

# 地下水観測手法と地すべりの長期安定性評価検討業務

東北地方整備局 新庄河川事務所

## 1. はじめに

平成 16 年1月に、国土交通省から、「直轄地すべり防止工事完了の考え方」が提示され、完了の目安として、地盤伸縮計累積変動量基準値が提示されている(図 1 参照)。しかしながら、地すべり発生の最大要因である地下水位の状況については、総合評価とあるだけで、基準は示されていない。

降水量と地下水位の関係をモデル化できれば、地下水位等に起因する地すべりの長期安定性を、確率降水量で評価することは可能といえる。最近では、直轄地すべり地を始め、降水量の超過確率を考慮した、地下水排除工の効果判定手法が導入されている。本業務は、これらのことを踏まえ、地下水状況からみた地すべり地の長期安定性の評価基準(地下水からみた概成判定基準)の検討を行うもので、平成 14 年～16 年の 3 年で検討を進めている。

平成 15 年度は、地下水からみた概成判定方法の考え方を整理し、評価手法を検討した。

平成 16 年度は、長期安定性評価手法の一般性を高めるため、新庄河川事務所管内と異なる地質帯や、気象条件にある地すべりを対象として適用性を検討し、長期安定性評価手法の修正を行った。

## 2. 地下水からみた概成判定の考え方

判定手法は、降水量と地下水をモデル化し、ある一定の超過確率年(再現年)で与えられる降水量パターンに対する地下水位変動を予測し、安定性を評価する。予測された地下水位を用いて安定解析を行い、所定の安全率以上であれば、当該地すべり地は、安定性は高いと評価できる。

