

# 泊発電所の基準津波に関するコメント回答

平成27年8月21日  
北海道電力株式会社

## ○本日、ご説明内容

No	指摘事項	指摘時期	説明予定時期
1	火山の山体崩壊に伴う津波のうち、渡島大島の山体崩壊について、山体崩壊が発生する要因や火山形態に着目し、想定する崩壊について説明すること。また、地震による津波との重畳の考え方についても整理して説明すること。	H27年5月15日審査会合	H27年8月ご説明予定
2	既存の山体崩壊の事例について更なるレビューを行い、ニセコ・雷電火山群の評価を行うこと。	H27年5月15日審査会合	H27年8月ご説明予定
3	陸上地すべりに伴う津波のうち、川白の地すべり規模の評価について、更なる検討を行うこと。	H27年5月15日審査会合	H27年8月ご説明予定
4	岩盤崩壊に伴う津波において想定する崩壊規模については、過去の事例を踏まえた設定に加えて、現況の地形からの考察も踏まえた設定について検討すること。	H27年5月15日審査会合	H27年8月ご説明予定
5	Kinematic landslideモデルにおけるライズタイムの入力値等、入力データの設定方法及び適用性について示すこと。	H27年5月15日審査会合	H27年8月ご説明予定

1. 火山による山体崩壊に伴う津波	4
1-1 渡島大島に関する検討結果	6
1-2 ニセコ・雷電火山群に関する検討結果	12
1-2-1 山体崩壊と地質・地質構造等の関係について	14
1-2-2 山体崩壊と火山活動の関係について	32
1-2-3 ニセコ・雷電火山群の評価について	40
2. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波	42
2-1 川白に関する検討結果	44
3. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波	67
3-1 岩盤崩壊に関する検討結果	69
4. 津波影響評価（地震以外の津波）	76
4-1 計算条件及び計算手法について	80
4-2 津波影響評価（陸上地すべり・海底地すべり）	85
4-3 津波影響評価（岩盤崩壊）	111
4-4 津波影響評価（まとめ）	133
5. 基準津波の策定	135
6. 津波に対する安全性	147
6-1 取水路の水位変動について	149
6-2 貯留堰の容量について	162
参考文献	168

# 1. 火山による山体崩壊に伴う津波

1. 火山による山体崩壊に伴う津波	4
1-1 渡島大島に関する検討結果	6
1-2 ニセコ・雷電火山群に関する検討結果	12
1-2-1 山体崩壊と地質・地質構造等の関係について	14
1-2-2 山体崩壊と火山活動の関係について	32
1-2-3 ニセコ・雷電火山群の評価について	40
2. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波	42
2-1 川白に関する検討結果	44
3. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波	67
3-1 岩盤崩壊に関する検討結果	69
4. 津波影響評価（地震以外の津波）	76
4-1 計算条件及び計算手法について	80
4-2 津波影響評価（陸上地すべり・海底地すべり）	85
4-3 津波影響評価（岩盤崩壊）	111
4-4 津波影響評価（まとめ）	133
5. 基準津波の策定	135
6. 津波に対する安全性	147
6-1 取水路の水位変動について	149
6-2 貯留堰の容量について	162
参考文献	168

# 1. 火山による山体崩壊に伴う津波

## コメント・説明概要 (火山による山体崩壊に伴う津波)

### コメント概要

(H26.12.5 審査会合)

- 火山による山体崩壊に伴う津波について、評価対象の選定理由を説明すること。
- 火山による山体崩壊の想定について、地震による津波との重畳に関する検討の必要性も含めて説明すること。

### 説明概要

(H27.5.15 審査会合)

- 敷地周辺の海域火山について、海上保安庁(2014)に基づき、敷地に影響を与える可能性のある海域火山として **渡島大島** を抽出した。
- 敷地周辺の陸域火山について、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」を参考に、産業技術総合研究所(2013)「日本の火山(第3版)」に基づき、**ニセコ・雷電火山群**、**狩場山** 及び **勝瀨山** を抽出し、敷地に影響を与える可能性について検討した。
- 上記の結果、**渡島大島** が津波影響評価の検討対象として抽出され、**Satake (2007) に基づく1741年(渡島西岸)津波** による敷地への影響を確認したうえで、地震により山体崩壊が発生する可能性を考慮し、**現地形において山体崩壊** が発生した場合の影響について検討した。
- Satake (2007) に基づく1741年(渡島西岸)津波** については、火山噴火に伴う事象であり、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波とは独立した事象であると考えられるため、**組合せについては考慮しない** こととした。
- 現地形による山体崩壊に伴う津波** については、日本海東縁部に伴う津波との**組合せを考慮すること** とした。

(H27.5.15 審査会合)

- 火山の山体崩壊に伴う津波のうち、渡島大島の山体崩壊について、山体崩壊が発生する要因や火山形態に着目し、想定する崩壊について説明すること。また、地震による津波との重畳の考え方についても整理して説明すること。
- 既存の山体崩壊の事例について更なるレビューを行い、ニセコ・雷電火山群の評価を行うこと。

(今回検討方針)

- 渡島大島の現地形が崩壊する可能性について、**Satake (2007) を参考に、山体崩壊範囲を保守的に想定し、崩壊規模を算出** する。
- 上記において想定した崩壊規模と、Satake (2007) に基づく1741年(渡島西岸)津波のシミュレーションにおける**崩壊規模を比較したうえで、保守的な観点から、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波との組合せを考慮する候補となるケースを選定** する。
- 眉山の事例を踏まえ、眉山及びニセコ・雷電火山群の地形、地質・地質構造等を整理したうえで、**群発地震等により離れた箇所でも崩壊する可能性** について検討する。
- ニセコ・雷電火山群のうち、海岸部に分布する雷電山は活動を終えた火山であるが、**既往の山体崩壊の事例について更なるレビュー** を行い、雷電山で山体崩壊等が発生する可能性について検討する。

# 1-1 渡島大島に関する検討結果

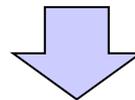
1. 火山による山体崩壊に伴う津波	4
1-1 渡島大島に関する検討結果	6
1-2 ニセコ・雷電火山群に関する検討結果	12
1-2-1 山体崩壊と地質・地質構造等の関係について	14
1-2-2 山体崩壊と火山活動の関係について	32
1-2-3 ニセコ・雷電火山群の評価について	40
2. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波	42
2-1 川白に関する検討結果	44
3. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波	67
3-1 岩盤崩壊に関する検討結果	69
4. 津波影響評価（地震以外の津波）	76
4-1 計算条件及び計算手法について	80
4-2 津波影響評価（陸上地すべり・海底地すべり）	85
4-3 津波影響評価（岩盤崩壊）	111
4-4 津波影響評価（まとめ）	133
5. 基準津波の策定	135
6. 津波に対する安全性	147
6-1 取水路の水位変動について	149
6-2 貯留堰の容量について	162
参考文献	168

# 1-1 渡島大島に関する検討結果

## 検討方針（渡島大島）

### 【既検討について】

- 火山による山体崩壊に伴う津波について、敷地に影響を与える可能性のある火山として、渡島大島を検討対象として抽出した。
- 渡島大島の山体崩壊に伴う津波の敷地への影響を確認する目的で、Satake (2007) に基づく1741年（渡島西岸）津波のシミュレーションを実施した結果、計算値は日本海東縁部に想定される地震に伴う津波を下回ることを確認した。
- Satake (2007) に基づく1741年（渡島西岸）津波のシミュレーションについては、火山噴火に伴う事象であり、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波とは独立した事象であると考えられるため、組み合わせについては考慮しないこととした。
- 眉山の事例を踏まえ、継続的に火山活動が認められる渡島大島については、地震により山体崩壊が発生する可能性を考慮し、渡島大島の現地形において山体崩壊が発生した場合の影響について検討を実施した。
- 現地形による山体崩壊に伴う津波については、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波との組み合わせを考慮することとした。



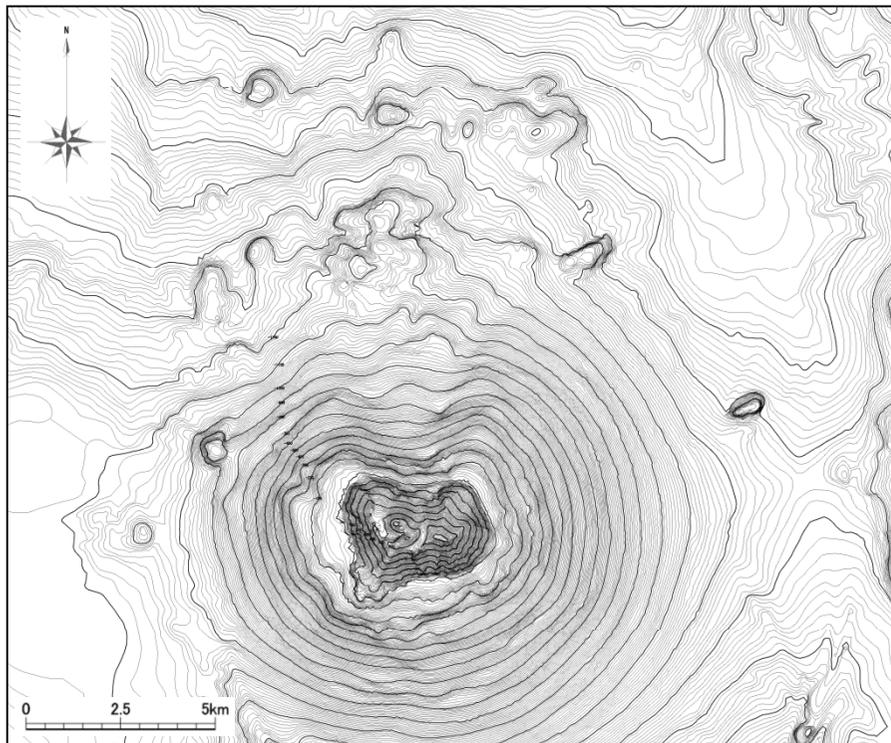
### 【追加検討について】

- 渡島大島の現地形が崩壊する可能性について、Satake (2007) を参考に、山体崩壊範囲を保守的に想定し、崩壊規模を算出する。
- 上記において想定した崩壊規模と、Satake (2007) に基づく1741年（渡島西岸）津波のシミュレーションにおける崩壊規模を比較したうえで、保守的な観点から日本海東縁部に想定される地震に伴う津波との組み合わせを考慮する候補となるケースを選定する。

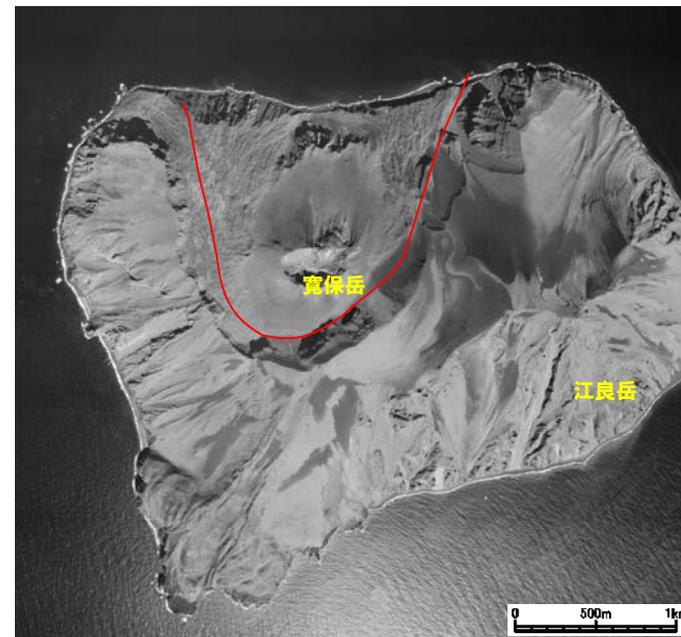
# 1-1 渡島大島に関する検討結果

## 山体崩壊規模の再評価

- 今後、火山活動が活発化した場合の山体崩壊範囲について、現地形及びSatake (2007) を参考に想定し、崩壊量の算出を行う。
- 海底地形図から山腹に側火山等の地形は認められないことから、渡島大島は水深1,000m付近からそびえる典型的な単成海底火山で、活動の中心は陸上部（渡島大島）と推定される。
- 空中写真から、1741年山体崩壊地内に後火山とみられる寛保岳が分布し、現在の火山活動の中心となっていると推定される。
- 今後の火山活動を考慮した山体崩壊の範囲としては、寛保岳の活動の活発化によるものを想定すると、1741年崩壊の規模に相当すると考えられることから、Satake (2007) を参考に現地形を考慮して設定した。



渡島大島の海底地形



凡例

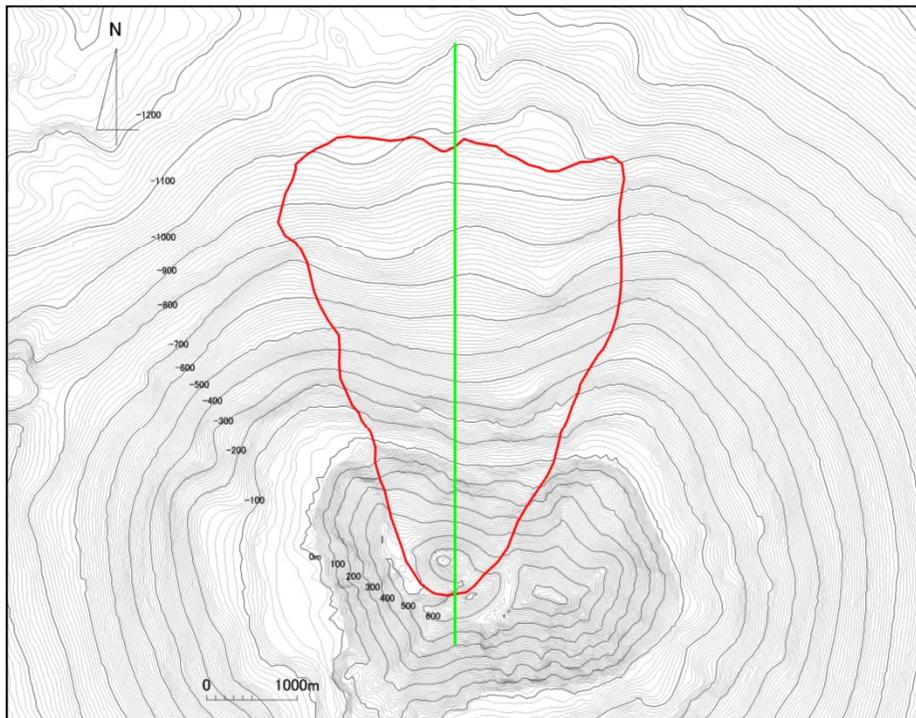
— : 崩壊範囲

1741年崩壊の陸上部の崩壊範囲

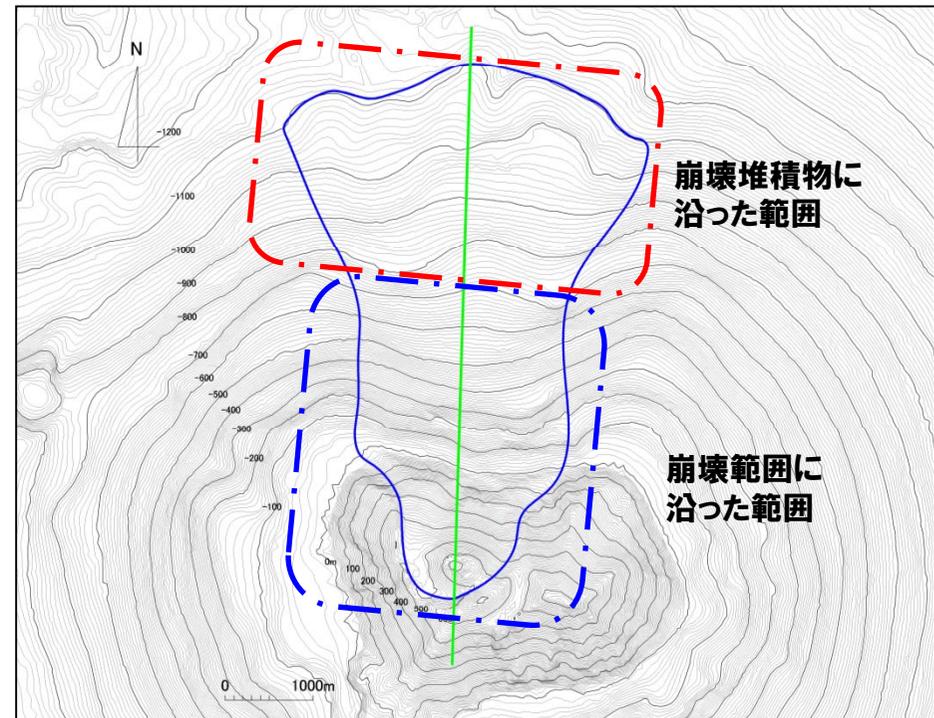
# 1-1 渡島大島に関する検討結果

## 崩壊規模の比較検討 (1/2)

- Satake (2007) の崩壊範囲を参考に、現地地形より1741年崩壊堆積物の範囲を想定した。
- 山体崩壊の範囲は、1741年崩壊範囲及び崩壊堆積物が再度、崩壊するものとして設定した。
- 崩壊層厚については、高速道路調査会 (1985) を参考に幅から設定した結果約280m、崩壊規模は約 $1.9 \times 10^9 \text{m}^3$ となり、Satake (2007) に基づく1741年 (渡島西岸) 津波のシミュレーションにおける崩壊規模 $2.4 \times 10^9 \text{m}^3$ とほぼ同等となった。



渡島大島 (Satake2007)



渡島大島 (現地形)

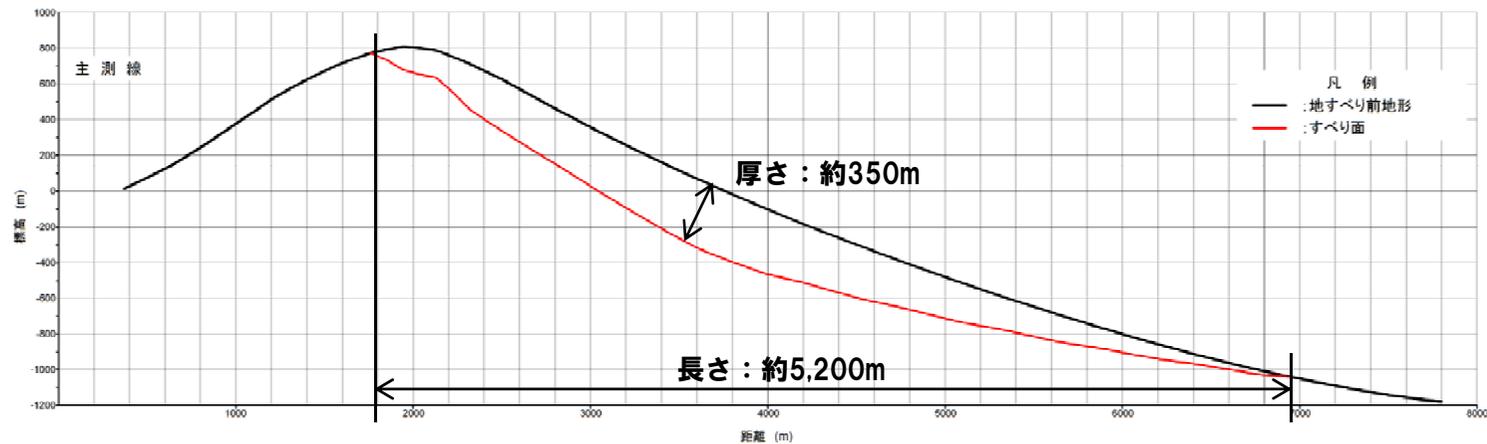
区分	崩壊規模 (m <sup>3</sup> )
1741年 (渡島西岸) 津波時 (Satake, 2007)	$2.4 \times 10^9$
現地形	$1.9 \times 10^9$

# 1-1 渡島大島に関する検討結果

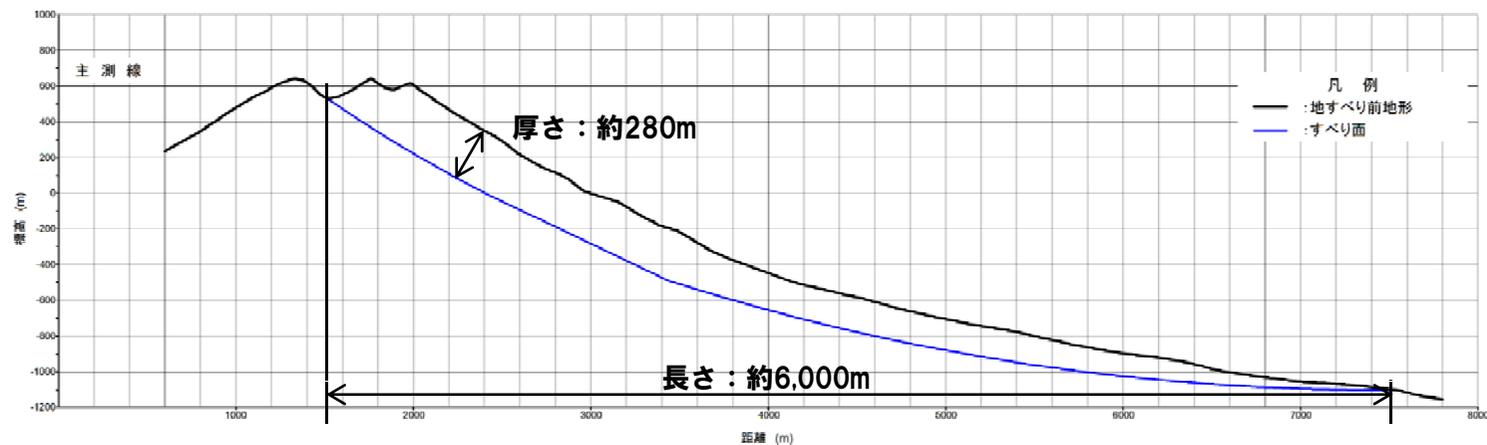
## 崩壊規模の比較検討 (2/2)

○崩壊層厚及び縦断面形状はSatake (2007) とほぼ同等である。

渡島大島 (Satake2007)



渡島大島 (現地形)

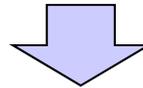


崩壊地形の断面形状

# 1-1 渡島大島に関する検討結果

## まとめ

- 今後、渡島大島の火山活動が活発化し、山体の膨張により規模が拡大する可能性も考えられることから、Satake (2007) を参考に、山体崩壊範囲を保守的に想定し、崩壊規模を算出したうえで、Satake (2007) に基づく1741年(渡島西岸)津波における崩壊規模との比較を行った。
- 算出された崩壊規模は約 $1.9 \times 10^9 \text{m}^3$ となり、Satake (2007) に基づく1741年(渡島西岸)津波のシミュレーションにおける崩壊規模 $2.4 \times 10^9 \text{m}^3$ とほぼ同等となった。



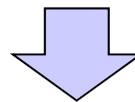
- 以上のことから、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波との組合せを考慮する候補となるケースは、保守性を考慮して、Satake (2007) に基づく1741年(渡島西岸)津波のシミュレーション結果とする。

1. 火山による山体崩壊に伴う津波	4
1-1 渡島大島に関する検討結果	6
1-2 ニセコ・雷電火山群に関する検討結果	12
1-2-1 山体崩壊と地質・地質構造等の関係について	14
1-2-2 山体崩壊と火山活動の関係について	32
1-2-3 ニセコ・雷電火山群の評価について	40
2. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波	42
2-1 川白に関する検討結果	44
3. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波	67
3-1 岩盤崩壊に関する検討結果	69
4. 津波影響評価（地震以外の津波）	76
4-1 計算条件及び計算手法について	80
4-2 津波影響評価（陸上地すべり・海底地すべり）	85
4-3 津波影響評価（岩盤崩壊）	111
4-4 津波影響評価（まとめ）	133
5. 基準津波の策定	135
6. 津波に対する安全性	147
6-1 取水路の水位変動について	149
6-2 貯留堰の容量について	162
参考文献	168

## 検討方針（ニセコ・雷電火山群）

## 【既検討について】

- ニセコ・雷電火山群について、地表地質踏査結果により、海岸部には堅硬な火砕岩類が連続して分布していることを確認した。
- ニセコ・雷電火山群の活動状況について確認した結果、活動は大局的に西から内陸部へ移動しており、最新の活動と考えられるイワオヌプリは、近年では、噴気や地熱域は認められないこと等から、火山活動に伴う山体崩壊等が発生する可能性は小さいと判断した。
- また、イワオヌプリから海域までの距離を考慮すると、仮に山体崩壊等が発生しても、土塊が海域に到達する可能性は小さいと推定された。
- 井口（2006）では、ニセコ・雷電火山群において、海域に到達するような大規模崩壊の発生は確認されなかった。
- 以上のことから、ニセコ・雷電火山群において山体崩壊等により津波が発生する可能性は小さいと判断した。



