

1993年1月の釧路沖地震によって生じた地盤災害とその特徴

井口 隆*

Ground Disaster Caused by the Kushiro-oki Earthquake on 15 January 1993

by

Takashi INOKUCHI

*Disaster Prevention Research Division,
National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan*

Abstract

The Kushiro-oki earthquake occurred on January 15, 1993. The magnitude of the earthquake was 7.8. Seismic intensity VI was recorded in Kushiro City and large earthquake vibrations were sensed in Hokkaido. In particular, large acceleration was observed in the Kushiro meteorological observatory. Based on the investigation, the features of ground disaster in urban areas are reported.

In Kushiro City and the surrounding areas, extensive damage to roads, housing, harbors and lifelines were caused by the earthquake. Two types of ground damage, landslides and liquefaction, were caused. These two types of damage occurred in the ground where reclamation or banking was artificially created. Landslide damages were mainly caused on reclaimed slopes of rills. In natural slopes, landslide damage was slight. Because the earthquake occurred in the middle of winter and Hokkaido are particularly severe, the affect of ground disaster may be different from any previously experienced as a result of the ground being frozen.

In order to reduce the ground disaster caused by earthquakes to banks or slopes on reclaimed land, appropriate countermeasures need to be implemented, which meet the particular characteristics of the location concerned. Appropriate ways of utilizing the land also need to be considered.

Key words : Ground disaster, Earthquake hazard, Landslide, Liquefaction, Kushiro City

1. はじめに

1993年1月15日午後8時6分に、釧路市の沖の海底107kmを震源とするM7.8の地震が発生した。「平成5年(1993年)釧路沖地震」と命名されたこの地震によって、釧路市をはじめ釧路支庁管内から十勝支庁の東部地域において多数の被害が生じた。特に住宅地・道路・鉄道・港湾などにおいては、地すべり・崩壊・液状化など地盤変動による災害(以下地盤災害という)が広く発生した。地盤変動による直接的な死者は出なかったが、ガス管破損によるガス漏れのため死者を出したほか、道路の不通や港湾等の被害は交通・運輸に大きな後遺症を残した。また断水・ガス停止などの被害は、長期間にわた

り住民生活に深刻な影響をもたらした。被害規模としてはその後に起きた北海道南西沖地震や兵庫県南部地震に比べると大きくはなかったが、地震による各種の地盤災害が特徴的に見られた。本稿では釧路沖地震で生じた地盤災害の発生状況と被害の特徴について報告するとともに、地盤災害に対しての地震防災のありかたについて考えて見たい。この報告は当研究所で実施した現地調査(1991年1月19日~23日)で得られた成果を中心にまとめたものである。

この釧路沖地震の災害に関しては、釧路市発行の記録書(釧路市釧路沖地震記録書作成委員会, 1993)をはじめ、北海道立地下資源調査所(1994)など各研究機関、学会、企業などによりそれぞれの観点からの調査に基づく報告書が出されている。これらについては、現地調査が充分できなかった地点の補強資料として参考にさせていただ

*防災科学技術研究所 防災総合研究部

いた。

2. 釧路沖地震の概要

釧路沖地震の震央は北緯 42.8°, 東経 144.4° と釧路市の南約 20 km の海底で、震源深度は 107 km であった。マグニチュードは 7.8 と記録されている。この地震によって釧路市で震度 6 が記録されたのをはじめ、道東各地で大きな地震が記録された (図 1)。特に震央から 14 km 北に位置する釧路気象台の強震計には最大加速度 919.4 gal, 最大速度 42.3 kine という大きな地震波形が記録された (図 2)。この地震の特徴としては、震源が深かったこと、継続時間が 30 秒程度と短いこと、卓越周期が約 0.3 秒と短周期成分の卓越した地震であったことなどが上げられる。

3. 釧路および周辺地域の地形・地質条件

ここでは地盤災害の発生と関わりの深い釧路地域の地形・地質について述べる。釧路地域は南に太平洋を擁し、北は阿寒・摩周・屈斜路などの火山地帯に挟まれた地域である。その地形は主に丘陵性の山地、丘陵・段丘および湿原を主体とする低平地から構成される (図 3)。

釧路地域の丘陵地は、釧路湿原をはさんで東西に分かれて広がっている。東側は主として根室層群と浦幌層群からなる標高 70~140 m の根室段丘が広がり、西側には主として古第三紀系からなる白糠丘陵、鶴居丘陵が広がっている。釧路市の東部には釧路川をはさんで標高



図 1 釧路沖地震による各地の震度

Fig. 1 Map showing the seismic intensity for major cities during the Kushiro-oki earthquake.

FILE: F1152005.KUS
STATION: KUSHIR
TIME: 93/01/15 20:05:46
MODE: ACC(3) TYPE=87 (FLAT)
SCALE: 5.0sec/cm

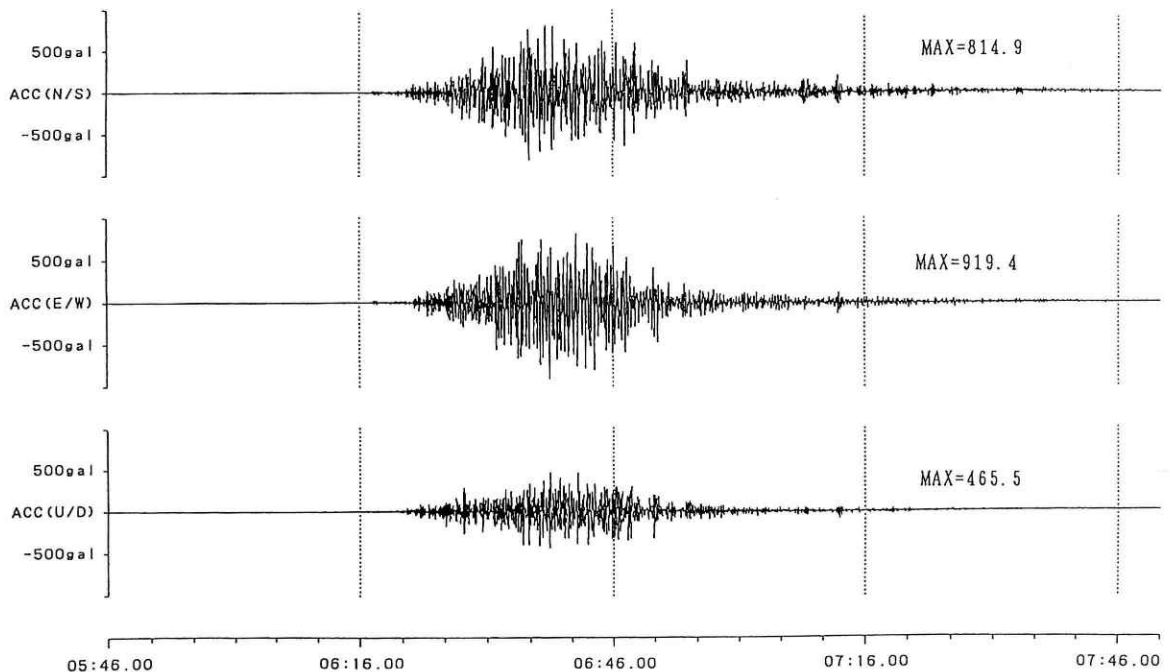


図 2 釧路地方気象台で観測された強震計の記録

Fig. 2 Observed waves of strong motion seismometer at Kushiro meteorological observatory.

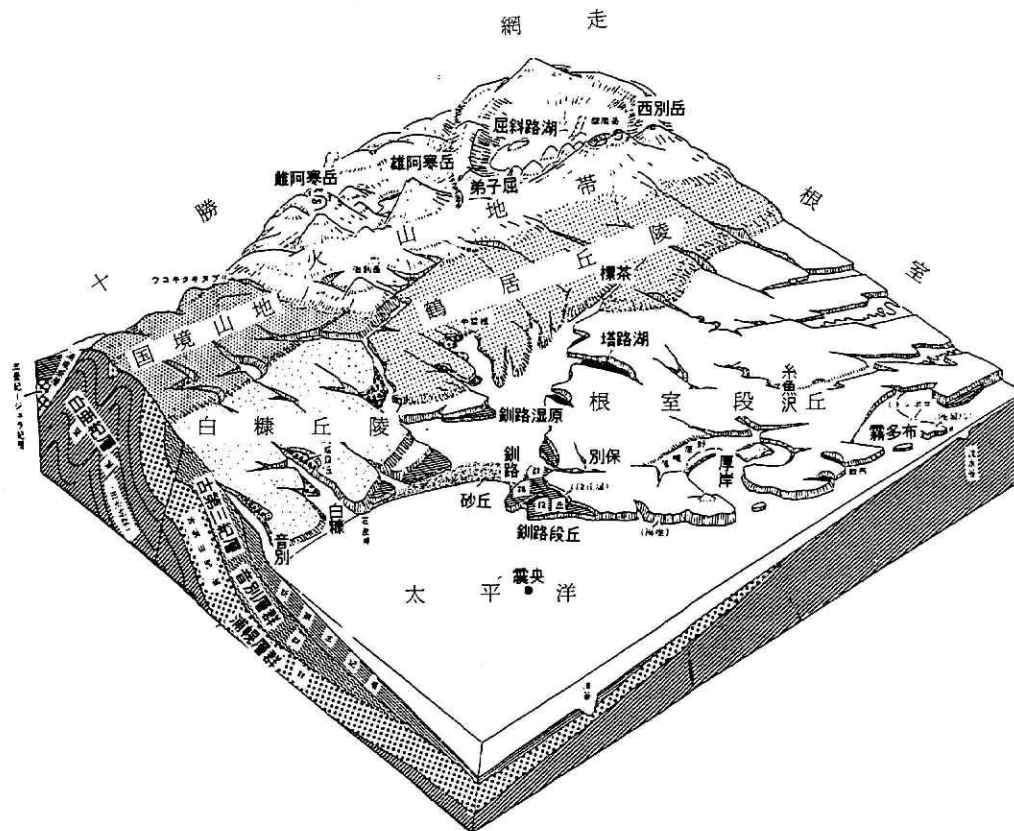


図3 釧路周辺の地形概念図 (岡崎, 1966に一部加筆)

Fig. 3 The conceptual landform around Kushiro (Okazaki, 1966).

30～45 m の釧路段丘があり、主に住宅地として開発されている。この釧路段丘上では住宅の被害、ガス管の破損などの被害が目立った。

釧路地域の低平地は、海岸に沿って東西に伸びる砂丘と、それより内陸側に発達する釧路湿原から構成されている。砂丘の一部は市街化が顕著で、人工的な改変を大きく受けている。釧路市の沿岸部では埋め立てによる港湾埠頭の建設が大規模に行なわれている。釧路湿原は阿寒川、釧路川、雪裡川、久著呂川の下流域に広がる約 5000 ha の広大な湿原である。釧路市の発展に伴って、市街地に隣接する区域では埋め立てが進み、住宅用地・工業用地などに利用されている。この地域で目立った被害には、地盤の液状化による噴砂・下水道マンホールの抜け上がりなどである。

釧路地域の地質は大きく見て下位より、白亜紀の堆積岩からなる根室層群、古第三紀の堆積岩からなる浦幌層群、更新世前期の海成～陸成風成の釧路層、第四紀の火山噴出物および火山灰層、砂丘堆積物・泥炭層などの沖積層などから構成されている (図 4、表 1)。

根室層群は釧路から根室にかけての海岸沿いに分布している。主として固結度のよい火山岩類、礫岩、砂岩、泥岩から構成される地層で、緩傾斜で比較的安定した地質構造をしている。根室層群の上を不整合に覆う古第三紀系浦幌層群は、釧路市東部から釧路沖の海底まで分布

し、挟炭層を挟む砂岩・頁岩互層からなる。第四紀更新世下部の釧路層は、釧路湿原を挟んで釧路市大楽毛と釧路町達古武周辺の丘陵地・段丘に広く分布している。第四紀火山は釧路地域の北方、阿寒・摩周・屈斜路にかけて分布し、それらの火山から噴出した火砕流、降下火砕物が広くこの地域を覆っている。釧路湿原には泥炭層が厚く堆積している。釧路市から阿寒川河口にかけての海岸線には砂丘堆積物が分布している。

ガス管の破損・住宅地の地すべりなどの被害が目立った釧路段丘は、その標高は 30 m から 45 m、現在はその大部分が市街化されている。この段丘の基盤には古第三紀の根室層群が厚く堆積し、その上には礫層、砂層などからなる釧路層群が重なっている。この段丘の表層部には屈斜路火砕流堆積物が数 m の厚さで覆っている。魚住ら (1967) の地質図によると、緑ヶ岡北西地域に分布する釧路層の最上部には“ハロイサイト粘土層”が挟在している。地震時地すべりはハロイサイト粘土が関与する事例が多いことから、何らかの影響を及ぼした可能性が考えられる。

釧路段丘上における標準貫入試験結果によると (酒井, 1966)、深度 5 m までは N 値が 10 以下の火山灰層で、N 値が 30 を超えるのは 8 m 以深である。段丘のほかは湿地帯が広がり、釧路市周辺は地形・地質的に見た場合、地震に対してはそれほど強い地盤を有する地域では

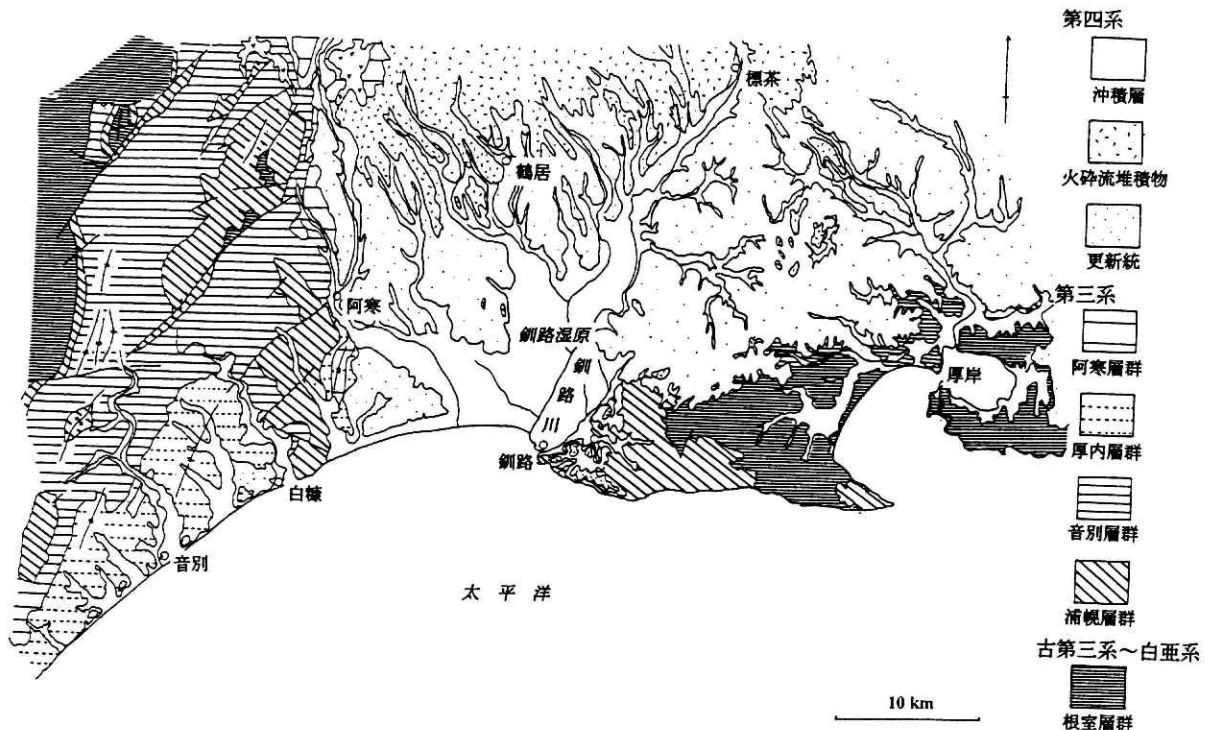


図4 釧路周辺の地質図 (北海道立地下資源調査所, 1994)

Fig. 4 Geological map of Kushiro (Geological Survey of Hokkaido, 1994).

