北海道常呂郡留辺蘂町金華地すべり地域における 地すべりハザードマッピング

Slide Hazard Mapping of Kanehana landslide Area
in Rubeshibe, Northeastern Hokkaido, Japan

前田寛之^{*)}・大口伸生^{*,***)}・松本尚巳^{**,†)}

MAEDA Hiroyuki・OGUCHI Nobuo・MATSUMOTO Naomi

Abstract

Seven ancient slide topographies in the Kanehana landslide area have been identified as concave polyhill- or concave monohill-type.

The geology of this area consists primarily of the Cretaceous-Paleocene Yubetsu Group, the Upper Miocene Ikutawara and Yahagi Formations, Late Miocene-Early Pliocene rhyolite, andesite and basalt dikes, Lower Pliocene Komatsuzawa and Hakugindai Lavas, and Quaternary System. The Quaternary System consists of the Rubeshibe Formation and pumice flow, river terrace, talus, slide, alluvial fan and recent fluvial deposits. The Ikutawara and Yahagi Formations consist primarily of clastic rocks, acidic volcanoclastic rocks and rhyolite lavas. The rocks of the Ikutawara and Yahagi Formations and rhyolite and andesite dikes have been affected to various extents by hydrothermal alteration related to Late Miocene-Early Pliocene epithermal gold-silver mineralization.

The hydrothermal alteration zones are divided into smectite, zeolite, propylitic, interstratified illite/smectite minerals, illite, K-feldspar, steam-heated alteration and advanced argillic alteration zones, based on the mineral assemblage of hydrothermally altered rocks. The seven ancient slides and the Kanehana-Toge slide occurred in the hydrothermal alteration zones, and were mainly related to the smectite zone.

The slope instability evaluation system for slides used here is based on topography, slope geology, geological structure and the type of hydrothermal alteration according to 1:5,000-scale topographic and geologic mapping of the area. Using this evaluation system slope areas can be classified into four ranks; stable hard-rock slope (class I), stable soft-rock slope (class II), potential slide area (class III) and ancient slide area (class IV). Based on the evaluation, a slide hazard map of the area was created.

Key words : hydrothermal alteration zone slide, smectite zone, interstratified illite/smectite minerals zone, slope instability, slope evaluation, Hazard map.

キーワード：熱水変質帯地すべり，スメクタイト帯，イライト／スメクタイト混合層鉱物帯，斜面不安定度，斜面評価，ハザードマップ

1. 緒言

留辺蘂町は北海道北東部，網走支庁のほぼ中央部に位置し，研究対象地域は当町金華地区の東西約6.5km，南北約5kmの範囲である (Fig. 1)。留辺蘂地域は，地震の震度が3未満で，日本列島の中でも地震の影響が非常に小さく，また，年降水量も約400～900mm (平均約600mm) と非常に少ない (Fig. 2)。この金華地区は，金華峠地すべりが1972年9月に道路改良工事に伴う古期地すべり地形脚部の切り土と秋期の長雨とを誘因として発生し¹⁾，そのほかにも大小様々な古期地すべり地形がおもに地区西部に分布している (Fig. 1) ことから，金華地すべり地域と呼ばれている。この地域の地すべりは，基岩が熱水変質作用を受けた熱水変質帯地すべりである²⁾。ここで，熱水変質帯地すべりとは，古熱水系 (古

地熱系，化石地熱系または化石熱水系とも呼ばれる) や活熱水系 (活地熱系とも呼ばれる) によって形成された熱水変質帯 (地熱変質帯または温泉変質帯とも呼ばれる) で起こる地すべりのことである^{3), 4)}。

この論文は，金華地すべり地域における熱水変質帯地すべりハザードアセスメントを行うことを目的として，この地域の全斜面の地形，地質 (岩質)，地質構造および熱水変質帯と最近の地すべりおよび古期地すべりとの関係について，空中写真判読，地表踏査，粉末X線回折などによって検討し，熱水変質帯地すべりハザードマップ作成方法をまとめたものである。

2. 地形

金華地すべり地域の地形は，上部白亜—古第三系，新第三系および新第三紀貫入岩類分布域ではほぼ山地で占められ，その最高点が白銀台の標高622.1mであり (Fig. 1)，第四系分布域では丘陵地，段丘地および低地である。

