

水力発電設備に係る検討の考え方 (洪水、地滑り、等)

平成26年5月14日
商務流通保安グループ
電力安全課

水力発電設備についての検討に係る考え方 (第2回資料5)

- I. 検討範囲
- II. 水力設備に関する検討項目
- III. L2地震動に対するダムの耐性評価
- IV. 洪水に対するダムの耐性評価
- V. 大規模地滑りに対するダムの耐性
- VI. 水路等の水力設備の集中豪雨・地滑り等
に対する対策の在り方

→今回は、IV・V・VIが対象(IV・V(地滑り監視事例)は事業者報告)

検討の範囲

水力発電設備に係るWGでの検討事項については、第2回WG（資料5）において、以下の項目を検討することとしている。

- (1) ダムの耐性評価（L2地震動、ダムの洪水量（フィルダム）、大規模地滑り）
 - (2) 水路等の水力設備の集中豪雨、地滑り等に対する対策の在り方
- これを、まとめると以下のように整理される。

対象設備		L2地震動	集中豪雨 (洪水量)	地滑り
水力 発電 設備	ダム	○ 事業者によるL2照査の実施	○ 事業者による設計洪水量等の確認の実施	○ 事業者による監視中の地滑りの報告
	水路等	—	○ ・電力安全課（委託調査）による水路等水力設備（ダムを含む）の集中豪雨・地滑り等対策マニュアルの作成（平成26年度） ・上記マニュアルを参考として、事業者による水力設備の自然災害対策の検討	○ ・電力安全課（委託調査）による地滑り活動度評価マニュアルの作成（平成27年度） ・事業者による上記マニュアルを参考に地滑り発生箇所の有無等の調査
			○ ・電力安全課（委託調査）による水路等水力設備（ダムを含む）の集中豪雨・地滑り等対策マニュアルの作成（平成26年度） ・上記マニュアルを参考として、事業者による水力設備の自然災害対策の検討	○ ・電力安全課（委託調査）による水路等水力設備（ダムを含む）集中豪雨・地滑り等対策マニュアルの作成（平成27年度） ・上記マニュアルを参考として、事業者による水力設備の自然災害対策の検討

V 大規模地滑りに対するダムの耐性

1 経緯及び検討目的

- ① ダムの湛水池周辺の地山に大規模な地滑り（急速な崩落）が発生し湛水池に流入することにより段波が発生し、ダムから大規模な水量が越流した場合、下流域に影響を与える恐れがある。このため、湛水池周辺の地山について、将来、大規模な地滑りが発生するかどうかを調査し、必要に応じて所要の対策を講じておくことが、災害の未然防止の上で重要である。
- ② 当省では現在、空中写真やレーザ測量による画像等を用いて、湛水池周辺の地山において、将来、大規模地滑りが発生する可能性がある地形を抽出するためのマニュアルを作成することを検討しており、そのための文献調査等を平成25年度に実施したところである。マニュアル作成後は事業者等に公開し、調査及び評価に活用する予定である。
- ③ 既存のダムには、対策工を実施しているものや監視しているものがある。本WGでは、監視中の地山の状態等について検討する。

調査概要及び平成25年度調査内容

1 調査概要

湛水池周辺地山について空中写真、レーザー測量等を用いて、将来、豪雨時、地震時等に大規模地滑りが発生する可能性がある地形を抽出するためのマニュアルを作成に向けて、委託調査を実施しているところである。

マニュアル作成後は事業者の調査及び評価に活用する予定である。

本調査に当たっては、専門家からなる委員会を設置し、指導を受けつつ実施する。

2 平成25年度調査内容

平成25年度は、大規模地滑りや湛水池周辺の地滑りの事例及び地滑り活動度評価手法に係る文献の調査・整理を行った。

①大規模地滑りの事例収集・整理

大規模地滑りの発生位置、発生年月日、誘因等について整理した。

②地滑り活動度評価手法の整理

空中写真、レーザー測量による地滑り活動度の評価の手法、指標、利用するデータ等について整理し、大規模地滑りの活動度評価に有効と考えられる手法として、11手法（※）を抽出した。

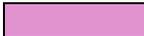
※地表調査及び物理探査の手法であり、詳細は参考資料参照

平成25年度調査結果例(2)－大規模地すべり発生事例②－

過去の深層崩壊事例について(～平成22年度)

<凡例に関する注釈>

- 本リストは、明治時代以降から平成22年度までの間において、降雨等によって発生した深層崩壊と考えられる現象を抽出したものである
- 抽出に当たっては、以下のA)、B)のいずれかの条件が合致した事例を抽出した
- A) 既往の調査結果等から、深層崩壊と確認された、または深層崩壊と推定される事例(※)
- ※すべり面が表層よりも深割で発生し、表土層だけでなく、地盤までが崩壊土塊となる。
- ※崩壊土塊(土砂)の大部分が、崩壊範囲の外へ移動している。
- B) 崩壊の規模が大きい事例(崩壊土砂量が概ね10万m³以上・崩壊面積が1ha以上・崩壊深さが5m以上)※。
- ※文献より崩壊に関する情報が直接記載されていないでも、関連資料からそれらが推察できる場合は採用した。

-  付加体堆積岩類の代表事例
-  新第三紀堆積岩類の代表事例
-  火山岩類の代表事例
-  深成岩類の代表事例
-  変成岩類の代表事例

<項目に関する注釈>

- 崩壊地の諸元については、文献に記載されている数値をそのまま抜粋している。詳細は以下のとおり。
- 「崩壊地-幅(m)」、「崩壊地-長さ(m)」、「崩壊地-深さ(m)」は最大、平均等は区別していない
- 「崩壊地-長さ(m)」は最大・平均・斜面長・水平長等の区別はしていない
- 「崩壊地-深さ(m)」は最大・平均・厚さ・深さ等の区別はしていない
- また、実測ではなく、推定されたものと予想される数値については記載していない
- 「崩壊地-面積(m²)」は最大・平均等の区別はしていない
- 「崩壊地-体積(崩壊土砂・m³)」については、文献に「崩壊土量」、「移動土塊量」等さまざまな表現が用いられている。