表1 釧路地域の地質層序表(北海道立地下資源調査所, 1994)

Table 1 Geological stratigraphy table of the Kushiro region Geological. (Geological Survey of Hokkaido, 1994)

時代	地質
第四紀	氾濫原堆積物
	砂丘砂
	湿原堆積物
	屈斜路火砕流堆積物
	大楽毛層
	城山層
新第三紀	阿寒層群
	厚内層群
	音別層群
古第三紀	浦幌層群
	根室層群
白亜紀	

ないといえる。

4. 地盤災害の概況とその地理的分布・地質条件

釧路沖地震によって生じた地盤変動による被害の種類, 被災対象, 被災状況を表2にまとめた。またそれらの被害の発生地点を図5および図6に示した。

表2に示したようにこの地震による地盤災害としては, 盛土斜面の地すべりや法面の崩壊による道路・鉄道の被害と, 海岸および湿原の埋立地で起きた液状化による港湾, 下水管への被害が特に顕著であった。一方, 自然斜面での地すべり・崩壊は海岸部や丘陵地内で若干生じているが, それによる被害は大きくなかった。このように釧路沖地震による地盤災害としては, 盛土や埋め立てなどによって作られた人工的な地盤での被害が顕著であり, 自然地盤での災害があまり見られないことが特徴である。以下住宅, 道路, 鉄道での地盤災害および港湾における液状化の発生状況・被害概況について述べる。

5. 住宅・道路・鉄道・港湾等における地盤災害の発生状況

5.1 住宅地における地すべり災害

釧路市は人口約21万人を抱える道東の中心都市であり, 市内とその周辺において都市型の地震災害の特徴である住宅地の被害が多く発生した。ここでは顕著な被害を受けた2~3の事例についてとりあげる。

(1) 緑ヶ岡6丁目の住宅地すべり災害

釧路市緑ヶ岡地区は釧路沖地震によって住宅地の地盤

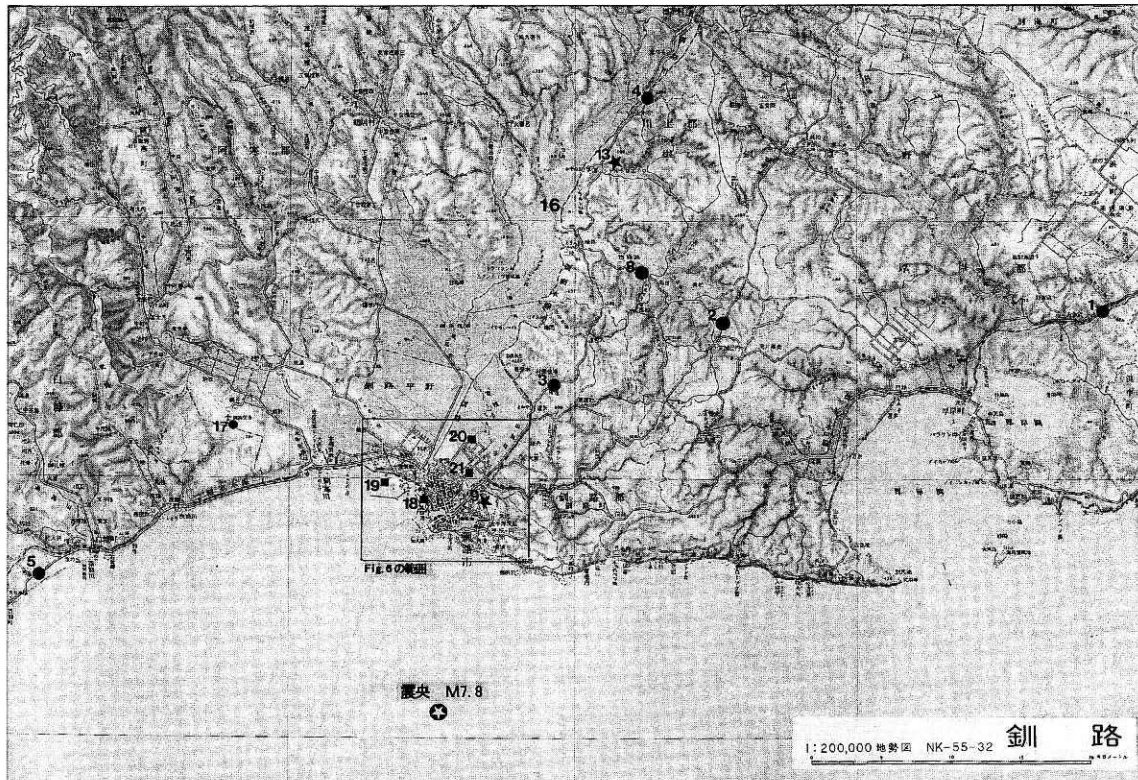


図 5 釧路周辺地域の地盤災害発生日点の位置図（基図は国土地理院1/20万釧路）

Fig. 5 Map showing positions of the ground disaster site around Kushiro.
(Base map is 1/200,000 of Kushiro by the Geographical Survey Inst.).

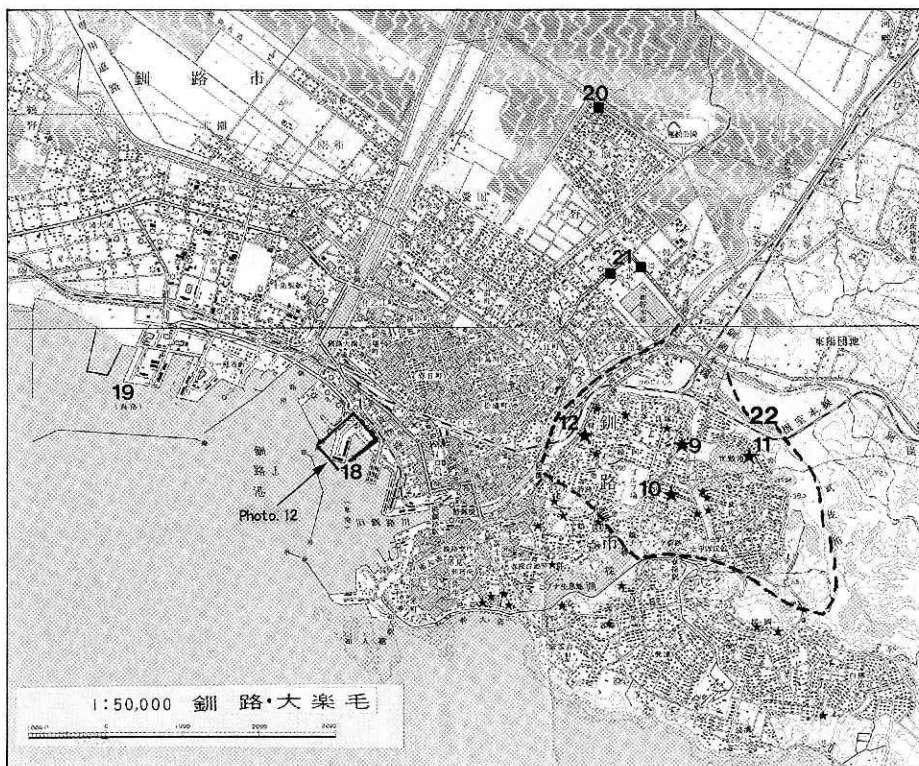


図 6 釧路市内の地盤災害発生日点の位置図（基図は国土地理院1/5万釧路・大楽毛）

Fig. 6 Position figure of the ground disaster site in Kushiro City.
(Base map is 1/50,000 Kushiro and Otanoshike by the Geographical Survey Inst.).

表 2 釧路沖地震による主要な地盤災害一覧表

Table 2 List of major land-disaster caused by the 1993 Kushiro-oki earthquake.

		地点・場所	現象・状況	被害状況	位置	調査
地すべり・崩壊	道路	国道44号線、糸魚沢	盛土部分崩壊	全面通行止 2 ヶ月	● 1	○
		国道272号、東阿歴内	盛土部分崩壊	全面通行止 2 ヶ月	● 2	
		国道391号線、鳥通	道路地山崩壊	片側通行止め	● 3	○
		国道391号線、五十石	路面陥没、路肩はらみ出し		● 4	○
		国道38号線、馬主来	盛土部分亀裂・崩壊	片側通行止	● 5	
		道々鶴居弟子屈線		一時全面通行止	● 6	
		道々阿寒標茶線	盛土の法面崩壊	片側通行止	● 7	
		道々塘路厚岸線	法面崩壊、路面不等沈下	大型車通行規制	● 8	
	住宅地	釧路市緑ヶ岡6丁目	地すべり、住宅	全壊5戸、半壊2戸	★ 9	○
		釧路市緑ヶ岡5丁目	宅地に亀裂、石積崩壊	家屋に亀裂、住宅の傾斜	★10	
		釧路市武佐	保育園裏庭亀裂拡大	保育園一時避難、市道不通、水道管	★11	
		釧路市材木町	民家の裏斜面崩壊	家屋損壊3戸	★12	
		標茶町茅沼別荘地	盛土地すべり	全半壊十数戸	★13	○
	鉄道	根室本線厚内一尺別間	路盤変状、軌道変状等	不通 (12日間)	14	
		根室本線新得新落合間	路盤変状、軌道変状等	不通	15	
		釧網線 東釧路標茶間	築堤崩壊、路盤変状等	不通 (17日間)	16	
	空港	釧路空港	盛土のすべり		17	
液状化	港湾	釧路港 (東港) (西港)	岸壁亀裂、不等沈下、段差 不等沈下、段差、亀裂	駐車場陥没、アスファルト流失 フェリーターミナル、荷揚げ停止	■18 ■19	○ ○
	住宅地	美原団地	噴砂、亀裂	道路亀裂、塀の傾斜	■20	○
	下水管	釧路町下水管	マンホール抜け上げ、噴砂	下水の排水不良	■21	○
ライフインフ		釧路ガス	ガス管破損	ガス供給停止9000戸、停止期間22日	22	

災害が集中した地域である。特に 6 丁目の緑綾中学校の南西にある斜面(図 6: 地点 9)では、地すべりによって住宅一戸が丸ごと転落したほか住宅数軒が被害を受け、テレビ・新聞等に繰り返し報道された。

地すべり現場は釧路段丘の縁に沿って続く段丘崖を切り盛りして造成した住宅地で、約 30 度に整形された斜面を挟んで上下に住宅が建てられていた。斜面の上に数戸の住宅が建ち並び、斜面の下は幅約 3 m の市道をはさんで住宅が建てられていた。この斜面には針葉樹とシラカバなどの広葉樹などが植栽されていた。

釧路沖地震によって、斜面上にあった住宅の前庭からその下の斜面にかけて幅約 70 m、奥行約 30 m ほどの範囲が地すべりを起こした(図 7, 写真 1)。地すべり土塊は斜面下にあった道路を越えて約 30~40 m ほど移動して停止している。この地すべりによって斜面の上に建て

られていた住宅一戸が丸ごと転落した(図 8 の C 宅, 写真 2)ほか、その東隣りの家の風呂場が転落し、西隣の住宅では庭が住居土台の足下から滑り落ちたため、庭に面した南側 1 m 程の土台が宙に浮いた形となった(写真 2)。一方、地すべりの移動土塊は道路を越えてすべり出し、道路南にあった 2 戸の住宅の一階外壁にぶつかり、住宅全体をかしがせる様に変形を与えた(図 8 の F, H 宅, 写真 3)。移動土塊の先端は、H 宅の西にあった 2 棟の物置を押し潰しながら焼肉店(図 8 の G)の目前まで達して停止している。

地すべりの移動土塊は多数のブロックに割れているが、滑落崖直下のブロックは後方回転した状態で停止しており、この地すべりが円弧状のすべり面を形成してすべり運動を起こしたことを示している。また、移動体の表面上に斜面下を通る道路の舗装面が見あたらないこと

から、すべり面は斜面下の道路より上で地表に出たと推定される。すべり面の最大深度は数 m 程度と推定される。積雪下で調査した限り地すべり移動体周辺からの湧水や噴砂の跡などは認められず、地すべりの発生に液状化が関与した証拠は見出せなかった。

図 8 に示す様に、造成された斜面の最大傾斜方向がほぼ真南であるのに対し、滑落崖と移動体の位置関係や電柱の移動方向から推定される地すべり土塊の移動方向は

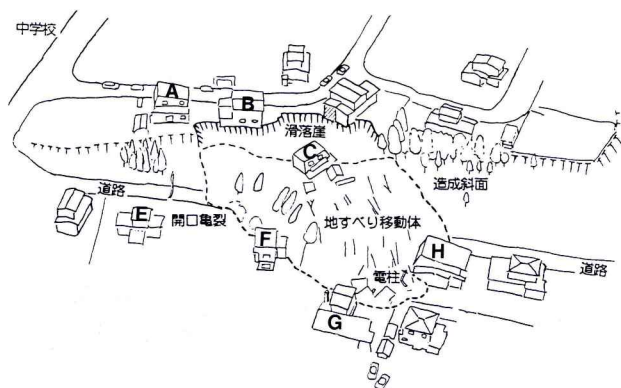


図 7 緑ヶ岡6丁目地すべりの鳥瞰図

Fig. 7 Schematic figure of the Midorigaoka-6-chome landslide.

南東と、明らかに斜交している。また、地すべり移動体の左側方に圧縮変形を受けているのに対し、右側方部では多数の開口亀裂が生じている。以上の状況から見て、すべりの移動方向を規制するような何らかの構造が地下に潜在していた可能性が考えられる。またこの段丘崖は東西に長く延び、より高い比高を持った部分があるにもかかわらず、さほど比高のないこの箇所だけが大きく崩れたことは、ここに何か特別な要因が存在した可能性が推測された。

造成後の 1977 年に撮影されたカラー空中写真によると、この付近の造成は切土を主体に行われているが、地すべりを起した箇所は他の部分と色調が若干異なっている。そこで宅地化が進む以前の 1961 年撮影のモノクロ空中写真を見たところ(写真 4)、地すべり発生位置には、段丘面を北西—南東方向に開析する小さな谷が存在していたことが分かった。この谷地形は 1956 年発行の釧路市の都市計画図にも明瞭に描かれている。地すべりの発生位置はこの谷の出口にあたり(図 9)、しかも谷の方向と地すべりの移動方向とは調和的である。以上の事実から、この地すべりは段丘面を開析していた谷を埋め立てて造成した盛土地盤が地震によって不安定化し、元の谷地形に沿って滑り落ちたと考えられる。

宅地造成に当たって盛土材として用いられた土は、滑落崖での観察によると軽石質の火山灰を主体にしていた



写真 1 緑ヶ岡6丁目地すべり全景 (シン技術コンサル撮影)

Photo 1 An overview of the Midorigaoka-6-chome landslide. (Photo by Shin technical consultant Co.).