*) 北見工業大学工学部土木開発工学科

**) 北見工業大学大学院工学研究科

***) 株式会社ダイヤコンサルタント広島支店

†) 日鉄鉱コンサルタント株式会社北海道支店

Fig. 1 Map of Kanehana slide area indicating ancient slides (Maeda et al., 1996)²⁾. Numbers correspond to slide Nos. in Table 1

Fig. 2 Annual precipitation for Yamato, Rubeshibe

古期地すべり地形は7箇所を確認され²⁾、その規模は移動体の幅約2,150m、全長約1,550mの大きなものからその幅約20m、全長約70mの小さなものまでである (Table 1)。また、最大規模の古期地すべり地形は12のユニットからなる²⁾。

3. 地 質

金華地すべり地域の地質は、上部白亜-古第三系、新第三系および第四系と、新第三紀貫入岩類とから構成される (Fig. 3)。

基盤岩は、おもに地域北東部と南西部の小範囲に分布し、おもに砂岩と頁岩からなる上部白亜系-古第三系晩新統湧別層群^{5),6)}である。これを不整合に覆う新第三系は、下位から上位へ、上部中新統生田原層^{5),7)}および矢矧層^{5),7)}と、下部鮮新統^{7),8)}小松沢溶岩および白銀台溶岩⁸⁾とからなり、それぞれ不整合関係にあるが、生田原層と矢矧層は、地域中央部において、断層に境されている (Fig. 4)。

生田原層は、地域中央部から東部にかけて広く分布し、碎屑岩類、酸性火砕岩類および流紋岩溶岩類からなり、約800m以上の層厚を持つ。

矢矧層は、地域西部に広く分布し、碎屑岩類、酸性火砕岩類および流紋岩溶岩類からなり、約300m以上の層

Table 1 Analysis of ancient slides in Kanehana slide area, adapted from Maeda (1994)¹⁾ and Maeda et al. (1996)²⁾ with changes and additions

Slide No.	Total length (m)	Width (m)	Average angle of slope	Type of slide topography*	Bedrock geology	Geological structure	Hydrothermal alteration zone
1	70	20	13°	Concave monohill-type	Rhyolite lava (Ik)	Dip slope structure	Smeectite z.
2	160	70	11°	Concave monohill-type	Tuffs (Ya)	Dip slope structure	Smeectite z.
3	800	250	9°	Concave monohill-type	Tuffs (Ya)	Dip slope structure	Smeectite z.
4	600	375	9°	Concave polyhill-type	Mudstone (Ya)	Dip slope structure	Smeectite z.
5	1,550	2,150	10°	Concave polyhill-type	Tuffs (Ik & Ya)	Dip slope structure	Sme. Zeo & Kao z.
6	725	225	11°	Concave monohill-type	Tuffs (Ik)	Opposite dip structure	Smeectite z.
7	1,150	950	8°	Concave polyhill-type	Tuffs (Ik)	Opposite dip structure	Smeectite z.

Abbreviations: Ik=Ikutawara Formation, Ya=Yahagi Formation, Kao z.=kaolin minerals zone, Sme z.=Smeectite zone, Zeo z.=Zeolite zone.
* Watari and Sakai (1975)¹⁶⁾ and Fujiwara (1979)¹³⁾

Geologic time	Stratigraphy	Thickness (m)	Rock facies	Intrusive rocks and intrusion ages	Hydrothermal alteration and mineralization ages
Holocene	Recent fluvial deposits	2 ±	Gravel, sand, silt and clay		
	Alluvial fan deposits	10 ±	Gravel, sand, silt and clay		
	Slide deposits	15 ±	Rubble, sand, silt and clay		
	Talus deposits	10 ±	Rubble, sand, silt and clay		
	River terrace deposits	5 ±	Gravel, sand, silt and clay		
	Pumice flow deposits	10 ±	Pumice and volcanic ash		
Pleistocene	Rubeshibe Formation	60 ±	Gravel, sand, silt and clay	Basalt	3.0 Ma Komatsuzawa acid hydrothermal alteration ^{**}
Pliocene	Hakugindai Lava	170 ±	Basalt lavas: 4.0 Ma ^{**}		
	Komatsuzawa Lava	100 ±	Rhyolite lavas: 4.2 Ma ^{**1,6,4}	Hon-Mukagawa Andesite: 6.6 Ma ^{**} Chidanosawa Rhyolite: 7.2 Ma ^{**}	6.6 Ma Muka stage II Au-Ag mineralization ^{**} and 6.8 Ma neutral hydrothermal alteration ^{**}
Late Miocene	Yahagi Formation	300 ±	Rhyolite lavas Acidic tuff Acidic welded tuff Conglomerate, sandstone and mudstone		
	Ikutawara Formation	500 ±	Rhyolite lavas (Kanehana Lava: 7.5 Ma ^{**}) Acidic tuff Acidic welded tuff Conglomerate, sandstone and mudstone		8.3 Ma Muka stage I Au-Ag mineralization ^{**} and neutral hydrothermal alteration
Paleocene Late Cretaceous	Yubetsu Group	4,000 ±	Sandstone and shale		