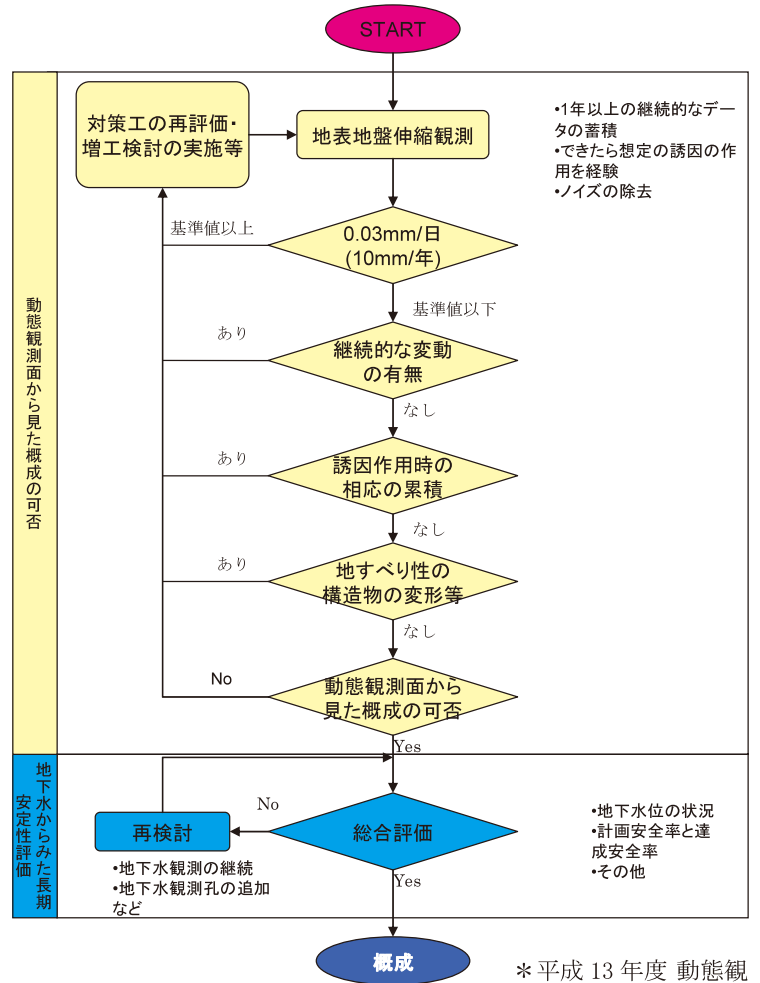


図 1 概成判断の参考フロー図

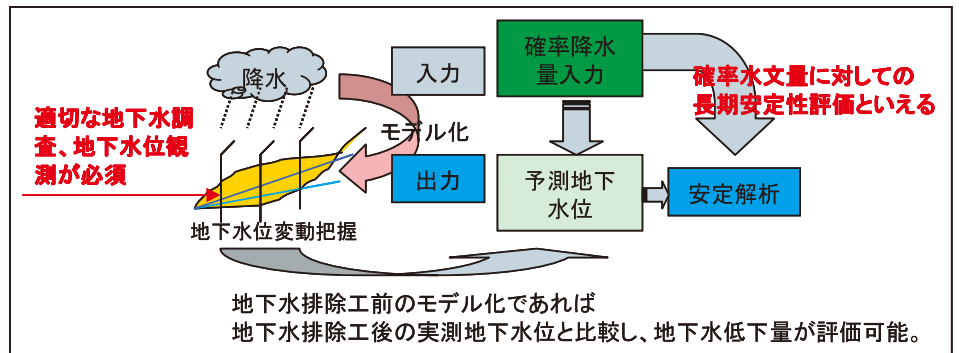


図 2 確率降水量を適用した長期安定性評価の概念図

### 3. H16 検討成果、地下水からみた長期安定性評価手法

地下水からみた長期安定性評価手法、すなわち、地下水からみた概成判定手法の流れを図3に示す。

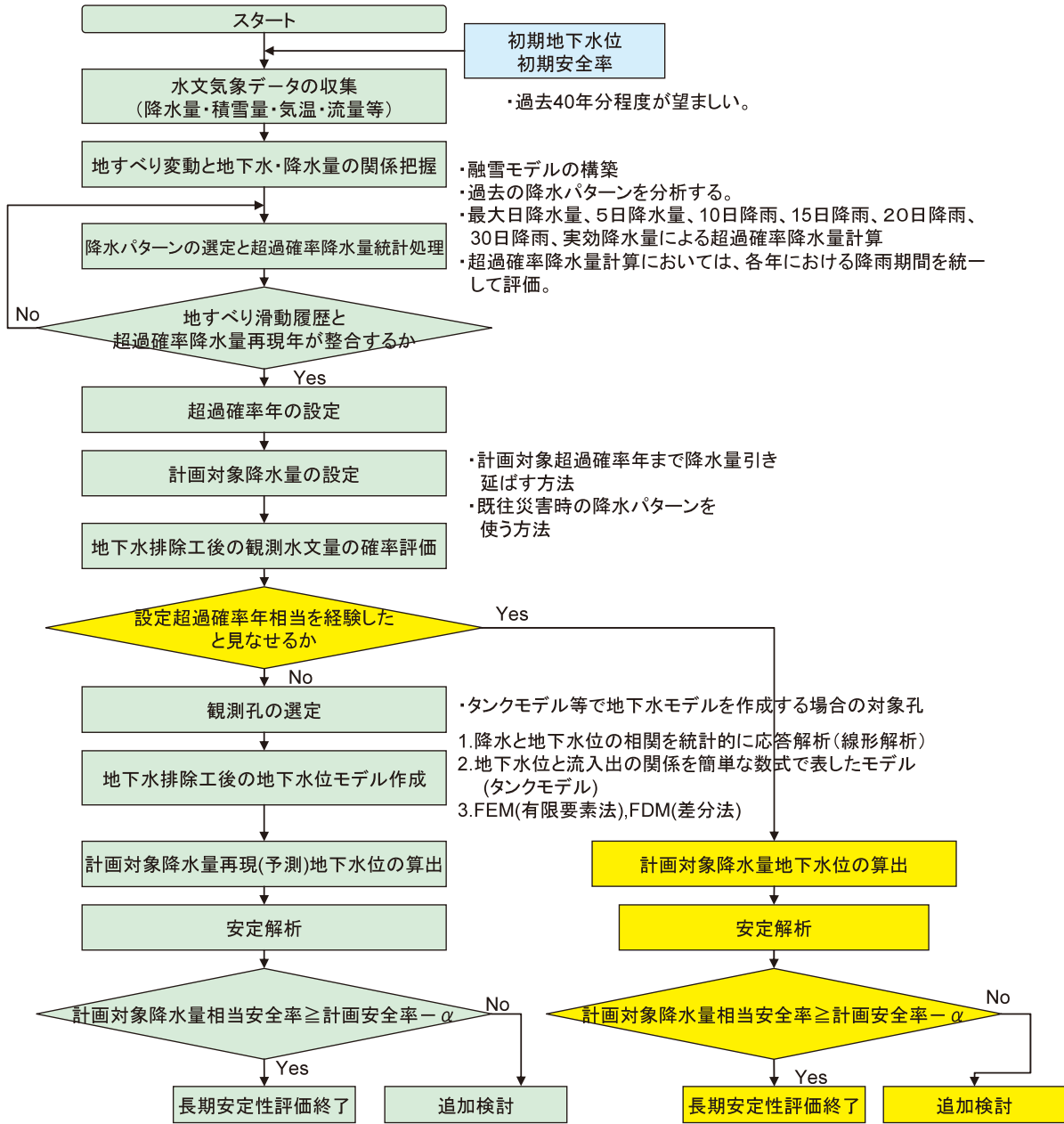


図3 地下水からみた長期安定性評価手法のながれ

#### 1) 水文気象データの収集

対象とする地すべり地周辺における、過去40年程度の降水量、積雪量、気温、流量等の気象資料を収集、整理する。

地下水位の経年変化と対策工の実施状況を対比して整理する。

#### 2) 地すべり変動と地下水・降水量の関係把握

地すべり履歴、現地踏査結果、地すべり動態観測結果、地下水位観測結果、気象資料等を過去に遡り整理、分析し、地すべり変動と地下水、降水量の関係を把握する。積雪地域においては、以下に留意し、融雪量を計算し、降水量として換算する。

- 簡単に入手できる気象資料(気温、降水量、積雪量)から融雪量を求めることができる使いやすいモデルであること。
- 少なくとも任意の地区において渇水年、平水年、豊水年など多様な気象の年変動に左右されにくい普遍的なモデルであること。言い換えればあるモデルの係数を年毎に変化させなければならないモデルではなく、その地域にはほぼ普遍的な共通の係数値が使用できるモデルであること。

### 3) 降水期間の選定と超過確率降水量統計処理

- 過去の災害時降水パターン