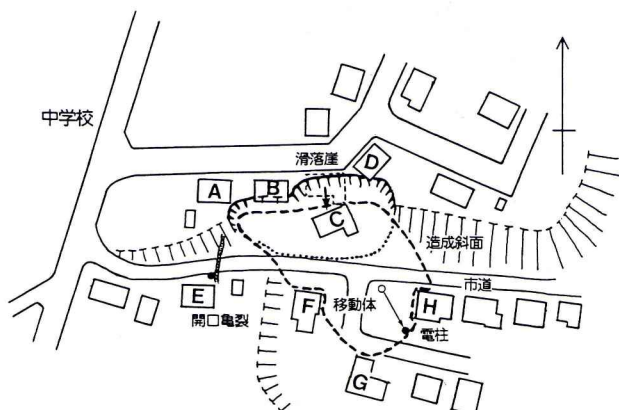


図 8 緑ヶ岡6丁目地すべりの平面図

Fig. 8 Plan view of the Midorigaoka-6-chome landslide.

ことから、釧路段丘の表層部を覆っていた屈斜路軽石流堆積物を主体にしたものと思われる。また、現地調査で確認はできなかったが、魚住ら（1967）の地質図によると屈斜路火砕流堆積層直下の釧路層群最上部に薄層のハロイサイト質の白色粘土層が分布するとされている（図 10）。これまでの地震時地すべりの研究結果から、ハロイサイト粘土は地震時地すべりを起こしやすいと言われている。この付近の造成に用いられた土にハロイサイト質の白色粘土層が含まれていた可能性もあり、地すべりの発生に何らかの形で関与したとも考えられる。

(2) 標茶町茅沼別荘地における地すべり災害

標茶町茅沼（図 5：地点 13）では別荘地の盛土地盤が広範囲に地すべりを起こし、別荘の建物に大きな被害が生じた。現場は釧網線茅沼駅の東北東約 1.5 km、シラルトロエトロ川の右岸に面した丘陵地と川の両側に広がる湿原にまたがる様に造成した分譲の別荘地である。シラル

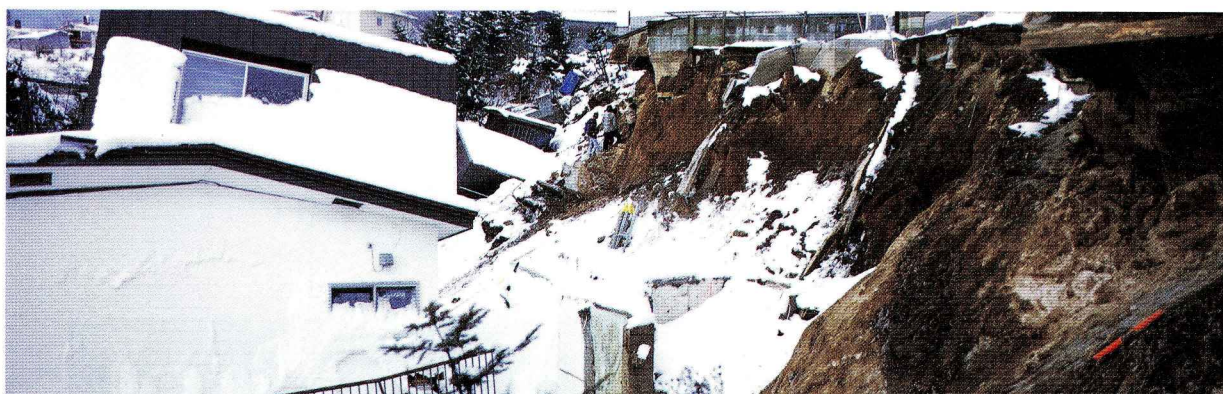


写真 2 緑ヶ岡6丁目地すべりの滑落崖と滑り落ちた住宅

右下の住宅は（図 8 の C 宅）崖の上端のレベルに建てられていた。中央の人物の真上に一部が宙に浮いた隣家の住宅（図 8 の B 宅）の土台が見える

Photo 2 Scarp of the Midorigaoka-6-chome landslide and a collapsed house.

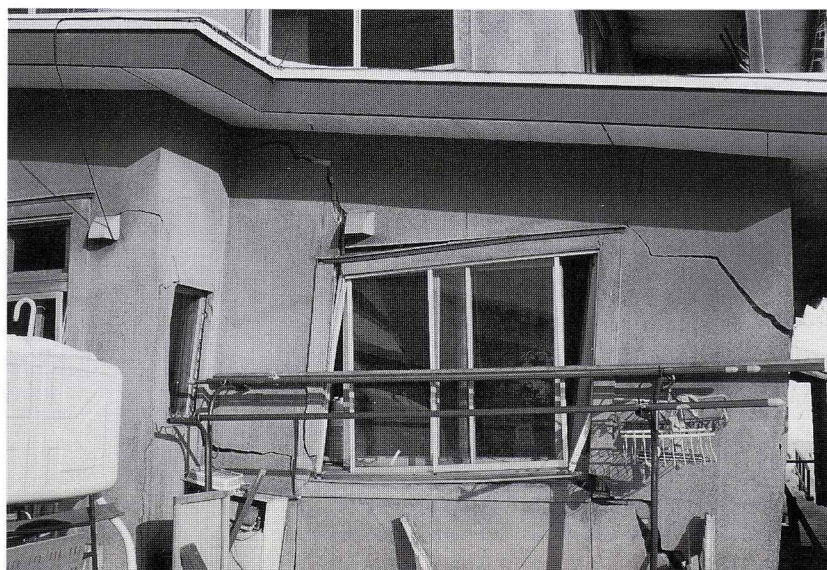


写真 3 緑ヶ岡6丁目地すべりによって変形を受けた住宅（図 7 の H 宅）

Photo 3 A house transformed by the Midorigaoka-6-chome landslide.



写真4 緑ヶ岡6丁目地すべり付近の宅地造成前の地形（国土地理院 HO-61-1, C9-5949, 5950）

Photo 4 The landform around the landslide site before the development.

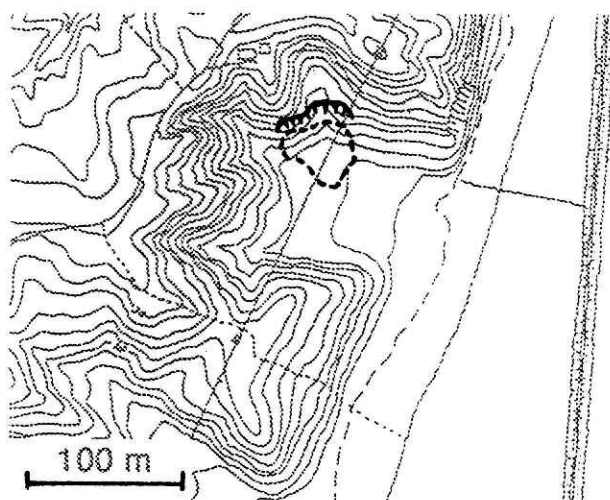


図9 緑ヶ岡6丁目住宅地の造成前地形と地すべり発生位置（柳沢ら，1993に加筆）

Fig. 9 Topographical map before construction at Midorigaoka-6-chome and the landslide area. (Yanagisawa *et al.*, 1993)

トロエトロ川は釧路湿原の東縁に湾入した海跡湖であるシラルトロ沼に流入する河川で、両側に幅の広い泥炭湿原地からなる谷低地を伴っている。

茅沼別荘地は1982～1985年頃に開発された広さ約3 haの住宅地で、170区画に分割されており、そのうち約2～3割の区画には建物が建設されていた。この別荘地は、丘陵地から枝状に張り出した3～4本の小さな尾根を削り取り、その土砂を湿原の上に盛土して造成されている（写真5）。盛土に用いられていた土は、滑落崖に露出する部分で観察する限りでは、凍結によって多少固くなってはいたが淘汰の悪い砂質土で、固結度は低く強度がない様に見受けられた。別荘地は湿原より約10 mの高さに造成され、別荘地の南端から湿原までは約30度の緩い勾配の斜面をなしていた。

地すべりはこの湿原に面した盛土斜面から別荘地の前縁部にかけて発生した（図11）。地すべりの変動範囲は幅150～200 m、奥行30～40 mと東西に細長い形状で生じた。主滑落崖は別荘区画最前列に沿って東西に長く伸びている。滑落崖の落差は最大2 m程度ある。この地すべりの滑落崖付近に建てられていた数軒の別荘は、建物の基礎の地盤が大きく滑落したため、地盤ごと大きく傾いて、使用に耐えなくなっている（写真6）。主滑落崖より丘陵側の道路面や分譲区画内にも小規模な亀裂（後方崖）が多数生じているが、雪に覆われ、亀裂の範囲は正確には掴めなかった。移動体は主滑落崖と平行に2～3 m間隔で入る亀裂によって横に細長い土塊に分断されている。それらの土塊は、冠頂付近では後方回転を起こした状態で停止しているが、それより前方の土塊は波をうつように前後に不規則にうねった状態を呈している。積雪のため詳細は不明であるが、一部にはラテラルスプレッド的な動きをした様に見える部分もある。水平移動量は、造成前に谷筋であった中央付近がもっとも大きく、最大で約30 mである。ここでは亀裂の開口幅も大きく、移動土塊の先端は湿原の上に押出している。

調査時には地すべり現地は深い雪に覆われていたため、主たる滑りが盛土の内部で生じているのか、下位の泥炭層にまで及んでいるのかは特定できなかった。しかし、別荘地の中でも湿原の上に盛土した箇所が発生していること、地すべりの移動体の形状が湿原に沿うように横方向に細長いこと、一部ラテラルスプレッド的な動きに見える部分があることなどから、軟弱で地下水に飽和していた泥炭層が地震動により液状化を起こし、盛土の荷重によって湿原側に流動的に横移動をしたため別荘地の盛土地盤がブロック化して滑りだし大きな被害をもたらせたと推定される。実際に泥炭層が液状化する事例は、翌年10月に根室地域を襲った北海道東方沖地震の現地調査で確認されている（箕輪ほか, 1995）。

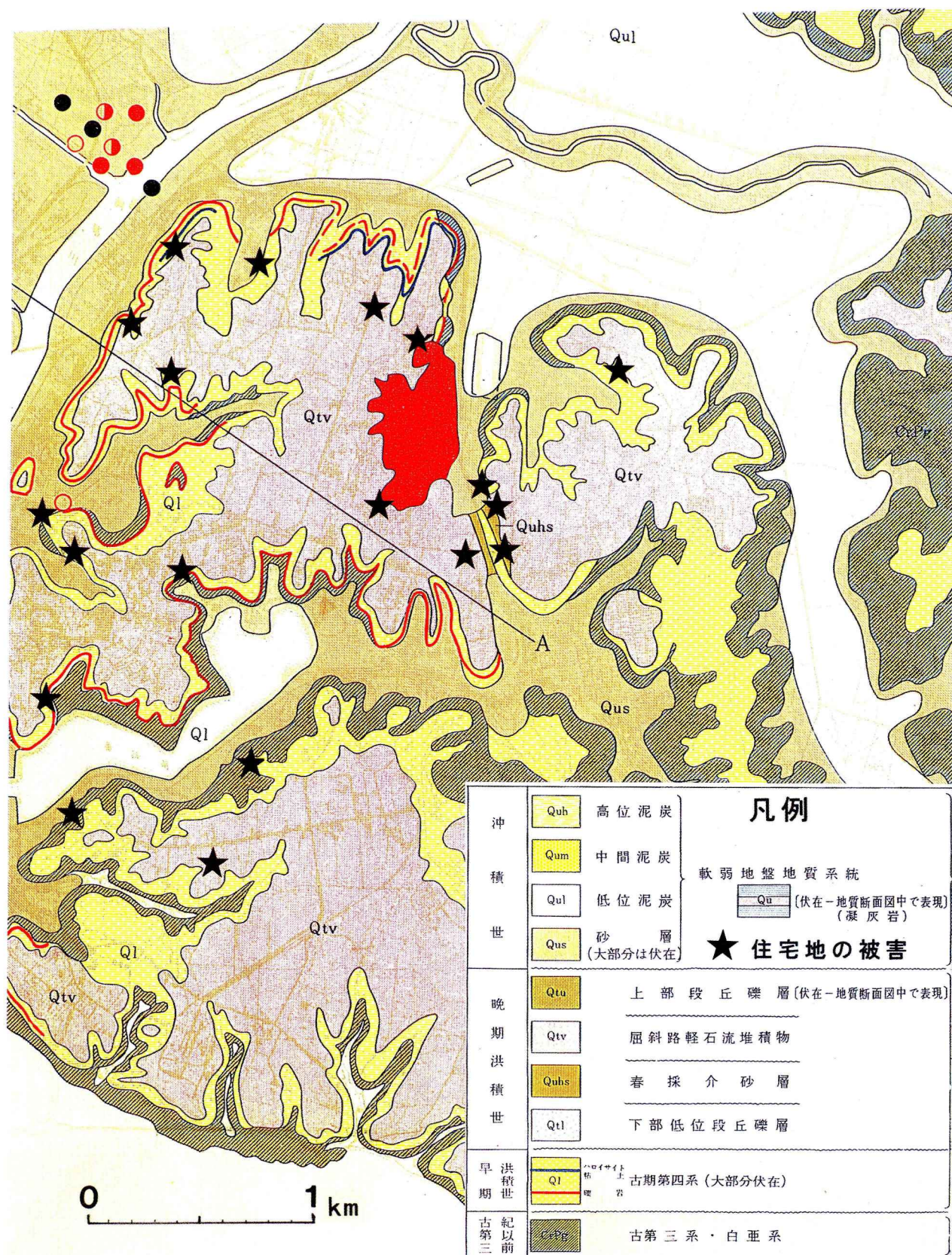


図10 緑ヶ岡周辺の地質図 (湊ら, 1967の一部)

Fig. 10 Geological map around Midorigaoka (Minato *et al.*, 1967).

