

福井県の地すべり

—農村振興課（農村振興局所管）における地すべり対策について—

いちの よしたか
市埜吉孝* ほりうちたかひろ
堀内隆大** うえきた たかし
上北 孝*** 野村成宏***

1. 福井県の地勢と概観

福井県は敦賀東方の木の芽山嶺を境として、嶺北地方と嶺南地方に分かれます。

嶺北地方は、福井平野を中心に大野盆地、九頭竜川中流河谷、丹生山地、越前中央山地、奥越山地などで形成されています。そのうち、福井平野は九頭竜川、日野川、足羽川のつくる沖積平野で、有数の穀倉地帯として知られています。

福井平野は人口・産業面においても大きな比重を占めており、全国上位の生産高を誇る合成繊維工業や近年特に比重を増している電気機械工業の拠点である福井市、越前市、鯖江市周辺は、本県経済の中核となっています。

また、関西並びに中部経済圏に大きな役割を果たしている北陸自動車道を中心とした陸上交通網が充実し、主要港である福井港を中心とした臨海工業地帯は本県の経済拠点として貢献しています。

奥越地方を貫流する九頭竜川沿いには、大野・勝山盆地があり、穀倉地帯を形成する一方、合成繊維物の生産が盛んであります。九頭竜川上流は九頭竜ダム、真名川ダムなどの多くの水力発電施設を有する。

嶺南地方は、若狭湾の陥没とともに沈降形の地形特色を示し、リアス式海岸と比較的狭小な諸平野とに分かれます。多くの半島群を有するこの地域は、全国一の原子力発電地帯として知られています。敦賀平野に発達した敦賀市は、敦賀港を擁し、繊維、化学、セメント、機械など各種工業が発達しています。

小浜市を中心とする若狭は小浜平野、三方平野などに分かれます。古来戦火の被害も少なく、多数の国宝・重要文化財を擁して、まさに「海のある奈良」の觀を呈しています。変化に富んだ若狭湾の海岸には豪壮な蘇洞門や内浦の大断崖、またラムサール条約湿地に登録された三方五湖など数多くの景勝地や豊かな自然が存在し、若狭湾国定公園はまさに一大観

光地として、今後より一層の発展が期待されています。

2. 福井県の地すべり

2.1 地形・地質

福井県は日本海に面し、本州のほぼ中央部に位置する。周囲は、石川、岐阜、滋賀、京都の各府県と接する。本県は、県の中央部を東北東-西南西に連なる標高1,200m前後の高原性山地（越美山地）によって、嶺北地方と嶺南地方に大きく大別される。

嶺北地方では西方の日本海側に標高500~600m前後の丹生山地が、東方には標高1,500m前後の加越山地が連なっています。これらの山地を開析した九頭竜川、足羽川、日野川などの流域や末端部に、各河川の氾濫原などによる谷底平野や沖積低地が広範囲に発達しています。

嶺南地方は、東方の野坂山地と西方の丹波高地によって南方の京都府と画され、全体として凹弧を北方に向けた三日月型をなす。低地は各山地北側の山裾や、これらの山地を開析して流れる笙の川、北川、南川などに沿って形成されるが、その発達は比較的小規模である。