## 【追加検討について】

- 眉山の事例を踏まえ、眉山及びニセコ・雷電火山群の地形、地質・地質構造等を整理したうえで、群発地震等により離れた箇所で崩壊する可能性について検討する。
- ニセコ・雷電火山群のうち、海岸部に分布する雷電山は活動を終えた火山であるが、既往の山体崩壊の事例について更なるレビューを行い、雷電山で山体崩壊等が発生する可能性について検討する。

1. 火山による山体崩壊に伴う津波	4
1-1 渡島大島に関する検討結果	6
1-2 ニセコ・雷電火山群に関する検討結果	12
1-2-1 山体崩壊と地質・地質構造等の関係について	14
1-2-2 山体崩壊と火山活動の関係について	32
1-2-3 ニセコ・雷電火山群の評価について	40
2. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波	42
2-1 川白に関する検討結果	44
3. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波	67
3-1 岩盤崩壊に関する検討結果	69
4. 津波影響評価（地震以外の津波）	76
4-1 計算条件及び計算手法について	80
4-2 津波影響評価（陸上地すべり・海底地すべり）	85
4-3 津波影響評価（岩盤崩壊）	111
4-4 津波影響評価（まとめ）	133
5. 基準津波の策定	135
6. 津波に対する安全性	147
6-1 取水路の水位変動について	149
6-2 貯留堰の容量について	162
参考文献	168

文献調査(雲仙眉山崩壊 中村ほか, 2000)

再掲(H27/5/15審査会合)

**【概要】**

- 眉山は雲仙火山群の最東端に位置する石英安山岩質の溶岩円頂丘(Lava dome)で、北部の七面山(標高819m)と南側の天狗山(標高708m)の2つの釣鐘状ドームから成っている。
- 1792年5月21日20時頃(寛政四年四月一日酉の刻)に、天狗山が山頂部の背後にも達する大崩壊を起こし、さらに有明海に突入した崩土が大津波を誘発して、島原城下をはじめ対岸の肥後をも含めた有明海沿岸の広範囲で、死者行方不明約一万五千人という未曾有の火山災害を発生させた。
- この崩壊により天狗山は約150m低くなり、幅1,000m、長さ2,000m、深さ170mの馬蹄形の典型的な崩壊跡を残した。
- 崩壊土量は $3.4 \times 10^8 m^3$ と見積もられ、島原の海岸線は約870m前進し沖合にも数十の小島が誕生した。

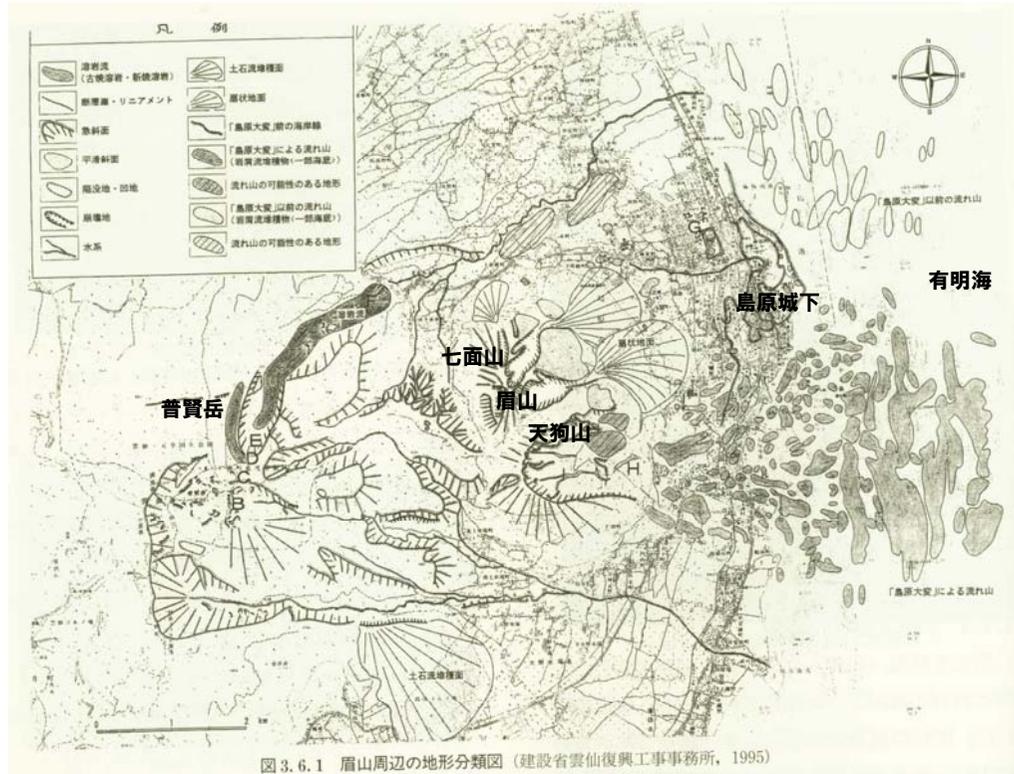


図 3.6.1 眉山周辺の地形分類図 (建設省雲仙復興工事事務所, 1995)

雲仙普賢岳周辺の地形分類図  
(中村ほか, 2000に一部加筆)

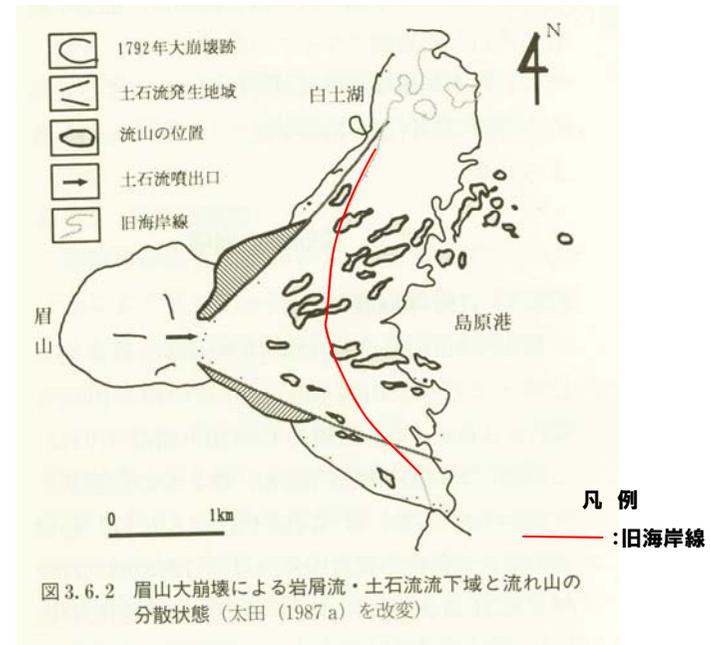


図 3.6.2 眉山大崩壊による岩屑流・土石流流下域と流れ山の分散状況 (太田 (1987 a) を改変)

眉山崩壊岩屑流と流れ山の分散状況  
(中村ほか, 2000に一部加筆)

文献調査(雲仙眉山崩壊 中村ほか, 2000;太田, 1987a)

一部修正(H27/5/15審査会合)

#### 【崩壊までの経緯】

- 眉山崩壊は、以下のように群発地震の発生から普賢岳の噴火を経て、島原四月朔(さく)地震発生後、崩壊に至っている。
  - 1791年11月3日に島原半島西部の小浜(おばま)付近で地震が発生、それ以後小浜や千々石(ちぢわ)一帯で群発地震が発生する。
  - 1792年2月11日に普賢岳が噴火し、その後3月に溶岩の流出が始まり、島原半島では炭酸泉の湧出、炭酸ガスの噴気、地割れ等が発生(地質の脆弱化)。
  - 群発地震の活動中心が半島西部から東部に移り、4月21日には島原中心に地震が群発し始める(岩盤疲労)。
  - 4月25日には最大規模の地震(島原三月朔地震、震度V~VIが8回)が発生。地割れ等が多数生じ、地下水の上昇も見られる(地下水の異常上昇)。
  - 5月21日17時頃より地震が数回続き、20時頃強い地震(島原四月朔地震、M6.4±0.2)が2回発生した後、眉山が崩壊した(地震の発生)。
  - 崩壊に伴い、3波の津波が発生し、有明海沿岸に大きな被害を与え、最も大きい第2波の高さは、約10mと推定されている。

#### 【震源との距離】

- 震源は特定されていないが、震源の可能性が高い近傍の千々石断層及び布津断層の距離は、約5kmである。

#### 【崩壊の原因】

- 崩壊の原因については諸説あったが、太田(1987a)によれば、米国セントヘレンズ火山の山体崩壊や御岳(おんたけ)山の斜面崩壊などの事例から、それまでの諸説を整理したうえで、崩壊は以下のような、熱水の増大と中～小規模の直下型浅発地震との複合作用によるものとされている。

- ① 亀裂の発達が激しく脆弱な地質
- ② 頻発した地震群による岩盤疲労の進行
- ③ 眉山山体内の熱水圧と地下水位の異常上昇
- ④ 直接の誘因として中～小規模の直下型浅発地震の発生

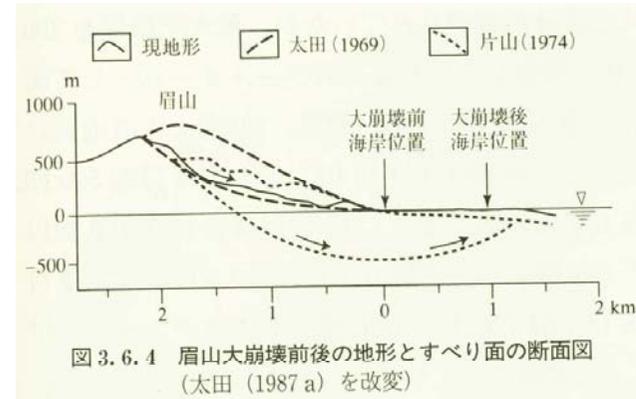


図 3.6.4 眉山大崩壊前後の地形とすべり面の断面図  
(太田(1987a)を改変)

断面から推定される $H/L=0.7/3.5=0.2$

眉山崩壊前後の地形

## 文献調査(雲仙火山群 唐木田ほか, 1992;倉沢ほか, 1965)

- 雲仙火山群は島原半島の約70%を占め、そのうち眉山はその最東端に位置する。
- 火山群の活動は、約30万～25万年前に開始し、第Ⅰ～Ⅴ期に区分される。
- 第Ⅲ期と第Ⅳ期との間には火山体の変動期があり、火山体の内側陥没と断層運動が認められる。
- また、第Ⅴ期は記録のある有史時代から現在までの活動を指す。
- 雲仙火山群は、吾妻岳の南側に東西方向の千々石(ちぢわ)断層と、小浜南方のほぼ東西方向の金浜(かなはま)断層、その東方の布津(ふつ)断層に挟まれた雲仙地溝と呼ばれる、第Ⅲ～Ⅳ期に形成された陥没構造を持つ。
- 眉山は北側の七面山と南側の天狗山からなり、第Ⅳ期で溶岩円頂丘(Lava dome)が形成され、第Ⅴ期の1792年5月、地震により天狗山の山体が崩壊した。
- 崩壊物は眉山溶岩の岩片と細粒の火砕岩からなり、非常に脆い岩相とされ、流れ山を形成している。
- 眉山溶岩円頂丘は、地下から直上に上昇して形成されたものではなく、雲仙火山体の中心より東方にいくらか傾いた方向に上昇噴出したもののようで、これが地震により容易に東方へ崩落する原因になったと考えられるとされている。

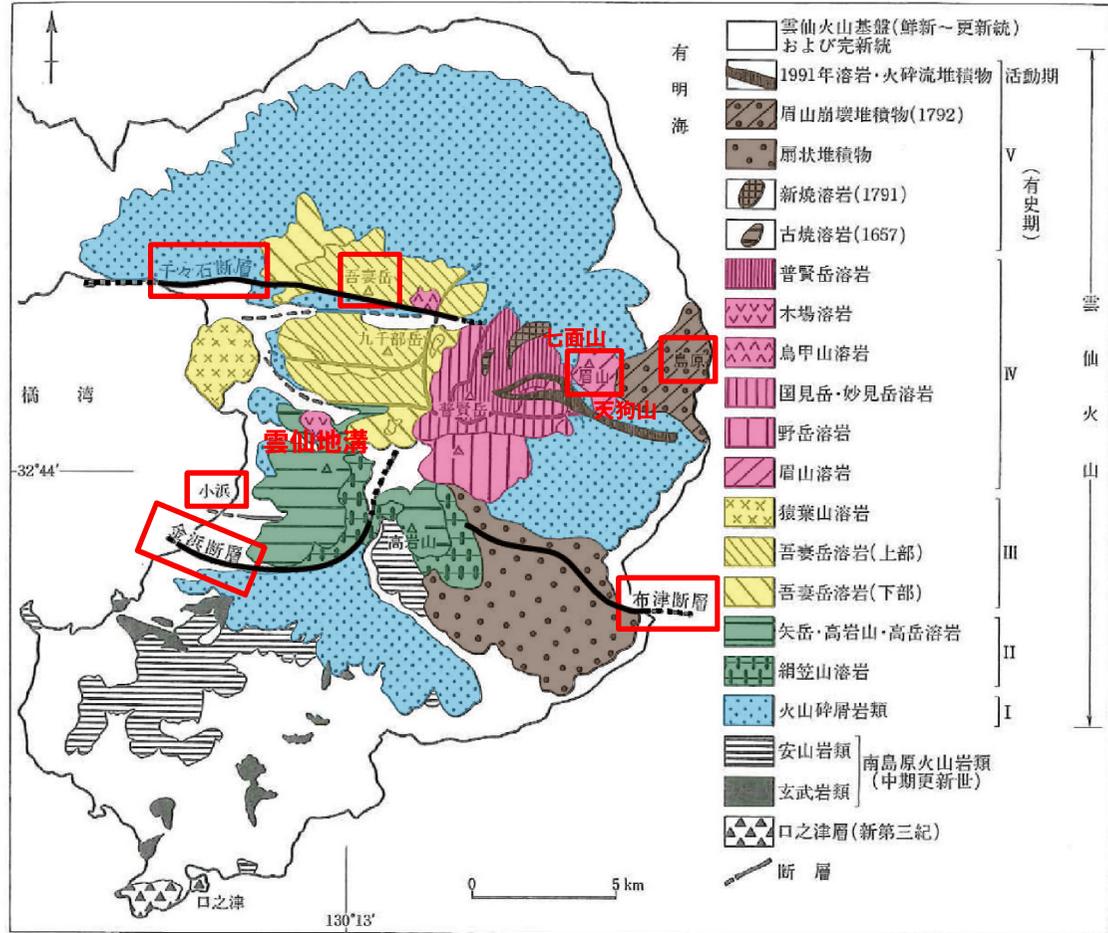


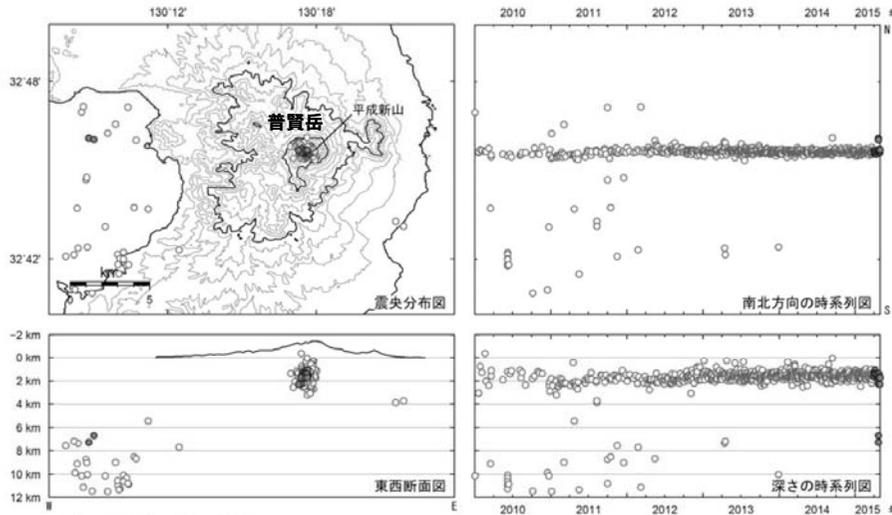
図4.8 雲仙火山地質図(倉沢・高橋, 1965より編集)

島原半島の地質図  
(唐木田ほか, 1992に一部加筆)

## 眉山周辺の地震活動

- 2010年～2015年の眉山周辺の地震活動を確認した。
- 地震活動は普賢岳周辺に集中しており、眉山までの距離は5km以内である。

火山活動解説資料（平成 27 年 4 月）



● : 2015年4月の震源  
○ : 2010年1月～2015年3月の震源

図3 雲仙岳 震源分布図（2010年1月～2015年4月）

< 4月の状況 >

震源は、平成新山付近の海拔下1～2 kmと橘湾の海拔下7 kmに分布しました。

**雲仙岳周辺の地震活動（2010～2015年）**  
（福岡管区気象台 火山監視・情報センター、2015に一部加筆）



図 3.6.1 眉山周辺の地形分類図（建設省雲仙復興工事事務所、1995）

**雲仙普賢岳周辺の地形分類図**  
（中村ほか、2000に一部加筆）

## ニセコ・雷電火山群の概要

一部修正(H27/5/15審査会合)

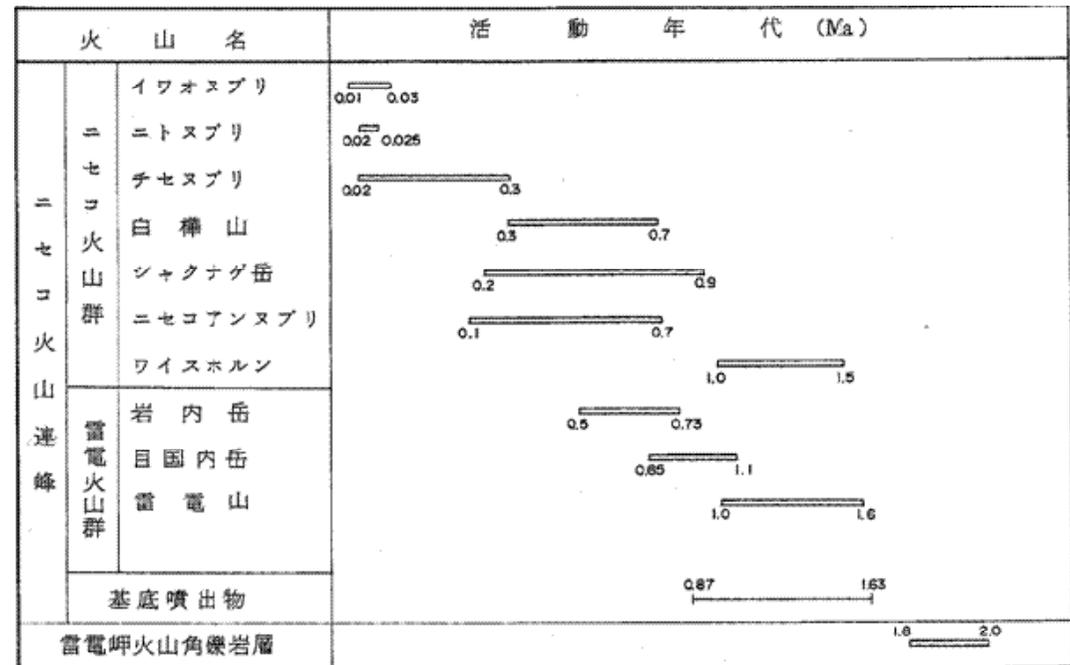
- 位置：敷地の南東方約22km
- 構成：3火山群（ワイスホルン、ニセコ火山群、雷電火山群）（小疇ほか，2003）
- 活動：約160万年前に雷電山，ワイスホルンの活動に始まり，現在まで活動している。活動は3期に分かれ，現在は内陸部のイワオヌプリが小規模に活動している。



「日本の火山(第3版)」に基づき作成

ニセコ・雷電火山群の位置

ニセコ・雷電火山群の各火山の活動年代 (NEDO, 1986による)



- 第1期：雷電山・ワイスホルン
- 第2期：目国内岳・岩内岳・ニセコアンヌプリ・シャクナゲ岳・白樺山
- 第3期：チセヌプリ・ニトヌプリ・イワオヌプリ

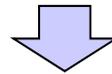


○最新の活動は、内陸部のイワオヌプリである。

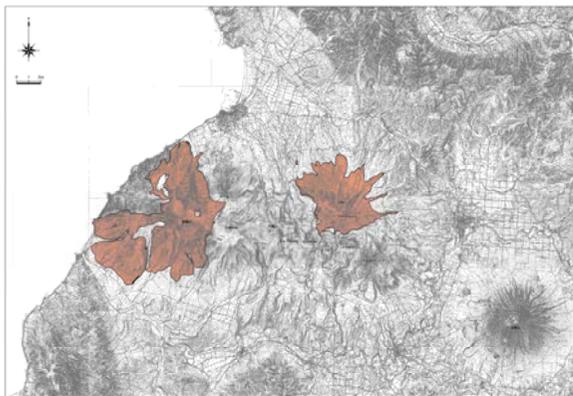
## 活動の変遷 (ニセコ・雷電火山群)

一部修正(H27/5/15審査会合)

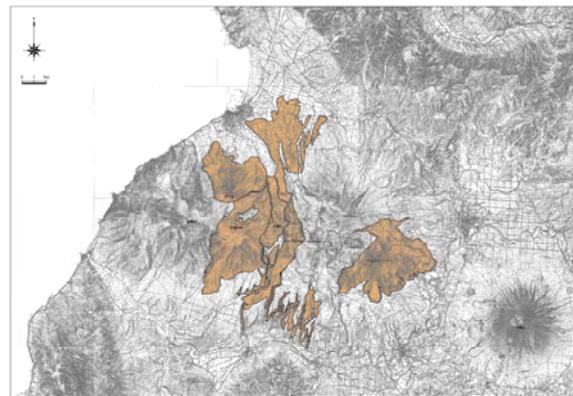
- 児玉ほか(1998b)によれば、ニセコ・雷電火山群の活動は全体として東部に移動しているとされている。
- 勝井ほか(2007)によれば、ニセコ火山の山体形成は、西側からしだいに東側へと波及していき、イワオヌプリの活動が最も新しいとされている。
- 気象庁(2013)では、江戸時代後半や20世紀初頭にはイワオヌプリ山頂部で噴気活動があったとされている。
- 奥野(2003)によれば、イワオヌプリから噴出されたスコリア直下の腐植土の<sup>14</sup>C年代測定結果が、若い可能性があるとしながら6,030±80BPとされており、他のニセコ・雷電火山群の火山噴出物の年代値と比較しても新しい。



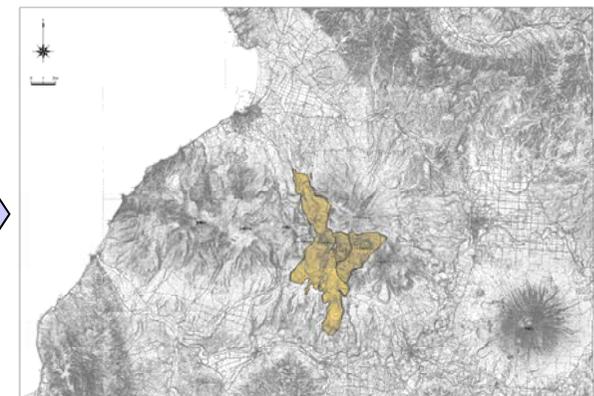
- 活動は大局的に西(沿岸部)から内陸部へ移動し、ニセコ・雷電火山群において現在活動している火山はイワオヌプリであると考えられる。



第1期 (1.6-1.0Ma)  
雷電山: 1.6-1.0Ma  
ワイスホルン: 1.5-1.0Ma



第2期 (1.1-0.1Ma)  
目国内岳: 1.1-0.65Ma, 岩内岳: 0.73-0.5Ma  
ニセコアンヌプリ: 0.7-0.1Ma, シャクナゲ岳: 0.9-0.2Ma  
白樺山: 0.7-0.3Ma



第3期 (0.3-0.01Ma)  
チセヌプリ: 0.3-0.02Ma  
ニトヌプリ: 0.025-0.02Ma  
イワオヌプリ: 0.03-0.01Ma

ニセコ・雷電火山群の活動の変遷 (地質分布はNEDO, 1987を複写, 年代値はNEDO, 1986による)