NO	名称	都道府県	発生場所	発生日月	崩壊地-幅(m)	崩壊地-長さ(m)	崩壊地-深さ(m)	崩壊地-面積(m ²)	崩壊地-体積(崩壊土砂量:m ³)	地形	地質区分	岩石名	原因	崩壊形態	主な被害	引用		
																A	B	C
1		北海道	北海道蘭志郡乙部町宇豊浜	1962/10/17	350	750	4	150,000	3,500,000	海岸山地	新第三紀層	泥岩	地下水	深層崩壊	死者17名	1		
2		北海道	北海道積丹郡積丹町大字美国町	1978/4/17	150	350	50		2,625,000					深層崩壊		1		
3		北海道	北海道様似郡様似町宇新富	1981/7/7	200	300			1,000,000					深層崩壊				
4		北海道	北海道浦河郡浦河町宇上杵臼	1992/4/9	145	232	22		170,000					深層崩壊		1		
	函館本線：銀山	北海道	北海道仁木町	1975/4/6					20,000	攻撃斜面	新第三系堆積岩類	流紋岩	融雪	円弧	列車脱線、負傷9名		1	
	国道231号：雄冬峠	北海道	北海道浜益村	1981/12/19					240,000	海食崖	新第三紀火山岩類	火山砕屑岩	(不明)	円弧	国道埋没			1
	国道39号：層雲峡	北海道	北海道上川町	1987/6/9					11,000	峡谷	第四紀火山岩類	溶結凝灰岩	洗掘、凍結融解	崩落	国道通行止、死者3名、負傷6名			1
	国道5号：忍路	北海道	北海道小樽市	1994/2/16					1,086,000	海食崖	新第三紀火山岩類	水冷破砕岩	(不明)	(不明)	通行止			1
	国道299号：豊浜	北海道	北海道古平町	1996/2/10					11,000	海食崖	新第三紀火山岩類	安山岩質水冷破砕岩	凍結、地下水位上昇	崩落	トンネル破壊、死者20名			1
	国道229号：第二白糸	北海道	北海道島牧村	1997/8/25、28					23,600	海食崖	新第三紀火山岩類	安山岩質火砕岩	降雨量大?	崩落	幅100mにわたって土砂が堆積、通行止			1
	国道333号：北陽	北海道	北海道北見市	2001/10/4					24,000	峡谷中の人工斜面	上部ジュラ系～上部白亜系堆積岩類：仁頃層	火山砕屑岩・石灰岩・チャート・泥岩	豪雨	-	国道埋没、死者2名			1
	国道336号：えりも町	北海道	北海道えりも町	2004/1/9～13					40,000	海食崖	日高帯	ホルンフェルス	委員会で調査中	-	国道埋没、死者1名			1
5		青森	青森県十和田市奥瀬(旧十和田湖町)	1999/3/10	150	160	20		200,000					深層崩壊				1
6		青森	青森県西津軽郡深浦町大字岩崎	2002/4/15	350	200	8		35,000					深層崩壊				1
	東北線：浅虫	青森	青森県青森市	1966/7/22					100,000	海食崖	新第三系堆積岩類	流紋岩質凝灰岩	豪雨、クレーブ	複合	鉄道埋没、不通26日間			1
7		岩手	岩手県宮古市門馬(旧川井村)	1948/9/16										深層崩壊				1
8		山形	山形県東田川郡庄内町(旧立川町)	1993/6/5	500	400			350,000					深層崩壊				1
9		山形	山形県最上郡戸沢村	1994/11/1	200	200			325,600					深層崩壊				1
10		山形	山形県米沢市板谷地内	1998/9/16										深層崩壊				1
11		山形	山形県鶴岡市大島	2000/5/1										深層崩壊				1
	赤松	山形	(新庄16-2)	1974/4/25	100		8	7,400	80,000	小起伏山地	新第三紀層	砂岩泥岩亜炭互層	融雪・地下探掘	深層崩壊	死者17名			1
	荒砥沢	宮城県		2008/6/14	1400	900	100以上		70,000,000	火山山麓地すべり成定高山地	第四紀火山性堆積物	溶結凝灰岩/軽石凝灰角礫岩/砂岩泥岩互層	宮城内陸地震	大規模地すべり				
	上越線：岩本	群馬	群馬県沼田市	1977/3/8					1	攻撃斜面	第四紀火山岩類	安山岩	凍結融解	トップリング	列車脱線、負傷105名			1
12	早雲山	神奈川	神奈川県足柄下郡箱根町強羅	1953/7/26	280	200	8	43,000	500,000	火山開析谷	第四紀火山岩類	崖麓/溶岩	豪雨	温泉型急性地すべり	死者10名			1
	久末	神奈川	(東京7-2)	1965/6/25	42		5	2,300	13,000	台地開析谷	人工層/第四紀層	石灰灰/ローム層	地下水	湧水谷頭埋め立て				1
13		新潟	新潟県妙高市粟立山(旧新井市)	1902/5/17	300	850								深層崩壊				1
14		新潟	新潟県糸魚川市小泊(旧西頸城郡能生町)	1963/3/16	100-170	370			45,000					深層崩壊				1
15		新潟	新潟県魚沼市水沢新田(旧北魚沼郡広神村)	1967/4/26	250	150			840,000					深層崩壊				1