^{**1} MITI (1990), ^{**2} Maeda (1990), ^{**3} Maeda (1998), ^{**4} Maeda and Matsumoto (2000)

Fig. 3 Stratigraphy and volcanic-hydrothermal activity in Kanehana slide area

Fig. 4 Geologic map of Kanehana slide area

厚を持つ。

小松沢溶岩は、地域南西部に分布する流紋岩溶岩類であり、約100mの層厚を持つ。

白銀台溶岩は、地域中央部の白銀台山頂部を占めて分布する玄武岩溶岩類であり、約170mの層厚を持つ。

第四系はるべし層⁹⁾、軽石流堆積物、河岸段丘堆積

物、崖錐堆積物、地すべり堆積物、扇状地堆積物および現河床堆積物からなる。

新第三紀貫入岩類は、後期中新世の流紋岩類⁷⁾および安山岩類⁷⁾と、前期鮮新世の玄武岩類の岩脈である。

この地域のリニアメントは、断層系や節理系を示し、南-北～北北東-南南西系の断層に一致または平行する

もののほか、これらに斜交する短いものもある。また、古期地すべり地形の滑落崖や側壁の一部がリニアメントに規制されている場合もある²⁾。

4. 熱水変質

金華地すべり地域の生田原層や矢矧層の碎屑岩類、酸性火砕岩類および流紋岩溶岩類と、流紋岩および安山岩岩脈類などには、新第三紀中新世後期～鮮新世の浅熱水性金銀鉍脈型鉍化作用に関連する熱水変質作用が及んでいる^{7), 10), 11)}。この地域の熱水変質作用は、中性の熱水変質作用が少なくとも後期中新世に2回(ステージⅠ：8.3

MaとステージⅡ：6.8～6.6Ma)、酸性の熱水変質作用が少なくとも鮮新世に1回(ステージⅢ：3.0Ma)あったとされている。

熱水変質帯は、鉍物組合せに基づく、スメクタイト帯、ゼオライト帯、プロピライト帯、イライト／スメクタイト混合層鉍物帯、イライト帯、カリ長石帯、蒸気加熱型変質帯および高度粘土変質帯に区分される(Fig.5, 6)。

スメクタイト帯は、スメクタイトを主とし、石英、オパールCT、黄鉄鉍などを伴い(Fig.7A)、おもに地域中央部から西部にかけての生田原層や矢矧層酸性火砕岩類

Alteration zone Mineral	Smectite zone	Zeolite zone	Propylitic zone	Int. Ill/Sme zone	Illite zone	K-feldspar zone	SHA zone	AAA zone
Quartz								
Tridymite								
Cristobalite								
Opal-CT								
Adularia								
Albite								
Illite								
Chlorite								
Int. Ill/Sme								
Smectite								
Kaolinite								
Dickite								
Hul-Cpt								
Mordenite								
Calcite								
Alunite								
Pyrite								

Fig. 5 Mineral assemblages of hydrothermal alteration zones: Int. Ill/Sme=interstratified illite/smectite minerals; Hul-Cpt=heulandite-clinoptilolite series minerals; SHA=steam-heated alteration; AAA=advanced argillic alteration; solid lines indicate major occurrences, broken lines indicate minor occurrences

