高 EL. 1053.140m に対し、現在洪水位は EL. 1049.200m であり、買収高が低い右岸と比較して 3.940m 低いことから、周辺の土地や構造物等に及ぼす影響はないと判断できる。

また、支川についても図-2-26~図-2-28に示すとおり、三の沢末端部測線 No. 16 (追加距離 624.610m)、一の沢末端部測線 No. 21 (追加距離 1088.280m)、ほおのき沢末端部 No. 25 (追加距離 1319.720m) の現在洪水位(何れも 1049.200m) が用地買収高(三の沢: EL. 1088.000m、一の沢: EL. 1051.500m、ほおのき沢: EL. 1050.700m) よりそれぞれ低いことから、周辺の土地や構造物等に及ぼす影響はないと判断できる。

(3) 堆砂による濁水発生が周辺環境等に及ぼす影響の評価

八汐ダムでは、平成6年から濁度および浮遊物質濃度(SS)を1回/月~1回/2ヶ月の頻度で測定している。ダム直上流の水面下0.5mの位置の濁度およびSSの測定結果を図-2-29に示す。

八汐ダムの水質が、平成6年~平成18年の期間において、過去に調整池環境や周辺環境に対して悪影響を及ぼした実績はない。また、出水時等には一時的に濁度が若干上昇する場合が存在するものの、既往の測定実績の最大値は濁度3.0度(平成12年5月測定)、SS 10.0mg/l(平成6年6月測定)、平均的には濁度2度未満、SS 2mg/l未満と極めて低い測定値であることから、堆砂の影響による濁水の発生等、周辺環境に及ぼす影響はなかったと判断できる。

(4) 安全性評価のまとめ

八汐ダムの堆砂については、ダム直上流の堆砂がダム本体の安定性に及ぼす影響、末端部の堆砂が周辺の土地や構造物等に及ぼす影響、堆砂による濁水発生が周辺環境等に及ぼす影響がそれぞれない問題がないことが確認されたことから、現状の堆砂に対してダム本体および調整池の安全性は確保されている。

2.3 技術的な課題に起因する補正等を行っていた貯水池・調整池の堆砂に対する安全性評価

(1) 技術的な課題に起因する補正の概要

堆砂状況の報告において、湛水前の等高線スライス法と湛水後の深浅測量の違いから測量結果に差異が生じる場合があるが、この測量技術から生じる差異を以下の方法で補正していたダムの貯水池・調整池における堆砂に対する安全性について、2.1 の (1)、(2)、(3) の方法で評価を行った。

【補正の方法】

①等高線スライス法による湛水前容量と深浅測量による湛水後容量とに差異が生じたため、容量に補正係数をかける、あるいは測線間の区間距離を補正するなどして湛水前後の容量を整合させ、その後その補正係数や区間距離を用いて容量および堆砂量を算出して報告。

⇒ 該当ダム：八汐ダム、蛇尾川ダム、今市ダム

※八汐ダムについては2.2.4で安全性の評価を行っているため、本項では省略

②深浅測量による湛水後貯水容量が等高線スライス法による湛水前貯水容量を上回ったため、その後の深浅測量による貯水容量が湛水前貯水容量より小さくなるまでは堆砂量なしとして報告。

⇒ 該当ダム：報告対象ダムなし

③揚水式発電所の調整池において、水位の変動に伴う有効容量内の法面崩壊等により、有効容量が湛水前有効容量を上回ったため、その後の有効容量が湛水前有効容量より小さくなるまでは、有効容量内堆砂量なしとして報告（技術的な課題ではないが、②の類似事例）。

⇒ 該当ダム：葛野川ダム

(2) ダム直上流の堆砂がダム本体の安定性に及ぼす影響の評価

深浅測量測線位置図を図-2-30～図-2-32に、平成17年度深浅測量結果における縦断図を図-2-33～図-2-39に示す。

ダム直上流またはダム直上流の測線の断面における現在の堆砂位と設計堆砂位とを比較し、設計堆砂位以下であれば、ダムの安定性に対して問題がないと判断する。

各ダムにおけるダム直上流堆砂の状況は表-2-3および図-2-33、図-2-35、図-2-39の通りである。何れのダムも現在最深河床高が設計堆砂位を下回っていることから、ダム本体の安定性に及ぼす影響はないと判断できる。

(3) 末端部の堆砂が周辺の土地や構造物等に及ぼす影響の評価

実測結果を用いた設計洪水量での背水計算により算出した末端部の現在洪水位が、用地買収線の標高を越えていなければ、周辺の土地や構造物等に及ぼす影響はないと判断する。

各ダムにおける末端部の現在洪水位および用地買収の状況は、表-2-4および図-2-33～図-2-39の通りである。何れのダムも現在洪水位が用地買収線を下回っていることから、末端部の堆砂が周辺の土地や構造物等に及ぼす影響はないと判断できる。

(4) 堆砂による濁水発生が周辺環境等に及ぼす影響の評価

ダム直上流の上層における濁度または浮遊物質濃度（SS）の測定実績を確認し、出水時以外における堆砂の影響による濁水長期化等の実績が確認されなければ、周辺環境に対して顕著な影響がないと判断する。各ダムの測定結果を表-2-5および図-2-40～図-2-42に示す。

蛇尾川ダム、今市ダム、葛野川ダムについては、土砂供給源となる規模の大きい流入河川が少ないこともあり、ダム直上流上層における濁度は最大で10度前後、SSも最大で10mg/l前後と極めて小さい。

以上から、堆砂の影響による濁水の発生等、周辺環境に及ぼす影響はなかったと判断できる。

(5) 安全性評価のまとめ

蛇尾川ダム、今市ダム、葛野川ダムの堆砂については、ダム直上流の堆砂がダム本体の安定性に及ぼす影響、末端部の堆砂が周辺の土地や構造物等に及ぼす影響、堆砂による濁水発生が周辺環境等に及ぼす影響がそれぞれ問題ないことが確認されたことから、現状の堆砂に対してダム本体および調整池の安全性は確保されている。

表-2-3 ダム直上流の設計堆砂位と現在の最深河床高の比較

ダム名	測線	追加距離	設計堆砂位	最深河床高 (平成17年度)
蛇尾川ダム	N0.0	0.00 m	652.000 m	611.300 m
今市ダム	N0.0	0.00 m	510.000 m	489.570 m
葛野川ダム	N0.1	100.00 m	705.000 m	686.031 m

表－２－４ 貯水池・調整池末端部の現在洪水位と用地買収高の比較

ダム名	測線	追加距離	左岸用地買収高	現在洪水位 (平成17年度)
			右岸用地買収高	
蛇尾川ダム (小蛇尾川)	NO. 9	1226.06 m	704.600 m	701.303 m
			704.150 m	
蛇尾川ダム (鍋有沢川)	NO. 12	363.40 m	705.500 m	703.916 m
			704.500 m	
今市ダム (シャジ沢)	NO. 6	861.00 m	550.500 m	548.499 m
			552.000 m	
今市ダム (ハタ沢)	NO. 8	819.00 m	550.500 m	548.491 m
			550.500 m	
今市ダム (オオギ沢)	NO. 13	0.00 m	552.500 m	548.500 m
			550.500 m	
今市ダム (砥川)	NO. 20	2554.00 m	554.000 m	533.199 m
			557.500 m	
葛野川ダム (本川)	NO. 16	2598.00 m	747.620 m	744.000 m
			760.850 m	