- 大規模な地すべり変動時の降水パターン
- 最大日降水量、5日降水量、10日降水量、15日降水量、20日降水量、30日降水量

降水期間(パターン)の選定には、実効降水量計算による半減期を参考とすることも有効である。

積雪地域においては、融雪の影響で、降水期間(パターン)は長くなる傾向がある。

超過確率計算処理は以下の手順とする。

1. 超過確率降水量計算においては、各年における降水パターン(降水期間)を統一して評価する。
2. 降水量超過確率計算は、確率紙による計算、極値分布関数による計算等を適宜選定する。
3. 災害発生履歴、地すべり発生履歴が明確な場合は、これらの履歴と、超過確率降水量再現年が整合するかチェックする。

### 4) 超過確率年の設定

超過確率年の設定は、保全対象、地すべりの規模、近隣事業との整合性等を考慮して決定する。

ケース 1: 砂防事業等において広く用いられている 1/100 とする。

ケース 2: 既往災害発生降水量と同程度とする。

ケース 3: 地すべり対策事業費用対効果計算における評価対象期間 50 年を考慮し、1/50 とする。

### 5) 計画対象降水量の決定

1. 既往災害時の降水パターンをそのまま使う方法
2. 既往の降水パターンを、計画対象超過確率年まで引き延ばす方法

### 6) 地下水排除工後の観測水文量の超過確率評価

地下水排除工後の地下水位は、降水量の年較差に大きく左右される。地下水排除工後の降水量パターンについて、超過確率計算を行い、設定した超過確率年相当の降水量を経験したと見なせるか検討する。設定した超過確率年相当の降水量を経験したと見なせる場合、これに対応する地下水位で計算される安全率は長期安定性評価を実施したといえる。