Fig. 6 Hydrothermal alteration map of Kanehana slide area

Fig. 7 X-ray powder diffraction patterns of hydrothermally altered rocks (air-dried and unoriented). A: Smectite zone (Specimen No. 99093001: Tuff breccia of Ikutawara Formation), B: Zeolite zone (Specimen No. 98081105: Glassy rhyolite lava of Ikutawara Formation), C: Propylitic zone (Specimen No. 99050614: Andesite dike), D: Interstratified illite/smectite minerals zone (Specimen No. 99050205: Lapilli tuff of Ikutawara Formation), E: Illite zone (Specimen No. 99110415: Tuff of Ikutawara Formation), F: K-feldspar zone (Specimen No. 99091729: Volcanic breccia of Ikutawara Formation), G: Steam-heated alteration zone (Specimen No. 98100504: Rhyolite lava of Ikutawara Formation), H: Advanced argillic alteration zone (Specimen No. 99091720: Rhyolite lava of Ikutawara Formation), A=adularia, Ab=albite, Al=alunite, C=chlorite, I=illite, IS=interstratified illite/smectite minerals, K=kaolinite, M=mordenite, P=plagioclase, Q=quartz, S=smectite, T=tridymite

中に広く分布している。

ゼオライト帯は、モルデン沸石や斜プロチロ沸石-輝沸石系鉱物を主とし、石英、オパールCT、スメクタイト、黄鉄鉱などを伴い (Fig. 7B)、おもに地域北部の生田原層酸性火砕岩類中やガラス質流紋岩中や、地域南西部の矢矧層酸性火砕岩類中に発達している。

プロピライト帯は、石英、曹長石および緑泥石を主とし (Fig. 7C)、スメクタイト、方解石、黄鉄鉱などを伴い、おもに安山岩岩脈中に発達している。

イライト/スメクタイト混合層鉱物帯は、石英とイライト/スメクタイト混合層鉱物を主とし (Fig. 7D)、スメクタイト、黄鉄鉱などを伴い、地域北東部や東部の生田原層酸性火砕岩類中に局所的に分布している。

イライト帯は、石英とイライトを主とし (Fig. 7E)、

イライト/スメクタイト混合層鉱物、緑泥石、黄鉄鉱などを伴い、おもに地域北東部の生田原層酸性火砕岩類中に比較的広く発達している。

カリ長石帯は、石英と氷長石を主とし (Fig. 7F)、イライト、イライト/スメクタイト混合層鉱物、スメクタイト、黄鉄鉱などを伴い、地域東部に比較的広く分布し、おもに生田原層酸性火砕岩類中や流紋岩溶岩類中に発達している。この変質帯は、全体的に珪化帯とも言え、また、まれに少量のカオリン鉱物を含む場合がある。

蒸気加熱型変質帯は、カオリナイトとクリストバライトやトリディマイトやオパールCTを主とし、明バン石、黄鉄鉱などを伴い (Fig. 7G)、おもに地域北部や東部の生田原層流紋岩溶岩類や酸性火砕岩類中に発達している。この変質帯は、カオリナイト帯とも呼びうるが、多量のシリカ鉱物と共生するので、粘土化帯ではなく、むしろ珪化帯である。

高度粘土変質帯は、石英とディッカイトやカオリナイトを主とし (Fig. 7H)、明バン石、黄鉄鉱などを伴い、おもに地域東部や南西部の生田原層酸性火砕岩類中に発達している。この変質帯は、ディッカイト帯とも呼びうるが、共生する石英の多寡によって珪化帯や粘土化帯を形成する。

5. 地すべりハザードマッピング

金華地すべり地域の全斜面における地すべりの素因を分析し、地すべりハザードマップを試作した。地すべりの素因は地形的および地質的要因からなる。その素因分析項目は、地形と、地質的要因^{12)~14)}のうち、斜面地質、地質構造および熱水変質帯とであり、これらの総合評価によって、全斜面の不安定度を判定し、地すべりハザードマップを作成した。