表－２－５ 貯水池・調整池の濁度および浮遊物質濃度（SS）の測定実績

ダム名	測定箇所	既往最大		平均	
		濁度 (度)	SS (mg/リットル)	濁度 (度)	SS (mg/リットル)
蛇尾川ダム	ダム直上流 水面下0.5m	4.6 (H10.10)	7.6 (H6.6)	2 未満	2 未満
今市ダム	ダム直上流 水面下0.5m	11.7 (H2.2)	9.0 (H6.10)	2 未満	2 未満
葛野川ダム	ダム直上流 上層	10.2 (H16.10)	8.0 (H16.1)	3 未満	2 未満

2.4 まとめ

以上より、何れのダムにおいてもダム直上流の堆砂がダム本体の安定性に及ぼす影響、末端部の堆砂が周辺の土地や構造物等に及ぼす影響、堆砂による濁水発生が周辺環境等に及ぼす影響がそれぞれ問題ないことが確認されたことから、現状の堆砂に対してダム本体および調整池の安全性は確保されている。

3 八汐ダム・蛇尾川ダムの安全性検討

3.1 運用実績の評価

八汐調整池、蛇尾川調整池の運用実績を図-3-1～図-3-4に示す。

同図より、八汐調整池からの浸透流出が大きいいため、2ダム合計の貯水量が有効貯水容量を下回ることが生じてしまうため、蛇尾川ダムの貯留を継続し、その結果、有効貯水容量を上回る貯水を行った期間もある。

貯水位の経時変化は図-3-3～図-3-8に示す通りであり、両ダムとも200mm/日以上が多降雨時を含めて、貯水位が一度も設計条件である設計洪水水位を超えたことはない。すなわち、個々のダムで適切な運用がなされていたため、両ダムとも安全であると判断できる。

3.2 八汐ダムの挙動計測結果の評価

八汐ダムの計器配置図を図-3-9に示す。

(1) 漏水量

八汐ダムの漏水量測定は、上部遮水層から浸透してきた水を中間排水層で捉え排水孔を通してカットオフ内に排水パイプで導いたものと、基礎岩盤を通してカットオフ背面堤体側へ浸透してくる水を排水パイプでカットオフ内に導いたものを、カットオフ内で自動計測している。

また、カットオフ背面に浸出する水がダム基礎の地形により、ダム法尻に集まることから、ダム法尻に集水堰を設けて自動計測している。

漏水量測定結果の経時変化を、図-3-10～図-3-12に示す。同図より以下の事項が言える。

- ①カットオフ内漏水量は調整池の影響を受けながら推移しており、現状においては左岸・右岸とも近年は約7ℓ/分以下と絶対量が少ない。また、渇水期における貯水位と漏水量の関係を見ると、右岸側漏水量は貯水位に対して経時的に低減する傾向にあるが、左岸側はバラツキが大きい。左岸側のバラツキが大きい原因としては、平成17年度に三角堰堰板部分を90°から30°に変更したためと考えられる。
- ②堤体下流流量は貯水位と降雨の影響を受けながら推移しており、至近年ではほぼ1000～3600ℓ/分の範囲で推移しており、上昇傾向は認められない。また、渇水期における貯水位と漏水量の関係を見ると、経時的に低減する傾向にあり、安定している。
- ③濁水は一度も検出されていない。

(2) 外部変形

外部変形については、表面遮水壁上に14点、天端に7点、下流法面に8点の計29点の外部測定点を配置し、1回/3ヶ月の頻度で、鉛直変位および上下流変位の測定を実施している。なお、上流法面の外部測定点(E、F測線)については、ダム水位が上昇し水没した場合には測定不能となる。

また、堤体内部には層別沈下計を4側線(横断方向2箇所、縦断方向2箇所)埋設しており、鉛直10mピッチにクロスアームを設置し、10m毎の沈下量を測定するものである。

天端外部測定点の測定結果を、図-3-13~図-3-16に、堤内層別沈下計の測定結果を、図-3-17~図-3-18に示す。同図より以下の事項が言える。

- ①図-3-13より、ダム天端の上下流変位は、初期湛水以降、上流側へ変形したが、至近年において、下流側へ徐々に戻る傾向にある。これについては、引き続き計測監視を行う予定である。なお、上流側への最大変位は、13測点の30mmとなっている。
- ②図-3-13より、ダム天端の鉛直変位については、経時的な沈下が継続しているものの、至近年においては、沈下速度は低下傾向にある。最大は12測点(天端中央)の144mmとなっている。
- ③図-3-14および図-3-15より、左右岸方向の外部測定点の変位分布を断面的に見ると、鉛直方向・上下流方向ともに、最大断面を中心に左右岸方向へ向かうほど、変位量が小さくなる傾向が見られる。この傾向は堤体厚さに比例したものと推察される。なお、沈下量の最大は上流側遮水壁上の26測点(Fライン)の228mmとなっている。
- ④図-3-16より、標準断面の外部測定点の変位ベクトルを見ると、いずれも盛立完了時の堤体外形線から内側に変形して堤体密度が上昇する方向であり、安定化に向かっていることが認められる。また、年度毎の変位量は年々小さくなっており、安定した挙動を示している。
- ⑤図-3-17および図-3-18より、層別沈下計の鉛直変位分布は中間標高部付近が最も層間変形が大きくなっており、この分布は湛水開始以降同じ傾向である。また、現状では内部沈下量も収束傾向にあり、外部変形測定結果と一致している。

3.3 蛇尾川ダムの挙動計測結果の評価

蛇尾川ダムの計器配置図を図-3-19~図-3-20に示す。

(1) 漏水量

漏水量測定結果の経時変化を図-3-21~図-3-22に示す。同図より

以下の事項が言える。

- ①左岸側の漏水量は、経時的に漸減傾向にある。
- ②右岸側の漏水量は、10～20 ㎥/分程度で推移しており、定常状態にあるものと推察される。
- ③濁水は一度も検出されていない。

(2) 変形

変形の計測は、堤体各断面の中で、滑動に対する安全率が最小となるとともに、堤体自体の変形が大きいことが予想される No. 8BL 断面及び、No. 4BL 断面のダム軸近傍に、正・逆プラムラインを1側線ずつ設置した。

No. 8BL 断面の正プラムラインによるたわみ量の測定結果を図-3-23～図-3-24に示す。同図より以下の事項が言える。

- ①堤体のたわみ量は、貯水位および堤体内温度の影響を受けつつ冬季に下流側に変位し、夏季に上流側に回復する周期的な挙動を示している。この挙動は貯水位および堤体内温度の近似式に良く調和するとともに、下流への最大たわみ量は近年 20mm 程度で収束しており、弾性的で正常な変形である。