平成25年度調査結果例(3) - 調査手法文献調査結果 -

番号	学会・機関名	文献名	発行年月	分類																				巻末資料							
				災害要因			対象					調査手法						整理・解析手法					備考								
				地震	豪雨	その他	大規模地すべり	深層崩壊	地すべり一般	斜面崩壊一般	土石流	天然ダム	その他	現地調査	航空写真	航空レーザー測量	衛星光学センサ	合成開口レーダ	GPS	その他	カルテの作成	GIS			画像処理	安定解析	その他	管理手法	個別箇所研究事例	整理・取りまとめ	技術指針・マニュアル
1	国土技術研究センター	改訂新版 貯水池周辺の地すべり調査と対策 (国土技術研究センター2010.12)	2010/12			○						○	○					○					○					○	書籍		
2	国土交通省	深層崩壊の特徴 (国交省HP資料2014.2現在)	2014/2		○					○																			○		
3	国土交通省 河川局治水課	貯水池周辺の地すべり調査と対策に関する技術指針(案)・同解説書(国土交通省河川局治水課2009.7)	2009/7			○													○			○							○		
4	国土交通省 水管理・国土保全局	地すべり防止技術指針及び同解説(国土交通省砂防部, 2008.1)	2008/1		○																		○						○		
5	国土交通省 水管理・国土保全局	河川砂防技術基準 調査編(第18章地すべり調査)(国土交通省水管理国土保全局2012.6)	2012/6		○																		○						○		
6	国土技術政策 総合研究所	深層崩壊 その実態と対応。(後藤宏二,平成24年度国総研資料第699号2012.12)	2012/12	(O)	○					○														○						-深層崩壊の定義、深層崩壊推定頻度マップ、深層崩壊浸流シベル評価マップ、衛星合成開口レーダ画像による深層崩壊判別、深層崩壊と降雨の関係 *1.大規模土砂移動検知システム(振動センサ)	
7	国土技術政策 総合研究所	地震時の急傾斜地崩壊危険箇所危険度評価マニュアル(案)(小山内信智,秋山一松下智洋,国総研資料511号,2009.1)	2009/1		○					○														○						*1.30m×30mメッシュの斜面勾配・平均曲率の算出 *2.最大地盤加速度を算出して、判別特別式による計算値から斜面崩壊の危険度を評価	
8	国土技術政策 総合研究所	天然ダムの湛水池への段波の突入による水位変化に関する影響に関する研究(水野秀明,小山内信智,沖中健紀,国総研資料第333号,2008.7)	2008/7			○				○	○													○						*1.1つの深達で2つの天然ダムが形成された時に、上側の天然ダムが浸壊した場合の下側の天然ダムの湛水池における推移変化を実験と数値シミュレーションから検証	
9	土木研究所	既存地すべり地形における地震時地すべり発生危険度評価手法に関する研究(野呂智之,丸山清輝,0.2N-1.0,中村明,土木研究所資料第4204号2011.7)	2011/7		○	*																	○							*1.中越地震、能登半島地震、中越沖地震、岩手・宮城内陸地震により発生した地すべりが研究対象 *2.地震断層及び震央による地すべりの位置関係に注目し、既存地すべり地形を対象にロジックマップ回帰分析法を用いた	
10	土木研究所	深層崩壊の発生のある浸流抽出マニュアル(案)(土木研究所資料第4115号2008.11)	2008/11		○					○														○							*1.1/10,000~1/20,000種写真 *2.地質・微地形指標、地盤量指標
11	防災科学 技術研究所	PALSAR/InSARIにより得られた小笠原諸島の2008年火山活動活性化に伴う地殻変動(速報)(小澤祐,上田英樹,島田政信,村上亮,飛田幹男,防災科学技術研究所2007.6)	2007/6			○																									*1.ALOS衛星 PALSAR, Lバンド
12	防災科学 技術研究所	合成開口レーダ干渉法による白頭山の火山活動に伴う地殻変動の検出(小澤祐,谷口宏充,防災科学技術研究所2007.5)	2007/5			○																									*1.ENVISAT衛星
13	京都大学 防災研究所	京都大学防災研究所 特定研究費「深層崩壊の実体、予測、対応」(千木良雅弘,京都大学防災研究所2012.2)	2012/2			○																									本研究費は文献番号14~18を収録
14	京都大学 防災研究所	2012.2 地形情報と比抵抗情報を用いて地震によるトッピング崩壊危険斜面を抽出する(野々村敦子ほか,京都大学防災研究所研究会講演集2012.2)	2012/2		○																										*1.比抵抗子一夕の取得し、緩み領域を想定
15	京都大学 防災研究所	LIDARによる深層崩壊発生斜面の地形的検出(笹原克夫,京都大学防災研究所研究会講演集2012.2)	2012/2			○																									*1.ELSA MAP(国際航業)
16	京都大学 防災研究所	深層崩壊の発生頻度の推定方法検討-鵜塚山の事例を中心として-(五味高志,京都大学防災研究所研究会講演集2012.2)	2012/2																												
17	京都大学 防災研究所	台風12号による深層崩壊発生地-発生前後の詳細DEMを用いた地形解析結果-(千木良雅弘ほか,京都大学防災研究所研究会講演集2012.2)	2012/2																												
18	京都大学 防災研究所	地すべり地形分布図で見える深層崩壊の実体-2011年台風12号による紀伊半島の深層崩壊を対象として-(井口隆ほか,京都大学防災研究所研究会講演集2012.2)	2012/2																												
19	京都大学 防災研究所	2011年台風12号による深層崩壊(千木良正弘,松田雄輔,ツウケンチン,京都防災研究所年報第55号A2011.6)	2011/6																												
20	奈良県深層 崩壊研究会	201306,平成23年紀伊半島大水害,深層崩壊のメカニズム解明に関する現状報告(奈良県深層崩壊研究会,2013.6)	2013/6																												

平成26年度・平成27年度の調査の概要(案)

1 今回の調査においては、平成25年度に抽出した11手法について最新の研究成果を取り入れつつ、実効性の高い手法を絞り込み、さらにそれらの調査結果を統合・関連付けを進めて大規模地滑りの活動度評価に利用できる実践的な評価手法を検討し、評価マニュアル(案)を作成する。平成26年度には大規模地滑り活動度評価に関する評価マニュアルの試案を作成し、平成27年度には試案の実践活用度をさらに向上させた評価マニュアル案を作成する。