両地方では海岸線の形状でも大きな相違をみせており、比較的単調でなだらかな形状をなす嶺北地域に比べ、嶺南地域のそれは典型的なリアス式海岸を形成している。

地質的にも、嶺北地方と嶺南地方では大きく異なる。

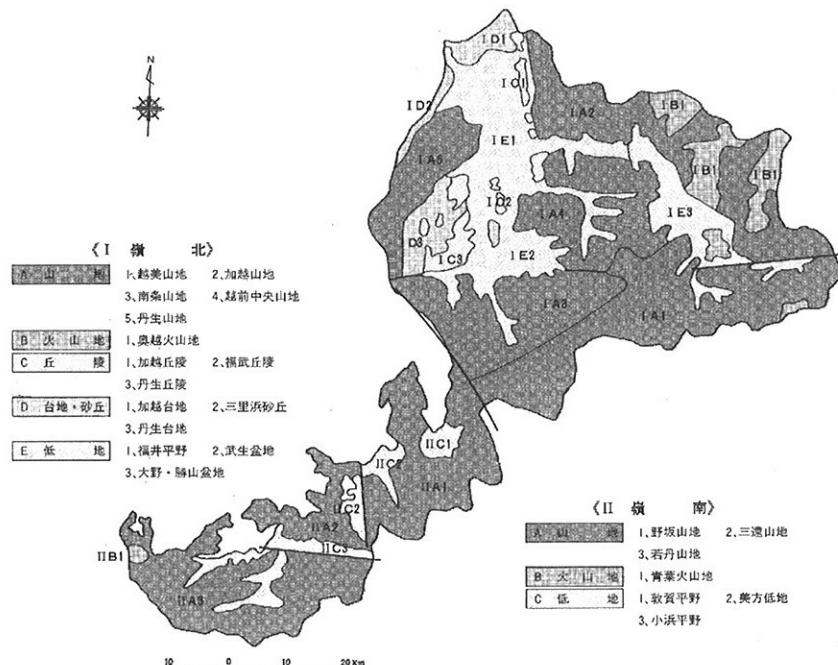
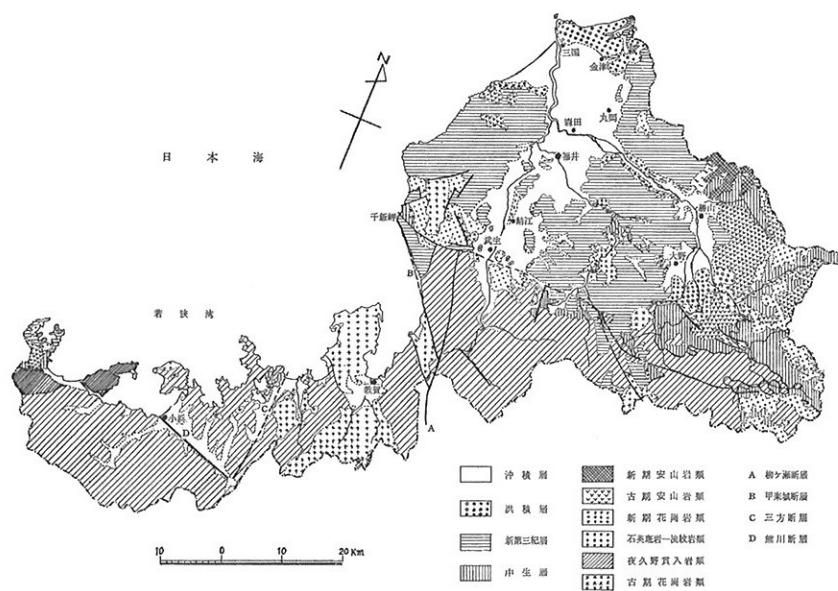
嶺北地方の中～北部は日本最古の地層と目される飛騨片麻岩類を基盤とし、恐竜化石の产出で名高い手取層群や足羽層群などの中生界白亜系、更に新期の地層である糸生累層などの新生界新第三系などで広く覆われる。

これに対して嶺南地方は、嶺北域の南方から本県の西端に掛けての山岳域を構成する、中生代三畳紀～白亜紀頃の堆積岩コンプレックス（美濃-丹波帶と称される）を基盤とし、これを覆う内浦層群などの新生界第三系が局所的な分布を示す他、敦賀市の南～西方域には、中生代後期～新生代前期の活動・貫入によるものとされる火成岩類（雲谷山・江若花

* 福井県農林水産部農村振興課

** 福井県嶺南振興局農村整備部

*** 株田中地質コンサルタント

図 2.1 福井県の地形区分図¹⁾図 2.2 福井県の地質図²⁾

岩岩体など)が比較的広範囲に分布している。

両地域は、敦賀市の東方を南北および北西-南東各方向へ流れる柳ヶ瀬断層、甲楽城断層などの活断層で境される。

嶺北地域では、これらや岐阜側から伸びる温見断層(根尾谷断層系)と調和的な北西-南東方向への活断層が発達するものの、その頻度は比較的少ない。

これに対し嶺南域は、三方断層-熊川断層間で挟まれる三遠三角帯などの沈降帯の他、耳川断層や野坂断層などの南北走向ないし北西-南東走向を示す活断層が比較的密に発達しており、全体に破碎質な

地質状態を示す場合が多い。

2.2 気象状況

福井県は日本海型気候であり、冬期はシベリア寒気団による影響で風雪共に強く、全国でも年間降水量の多い地域に当たる。

本県の年間降水量は約2,000~3,000mm近くで、全国的にも多雨域に属する。降雨は冬期の12~1月に掛けてが最も多く、次に秋雨前線が活発化する9月前後、梅雨期の7月前後に多い傾向がある(図2.3, 2.4)。

県内の地域的傾向では、福井平野など嶺北地方の

平野部を本県の平均とした場合（気温14℃前後、降雨量2,500mm前後）、これより東方の山岳域では全体に気温が低めで、降水量も多い。これに対して、日本海沿岸域は沖を流れる対馬暖流の影響によって比較的温暖な状況にあり、特に嶺南地方は嶺北の平野部に比べ全体的に気温がやや高め（15℃