(3) 揚圧力

揚圧力の計測は、ブルドン管圧力計を設置している。ブルドン管圧力計はダム軸方向の揚圧力分布を確認するため、監査廊内に設ける排水孔のすべてに配置した。

No. 5BL (揚圧力計 U-1)、No. 8BL (揚圧力計 U-2)、No. 12BL (揚圧力計 U-3) 断面のブルドン管圧力計の履歴と貯水位との相関図を図-3-25～図-3-26に示す。同図より以下の事項が言える。

- ①監査廊内のブルドン管圧力計により測定した揚圧力は、全般に貯水位と良い相関を示しつつ経年的にはほぼ一定であり、正常な挙動を示している。

3.4 地震記録

八汐ダム、蛇尾川ダムの天端および基礎での地震計記録および近傍の気象庁観測地点の震度階を表-3-1、表-3-2に示す。八汐・蛇尾川ダムで観測された地震のうち最も観測値(加速度)の大きいものは、平成 14 年 3 月 8 日に発生した「栃木県北部地震」であり、詳細ならびに観測値を以下に示す。

表－３－１ 栃木県北部地震の諸元(気象庁発表データ)

項目	概要
発生日時	平成 14 年 3 月 8 日 0 時 43 分
震源	栃木県北部
震源の深さ	10km
マグニチュード	3.3
震度階	塩原町墓沼：2

表－３－２ 既往最大の八汐・蛇尾川ダム観測データ

位置 ダム	ダム天端	基礎
八汐ダム	126.4gal	40.5gal
蛇尾川ダム	222.9gal	41.0gal

地震後の臨時点検の結果、蛇尾川ダムについては、揚圧力がわずかに上昇し、変位計にも変化が見られたが、その後もとの値に戻っており、漏水量についても変化は認められない。

3.5 巡視・点検結果

3.5.1 巡視

(1) 巡視日

八汐ダム：平成 18 年 12 月 12 日

蛇尾川ダム：平成 18 年 12 月 20 日

(2) 巡視内容

- ・目視による外観確認
- ・計測データからの評価

(3) 巡視結果および評価

八汐ダム、蛇尾川ダムともにダム堤体に関する異常は確認されなかった。

3.5.2 外観点検

(1) 点検日

八汐ダム：平成 18 年 4 月 18 日

蛇尾川ダム：平成 18 年 4 月 10 日

(2) 点検内容

(八汐ダム)

部 位	点 検 項 目
天端	アスファルト舗装のひび割れ、沈下、その他劣化の規模の測定 砂利の不陸・わだち、その他劣化の規模の測定
上下流面	変位・変形、沈下・落石、はらみだし、その他劣化の規模および漏水量の有無の確認および漏水がある場合には測定 アスファルト遮水壁の膨れ、ひび割れ、沈下、その他劣化の規模の測定
ギャラリー	ひび割れ、継目の開き、剥離・剥落、鉄筋の発錆、その他劣化の規模および漏水量の測定
堤体直下流河床	基礎岩盤からの漏水量およびその他劣化の規模の測定

※八汐ダム表面遮水壁については、水中部を潜水ロボットにより点検を実施している。点検頻度は、毎年 1/4 ずつ、4 年間で遮水壁全体を点検している。

(蛇尾川ダム)

部 位	点 検 項 目
天端、上下流面 (非越流部)	ひび割れ、継目の開き、剥離・剥落、その他劣化の規模および漏水測定
天端、上下流面 (越流部)	ひび割れ、継目の開き、剥離・剥落、磨耗、洗堀、鉄筋の発錆、その他劣化の規模および漏水量の測定
ギャラリー	ひび割れ、継目の開き、剥離・剥落、鉄筋の発錆、その他劣化の規模および漏水量の測定
堤体直下流河床 (非越流部)	基礎地盤からの漏水およびその他劣化の規模の測定
堤体直下流河床 (越流部)	基礎地盤からの漏水量および洗堀、その他劣化の規模の測定
ピア、スラブ (ゲート巻上機部)	ひび割れ、磨耗、洗堀、剥離・剥落、鉄筋の発錆、その他劣化規模の測定 鋼製ピアのスラブの腐食、変形・損傷、その他劣化規模の測定

(3) 点検結果および評価

八汐ダム、蛇尾川ダムともにダム堤体に関する異常は確認されなかった。

3.6 調整池からの浸透流出による近隣地山の安定性について

3.6.1 調整池止水対策の経緯

八汐調整池は流域面積が 2 km^2 程度と極めて狭く、ほとんど自流がないため、池からの浸透流出の抑制は本発電計画の実現を左右する重要課題であると位置付け、大学、電力中央研究所などの社外有識者を含む検討委員会を設置し、指導を頂きながら実施した。

止水対策工事は、図-3-27に示すとおり調整池右岸側に沿って池を取り囲むように、延長 2.8 km 、敷の標高を $H.W.L+0\sim 5\text{ m}$ 程度としたトンネルを設け、このトンネル内からボーリングを行い、セメントミルクを注入するグラウチング工法によって、山体内に止水壁を構築することとし平成2年8月から平成10年3月まで実施した。

試験湛水開始(平成4年11月)前の止水工事は、事前調査の結果、連続性の高い開口節理を有し、透水性が高いことが判明したヒン岩が分布するダム直上流右岸の三の沢周辺を重点的に実施した。

止水工事と平行して進めた地質の調査結果より、二の沢より上流側に分布する凝灰岩についても、高い透水性を有することが判明した。また、その後、試験湛水を開始した結果、調整池右岸側への浸透水量が想定以上に多くなることが判明したため、二の沢より上流部に重点を移して、同様な改良工事を進め、最終的にトンネル全線区間について、平成8年6月までグラウチングを実施した。ヒン岩領域、凝灰岩領域ともに、想定外の深部にまで高透水性箇所が存在したため、改良深さは三の沢で約 400 m (EL. 650 m)、二の沢より上流部で約 300 m (EL. 750 m)にまで及んだ。

三の沢に大規模に分布するヒン岩は、貫入時の冷却収縮によって亀裂が発達する傾向にあるが、二の沢より上流域の凝灰岩は、火山由来ではあるものの堆積岩であるためヒン岩のような性状は有さず、事前のボーリング調査によっても低透水性であり、しかも深くなるほど透水性は低減するものと評価されていた。しかし、試験湛水開始後に実施した地質専門家による広域的な地質評価の結果、上部調整池一帯に堆積する凝灰岩では、地下深部からの熱水による変質作用を受けて亀裂が発達した後、その南側を箒川に急激に侵食されたことによる岩盤クリープの影響で、その亀裂の開口が進み、箒川沿いの地質調査結果等も合わせると、深部 $500\sim 700\text{ m}$ (EL. $350\sim 550\text{ m}$)程度まで開口割れ目が発達している可能性があることが判明した。

平成8年6月に至り、グラウチングにより構築した止水壁の弱点部に対する追加施工も終了したが、このような地質構造のため、止水壁による更なる浸透流出量の低減効果が望めない状況に至った。