なお、調査に当たっては、収集資料・検討結果を一元的に管理するため、検証エリア周辺部を対象としてGISによるデータ管理を行う。

2 大規模地滑りの活動度評価の検討は三段階で行う。

① 第一段階：調査対象地域の絞り込みと調査手法の選定

- ・最近斜面災害が発生し、調査・検討報告等が整備された箇所を検証エリアとして、日本の代表的な地質体の堆積岩類2種(付加体、新・古第三紀堆積岩類)、結晶質岩類3種(深成岩類、火山岩類、変成岩類)の計5種から10地点程度を選定する。
- ・検証エリアとして選定された10地点に対して、既往文献の詳細な収集と整理・分析を行い、調査手法ごとのデータ整備状況を調査して、11の調査手法の中で実効性の高い手法3種類程度(衛星画像、レーザー測量、空中写真等を用いた手法)を選定する。
- ・上記の結果から、調査・検討データが多く、基礎資料が良く整備されている箇所(地質体別の5箇所程度)を決定する。
- ・整備された情報をもとに調査手法(3種類程度)の特徴等の結果をとりまとめる。

平成26年度・平成27年度の調査の概要(案)(2)

② 第二段階：調査手法の結果を用いた活動度評価手法の検討

- ・ 第一段階で整備した情報から活動度評価手法を検討する。検討は、既往の大規模地すべり（5箇所程度）について、事前情報及び調査手法（3種類程度）からどの程度の予測が可能かを主眼にして行う。

③ 第三段階：活動度評価手法の判定評価

- ・ 活動性評価手法について、地質体別における評価の確実度（活動性あり、なし等）と精度（範囲、規模、移動形態等）及び調査手法の適用性について判定評価を行う。
- ・ 判定評価では各種の調査手法・評価手法の利点、難点を整理し適用限界を明確にし、判定における根拠（定量的な数値）を示すものとする。

- 4 活動度評価手法の適用性を検証したのち、地質構成毎に大規模地すべりの活動度評価に関する評価マニュアル（案）を作成する。マニュアル（案）は、可能な限り評価に当たっての判断指標を示すものとする。

VI 水路等の水力発電設備の集中豪雨、地滑り等に対する対策の在り方

経緯、検討目的、検討項目及び検討の進め方

- ① 近年、気候変動によるものと思われる集中豪雨が頻発し、洪水や地滑りなどにより、水力発電設備に被害をもたらせており、被害の発生防止や軽減が必要となっている。
- ② 現在、当課では、集中豪雨、地滑り等に対する水力発電設備の被害を防止するための方策について調査を実施しているところである。
- ③ 本WGにおいては、平成25年度の調査結果をもとに水路等の水力発電設備に影響を及ぼす集中豪雨、地滑り等の事象を検討項目として抽出し、検討項目毎に水路等の水力設備に対する対策の在り方をとりまとめた結果について検討する。

1 水路等の水力発電設備の被害の防止方策の基本的な考え方

集中豪雨、地滑り等の自然災害に対する水路等(ダムを含む)の水力発電設備の被害の防止方策の検討は、以下により進める。検討に当たっては、専門家からなる委員会を設置し、意見を聴きながら実施する。

1. これまでの被害の実態を踏まえ、自然災害の要因ごとに各設備の損壊形態の検討。
2. 各設備の過去の損壊形態及び想定される損壊形態を踏まえ、損壊の程度による機能への影響の程度(以下「損壊度」という。)について検討。
3. 損壊度に応じて考慮すべき人命等への影響、電力供給への影響の程度(以下「管理レベル」という。)について検討。
4. 自然災害の種類とその程度に分けた複数の自然災害想定シナリオの作成。
5. 想定したシナリオごとに発生しうる損壊度と管理レベルを設定し、予防保全または事後保全の方策を検討。

2 平成25年度調査結果(1)

水路等の水力発電設備の被害の防止方策の基本的な考え方に従い、平成25年度においては、以下について調査。

- ① 文献等による水路等の水力設備の自然災害による損壊形態の実態。
- ② 自然災害ごとの損壊形態案の整理。
- ③ 損壊度及び管理レベルの評価区分及びマトリックスの案の作成。

2 平成25年度調査結果(2)

文献等による水路等の水力設備の自然災害による損壊形態の実態例

No.	原因	取水口部					導水路部				発電所部					放水路部	
		取水えん堤	スクリーン	制水ゲート	立坑	沈砂池	水路	水槽	水圧鉄管	水圧鉄管固定台	発電所建物	水車	発電機	変・配電設備	ドラフト	放水路	放水口
1	洪水・豪雨	—	—	—	—	—	—	—	—	—	埋没	水没	水没	浸水	—	—	土砂埋没
2	洪水・豪雨	—	—	—	—	—	—	—	—	—	破損	水没	水没	—	—	—	—
	地震	土砂埋没	—	—	—	—	閉塞・損壊・サイホン流失	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	洪水・豪雨	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	土砂閉塞
4		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	土砂閉塞
5		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	水没	水没	水没	—	—	土砂閉塞
6		—	—	埋没	埋没	埋没	埋没	—	—	—	—	—	水没	—	—	—	土砂閉塞
7		一部流失	—	—	—	—	一部流出	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8		—	—	—	—	土砂堆積	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9		—	—	—	—	土砂堆積	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	洪水・豪雨	損壊	—	—	—	土砂堆積	—	—	—	—	浸水	—	—	—	土砂堆積	土砂堆積	—
11	地震	—	—	—	—	—	—	損壊	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	洪水・豪雨	損壊	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	水没	水没	浸水	—	—	—
14		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	水没	水没	—	—	—	—
15		—	—	—	—	—	土砂堆積	—	—	—	—	水没	水没	浸水	—	—	—
16	地震	損壊	—	—	—	—	損壊	—	—	—	—	—	—	—	—	—	損壊
17		損壊	—	—	—	損壊	—	—	損壊	—	—	—	—	—	—	—	—
18	洪水・豪雨	損壊	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	洪水・豪雨	損壊	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	洪水・豪雨	損壊	—	—	—	土砂堆積	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	土砂堆積
21		損壊	—	—	—	土砂堆積	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	土砂堆積
22		損壊	—	—	—	土砂堆積	土砂堆積	—	—	—	浸水	—	—	—	—	—	—
23		損壊	—	—	—	土砂堆積	損壊 土砂堆積	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24		埋没	—	—	—	—	損壊	—	—	—	浸水	—	—	—	—	—	—
25	洪水・豪雨	土砂堆積	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26		土砂堆積	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