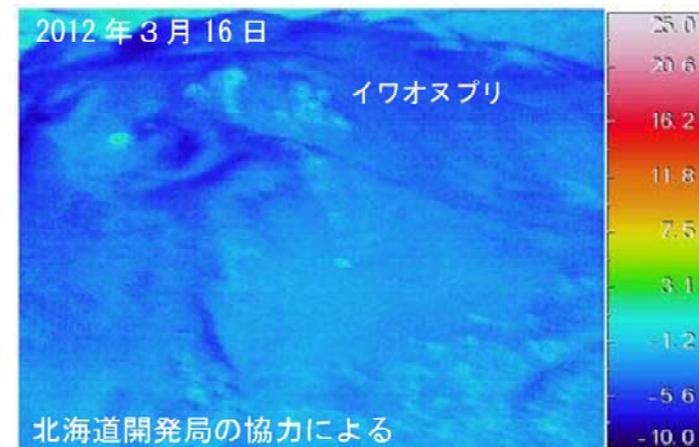
## 参考 イワオヌプリの状況 (気象庁 火山活動解説資料)

再掲(H27/5/15審査会合)

- 気象庁では、ニセコ・雷電火山群のうち最新の火山活動が起こっているイワオヌプリについて、平成16年から年に1回程度、火山活動解説資料を報告している。
- 調査項目は、山体の上空からの観測及び赤外熱映像装置による観測である。
- 近年では、イワオヌプリには噴気や地熱域は認められず、噴火の兆候は認められない**としている。



イワオヌプリに噴気は認められない  
(上空から撮影, 気象庁HPより)



イワオヌプリに地熱域は認められない  
(赤外熱映像装置による地表面温度分布, 気象庁HPより)

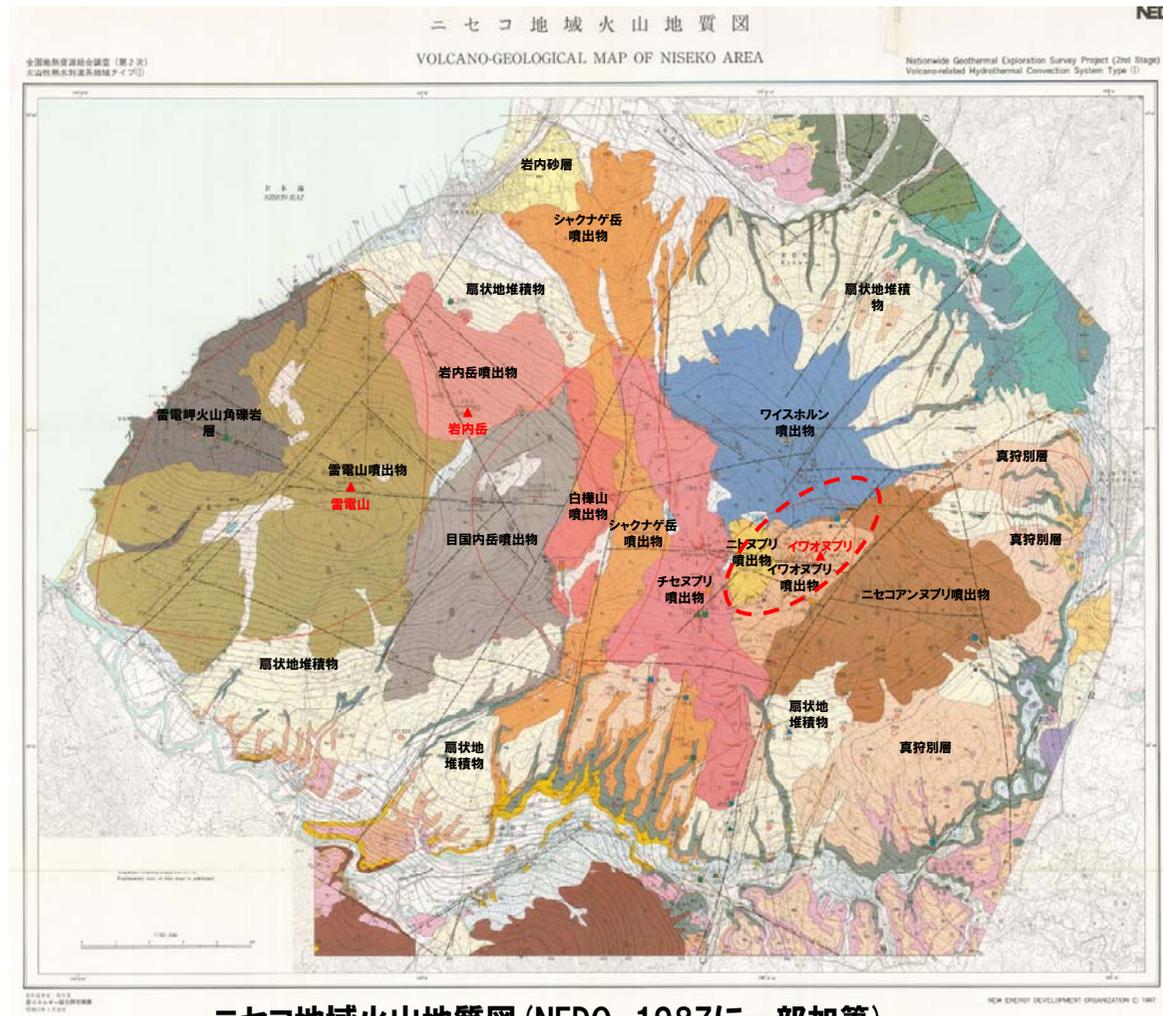
イワオヌプリに関する火山活動解説資料 (気象庁HP) を整理した表

年	月	気象庁の見解(火山活動)	調査項目	備考
H16	5	噴気は認められない。	上空からの観測	
H18	7	噴気や高温域は認められない。火山活動は静穏な状況。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H19	5	噴気や高温域は認められない。火山活動は静穏な状況。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H20	3	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	H19.12.1に噴火予報(正常)を発表
	6	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H23	7	噴気や日射の影響を上回る地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H24	3	噴気は認められず、地熱域の状況に特段の変化はない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H26	9	噴気は認められない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は見られない。	上空からの観測	

## ニセコ・雷電火山群の地質 (1/3)

一部修正(H27/5/15審査会合)

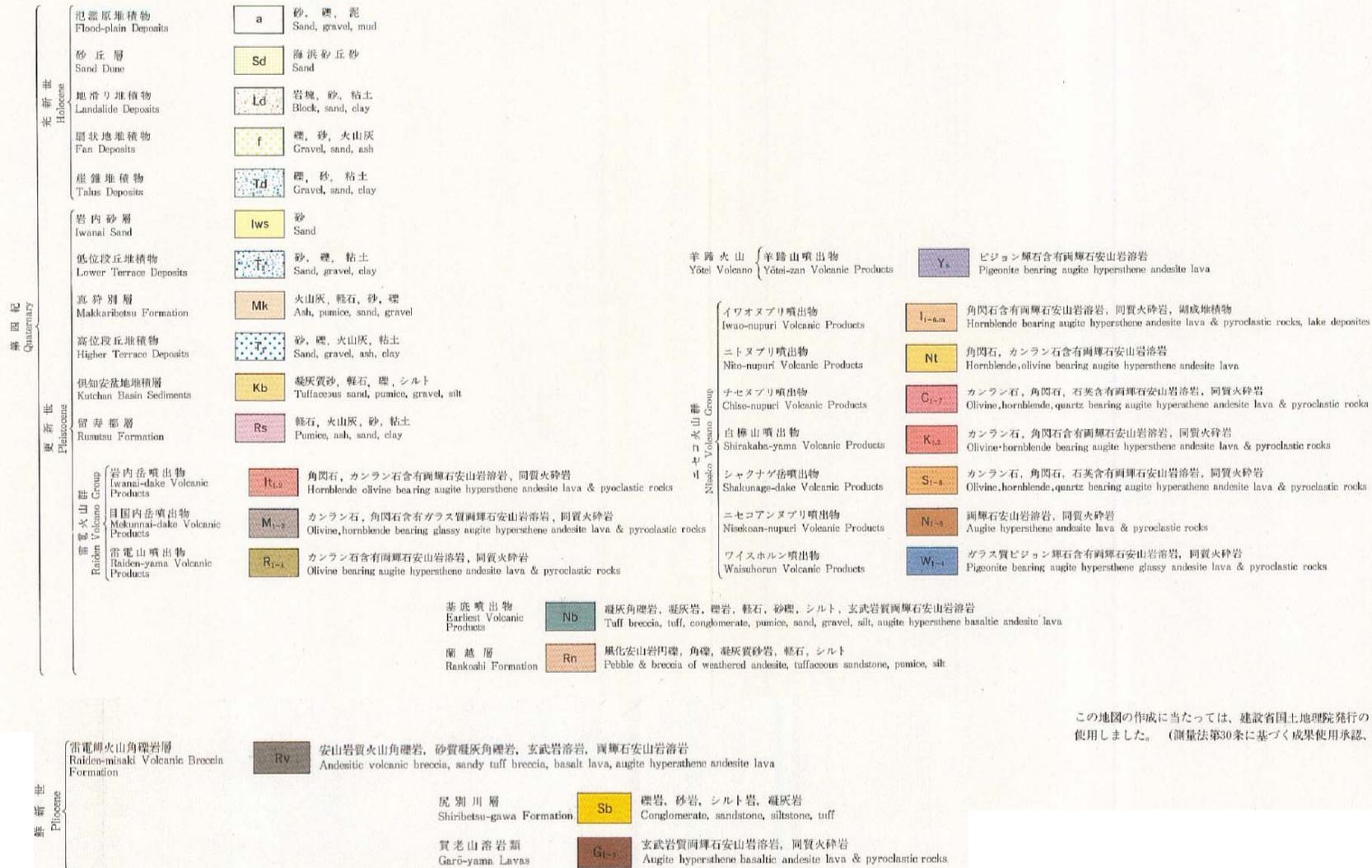
- ニセコ・雷電火山群のうち、海岸部には第四系更新統の雷電岬火山角礫岩層が分布している。
- 地表地質踏査結果により、海岸部には堅硬な火砕岩類が連続して分布していることを確認しており、未固結の噴出物等が厚く堆積している状況は認められない。



# 1-2-1 山体崩壊と地質・地質構造等の関係について

## ニセコ・雷電火山群の地質 (2/3)

再掲(H27/5/15審査会合)



この地図の作成に当たっては、建設省国土地理院発行の5万分の1地形図を使用しました。(測量法第30条に基づく成果使用承認、昭61道使、第54号)

### ニセコ地域火山地質図(凡例) (NEDO, 1987より抜粋)

## ニセコ・雷電火山群の地質 (3/3)

再掲(H27/5/15審査会合)

温泉・鉱泉 Hot and mineral springs

泉質 Water chemistry	水温 Water temperature (°C)				
	<25	≥25- <42	≥42- <60	≥60- <90	≥90
塩化物泉 Chloride spring	●	●	●	●	●
炭酸水素塩泉 Bicarbonate spring	▲	▲	▲	▲	▲
硫酸塩泉 Sulphate spring	■	■	■	■	■

(地熱調査井・温泉などの番号は説明書第3表及び第6表の番号と同じ)  
Numbers of geothermal exploration wells, hot springs and others correspond to those in Tables 3 and 6 of the text.)

- 先第四系中の推定断層  
Inferred fault in the pre-Quaternary System
- ランドサット画像判読による、連続的で顕著な(強)リニアメント  
Strong Lineaments from Landsat Image
- レーダー画像判読による、主要(1次)リニアメント(顕著なもの)  
Major Lineaments from SAR Image
- 航空写真判読による、明瞭なリニアメント  
Strong Lineaments from Aerial Photograph
- 等重力線(ブーゲー異常), 1ミリガル間隔  $\rho=2.3 \text{ g/cm}^3$   
Gravity contour (Bouguer anomaly), 1 milligals interval  $\rho=2.3 \text{ g/cm}^3$
- H** 高重力域  
Gravity "High"
- L** 低重力域  
Gravity "Low"
- Cu** 銅  
Copper
- Pb,Zn** 鉛, 亜鉛  
Lead, Zinc
- Fe** 鉄  
Iron
- Mn** マンガン  
Manganese
- S** 硫黄  
Sulphur
- Cl** 粘土  
Clay
- 変質帯  
Alteration zone
- 噴気(90°C以上)  
Fumarole (higher than 90°C)
- 冷泉・湧水  
Cold spring
- 地熱調査井(全国地熱資源総合調査関係)  
Geothermal exploration well (Nationwide geothermal exploration survey project)
- 温泉調査井  
Hot spring prospect well
- 磁化方位測定用試料採取位置  
Sample localities of paleomagnetometry
- K-Ar年代測定用試料採取位置  
Sample localities of K-Ar dating
- <sup>14</sup>C年代測定用試料採取位置  
Sample localities of radiocarbon age dating

貫入岩類  
Intrusive Rocks

- A** 新期安山岩  
Younger andesite
- An** 両輝石安山岩  
Augite hypersthene andesite
- Gr** 花崗岩類  
Granitic rocks
- R** 流紋岩  
Rhyolite

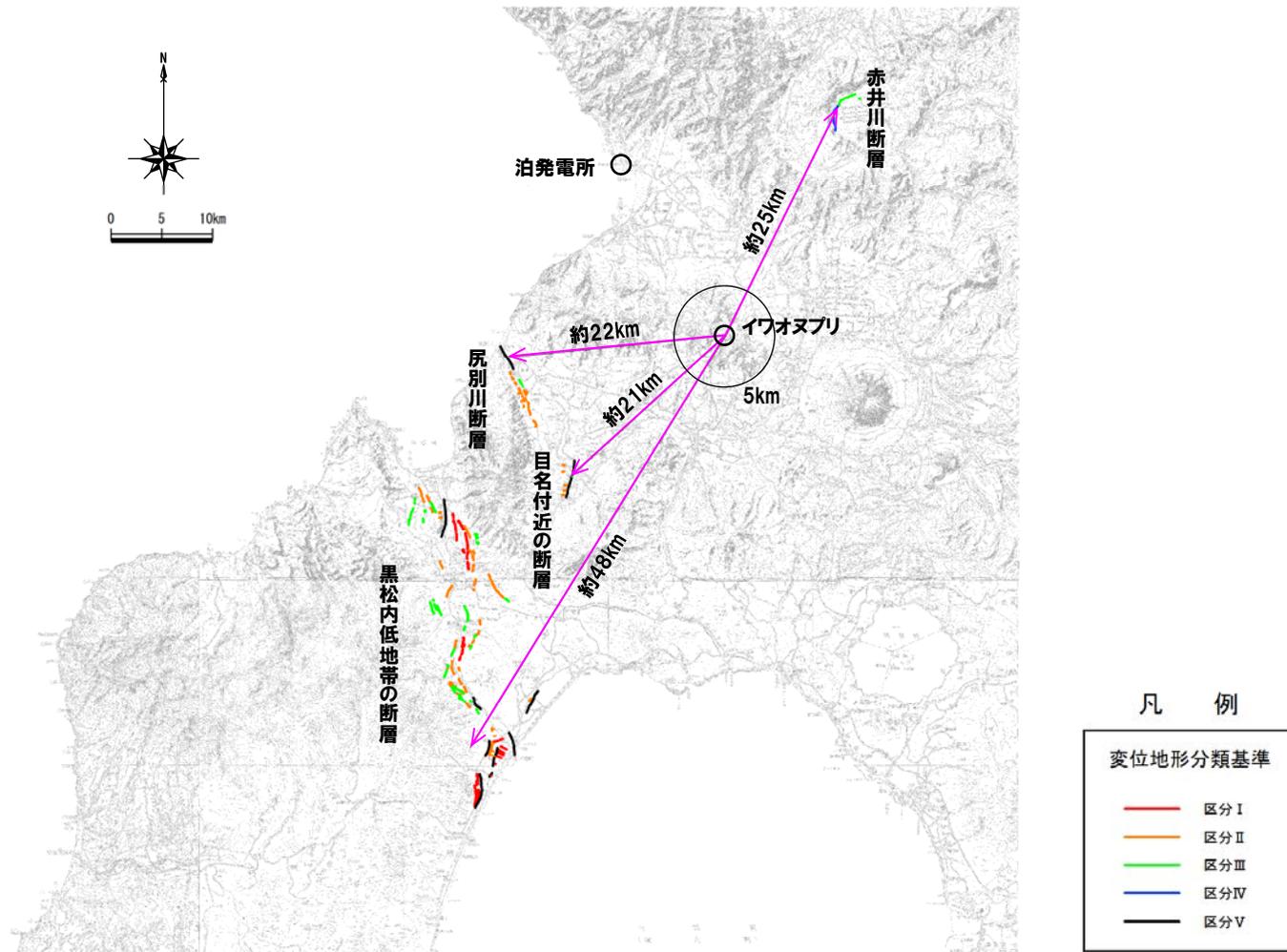
- 火山山頂  
Peak of volcano
- 火口  
Crater
- 円頂岳  
Lava dome
- 溶岩じわ  
Lava folds
- 溶岩・火砕流堤防  
Lava levee
- 堰止湖  
Dammed lake
- 地滑り崩落地形  
Landslide scar
- フローユニット界  
Flow-unit boundary
- 走向および傾斜  
Strike & dip

この地質図の印刷に当たっては、工業技術院地質調査所発行のカラーチャートを使用しました。(承認番号G1地調第666号)

## ニセコ地域火山地質図(凡例)(NEDO, 1987より抜粋)

## ニセコ・雷電火山群周辺の地質構造

○文献調査及び当社の調査結果によれば、ニセコ・雷電火山群周辺には尻別川断層が認められるが、現在の活動中心であるイワオヌプリから5km以内には震源となる活構造は認められない。



敷地周辺陸域の変位地形分布図

(泊発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書(3号発電用原子炉施設の変更), 平成25年7月に一部加筆)

## ニセコ・雷電火山群の海岸部の崩壊地形(1/2)

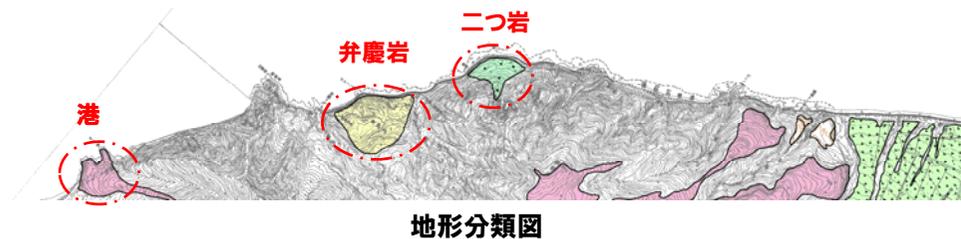
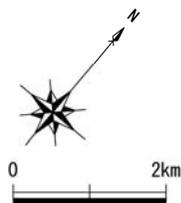
一部修正(H27/5/15審査会合)

- ニセコ・雷電火山群の海岸部周辺について、空中写真判読を行い、地形分類図を作成した。
- 空中写真判読結果によれば、海域に直接面する地形は、弁慶岩・二つ岩の2箇所(崖錐及び地すべり)及び港付近の1箇所(雷電山起源の溶岩流)である。
- 弁慶岩については、陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)(以下、「陸上地すべり」という。)に伴う津波の検討を行い、敷地への影響は小さいことを確認している。
- 二つ岩については、空中写真判読及び地表地質踏査の結果から、地すべり地形ではないと評価している。
- 港については、雷電山起源の溶岩流が認められるが、空中写真判読結果によれば、地すべり地形は抽出されなかった。

- ニセコ・雷電火山群の海岸部周辺について、地すべり地形DBによる地すべり地形分布図を抽出した。
- 地すべり地形DBで抽出される海域に直接面する地すべりは、弁慶岩及び二つ岩である。
- 弁慶岩については、陸上地すべりに伴う津波の検討を行い、敷地への影響は小さいことを確認している。
- 二つ岩については、空中写真判読及び地表地質踏査の結果から、地すべり地形ではないと評価している。
- なお、港については、地すべり地形の記載はない。

凡 例

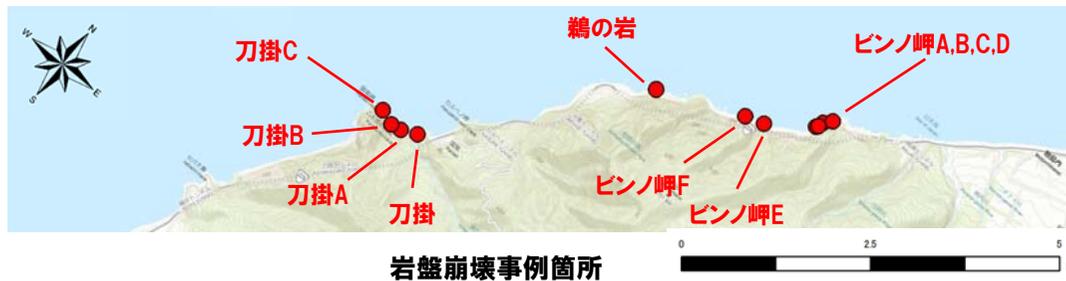
1. 地形面区分		
1/2段丘面		火山麓扇状地(低位2)
1/1段丘面		火山麓扇状地(低位1)
1/2段丘面		火山麓扇状地(中位)
1/3段丘面		火山麓扇状地(高位2)
1/3段丘面		崖錐・崖錐す
河川火砕流二次堆積面		地すべり地形・崩壊地形
砂丘砂		
2. 火山地形面区分		
白糠山起源の溶岩流		
岩内岳起源の溶岩流		
目内岳起源の溶岩流		
雷電山起源の溶岩流		
滑り崖		
崩壊地形		



## ニセコ・雷電火山群の海岸部の崩壊地形(2/2)

一部修正(H27/5/15審査会合)

- 「北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会報告書」(北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会, 平成12年10月)から, ニセコ・雷電火山群の海岸部における岩盤崩壊の事例を確認した。
- ニセコ・雷電火山群の海岸部における崩壊事例は弁慶岩及びピンノ岬付近に集中する。
  - 確認された急崖の比高は30m~175mである。
  - 敷地まで最短距離の地点はピンノ岬Aで距離は約11km, 規模は約 $5.6 \times 10^2 \text{m}^3$ である。
  - 崩壊規模が最大の地点は刀掛Bで, 距離は約16km, 規模は約 $1.4 \times 10^4 \text{m}^3$ である。
- なお, 岩盤崩壊については, 「3. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波」で詳細な検討を行う。

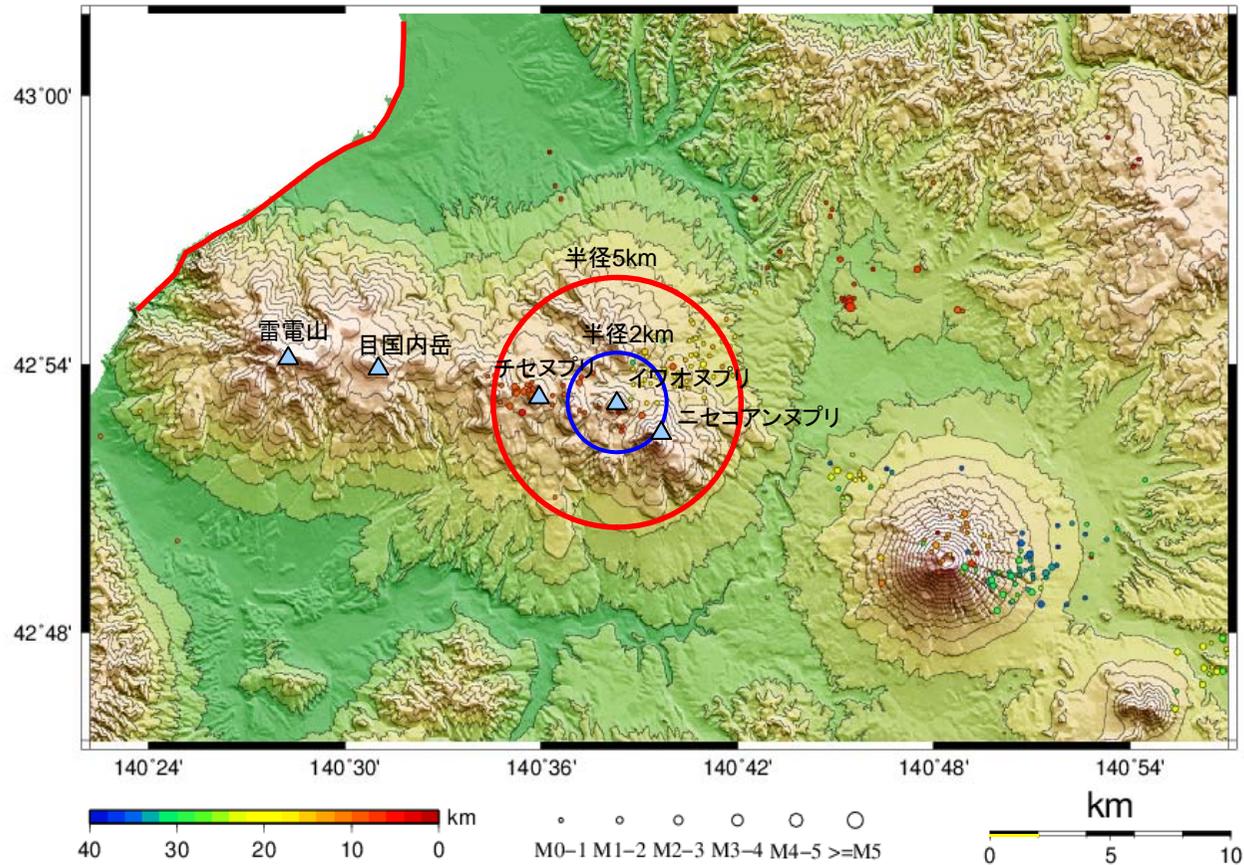


岩盤崩壊事例

	急崖比高 (m)	崩壊規模 ( $\text{m}^3$ )	敷地までの 距離 (km)
ピンノ岬A	30	$5.6 \times 10^2$	11
ピンノ岬B	140	$2.0 \times 10^2$	
ピンノ岬C	125	$1.6 \times 10^2$	
ピンノ岬D	100	$1.1 \times 10^2$	
ピンノ岬E	100	$2.7 \times 10^2$	
ピンノ岬F	145	$1.1 \times 10^2$	
鶏の岩	175	$3.2 \times 10^3$	13
刀掛	100	$1.8 \times 10^3$	16
刀掛A	30	$2.0 \times 10^3$	
刀掛B	30	$1.4 \times 10^4$	
刀掛C	50	$2.5 \times 10^3$	