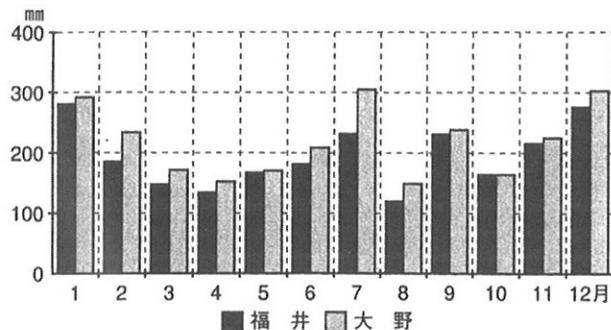


図2.3 福井市、大野市の月別降水量（1979～1990年）³⁾

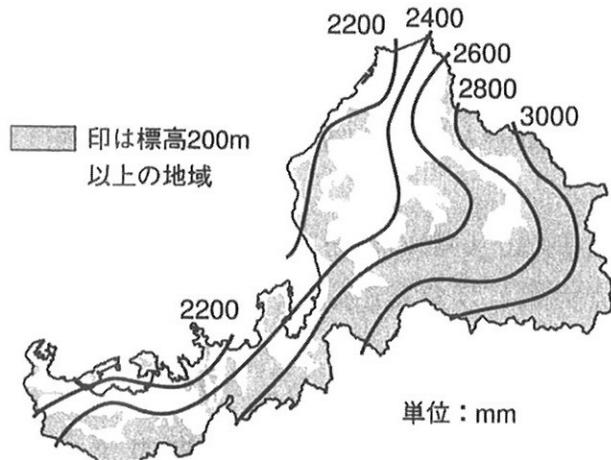


図2.4 福井県の年降水量の分布（1979～1990年）³⁾



図2.5 福井県の地すべり危険箇所

前後），降水量も平均よりやや少なめというのが一般的である。

2.3 地すべりの分布と特徴

福井県に分布する地すべり危険箇所を、図2.5の平面図にまとめて示す。

このうち、農村振興局所管で計7箇所が地すべり防止区域に指定されている。今回報告する農村振興局所管の指定地のうち、嶺北地方では越前海岸線辺の1地区のみであり、残る6地区は全て本県の西端にそびえる、青葉山周辺の山裾部～内浦湾の縁辺部に集中している。

これらの地域に分布する地すべりは、比較的新しい地層である新生代新第三紀以降の堆積岩類や火山性碎屑岩類をその主要なすべり土塊の母岩としており、地すべりの形態では概ね「風化岩すべり」に分類される。

本県の地すべり危険箇所は、小規模なものを含めれば県内各地に広く散在しているが、福井市西方の越前岬周辺や、内浦湾の周辺部に集中する傾向がある。

これら以外では、本県北東部に位置する勝山市の北方（勝山市谷地区他）や、大野市南方の岐阜県境に近い山岳部（池田町美濃俣地区）などで、比較的規模の大きい地すべり地が分布するのみである。

県内各地の地すべりは、その多くが規模の比較的小さい「崩積土すべり」か、先述の「風化岩すべり」に分類されるが、温見断層の近傍に分布する美濃俣地区などのように、破碎帶地すべりに該当するものも確認されている。

本県の地すべり危険箇所は比較的降雪の多い山間域で発達する傾向にあり、これらの活動には、融雪作用による過大な地下水供給が大きく関与しているものと想定される。

3. 福井県の地すべり対策事例

本県の農村振興局所管の防止区域は、概ね昭和30~40年代半ばの比較的早期に指定を受け、各地区共に過去に対策事業が実施済である。このため、そのほとんどの地区が新たな変位などのない、ほぼ概成した状態と判断されている。

従って本報文では、既往の対策事業を経てもなお、近年に新たな活動を見せ始めた「鎌倉地区地すべり防止区域」(以下、鎌倉地区)の対策事業について、事例紹介を行う。

3.1 鎌倉地区の地すべり

(1) 地すべり概要

鎌倉地区は、敦賀市より西方に約80km、隣接する京都府舞鶴市との県境部に位置している。本県の西端にそびえる、青葉山の北方山麓に拡がった圃場主体の緩斜面域(平均勾配10°前後)で、北方の内浦湾に面した半円弧状をなす斜面域の一画を占める(図3.1参照)。

この地域は、同地区を含む数多くの防止区域が分

布する一大地すべり地帯となっており、青葉山を中心に、その南北両側で計7地区(うち、県土木部所管が1地区、農村振興局所管が6地区)の指定区域が設定されている。

本地区は、青葉山西端の山麓にその源を発して内浦湾へ注ぐ、砂防指定河川の明谷川左岸側に拡がる39.47haの区域である。対岸側は県土木部所管の防止区域(山中地区)となっており、当河川は両岸に地すべりブロックを携えた土石流危険渓流となっている。

当地区の地すべり活動による詳細な被災記録は残されていないが、昭和28~34年頃の台風襲来や融雪などで多大な被害を被ったため、昭和34年に防止区域の指定を受けた。昭和38~42年にかけて第1期の対策事業が行われ、表3.1に示した内容で対策が施されている。

この事業完了後は一旦沈静化していたものの、平成13年頃より区域内の各所で、小規模ながらも地すべり性の活動を伺わせる地盤変状が表出し始めた。当地区は第1期事業の後に圃場整備他の、広範囲に渡る地形改変を受けており、これらによって生じた様々な環境変化や、1期事業で施された地すべり防止施設の老朽化などが重なり、新たなすべり活動が生じ始めたものと考えられる。

こうした事象を踏まえ、同地区では平成15年度より新たに鎌倉第2期地区として対策事業が採択され、平成16年度から具体的な地下水排除工などの対策を施しつつあった。しかし、同年に生じた記録的な数の台風襲来などによって当地区でも100mm/日を超える集中降雨を被り、地区内における地すべり変状域が大きく拡大する事態となっている。

本地区の地すべりはV字谷の片岸に位置しており、その末端部が拘束された状態にある。このため、その活動状況はこれまでのところ極めて緩やかであり、これまでの観測で得られた地表面の平均変位速度は最大でも1.0mm/日以下となっている。しかしその変位動向は明確な累積性を示しており、長期間に渡って継続的な変位を蓄積しつつ、その変状域を拡大させていくものと判断される。