### 7) 地下水観測孔の選定

地下水観測孔の位置、地下水観測孔のタイプ、地下水観測孔の目詰まりの有無、データの精度、地下水流動層の状況、地下水位変動パターン等を考慮し、地下水位変動モデル作成に利用する地下水観測孔を適宜選定する。

### 8) 地下水変動モデルの作成

地下水位変動モデルとしては、大きく以下の 3 つに分類できる。

1. 降水と地下水位の相関を統計的に表すモデル
2. 地下水位と流入出の関係を簡単な数式で表したモデル: タンクモデル
3. 質量保存則と流量と水頭に関する法則で現した支配方程式に基づく物理モデル: FEM(有限要素法)、FDM(差分法)、浸透流解析

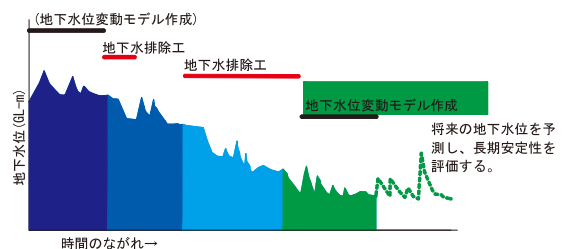


図 4 地下水位変動モデル作成のイメージ

- モデル作成の際は、適宜、地下水観測孔を選定する。
- 地下水変動モデルは、地下水排除工前と地下水排除工後では異なったモデルとなる。
- 長期安定性評価は、地下水排除工後の地下水位変動モデルを作成し、将来の地下水位変動を予測する。

#### 9) 計画対象降水量再現(予測)地下水位の算出

地下水位変動モデルに、計画対象降水量を入力し、計画対象降水量再現(予測)地下水位を計算する。

#### 10) 安定解析

##### (1) 安定計算式

安定計算式は、二次元による方法と、三次元による方法があるので、適宜選定する。

##### (2) 安定解析地下水位

安定解析断面に計画対象降水量再現(予測)地下水位をプロットし、これを安定解析水位とする。

また、三次元安定解析の場合、地下水位等高線等を作成し、面的な地下水分布を再現し、これを安定解析水位とする。

##### (3) 安全率の評価

安全率の評価は、いくつかのパターンが考えられる。安全率の評価は、今後さらに検討を進める必要がある。

- ① 計画安全率－0.05・・・計画安全率に変えるケース。達成できないケースも。
- ② 一律 1.00
- ③ 一律 1.05
- ④ 初期安全率に応じて 1.00、1.03、1.05
- ⑤ 規模に応じて 1.00、1.03、1.05
- ⑥ 1.00～1.05 と幅をもたせて提示する。
- ⑦ 確率降水量による安定性評価の考え方を述べ、具体的な数字は提示しない。

#### 4. 今後の検討課題

地下水からみた概成判定を実施するためには、適切な地下水調査、地下水観測について提言することも必要である。

今後は、動態観測面、地下水からみた概成判定基準について、その意味や手法、適用範囲など、指針(案)として取りまとめる。

# 平成16年度 砂防堰堤施設改良影響調査

東北地方整備局 福島河川国道事務所

## 1 目的

本業務は、既設不透過型砂防堰堤である荒川第7堰堤のスリット化に伴い、想定される河床低下によって周辺施設や自然環境、温泉の源泉に与える影響や洪水時の保全対象への影響等について予測し、今後の事業の各種対策の基礎資料とするものである。

## 2 検討内容と結果

### 1) 堆積物調査

スリット化により洪水時に堆積物が流下することが想定されるため、昨年度実施した堆砂地堆積物の分析により確認された有害物質(鉛、ヒ素、総水銀)について、ボーリングコアから4サンプルを採取し、「土壌の環境基準」(H3. 8. 23 環境庁告示第46号)に従って室内で溶出試験を実施した。その結果(表-1)、堆積物内の分析結果と併せて下流への影響はほとんどないと推測された。