## ニセコ・雷電火山群周辺の地震活動

- 1996年～2011年のニセコ・雷電火山群周辺の地震活動を確認した。
- 地震活動はイワオヌプリ～チセヌプリ周辺に認められるが、海岸部までの距離は約10km以上である。
- ニセコ・雷電火山群の海岸部において地震活動は認められない。
- 震央のデータは地震年報（気象庁，2011）を使用した。



ニセコ・雷電火山群周辺の地震活動（1996～2011年）

## まとめ(眉山の地形, 地質・地質構造等)

## 【地形】

- 眉山は雲仙火山群の最東端に位置する石英安山岩質の溶岩円頂丘(Lava dome)で, 北部の七面山(標高819m)と南側の天狗山(標高708m)の2つの釣鐘状ドームから成っている。
- 眉山溶岩円頂丘は, 地下から直上に上昇して形成されたものではなく, 雲仙火山体の中心より東方にいくらか傾いた方向に上昇噴出したもののようで, これが地震により容易に東方へ崩落する原因になったと考えられるとされている。

## 【地質】

- 眉山の崩壊物は眉山溶岩の岩片と細粒の火砕岩からなり, 非常に脆い岩相とされ, 流れ山を形成している。

## 【地質構造】

- 雲仙火山群は, 吾妻岳の南側に東西方向の千々石断層と, 小浜南方のほぼ東西方向の金浜断層, その東方の布津断層に挟まれた雲仙地溝と呼ばれる, 第Ⅲ～Ⅳ期に形成された陥没構造を持つ。
- 眉山から千々石断層及び布津断層までの距離は, 約5kmである。

## 【火山活動】

- 眉山崩壊の3ヵ月前には普賢岳が噴火し, その1ヵ月後に溶岩の流出が始まり, 島原半島では地割れ等が発生した。
- 眉山が属する雲仙火山群は, 火山群全体が現在も活動をしている状況である。

## 【地震活動】

- 2010年～2015年における眉山周辺の地震活動は普賢岳周辺に集中しており, 眉山までの距離は5km以内である。

## 【眉山崩壊の原因】

- 崩壊の原因については諸説あったが, 太田(1987a)では, 熱水の増大と中～小規模の直下型浅発地震との複合作用によるものとされている。

## まとめ(ニセコ・雷電火山群の地形、地質・地質構造等)

## 【地形】

- ニセコ・雷電火山群の海域に直接面する地形は、弁慶岩・二つ岩の2箇所(崖錐及び地すべり)及び港付近の1箇所(雷電山起源の溶岩流)である。
- 弁慶岩については、陸上地すべりに伴う津波の検討を行い、敷地への影響は小さいことを確認している。
- 二つ岩については、空中写真判読及び地表地質踏査の結果から、地すべり地形ではないと評価している。
- 港については、雷電山起源の溶岩流が認められるが、空中写真判読結果によれば、地すべり地形は抽出されない。

## 【地質】

- ニセコ・雷電火山群のうち、海岸部には第四系更新統の雷電岬火山角礫岩層が分布している。
- 地表地質踏査結果により、海岸部には堅硬な火砕岩類が連続して分布していることを確認しており、未固結の噴出物等が厚く堆積している状況は認められない。

## 【地質構造】

- 文献調査及び当社の調査結果では、ニセコ・雷電火山群周辺には尻別川断層が認められるが、現在の活動中心であるイワオヌプリからは5km以内には震源となる活構造は認められない。

## 【火山活動】

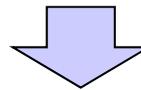
- 活動は大局的に西(沿岸部)から内陸部へ移動し、ニセコ・雷電火山群において現在活動している火山はイワオヌプリであると考えられる。
- 近年では、イワオヌプリには噴気や地熱域は認められず、噴火の兆候は認められないとされている。

## 【地震活動】

- 1996年～2011年のニセコ・雷電火山群周辺の地震活動はイワオヌプリ～チセヌプリ周辺に認められるが、海岸部までの距離は約10km以上である。
- ニセコ・雷電火山群の海岸部において地震活動は認められない。

## まとめ(山体崩壊と地質・地質構造等の関係について)

	ニセコ・雷電火山群	眉山
地質	○ニセコ・雷電火山群のうち、海岸部には堅硬な火砕岩類が連続して分布していることを確認しており、未固結の噴出物等が厚く堆積している状況は認められない。	○眉山の崩壊物は眉山溶岩の岩片と細粒の火砕岩からなり、非常に脆い岩相とされている。
地質構造(断層)	○現在の活動中心であるイワオヌプリから5km以内には震源となる活構造は認められない。	○眉山から千々石断層及び布津断層までの距離は、約5kmである。
火山活動	○ニセコ・雷電火山群は約160万年前の雷電山、ワイスホルンの活動から、大局的に西(沿岸部)から内陸部へ活動を移動し、現在の活動の中心であるイワオヌプリには噴気や地熱域は認められず、噴火の兆候は認められないとされている。	○眉山が属する雲仙火山群は、火山群全体が現在も活動をしている状況である。
地震活動	○1996年～2011年のニセコ・雷電火山群周辺の地震活動はイワオヌプリ～チセヌプリ周辺に認められるが、海岸部までの距離は約10km以上である。	○2010年～2015年における眉山周辺の地震活動は普賢岳周辺に集中しており、眉山までの距離は5km以内である。
評価	○ニセコ・雷電火山群の海岸部には、火砕岩類が連続して分布していることを確認しており、現在活動中のイワオヌプリ近傍には活構造がないことから、群発地震の発生や、地盤の脆弱化による大規模な山体崩壊が発生する可能性は小さいものとする。	○眉山は、激しい火山活動及び近傍に活断層があることによる群発地震により、眉山全体の地盤が脆弱な状態であったため、中規模な地震が誘因となって大規模な山体崩壊が発生した。



○ニセコ・雷電火山群については、地質・地質構造、火山活動及び地震活動の観点から、眉山において山体崩壊が発生した状況とは異なることから、大規模な山体崩壊が発生する可能性は小さいものと考えられる。

1. 火山による山体崩壊に伴う津波	4
1-1 渡島大島に関する検討結果	6
1-2 ニセコ・雷電火山群に関する検討結果	12
1-2-1 山体崩壊と地質・地質構造等の関係について	14
1-2-2 山体崩壊と火山活動の関係について	32
1-2-3 ニセコ・雷電火山群の評価について	40
2. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波	42
2-1 川白に関する検討結果	44
3. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波	67
3-1 岩盤崩壊に関する検討結果	69
4. 津波影響評価（地震以外の津波）	76
4-1 計算条件及び計算手法について	80
4-2 津波影響評価（陸上地すべり・海底地すべり）	85
4-3 津波影響評価（岩盤崩壊）	111
4-4 津波影響評価（まとめ）	133
5. 基準津波の策定	135
6. 津波に対する安全性	147
6-1 取水路の水位変動について	149
6-2 貯留堰の容量について	162
参考文献	168

### 山体崩壊と火山活動

- 井口(2006)及び吉田(2010)では、第四紀火山における山体崩壊の事例について、取りまとめを行っている。
- 井口(2006)では、防災の観点から、第四紀火山における山体崩壊及び岩屑なだれの特徴を明らかにするため、山体崩壊及び岩屑なだれの発生状況並びに規模に関する文献を広く収集したうえで整理し、その結果、大規模な山体崩壊及び岩屑なだれは全国の4割の火山で発生しており、特異な現象ではなく火山開析過程の1つであるとした(開析された古い火山では、発生する可能性が小さい。)
- 吉田(2010)では、土砂供給源としての第四紀火山における山体崩壊及び岩屑なだれに着目し、山体崩壊及び岩屑なだれの規模に関する文献を収集整理のうえ、発生年代と規模の両方が判明した58件の山体崩壊及び岩屑なだれを抽出した結果、山体崩壊及び岩屑なだれがもたらす土砂量が周辺の地形形成に大きく作用しているとした。



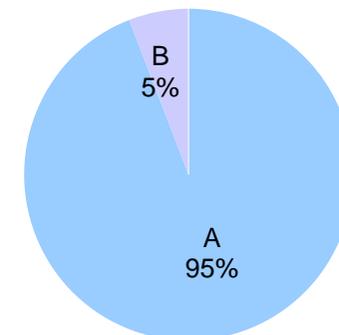
- 山体崩壊と火山活動の関係について確認するため、井口(2006)及び吉田(2010)で収集された166事例のうち、活動時期、崩壊量及び発生年代について記載のある事例を整理した。
- 対象となる102事例において、崩壊発生と火山活動との時期について関係を整理した結果、大部分となる97事例(95%)が、火山活動に伴い山体崩壊を起こしていることを確認した。
- 火山活動と崩壊時期が一致しない5事例(5%)について、文献レビューを行い、雷電山における山体崩壊の可能性について検討する。

#### 火山活動と山体崩壊の時期が一致しない事例

No.	火山名	発生年代			最新活動時期		体積		堆積物
		万年前	西暦	分級	万年前	分級	km <sup>3</sup>	分級	
1	黒姫	1-0.6		III	25-5	II	0.5-0.7	M	駒爪岩屑なだれ
2	白馬大池		1911	III	20>	II~III	0.15	M	稗田山崩れ
3	戸室	1.82		II	40-30	II			戸室火山岩屑流
4	経ヶ岳	4-3		II	140-70	I~II	0.3	M	唐谷川岩屑なだれ
5	水口山		1596	III	50-15	II	0.03	S	津江岩屑なだれ

- 発生年代・最新活動時期はニセコ・雷電火山群の活動時期に合わせて以下のように区分した。
- 最新活動時期は日本の火山(WEB)による。
  - I: 2.7Ma~1.0Ma (第四紀開始~第一期活動時期(雷電山活動期))
  - II: 1.0Ma~0.01Ma (第一期活動期~完新世)
  - III: 0.01Ma~ (完新世)
- 体積は井口(2006)を参考に区分した。
  - S: 0.1km<sup>3</sup>以下
  - M: 0.1~1.0km<sup>3</sup>
  - L: 1.0km<sup>3</sup>以上

#### 山体崩壊発生年代と第四紀火山活動時期の関係



- A: 発生年代が活動時期と整合する
- B: 発生年代が活動時期と整合しない

# 1-2-2 山体崩壊と火山活動の関係について

## 山体崩壊と火山活動における文献レビュー（黒姫山（くろひめやま），長森ほか（2003）ほか）

- 黒姫山は、長野県北部、野尻湖の西方に位置する標高2,053mの第四紀火山で、妙高火山群に属し、複数の溶岩流及び火砕堆積物からなる複式の成層火山であり、岩質は輝石安山岩を主体とする。
- 活動期は、Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ期に区分され長い休止期間を挟む。
- それぞれの活動時期は第Ⅰ期が約25万年前、第Ⅱ期は約15万～12万年前、第Ⅲ期は約5.5万年前に始まり、約4.3万年前に終了したとされる。
- 山体崩壊は、
  - ①約4.3万年前のなべわり川岩屑なだれ（崩壊規模：0.8～1.0km<sup>3</sup>）
  - ②約9千年前の駒爪岩屑なだれ（崩壊規模：0.5～0.7km<sup>3</sup>）
 が記載されている。
- なべわり川岩屑なだれは、第Ⅲ期活動期のうち成層火山期と中央火口丘期の間の休止期に発生し、成層火山の一部が崩壊しカルデラを形成しており、この後、中央火口丘期の活動が始まることから、火山活動中のものと推定される。
- 駒爪岩屑なだれは、中央火口丘期に形成された外輪山の一部が崩壊したものであり、堆積物の特徴として同一岩質の岩片の脆い集合体や成層したローム層のブロックが認められていることから、岩盤の脆弱化も推定される。
- 黒姫山における山体崩壊は、活動期中の休止期および活動終了後約3万年後に発生しており、火山活動時期とそれほど差が生じていないことから、火山地形の開析過程に発生したものと推定される。



黒姫山の位置

黒姫山の活動時期と山体崩壊時期（長森ほか，2003に一部加筆）

年代 (ka)	形成史区分	地層名	
		山体	テフラ層
	第Ⅲ 休止期	駒爪岩屑なだれ堆積物	
43	第Ⅲ活動期	中央火口丘期	第Ⅲ期火山岩類
43		カルデラ期	六月火山礫層 (RG)
47		成層火山期 後期	大平スコリア層 (OD)
50		成層火山期 前期	神山スコリア層 (KY)
55	成層火山期 前期		
	第Ⅱ 休止期		
120-130	第Ⅱ活動期	高沢スコリア層	第Ⅱ期火山岩類
		1559m峰溶岩層	
		天狗岩溶岩層	
	第2期		
150	第1期	濁川スコリア層 (NK)	
	第Ⅰ 休止期		
250	第Ⅰ活動期	佐渡山火山岩類	第Ⅰ期火山岩類

Ka=1,000年.

**山体崩壊と火山活動における文献レビュー（白馬大池（しろうまおおいけ），中野ほか（2002）ほか）**

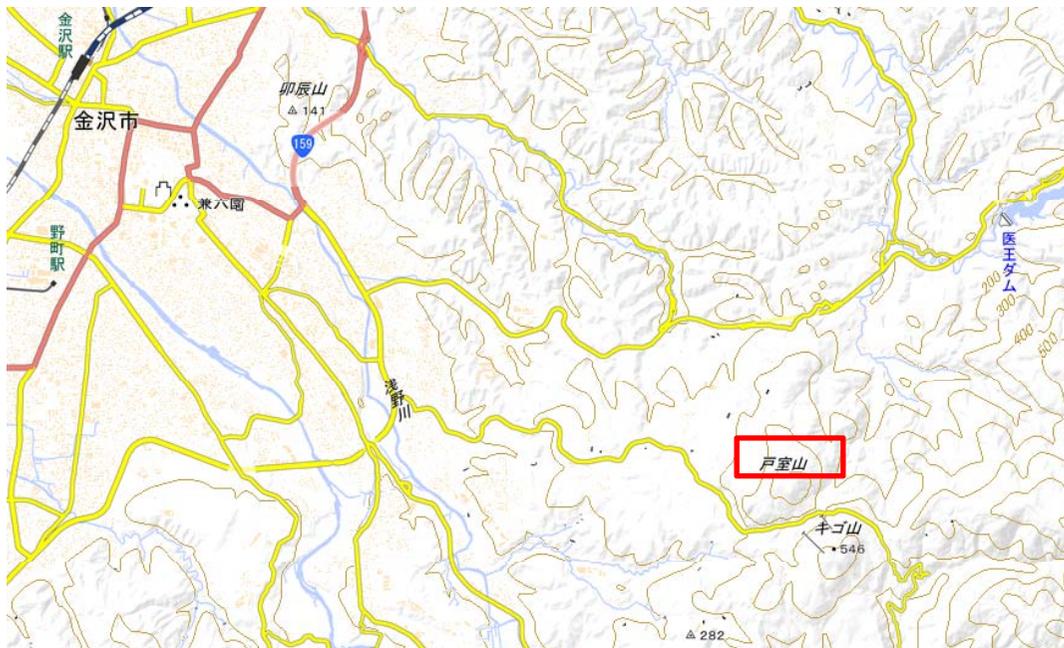
- 白馬大池は、新潟県と長野県の県境、飛騨山脈の北部に位置する標高2,469mの第四紀火山で、岩石学的特徴が乗鞍火山列のものと共通することから乗鞍火山列に含めて扱われる（中野ほか，2002）。
- 活動期は、旧期と新期に区分され、前者は約80万～50万年前、後者は20万年前以降とされる（中野ほか，2002）。
- 山体崩壊は「稗田山崩れ」として、1911年に稗田山の斜面が崩壊、稗田山の北西半分が幅8km、高さ300m、厚さ1kmにわたり崩落し、崩壊規模は0.15km<sup>3</sup>とされる（町田，1964）。
- 稗田山の岩質は、白馬大池・風吹岳火山を給源とする数十万年前の古い溶岩と火砕物が分布し、さらに熱水変性を受けて非常に脆い地質とされている（町田，1964；中野ほか，2002）。
- 白馬大池火山における崩壊は、町田（1964）及び宮越（1985）によれば、白馬大池火山の活動による地盤の脆弱化に伴う過去数度の地すべりにより不安定化した山体が素因となり、発生4日前の台風によりもたらされた日雨量155.9mmの降雨が発生誘因とされている。



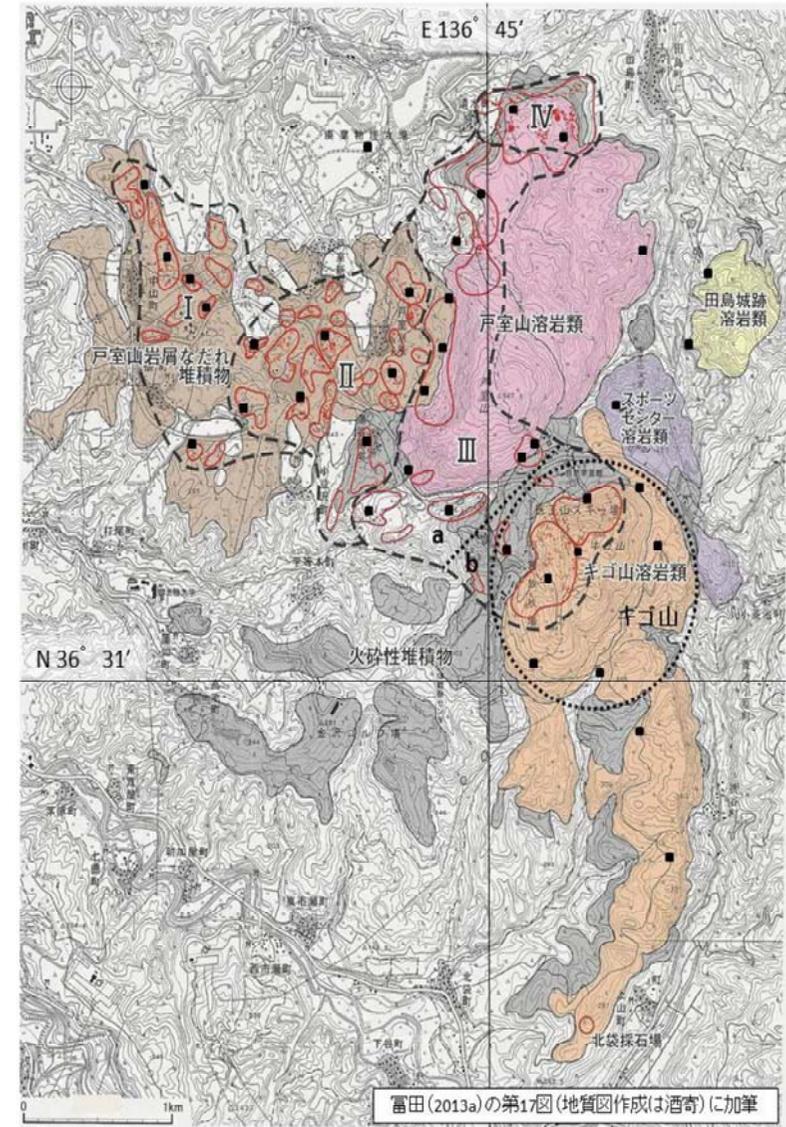
白馬大池，稗田山の位置

### 山体崩壊と火山活動における文献レビュー（戸室山（とむろやま），石渡ほか（2001）ほか）

- 戸室山は、金沢市南東部に位置し、角閃石安山岩から構成される溶岩円頂丘の第四紀火山である（今井，1959）。
- 山体崩壊等に関しては、石渡ほか（2001）によれば戸室火山岩屑流が知られており、形成年代は清水ほか（1988）によれば約60万～50万年前と推定されている。
- 石渡ほか（2001）によれば、戸室火山岩屑流は、西側へ傾斜する斜面上に位置する、比高約200mの溶岩円頂丘が崩壊して発生した山体崩壊・岩屑なだれとされている。
- 石渡ほか（2001）によれば、戸室山の三日月型の山体について、南北の尾根の同じ高さの地点を直線で結んだ形が本来のものと仮定して、崩壊によって失われた凹部の体積を計測すると0.016km<sup>3</sup>となるとされており、その発生誘因は不明であるが、発生年代は約1.8万年前とされている。



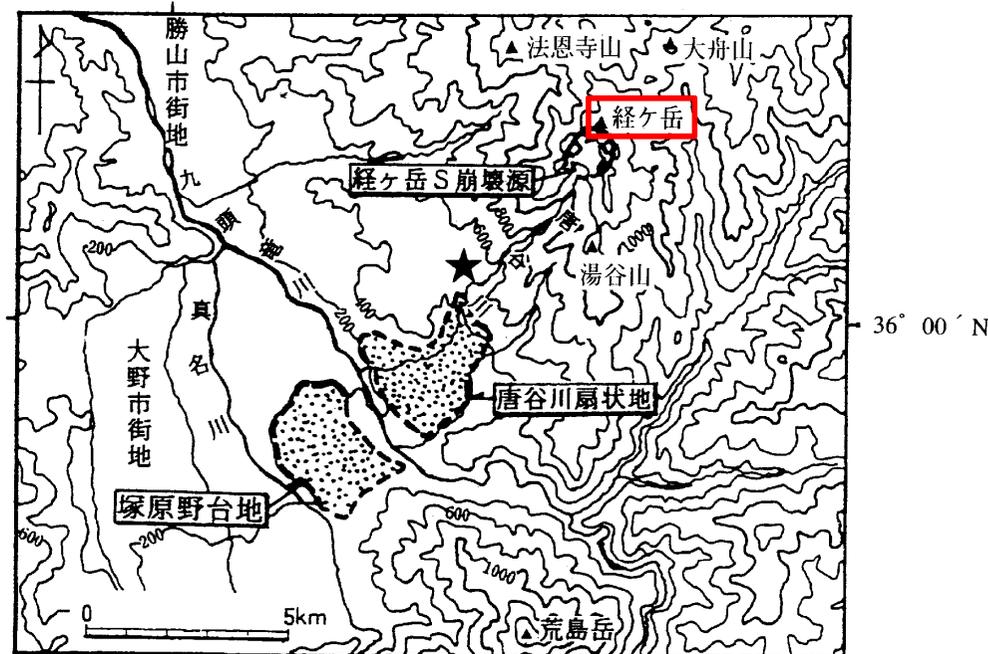
戸室山の位置



戸室山周辺の地質（長，2015）

### 山体崩壊と火山活動における文献レビュー（経ヶ岳（きょうがたけ），三村（2001）ほか）

- 経ヶ岳は福井県東部に位置する標高1,685mの第四紀の主に安山岩からなる成層火山である。
- 活動時期は，清水ほか（1988）によれば，約130万～90万年前とされ，現在の経ヶ岳の火山体は著しい開析を受けており，経ヶ岳を中心に北東の大舟山，北西の法恩寺山及び南西の湯谷山等に分かれた峰々からなる。
- 山体崩壊は塚原野（つかはらの）岩屑なだれとして，経ヶ岳山頂付近で崩落し，南西麓に流れ山が発達した比高10～25m，2.5km<sup>2</sup>の塚原野台地を形成しており，その規模は約0.3km<sup>3</sup>で，比高1.4kmを流下し到達距離は11kmに及ぶ。
- 発生年代は，三村（2001）によれば，岩屑なだれ堆積物の上下位層から<sup>14</sup>C年代測定値を分析し6,700～5,000年前としたが，一方で，山本ほか（2002）によれば，上位層より約2.5万年前の始良Tn火山灰を起源とする火山ガラスを検出している。
- 岩屑なだれ堆積物の観察結果から，堆積物中の火砕岩と溶岩のブロックには温泉変質を受けたものが多く認められることから，岩質は脆弱だった可能性が示唆される。
- 発生誘因は，三村（2001）によれば，経ヶ岳一帯の地震によって引き起こされた可能性が推定されている。