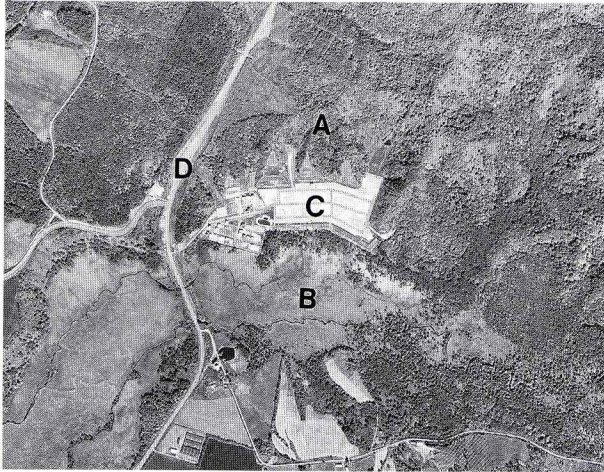


写真5 標茶町茅沼別荘地造成直後の空中写真(国土地理院 HO-67-4X C7B-4,5)
A: 丘陵, B: 湿原, C: 造成された別荘地, D: 国道391号線。

Photo 5 Aerial photograph of Kayanuma-villa, Shibecha town.
A: Hill, B: Wet land, C: Villa, D: National road 391.



写真6 標茶町茅沼別荘地の地すべり変動状況

Photo 6 An overview of the Kayanuma-Villa landslide.

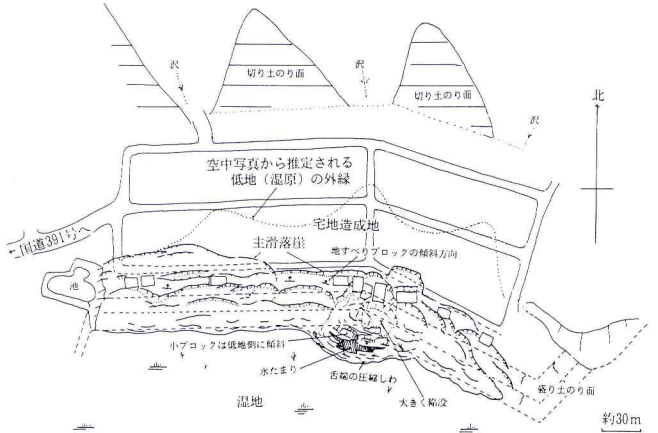


図11 標茶町茅沼の別荘地地すべり変動図(北海道立地下資源調査所, 1994)

Fig. 11 Kayanuma-villa landslide at Shibecha town. (Geological Survey of Hokkaido, 1994).

(3) そのほかの住宅被害(緑ヶ岡・武佐団地など)

新聞報道等によれば、緑ヶ岡とその周辺では緑ヶ岡6丁目以外にも多くの住宅地で地盤の変状による被害が続出している。これらについて現地調査は実施出来なかったが、新聞報道や釧路市などの調査報告に基づいて概略を述べる。

武佐4丁目にある若草保育園(図6:地点11)では、地震の後に園庭裏を通る幅3mの散策道路が1箇所を下りの貯炭池に崩壊した。さらにその道路の上にある園庭の法面に亀裂が生じているのが発見され、それが次第に拡大してきたことから、保育場所を一時避難し、鋼矢板を打ち込むなどの応急対策を行なった。この地すべりでは道路下に埋設されていた水道管・ガスパ管・下水管にも被害が生じている。山下ら(1993)によると、ここは緑ヶ

岡6丁目の地すべりと同様に、谷地形の部分埋めて造成されていた場所である。空中写真等により崩壊位置を再確認すると、実際の発生位置は若干ずれるものの、やはり谷地形の部分にあたるのが分かった(図12)。

材木町18番地(図6:地点12)では住宅の裏庭の急崖が崩れ、斜面下部の擁壁が崩壊し市道を塞ぐ被害が発生している(図13)。崩壊土砂はかなり水分を含んでドロドロになっていた(蒲原ら, 1993)ことから考えて、斜面内部での液状化により発生した可能性が考えられる。この崩壊箇所も、造成前は谷地形を呈していた場所であることが柳沢ら(1993)によって指摘されている(図14)。

そのほかにも段丘崖に近い住宅地において地盤に亀裂が生じたり、電柱の傾斜、不等沈下などの被害がかなりの場所で報告されている。緑ヶ岡5丁目の住宅地(図6;

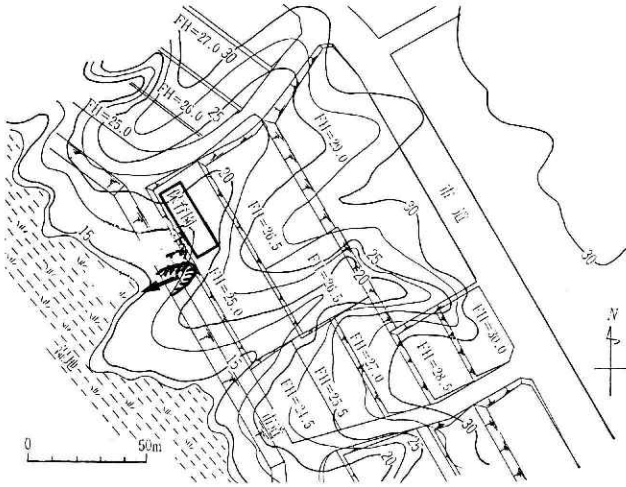


図12 武佐町若草保育園裏の崩壊地の発生位置と造成前地形（山下ら，1993に加筆）

Fig. 12 Generation position and construction pre-landform of the landslide scar of the Wakakusa nursery school (Yamashita *et al.*, 1993).

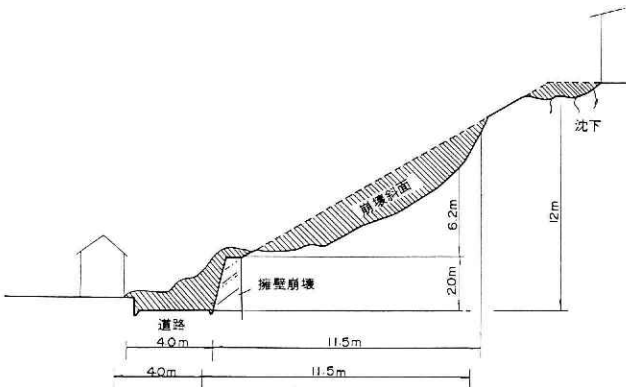


図13 材木町住宅地の崩壊発生状況（釧路市，1993）

Fig. 13 Collapse at Zaimoku-cho (Kushiro City, 1993).

地点 10) では比高約 10 m の崖上に造成された住宅地の地盤に延長約 60 m の亀裂が走り、崖下の積みブロックが崩壊している(図 16)。このような地盤の変動による住宅地の被害は釧路段丘上の上に分布しており、その多くは段丘の縁に近い部分に集中している(図 6)。

(4) 住宅地での地盤災害の特徴

1978年6月の宮城県沖地震の際には、谷を埋めて盛土した造成宅地に地すべり被害が集中し大きな問題となったが(図15)、釧路沖地震においても同様に谷を埋めて造成した宅地の危険性が改めて明らかになった。

銚路沖地震で住宅被害が多く発生した銚路段丘は、主として昭和 40 年代に造成が進んだ所である。銚路段丘は、全体的にゆるやかな起伏に富んでおり、縁辺部では小規模の谷によって開析されていた(写真 4)。そのため

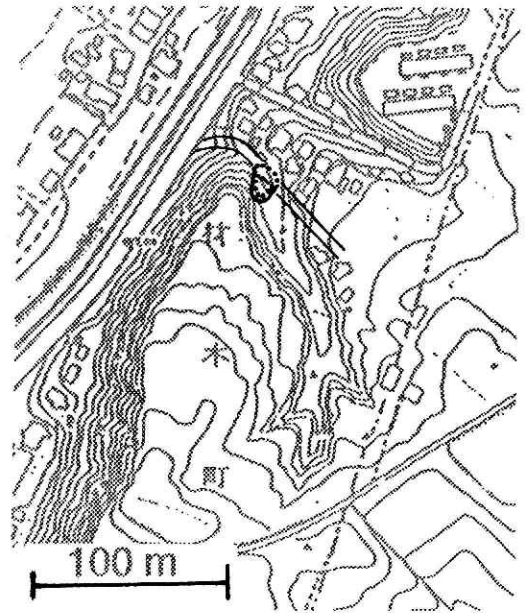


図14 材木町住宅地の造成前地形と崩壊発生位置（柳沢ら，1993に加筆）

Fig. 14 Map showing the position of Zaimoku-cho landslide and topography of pre-development age (Yanagisawa *et al.*, 1993).

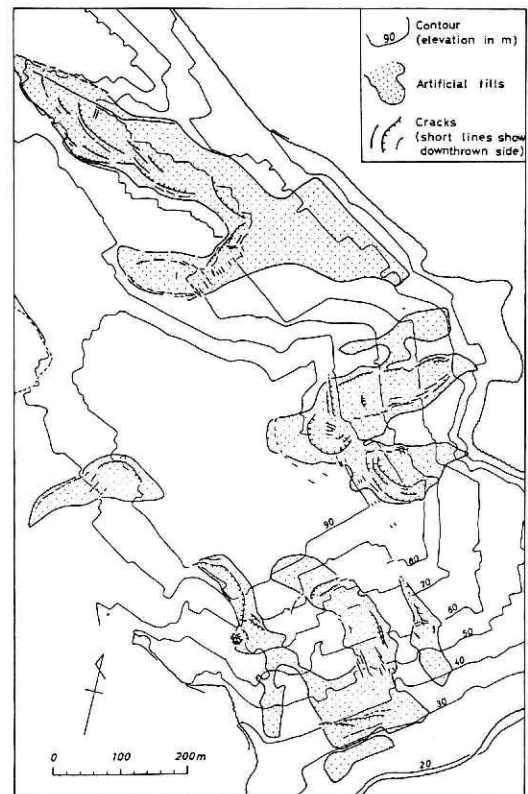


図15 1978年宮城県沖地震によって緑ヶ丘住宅地に生じた地すべり亀裂の分布（東北大学，1979）

Fig. 15 Distribution of landslide crack at Midori-ga-oka in Sendai City by 1978 Miyagiken-oki Earthquake (Tohoku Univ., 1979).

宅地を造成するにあたっては、起伏の高い部分を削り、その土砂を谷部の埋め立てに用いて造成が行なわれたようである。図 6 に示す住宅地の被害地点を詳細に見ると、その多くが段丘の縁辺部に集中している。これは段丘面を開析する谷を埋めることによって造成した地盤が段丘の縁辺部に多いためと考えられる。地山と盛土とでは地盤の強度や震動特性に差異があることから、崖端では地震波が増幅されることも加え、地震時に地盤変動を起こし易いためではないかと考えられる。

さらに、釧路段丘上では 1968 年の十勝沖地震の際も大きな地震動を記録しているなど、地震の加速度が大きく記録される特性がある様で、釧路沖地震でも最大加速度 900 gal 以上を記録している(図 2)。そのためこの段丘全体に地震波を大きく増幅するような何らかの構造があるのかもしれない。

5.2. 道路の被害

釧路沖地震による道路被害では、盛土区間での地すべり・崩壊が目立った。道路の全面通行止め区間、片側交互通行区間の道路被害箇所はほとんどが盛土部分の崩壊である。これらの崩壊した盛土の多くは、湿原など低湿地を埋め立てた事例が多い。道路被害ではそのほか橋梁等の構造物との取り付け部、盛土と切土の接合部などで段差や亀裂が生じるなどの被害が多数生じている。

(1) 国道 44 号線糸魚沢の地すべり

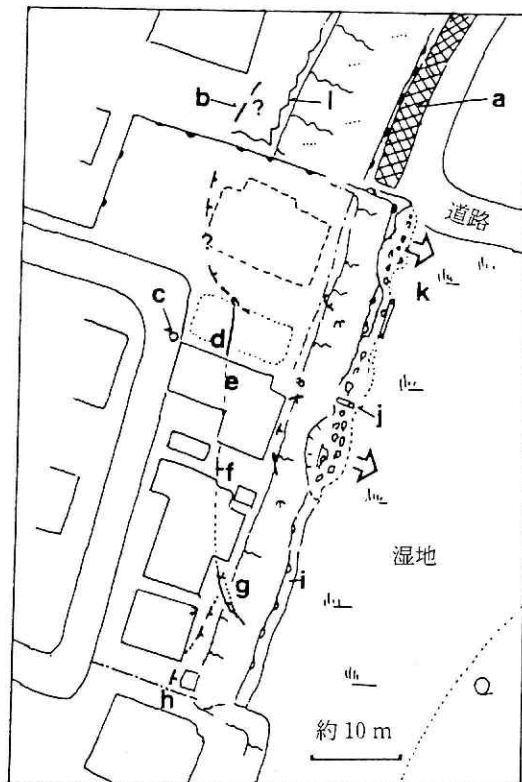
通行中の車 4 台が巻き込まれたことから新聞・テレビ

でも大きく報道された国道 44 号線の糸魚沢の道路被災地(図 5: 地点 1)では、国道を載せた盛土地盤が湿原側に滑りだし、道路が大きく陥没したため、2ヶ月間の長期全面通行止めになった(写真 7)。

現場は釧路市の東約 50 km、厚岸の町の北東に位置する JR 糸魚沢駅の東 3 km の地点。崩れた箇所は国道が丘陵地と湿原の境を走る区間で、いわゆる片切り片盛の部分である。この箇所の湿原側には未舗装の旧道が国道より一段低い盛土上に設けられていた(図 17)。地すべりは釧路側から見て、切り通し区間が終わった地点から始まり、延長 70 m にわたる範囲で生じている。

この地すべりで滑った主体は国道脇の旧道部分と国道の法面部分である。国道の路面は、湿原側を並走する旧道と法面の滑りにより下部が抜け落ちため沈下したように見受けられる。地すべり移動体の堆積状況から見て、この盛土地すべりは移動体の左右で動きに差異が生じている(図 18, 写真 8)。大きく滑った下部右側は、湿原内に 30 m ばかり滑り込んでいる先端部分が丸く同心円状に広がって停止しており、やや流動的に運動した状況を物語っている。下部左側の旧道を主体とする盛土ブロックは余り変形せずに、ブロック全体が半時計方向に回転するような動きをしている。そして湿原の下から泥炭土が絞りだされる様に地すべり移動体の前面に盛り上がっている。

調査当時、移動体内の凹地には水が溜っており、この



- a : 抑え盛土 (地震後緊急に施工)
- b : 亀裂 (埋められており詳細不明)
- c : 集水管
- d : 開口亀裂 (幅 10 cm)
- e : 家屋に亀裂がはいり、東側沈下
- f : 東側が沈下
- g : のり肩に段差、のり面はふくれる
- h : 東側沈下 (ブロック塀に亀裂)
- i : ブロック積み擁壁が膨らむ
- j : 排水塩ビ管の折損
- k : 積みブロックの崩壊
- l : 金属柵の折れ曲がり

(模式断面)

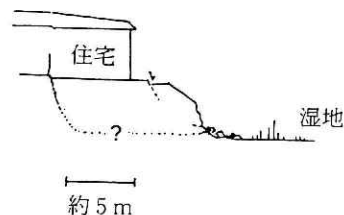


図16 緑ヶ岡5丁目住宅の変動状況 (北海道立地下資源調査所, 1994)

Fig. 16 Surface deformation of the Midorigaoka landslide (Geological Survey of Hokkaido, 1994).