このため、調整池内の潜水調査を実施し、水の吸い込み孔の有無、規模を調査した。その結果、一の沢付近に多くの吸い込み孔が発見されたため、水際で地山への進入口を閉塞することとし、同沢周辺のH.W.L上部から、沢底の地中に向けて斜めにボーリングを行い、セメントミルクを注入し、吸い込みが認められなくなるまで改良した。

3.6.2 調整池からの浸透流出量の想定と実績

調整池からの浸透流出量を図-3-28に示す。湛水開始前の止水対策検討段階には、地山透水性を反映した浸透流解析により $5,000\text{m}^3/\text{日}$ 程度と想定していたが、湛水開始後初めてL.W.Lに到達した平成5年9月には $76,000\text{m}^3/\text{日}$ 程度と判明した。その後、止水対策の進展に伴い減少し、止水対策を終了した平成10年3月には $34,000\text{m}^3/\text{日}$ 程度（上部調整池L.W.L時）となった。その後さらに目詰まり効果と考えられる減少が進んでおり、現在 $26,000\text{m}^3/\text{日}$ 程度となっている。

3.6.3 近隣地山の安定性

湛水後の湧水点は湛水前から湧出していた岩盤部であり、周辺地山の安全性は全く問題ない。また湛水開始後は、専任者により右岸側溪流の湧水箇所数、湧水量、湧水の濁度、pHの変化と地山安定性を監視しているが、地山崩落等変状は全く認められなかった。また、調整池からの浸透流出量も減少傾向にあることから、地山の安定性に問題はないと判断できる。

3.7 まとめ

蛇尾川ダムおよび八汐ダムのダム堤体の挙動計測結果並びに検討結果等により確認した結果を以下に記す。

- ①八汐・蛇尾川ダムとも $200\text{mm}/\text{日}$ 以上の多降雨時を含めて、貯水位が運用水位内であり、設計条件である設計洪水位を超えた実績はない。
- ②八汐ダムの下流漏水量および八汐・蛇尾川ダムの監査廊内の漏水量は漸減傾向を示しており、安定した状態である。また濁りも一度も検出されていない。
- ③八汐ダム堤体の変形(沈下、水平変位)は収束傾向を示しており、安定した挙動を示している。また、蛇尾川ダム堤体の変形(たわみ)は、弾性的で正常な挙動を示している。
- ④至近の点検時に、ダム堤体に関する異常は確認されていない。

⑤八汐ダム湛水後の近隣地山の湧水点は従前の箇所のみであり、周辺地山に変状は全く認められなかった。また、運転開始以降の毎年の溪流調査でも、地山崩落等変状は確認されていない。更に他流域への浸透流出量は低減傾向にあることから、近隣地山の安定性には問題はない。

以上より、ダムの挙動は安定しており、周辺地山への悪影響も認められないことから、八汐ダム・蛇尾川ダムは安全な状態を確保できていると考えられる。

4 葛野川ダムの安全性検討

4.1 挙動計測結果の評価

4.1.1 漏水量

通廊内における基礎排水孔および継目排水管漏水量測定結果の経時変化を図-4-1に、調整池水位との関係を図-4-2にそれぞれ示す。

これらの図より、左右岸合計の漏水量は試験湛水時の初満水位時に最大約190 μ l/分となり、以降調整池水位の影響を受けながら変動しているが、経年的に漸減傾向を示している。

4.1.2 変形

変形の計測は、堤体各断面の中で最大断面 No. 9BL 断面に正・逆プラムラインを1測線ずつ設置した。

No. 9BL 断面の正プラムラインによる上下流方向および左右岸方向変位の測定結果を図-4-3に逆プラムラインによる上下流方向および左右岸方向変位の測定結果を図-4-4にそれぞれ示す。

図より正プラムラインによる堤体の上下流方向変位は、平成12年12月に最大12.7mmを観測し、以降は調整池水位の影響を受けつつ堤体内温度の変化に応じて冬季に下流側に変位し、夏季に上流側に回復する周期的な挙動を示している。この挙動は貯水位および外気温、堤体内温度、経過時間（クリープ挙動）により説明可能であり、安定した状態で推移しているといえる。なお、至近では下流側へ9.0mm程度となっている。また、左右岸方向変位については、実測値では夏季は左岸、冬季は右岸に変位する周期的な挙動を繰り返し、上下流方向変位と同様安定した挙動といえる。

逆プラムラインによる上下流方向変位は調整池の水位変動に対応した挙動を示し、調整池水位、経過時間により説明可能であり、安定した状態で推移しているといえる。なお、至近では下流側へ6.5mm程度となっている。また、左右岸方向変位については最初のLWLからHWLに水位上昇した際、僅かに右岸側へ変位したが、その後はほとんど変位は無くほぼ一定となっており安定した状態といえる。

4.1.3 揚圧力

揚圧力の計測設備としては、監査廊内にブルドン管圧力計を設置するとともに6BL、9BL、12BLの基礎岩盤に間隙水圧計を設置している。

ブルドン管圧力計はダム軸方向の揚圧力分布を確認するため、監査廊

内に設ける排水孔の全てに配置した。

a)ブルドン管

ブルドン管のうち代表的なものとしてNo.6、9、12BL断面のブルドン管圧力計の履歴と貯水位との相関図を図-4-5～図-4-7に示す。

図より、各孔ともに揚圧力は調整池水位の変動に連動して推移しており、安定した挙動といえる。

b)間隙水圧計

6BL（下流下がり断面）、9BL（最大断面）、12BL（下流上がり断面）の着岩部上下流方向における間隙水圧経時変化を図-4-8～図-4-10に示す。

図より、各ブロックともカーテン上流の計器のみ調整池の水位変動に連動し、カーテン下流の計器ではほとんど変化が見られず、安定した挙動といえる。なお、9BLの間隙水圧計については平成11年1月の定期報告時にデータの改ざんが確認されたが、その挙動は改ざん期間前後と同様であり、問題のない挙動といえる(図-4-11)。

4.2 地震記録

葛野川ダムで観測された地震のうち最も観測値(加速度)の大きいものは、平成17年7月31日に発生した「山梨県東部・富士五湖地震」であり、詳細ならびに観測値を以下に示す。

表-4-1 山梨県東部地方地震の諸元(気象庁発表データ)

項目	概要
発生日時	平成17年7月31日14時53分
震源	山梨県東部・富士五湖
震源の深さ	22km
マグニチュード	4.4
震度階	大月市大月:2

表-4-2 既往最大の葛野川ダム観測データ

ダム	位置	基 礎	
		ダム天端	
葛野川ダム	ダム軸方向	24.8gal	15.1gal
	上下流方向	87.2gal	10.5gal
	鉛直方向	30.2gal	8.2gal

地震の前後で漏水量、変形、揚圧力ともに変化は認められていない。

4.3 巡視・点検結果

4.3.1 巡視

a) 点検日

葛野川ダム：平成 18 年 12 月 26 日

b) 巡視内容

- ・ 目視による外観確認
- ・ 計測データからの評価

c) 点検結果および評価

葛野川ダム堤体に関する異常は確認されなかった。

4.3.2 外観点検

(1) 点検日

葛野川ダム：平成 18 年 9 月 27 日

(2) 点検内容

(葛野川ダム)