経ヶ岳の位置（三村，2001に一部加筆）

**山体崩壊と火山活動における文献レビュー（水口山（みずくちやま），星住ほか（2012）ほか）**

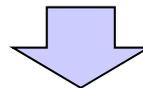
- 水口山は、由布院盆地東方に位置する標高896mの主に角閃石デイサイト溶岩と同質の火砕流堆積物からなる第四紀成層火山である。
- 星住ほか（2012）によれば、水口山火山を含む火山群の活動時期は約50万～15万年前とされている。
- 山体崩壊は1596年に発生した津江（つえ）岩屑なだれで、水口山火山東側斜面で発生した山体崩壊・岩屑なだれ（崩壊規模：約0.03km<sup>3</sup>）である（星住ほか，1988）。
- 崩壊の誘因は、東京大学地震研究所（1982）によれば、1596年の別府湾を震央とするM6.9の地震により発生したとされている。



水口山の位置

## まとめ(山体崩壊と火山活動の関係について)

- 火山における山体崩壊の事例についての整理により確認した、活動時期、崩壊量及び発生年代について記載のある山体崩壊102事例のうち、
  - 90%以上の97事例が火山活動に伴い、崩壊を起こしている。
  - 火山活動終了、若しくは、休止中の時期に、崩壊を起こした事例は5事例である。
- それらの5事例について、詳細レビューを行った結果、
  - 最新活動時期が雷電山活動期以前とされる火山は認められない。
  - 崩壊した誘因は、開析1例(黒姫山)、豪雨1例(白馬大池)、地震2例(経ヶ岳・水口山)、不明1例(戸室山)である。
  - 崩壊堆積物から、温泉変質を受けている等の脆弱な岩質であったと推定される(黒姫山・白馬大池・経ヶ岳)。
  - 崩壊誘因が不明となっている1例(戸室山)については、崩壊規模は0.016km<sup>3</sup>と推定され、比較的小規模である。こと等を確認した。
- 一方、ニセコ・雷電火山群のうち雷電山については、以下に示す状況である。
  - 地表地質踏査結果で海岸部に堅硬な火砕岩類が連続して分布していることを確認しており、未固結の噴出物等が厚く堆積している状況は認められない。
  - ニセコ・雷電火山群周辺の地震活動について、雷電山周辺では認められず、イワオヌプリ～チセヌプリ周辺でわずかに認められる程度である。

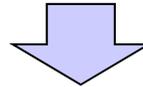


- ニセコ・雷電火山群の海岸部で火山活動や地震による大規模崩壊が発生する可能性は小さいと考えられる。

1. 火山による山体崩壊に伴う津波	4
1-1 渡島大島に関する検討結果	6
1-2 ニセコ・雷電火山群に関する検討結果	12
1-2-1 山体崩壊と地質・地質構造等の関係について	14
1-2-2 山体崩壊と火山活動の関係について	32
1-2-3 ニセコ・雷電火山群の評価について	40
2. 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	42
2-1 川白に関する検討結果	44
3. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	67
3-1 岩盤崩壊に関する検討結果	69
4. 津波影響評価(地震以外の津波)	76
4-1 計算条件及び計算手法について	80
4-2 津波影響評価(陸上地すべり・海底地すべり)	85
4-3 津波影響評価(岩盤崩壊)	111
4-4 津波影響評価(まとめ)	133
5. 基準津波の策定	135
6. 津波に対する安全性	147
6-1 取水路の水位変動について	149
6-2 貯留堰の容量について	162
参考文献	168

## まとめ

- ニセコ・雷電火山群については、地質・地質構造、火山活動及び地震活動の観点から、眉山において山体崩壊が発生した状況とは異なることから、大規模な山体崩壊が発生する可能性は小さいものと考えられる。
- 既往の山体崩壊の事例について更なるレビューを行った結果、大部分の事例が、火山活動に伴う山体崩壊を起こしており、火山活動終了、若しくは、休止中の時期に崩壊を起こした事例についても、ニセコ・雷電火山群における状況とは異なることから、大規模な山体崩壊が発生する可能性は小さいものと考えられる。
- 一方、地震による崩壊等の発生について、可能性は小さいながらも否定はできない。



- ニセコ・雷電火山群の海岸部において急斜面が崩壊する可能性については、「3. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波」で詳細な検討を行う。
- なお、ニセコ・雷電火山群については、敷地から近いことを考慮し、念のため、地殻変動等について、現在の状況から有意な傾向の変化がないことを確認するため、自主的にモニタリングを行うことを計画している。

1. 火山による山体崩壊に伴う津波	4
1-1 渡島大島に関する検討結果	6
1-2 ニセコ・雷電火山群に関する検討結果	12
1-2-1 山体崩壊と地質・地質構造等の関係について	14
1-2-2 山体崩壊と火山活動の関係について	32
1-2-3 ニセコ・雷電火山群の評価について	40
<b>2. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波</b>	<b>42</b>
2-1 川白に関する検討結果	44
3. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波	67
3-1 岩盤崩壊に関する検討結果	69
4. 津波影響評価（地震以外の津波）	76
4-1 計算条件及び計算手法について	80
4-2 津波影響評価（陸上地すべり・海底地すべり）	85
4-3 津波影響評価（岩盤崩壊）	111
4-4 津波影響評価（まとめ）	133
5. 基準津波の策定	135
6. 津波に対する安全性	147
6-1 取水路の水位変動について	149
6-2 貯留堰の容量について	162
参考文献	168

## 2. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

### コメント・説明概要（陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波）

#### コメント概要

(H26.12.5 審査会合)

- 川白について、地すべり規模の評価を再度、整理し、説明すること。
- 堀株について、地すべり土塊の海中への突入の可能性を再度、検討し、説明すること。
- 二つ岩について、現地踏査の情報を追加し、説明すること。

#### 説明概要

(H27.5.15 審査会合)

- 陸上地すべりに伴う津波において個別に評価した川白、兜岩、堀株、二つ岩及び弁慶岩について、既検討の整理及び追加検討を行った。
- 川白について、山側と海側でブロックの特徴や岩盤状況が異なることを再確認し、海岸部の7つの不安定ブロックについて、大規模な崩壊の可能性を保守的に考慮し、これらが一括で崩壊した場合の数値シミュレーションを実施することとした。
- 堀株について、敷地までの距離を考慮し、保守的な評価として、土塊が海に突入した場合の影響を確認するため、数値シミュレーションを実施した。
- 弁慶岩について、大規模な崩壊の可能性を保守的に考慮し、2つの不安定ブロックが一括で崩壊した場合の数値シミュレーションを実施した。

(H27.5.15 審査会合)

- 陸上地すべりに伴う津波のうち、川白の地すべり規模の評価について、更なる検討を行うこと。

(今回検討方針)

- 川白の地すべり規模の評価について、再度、地表地質踏査を実施する。
- 踏査結果から、海側から山側まで続くすべり面の存在を示唆する破碎帯等は確認できなかったものの、大規模な崩壊の可能性を保守的に考慮し、山側のブロックを含めた地すべりについて、敷地に与える影響を検討する。

## 2-1 川白に関する検討結果

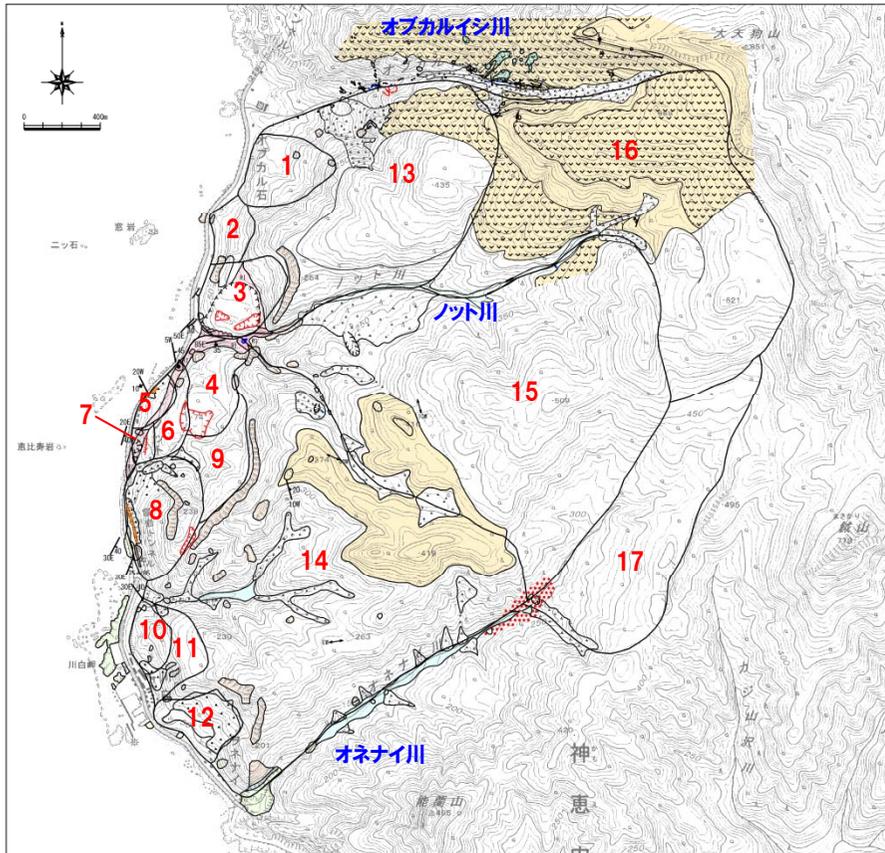
1. 火山による山体崩壊に伴う津波	4
1-1 渡島大島に関する検討結果	6
1-2 ニセコ・雷電火山群に関する検討結果	12
1-2-1 山体崩壊と地質・地質構造等の関係について	14
1-2-2 山体崩壊と火山活動の関係について	32
1-2-3 ニセコ・雷電火山群の評価について	40
2. 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波	42
2-1 川白に関する検討結果	44
3. 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波	67
3-1 岩盤崩壊に関する検討結果	69
4. 津波影響評価（地震以外の津波）	76
4-1 計算条件及び計算手法について	80
4-2 津波影響評価（陸上地すべり・海底地すべり）	85
4-3 津波影響評価（岩盤崩壊）	111
4-4 津波影響評価（まとめ）	133
5. 基準津波の策定	135
6. 津波に対する安全性	147
6-1 取水路の水位変動について	149
6-2 貯留堰の容量について	162
参考文献	168

# 2-1 川白に関する検討結果

## 地表地質踏査結果 (追加調査結果反映)

一部修正(H27/5/15審査会合)

- 地表地質踏査結果では、ブロック15・16及びブロック13・14の高標高部に積丹岳溶岩類が連続して確認された。
- オブカルイシ川、ノット川、オネナイ川の下流～中流では、河床に露岩が連続して確認され、地すべりを示唆するような状況は確認されない。



○川白地すべりには、北縁の「オブカルイシ川」、中央の「ノット川」、南縁の「オネナイ川」の3河川が流下しており、それぞれの地表地質踏査結果は以下のとおりである。

### 【オブカルイシ川】

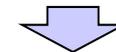
- 河口から標高50m付近までは崖錐が分布し、標高50m以上の河床及び周辺には自破砕溶岩が連続して分布する。
- 標高300m付近以上の両岸斜面及び河床には積丹岳溶岩類が連続して分布する。
- 標高600m付近より、大天狗山の露岩壁となる。

### 【ノット川】

- 河口より標高50m付近までの河床及び両岸には崩積土が分布し、右岸は地すべり土塊となる。
- 標高50m～100mの河床には白色凝灰岩、標高100～150mは自破砕溶岩の連続露頭となる。
- 標高150m～400m付近まで、河床幅が20m～30mで勾配は極めて緩く、土石流堆等の巨礫の密集は認められず、開析された地形を呈する。
- 標高300m付近以上は、積丹岳溶岩類の層状溶岩・塊状溶岩類が分布し、標高500m付近以上は緩斜面から平坦面へ変化する。

### 【オネナイ川】

- 河口部はプロピライト化した安山岩(ガラス質変朽安山岩)が50m～80mの急崖を形成し、その上位に水冷破碎岩・自破砕溶岩が連続して滝地形を形成する。
- 標高80m～100mの河床にはプロピライトが分布し、両岸とも露岩してV字谷を呈する。
- 標高100m～250mの河床及び両岸脚部には自破砕溶岩の新鮮な露頭がほぼ露岩しており、崩壊地形は認められず、開析された幅30m～50mの沢が分布する。
- 標高200m付近より河床に変質した安山岩が分布する。



### ルートマップ

凡例	
地質区分	地形区分
更新世 積丹岳溶岩類	河床堆積物
中新世	扇状地堆積物
古平層	地すべり堆積物・斜面堆積物
	崖崩堆積物
	層状溶岩
	塊状溶岩類
神恵内層	火砕岩類(自破砕溶岩主体)
	変質部
	流紋岩
	プロピライト
	硬質頁岩
	亀裂
	陥没地形
	流動中の地すべり斜面
	崩壊地形
	地質構造
	地層の走向・傾斜
	すべり面の走向・傾斜
	流理面の走向・傾斜

赤字:小ブロック

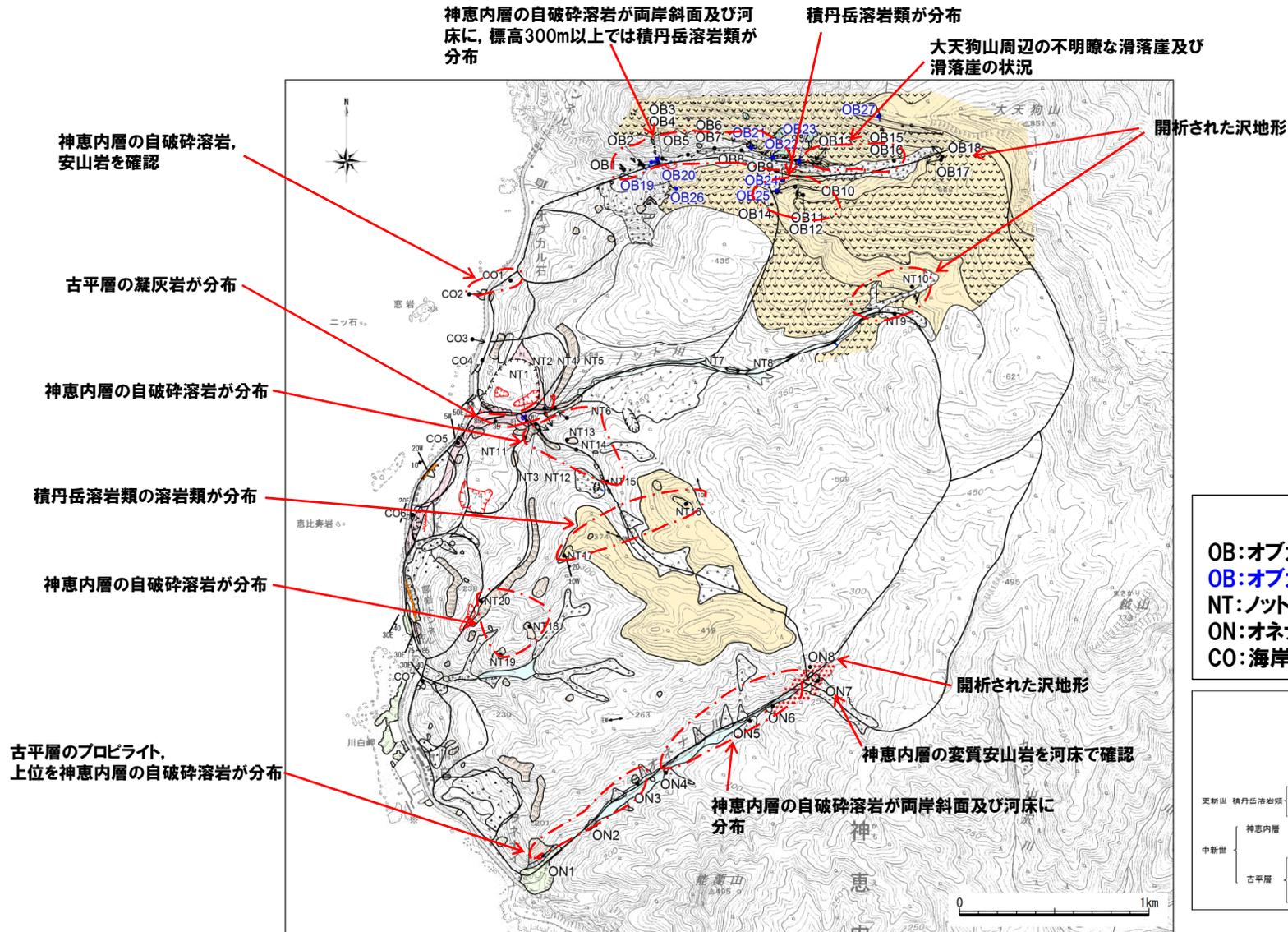
- ノット川の河口部付近、海岸部に、小規模な地すべり土塊が認められる。
- それ以外では、
  - ブロック外縁に沿って地すべり面や滑落崖等が連続するような地すべりの特徴は認められない。
  - 標高200m以上の河床勾配の緩い部分では斜面が開析されている状況である。
- 以上のことから、ブロック13～17の山側のブロックは安定したブロック、ノット川の河口付近は不安定ブロックの可能性が考えられる。

# 2-1 川白に関する検討結果

## 川白現地状況 (追加調査結果反映) (1/5)

一部修正(H27/5/15審査会合)

○現地踏査写真位置及び状況を示す。



**写真撮影位置凡例**

OB: オブカルイシ川周辺  
 OB: オブカルイシ川周辺 (追加調査)  
 NT: ノット川周辺  
 ON: オネナイ川周辺  
 CO: 海岸部

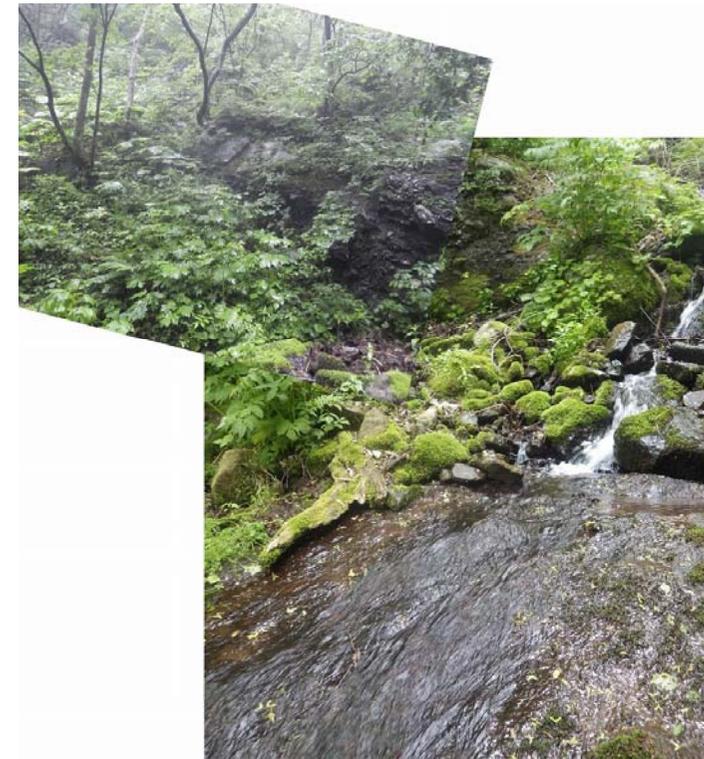
凡例	
<b>地質区分</b>	<b>地形区分</b>
深床堆積物	亀裂
層状堆積物	陥没地形
地すべり堆積物・斜面堆積物	流動中の地すべり斜面
扇状堆積物	原地形
S11 層状溶岩	地質構造
S12 塊状溶岩類	地層の走向・傾斜
神恵内層 Vh1 火砕岩類 (自破砕溶岩主体)	すべり面の走向・傾斜
変質部	流域面の走向・傾斜
古平層 R1 流紋岩	
プロピライト	
硬質頁岩	

## 2-1 川白に関する検討結果

### 川白現地状況 (追加調査結果反映) (2/5) オブカルイシ川1



OB19:河床から左岸にかけて神恵内層の凝灰角礫岩・火山礫凝灰岩の露頭が連続する。  
すべり面等の破碎部は認められない。



OB20:神恵内層の凝灰角礫岩とハイアロクラスタイト等が分布。

## 2-1 川白に関する検討結果

### 川白現地状況 (追加調査結果反映) (3/5) オブカルイシ川2



OB21: オブカルイシ川右岸斜面, 標高350m付近。

積丹岳溶岩類の塊状溶岩類と神恵内層のハイアロクラスタイトの境界及びその付近に認められる, 陸成の溶岩の特徴である発泡した積丹岳溶岩類の塊状溶岩類。

塊状溶岩類はハイアロクラスタイトをほぼ水平に覆う。



OB22: オブカルイシ川支流, 標高360m付近。

神恵内層の凝灰角礫岩とハイアロクラスタイトが分布。  
地質構造は, N10W/30°。

# 2-1 川白に関する検討結果

## 川白現地状況 (追加調査結果反映) (4/5) オブカルイシ川3



OB23: オブカルイシ川支流河床, 標高420m付近。  
節理を伴う積丹岳溶岩類の塊状溶岩類が分布。



OB24: オブカルイシ川左岸斜面, 標高440m付近。  
柱状節理の発達した積丹岳溶岩類の塊状溶岩類。



撮影方向



OB25: オブカルイシ川左岸斜面, 標高480m付近。  
板状節理が発達する積丹岳溶岩類の層状溶岩。

## 2-1 川白に関する検討結果

### 川白現地状況 (追加調査結果反映) (5/5) オブカルイシ川4



撮影方向



OB26: 標高320m付近, 積丹岳溶岩類の塊状溶岩類。



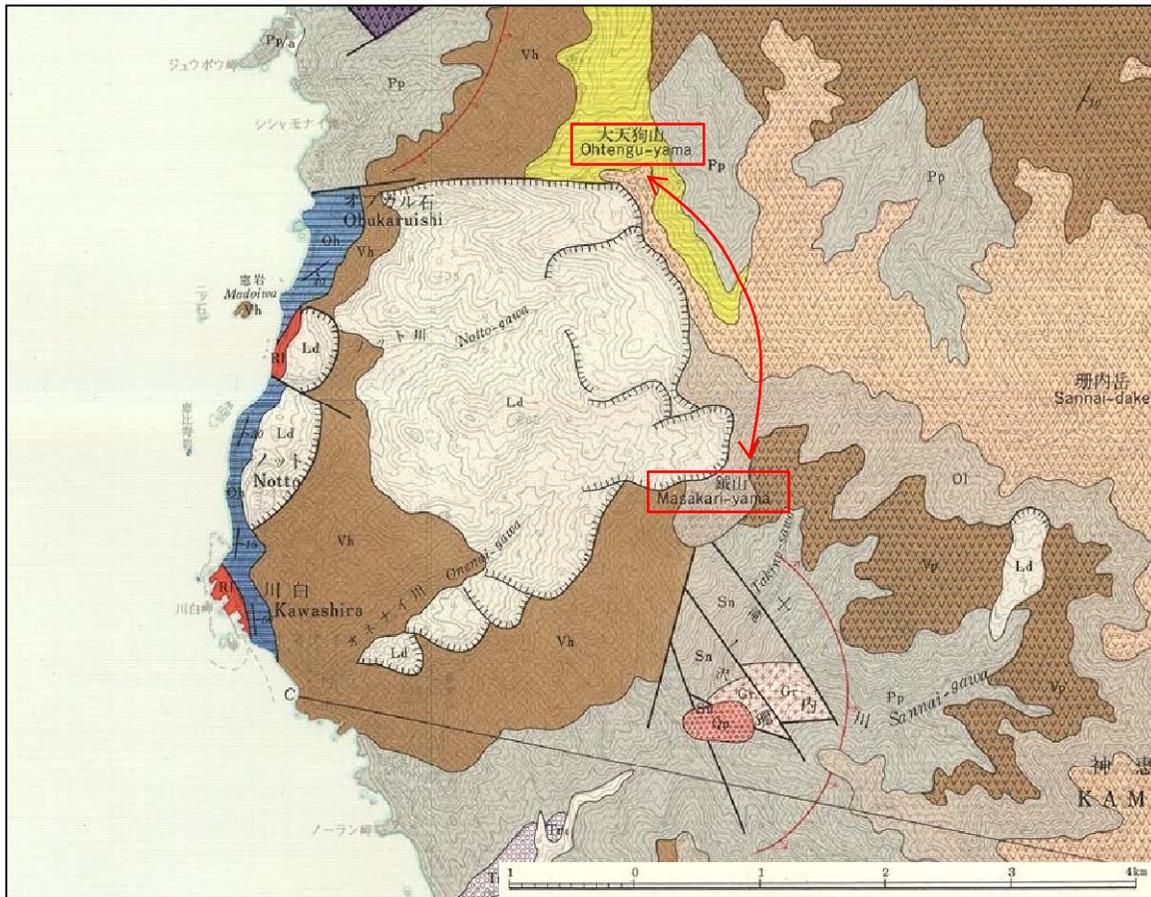
OB27: 標高710m付近, 板状節理 (5~10cm間隔) の発達する積丹岳溶岩類の層状溶岩。