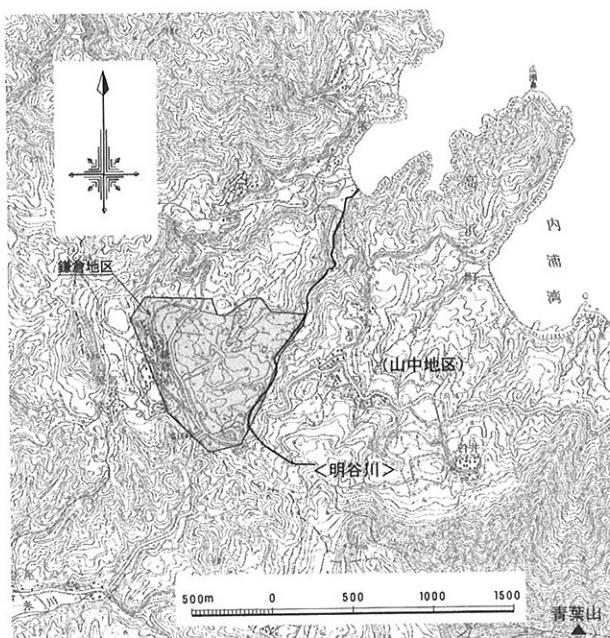


図3.1 鎌倉地区の位置
国土地理院1/25000「青葉山」に加筆

表3.1 第1期対策事業の実施内容

事業年度 対策種別	S 38		S 39		S 40		S 41		S 42		合 計
	箇所	延長(m)	箇所	延長(m)	箇所	延長(m)			箇所	延長(m)	
地下水排除工											1,408 m
水抜きボーリング工	1	300.0	2	728.0	1	380.0					
浸透防止工											
排水路工	4	694.5	3	589.0	2	933.5	(未施工)		1	278.0	2,495 m
承水路工									3	653.0	653 m
抑止工											
杭工(鋼管杭)									1	120(61本)	120 m

(2) 地形・地質状況について

本地区の空中写真を示す(写真3.1)。当該地区(白破線)は古来より継続する地すべり(黒破線)斜面の一画に位置する。

当地区の地質は図3.2の地質平面図で示すとおり、内浦層群と呼ばれる新第三紀中新世の堆積岩類(砂岩、泥岩、礫岩、凝灰岩他)を基盤岩とし、この上位を、青葉山火山の活動期に供給された安山岩質の火山性碎屑岩類が覆う。

内浦層群は、基盤層の最上面を構成するシルト質の泥岩層を除いて、全般に新鮮・硬質な状態にある。シルト質の泥岩層は、層上位部の風化が全体的に著しく、粘土状にまで土砂化したものから細片状に分離する岩片を主体とした軟岩部までの、いわゆる強風化帯が約1~35mの層厚で分布する。所によつ



写真3.1 鎌倉地区の空中写真(昭和50年撮影)

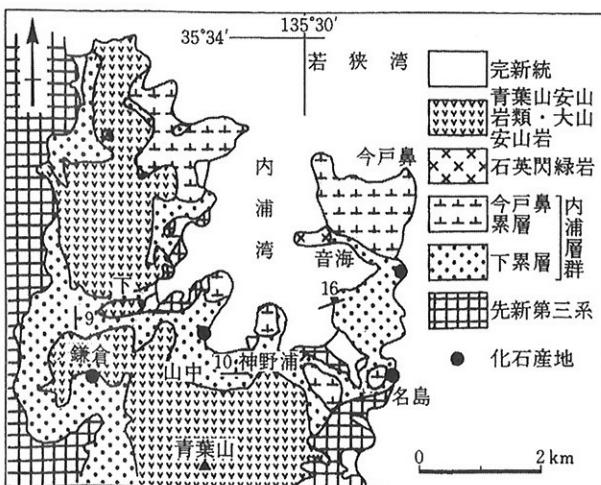


図3.2 鎌倉地区周辺の地質図⁴⁾

て強風化帯の層厚差が著しいのは、後述する碎屑岩類の被覆時、もしくはそれ以前に被った侵食度合いの差を反映したものと判断される。

その上位を覆う碎屑岩類は、その全体がほとんど土砂状にまで劣化している。局的に直径1~2m大の火山岩塊や硬質な溶岩を伴うものの、その基質は礫混じり砂~砂礫を主体とし、全体に火山灰質なシルト~粘土分を多量に含む。

地質構造は、全体に内浦湾の方向へ下る同斜構造で、北西~南東~東~西走向・10~20°北傾斜という、非常に緩やかな流れ盤構造にある。このため、基盤の上面部分には、先述した泥岩層の強風化帯が当地区のほぼ全域に渡って出現することとなり、これが当地区における地すべり発生の主要因といえる。