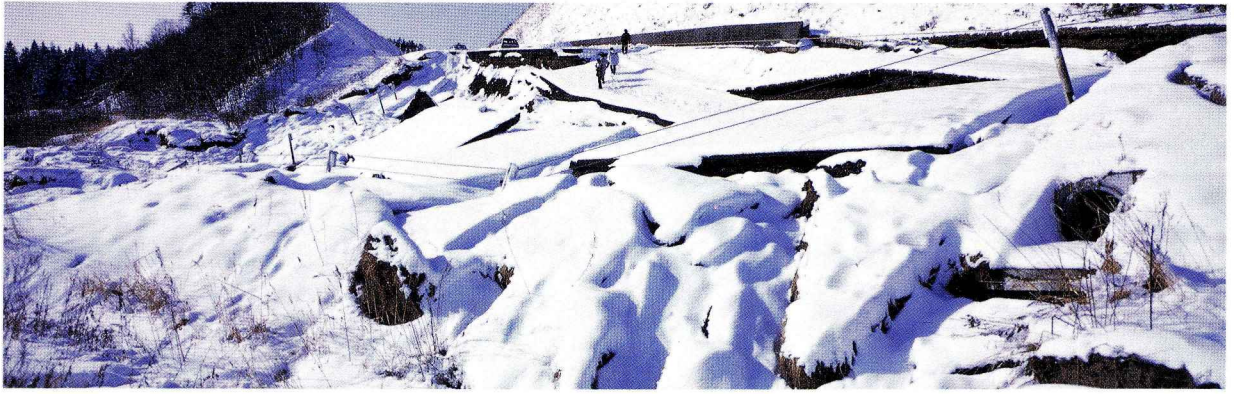


写真 7 国道44号線糸魚沢地すべりの変動状況

中央上にある位置が元の道路面、手前に雪をかぶったアスファルト路面が見える。

Photo 7 Road damage by landslide at Itoizawa on national road No. 44.

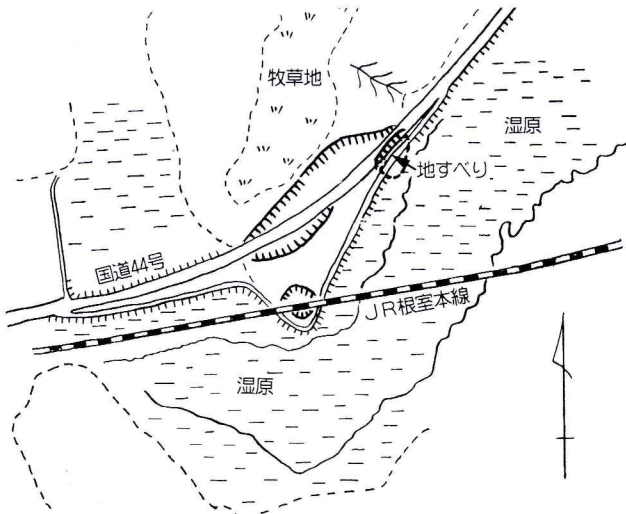


図17 国道44号線糸魚沢地すべり平面図

Fig. 17 Itoizawa landslide on national road 44

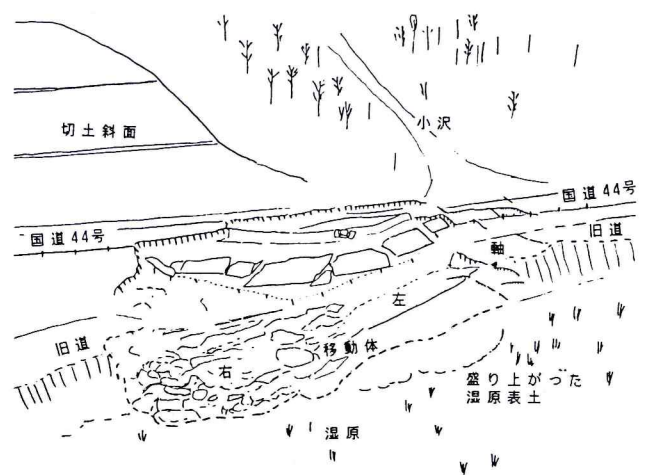


図18 国道44号線糸魚沢地すべりの鳥瞰図

Fig. 18 Schematic figure of the Itoizawa landslide.

付近の地下水が高いことを示している。またガードロープの支柱は移動体の地面に設置された状態のまま運ばれたため、ワイヤーが伸び切っている。

現地調査時には積雪に厚く覆われていたため、迂り面がどのレベルにあったのかを直接には確認できなかったが、前述の堆積状況から判断すると、右側部が盛土内に介在した地下水が地震動によって液状化を起こし、その上にあった盛土部が側方に滑りだしたと考えられる。

(2) 国道 391 号線の鳥通付近の路盤崩壊

釧路市と標茶・摩周方面を結ぶ国道 391 号線の鳥通付近(図 5: 地点 3)では、道路の片側 1 車線が延長 20 m にわたってえぐれる様に深く崩れた。そのため国道 391 号線は片側が通行不能となり、交互通行規制が行われた。

崩壊箇所は釧路市から 13 km ほど北東の、標高およそ 60 m の丘陵のなかを通る路線のうち路盤の一部が盛土されている区間である。崩壊部の滑落崖は、厚さ約 60 cm の碎石の下に細かい成層構造を持つ砂質ないしシルト質

で未～半固結の一見地山風の堆積物から構成されている。これが地山でないことは、周囲の地形状況などから見て、ここが沢の源頭部にあたることから明らかである(写真 9)。崩壊範囲は路面の片側、延長約 20 m。崩壊した土砂は道路横の緩勾配の沢に沿って 100 m 近く流下しており、かなり流動的な運動をしている。ガードロープの支柱が完全に抜けて現場にそのまま残されていることから、発生当初から流動化していたのではないかと推定される。発生原因としては、崩れた場所が沢の源頭部にあって地下水の集中しやすい地形地質条件を持っていたこと、さらに崩れた土砂の運動がきわめて流動的であったことから、道路下の地盤が地震によって液状化したために起きた可能性が考えられる(図 19)。

(3) 国道 391 号線五十石付近

釧路から標茶を経て摩周湖方面に向かう国道 391 号線の標茶町五十石(図 5: 地点 4)では盛土路面が沈下し、



写真8 国道44号線，糸魚沢の道路地すべり，(実体視写真，シン技術コンサル撮影)

Photo 8 Stereo-pair photos of the Itoizawa landslide on national road No. 44.
(Photo by Shin technical consultant Co.).



写真9 国道391号線鳥通地すべり変動状況

Photo 9 Road damage by a landslide at Toridori on national road No. 391.

路肩および法面に多数の亀裂を生じた。

被害を受けた地点は、釧路から丘陵地の山脚を走ってきた国道が、左に大きくカーブし、釧路川を渡る手前で湿原を横断する延長約 100 m の盛土区間である。盛土は湿原から数 m の高さに盛られていたが、路面部が沈下し、ノリ面部分が両側にはらみだす様に変形している。路面は不規則に沈下を起したため無数に亀裂を生じている。沈下量は最大で 1 m 近くにも達し、路面はかなり凹凸を生じていたが、応急措置によって車の通行は確保されている。盛土の法肩部も亀裂を生じ大きく変形はしつつも辛うじて崩壊するまでには至らなかった。被害はこ

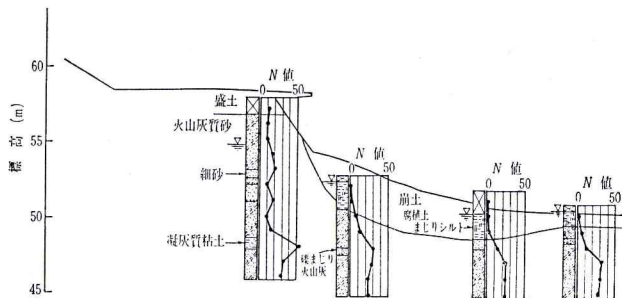


図19 国道391号線鳥通崩壊断面図 (西川ら, 1993)

Fig. 19 Section view of the Toridori landslide (Nishikawa *et al.*, 1993).

の盛土区間のほぼ全域にわたっているが、とくに地山や橋梁と盛土との接統部分での変動が顕著である (写真 10)。

湿原の軟弱な泥炭層の上に盛土した区間で起きていることから、地震動によって盛土の基礎の泥炭層が沈下し、側方にも変動を起こしたために起きたと推定される。

(4) その他の道路災害

現地調査は実施できなかったが、そのほかにも多くの箇所道路の被害が発生している。国道 38 号線白糠―音別間のパシクル付近 (図 5: 地点 5) では、道路の登坂車線が盛土法面とともに崩れ、上り車線の路面にも亀裂が入ったため、片側通行規制が行なわれた。この崩壊箇所も小さな谷地形を横切る盛土箇所にあたっている。

国道 272 号線の東阿暦内 (図 5: 地点 2) では、前述の糸魚沢と類似の盛土のすべりが延長 80 m にわたり起き、道路交通が完全に遮断される被害が生じている。土木事業所が撮影した写真を見た限りでは、発生状況は糸魚沢に酷似しており、道路の盛土地盤が同じように地すべりを起こしたと考えられる。

以上述べてきた様に道路の被害はほとんどが盛土区間で生じている。その多くは湿原など軟弱な地盤の上に盛土した箇所や道路が谷を横切っている箇所での盛土、さらに地山と盛土の接合部などで発生している。

以上のような道路被害によって長期間にわたり道路交



写真10 国道391号線五十石における道路の被災状況 (シン技術コンサル撮影)

Photo 10 Damage of national road No. 391 at Isoishi (Photo by Shin technical consultant Co.).

通に支障を生じた。特に全面通行止めを余儀なくされたルートでは、道路密度の低い北海道の特殊事情もあり、迂回路はかなり遠回りしなければならなくなり、運輸・交通に対する障害が長期間続いた。

5.3. 鉄道の被害

釧路沖地震では道路と同様に鉄道でも大きな被害が生じた。JR 北海道釧路支社のまとめによる被害状況を簡略化して図 20 に示した。被害の内容は築堤崩壊 (●), 築堤変状 (○), 路盤変状 (□), 軌道変状 (△) (継ぎ目開口, 通り狂い, 枕木浮き) などであり, おのおの記号で示した。図に示したように広い範囲にわたって多数の個所で被害が生じている。中でも, 根室本線の釧路保線区内の音別一厚内間と帯広管内の新得一新狩勝間, それに釧網線の東釧路一標茶間の 3 区間に被害が集中している。

被害の顕著な区間のうち釧網線東釧路一標茶間は, 路線が釧路湿原の東の縁を縫うように走っている区間であり, 一部は湿原の中を通過している。そのため湿原上に盛土をした区間が長く, 被害箇所が多くなったと考えられる。一方, 音別一厚内間では, この周辺での家屋の被害が顕著で墓石の転倒率も高いことから, 地震動そのものが大きいために被害が集中したと考えられる。

幹線である根室本線の釧路一帯広間の不通区間は, 復旧を急いだにもかかわらず被害箇所が多く, 地震後 12 日目の 1 月 26 日ようやく開通した。この区間では復旧後しばらくの間は徐行運転区間が長く, 札幌行きの特急は通常ダイヤより 1 時間 40 分も余計に時間を要したことから, 時間を繰り上げて発車するなどの処置を行なった。

釧網線の東釧路一標茶間は単線区間でしかも線路沿いには道路がないため, 補修機材の搬入ができない箇所も多く, 復旧はさらに遅れ地震発生 17 日後の 2 月 1 日になった。

5.4. 自然斜面における地すべり・崩壊

これまでも震度 5~6 の地震に際しては, 山腹斜面, 段丘崖, 海食崖などの自然斜面において地すべり・崩壊・落石などが数多く発生し, しばしば大きな被害を生じてきた。例えば 1974 年の伊豆半島沖地震, 1978 年の伊豆大島近海地震, 1984 年の長野県西部地震では自然斜面において発生した地すべり・崩壊によって多数の死傷者を出してきた。しかし釧路沖地震では, 地震直後の各市町村役場での聞き取り調査や道路沿いでの目視調査を行なったかぎりでは, 自然斜面での地すべり・崩壊による被害は見られなかった。十勝支庁管内の厚内から舌辛にかけての海岸沿いの海食崖では数箇所崩壊が起きていたが (写真 11), 海岸であったため被害は生じていない。

また, 融雪後に調査を行なった雨宮ら (1993)・北海道立地下資源調査所 (1994) によって, 白糠丘陵の霧理などにおいて林道沿いに地すべり・表層崩壊が発生したと報告されているが (図 21), 林道などごく限られた被害に留まっている。自然斜面において少なかった要因については, 6 章で検討する。

5.5. 埋め立て地での液状化による被害

液状化によって生じた被害は, 埠頭などの港湾施設, 埋め立てによって造成された住宅地での噴砂現象, 道路下に埋設されたマンホールの抜け上がりなどが生じた。これらはいずれも海岸や湿原を埋め立てて造成した場所

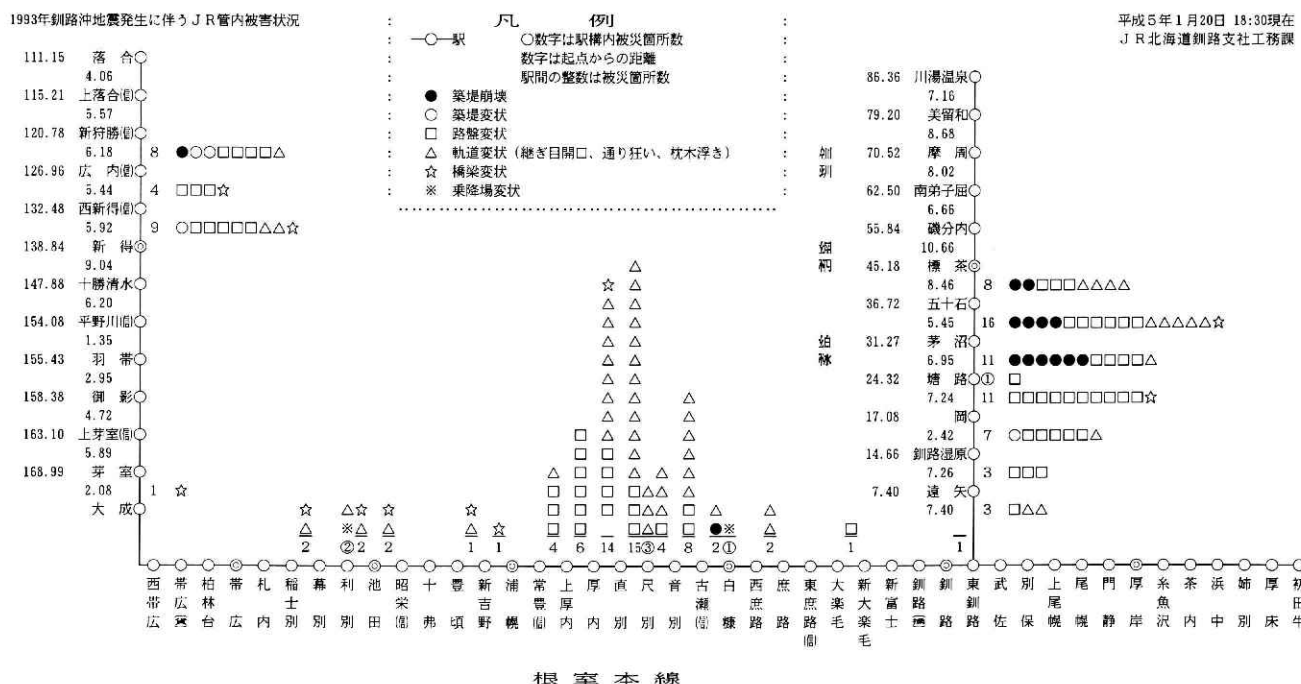


図20 JR 管内鉄道被害状況一覧 (JR 資料より作成)

Fig. 20 Railway damage to the JR line (after JR material).