部 位	点 検 項 目
天端、上下流面 (非越流部)	ひび割れ、継目の開き、剥離・剥落、その他劣化の規模および漏水測定
天端、上下流面 (越流部)	ひび割れ、継目の開き、剥離・剥落、磨耗、洗堀、鉄筋の発錆、その他劣化の規模および漏水量の測定
ギャラリー	ひび割れ、継目の開き、剥離・剥落、鉄筋の発錆、その他劣化の規模および漏水量の測定
堤体直下流河床 (非越流部)	基礎地盤からの漏水およびその他劣化の規模の測定
堤体直下流河床 (越流部)	基礎地盤からの漏水量および洗堀、その他劣化の規模の測定
ピア、スラブ (ゲート巻上機部)	ひび割れ、磨耗、洗堀、剥離・剥落、鉄筋の発錆、その他劣化規模の測定 鋼製ピアのスラブの腐食、変形・損傷、その他劣化規模の測定

(3) 点検結果および評価

葛野川ダム堤体に関する異常は確認されなかった。

4.4 まとめ

葛野川ダムの安定性評価結果並びに点検結果により確認した結果を以下に示す。

- ①左右岸合計の漏水量は、調整池水位の影響を受けながら変動しているが、経年的に漸減傾向を示しており、安定化する状態にあるといえる。
- ②正プラムラインによる堤体の上下流方向変位は、調整池水位の影響を受けつつ堤体内温度の変化に応じて安定した状態で推移している。また、左右岸方向変位についても季節的な変位を示しているが、安定した挙動といえる。
- ③ダムの点検結果において特筆すべき劣化変状は認められていない。

以上より、葛野川ダムは安全な状態を確保できていると考えられる。

5 穴藤ダムの安全性検討

穴藤ダムは、ダム堤体の上下流方向水平変位、漏水量、揚圧力を計測しており、現在の測定位置図を図-5-1、図-5-2に示す。

ダムの安定性については、これら計測されたデータに基づいて評価することとする。

5.1 挙動計測結果の評価

5.1.1 変形

(1) 変形の測定経緯

上下流方向の水平変位は、右左岸に基準点を設け、ゲートピア上の測定点の変位をダム竣工直後の昭和47年7月から測定している。

(2) 変形測定結果

昭和47年～平成18年における上下流方向水平変位測定結果の経時変化図を図-5-3に記す。

同図より、計測を開始した昭和47年から平成18年までの期間は、一部のデータにバラツキ^{*1, 2, 3}が認められるものの、概ね±1mm/年程度であり、安定した挙動を示しているものと判断される。

※1：昭和49年：雪により基準点が転倒（ただし詳細は不明）。

※2：平成10年9月9日：基準点基礎部の補強を実施。

※3：平成17年9月21日、11月8日：基準点付近法面の小規模な滑落による影響と想定。

5.1.2 漏水量

(1) 漏水量の測定経緯

①漏水量の測定は、ダム竣工直後の昭和47年7月から計測している。漏水は、監査廊内水平部に集水桝、三角堰を設けて測定している。

②平成元年4月以前は自記記録計及び巡視、点検時に計測を実施していたが、平成元年4月以降はダム管理支援システムを導入し自動計測を行っている。また、記録の方法として従来は小数点まで記録していたが、システム導入に伴い整数で記録する方法に変更した。

(2) 漏水量測定結果

昭和47年～平成18年における漏水量測定結果の経時変化図を図-5-4に記す。

同図より、漏水量測定結果は、冬季に一時的に漏水量が増加する期間が認められるが、その他の期間は微量であり安定しているものと判断される。

5.1.3 揚圧力

(1) 揚圧力の測定経緯

ダム竣工直後の昭和47年7月から越流部の上流、中央、下流の3箇所でもコンクリートと基礎岩盤の境界部での揚圧力を監査廊内で測定している。

(2) 揚圧力測定結果

昭和47年～平成18年における揚圧力測定結果の経時変化図を図-5-5に記す。

同図より、No2（中央）の測定結果については、測定開始当初より圧力が昇圧しないため配管の目詰まり対策として、圧力配管の清掃、揚圧力計バルブ配管取替え*1,2をこれまでに何度か実施しているが、目詰まりが再発しており、測定値のバラツキが生じている。一方、No1（上流）およびNo3（下流）の測定結果について、計測を開始した昭和47年から平成18年までの期間は、概ね一定の値で推移し、安定した挙動を示しているものと判断される。

※1：昭和59年7月20日：揚圧力計バルブ取替えを実施

※2：昭和60年1月30日：揚圧力計配管取替えを実施

5.2 地震記録

平成16年10月23日17時56分に発生した新潟県中越地震では、地震の規模を示すマグニチュードは6.8で新潟県津南町は震度5強であった。なお、その後に発生した余震(平成16年10月23日18時34分)においては、震度5弱が確認されている。

(1) 目視点検結果

地震発生後、一次点検(10/23)、二次点検(10/24)を実施したが、ダム本体及び付帯設備に異常は確認されなかった。

(2) ダム漏水状況

ダム漏水は、地震発生前(10/22)0ℓ/分、地震発生日(10/23)0ℓ/分、地震発生後(10/24)0ℓ/分と漏水は発生していないことから、地震によりダムの安定性は損なわれていないものと判断できる。

(3) ダム変形状況

ダム上下流方向水平変位については地震発生前後の平成16年9月22日(変位量0mm)と平成16年11月25日(変位量-0.1mm)の測定結果を比較しても著しい変形は確認されておらず、地震による

損傷はないものと判断できる。

5.3 巡視・点検結果

当ダムでは、保安規程に基づき巡視を1回/月、外観点検を1回/年を実施し、劣化状況等の確認をしている。以下に至近の巡視、点検結果を示す。

(1) 巡視・点検日

- ①巡視：平成18年12月4日（前回：平成18年11月6日）
- ②点検：平成18年5月15日（前回：平成17年5月20日）

(2) 巡視・点検内容

目視による外観確認

(3) 巡視・点検結果

①巡視

- ・ヘアークラック程度のひび割れが監査廊内にあるが、幅や長さの進行はみられない。
- ・漏水はなし。

②点検

- ・ヘアークラック程度のひび割れが監査廊内にあるが、幅や長さの進行はみられない。
- ・前回の点検時（平成17年5月20日）に滲み程度の漏水が認められたが今回の点検時（平成18年5月15日）においては漏水はなし。

(4) 巡視、点検結果の評価

ダム監査廊内にヘアークラックが見られるが、構造的に問題となるクラック等は確認されていない。また、ダム監査廊内に滲み程度の漏水も見られる場合もあるが、微量である。以上よりダムの点検結果において特筆すべき劣化変状が認められていない。

5.4 まとめ

穴藤ダムの安全性評価結果並びに点検結果により確認した結果を以下に示す。

- ①上下流水平変位量について、計測を開始した昭和47年から平成18年までの期間は、一部のデータにバラツキが認められるものの、概ね±1mm/年程度であり、安定した挙動を示しているものと判断される。
- ②漏水量について、計測を開始した昭和47年から平成18年までの期間は、冬季に一時的に漏水量が増加する期間が認められるが、その他の期間は