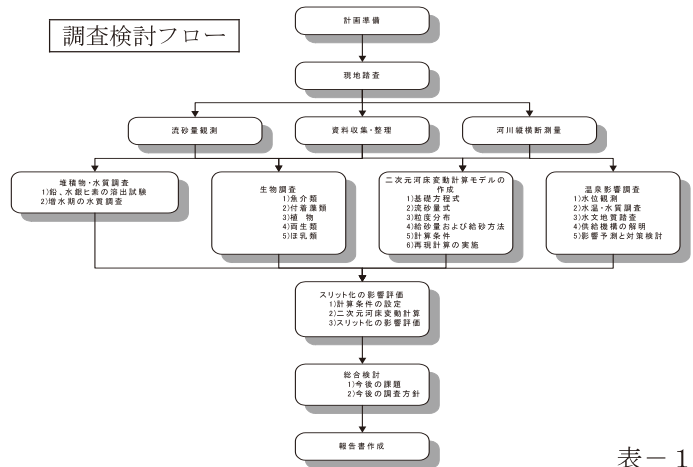


表-1

項目	単位	分析結果				環境基準値 (mg/L)
		S1 (砂礫)	S2 (シルト層)	S3 (シルト層)	S4 (旧河床堆積物)	
鉛 (Pb)	mg/L	不検出	不検出	0.005	不検出	0.01
ヒ素 (As)	mg/L	不検出	0.007	0.007	不検出	0.01
総水銀 (T-Hg)	mg/L	不検出	不検出	不検出	不検出	0.0005
密度 (比重)	-	2.733	2.753	2.741	2.742	-

### 2) 水質調査

スリット化により洪水時に堆積物の流下や施工中の濁水の流下による水域環境への影響を監視するために現況を把握する目的で、冬季(H16. 2. 2; 低水位)と秋季(H16. 10. 12; 豊水位)に、「生活環境項目」、「人の健康の保護に関する項目」などについて室内にて日本工業規格に準じて分析した。(表-2)

表-2

項目		試料名称						環境基準等
		P1 荒川游砂地上流		P2 土湯温泉		P3 荒川第7堰堤下流		
		冬季	秋季	冬季	秋季	冬季	秋季	
採取環境	採取月日	H16. 2. 2	H16. 10. 12	H16. 2. 2	H16. 10. 12	H16. 2. 2	H16. 10. 12	
	採取時間	12:15	11:20	11:30	12:10	11:10	12:40	
	天候	曇り	雨/晴	小雪	雨/晴	小雪	雨/晴	
	気温	-1.0	20.0	0.0	19.5	1.9	17.8	
水温	3.0	16.8	5.3	16.8	5.6	16.2		
生活環境項目	pH	7.8(19°C)	7.4(21°C)	7.0(19°C)	6.9(22°C)	6.2(19°C)	5.6(21°C)	② 6.5~8.5
	BOD	mg/L 0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	不検出	② <1.0
	SS	mg/L 不検出	11	8	10	9	12	② <25
	DO	mg/L 13	9.7	12	9.5	12	9.4	② >7.5
健康項目	T-CN	mg/L 不検出	—	不検出	—	不検出	—	① 検出されないこと
	NO <sub>2</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N	mg/L 0.23	0.18	0.30	0.09	0.27	0.13	① <10
その他の項目	臭気	—	微臭	無臭	微臭	無臭	微臭	③ 異常でないこと
	濁度	度 不検出	6	5	6	6	5	③ <2
	色度	度 不検出	2	不検出	不検出	不検出	不検出	③ <5
	電気伝導率	μS/m 18	16	24	16	26	17	
溶出試験項目	Pb	mg/L 不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	① <0.01
	As	mg/L 不検出	不検出	0.011	不検出	0.011	不検出	① <0.01
	T-Hg	mg/L 不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	① <0.0005
	COD	mg/L 0.8	—	1.0	—	1.1	—	③ <10
	硫化物	mg/L 不検出	不検出	0.5	0.5	0.6	0.5	
堆積物関連項目	T-N	mg/L 0.5	0.2	0.7	0.2	0.6	0.2	② <0.2
	NH <sub>4</sub> -N	mg/L 0.06	不検出	0.26	不検出	0.29	不検出	
	T-P	mg/L 不検出	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	② <0.01
	TOC	mg/L 0.4	—	0.2	—	0.2	—	③ <5
	Fe	mg/L 不検出	0.3	0.88	0.3	1.3	0.7	③ <0.3
	強熱減量	mg/L 23.5	20.5	28.9	14.2	19.0	13.6	