# 2-1 川白に関する検討結果

地質断面図による検討(追加調査結果反映)(1/12)

再掲(H27/5/15審査会合)

- 山岸・石井(1979)では、大天狗山～鉾山、オネナイ川左岸及び海岸部にかけて地すべり地形を記載している。
- 海岸部には新第三系中新統の尾根内層の火砕岩類、流紋岩及び硬質頁岩、南部では尾根内層の火山岩類、更新統の大森山溶岩、大天狗山周辺には更新統の積丹岳溶岩、海岸部及び標高200m以上の陸域には地すべり堆積物が記載されている。
- 地すべりに関しては北側方崖は明瞭であるが、南側方崖は二次滑落崖に切られているとされている。
- 当社における積丹地域の地質層序とは、尾根内層の流紋岩・硬質頁岩が中部中新統の古平層、火砕岩類が上部中新統の神恵内層、大森山溶岩及び積丹岳溶岩が赤井川火山岩類に対比される。
- 本検討では局所的な検討であることから、ほぼ同層準である大森山溶岩、積丹岳溶岩及び地表地質踏査で確認された層状溶岩(Vh2)を、積丹岳溶岩類(SI)として検討を行う。



川白周辺の地質図(山岸・石井, 1979 5万分の1地質図幅 余別及び積丹岬に一部加筆)

更新統 Pleistocene	地すべり堆積物 Landslide Deposits	Ld	角礫および亜角礫 angular and subangular boulders	地すべり堆積物
	第3段丘堆積物 The 3rd Terrace Deposits	Tr3	礫(亜角礫をともなう)、砂および角礫片まじりローム gravel (with subangular pebbles), sand and loam with volcanic blocks	
	第2段丘堆積物 The 2nd Terrace Deposits	Tr2	礫および砂 gravel and sand	
	第1段丘堆積物 The 1st Terrace Deposits	Tr1	礫および砂 gravel and sand	
新第三系 Neogene	積丹岳溶岩 Shakotanake Lava	SI	かんらん石含有角閃石安山岩 olivine bearing hornblende andesite	積丹岳溶岩類
	大森山溶岩 Omoriyama Lava	OI	しそ輝石普通輝石安山岩 hypersthene augite andesite	
	安山岩溶岩 Andesite Lava	NI	普通輝石しそ輝石安山岩 augite hypersthene andesite	
	砂岩礫岩層 Sandstone and Conglomerate	Na	砂岩、礫岩および火山円礫岩 sandstone, conglomerate and volcanic conglomerate	
中新統 Miocene	火砕岩部層 Volcaniclastic Rock Member	Vc	石英含有流紋岩角閃石安山岩 quartz bearing biotite hornblende andesite	余別層
	シルト岩部層 Siltstone Member	Ya	塊状シルト岩 massive siltstone	
		Id	玄武岩岩脈 basalt dyke	
		Ra	流紋岩岩床 rhyolite sheet	
古第三系 Pliocene	火砕岩部層 Volcaniclastic Rock Member	Vh	石英含有角閃石安山岩質水砕砕岩および同質火山円礫岩 quartz bearing hornblende andesite hyaloclastite and volcanic conglomerate	神恵内層
	変質安山岩類 Altered Andesite Rocks	Pp	輝石安山岩溶岩(火砕岩をともなう) pyroxene andesite lava (with volcanic rocks)	
		Rl	パーライト質流紋岩溶岩 perlite rhyolite lava	古平層
		Dl	硬質頁岩および緑色硬灰岩 hard shale and green tuff	
古平層 Pliocene Formation	火砕岩部層 Volcaniclastic Rock Member	Fv	角閃石石英安山岩質塊状溶岩 hornblende dacitic massive lava	
		Fh	角閃石石英安山岩質水砕砕岩および火山円礫岩 hornblende dacitic hyaloclastite and volcanic conglomerate	
	砂岩頁岩緑色硬灰岩部層 Sandstone-Shale-Green Tuff Member	Fs	砂岩、頁岩および緑色硬灰岩 sandstone, shale and green tuff	

地質図凡例(山岸・石井, 1979に一部加筆)

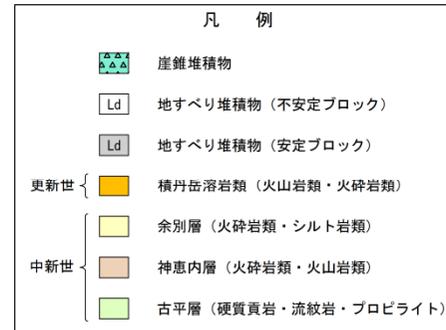
# 2-1 川白に関する検討結果

## 地質断面図による検討(追加調査結果反映)(2/12)

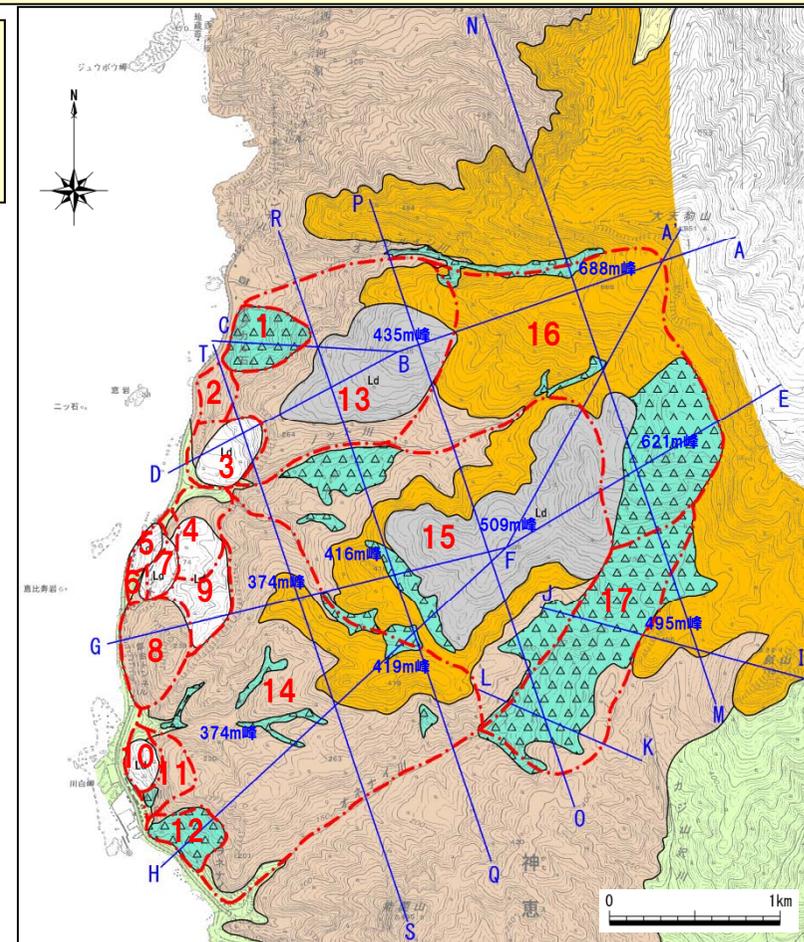
一部修正(H27/5/15審査会合)

- 川白地すべり周辺の地質は、新第三系中新統の古平層と神恵内層(Vh1)、更新統の積丹岳溶岩類(SI)を基盤として、その上位に地すべり堆積物(Ld)及び崖錐堆積物が分布する。
- 古平層は、海岸部に分布し、硬質頁岩(Sh)、流紋岩(RI)、プロピライト(Gt)等からなる。
- 神恵内層(Vh1)は、海岸部から山地部にかけて分布し、自破碎溶岩を主体とする火砕岩類等からなる。
- 積丹岳溶岩類(SI)は、層状溶岩・塊状溶岩を主体とする火山岩類等からなり、山地部において神恵内層(Vh1)を覆う。
- 地すべり堆積物(Ld)及び崖錐堆積物は、神恵内層(Vh1)及び積丹岳溶岩類(SI)を覆う。
- 大天狗山北方の尾根内川沿いには、余別層が分布する。

- 地質断面図の作成における断面位置は、オプカルイシ川～ノット川、ノット川～オネナイ川の海山断面方向とし、山側から海岸にかけて代表的なブロックを通過する位置を選定した。
- 地質図の作成に当たっては、地表地質踏査結果及び5万分の1地質図幅を参考にした。



川白地すべり周辺の地質図



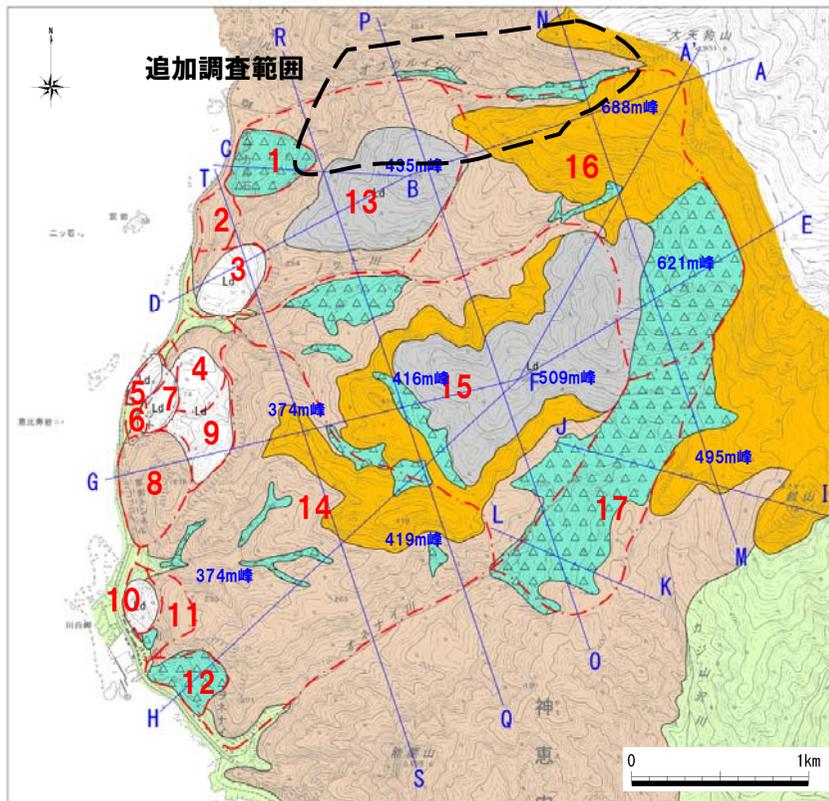
# 2-1 川白に関する検討結果

## 地質断面図による検討 (追加調査結果反映) (3/12)

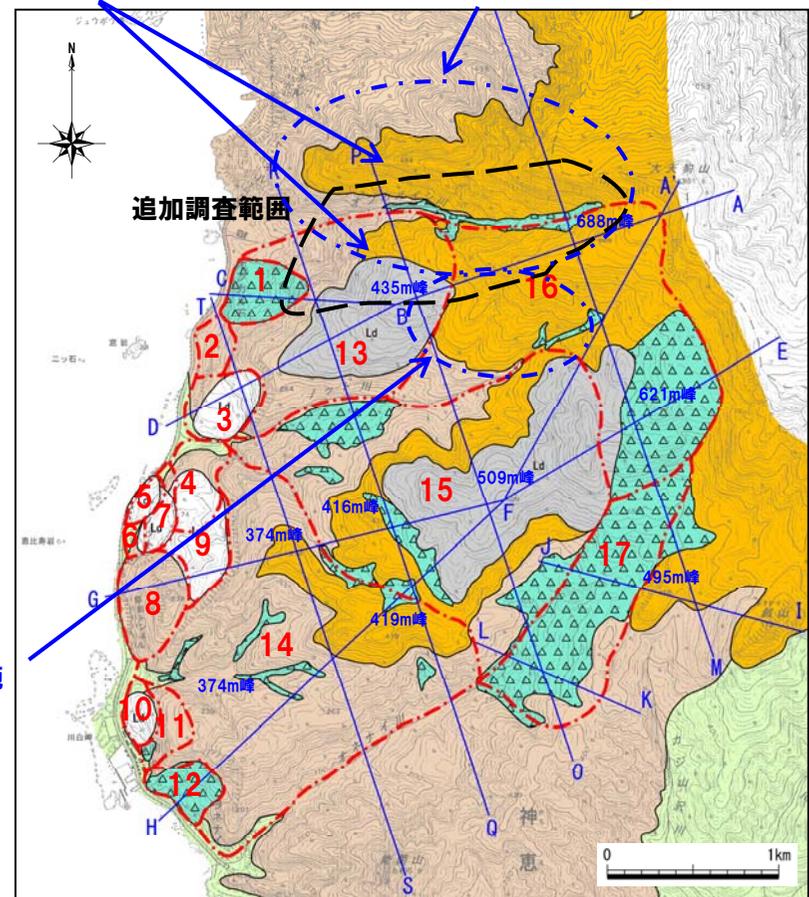
- 文献調査結果及び既往踏査結果に加え、オブカルイシ川の中～上流部で追加の地表地質踏査を実施し、神恵内層(Vh1)及び上位層の積丹岳溶岩類(SI)の分布及び地層境界を確認した。
- 標高300m付近以高の、オブカルイシ川両岸において積丹岳溶岩類(SI)の露頭が連続して確認された。
- 積丹岳溶岩類(SI)は層状溶岩・塊状溶岩を主体とする火山岩類等からなり、陸上溶岩の特徴を有し、板状節理や層内の境界はほぼ水平に分布している。
- オブカルイシ川を挟んで分布する積丹岳溶岩類の分布標高に、有意な差は認められない。

オブカルイシ川両岸で積丹岳溶岩類の分布標高に差はない。

積丹岳溶岩類が広い範囲で分布する。



川白地すべり周辺の地質図 (追加調査前)



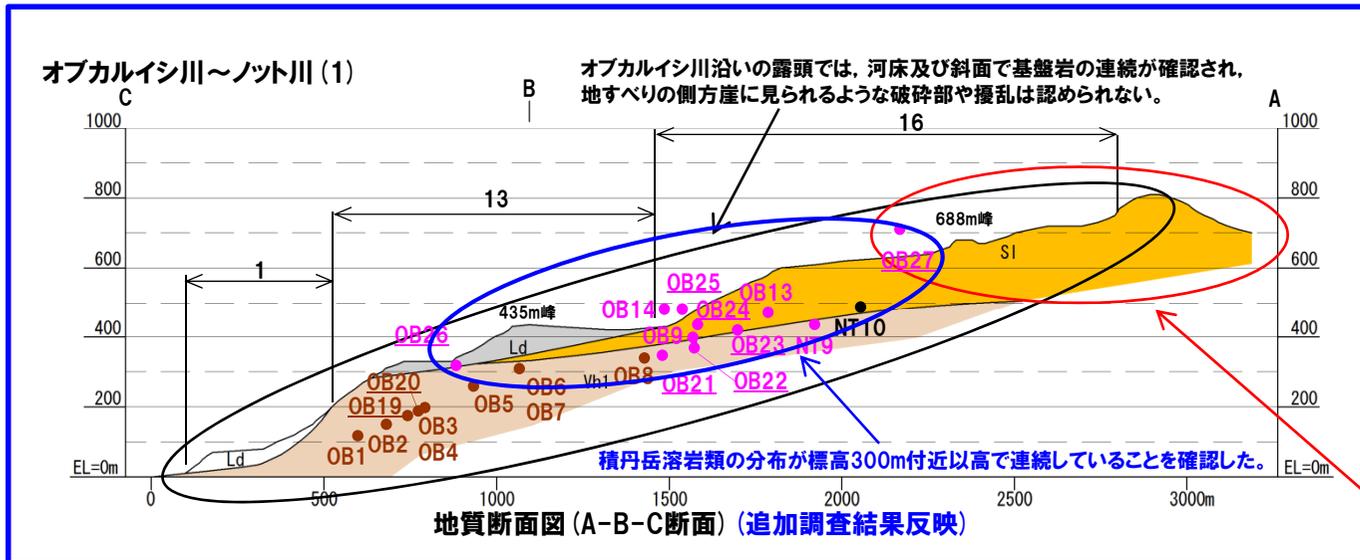
積丹岳溶岩類がほぼ水平に堆積していることから分布範囲が拡大される。

川白地すべり周辺の地質図 (追加調査結果反映)

# 2-1 川白に関する検討結果

## 地質断面図による検討 (追加調査結果反映) (4/12)

- ブロック16は、OB21~OB25、OB27のオブカルイシ川両岸及び左岸頂部で積丹岳溶岩類(SI)を確認し、その分布が標高300m付近から連続していることを確認した。
- ブロック13では、オブカルイシ川河床及び両岸斜面で標高300m付近まで神恵内層の自破碎溶岩(Vh1)、それ以上で積丹岳溶岩類(SI)の露岩を確認するが、ブロック中央の435m峰付近では植生に覆われることから地すべり堆積物(Ld)が分布すると推定した。
- ブロック1は斜面に植生が認められ、露岩を確認できないことから地すべり堆積物(Ld)が分布するものとした。



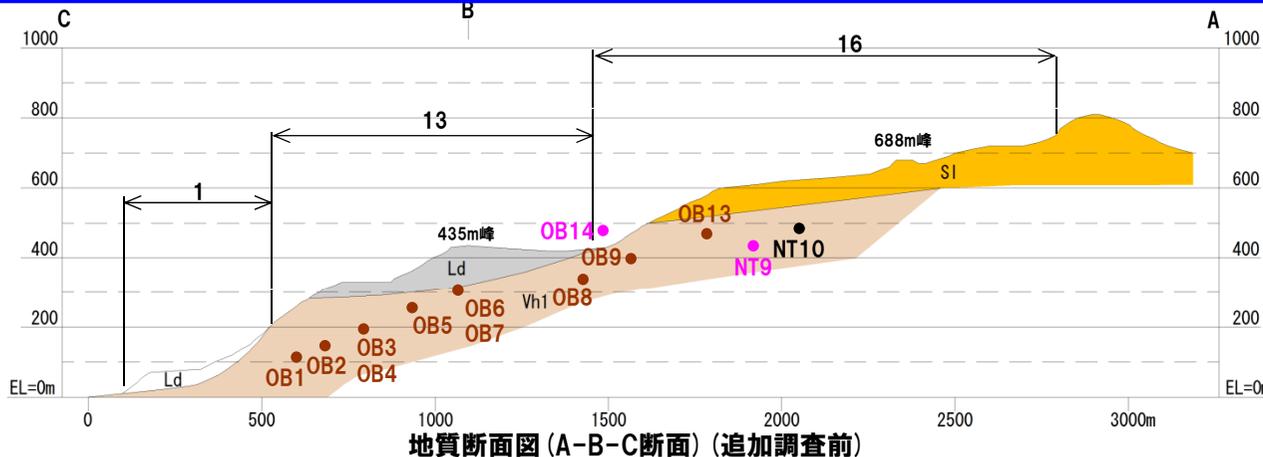
凡 例	
Ld	: 地すべり堆積物
▲	: 斜面堆積物・崖錐堆積物
更新世 積丹岳溶岩類	SI : 層状溶岩・塊状溶岩類
神恵内層	Vh1 : 火砕岩類 (自破碎溶岩主体)
中新世	RI : 流紋岩
古平層	Gt : プロピライト
	Sh : 硬質頁岩

写真位置凡例	
●	: 積丹岳溶岩類
●	: 神恵内層
●	: 古平層
●	: 地形

凡 例	
Ld	: 不安定ブロック
Ld	: 安定ブロック

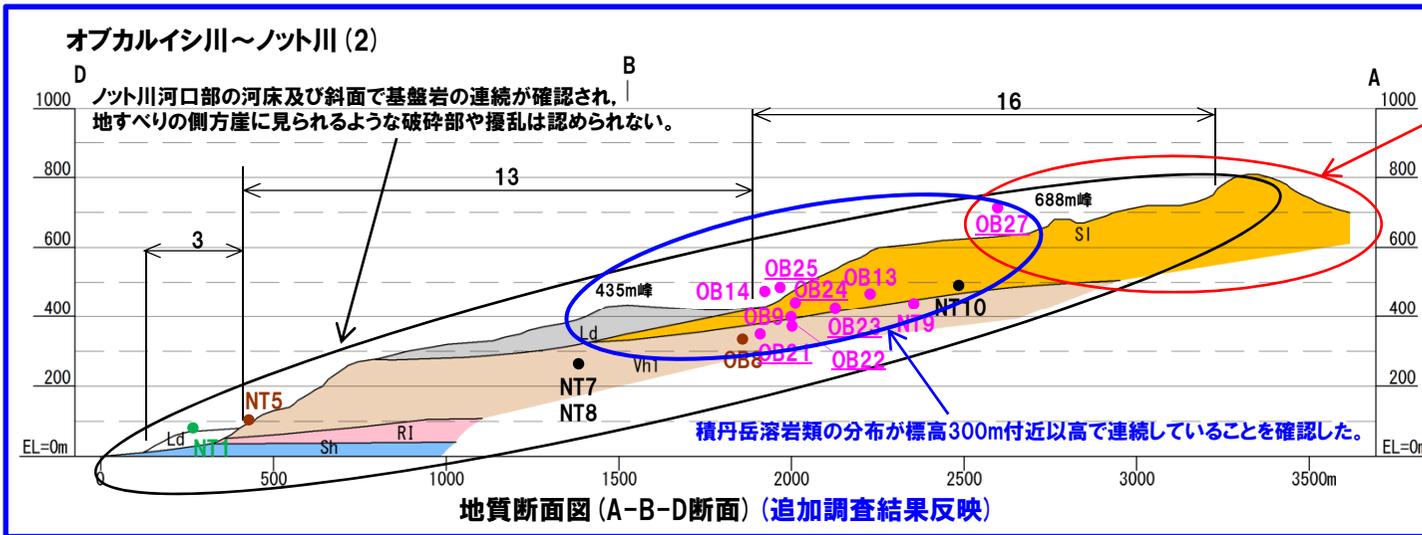


積丹岳溶岩類の分布高度に顕著な高度不連続は認められない。積丹岳溶岩類の分布高度は南西に向かって低くなっており、南西方向の谷を埋めて堆積したものと考えられる。

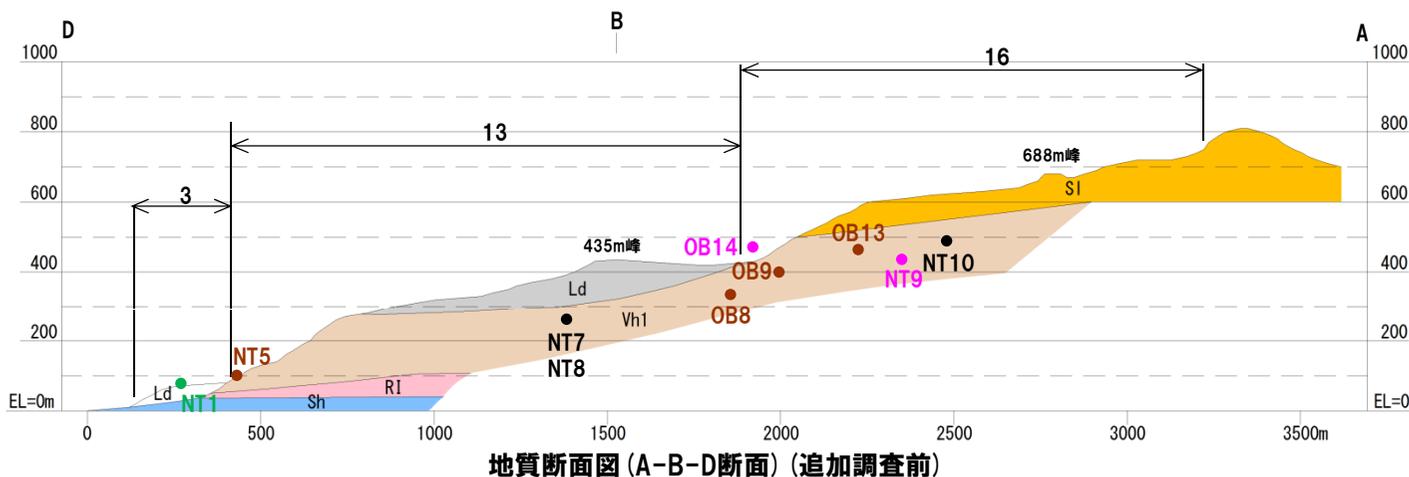
# 2-1 川白に関する検討結果

## 地質断面図による検討 (追加調査結果反映) (5/12)

- ブロック16は、OB21~OB25、OB27のオブカルイシ川両岸及び左岸頂部で積丹岳溶岩類 (S1) を確認し、その分布が標高300m付近から連続していることを確認した。
- ブロック13では、オブカルイシ川河床及び両岸斜面で標高300m付近まで神恵内層の自破碎溶岩 (Vh1)、それ以上で積丹岳溶岩類 (S1) の露岩を確認するが、ブロック中央の435m峰付近では植生に覆われることから地すべり堆積物 (Ld) が分布すると推定した。
- ブロック3は斜面に植生が認められ、露岩を確認できないことから地すべり堆積物 (Ld) が分布するものとした。