地すべりの地形的要因には、藤原¹⁵⁾や渡・酒井¹⁶⁾によると、凸状尾根型、凸状台地型、凹状単丘型および凹状多丘型地すべり地形があり、また、これらの地すべり移動体はそれぞれおもに岩盤、風化岩、崩積土および粘質土から構成される。地すべり地形とは地すべりによって形成された地形であるので、再活動型地すべりはこれらの4種の地形の場で起こり、新規の地すべりは非地すべり地形の場で発生する。115例の道路建設に伴う切土工によって発生した地すべり等と平面斜面形との関係は、尾根型が48.7%、波型が16.4%、複合型が13.9%、直線型が11.3%、谷型が7.8%、不明が1.8%であった¹⁷⁾。これらの平面斜面形のうち、谷型および尾根型地形と前述の地すべり地形とに着目すると、斜面不安定度は、非地すべり地形の谷型地形が最も低く、凹状多丘型地すべり地形が最も高く、それぞれ1点と10点とし、重み付き傾斜配点をした (Table 2)。

この地域の斜面地質は、平坦地を構成する河岸段丘堆積物、扇状地堆積物および現河床堆積物を除くと、湧別層群碎屑岩類、生田原層堆積岩類・溶岩類、矢矧層堆積

Table 2 Slide hazard assessment system based on slide risk factors and distribution points

Factors of slide	Distribution Point
Geomorphology :	
Concave polyhill-type slide topography	10
Concave monohill-type slide topography	9
Convex plateau-type slide topography	8
Convex ridge-type slide topography	7
Ridge-type topography	6
Valley-type topography	1
Slope geology :	
Slide deposits consisting mainly of clay soil	10
Slide deposits consisting mainly of detritus	9
Slide deposits consisting mainly of weathered rock	8
Slide deposits consisting mainly of rock	7
Talus deposits	6
Unconsolidated sediments with the exception of slide and talus deposits	5
Soft rocks	4
Hard rocks	1
Geological structure :	
Dip slope structure	6
Strike slope structure	4
Opposite dip slope structure	2
Hydrothermal alteration zone :	
Interstratified illite/smectite minerals zone	6
Smectite zone	5
Advanced alteration zone	3
Steam-heated alteration zone	3
Zeolite zone	2
Illite zone	2
Propylitic zone	1
K-feldspar zone	1

岩類・溶岩類，貫入岩類，るべし層，軽石流堆積物，地すべり崖堆積物および堆積物に区分しうる（Fig. 4）。斜面構成物質は，土質地質学的には，硬岩，軟岩および未固結堆積物に三大別される。構造物の基礎としては，一般に，硬岩は安定地盤，軟岩は準安定地盤，未固結堆積物は不安定地盤である。未固結堆積物のうち，火砕流や降下火砕物からなる斜面では，ランドスライド（斜面変動の総称）のうち，地すべり（火砕物地すべり¹⁸⁾，火山灰地すべり¹⁹⁾）も起こるけれども，ふつうは，崩壊や土石流が起こりやすい。この地域や周辺地域で起こった最近の地すべりが古期地すべり移動体の一部が再活動している^{11), 20)~22)}ので，地すべり堆積物（古期地すべり移動体）からなる斜面の不安定度が最も高いと評価される。崖堆積物からなる斜面では，一般に硬岩や軟岩と崖堆積物との境界面をすべり面とする地すべりも多いと考えられる。また，溶岩類や貫入岩類からなる斜面では，地すべり（火成岩地すべり¹⁹⁾）も起こるが，むしろ崩壊が起こりやすい。これらを踏まえて，斜面構成物質は，硬岩の湧別層群砕屑岩類，溶岩類および貫入岩類，軟岩の生田原層・矢矧層堆積岩類（砕屑岩類・火砕岩類）と，未固結堆積物のるべし層，軽石流堆積物，崖堆積物および地すべり堆積物に四大別される。したがって，斜面地質（岩質）による斜面不安定度は，一般的にランドスライドが発生しやすいと考えられる順や，一般的な基礎地盤としての評価にも従って，硬岩が最も低く，粘質土からなる地すべり堆積物が最も高く，それぞれを1点と10点とし，重み付き傾斜配点をした（Table 2）。