(3) 地すべりの変位状況

当地区の地すべりブロック区分概要を図3.3に示すが、各々の変位特性は概ね以下のようにまとめられる。

- ① すべり斜面の末端が塞がれ、そこを流れる明谷川自体の侵食作用も弱いことから、全体的にすべり活動が緩慢である。
- ② 大局的には、当区域の中央付近を境として、主要なブロックが区域の上・下部で分割されるが、区域の中央付近では相互のブロックが重合している。
- ③ 両ブロックの活動性には密接な関連があるとみられるが、相互の活動には若干の時間差があると思われる。
- ④ 下部ブロックの変位が上部ブロックの活動を促し、これと同時に、上部ブロックは下部の変位を覆い隠す関係にある。このため、当地区ではすべり頭部の引っ張り領域のみが顕著に現れ、末端に掛けての圧縮領域が極めて判別し難い(写真3.2)。
- ⑤ ④に加え、基本的に旧地形の谷部を埋める形で施された地形改変が、当地におけるすべりブロック側部の表出を妨げている。これらによって当地区では、基本的なすべりブロックの判別が著しく困難となっている。
- ⑥ 地中部で得た各種観測(パイプ歪み計、孔内傾斜計等)の結果からみて、地区内すべりブロックの運動形態は降雨や地下水位との連動性が明白であり、典型的な「慢性型」に分類される(図3.4)。

(4) 地下水状況

当地区の地下水状況は、すべりブロックの主体部をなす圃場域の全般で、常時GL.-1~2m前後という高水位を保っている。すべり土塊の主体をなす、上位被覆層の碎屑岩類や埋土層などが殆ど飽和状態にあるといえ、僅かな地下水位の上昇でもせん断抵