環境基準等  
 ①「水質汚濁に係る環境基準について」(昭和46年12月28日環境庁告示第59号)における人の健康の保護に関する環境基準  
 ②「水質汚濁に係る環境基準について」(昭和46年12月28日環境庁告示第59号)における生活環境の保全に関する環境基準  
 ただし、全窒素、全リンは湖沼における水質1種に該当する類型  
 ③水道法に基づく「水質基準に関する省令」(平成15年5月30日厚生労働省令第101号)

### 3) 生物調査

スリット化に伴う河床低下による地形の変化や施工時の自然環境に与える影響を推定するため、生物相の現況を把握し、影響が顕著にでると思われる第7堰堤周辺を対象に現地調査を実施した。

調査の結果、既往文献と併せても、周辺には希少な動植物はあまり生育・生息せず、スリット化による影響は小さいと推測された。

### 4) スリット化の効果と周辺施設への影響

スリット化による土砂量に対する効果と周辺施設への影響を予測するため、二次元河床変動計算モデルを用いて、1)現況地形、2)最終のスリット形状の2ケースについて計画規模の洪水時の二次元河床変動計算を実施した結果、スリット化により約4,500m<sup>3</sup>の調節量が増加し、下流保全対象への流出土砂による影響も無いと推測される。

さらに、二次元河床変動計算結果をもとに周辺施設に及ぼす影響を検討した結果、温泉施設、右岸市道への影響が考えられることがわかった。（表－3）

表－3

項目	現況	スリット後
7号温泉源泉付近の最高水位		
	<p><b>洪水水位が低下したことにより道路の冠水範囲が減少</b></p> <p>7号温泉源泉周辺の水位は、スリット化して河床が下げられた分、スリット化の方が低くなる。また、右岸が道路への越水範囲もスリット化した方がせまく、荒川第7堰堤上流だけを見た場合、スリット化による治水効果を発揮している。</p>	
7号温泉源泉付近の最大侵食深		
	<p><b>河床侵食により温泉施設、右岸道路擁壁基礎への影響が考えられる</b></p> <p>スリット化により縦断勾配が急になった影響から、スリット化した場合の侵食傾向が大きき、7号温泉源泉の揚湯量への影響を及ぼす可能性が高い。右岸側道路基礎周辺の洗掘傾向は大きな違いが認められなかった。</p>	
7号温泉源泉付近の最大堆積深		
	<p><b>土砂堆積については特に大きな変化は見られなかった</b></p> <p>図面範囲内の堆積深については大きな変化は見られなかった。</p>	

8 - 33

### 5) 温泉影響調査

河床変動計算結果から温泉揚湯量への影響が予想されるため、現状での温泉源の水位、水温、電気伝導度を観測するとともに温泉源周辺の水文地質踏査を実施し、その結果を基に帯水層（段丘砂礫層）の性質、土湯温泉群の温泉水の供給機構を可能な限り明らかにした。

さらに、調査解析結果と河床変動計算結果結果を基に、断面二次元地下水流動モデルを用い、温泉源の湯量の減少量と水温変化の予測について検討した結果（図－1）、温泉水位が6.9m低下することが想定され、揚湯が不可能となることがわかった。