道路建設に伴う切土工によって，79箇所が発生した地すべりと地質構造との関係の調査結果¹⁷⁾によると，地す

べりの71%が流れ盤（56箇所），15%が受け盤（12箇所）で起こっている。また，東部北海道厚岸地域の104箇所で行った釧路型地すべり²³⁾と上部白亜系～古第三系暁新統根室層群泥質岩などの層理面との関係は，約45%が流れ盤，約30%が横盤（走向方向），約25%が受け盤であった²⁴⁾。これらのデータを考慮すると，地すべりと基岩の層理面との関係は，約50%が流れ盤，約30%が横盤，約20%が受け盤で起こったとも考えられる。したがって，地質構造による斜面不安定度は，受け盤が最も低く，流れ盤が最も高く，それぞれを2点と6点とし，重み付き傾斜配点をした（Table 2）。

この地域の地すべりと最も密接な関係にある熱水変質帯はスメクタイト帯である（Table 1，Fig. 6）が，熱水変質帯による斜面不安定度は，前田²⁵⁾によると，膨張性粘土鉱物を含まない変質帯が低く，膨張性粘土鉱物を含む変質帯が高く，カリ長石帯およびプロピライト帯を1点，イライト帯およびゼオライト帯を2点，高度粘土変質帯および蒸気加熱型変質帯を3点，スメクタイト帯を5点，イライト／スメクタイト混合層鉱物帯を6点とし，重み付き傾斜配点をした（Table 2）。

素因間の評価は，最も地すべり発生が懸念される，地形では，凹状多丘型地すべり地形と，斜面地質では，粘質土からなる地すべり堆積物とに最高点の10点を与え，同等の危険度とみなした。前述のように，この地域や周辺地域の熱水変質帯において，最近起こった地すべりがいずれも粘質土地すべりや崩積土地すべりの再活動であるので，古期地すべり地が最も地すべりの発生危険度が高いと評価でき，同一の点数の4種の地すべり地形と4種の地すべり堆積物はそれぞれ同等の危険度とみなされ

Table 3 Slope evaluation based on total slide risk

Total risk points	Slope evaluation	Kind of slope
1 - 6	Class I	Stable hard-rock slope
7 - 11	Class II	Stable soft-rock slope
12 - 19	Class III	Potential slide area
20 - 31	Class IV	Ancient slide area

る。したがって、地すべり地形および堆積物以外の非地すべり地形と斜面地質において、新規の地すべり発生が最も懸念される尾根型地形や崖錐堆積物に6点を与え、また、地質構造および熱水変質帯において、最も新規の地すべり発生が懸念される、それぞれ流れ盤およびイライト／スメクタイト混合層鉱物帯にやはり6点を与え、同等の危険度とみなした。このように、地すべりの各素因の同一の点数は同等の地すべり発生の危険度を持つ。

以上のように、地すべりの地形的・地質的要因毎にそれぞれ斜面不安定度評価を点数として表した (Table 2)。斜面における地すべり危険度は、斜面評点法による評点累計によって評価し、その累計が大きければ、その危険度は高く、小さければ、低い。さらに、斜面評価は四つのランクに分けた (Table 3)。すなわち、この地域の斜面は、ランクⅣの再活動型地すべり発生が懸念される最も不安定な古期地すべり地、ランクⅢの新規の地すべり発生が懸念される不安定な区域、ランクⅡの安定な軟岩盤およびランクⅠの安定な硬岩盤に分類される。このような考え方で評価した地すべりハザードランクに基づいて、地すべりハザードマップを作成した (Fig. 8)。

6. 地すべりハザードアセスメント

本地域での地すべりハザードアセスメントの結果を以下に記す。1972年金華峠地すべり地は、対策工施工後、その対策のり面のり尻の小規模な流動が数回あったが、本質的に地すべりが起こっていないので、少なくとも他の古期地すべり地と同等の不安定度を持つと判断される。したがって、金華峠地すべり地とその他の古期地すべり地は、自然的誘因か、人為的誘因か、それら両誘因によって、最も地すべり発生の可能性が高いと評価され、ランクⅣとした。

ランクⅢの新規の地すべり発生懸念地では、崖錐堆積物分布域が地域中央部において比較的広く分布し、また、危険度も他の斜面に比べて高く、新規の地すべり発生の可能性が最も高いと考えられ、その他の斜面では、古期地すべり地形の分布状況から見ても明かなように、スメクタイト帯が広く分布している地域西部の方が、カリ長石帯が広く分布している地域東部に比べてより危険度が高いと評価でき、今後、自然的誘因や人為的誘因によって、新規の地すべりが発生する可能性が高いと考えられ

Fig. 8 Slide hazard map of Kanehana slide area.