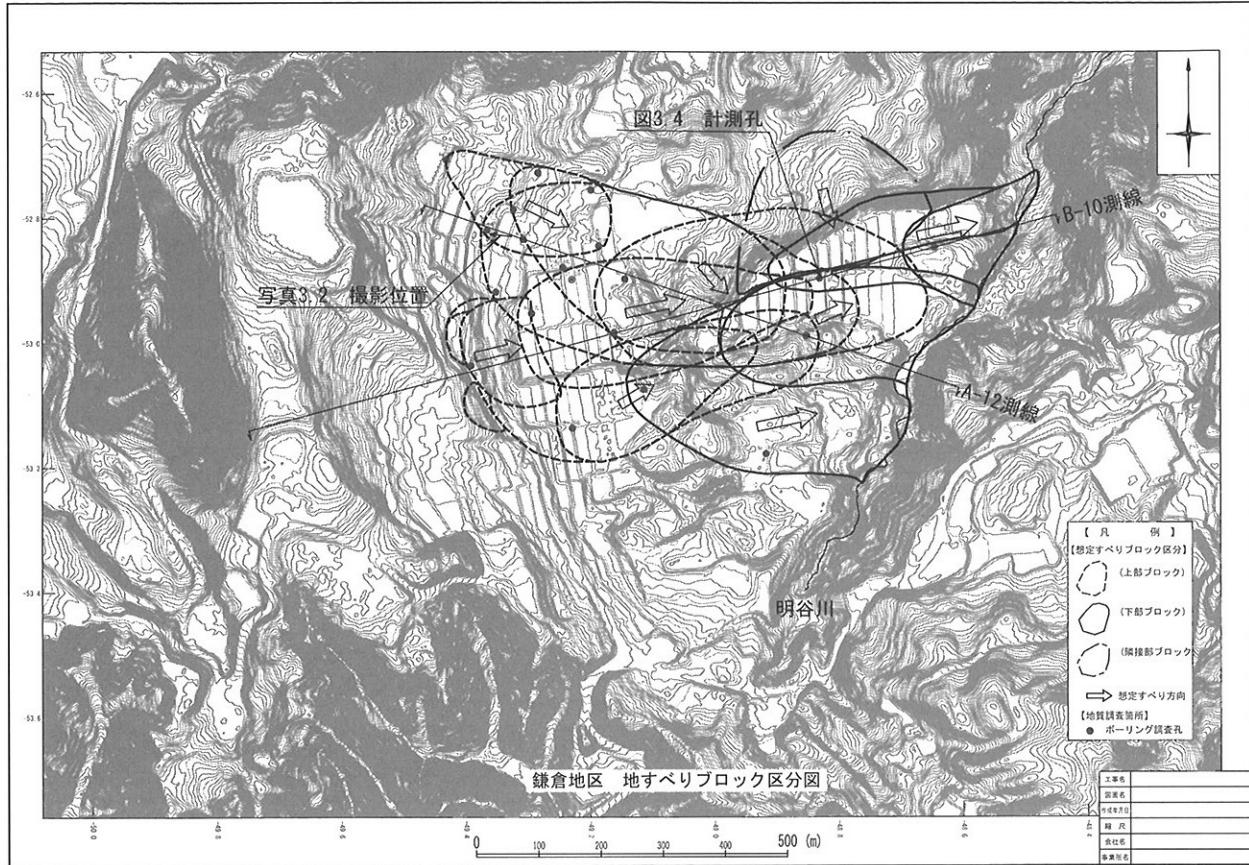


図3.3 鎌倉地区の地すべりブロック概略区分図

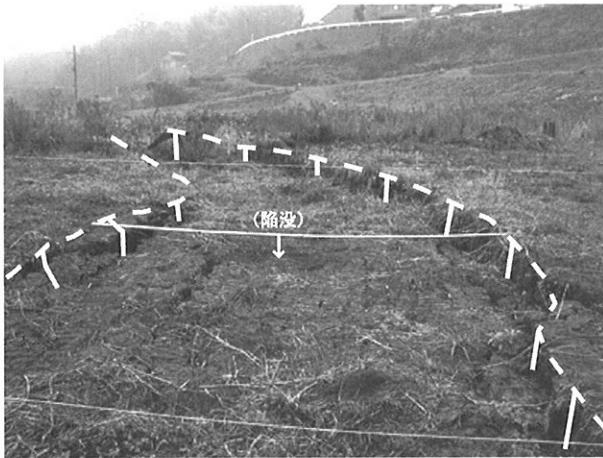


写真3.2 代表的なすべり頭部の状況

抗力の低下を招き易い状態にある。

圃場域に隣接する、未開拓の山林や原野部などでは基盤泥岩層の強風化帯が総じて厚く、恒常的な地下水位面は概ね GL. -12~16 m 付近で推移する。しかし一旦集中的な降雨などがあると、その水位は最大で GL. -2 m 付近にまで急上昇しており、多量の地下水供給によって過剰な間隙水圧を発生させている状況が明らかに想定される。

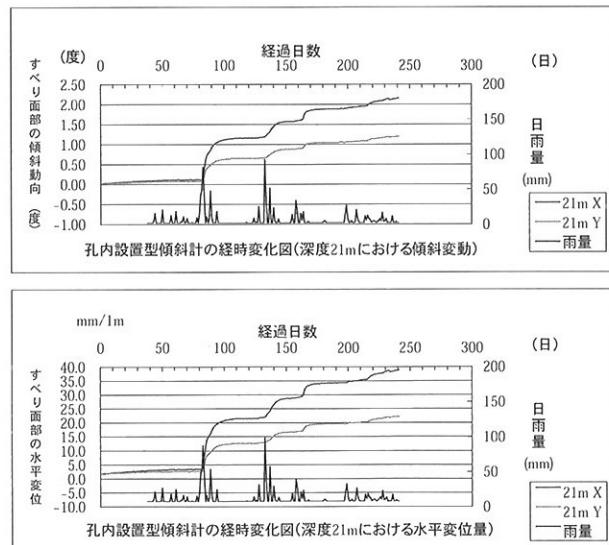


図3.4 下部ブロック内のすべり面部の変位状況

(5) 地すべりの発生機構

各種の地すべり観測の結果、当地区のすべり面はそのほとんどが、上位を覆う碎屑岩層他の土砂層と下位基盤岩層との境界部で形成されている。

現在までのところ、明確なすべり面粘土は特定されていないが、代わりに風化岩地すべりでは頻繁に報告される、鏡肌を伴う多数の亀裂が発達するせん

断帶がほぼ全ての強風化泥岩層で認められており、すべり面はこの内部で形成されているものと判断している。

当地区のすべり活動に対し、最も大きな素因は先に記したものと含め、以下のようにまとめられる。

- (1) 地質構造的に、流れ盤構造にあること。
- (2) これによって、すべり面を形成し易い強風化泥岩層が、地区全体の基盤上面に分布すること。
- (3) すべり土塊の主体をなす、強風化泥岩およびその上位を覆う碎屑岩類の土砂化と脆弱化が著しく、重力作用による下方移動を起こし易いこと。またこれに伴って、特に碎屑岩類中に地下水を貯留し易い状態が形成されていること。

これらに対して、当地区のすべり活動を促進させている誘因は、概ね以下のとおりである。

- (1) 当地区が標高の高い多降雪域に当たり、毎年繰り返される融雪水の供給が土塊内部における間隙水圧の増加を招き、すべり面周辺のせん断抵抗力を繰り返し低下させていていること。
- (2) 台風他の集中的降雨によって多量の地下水供給が生じ、土塊の不安定化を増長させること。
- (3) 谷部を埋め立てた過去の地形改変などもあり、地区の末端部において、排水性の著しく不良な状態が形成されている。これにより地区全体の地下水レベルを押し上げると共に、融雪期などに供給される地下水の行き場がなくなり、土塊内部で過剰な間隙水圧の発生を誘発させていると判断される。

(6) 地すべりの対策方針

当地区における地すべり対策案の立案状況、並びに代表的な地すべり断面を図3.5、3.6にそれぞれ示す。

当地区では、地区内すべりブロックの詳細な性状把握などを昨今終えたところであるため、具体的な対策案の立案、並びにその詳細な検討・実施などは今後の大きな課題となっている。従って、本報文では現時点までに草案としてまとめられた、対策計画(案)の基本方針について紹介する。

当該地区における地すべり面は、全体的にその勾配が極めて緩く、現況地表面の斜面勾配とほぼ調和的となっている。加えて、過去に施された地形改変等により、旧地形にあった谷部や地表の凹凸などがほとんど均された状態にある。

このため、地表部からの地下水排除工(水抜きボーリング工)は効果的な掘削延長や掘削勾配などが極めて確保し難く、必然的に集水井などによる深部での地下排除が主体とならざるを得ない。発生機構の項でも記したとおり、当地区的地すべり活動には、地下水のすべり土塊内における貯留と過剰な供給が大きく関与していると目されるため、可能な限り効