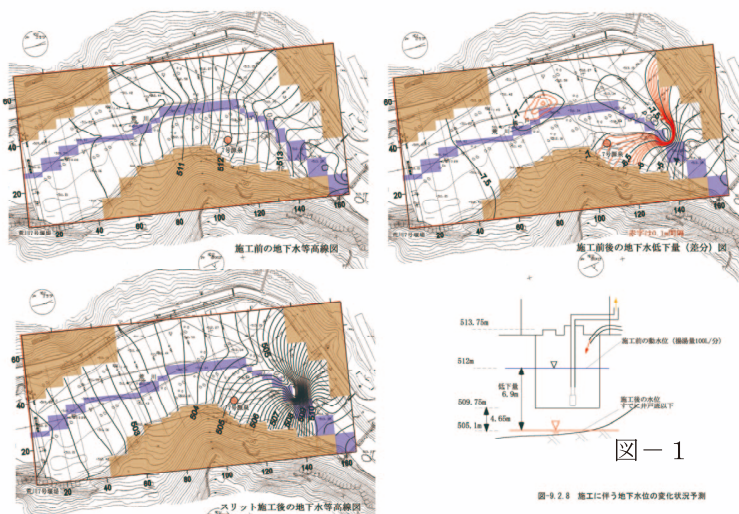


図-1 断面二次元地下水流動モデル  
**温泉水位が河床低下により6.9m低下し、温泉井戸下端から-4.6mになることが予想される**

### 6) まとめ

平成16年度の調査結果から、スリット化による調節量の増加とともに、下流保全対象や堆積物の流下、地形変化による貴重な動植物への影響については特に問題がない反面、洪水時の河床侵食により、温泉の揚湯障害、右岸市道擁壁基礎の安定への影響が想定されることがわかった。

## 平成 16 年度 火山防災情報提供検討概要

東北地方整備局 湯沢河川国道事務所

### 1. 目的

秋田駒ヶ岳は有史以降約 30 年間隔で噴火を繰り返す活火山であり、最近では 1971 年に噴火が発生している。一方秋田駒ヶ岳周辺は温泉地やスキー・キャンプ場など観光地として利用されており、たとえ小規模な噴火であっても山腹のこれら観光施設を利用する人に対する被害が懸念される。

また近年の有珠山や三宅島といった噴火災害の経験から、火山防災については平常時の備え、特に情報の収集や提供というソフト対策が重要であることが指摘されている。そこで秋田駒ヶ岳の噴火に備えて、周辺の観光地における行政から住民・観光客への防災情報提供のあり方を検討することを目的として調査を行い、現状での課題抽出と今後の方向性について取りまとめを行った。

### 2. 調査項目

項目	調査の目的・ねらい
①秋田駒ヶ岳での実態調査	観光地としての秋田駒ヶ岳の特徴、現状での情報提供内容と手段を調査し、対象地域の特徴の把握と課題抽出を行う。
②全国の情報提供事例との比較	先進的な事例から、秋田駒ヶ岳で不足している点の把握と、応用できる具体的な手法の取り込みをはかる。
③観光客の意識調査	観光客の置かれている立場、情報の受け取り側からの要望を把握し、あるべき情報提供の姿に反映させる。

### 3. 調査結果

#### (1) 秋田駒ヶ岳の特徴

- ・過去 30～40 年間隔で小規模な噴火を繰り返している。(最近は昭和 45 年)
- ・想定火口は山頂カルデラ 1 カ所と考えられるが、噴石や火砕流や溶岩など現象は多岐にわたる。
- ・山麓は登山、温泉、スキー場と年間を通じて観光に利用されている。
- ・特に中高齢者の登山が盛んであり、中小規模の噴火でも火口周辺の登山路には噴石などで被害がおよぶ可能性がある。

#### (2) 秋田駒ヶ岳周辺の観光客の実態

- ・8割が自家用車で訪れている。残りは新幹線、飛行機等により訪れている。
- ・秋田駒ヶ岳山麓の観光地である田沢湖高原周辺への来訪者数は年間約 100 万人程度。
- ・周辺の温泉への長期滞在型と、登山・スキーなどの短期滞在型(日帰り～1泊)が混在している。

#### (3) 全国の火山情報提供実態との比較

先進的に情報提供が行われている他火山と秋田駒ヶ岳での取り組みを比較した。その結果以下のように「マップなど手段の整備は進んでいるが、観光客に向けた情報提供はこれから取り組んでいく必要がある」と判断された。その上で秋田駒ヶ岳でも応用可能な具体的な手法を提案した。