微量であり安定しているものと判断される。

- ③ダム監査廊にヘアークラックの発生等は見られるが、構造的に問題となる変状は確認されていない。また、ダム監査廊内において滲み出し程度の漏水等が見られるが、微量であり、また増加傾向もないことから安全性に問題はないと判断される。

以上より、穴藤ダムは安全な状態を確保できていると考えられる。

6 奈川渡ダム・水殿ダムの安全性検討

奈川渡ダムの計測項目を表-6-1、水殿ダムの計測項目を表-6-2に示す。ダムの安定性については、これら計測されたデータのうち主要な計測項目である、変位・漏水量・揚圧力の計測データに基づいて評価することとする。

6.1 奈川渡ダムの挙動計測結果の評価

6.1.1 変形

(1) プラムライン測定結果

変形は湛水開始の昭和44年3月よりプラムライン（5箇所）によるアーチ半径方向・ダム軸方向を毎正時に自動測定により開始した。測定位置図を図-6-1、図-6-2に示す。

① 堤体プラムライン

堤体プラムライン半径・接線方向変位の経時変化図を図-6-3に記す。同図に対する考察は以下のとおり。

○ 堤体中央プラムライン（PL-16）半径方向

湛水直後に下流側への変位の増加が見られたが、その後は安定した挙動を示しており、外気温の影響で冬季は下流に、夏季は上流に変形する一般的な季節変動で推移している。

○ 堤体中央プラムライン（PL-16）接線方向

湛水直後に左岸側への変位が見られたが、その後は顕著な年間変動もなく、安定した挙動で推移していると判断される。

○ 堤体左岸プラムライン（PL-8）半径方向

季節的な変動をしながら、安定した挙動で推移していると判断される。

○ 堤体左岸プラムライン（PL-8）接線方向

夏季に右岸側（川側）へ変位する季節変動を示しながら、安定した挙動で推移していると判断される。

○ 堤体右岸プラムライン（PL-24）半径方向

季節的な変動をしながら、安定した挙動で推移していると判断される。

○ 堤体右岸プラムライン（PL-24）接線方向

夏季に左岸側（川側）へ変位する季節変動を示しながら、安定した挙動で推移していると判断される。

②基礎プラムライン

基礎プラムライン半径・接線方向変位の経時変化図を図－6－4に記す。同図に対する考察は以下のとおり。

- 基礎中央プラムライン（PL-16）半径方向
湛水直後に下流側への変位の増加が見られたが、その後は安定した挙動で推移していると判断される。
- 基礎中央プラムライン（PL-16）接線方向
安定した挙動で推移していると判断される。
- 基礎左岸プラムライン（PL-5）半径・接線方向
堤体左岸のプラムライン（PL-8）と同様の季節変動を示しながら、安定した挙動で推移していると判断される。
- 基礎右岸プラムライン（PL-27）半径・接線方向
安定した挙動で推移していると判断される。

③計測の評価

堤体中央（PL-16）の半径方向変位は、貯水位とコンクリート温度を説明変数とした重回帰分析により重相関係数 0.991 の高い精度の回帰式が得られており、半径方向変位が貯水位とコンクリート温度により説明できる結果となっている。また、重回帰式の解析期間以降についても、現在まで回帰式に準じた傾向が継続しており、堤体挙動が安定して推移しているといえる。

堤体中央（PL-16）半径方向変位の経時変化図に、回帰式を併記したものを図－6－5に示す。

○堤体中央（PL-16）半径方向変位の回帰式

（解析期間：平成15年5月18日～平成17年10月31日）

$$\begin{aligned} \text{半径方向変位 (PL-16)} = & 30.876 + 0.569 \times \text{貯水位} \\ & - 1.453 \times \text{コンクリート温度 (T1)} \\ & - 0.567 \times \text{コンクリート温度 (T2)} \end{aligned}$$

*T1：中標高コンクリート温度

T2：高標高コンクリート温度

（重相関係数：0.991）

6.1.2 漏水量

（1）漏水量測定結果

漏水量は、湛水開始の昭和44年3月より堤体からの漏水量と地山からの漏水量を測定している（測定位置図：図－6－6、図－6－7）。

堤体の漏水は、左岸 12BL・中央 16BL・右岸 20BL の監査廊内に設置されている計 3 箇所の漏水堰により、それぞれ、堤体の左岸・中央・右岸部に分割した漏水を集水して測定している。

また、地山の漏水は、左岸地山 3 箇所と右岸地山 2 箇所に設置されている計 5 箇所の漏水堰により測定している。

①堤体漏水量

左岸 12BL・中央 16BL・右岸 20BLの漏水量経時変化図を図－6－8に記す。同図より、左岸及び中央については、低い水準で安定していると判断される。右岸では、1 月から 3 月にかけて主にジョイントの継目排水管からの漏水により、最大 200 ㎥/分程度まで達している傾向が見られる。これは、冬季のコンクリート収縮によるジョイント間応力が低減することに起因するものと考えられる。しかしながら、春先には収束し、経年的にも増加傾向は認められないことから、全体的には、漏水量の増加傾向もなく安定傾向にあるものと判断される。

②地山漏水量

左岸地山 3 箇所 (LA-6、LA-2、LA-0) と右岸地山に 2 箇所 (RA-2、RA-6) の漏水量経時変化図を図－6－9に記す。同図より、ダム基礎漏水量は全般的に漸減傾向にあり、安定した値で推移していると判断される。

③計測の評価

ダム堤体からの漏水については、冬期に一時的に増加する箇所があるものの全体的には増加傾向もなく安定しているものと判断される。

6.1.3 揚圧力

(1) 揚圧力測定の間緯

主な間緯は以下のとおりである。

①湛水開始の昭和 44 年 3 月より、ブルドン管式水圧計による手動測定を開始した。測定は 7 つのブロックで行っており、1 ブロックあたり上下流方向に 2 ～ 4 計器が設置されている。計器総数は 20 計器である。

当初から着岩部での揚圧力は、次式によりブルドン管式水圧計の読み値に対し、水頭差を加算して算出していた。

○着岩部での揚圧力算出方法

$$\begin{aligned} \text{(着岩部での揚圧力)} &= \text{(水圧計の読み)} \\ &+ \text{(水頭差 [メータ位置標高－着岩部標高])} \end{aligned}$$

②昭和 60 年 10 月、揚圧力が確認される箇所（メータの位置まで水位が上昇せず測定不能の箇所は除く）についてひずみゲージ式水圧計を 11 計器設置し、自動計測試験を開始した。

③昭和 63 年 4 月より、本格的に自動計測を開始した。

④平成 5 年 6 月に、各水圧計メータ位置標高の測量を実施し着岩部との水頭差を算出したところ、これまで使用してきた水頭差と差異があることが判明した。

社内的なデータには、このときに得られた水頭差により水圧計読み値の補正を行うこととしたが、定期報告に使用するデータには、これまで使用してきた水頭差により補正を継続した。