2 平成25年度調査結果(3)

自然災害ごとの損壊形態の整理(案)

○洪水・豪雨による水路等の水力設備の損壊形態(案)の例

構成要素		損壊の形態
工種	種別	
取水口部	取水堰堤	・流砂、流木等による取水口の閉塞
	スクリーン	・流砂、流木等による取水口の閉塞、歪み、破断
	取水制水ゲート	・流砂、流木等によるゲート、戸あたり金物等の歪み
	立坑	・流砂、流木等による管理用階段のズレ、脱落
	沈砂池	・流砂、流木等によるゲート、戸あたり金物等の歪み
導水路部	トンネル等水路	—
	水槽	—
	水圧鉄管	—
	水圧鉄管固定台等	—
発電所部	建物	・浸水
	発電所地下部	・浸水、水没
	水車	・歪み、ボルト等の固定金物の破断
	発電機	・歪み、転倒、ボルト等の固定金物の破断、
	変電・配電設備	・歪み、転倒、ボルト等の固定金物の破断
	ドラフト	・流砂・流木等による閉塞
放水口部	放水路	・流砂、流木等による閉塞、水路壁の破壊・流失
	放水庭	・減勢工の溢水による放流設備の浸水・水没、護岸工の破壊・流失

○地滑りによる水路等の水力設備の損壊形態(案)の例

構成要素		損壊の形態
工種	種別	
取水口部	取水堰堤	・地滑り土塊による閉塞、変形・変位
	スクリーン	・地滑り土塊による閉塞、変形・変位
	取水制水ゲート	・地滑り土塊による閉塞、変形・変位
	立坑	・地滑り土塊による閉塞、変形・変位
	沈砂池	・地滑り土塊による閉塞、変形・変位
導水路部	トンネル等水路	—
	水槽	—
	水圧鉄管	・地滑り土塊による閉塞、変形・変位
	水圧鉄管固定台等	・地滑り土塊による閉塞、変形・変位
発電所部	建物	・地滑り土塊による破壊、変形
	発電所地下部	・地滑り土塊による閉塞、変形・変位
	水車	・地滑り土塊による閉塞、破壊
	発電機	・地滑り土塊による閉塞、破壊
	変電・配電設備	・地滑り土塊による閉塞、破壊
	ドラフト	・地滑り土塊による閉塞、変形・変位
放水口部	放水路	・地滑り土塊による閉塞、変形・変位
	放水庭	・地滑り土塊による閉塞、変形・変位

○ 地震による水路等の水力設備の損壊形態(案)の例

構成要素		損壊の形態
工種	種別	
取水口部	取水堰堤	・堰堤コンクリートのクラック、継目のズレ、漏水
	スクリーン	・歪み、破断、脱落
	取水制水ゲート	・ゲート、戸あたり金物等の歪み、漏水
	立坑	・コンクリートのクラック、継目のズレ、漏水、管理用階段のズレ・脱落
	沈砂池	・排砂ゲート、戸あたり金物等の歪み、継目のズレ、漏水
導水路部	トンネル等水路	・ライニングのクラック、剥離、地山の落盤・陥没、継目のズレ、漏水
	水槽	・コンクリートのクラック、剥離、継目のズレ、漏水
	水圧鉄管	・歪み、ズレ、サドル金物・ボルト等の破断、漏水
	水圧鉄管固定台等	・コンクリートのクラック
発電所部	建物	・壁、柱等のコンクリートのクラック
	発電所地下部	・壁、柱等のコンクリートのクラック
	水車	・歪み、ボルト等の固定金物の破断
	発電機	・歪み、転倒、ボルト等の固定金物の破断
	変電・配電設備	・歪み、転倒、ボルト等の固定金物の破断
	ドラフト	・クラック、剥離、継目のズレ、漏水
放水口部	放水路	・コンクリートのクラック、剥離、継目のズレ、漏水
	放水庭	・護岸、護床等のクラック、転倒

2 平成25年度調査結果(4)

損壊度及び管理レベルの評価区分及びマトリックス(案)

		管理レベル			
		H	M	L	
		<ul style="list-style-type: none"> ・国民の人命、財産に大きな影響を与える可能性がある。 ・電力供給機能を長時間、停止させる可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・電力供給機能を短期間低下させる可能性がある。 ・電力供給機能の低下につながる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・電力供給機能に直ちに影響を及ぼす可能性が少ない。 	
損壊度の区分	A1	<ul style="list-style-type: none"> ・機能低下により、緊急の措置が必要な状態。 	<p>予防保全 (直ちに対策を実施)</p>	<p>予防保全 (直ちに対策を実施)</p>	<p>事後保全 (速やかに対策を実施)</p>
	A2	<ul style="list-style-type: none"> ・損壊により機能への影響が認められ、何らかの措置が必要な状態。 	<p>予防保全 (直ちに対策を実施)</p>	<p>予防保全 (速やかに対策を実施)</p>	<p>予防保全 (必要に応じ対策を実施)</p>
	B1	<ul style="list-style-type: none"> ・現状では機能が維持されているが、損壊が認められ、近い将来、機能に影響を及ぼすと予見される状態。 	<p>予防保全 (速やかに対策を実施)</p>	<p>予防保全 (必要に応じ対策を実施)</p>	<p>事後保全 (保全対象至っていない)</p>
	B2	<ul style="list-style-type: none"> ・現状では機能が維持されているが、損壊が認められ、中長期的には機能に影響を及ぼす可能性がある状態。 	<p>予防保全 (必要に応じ対策を実施)</p>	<p>予防保全 (重点状態監視)</p>	<p>事後保全 (保全対象至っていない)</p>
	C	<ul style="list-style-type: none"> ・軽微な損壊が認められるが機能には支障がなく、将来的にも機能に影響を及ぼす可能性がない状態。 ・損壊が認められない状態 	<p>予防保全 (状態監視)</p>	<p>予防保全 (状態監視)</p>	<p>事後保全 (保全対象至っていない)</p>