率的な排水と、今後のブロック内への流入防護が求められる。

以上の観点より、当地区の基本的な対策(案)は以下のような基本方針に基づいて立案している。

- (1) 想定されるすべりブロックの規模からみて、抑止工による対策は極めて不経済と判定されたことより、地下水排除工(水抜きボーリング工、集水井工、明暗渠工など)による抑制工を主体として考案する。
- (2) 当地区的すべり活動に多大な悪影響を及ぼしているとみられる、下部ブロックにおける排水性の改善を最優先とする。
- (3) これと同時に、周辺の山林・原野・圃場域などからの表層地下水の流入を可能な限り遮断し、早期にブロック外へ排水する。
- (4) 加えて、地区の頭部において地下水の供給を遮断し、斜面下方に分布するすべりブロック内への流入防護を図る。
- (5) 主要なすべりブロック部においては、地形条件的にも地表からの地下水排除が極めて困難なため、効率的な集水井配置による群井の構築によって、ブロック内全体の水位低下を図る。
- (6) 用・排水路からの浸透防止を図るため、現況水路の補修・改修による地表水の効率的な排除と共に、表層地下水の集・排水機能を強化する。
- (7) これらの効果を十分に見極めた上で、必要に応じて抑止対策の実施を検討する。

以上の方針に基づき、現時点では以下のようないくつかの対策案を検討中である。

(下部ブロック群に対する対策案)

(1) 地下水排除工

- (1) 水抜きボーリング工
(斜面末端部、および隣接する山林他)
- (2) 集水井工(ブロック中央部で連結)
- (3) 用・排水路の整備(明・暗渠工の併用)

(2) 侵食防護工

- (1) 大型カゴ枠工
- (2) フトンカゴ工
- (3) 抑止工(抑制工の効果度合いにより)
① 抑止杭工(鋼管杭)

(上部ブロック群に対する対策案)

(1) 地下水排除工

- (1) 水抜きボーリング工
(ブロック頂部、および隣接2次ブロック)
- (2) 深層暗渠工(ブロック頂部)
- (3) 用・排水路の整備(明・暗渠工の併用)

(2) 侵食防護工

- (1) フトンカゴ工
- (3) 抑止工(上記抑制工の効果度合いにより)