平成 5 年 6 月の測量の結果得られたメータ位置標高と水頭差は、表－6－3を参照。

⑤平成 18 年 12 月 20 日、各水圧計メータ位置標高の再測量を実施した。

⑥同 12 月 21 日の国土交通省発電施設への現地調査後、再測量結果に一部計算ミスを確認し修正を行った上で、今回、全ブルドン管式水圧計の位置を確定した。測量の結果得られたメータ位置標高と水頭差は表－6－3を参照。

(2) 揚圧力測定結果

揚圧力は、4BL と 27BL で各々 2 箇所、8BL と 10BL と 22BL 及び 24BL で各々 3 箇所、15BL で 4 箇所の計 20 箇所で測定を行っている。（測定位置図：図－6－10、図－6－11）

なお、着岩部での揚圧力算出には、平成 18 年 12 月 20 日の測量結果による水頭差を使用している。

①8BL 揚圧力

8BL の揚圧力経時変化図を図－6－12 に記す。なお、8BL-2 と 8BL-3 は、メータ位置まで水位が上昇せず、計測当初より測定不能であるため図化していない。同図より、8BL-1 は奈川渡ダムの貯水位に追従した挙動を示しており、安定した挙動で推移していると判断される。

②10BL 揚圧力

10BL の揚圧力経時変化図を図－6－13 に記す。同図より、3 計器（10BL-1、10BL-2、10BL-3）とも至近年では貯水位に追従しながら安定した挙動で推移していると判断される。

③15BL 揚圧力

15BL の揚圧力経時変化図を図－6－14 に記す。同図より、15BL-1、15BL-2、15BL-3 の 3 計器は、至近年では奈川渡ダムの貯水位に追従した挙動を示しており、安定した挙動で推移していると判断される。

また、最下流に位置する 15BL-4 は、下流水殿ダムの貯水位に追従した挙動を示しており、安定した挙動で推移していると判断される。

④22BL 揚圧力

22BL の揚圧力経時変化図を図－6－15 に記す。同図より、グラウトカーテン上流に設置されている 22BL-1 は、1986 年以前に変動がみられるが、それ以降は貯水位に追従して変動しており、安定した挙動で推移していると判断される。

グラウトカーテン下流に設置されている 22BL-2 は、昭和 61 年から平成 4 年にかけて測定不能となっているが、それ以降は奈川渡ダムの貯水位に追従して変動しており、安定した挙動で推移していると判断される。

最下流に位置する 22BL-3 は、メータ位置まで水位が上昇せずに測定不能の期間が多く、データの得られている期間が短いですが、測定期間中は変動の少ない安定した挙動で推移していると判断される。

⑤24BL 揚圧力

24BL の揚圧力経時変化図を図－6－16 に記す。なお、24BL-2 と 24BL-3 は、メータ位置まで水位が上昇せず、計測当初より測定不能であるため図化していない。同図より、24BL-1 は奈川渡ダムの貯水位に追従して変動しており、安定した挙動で推移していると判断される。

6.2 水殿ダムの挙動計測結果の評価

6.2.1 変形

(1) プラムライン測定結果

湛水開始の昭和44年8月より、堤体プラムライン（1箇所）によるアーチ半径方向・ダム軸方向を毎正時に自動測定により開始した。また、基礎岩盤の変位測定を目的として、右岸基礎岩盤（1箇所）に基礎プラムラインを設置し、アーチ半径方向・ダム軸方向を手動計測により実施した。

測定位置図を図-6-17、図-6-18に示す。

①堤体プラムライン

堤体プラムライン半径・接線方向変位の経時変化図を図-6-19に記す。同図に対する考察は以下のとおり。

○堤体中央プラムライン（PL-13）半径方向

湛水開始以降、外気温の影響で冬季は下流に、夏季は上流に変位する一般的な季節変動で推移していると判断される。

○堤体中央プラムライン（PL-13）接線方向

湛水開始以降、顕著な年間変動もなく安定した挙動で推移していると判断される。

②基礎プラムライン

基礎プラムライン半径・接線方向変位の経時変化図を図-6-20に記す。同図に対する考察は以下のとおり。

○基礎右岸プラムライン（PL-24）半径方向

安定した挙動で推移していると判断される。

○基礎右岸プラムライン（PL-24）接線方向

安定した挙動で推移していると判断される。

③計測の評価

堤体中央（PL-13）の半径方向変位は貯水位とコンクリート温度を説明変数とした重回帰分析により重相関係数0.998の高い精度の回帰式が得られ、半径方向変位が貯水位とコンクリート温度により説明できる結果となっている。また、重回帰式の解析期間以降についても現在まで回帰式に準じた傾向が継続しており、堤体挙動が安定して推移しているといえる。

堤体中央（PL-13）半径方向変位の経時変化図に、回帰式を併記したものを図-6-21に記す。

○堤体中央 (PL-13) 半径方向変位の回帰式

(解析期間：平成15年1月1日～平成17年10月31日)

$$\begin{aligned} \text{半径方向変位 (PL-13)} = & 78.409 + 1.098 \times \text{ダム水位} \\ & - 1.512 \times \text{コンクリート温度 (T1)} \\ & - 1.139 \times \text{コンクリート温度 (T2)} \end{aligned}$$

*T1：低標高コンクリート温度
T2：中標高コンクリート温度

(重相関係数：0.998)

6.2.2 漏水量

(1) 漏水量測定結果

漏水量は、湛水開始の昭和44年3月より、堤体からの漏水量と地山からの漏水量を測定している(測定位置図：図-6-22、図-6-23)。

堤体の漏水は、監査廊内の中央13BLに設置されている漏水堰により、堤体漏水を集水して測定している。また、地山の漏水は、堤敷外下流の左岸地山と右岸地山のドレーン坑内にそれぞれ1箇所設置されている漏水堰により測定している。

堤体漏水量(13BL)と地山漏水量(左岸ドレーン坑、右岸ドレーン坑)の経時変化図を図-6-24に記す。同図に対する考察は以下のとおり。

①堤体漏水量(13BL)

堤体漏水量は低水準で安定していると判断される。

②地山漏水量(左岸ドレーン坑、右岸ドレーン坑)

左岸ドレーン坑で集水される漏水量は、湛水開始以降漸減し現在は4ℓ/分程度で安定していると判断される。また、右岸ドレーン坑で集水される漏水量は、湛水以降200ℓ/分程度で推移していたが、現在は150ℓ/分程度まで漸減している。

6.2.3 揚圧力

(1) 揚圧力測定の間緯

主な間緯は以下のとおりである。

①湛水開始の昭和44年8月より、ブルドン管式水圧計による手動測定を開始した。測定は4つのブロックで行っており、1ブロックあたり上下流方向に3計器設置されている。計器総数は12計器である。