3 今後の調査計画

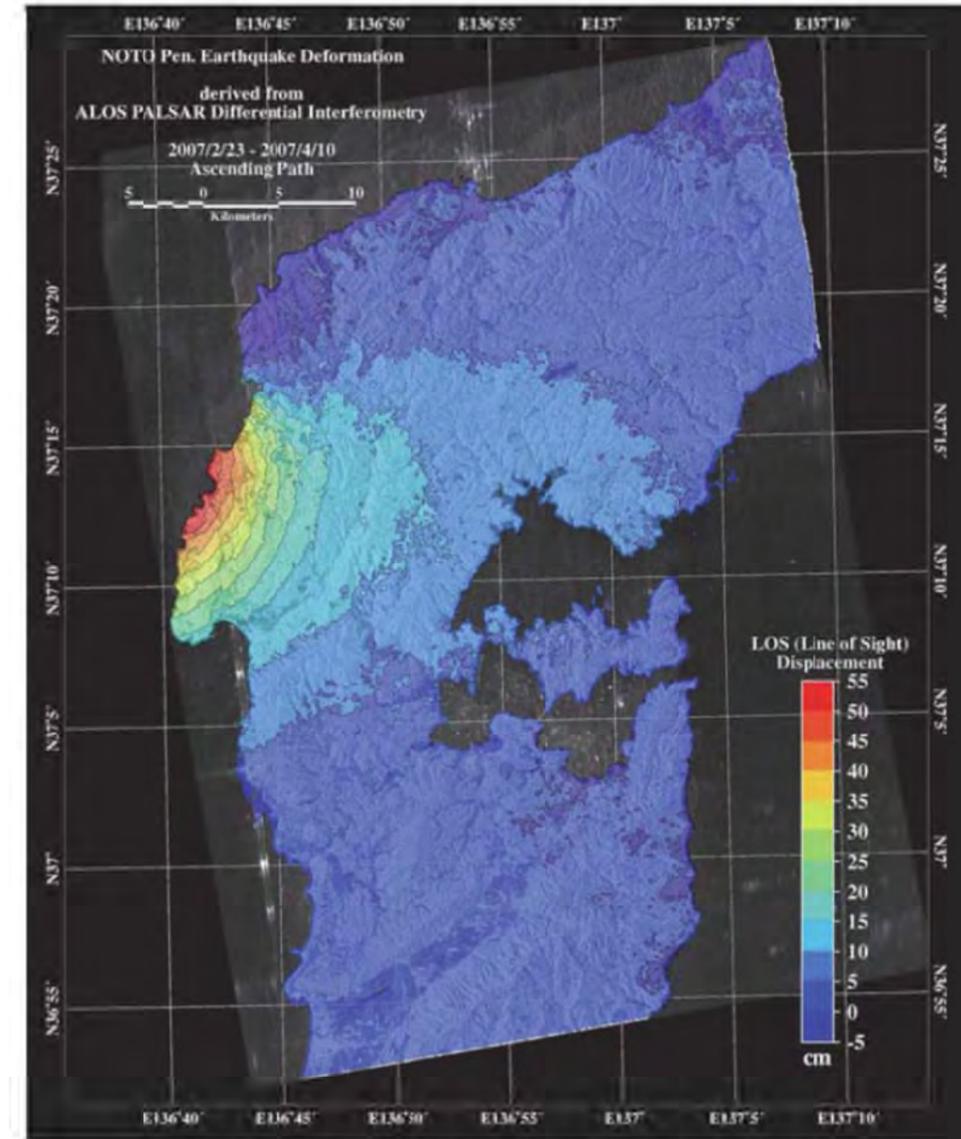
平成26年度

- 自然災害による損壊形態について、水力発電所管理者を対象にアンケート調査を行い、詳細な被害実態を把握する。
 - ・自然災害発生状況
 - ・設備の被災状況（損壊状況、波及影響、復旧対策、復旧期間等）
 - ・自然災害への事前対策の有無、内容、効果（ハード面、ソフト面）
- 自然災害想定シナリオ
平成25年度及びアンケート調査結果を基に、水路等の水力設備に発生しうる自然災害想定シナリオを、自然災害の種類とその程度に分けて複数作成する。
- 各種対策の検討
自然災害想定シナリオごとに設備の損壊度及び管理レベルに応じた予防保全・事後保全の対策を検討する。
- 自然災害に対する水力発電設備対策マニュアル（案）を作成し、今後の水力設備の保全対策の参考とする。