The topographic map is part of a 1:25,000 map of Rubeshibe-Seibu from the Geographical Survey Institute of Japan.

る。また、このランクの斜面は、生田原層および矢矧層堆積岩類分布域で、しかも膨張性粘土鉱物で特徴づけられる熱水変質帯のうち、イライト／スメクタイト混合層鉱物帯か、スメクタイト帯で、かつ、流れ盤か横盤の区域であり、おもに古期地すべり地に隣接する地域である (Fig. 8)。

ランクⅡの安定な軟岩盤斜面は、生田原層および矢矧層堆積岩類分布域で、しかも膨張性粘土鉱物を特徴鉱物としない熱水変質帯か、受け盤のスメクタイト帯かである (Fig. 8)。

ランクⅠの安定な硬岩盤斜面は、湧別層群堆積岩類、溶岩類および貫入岩類分布域と、生田原層堆積岩類のカリ長石帯やイライト帯分布域とである (Fig. 8)。

ところで、1998年9月8日に、この地域を襲った台風に伴う集中豪雨 (日最大雨量94mm) 時には、地すべりは起こらなかったため、これ以上の降雨強度などの自然的誘因か切り土や盛り土などの人為的誘因がなければ、

新規の地すべりや再活動型地すべりは発生しないと考えられる。ただし、1998年9月8日の集中豪雨時に、この地域内で、法面崩壊が2件発生した。その1件は金華峠の軽石流堆積物の切土のり面、もう1件は金華峠地すべり地に隣接する生田原層火砕岩類の切土のり面で起こった。

7. 結 言

金華地すべり地域における地すべりハザードマップ作成方法とハザードアセスメントをまとめるとつぎのとおりである。

- (1) 地すべりの素因分析項目は地形、斜面地質、地質構造および熱水変質帯であり、それぞれの素因における検討項目の評点は重み付けして配点した。
- (2) 地形による斜面不安定度は、凹状多丘型地すべり地形を10点、凹状単丘型地すべり地形を9点、凸状台地型地すべり地形を8点、凸状尾根型地すべり地形を7点、尾根型地形を6点、谷型地形を1点とし、重み付き傾斜配点をした。
- (3) 地すべりに対する斜面地質による斜面不安定度は、粘質土を主とする地すべり堆積物を10点、崩積土を主とする地すべり堆積物を9点、風化岩を主とする地すべり堆積物を8点、岩盤を主とする地すべり堆積物を7点、崖錐堆積物を6点、地すべりおよび崖錐堆積物を除く未固結堆積物を5点、軟岩を4点、硬岩を1点とし、重み付き傾斜配点をした。
- (4) 地すべりに対する地質構造による斜面不安定度は、流れ盤を6点、横盤を4点、受け盤を2点とし、重み付き傾斜配点をした。
- (5) 地すべりに対する熱水変質帯による斜面不安定度は、イライト／スメクタイト混合層鉱物帯を6点、スメクタイト帯を5点、高度粘土変質帯および蒸気加熱型変質帯を3点、ゼオライト帯およびイライト帯を2点、プロピライト帯およびカリ長石帯を1点とし、重み付き傾斜配点をした。
- (6) 斜面評価は、斜面評点法による評点累計によって評価し、四つにランキングした。ランクⅠは安定硬岩盤斜面、ランクⅡは安定軟岩盤斜面、ランクⅢは新規の地すべり発生が懸念される不安定な区域、ランクⅣは再活動型地すべりが懸念される最も不安定な古期地すべり地である。