- ・住民のみならず観光客に向けた火山ハザードマップが作成されている。
- ・小中学生向けの副読本が作成・配布されている。ただしその後は特に取り組みは行われていない。
- ・情報基盤として光ケーブル網を中心とした火山監視システムと火山情報センターを整備中。

#### (4) 観光客の意識調査結果

平成 17 年 3 月に田沢湖駅および田沢湖スキー場において、観光客を対象としたヒアリング調査を行った(有効回答数は 75 通)。調査のポイントとしては以下の 5 点を重点に火山に対する防災意識を把握することに努めた。

- ①活火山秋田駒ヶ岳の存在を知っているかどうか。
- ②噴火の可能性のある火山であることを知っているかどうか。
- ③過去に噴火した山であることを知っているかどうか。

④「災害時に必要な情報」として何が必要か。

⑤「情報の提供方法」としてどんな方法が適切であると思われるか。

またその他にも、田沢湖町商工観光課職員や秋田県自然公園管理員など常日頃から観光に携わって「情報を出す立場」にいる行政担当者に対してもヒアリングを行い、観光客の意識調査結果と併せて①周知啓発・防災教育、②避難路・避難場所、③防災情報の伝達手段の3点について、今後配慮すべき点を整理した。(表-1)

表-1 意識調査結果のとりまとめ

項目	観光客の意識、今後配慮すべき点
周知・啓発・防災教育	<p>○2/3の人が「秋田駒ヶ岳は活火山で噴火実績がある」ことを知らない。 →観光客に対して、過去の火山噴火状況や想定被害範囲を周知する。</p> <p>○東京など首都圏から初めて訪れた人が多く土地勘がない。 →地元住民などが火山防災について学習し観光客に伝える必要がある。</p>
避難場所・避難経路	<p>○観光客は土地勘がないため、避難場所や避難路以前に自分が今どこにいるのか、すらわからない。 →非常時には地元住民や山岳レンジャー、山岳ガイドなど土地をよく知っている人間が手助けすべき。そのための人材育成も必要である。</p> <p>→火山防災マップの携行版を観光客に配布提供する場を確保し、非常時の避難体制を周知する必要がある。</p>
防災情報の伝達手法	<p>○視覚的な伝達方法よりも「音」による伝達方法の方が効果的である。 →スピーカーは設置位置、設置方向によっては聞き取れないことがある。山の地形・建物名などの配置に配慮したが必要である。</p> <p>○携帯電話などのネット・電子媒体による情報提供は電源確保の問題、発信元回線の不具合が心配されており、伝達方法としては信用性に欠ける部分がある。 →緊急時の情報伝達手段としては、広報車や監視員による直接的な”呼びかけ”が有効である。</p>

#### 4. 観光地における火山防災周知啓発、情報伝達方法のあり方

以上の実態把握、意識調査結果から、秋田駒ヶ岳における情報伝達のあり方を、内容・平常時の周知啓発手法・緊急時の伝達手法に分けて現実的に実行可能な項目を提案した。

(1) 伝達すべき情報の内容

- ①観光地が火山活動によって作られていること
- ②万が一の時の火山噴火の危険性
- ③火山噴火時の情報提供の窓口
- ④観光地での避難場所・避難路・避難時の注意

(2) 平常時の周知啓発手法

- ①火山防災マップ、観光客向けパンフレットの活用
- ②火山情報センターの活用
- ③インターネット上での情報提供

(3) 緊急時の伝達手法

- ①広報車、ヘリコプターによる呼びかけ
- ②宿泊施設に対する情報提供 (FAX 等による一斉通報)
- ③火山監視システムを通じたライブカメラ画像の提供

#### 5. 今後の課題

今後は①夏期の観光客、地元住民に対しても継続的に意識調査を行うとともに、②緊急時における行政内部の役割分担、③スピーカーやFAXによる情報伝達網の整備、④火山情報センターでの平常時からのイベント開催、⑤観光客誘導のための住民に対する防災訓練、などに取り組んでいく必要がある。