大規模地滑りの活動度評価

大規模地滑りの活動度評価に有効と考えられる 11 手法について、以下に掲載する。

調査名称	大項目	地表調査
	中項目	リモートセンシング
	小項目	衛星画像解析 (マイクロ波)
	細目1	合成開口レーダー
調査仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・マイクロ波を用いた能動型センサ。 ・高度200km~1000kmより観測。1画像で十数から百数十km四方をカバー ・各種画像処理手法適用による地質情報抽出 	
特徴	<p>合成開口レーダー(SAR)は、天候に左右されず、昼夜の別なくデータを取得することができ、標準的な光学センサに比べて、解像度が高い(1~10mアジマス方向、1~30mスラントレンジ方向)ことで特徴付けられる。マイクロ波は、波長によって、10程度のバンドに分かれているが、現在世界で運用されている衛星搭載SARでは、Xバンド(波長2.5~3.8cm)、Cバンド(同3.8~7.5cm)、Lバンド(同15~60cm)が使われている。SAR画像は、白黒の濃淡で表される。この濃淡は、地表で散乱したレーダー波が、再びセンサで捉えられる量の大小を反映するもので、地表面の粗さの程度(植生の有無や、岩盤や地表の起伏)に由来する。衛星画像解析から抽出できる地質情報としては、光学センサと同様に①リニアメント判読に基づく断層やフラクチャーの抽出や応力場解析、②水系や地形起伏の特徴・違いに基づく岩質の識別、③背斜や向斜など地質構造要素の抽出に基づく地質構造判読ができ、これらにもとづいて地質構造発達史の検討や、現世における地殻変動の特性の検討を行うことも可能である。また、異なる時期に取得したSARデータを干渉させ、地表の標高や変位量を求める技術は、近年目覚しく発達し、地震に伴う地殻変動を、広域にわたり高い精度で求めることが可能となった。</p>	
長所	<ul style="list-style-type: none"> ・広い地域をほぼ同時に観測できる。空中写真では判読できない大規模な構造の抽出が可能。広域データを安価で取得できる。 ・決まった周期で反復してデータを取得できる。 ・人間が近づきにくい場所でのデータ取得も可能。 ・雲にさえぎられることなくデータを取得できる。 	
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・空中写真に比べて、解像度が低い。 ・光学センサに比べて、画像処理が難しい。 	
適用性	調査可能深度	岩質: 地表面、地質構造: 数百mから数km(地質断面図が描けた場合)
	調査精度	<ul style="list-style-type: none"> ・1m~30m程度(平面) ・InSAR(地表変位量; マイクロ波の半波長分の変位で干渉縞1本)
	適用箇所	陸域(地質評価の場合)
適用に際しての留意事項	地形・地質的制約	特になし
	社会的制約	特になし
	その他	画像処理・判読ソフトウェア使用
工程	実施に要する期間	1~3ヶ月以内(解析作業含む)
費用	実施に要する費用	数百万円程度(画像は1シーンあたり1万円程度から数十万円)
出典など		日本リモートセンシング学会(2011): 基礎からわかるリモートセンシング



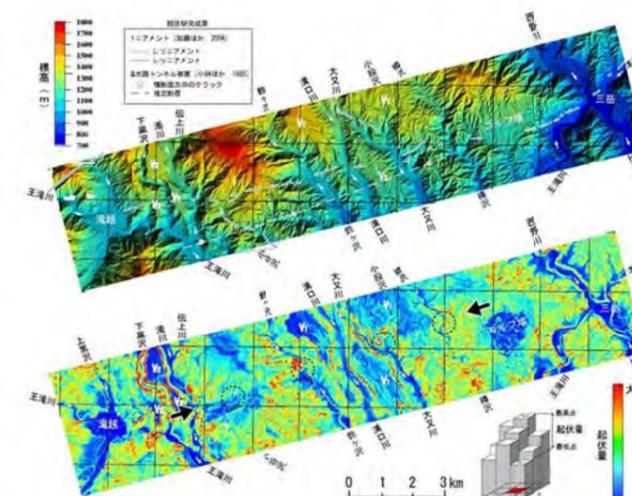
衛星SARデータの差分干渉による地表変位量推定の例(大沼、2007)

調査手法整理シート

調査名称	大項目	地表調査
	中項目	地形測量
	小項目	航空レーザー測量
調査仕様	観測作業	航空機、レーザー測距装置、GPS/IMU装置
	室内作業	GPS解析ソフトウェアなど
特徴	<p>航空機から地上に向けてレーザーパルスを照射し、地上から反射してくるレーザーとの時間差より、航空機と地上のレーザーパルスが反射した地点の距離を計算する測量方法。航空機と地上のレーザーパルスが反射した地点の距離、GPSによる航空機の正確な位置、IMU(慣性計測装置)による航空機の姿勢を解析することにより、1パルスごとの地表の3次元情報(X、Y、Z)の計測が可能となる。レーザーパルスは1秒間に最大数万回照射される。各種フィルター処理(微分処理、傾斜量、起伏量、地上開度への変換)により、様々な地形特徴を抽出できる。</p> <p>活断層調査における変動地形、リニアメント、地形面の抽出や、火山調査における溶岩流地形、火砕流・土石流の堆積地形の抽出に適用。また、隆起域を評価する際の地形面の抽出や、侵食量評価に関するマスムーブメントの調査における地すべり地形の抽出に適用可能。</p>	
長所	<ul style="list-style-type: none"> ・空中写真判読と違い、シームレスに広範囲を観察可能で効率的。 ・起伏の誇張(過高感)の強調が可能。空中写真判読では分かり難い、僅かな変動地形を抽出できる。 ・土地被覆・建物の除去により、航空写真測量と比べて高精度の地形データを作成可能。僅かな変動地形を抽出できる。 	
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・作成時期が新しいものが多いため、特に宅地付近では、人工改変前の地形が不明。 	
適用性	調査可能深度	地表
	調査精度	水平: 対地高度の1/2,000程度、高さ: 0.15m程度(対地高度1,000m)
	適用箇所	陸域
適用に際しての留意事項	地形・地質的制約	断層活動による変位・変形が地表まで達していない活断層(ブラインド断層)や、変位・変形が侵食されたり、ごく最近の堆積物に覆われて認められない断層(伏在活断層)には適用困難。
	社会的制約	飛行禁止区域では適用不可。
	その他	
工程	実施に要する期間	数時間/km ² (計測のみ)
費用	実施に要する費用	3~10km ² 程度: 80万円/km ² 、10km ² 程度以上: 40万円/km ² (データ処理込)
出典など	<p>寒地土木研究所(2006): 航空レーザー測量について、寒地土木研究所月報 岩橋ほか(2011): 航空レーザー測量のDEMから作成した余色立体図等を用いた変動地形の観察、国土地理院時報、No.121、p143-155</p>	

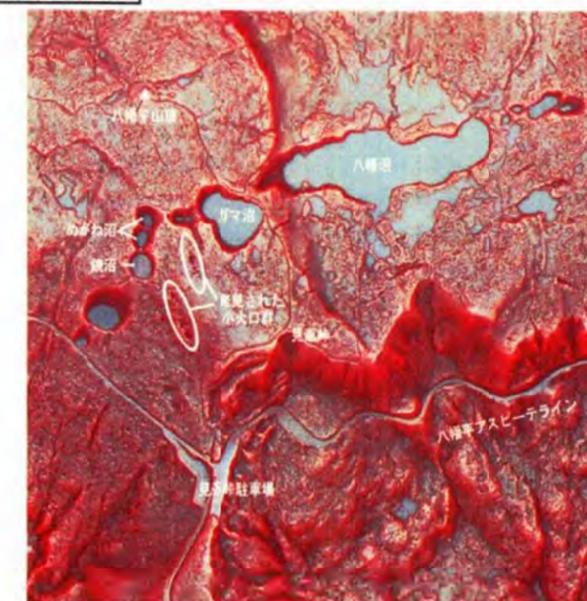


航空レーザー測量の概要(国土地理院HP)