揚圧力は、当初から水圧計の読み値をそのまま測定値としていた。

②昭和60年10月、揚圧力が確認される箇所(メータの位置まで水位

が上昇せず測定不能の箇所は除く)についてひずみゲージ式水圧計を9計器設置し、自動計測試験を開始した。

③昭和63年4月より、本格的に自動計測を開始した。

④平成5年6月に、各水圧計メータ位置標高の測量を実施した。

社内的なデータには、このときに得られた水頭差により水圧計読み値の補正を行うこととしたが、定期報告に使用するデータには、これまでどおり水圧計の読み値をそのまま使用することとした。

⑥平成18年12月21日の国土交通省発電施設への現地調査後、12月28日に再測量を実施し、全ブルドン管式水圧計の位置を確定した。測量の結果得られたメータ位置標高と水頭差は表-6-4を参照。

(2) 揚圧力測定結果

揚圧力は、7BLと10BLと16BL及び19BLで各々3箇所、計12箇所で測定を行っている。(測定位置図：図-6-25、図-6-26)

なお、着岩部での揚圧力算出には、平成18年12月28日の測量結果による水頭差を使用している。

①7BL 揚圧力

7BLの揚圧力経時変化図を図-6-27に記す。同図より、3計器とも貯水位に追従した挙動を示しており、安定した挙動で推移していると判断される。

②10BL 揚圧力

10BLの揚圧力経時変化図を図-6-28に記す。同図より、グラウトカーテン上流に設置されている10BL-1は、概ね貯水位に追従した挙動を示しており、周期的な年変動で推移している。

グラウトカーテン下流に設置されている10BL-2は、平成5年以降は10BL-1と同様の安定した挙動で推移していると判断される。

最下流に位置する10BL-3は、下流稻核ダムの貯水位に追従した挙動を示しており、安定した挙動で推移していると判断される。

③16BL 揚圧力

16BLの揚圧力経時変化図を図-6-29に記す。グラウトカーテン上流に設置されている16BL-1は、計器不良のため昭和46年に計測不能となっている。グラウトカーテン下流に設置されている16BL-2と16BL-3は、概ね貯水位に追従した安定した挙動で推移していると判断される。

④19BL 揚圧力

19BL の揚圧力経時変化図を図－6－30 に記す。なお、19BL-2 と 19BL-3 は、メータ位置まで水位が上昇せず、計測当初より測定不能であるため図化していない。

同図より、グラウトカーテン上流に設置されている 19BL-1 は、昭和 61 年から平成 11 年にかけて、測定不能となっている。データの得られている測定期間中は、変動の少ない安定した挙動で推移していると判断される。

6.3 地震記録

奈川渡ダムおよび水殿ダムの天端及び基盤での地震計記録及び近傍の気象庁観測地点の震度階を表－6－5、表－6－6 に示す。なお、昭和 59 年以降、基礎に設置した地震計で 2.5gal（震度階級 2 相当）以上を観測した地震を対象とした。

奈川渡・水殿ダムで観測された地震のうち最も観測値（加速度）の大きいものは、昭和 59 年 9 月 14 日に発生した「長野県西部地震」であり、詳細ならびに観測値を下記に示す。

長野県西部地震の諸元（気象庁発表データ）

項目	概要
発生日時	昭和 59 年 9 月 14 日 8 時 48 分 49.4 秒
震央	北緯 35 度 49.3 分 東経 137 度 33.6 分 長野県木曾郡大滝村
震源の深さ	2 km
マグニチュード	6.8
震度階	諏訪・甲府・木曾福島 : 4 東京・大阪・長野・松本 : 3

既往最大の奈川渡・水殿ダム観測データ

位置 ダム	ダム天端	基礎
奈川渡	242.3gal	28.4gal
水殿	140.0gal	19.5gal

地震後の臨時点検の結果、両ダム共に漏水量が一時的にわずかに増加し、変位計にも変化が見られたが、その後元の値に戻っており、揚圧力についても変化は認められていない。

6.4 巡視・点検結果

ダム堤体の点検は、巡視（1回／月）、外観点検（1回／年）に分類される。以下に至近の点検結果について示す。

6.4.1 巡視

(1) 巡視日

奈川渡ダム：平成18年12月5日～12月19日

水殿ダム：平成18年12月5日～12月27日

(2) 内容

- ・目視による外観確認
- ・計測データからの評価

(3) 巡視結果および評価

奈川渡ダム、水殿ダムともにダム堤体に関する異常は確認されなかった。

6.4.2 外観点検

(1) 点検日

奈川渡ダム：平成18年7月12日～7月27日

水殿ダム：平成18年9月13日～9月28日

(2) 点検内容

部 位	点 検 項 目
天端、上下流面 (非越流部)	ひび割れ、継目の開き、剥離・剥落、その他劣化の規模および漏水量の測定
天端、上下流面 (越流部)	ひび割れ、継目の開き、剥離・剥落、摩耗、洗掘、鉄筋の発錆、その他劣化の規模および漏水量の測定
ギャラリー	ひび割れ、継目の開き、剥離・剥落、鉄筋の発錆、その他劣化の規模および漏水量の測定
堤体直下流河床 (非越流部)	基礎地盤からの漏水量およびその他劣化の規模の測定
堤体直下流河床 (越流部)	基礎地盤からの漏水量および洗掘、その他劣化の規模の測定
ピア、スラブ (ゲート巻上機部)	ひび割れ、摩耗、洗掘、剥離・剥落、鉄筋の発錆、その他劣化の規模の測定 鋼製ピアのスラブの腐食、変形・損傷、その他劣化の規模の測定

※点検では堤体上流面の水中部も対象とするが、漏水量・揚圧力・変形等の計測結果により、堤体の異常がないことが確認できる場合には計測結果にて点検にかえることが出来る。

(3) 点検結果および評価

奈川渡ダム、水殿ダムともにダム堤体に関する異常は確認されなかった。

6.5 まとめ

奈川渡ダム、水殿ダムのダム堤体の挙動計測結果ならびに検討結果等により確認した結果を以下に示す。

- ① ダム堤体の変形については、貯水位、外気温の影響を受けた年周期的な挙動を示しており、安定した挙動を示している。
- ② 漏水量は、ダム漏水量の一部に季節的な増減傾向が認められるものの、基礎部の漏水も含めて安定あるいは漸減傾向にあり安定した状態にある。

以上より、奈川渡、水殿ダムの挙動は何れも安定しており、安全な状態を維持しているものと考えられる。

【参考文献】

- 1) : ダムの安全管理 (飯田隆一著 財団法人ダム技術センター)
- 2) : ダムの安全管理から見た諸測定 (飯田隆一 ダム技術 No. 223 (2005. 4) pp. 3~16)
- 3) : コンクリートダムの設計法 10.3 ダムの挙動の測定による安全性の判断
(飯田隆一著 技報堂出版 pp. 330~334)
- 4) : ロックフィルダムの実測変形挙動に関する検討 (佐藤信光ら、土木学会論文集、平成 15 年)
- 5) : フィルダムの挙動解析 (その 1) -天端最大断面の外部変位- (松本徳久ら、土木研究所資料 (第 3001 号)、平成 3 年 3 月)
- 6) : フィルダムの挙動解析 (その 2) -変位, 浸透- (中村昭ら、土木研究所資料 (第 3255 号)、平成 6 年 3 月)