積丹岳溶岩類の分布高度に顕著な高度不連続は認められない。積丹岳溶岩類の分布高度は南西に向かって低くなっており、南西方向の谷を埋めて堆積したものと考えられる。

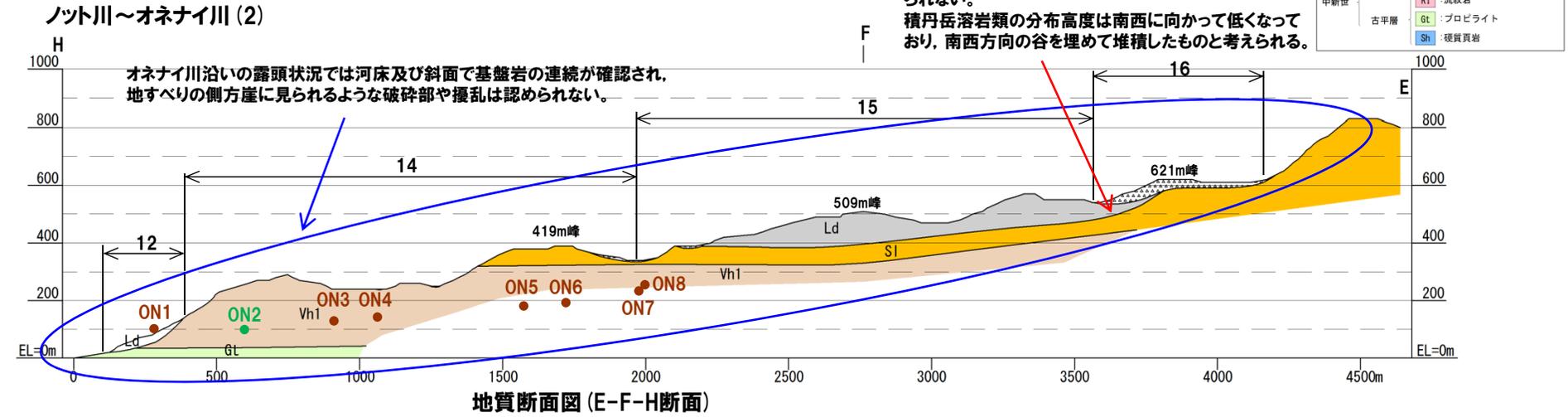
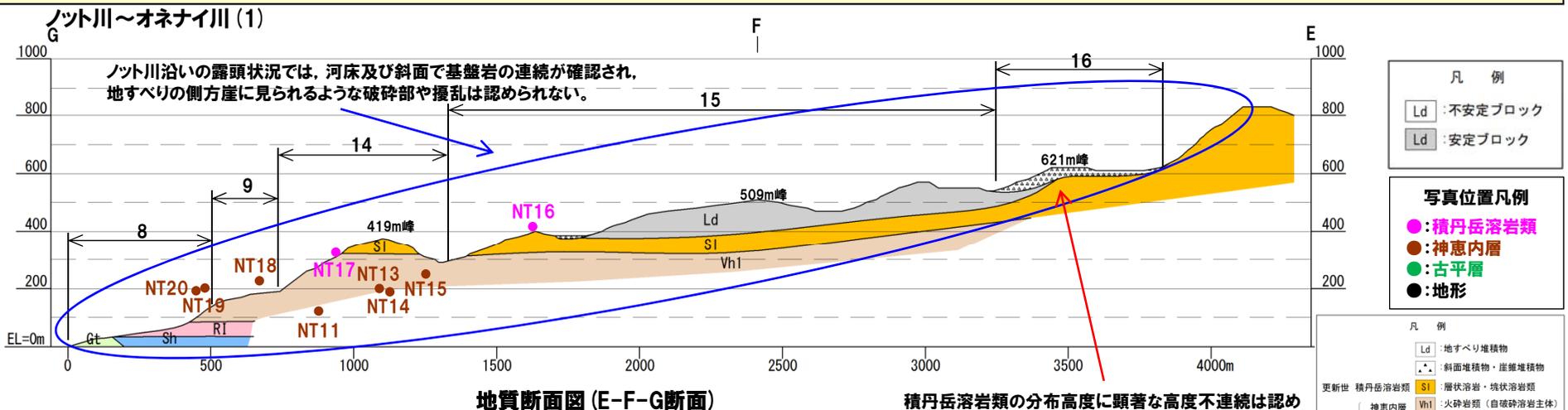


# 2-1 川白に関する検討結果

## 地質断面図による検討 (追加調査結果反映) (6/12)

一部修正(H27/5/15審査会合)

- ブロック16及びブロック14・15境界付近は、頂部及び河床で積丹岳溶岩類 (SI) を確認している。
- ブロック15では、斜面中腹で露岩を確認し、確認標高まで積丹岳溶岩類 (SI) , その上位は地すべり堆積物 (Ld) が分布すると推定した。
- ブロック14は419m峰周辺で積丹溶岩類、ブロック9背後崖、オネナイ川左岸において神恵内層の自破碎溶岩 (Vh1) を露頭で確認している。
- ブロック8・9は神恵内層の自破碎溶岩 (Vh1) を露頭で確認し、ブロック12は斜面堆積物の状況から地すべり堆積物 (Ld) とした。
- ノット川及びオネナイ川における河川沿いの地表地質踏査結果では、下流域～中流域にかけて基盤岩の連続等を確認しており、地すべりの側方崖に見られるような破砕部や擾乱は認められず、**兩岸の地質分布にも有意な高度差は認められない。**

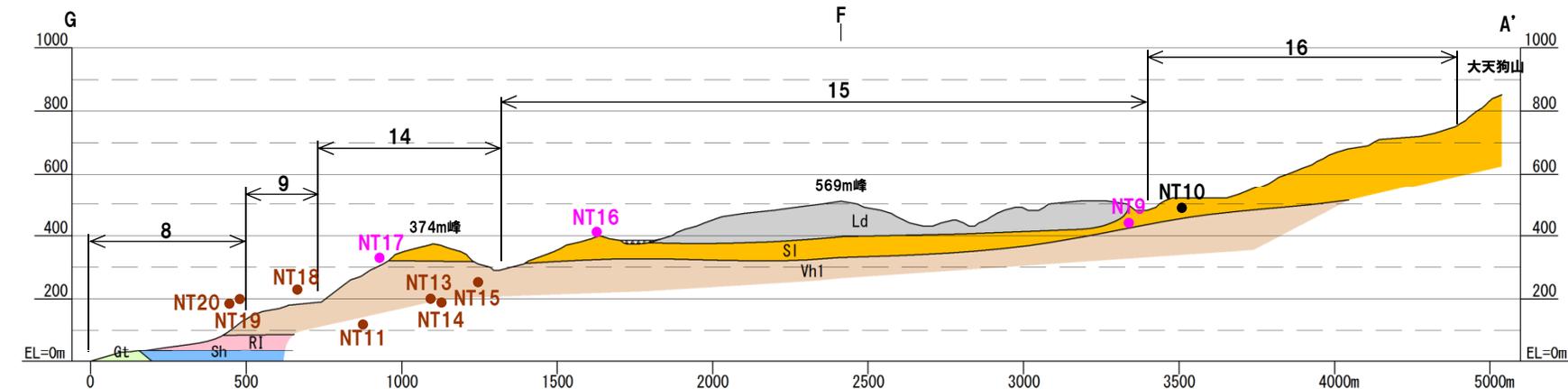


# 2-1 川白に関する検討結果

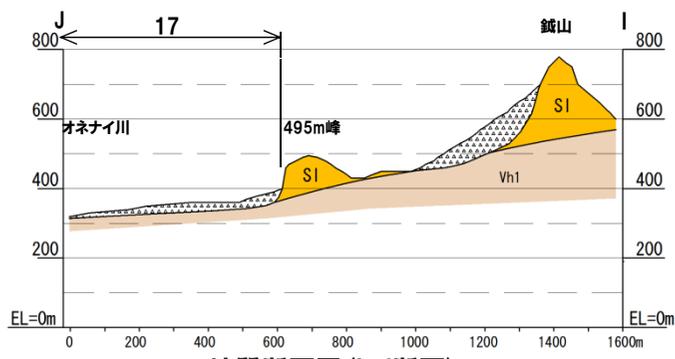
## 地質断面図による検討(追加調査結果反映)(7/12)

一部修正(H27/5/15審査会合)

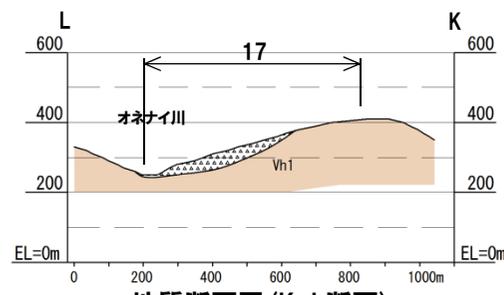
- ブロック16・15及びブロック14の374m峰付近で、積丹岳溶岩類(SI)を確認している。
- ブロック15では積丹岳溶岩類(SI)を露頭で確認し、確認標高まで積丹岳溶岩類(SI)、その上位は地すべり堆積物(Ld)が分布すると推定した。
- ブロック14は、374m峰・419m峰周辺、ブロック9背後崖、オネナイ川左岸において積丹岳溶岩類(SI)を露頭で確認している。
- ブロック8・9は神恵内層の自破砕溶岩(Vh1)を露頭で確認している。
- ブロック17は、標高300m以下の河床で変質した安山岩(Vh1)を確認している。また、斜面において植生は認められるが、露岩は確認できない。急崖前面の斜面は上流側がSW方向、下流側がNW方向とほかのブロックとは最大傾斜方向が異なること、ブロック15・16の斜面より緩傾斜であることから、斜面崩壊物起源の崖錐地形と推定した。
- 鉞山を滑落崖とする地すべり地形は、地すべり地形DB及び空中写真判読結果では495m峰には到達していない。



地質断面図(A'-F-G断面)



地質断面図(I-J断面)



地質断面図(K-L断面)

凡例	
Ld	:地すべり堆積物
▲	:斜面堆積物・崖錐堆積物
更新世 積丹岳溶岩類 SI	:層状溶岩・塊状溶岩類
神恵内層 Vh1	:火砕岩類(自破砕溶岩主体)
中新世 RI	:流紋岩
古平層 Gt	:プロピライト
Sh	:硬質頁岩

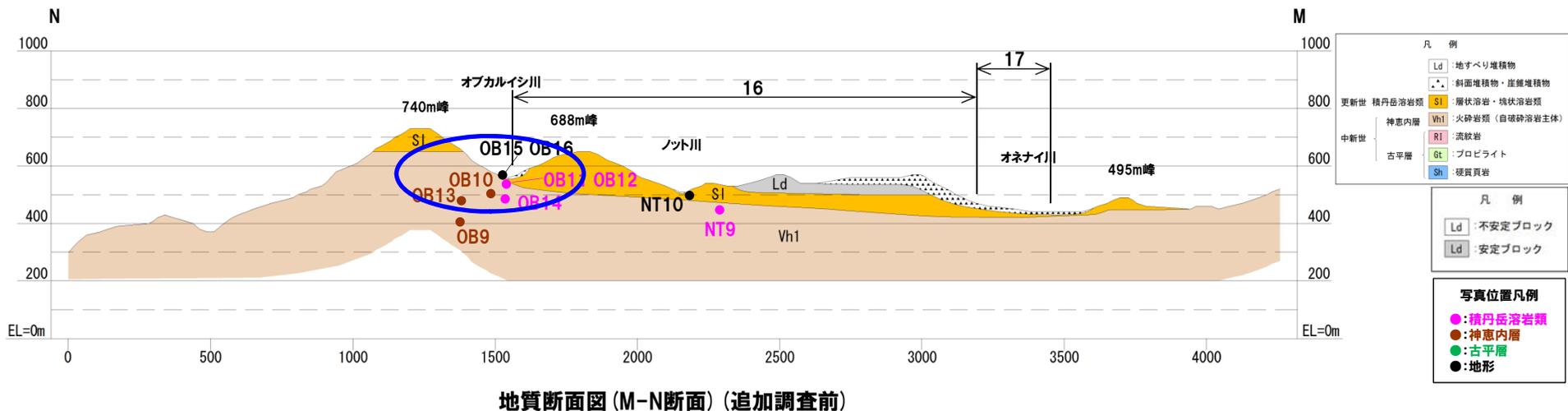
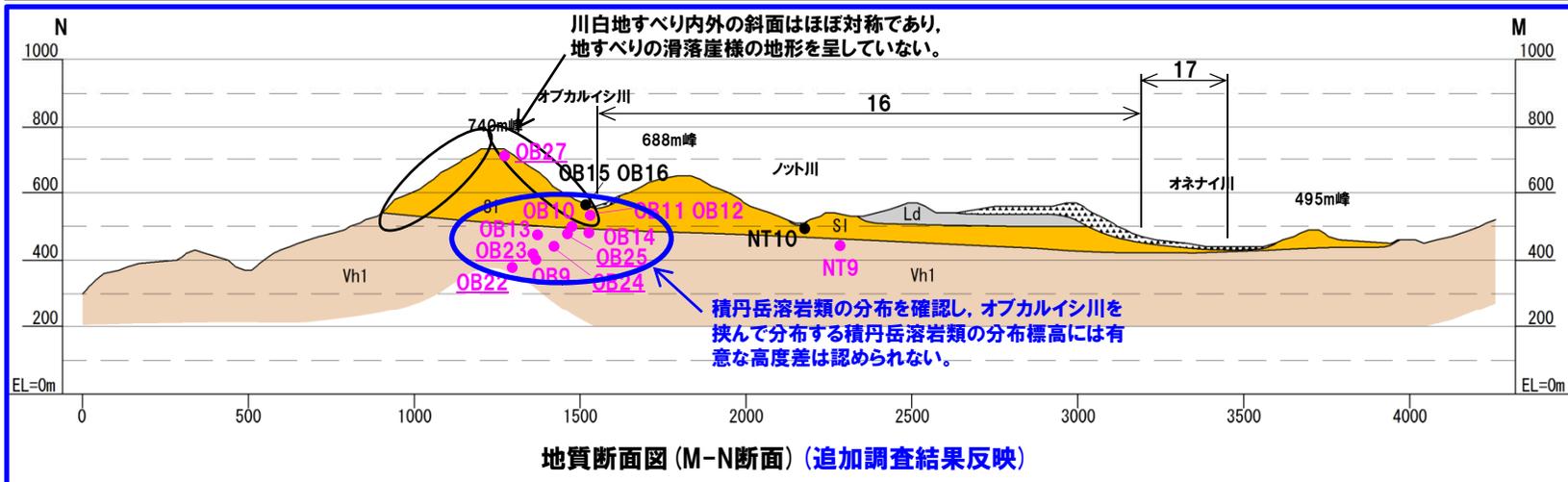
写真位置凡例	
● (pink)	:積丹岳溶岩類
● (brown)	:神恵内層
● (green)	:古平層
● (black)	:地形

凡例	
Ld	:不安定ブロック
Ld	:安定ブロック

# 2-1 川白に関する検討結果

## 地質断面図による検討 (追加調査結果反映) (8/12)

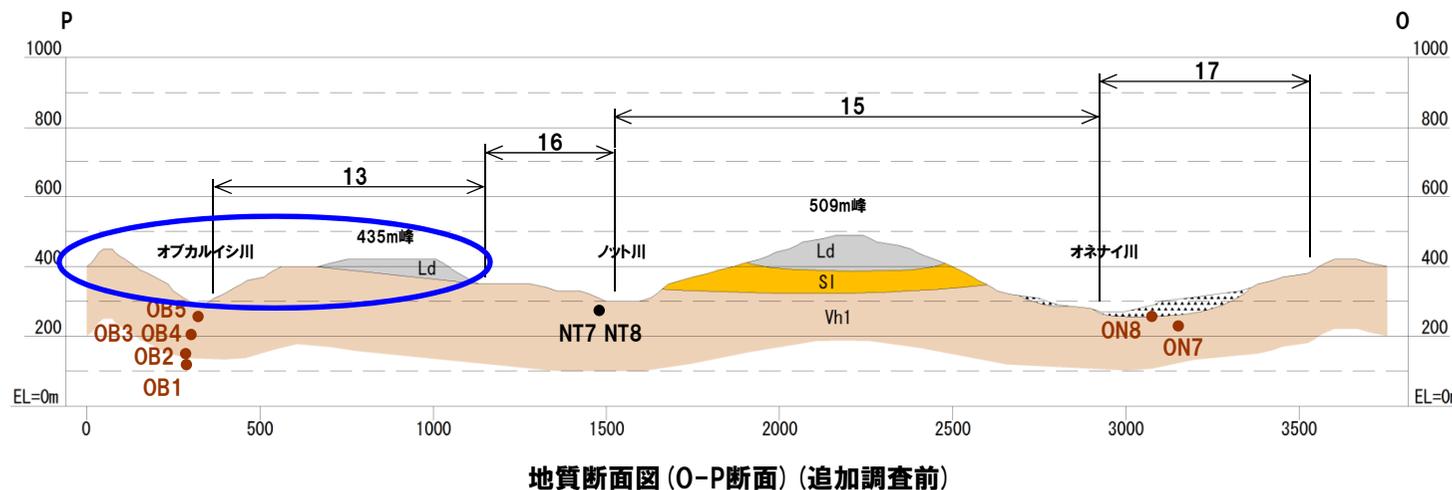
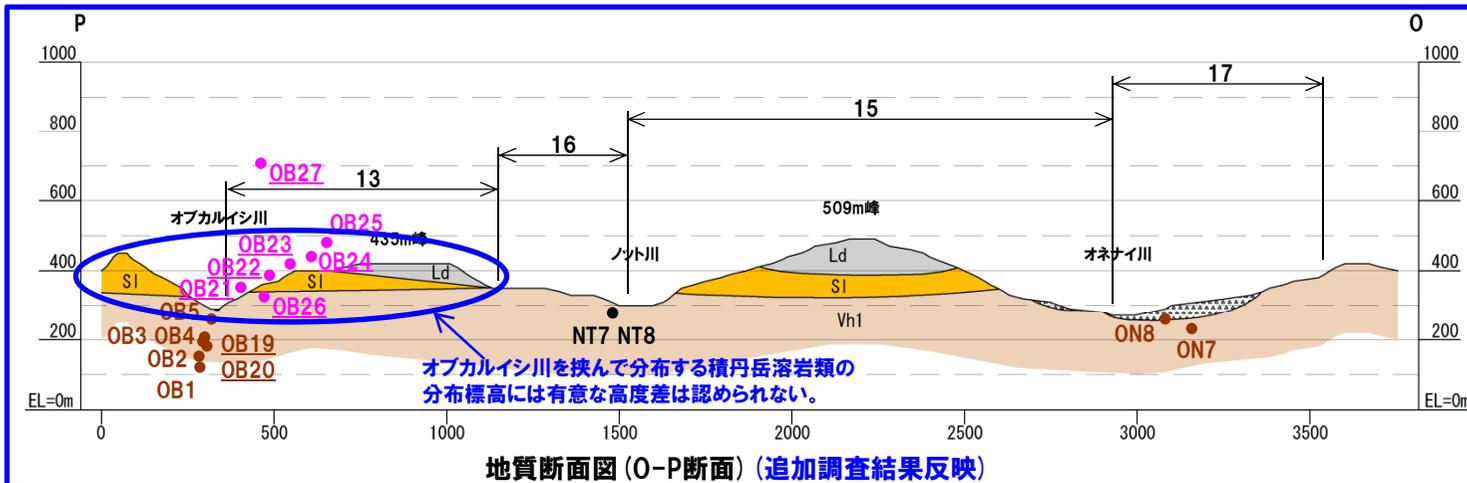
- 沢部では、両岸ともに開析が進んでおり、緩傾斜の斜面が分布する。特にオネナイ川では開析が著しい。
- 川白全体において、上流部から下流部に向かって、神恵内層 (Vh1) が連続して分布しているものと推定される。
- オブカルイシ川の河床及び斜面では、神恵内層 (Vh1)、積丹岳溶岩類の露岩を確認している。
- オブカルイシ川を挟んで分布する積丹岳溶岩類 (SI) の分布標高には、有意な高度差が認められず、緩やかに南方向に傾斜している。
- また、740m峰の斜面はほぼ対称であり、地すべりの滑落崖様の地形を呈していない。



# 2-1 川白に関する検討結果

## 地質断面図による検討 (追加調査結果反映) (9/12)

- 沢部では、両岸ともに開析が進んでおり、緩傾斜の斜面が分布する。特にオネナイ川では開析が著しい。
- 川白全体において、上流部から下流部に向かって、神恵内層 (Vh1) が連続して分布しているものと推定される。
- オブカルイシ川の河床及び斜面では、神恵内層 (Vh1)、積丹岳溶岩類の露岩を確認している。
- オブカルイシ川の標高約300m付近まで積丹岳溶岩類 (SI) を確認し、その分布標高には、有意な高度差が認められず、緩やかに南方向に傾斜している。
- また、740m峰の斜面はほぼ対称であり、地すべりの滑落崖様の地形を呈していない。