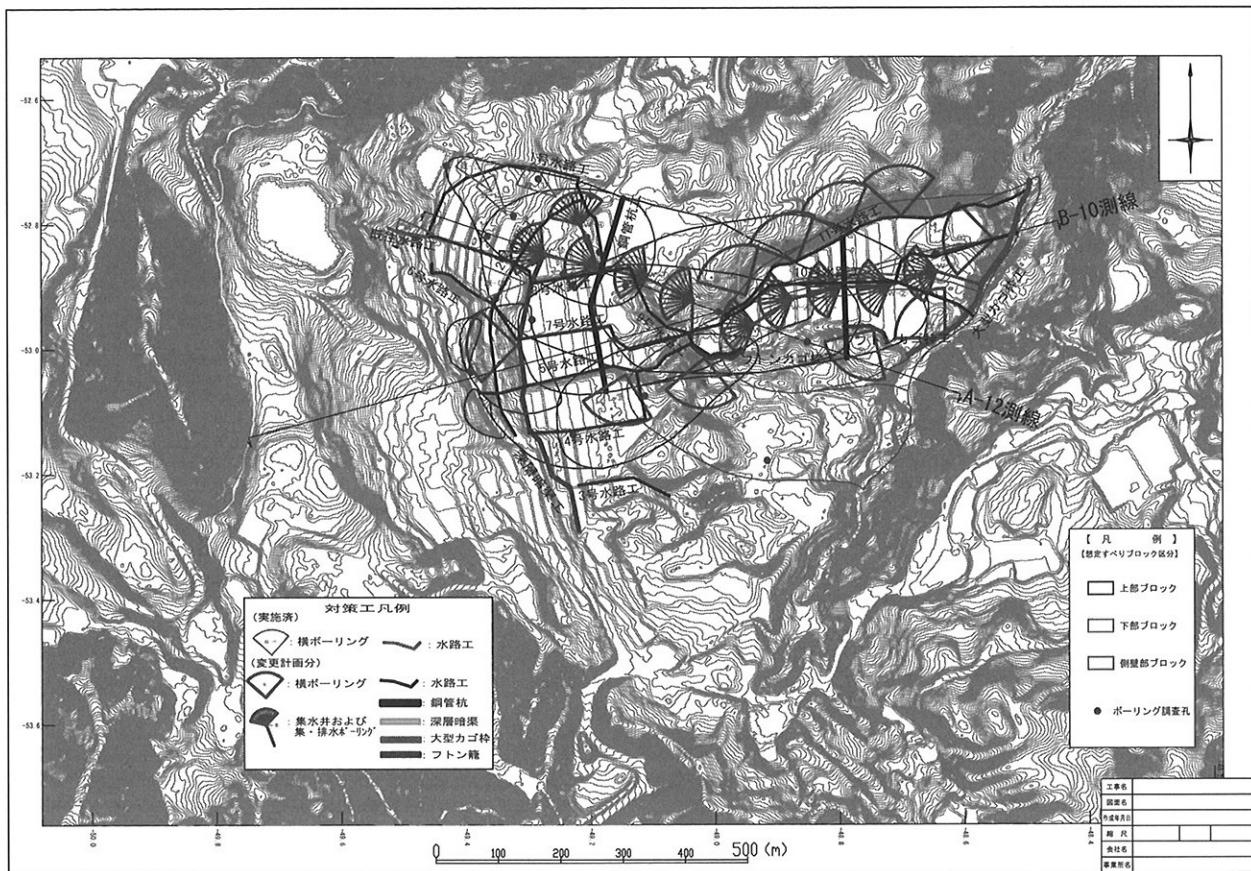


図3.5 鎌倉地区の地すべり対策工基本計画（案）

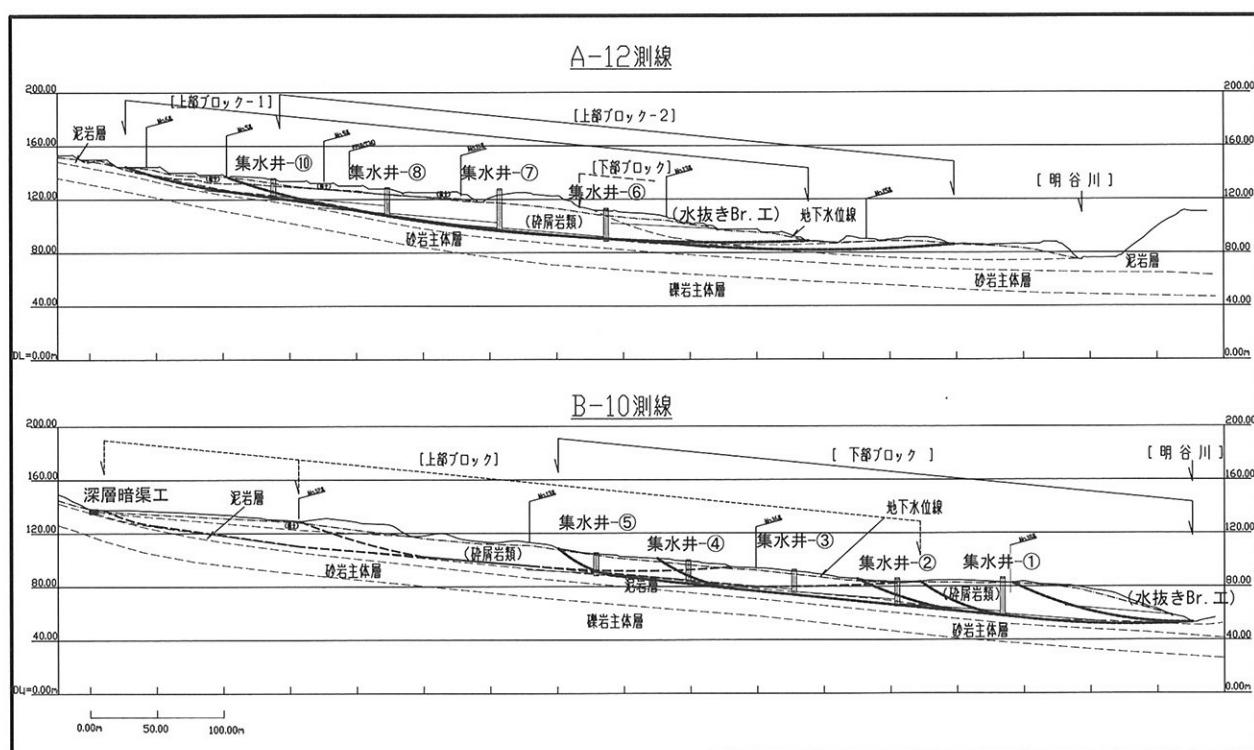


図3.6 鎌倉地区の代表的な地すべり断面図

① 抑止杭工（鋼管杭）

この中でも、上部ブロックで計画する深層暗渠工については、当該地区における地下水の流動経路がほぼ基盤岩の上面付近を主体であること、地区上部では基盤の出現深度が大きく高まり、現況の地表面下5m以浅となることなどの事由により、特に効果的な対策となることが期待される。

4. あとがき

農村振興局所管の防止区域はそのほとんどがほぼ概成した状態と判断されている。したがって、本報文では既往の対策事業を経ても、なお近年新たな活動を見せ始めた「鎌倉地区」の事例を紹介した。

当地区においては、下部ブロックにおける地表面の変動が全くと言って良い程に認められなかったことで、当初は滑動が明確である上部ブロックを対象とした地すべり対策工の検討を進めてきた。しかし、その後に生じた変状域の拡大により、上・下部ブ

ロック相互の関係や変動傾向、発生機構などの詳細が正確に把握された。今後、関係者の皆様のご協力を得ながら、地区全体の地すべり活動に対する対策を推進していきたい。

最後に執筆の機会を与えていただきました斜面防災対策技術協会の皆様に感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 福井県自然保護課 (1987) : ふるさと福井の自然 -創刊号-, pp.5
- 2) 福井県(1969) : 福井県地質図幅説明書, pp.18
- 3) 福井地方気象台・敦賀測候所 百年誌編集員会 (1997) : 福井県の気象百年 -福井地方気象台・敦賀測候所創立百周年記念-, pp.20
- 4) 中川登美雄・千地万造・三浦 静 (1985) : 福井県内浦地域の中新統層序と浮遊性有孔虫化石, 地質学雑誌, 91, pp. 289-402