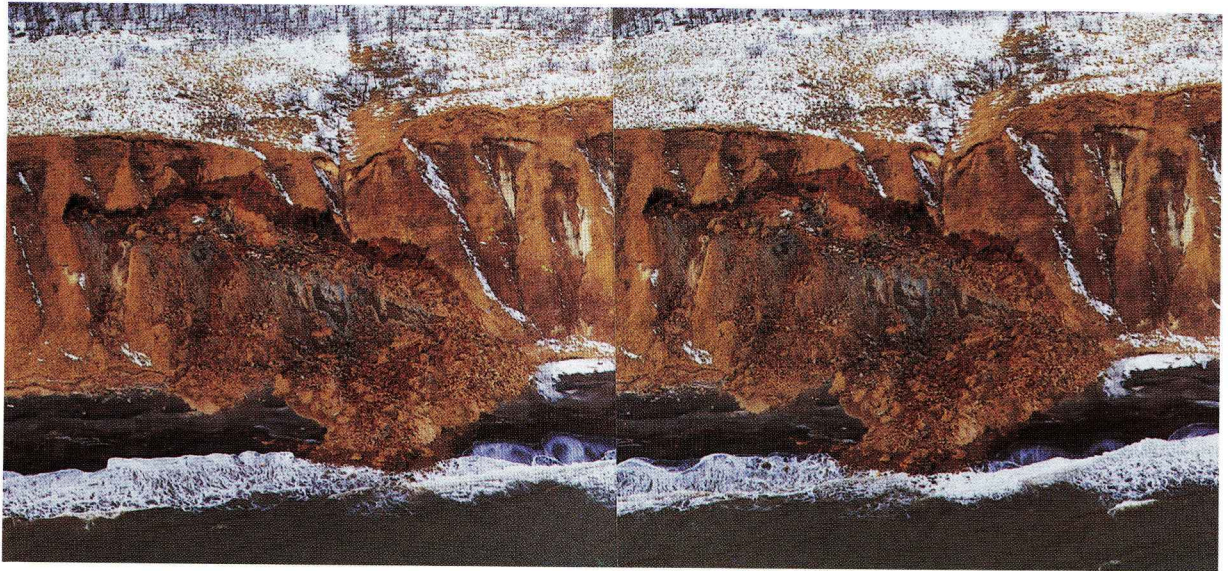


写真11 海岸の海食崖に生じた崩壊（実体視写真，シン技術コンサル撮影）

Photo 11 A collapse of a cliff along the coast (Photo by Shin technical consultant Co.).

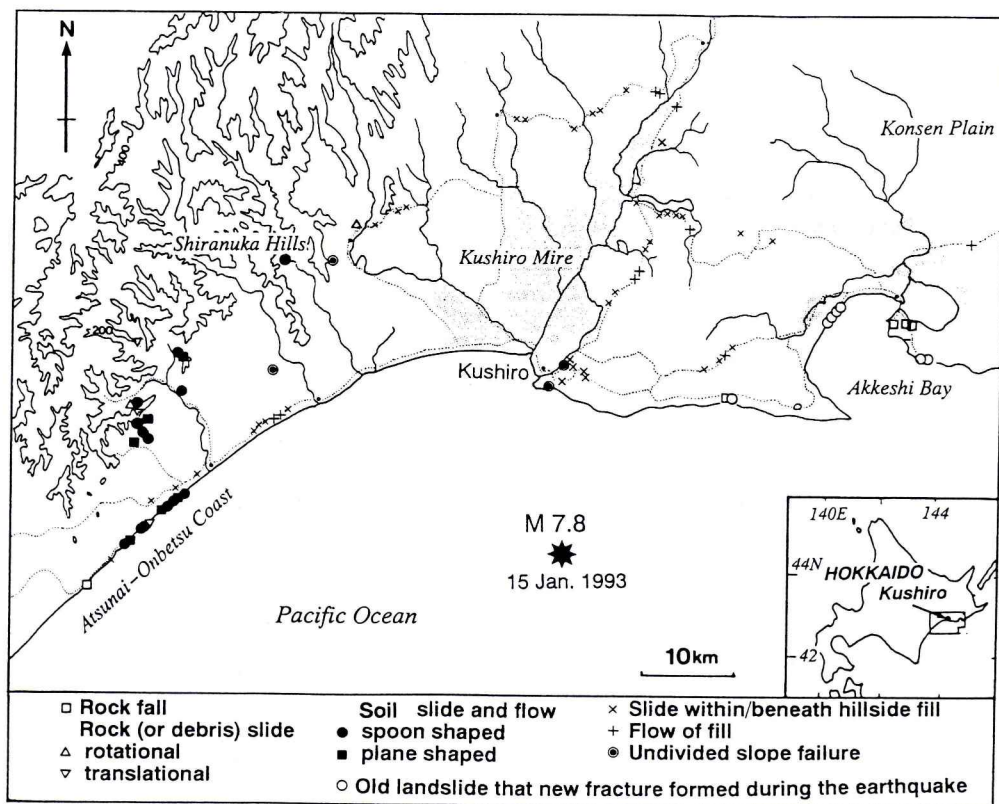


図21 自然斜面における地すべり・崩壊の発生状況（北海道立地下資源調査所，1994）

Fig. 21 Landslides and collapses on a natural slope (Geological Survey of Hokkaido, 1994).

において発生している。

(1) 釧路港における液状化による埠頭の被害

釧路の港湾地区は釧路沖地震により大きな被害を受けた。釧路港は以前からある東港と新しく造成された西港とに分かれているが、市の港湾部がまとめたところでは、

東西両港区で59ヶ所に及ぶ被害が生じている。港湾地区の被害は、港湾内の各所で噴砂跡が見付かっていることから、主として埠頭の地盤が液状化したことによるものと考えられる（写真12）。噴砂跡は釧路東港の副港の付近、釧路西港の第3埠頭など広い範囲で見付かっており（図

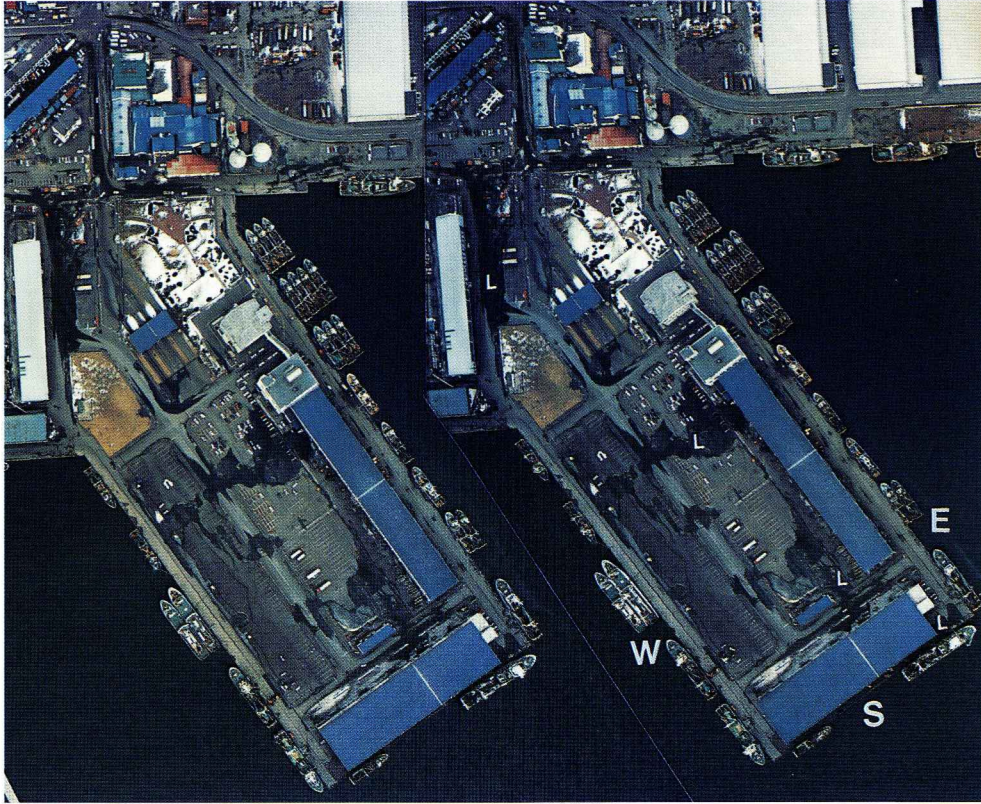


写真12 釧路港東港漁業埠頭の被害状況（実体視写真，シン技術コンサル撮影）

Photo 12 Damage to the fishery wharf of Kushiro east harbor (Photo by Shin technical consultant Co.).

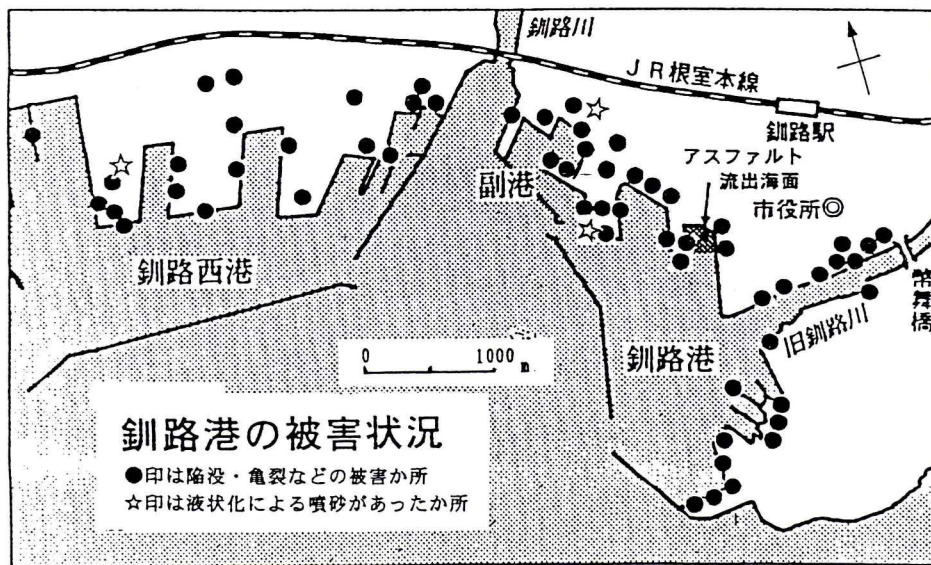


図22 釧路港の被害状況（岡崎，1993）

Fig. 22 Damage to the Kushiro harbor (Okazaki, 1993).

22), 港湾地区の広い範囲で液状化現象が発生したことを物語っている。

釧路東港においては，埠頭が最大で1 m ほど沈下・陥没した。沈下量は一様でなく，基礎の部分ではあまり沈

下していないのに対し，それ以外の部分が大きく沈下した。そのため，埠頭のいたるところに亀裂や段差を生じている(写真 13)。亀裂に沿って噴砂によると見られる一様な粒度の砂が堆積している。埠頭内の多くの建物にも



写真13 釧路東港漁業埠頭の岸壁付近の陥没状況

photo 13 Cracks and Collapses on the fishery wharf of Kushiro east harbor.

不等沈下によって床に段差を生じたり、壁に亀裂が入るなどの被害が出ている。壁に生じた亀裂から貯蔵されていた化学肥料が屋外にこぼれ出している倉庫なども見られた。釧路東港の北埠頭では岸壁が1mほど海側にせり出して、船の接岸が出来なくなった。また中央埠頭ではアスファルトタンクの破損によって漏れだしたアスファルトが海に流失する事故が起きている。そのほかの港湾施設にも大きな被害が生じている。

釧路西港でも埠頭内のエプロン部において亀裂や段差が生じている。さらに西港では穀物や石炭の荷揚げに用いる大型の荷役機(アンローダー)3基が破損し、使用不能となった。このため復旧までの間は旧来の方法によって荷揚げしたため、荷揚げ能力がアンローダー使用時の8分の1程度にまで大幅に低下する影響が生じた。西港埠頭の岸壁部分はサイドコンパクションパイル工法、グラベルドレーン工法などの液状化対策が実施されていたため、被害は比較的軽微なものです(陶野・安田,1994)。液状化対策の進んでいない東港に対して液状化対策が実施されていた西港の被害は軽微であったように、港湾施設を始め、埋め立て地での液状化対策の重要性が示された。

(2) 美原団地(愛国ニュータウン)での液状化

美原団地は釧路湿原の南の一角を埋め立てによって造成した住宅団地である。家屋の倒壊など顕著な外見上の建物被害は生じなかったが、団地の北部において液状化に伴う噴砂現象が確認された。現地調査の時には、地震

の翌日以降に降った積雪が固く凍結して地表面を覆っていたため、液状化による噴砂の状況を調査することは困難であった。幸い地震の翌朝の降雪前に自宅付近を調査・写真撮影されていた団地内に住む釧路気象台職員の藤田さんにお話を聞くことができた。それによると、噴砂は自宅周辺の3~4箇所ほどで確認出来た(図23)。噴砂は道路、塀際などに沿って生じた亀裂から噴き出している(写真14,15)。写真で見ると噴砂の量、規模は大きくない。噴砂にともなう生じた亀裂沿いでは、塀が傾いたり一部破損するなどの被害を生じている。

藤田氏によると、自宅の庭にアンテナを立てるために穴を掘った時に、地下1.5mから以深には砂の層があり、地震の際には液状化が起きるのではないかと心配していたと話してくれた。液状化がその砂層で生じたのか、さらに深い深度で生じたのかは不明である。いずれにせよ湿原のような地下水の浅い地域での埋め立てに用いる土の吟味などの注意が必要である。

団地内のそのほかの場所においても2~3の聞き込みを行なったが、液状化に関する情報は得られず、美原団地においては液状化による深刻な被害は生じていない。

(3) 釧路町のマンホールの抜け上がり

釧路市に隣接する釧路町のセチリ太地区では歩道の下に埋設されていた下水のマンホールが地震によって地面から高く抜け上がり、排水に支障をきたす被害が生じた。現場は国道44号線のバイパス沿いの歩道の下に埋設されていた下水道のマンホールである。下水管は歩道の下