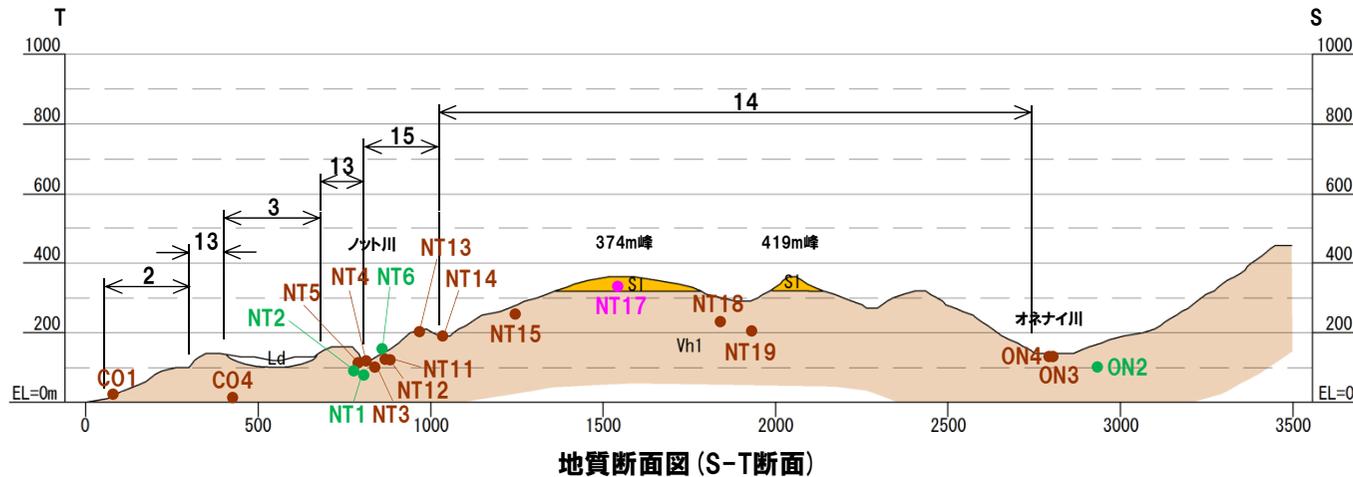
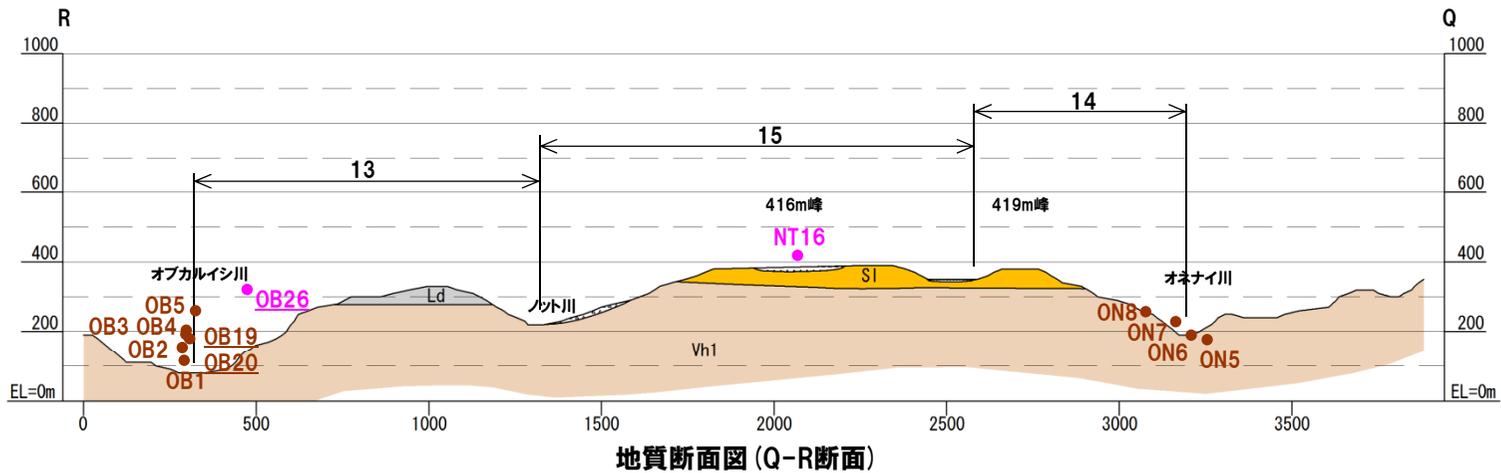


# 2-1 川白に関する検討結果

## 地質断面図による検討 (追加調査結果反映) (10/12)

一部修正(H27/5/15審査会合)

- 沢部では、両岸ともに開析が進んでおり、緩傾斜の斜面が分布する。
- 川白全体において、上流部から下流部に向かって、神恵内層 (Vh1) が連続して分布しているものと推定される。
- 各沢の河床及び斜面において、古平層 (Gt), 神恵内層 (Vh1), 積丹岳溶岩類 (Si) の露岩を確認している。



凡例	
Ld	: 地すべり堆積物
▲▲	: 斜面堆積物・崖錐堆積物
更新世 積丹岳溶岩類	SI : 層状溶岩・塊状溶岩類
神恵内層	Vh1 : 火砕岩類 (自破砕溶岩主体)
中新世	RI : 流紋岩
古平層	Gt : プロピライト
	Sh : 硬質頁岩

写真位置凡例	
● (紫)	: 積丹岳溶岩類
● (茶)	: 神恵内層
● (緑)	: 古平層
● (黒)	: 地形

凡例	
Ld (白)	: 不安定ブロック
Ld (黒)	: 安定ブロック

# 2-1 川白に関する検討結果

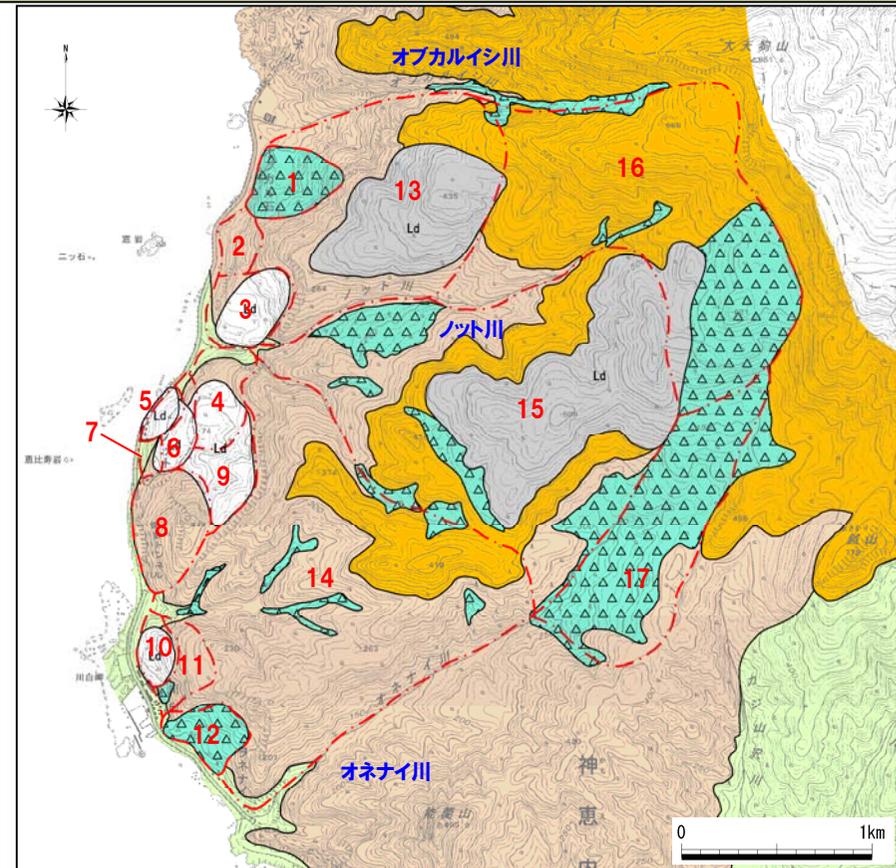
## 地質断面図による検討(追加調査結果反映)(11/12)

一部修正(H27/5/15審査会合)

### 【不安定ブロックの可能性についての評価(ブロック1~13)】

- 地表地質踏査結果等に基づく、地質図及び地質断面図による検討結果より各ブロックの評価については以下のとおりである。  
○評価に当たっては、地すべりブロックの可能性のある地形において、ブロック内や側方崖の河床、斜面等に露岩が確認でき、地すべりの兆候が認められない場合は、不安定ブロックの可能性は小さいとした。

ブロック	地質的特徴	評価
1	地すべりに基盤の確認できず、堆積物も崖錐堆積物で地すべり堆積物との区別が困難なことから地すべりの可能性が大きい。	△
2	やや平坦な地形及び急斜面が、末端部中央に位置する堅岩露頭の背後に認められることから、小規模地すべりと推定される。	○
3	滑落崖や、土塊内に地すべり斜面が認められることから、地すべりである。	×
4	滑落崖、平坦面及び凹地が分布することから、地すべりである。	×
5	ブロック7の緩斜面中の遷急線から滑落崖、基部の遷緩線から斜面堆積物が認められることから、地すべりである。	×
6	ブロック7の緩斜面中の遷急線から滑落崖、基部の遷緩線から斜面堆積物が認められることから、地すべりである。	×
7	ブロック4の平坦面前縁に遷急線、その基部に緩傾斜の斜面堆積物が認められることから地すべりである。	×
8	海食部では小規模な崩落が認められるが、ブロック内の露岩は堅硬であることから、ブロック全体が地すべりではない。	○
9	滑落崖及びブロック8境界には堅岩が分布すること、土塊部を他ブロックで切られ移動土塊がわずかであることから、ブロック全体が地すべりを起こす可能性は小さい。	○
10	滑落崖は不明瞭であるが、ブロック11内の遷緩線を抽出することから、地すべりの可能性が大きい。	△
11	滑落崖は不明瞭であるが、ブロック内にブロック10の遷緩線を抽出することから、地すべりの可能性が大きい。	△
12	滑落崖及び地すべり土塊も明瞭であることから、地すべりである。	×
13	オブカルイシ川下流~中流及びノット川下流において、河床及び兩岸斜面で基盤岩の連続を確認していること、斜面及び河川の開析が進んでいることから、河川をすべり線としてブロック全体が移動するような大規模な地すべりの可能性は小さいと考えられる。	○



赤字: 地すべりブロック



評価 ×: 不安定ブロックである。 △: 不安定ブロックの可能性が大きい。  
○: 不安定ブロックではない、若しくは、不安定ブロックの可能性が小さい。

川白地すべり周辺の地質図

# 2-1 川白に関する検討結果

## 地質断面図による検討 (追加調査結果反映) (12/12)

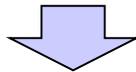
一部修正(H27/5/15審査会合)

### 【不安定ブロックの可能性についての評価(ブロック14~17)】

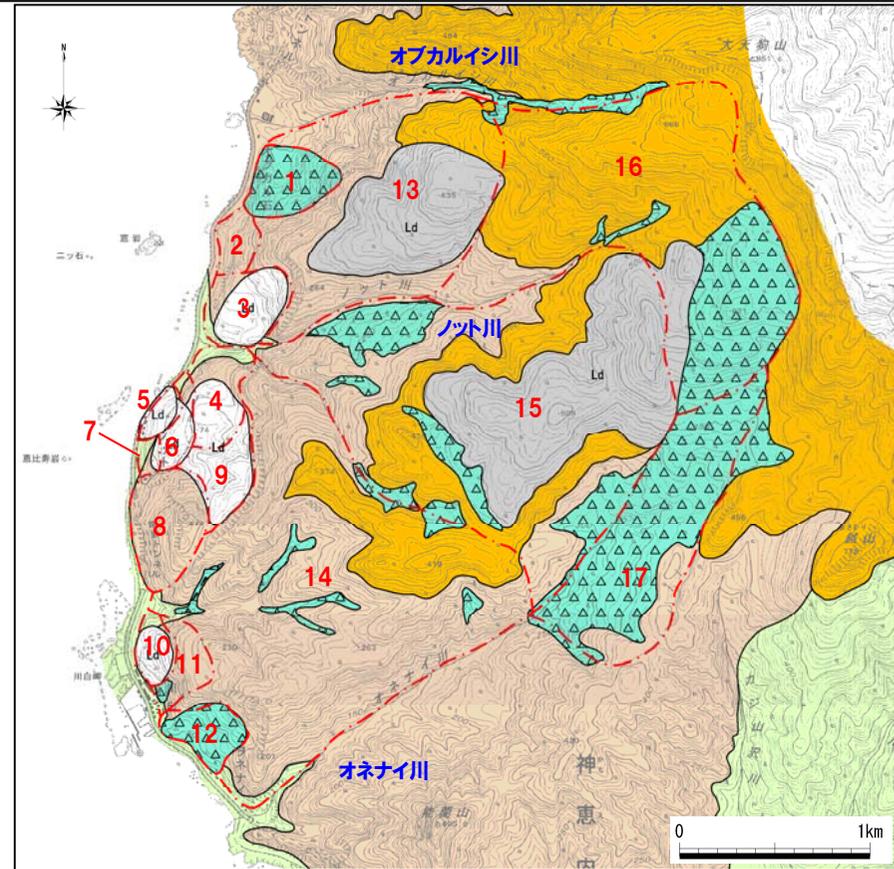
- 地表地質踏査結果等に基づく、地質図及び地質断面図による検討結果より各ブロックの評価については以下のとおりである。
- 評価に当たり、地すべりブロックの可能性のある地形において、ブロック内や側方崖の河床、斜面等に露岩が確認でき地すべりの兆候が認められない場合は、不安定ブロックの可能性は小さいとした。

ブロック	地質的特徴	評価
14	海岸部やオネナイ川で小規模な崩落が認められるが、孤立した山地状の尾根を有し、ブロック内の河床から尾根まで堅硬な基盤岩が確認されることから、ブロック全体が地すべりの可能性はない。	○
15	孤立した山地状の尾根を有し、周辺斜面には変状が認められないこと、斜面も開析されていることから、地すべりの可能性は小さい。	○
16	滑落崖及び平坦面が認められ、古い地すべりの可能性は否定できないが、斜面が開析されていること、明瞭な滑落崖の分布が連続しないこと、河床及び平坦面から続く斜面において積丹岳溶岩類(SI)が確認され、分布標高には有意な高度差は認められないことから、ブロック全体が移動するような大規模な地すべりの可能性はない。	○
17	他ブロックと比較して斜面勾配が緩いこと、地形勾配が上流と下流で異なることから、地すべり地形の可能性は小さく、崖錐地形の可能性が大きい。なお、仮に地すべりとした場合、規模も小さく、開析されて地すべり土塊が斜面化し、安定している状態と考えられる。	○

評価 ×:不安定ブロックである。△:不安定ブロックの可能性が大きい。  
○:不安定ブロックではない、若しくは、不安定ブロックの可能性が小さい。



- 各ブロックの地質的特徴は、以下のとおりである。
  - 海岸部に小規模な地すべりブロックが認められる。
  - ブロック13・14において河床及び両岸斜面に堅硬な基盤岩を連続して確認している。
  - 積丹岳溶岩類の基底の分布標高には有意な高度差は認められない。
  - 山側ブロックの斜面が開析されており、安定状態と推定される。
- 以上のことから、大天狗山付近から海岸部まで、一連で移動するような大規模な地すべりが活動している徴候は認められないものと判断される。



赤字:地すべりブロック



川白地すべり周辺の地質図

# 2-1 川白に関する検討結果

## 地すべり地形の安定性と不安定ブロックの選定 (川白) (1/2)

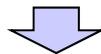
再掲(H27/5/15審査会合)

- 藤原(1970)によれば、切土などの人為的要因による滑動事例を研究し、限界安全率の考え方を示しており、自然地形を改変し、安全率が5~10%低下した時点ですべりが発生することが多いとして、この安全率の低下率を限界安全率とした。
- 稲垣ほか(2005)によれば、古期地すべり地形を復元したうえで、 $c$ 、 $\phi$ を逆算することにより、古期地すべり地形の安全率と形成時期は、  

$$F_s = 1 + 0.00014 \times T^{0.6} \dots\dots (1)$$
 の関係として示されるとし、10数万年前までの古期地すべりの安全率増分は限界安全率とよく一致するとしている。
- また、柳田・長谷川(2000)による古期地すべりの地形開析度 $D$ (%)と地すべりの形成時期 $T$ (年代(年前))との関係、  

$$D = 0.02 \times T^{0.6}$$
 を統合したうえで、  

$$F_s = 1 + 0.007D \dots\dots\dots (2)$$
 の関係の実用式を提案している。
- 国土交通省(2008)による「地すべり防止技術指針及び同解説」によれば、限界安全率に基づき、地すべり防止計画における計画安全率を1.10~1.20、応急対策等で当面の安全確保を図る場合の計画安全率を1.05以上に設定するものとしている。



- 各々のブロックに対して、(1)式、または(2)式に対する計画安全率 $F_s$ を算出する。
- 「日本海東縁部に想定される地震に伴う津波」との重畳に関する検討は短期的検討であることから、ブロックの安定性評価は $F_s = 1.05$ 以上を確保するものとして、 $F_s = 1.10$ 未満のものを定量的評価対象候補として選定した。

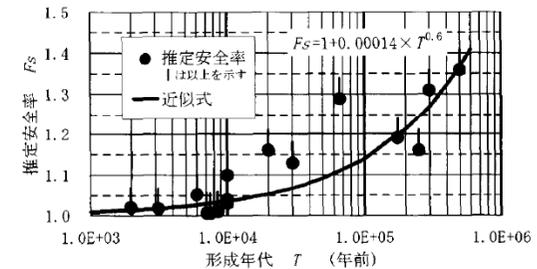


図-5 古期地すべりの形成年代と推定安全率  
稲垣ほか(2005)

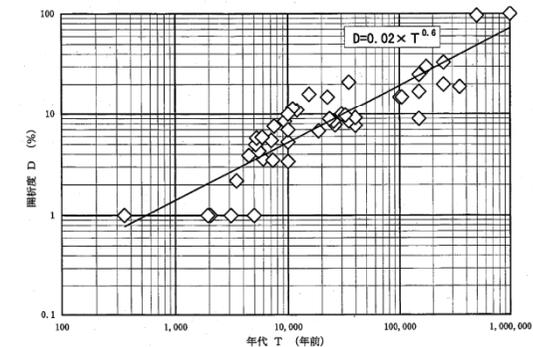


図4 地すべり地形の形成年代と開析度との関係 (柳田・長谷川, 1993)

柳田・長谷川(2000)

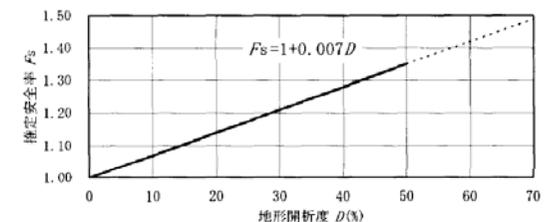


図-6 古期地すべりの地形開析度と推定安全率  
稲垣ほか(2005)

## 2-1 川白に関する検討結果

地すべり地形の安定性と不安定ブロックの選定(川白)(2/2)

一部修正(H27/5/15審査会合)

○検討の結果, ブロック1, 2, 3, (5, 6, 7), 8, (10, 11), 12の7ブロックを不安定ブロックとし, 数値シミュレーションによる定量的評価対象候補として抽出した。

ブロック No	地すべり体の面積 (m <sup>2</sup> )	地すべり体を浸食した谷部の面積 (m <sup>2</sup> )	地形開析度 D (%)	地すべりの形成時期 T (年前)	開析度から求まる安全率
1	103,973	9,695	9	26,000	1.063
2	48,005	0	0	—	—
3	132,159	10,048	8	22,000	1.056
4	119,318	19,001	16	69,000	1.112
5 6 7	41,612	0	0	—	—
	23,935	0	0	—	—
	48,159	0	0	—	—
8	178,084	25,255	14	55,000	1.098
9	107,809	45,151	42	344,000	1.294
10 11	57,466	2,535	4	7,000	1.028
	47,803	0	0	—	—
12	92,462	0	0	—	—
13	976,382	223,886	23	126,000	1.161
14	1,997,958	999,934	50	461,000	1.350
15	2,254,563	543,626	24	136,000 (461,000)*	1.168 (1.350)*
16	1,662,735	417,007	25	145,000 (461,000)*	1.175 (1.350)*
17	722,147	138,921	19	92,000	1.133

※地形層序ではブロックNo.14より古いと考えられるため, 46.1万年前とした場合の地すべりの形成時期から求まる安全率

# 2-1 川白に関する検討結果

## 地すべりブロックの評価

一部修正(H27/5/15審査会合)

- 地表地質踏査結果に空中写真判読結果及び開析度の検討結果を考慮し、各ブロックについて不安定ブロックの可能性を評価した。
- 評価結果は、海岸部の10ブロックで地すべりの可能性がある不安定ブロック、7ブロックが安定ブロックとなった。
- ブロック13～17については、各項目で不安定ブロックの可能性が小さい結果となった。

各検討結果におけるブロックの評価

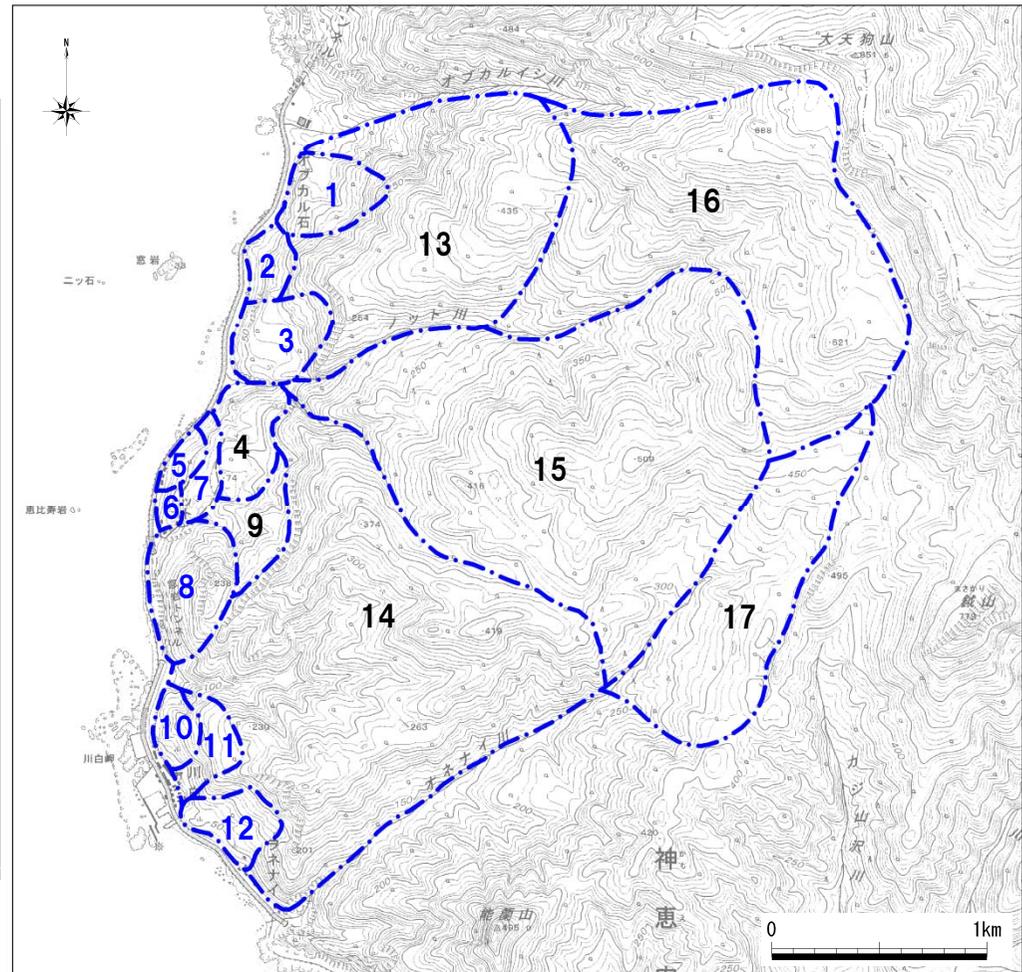
ブロック No	空中写真判読結果	地表地質踏査結果	開析度の検討結果	不安定ブロックの可能性
1	○	△	×	否定できない
2	△	○	—	否定できない
3	×	×	×	不安定ブロックである
4	×	×	○	開析度より不安定ブロックではないと判断
5	×	×	—	可能性大
6	×	×	—	可能性大
7	×	×	—	可能性大
8	△	○	×	否定できない
9	△	○	○	不安定ブロックではない
10	△	△	×	可能性大
11	△	△	—	可能性大
12	×	×	—	可能性大
13	○	○	○	不安定ブロックではない
14	○	○	○	不安定ブロックではない
15	○	○	○	不安定ブロックではない
16	○	○	○	不安定ブロックではない
17	○	○	○	不安定ブロックではない

空中写真判読及び地表地質踏査結果の評価

- ×:不安定ブロックである。 △:不安定ブロックの可能性が大きい。
- :不安定ブロックではない、若しくは、不安定ブロックの可能性が小さい。

開析度の検討結果

- :Fs $\geq$ 1.10, ×:Fs<1.10

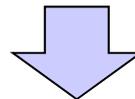


青字:不安定ブロック 黒字:不安定ブロックではない  
地すべりブロック図

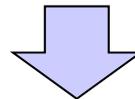
## 2-1 川白に関する検討結果

### まとめ

- 追加の地表地質踏査を行い、神恵内層、積丹岳溶岩類の分布について再整理した。
- 神恵内層、積丹岳溶岩類の境界には地すべりを想定するような高度不連続は認められない。
- 海岸部に不安定ブロック群が抽出された。



- 追加の地表地質踏査結果を踏まえた追加検討の結果においても、山側のブロックは安定ブロックと考えられる。



- しかしながら、ボーリング調査等による地下の地質データがないこと等の状況を考慮し、保守的な検討として、山側のブロックを含めた大規模な地すべりについて、敷地に与える影響を検討する。