謝辞：北見工業大学工学部土木開発工学科平田広昭技官には岩石の薄片製作に、同大学院工学研究科土木開発工学専攻修了生鈴木俊司・登嶋弘人・山田 司各氏および同大学工学部土木開発工学科卒業生宍戸政仁・衣畑健一各氏には粉末X線回折実験などにご協力いただいた。また、留辺蘂町役場高井直人氏には調査地域の5千分の1地形図をいただいた。記して、以上の方々に深く感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 前田寛之 (1994)：熱水性脈状粘土化帯と地すべりとの密接な関係－北海道金華峠地すべりの例－，地すべり，Vol. 31, No. 1, pp. 21－28.
- 2) 前田寛之・鈴木俊司・登嶋弘人・山田 司 (1996)：熱水変質帯地すべり－北海道常呂郡留辺蘂町金華地すべり地域の例－，地すべり，Vol. 33, No. 3, pp. 19－24.
- 3) 前田寛之 (1996)：地すべりの地形、地質および変質特性－北海道紋別郡生田原町東部地域の例－，地すべり，Vol. 33, No. 1, pp. 1－8.
- 4) 前田寛之 (1999)：生田原町生田原地すべり，北海道の地すべり'99，地すべり学会北海道支部北海道の地すべり'99編集委員会，pp. 86－90.
- 5) 山田敬一・寺岡易司・石田正夫 (1963)：5万分の1地質図幅「生田原」および同説明書，北海道開発庁，35p.
- 6) 田近 淳・八幡正弘 (1991)：5万分の1地質図幅「遠軽」および同説明書，北海道立地下資源調査所，104p.
- 7) Maeda, H. (1998)：Relationship between volcanism, hydrothermal alteration and epithermal gold-silver mineralization in the Muka mine area in the Kitami metallogenic province, Hokkaido, Japan, Resource Geol., Vol. 48, No. 3, pp. 197－208.
- 8) 通商産業省 (1990)：平成元年度北海道北部B地区広域地質構造調査報告書，265p.
- 9) 沢村孝之助・秦 光男 (1965)：5万分の1地質図幅「留辺蘂」および同説明書，北海道開発庁，42p.
- 10) Maeda, H. (1990)：Mineralization ages of some epithermal gold-silver vein-type deposits in the Central Kitami mining district of the Kitami metallogenic province, Hokkaido, Japan, Mining Geol., Vol. 40, No. 1, pp. 17－22.
- 11) 前田寛之・登嶋弘人 (1993)：北海道北東部，武華金銀鉱床地域の熱水変質作用，資源地質，Vol. 43, No. 3, p. 214.
- 12) 山田剛二・渡 正亮・小林澄治 (1971)：地すべり・斜面崩壊の実体と対策，山海堂，580p.
- 13) 藤原明敏 (1979)：地すべりの解析と防止対策，理工図書，601p.
- 14) 藤田 崇 (1995)：地すべり現象の地質学（その2）—地質的要因について—，地すべり技術，Vol. 21, No. 3, pp. 23－31.
- 15) 藤原明敏 (1974)：平易な地すべりの調査法(1)，地すべり技術，Vol. 1, No. 3, pp. 23－26.
- 16) 渡 正亮・酒井淳行 (1975)：地すべり地の概査と調査の考え方，土木研究所資料，No. 1, 003, pp. 1－70.
- 17) 中村浩之・田辺政貴・久保田哲也 (1986)：道路建設に伴う切土工による地すべりの実態，土木研究所資料，No. 2, 288, 88p.
- 18) 藤原明敏 (1970)：地すべり調査と解析，理工図書，222p.
- 19) 安藤 武 (1974)：地すべりの分類と地質特性について，地すべり，Vol. 11, No. 1, pp. 32－36.
- 20) 前田寛之 (1988)：北海道生田原地すべり地の崩積土とすべり面粘土，地すべり，Vol. 25, No. 1, pp. 13－20.
- 21) 前田寛之・新井専介 (1992)：北海道北東部，置戸町東部地域の地すべり特性，第31回地すべり学会研究発表講演集，pp. 53－54.
- 22) Maeda, H. and Hiura, H. (1999)：The Iwato slide has characteristics of both shear zone slide and hydrothermal alteration zone slide, Journal of Japan Landslide Society, Vol. 36, No. 2, pp. 24－31.
- 23) 黒田和男 (1966)：地すべり地と地質構造の因果関係について，地学雑誌，Vol. 75, No. 3, pp. 123－135.
- 24) 前田寛之・日浦啓全・納谷 宏：東部北海道厚岸地域の鈎路型地すべりと泥質岩の性質との関係，準備中.
- 25) 前田寛之：地すべりと熱水変質作用，地すべりに関する地形地質用語小委員会，投稿中.

(原稿受付2000年4月21日，原稿受理2001年5月30日)