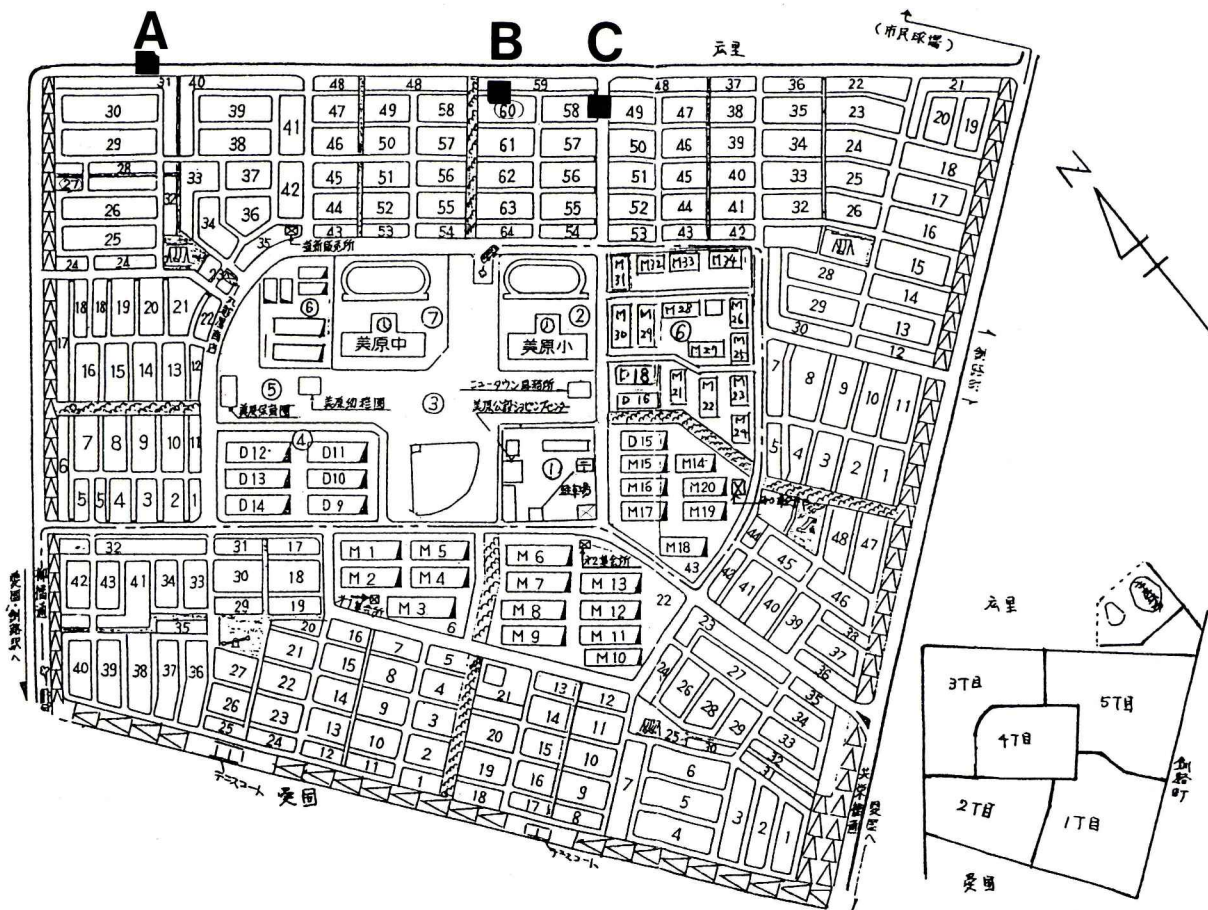


図23 美原団地における液状化地点（釧路気象台藤田英治氏提供の資料により作成）

Fig. 23 Liquefaction site in the Mihara housing complex (after the material of Mr. Fujita).



写真14 美原団地内における亀裂の発生と噴砂状況（藤田英治氏撮影，図23の B 地点）

photo 14 Ground fissures and sand boils at the Mihara housing complex.
(Photo by Mr. Fujita, B site of Fig. 21).

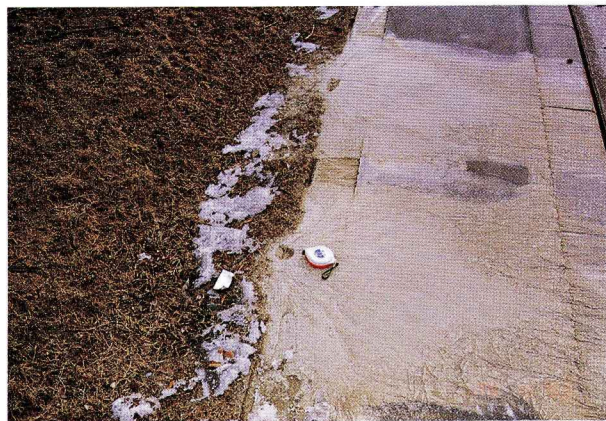


写真15 美原団地内における噴砂状況（藤田英治氏撮影，図23の A 地点）

photo 15 Sand boils at the Mihara housing complex.
(Photo by Mr. Fujita)

に埋設されており，歩道上に約 50 m の間隔でマンホールが設けられていた。これらのマンホールのうち約 20 本が地面から抜け上がっている（図 24）。一番高く持ち上げ

られたマンホールは地表から 1.5 m の高さまで持ち上げられている（写真 16）。また数十 cm 以上持ち上げられたものが 10 本近くある。町の調査によれば，被害はマンホールの間をつなぐ地下の管路にもおよび，多数の損傷

を生じている。そのため下水が正常に排水できなくなり、町ではマンホール内に排水ポンプを設置し、歩道沿いにホースを這わせて応急的に対処した。

抜け上がったマンホールに近い歩道上には粒度のそろった砂の堆積が認められる。また歩道の下に一部空洞が生じている。このことからマンホールの近傍で液状化

による噴砂が生じていたことが分かる。抜け上がりを起こしたマンホールが連続していることなどからみて(図24)、地震時の液状化によって周囲より相対的に軽い中空の下水管路が浮力を受け、マンホールの縦抗と一体となって浮上したと考えられる。北海道東方沖地震の際にも標津町内でも軽微な下水管の浮上現象が見られた(箕輪ら,1995)。

セチリ太地区は釧路町の人口の約半数が住む新興の住宅地で、その大部分が湿原を埋め立てて造成されている。町役場で聞いたところ下水管は地下4~5mの泥炭層中に埋設されていたという話であった。翌年10月に起きた北海道東方沖地震によって泥炭層中で液状化が起きたことが確認されているが(箕輪ら,1995)、釧路町の場合は噴出しているのがほとんど砂であり、主として埋め戻しの際に用いられた砂が液状化したと推測される。今後、同じように施工された下水管においては同様の被害を生じる恐れがあり、下水管の付設、埋め戻しに用いる土の選択、施工方法などを改良する必要がある。

5.6. ライフラインの被害

釧路沖地震によるライフラインへの被害は、電力・電話ではそれほど大きな被害を生じていないのに対し、ガス・水道・下水道など地下に埋設された管に対しては多大の被害を生じた。その中でも特に深刻な影響をもたらしたのは、ガス漏れ事故とガス管の破損に伴う長期間にわたる供給停止であった。破損した埋設管の復旧には時間を要し、今回の地震によって大きな社会問題になった。

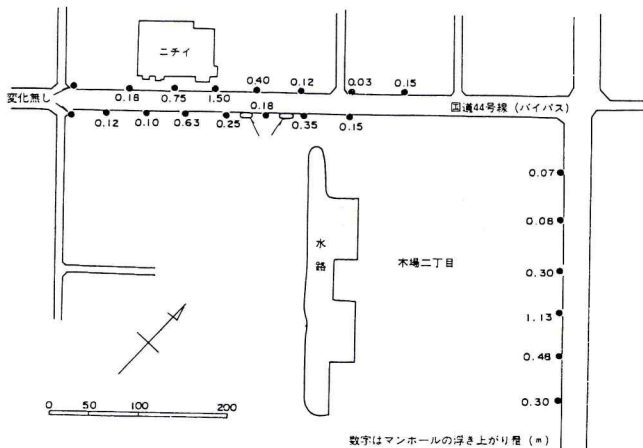


図24 釧路町木場・桂木地区の下水道マンホールの位置と抜け上がり高 (m) (釧路市, 1993)

Fig. 24 Positions and Uplifting heights of manholes at Koba and Katsuragi in Kushiro town (Kushiro City, 1993).



写真16 釧路町木場のバイパス脇歩道上に生じたマンホールの抜け上がり

photo 16 Uplifting manhole on the bypass side at Koba in Kushiro town.

水道・下水道についても一部では深刻な被害を生じた。

(1) 都市ガスの被害

釧路市および釧路町の一部の市街地では約7万戸の住宅に都市ガスが供給されていたが、地震によって地下に埋設されたガス管の破損等によるガス漏れが各所で発生した。釧路市大楽毛ではガス漏れによる死亡事故が起きたほか、37名がガス中毒にかかった。また地震の直後にガス管の破損によるガス漏れ通報の多かった緑ヶ岡地区を中心とした約9千戸の地域でガスの供給を止めたが、この復旧には22日間を要した。

釧路ガスの供給地区は大きく7つの大ブロックに分けられるが、このうちガス管の破損を多く生じたのは釧路段丘を中心とする第6ブロックである。当初はガス漏れ通報の多かった地域の小ブロックを供給停止にして対応したが、その後も異なる地域からも通報があり、最終的に大ブロック全体の供給を停止した。

破損した埋設管の修復には地面を掘削する必要があるが、真冬の釧路市内では地表部がコンクリートの様に固く凍結していたため、復旧作業は難航した。道内および本州各地のガス会社から最高時で767名におよぶ多数の応援があったにもかかわらず、完全復旧までに22日間を要した。

釧路市の報告書(1993)によると、ガス管路にポリエチレン管を用いた部分での被害が皆無であったことから、ポリエチレン管は耐震性に優れており、今後積極的に使用拡大を図って行きたいとしている。

(2) 上水道の被害

大きく報道された都市部での被害とは対称的に、農村部での被害状況はマスコミ等では余り扱われていないが、標茶町をはじめ付近の酪農地帯では上水道の断水によって深刻な被害が生じた。近年酪農業は大規模経営化が進み飼育頭数も増え、酪農経営には多量の水が必要とされるようになった。そのため自給ではまかなえなくなり、上水道に頼る様になっていた。特に標茶町では酪農の大規模経営化が進んでいたため、地震による水道管の破損によって生じた断水は、搾乳量の減少をまねくなど酪農経営に深刻な被害をもたらした。自衛隊の応援などもあったが、復旧に時間を要した。

5.7. その他の地盤災害

その他の地盤災害については広域であるため現地調査は実施出来なかったが、新聞報道等によると、これまで記述した以外にも以下のような地盤災害が生じている。

釧路空港(図5:地点17)では滑走路の縁の盛土部分が地滑りを起こしたのははじめ、滑走路に亀裂が40ヶ所程生じた。しかし被害は軽微で、飛行機の離発着に大きな支障は生じていない。

河川の堤防はかなりの被害を受けた。特に釧路川や音別川の堤防(築堤および護岸)では沈下、亀裂の発生などの被害が生じている。

釧路港以外の港湾でも多数の被害が生じた。浦河、十勝、厚岸、根室などの港で液状化による被害が生じている。

釧路沖地震では、地表面上に地震断層によるズレが生じたという現象は報告されていない。これは震央が海底にあり、しかも震源の深度が107kmときわめて深かったことによるものと考えられる。

6. 釧路沖地震による地盤災害の特徴

1993年釧路沖地震によって生じた地盤災害について幾つかの特徴が見られた。それらについて若干の考察を行なった。

1. 盛土斜面・盛土地盤に地盤災害が集中した

釧路沖地震による地盤災害の多くは盛土・埋め立てなど人工的に造成した地盤で発生している。道路・鉄道・港湾・住宅地などいずれも人工的に土砂を埋め立て盛土した場所に被害が集中している。しかし盛土地盤のすべてに被害が生じている訳でない。盛土の中でも被害が特に顕著に見られた箇所を検討してみたい。

①地すべり・崩壊などの斜面での地盤災害では、1)谷地形を埋めて造成した場所、2)湿原など軟弱な地盤上に盛土をした箇所、3)盛土と地山の境界部、の3つのケースで地盤災害の発生が顕著であった。1)のケースは宮城県沖地震のときにも同様の事例の施工箇所でも顕著に発生した事実が指摘されている(東北大学理学部,1979)。

谷を埋めて盛土を行なった箇所での地すべりの事例は、1968年の十勝沖地震や1995年の兵庫県南部地震でも多く見られた。過去に盛土地盤で生じた地すべり災害の事例を表3にまとめた。

②一方液状化による被害は、湿原ないし海岸などともとも軟弱で水の多い場所を埋め立てた箇所でも多く発生している。これはこれらの地域では地下水が常時かなり高いこと、軟弱な地盤で大きな地震動を受けやすいことが要因として考えられる。

2. 自然斜面における地すべり・斜面崩壊による被害は軽微であった

1974年の伊豆半島沖地震、1978年の伊豆大島近海地震、1984年の長野県西部地震など震度6を越えるような地震に際しては、自然斜面において地すべり・崩壊・落石などが多数発生し、大きな災害をもたらしてきた。今回の強震記録では、最大加速度が900galを超えており、これまでの例から考えても自然斜面で多数の地すべり・斜面崩壊が起きてもおかしくはない。しかし釧路沖地震では、災害を引き起こすような顕著な地盤変動は自然斜面においてほとんど見られなかった。

自然斜面で地すべり・崩壊による顕著な災害が生じた理由としては、1)釧路周辺地域は起伏量が小さく、地震で崩れやすい急な自然斜面は少なかった。2)いくつか発生した場所でも、海岸部や山間部丘陵地など人が住んでいない場所のため被害が生じなかった。3)不安定な状態にあった自然斜面は過去の地震によって一旦崩れてしまっており、他の斜面でも、釧路周辺の寒冷・小雨の気候条件では風化・侵食作用は弱く、長期的な不安定化がさほど進んでいなかったためと考えられる。斜面の安

表3 盛土地盤において発生した地震時地すべり一覧

Table 3 List of Landslides on manmade slopes caused by earthquakes in Japan.