航空レーザー測量による変動地形解析の例(電力中央研究所HP)

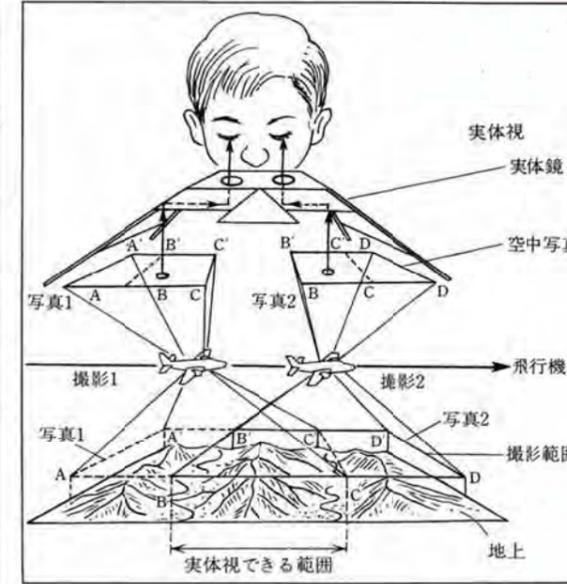
赤色立体地図



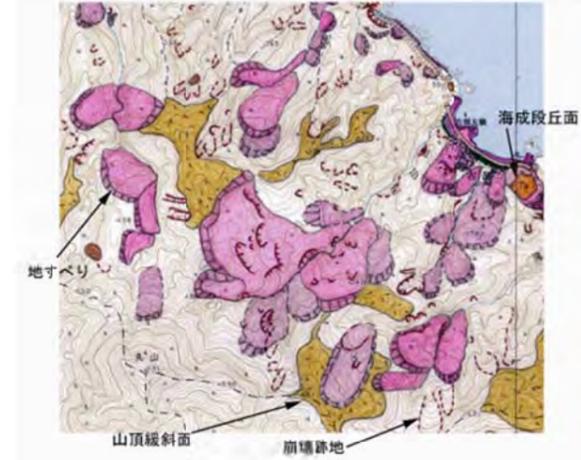
航空レーザー測量による火山地形解析の例(岩手河川国道事務所HP)

調査手法整理シート

調査名称	大項目	地表調査
	中項目	空中写真判読
	小項目	
調査仕様	調査用具	実体鏡、空中写真、地形図
特徴		航空写真(空中写真)を立体視し、地形を判読する手法。既存の空中写真は、撮影縮尺は1/8,000~1/40,000のものが、国土地理院、林野庁、米軍、各官公庁、及び民間会社により全国で整備されている。これより大縮尺あるいは最新の航空写真を入手する場合は、航空写真撮影が必要になる。 活断層調査における変動地形、リニアメント、地形面の抽出や、火山調査における溶岩流地形、火砕流・土石流の堆積地形の抽出に適用。また、侵食量の評価におけるマスマーブメントの調査における地すべり地形の抽出に適用可能。
長所		・撮影時期が古いものもあるため、人工改変地においては、航空写真測量や航空レーザー測量では分からない自然地形の判読が可能。
短所		・航空レーザー測量と違い、一度に判読できる範囲が限られ、時間がかかる。 ・土地被覆や陰影が残ること、起伏の誇張(過高感)の強調の自由度が少なく、航空レーザー測量に比べ、変動地形の抽出精度は低い。
適用性	調査可能深度	地表
	調査精度	判読者の才能と練度による。
	適用箇所	陸域
適用に際しての留意事項	地形・地質的制約	断層活動による変位・変形が地表まで達していない活断層(ブラインド断層)や、変位・変形が侵食されたり、ごく最近の堆積物に覆われて認められない断層(伏在活断層)には適用困難。
	社会的制約	
	その他	・個人差による判読結果の差異を少なくするため、複数の判読者による判読を行うことが必要。
工程	実施に要する期間	2~3日/10km ² (写真縮尺:1/5,000)
費用	実施に要する費用	120,000円/10km ² (写真縮尺:1/5,000、空中写真費除く)
出典など		加藤、脇田編(2001):地質学ハンドブック 岩橋ほか(2011):航空レーザー測量のDEMから作成した余色立体図等を用いた変動地形の観察、国土地理院時報、No.121、p143-155



実体視の方法(浅川改良事務所HP)

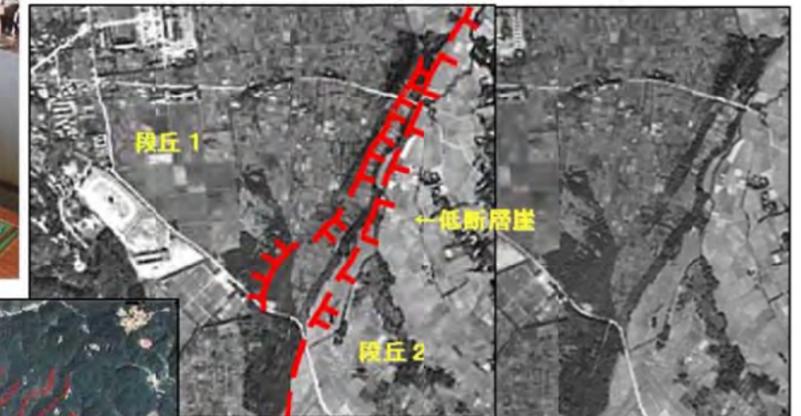


地すべり地形判読結果の例(レアックスHP)



写真1

写真2



空中写真判読による変動地形及び地形分類の例(岩橋ほか、2011)