地震名	地すべり地点	変動状況	変動量 土量	元の地形条件	盛土材	造成年代	推定 震度	備考
十勝沖地震	札幌清田団地	亀裂・沈下		火砕台地の沢	火山灰軽石	S34頃～	4	
十勝沖地震	札幌厚別別荘地区	亀裂・沈下		台地北端、池	火山灰質土	S34～	4	
十勝沖地震	青森剣吉中学校	盛土崩壊→流動	1000m ³	谷地形	凝灰質砂		5	生徒死亡4
宮城県沖	緑ヶ丘1丁目	亀裂・変状		傾斜地		S32～33	5	逆転型盛土
宮城県沖	緑ヶ丘3丁目	亀裂・変状		傾斜地の沢		S36～37	5	〃
宮城県沖	寿山団地	すべり	13万m ³	幅広谷・溜池	軽石凝灰岩	S47～50	5	宅地分譲前
宮城県沖	東北少年院	?					5	
宮城県沖	古川市山田分校	?					5	
宮城県沖	岩出山町上山里	土石流/泥流	800m ³	開田地	火山噴出物		5	
千葉県東方	長南中学グランド	亀裂・末端隆起	1000m ³	谷田				噴砂を伴う
釧路沖地震	緑ヶ岡6丁目	すべり	6500m ³	段丘を切る谷	火砕流	S42年頃	6	
釧路沖地震	材木町18番	盛土すべり	300m ³	段丘を切る谷		S44年	6	急傾斜地
釧路沖地震	武佐団地保育所	道路崩落	200m ³	段丘を切る谷			6	
釧路沖地震	国道44号糸魚沢	路肩流動すべり	6000m ³	湿原			5	片切片盛
釧路沖地震	国道38号馬主来	盛土円弧すべり	4000m ³	丘陵斜面の谷				
釧路沖地震	国道391号鳥通	盛土流動すべり	300m ³	谷の源頭部				
釧路沖地震	茅沼団地	盛土すべり	3万m ³	湿原	火山砂質土	S60年		
北海道東方	中標津東11条	盛土すべり・亀裂		台地の縁			5	
北海道東方	中標津造成地	盛土すべり	1000m ³	谷の出口		地震直前	5	
兵庫県南部	西宮市高塚町	地すべり・変状					6	
兵庫県南部	西宮市豊楽町	亀裂・変状		浅い谷			6	
兵庫県南部	西宮市仁川	高速すべり		段丘崖	花崗岩ほか		6	
兵庫県南部	宝塚ゴルフ場	高速すべり		丘陵内の谷			6	
兵庫県南部	宝塚高校	亀裂・段差		川沿いの丘陵			6	
兵庫県南部	西岡本6丁目	崩壊・亀裂					6	

定条件が変化したのは人工的な改変が行なわれた斜面の方が多かった。4) 厳冬期のため地表が凍結によって強固に固められていたため、表層崩壊が起きにくかった。5) 釧路沖震源が107 kmと深いために、マグニチュードの割には断層破壊面が小さく、地震の震動時間が約30秒と短かったこと。また卓越周期が短周期であったために、大きな加速度の割には振幅が小さかった点などによって、地すべり・崩壊を引き起こしにくかったことも考えられる。このため観測されたマグニチュードや加速度が大きい割には大規模な土砂災害が生じにくかったのではないかと考えられる。

3. 地面の凍結の影響が見られた

地震が発生した1月15日頃は北海道の厳冬期で、積雪の少ない釧路では地表付近が凍結を起こし厚い凍土層を形成していた。このためガス管の補修は困難をきわめたが、地盤災害にたいしても何らかの影響があったと考えられる。

釧路地域での凍結指数は800～1000に達するとされる。積雪がない場合は凍結指数の平方根の3～6倍の深さ(cm)まで凍結するとされているが、これを単純に当て嵌めると釧路付近では、地下90～180 cmあたりまで凍結していた可能性がある。凍結は12月頃から始まり、地震のあった1月中旬ではほぼピークの深さに達していたと推定される。新聞によるとガス管の補修に当たった作業員の話として、凍結した土はコンクリートのように固

かったと言う。この様に固く凍土した土層が地表面から1～2 mの深さまで形成されておれば、斜面での表層崩壊は起こりにくくなると考えられる。5章で述べた崩壊斜面はいずれも数m程度の厚さの滑りで凍結深より深いところで滑りを生じている。表層部の凍結によって地すべり・崩壊が起きた場所でもその運動形態に影響を与えた可能性も考えられる。移動距離についても凍結のなかった場合より短縮された可能性がある。

地盤の液状化については、通常は1～2 m程度と推定される凍結深度より深い所で生じているため、液状化自体はさほど影響を受けていないと思われるが、釧路港での噴砂現象はその後に起きた北海道東方沖地震に比べると小規模であったことから、地表への噴砂現象に関しては影響した可能性がある。

表層地盤が凍結した場合には一時的に弾性波速度が早くなると考えられるが、このことが地震波の挙動や地表への地震動の伝搬にどのような影響を与えたかについては十分に検討されてはいない。

4月初め頃より、道路などでは新たに亀裂を生じたり、陥没が進む箇所が増加してきた。これは凍結が緩むことにより、それまで表面に現れなかった地下での地盤破壊などが表面化したためと考えられる。凍土期の地震災害については余り調査事例がなく、今後検討する余地があると思われる。

7. 地震による地盤災害に対する今後の課題

釧路沖地震では震度6にもかかわらず、幸いにして地盤災害による死者は出なかった。しかし住宅の倒壊、道路の長期間不通など深刻な被害が多数生じた。

人口の集中度や都市の規模が異なるとはいえ、関東・東海地方をはじめ都市域での地震時の地盤災害に対する対策を考えるうえでも共通する問題が浮き彫りにされた。今回の釧路地震の被害から、今後発生が予想される関東・東海地域をはじめ都市域周辺での地震防災へのいくつかの教訓を引き出すことができるだろう。

1. 宅地造成

近年都市およびその周辺では、丘陵地を切り崩した宅地造成、低湿地への埋め立て、盛土上への道路・鉄道の建設などが盛んに行なわれている。建物・構造物自体の耐震性の評価や建築規制については法的・行政的な整備はかなりの水準にあり、かなりの耐震性を有していると考えられる。しかし地盤、特に一般住宅の地盤については十分とは言えない。翌年に起きた北海道東方沖地震の際にも、盛土された地盤が地すべりを起こし建物は大きく傾いたが、建物自体には何の損傷も生じていない事例が見られた(箕輪ら, 1995)。建物の耐震性が十分でも、その土台の地盤が崩れては文字通り砂上の楼閣となってしまう。

そのため宅地等を盛土によって造成する場合はその耐震性に充分配慮して施工する必要がある。とりわけ軟弱地盤上での造成や谷地形を埋めて造成する場合には元の地盤を含めてきちんとした対策を施す必要がある(宮城県, 1980)。また造成方法の適性化・造成基準の確立とそれを保障する行政の指導・監視体制を確立する必要がある。さらに盛土地盤での造成地の土地利用に関しては、縁辺部や谷埋部を緑地・公園にするなど地盤変動が起きても実害が生じないような配慮を行なうべきであろう。

今後、釧路沖地震災害を教訓にして地震時の地盤災害を防ぐため宅地造成のあり方、軟弱な土地での埋立のあり方等についてさらに一層検討する必要があるだろう。

既存の盛土地盤の耐震性を評価するについては、直接見えない部分だけに検証が難しく費用もかかる。既に住宅が立ち並んでいるところでは、対策も制限される。まず住宅の地盤がどのような場所に造成されたのか古い地形図で確認する必要がある。その上で地下探査手法など地盤が地震によってどのような変状が起きるのか、それを防ぐためにはどのような対策が必要かを検証する必要があるだろう。

2. 道路・鉄道の被害

道路および鉄道の被害も釧路沖地震の災害の中で顕著であった。道路の場合、古い時代に建設された曲がりくねった路線での被害が少ないのに対し、車の通行に便利のように直線的に建設された箇所での被害が目立った。前者は道路を作るのにさほど改変を要しないルートを選んで作られたのに対し、後者は通行の利便性のためいろいろな地盤条件のところを切り盛りして通すルートになったために、盛土箇所など地盤条件の悪いところで被害

が発生したものである。ただ道路の場合は軽微な損壊に対しては応急措置で車の通行は確保されるので、全体がすべったり大きく崩れることのない最小限の被害で済むように配慮した施工が必要であろう。道路は地震災害からの復旧のためにも不可欠であるので代替道路のないような重要な路線は最小限の被害で留まるような対策が必要である。

3. ライフラインの確保

都市生活においては生命線とも言えるライフラインを地震時にも確保し、破損した箇所も早急に復旧させる体制の確立が必要である。そのためには第一に耐震性に優れたポリエチレン管の採用などライフラインの耐震性の向上を図る必要がある。同時に、通過ルートの選定、ルートの複線化などその一部が破損を受けた場合にも供給が停止しないような対策を行なう必要がある。同時に地下の埋設管のどういう箇所に損傷が起きやすく、その復旧を迅速に行なうのはどうすればいいかなどについても、あらかじめ対応策を考えておく必要があるだろう。

4. 液状化対策

広範な地域での液状化対策の必要性が再認識された。特に釧路沖地震では人工的な地盤での液状化が顕著であったことから、施工する際に液状化対策を講じておく必要性が痛感される。港湾など対策が実施されていたところは、比較的軽微な被害ですんだことから、今後より広範囲に液状化対策を行なう必要がある。

8. まとめ

釧路沖地震によって生じた地盤災害は、地すべり・崩壊、液状化とともに盛土や埋め立てなど人工地盤に発生したものがほとんどであった。

地すべりは釧路段丘周辺の縁辺部に多く発生しており、それらは谷地形を埋めた盛土の部分であった。また湿原に張り出して埋め立てた部分での地すべりも生じた。自然斜面の地すべり・斜面崩壊も見られたが、規模は小さくそれによる被害は余り生じなかった。港湾・住宅・下水道などで液状化による多数の被害が生じているが、いずれも埋め立てないし埋め戻した場所で発生している。

釧路沖地震は釧路市に近いところに震源を持ち、液状化・ライフラインの被害など都市型の被害が目立ったことから、都市型災害の側面が大きいといえる。地震の際にはこれまでも指摘されていたことではあるが、都市域に発生する地震災害について改めて問題が浮き彫りにされた。釧路市は面積215 km²、人口20万人で都市としてはさほどの過密・集中状態にはない。関東・東海地方をはじめとした都市周辺では釧路市よりも大がかりに都市開発・住宅開発に伴う様々な造成・工事が行なわれていることから、同程度の地震であってもより深刻な被害を生じると予測される。今回の釧路沖地震での地盤災害を教訓にして今までの地震対策を見直し、今後の地震に備えて行く必要があるだろう。

謝辞

釧路沖地震の現地被害状況調査にあたっては、釧路支庁、北海道開発庁、釧路地方気象台など多くの方々に便宜を図って頂いた。また、北海道立地下資源調査所の山岸宏光環境地質部長並びに田近 淳の両氏には調査に先立ち現地の情報等を提供して頂いた。さらに防災科学技術研究所の大谷圭一防災総合研究部長、藤原広行・福山英一両主任研究官には主要災害調査に同行して頂いた。以上の方々にこの場を借りて感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 雨宮和夫・田近 淳・中村 研・英 弘・横田 寛・若山茂(1993)：1993年釧路沖地震と山地災害。第32回地すべり学会研究発表講演集，449-452.
- 2) 北海道立地下資源調査所(1994)：1993年釧路沖地震による地盤現象と災害。地下資源調査所調査報告，No. 23, 105pp.
- 3) 井口 隆(1995)：谷埋め盛土地盤における地震時地すべりの事例と若干の考察。兵庫県南部地震等に伴う地すべり・斜面崩壊研究報告書，地すべり学会，101-117.
- 4) 鏡味洋史(1993)：1993年釧路沖地震による被害の調査研究。文部省科研費突発災害調査研究成果 1993年釧路沖地震による被害の調査研究(No. B-4-5)。
- 5) 蒲原潤一・中村良光・寺田秀樹・大浦二郎・下村博之(1993)：平成5年釧路沖地震によって発生した斜面崩壊について。新砂防，Vol. 41, 60-63.
- 6) 建設省土木研究所(1983)：1978年宮城県沖地震災害調査報告。土木研究所報告，Vol. 159.
- 7) 釧路市釧路沖地震記録書作成委員会(1993)：平成5年(1993)釧路沖地震記録書。378pp.
- 8) 湊 正雄・魚住 悟・本庄 丕・熊野純男・藤原嘉樹ほか(1967)：釧路原野及び周辺の第四系。北海道における特異地盤に対する地震緊急対策に関する研究，第2編，北海道地震災害研究グループ。
- 9) 三浦均也・西村右敏・吉田 望・鷺尾朝昭・高原利幸・前田健一(1994)：1993年釧路沖地震における標茶地区宅地造成盛土の崩壊。土質工学会北海道支部技術報告集，No. 34, 38-47.
- 10) 箕輪親宏・井口 隆・宮本 誠・香川崇章・阿部秋男(1995)：1994年北海道東方沖地震災害調査報告。主要災害調査第33号，防災科学技術研究所，63pp.
- 11) 宮城県(1980)：78宮城県沖地震災害の教訓＝実態と課題＝408pp.
- 12) 西川純一・高橋光昭(1993)：1993年釧路沖地震における道路・鉄道・河川堤防の被害。土と基礎，Vol. 41, No. 425, pp. 11-20.
- 13) 岡崎由夫(1966)：釧路の地質，釧路叢書，338pp.
- 14) 岡崎由夫(1993)：釧路沖地震―地盤地質と被害，Borealopithecus, No145, 2-14.
- 15) 酒井良男(1966)：釧路地区の地質と地盤性状について。北海道における特異地盤に対する地震緊急対策に関する研究，第1編，北海道地震災害研究グループ，93-111.
- 16) 陶野郁雄・安田 進(1994)：地震時の液状化による地盤災害。学術月報，Vol. 47, No. 6, 626-634.
- 17) 東北大学理学部地質学古生物学教室(1979)：1978年宮城県沖地震に伴う地盤現象と災害について。東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告，No. 80.
- 18) 魚住 悟・湊 正雄・藤原嘉樹・熊野純男・箕浦名知男ほか(1967)：いわゆる釧路統の層序について。釧路周辺地質図。北海道における特異地盤に対する地震緊急対策に関する研究，第2編，北海道地震災害研究グループ，11-12.
- 19) 山下正良・斎藤和男・稲 直美・小西 彰(1993)：1993年釧路沖地震における住宅地およびライフラインの被害。土と基礎，41-6, 21-26.
- 20) 柳沢栄司・菅野高弘・村山良之(1993)：1993年釧路沖地震による地盤災害。文部省科学研究費突発災害研究成果 1993年釧路沖地震による被害の調査研究，75-85.

(原稿受理：1998年9月24日)

要 旨

1993年1月15日に釧路市の沖の海底にM7.8の地震が発生した。この地震によって釧路市で震度6が記録され、さらに北海道各地で大きな地震動を感じた。特に釧路気象台では大きな加速度が観測された。この地震によって、釧路市とその周辺では道路・住宅・港湾・ライフラインに大きな被害を生じた。この地震による地盤災害の発生状況の調査に基づき、都市域における地震時の地盤災害の特徴について報告する。

釧路沖地震によって生じた地盤災害は、地盤が地すべりを起こした災害事例と、地盤の液状化によって生じた災害事例の二つがあった。この二つの地盤変状は埋め立てや盛土など人工的に造成された地盤において生じた。地すべりは谷を埋めて造成した斜面上に生じた事例が多い。自然斜面にも地すべりと崩壊が生じたが、その災害は軽微であった。また釧路沖地震は厳冬期に起きたため、地盤の凍結によって地盤災害の起こり方が通常とは異なっていた可能性がある。

地震時の地盤災害を軽減するためには、盛土や埋め立ての施工にあたってはその場所に応じた対策を講じておく必要がある。それと同時に土地利用のあり方にも配慮を要する。

キーワード：地盤災害，地震災害，地すべり，液状化，釧路市