

1994年北海道東方沖地震によるランドスライド* —知床半島における事例—

伊藤 陽司**

(平成7年9月8日受理)

Landslides induced by the 1994 Hokkaido Toho-oki Earthquake in the Shiretoko Peninsula, East Hokkaido, Japan

Yoji ITO

Abstract

A severe earthquake with magnitude of 8.1 struck East Hokkaido at 22.23 hrs on Oct. 4, 1994. According to the Japan Meteorological Agency (JMA), the epicenter was located at latitude 43.67°N and longitude 147.36°E, and the depth of hypocenter was 30 Km. In the Shiretoko Peninsula, which is situated at a distance of 210 to 240 Km from the epicenter, a reading of 5 on the JMA seismic intensity scale was recorded and some landslides were triggered by the earthquake. Moreover, phenomena likely triggered by subsolifluctions were reported. Landslides triggered by the earthquake are recognized as of three types: rock falls, debris avalanches and surface-soil slides. Rock falls and debris avalanches occurred from sea-cliffs and old landslide scarps of Quaternary volcanic rocks, and surface-soil slides from steep talus slopes, river terrace scarps and steep artificial slopes of unconsolidated materials.

1. ま え が き

1994年10月4日午後10時23分、根室半島納沙布岬の東方約150km(北緯43°22′, 東経147°40′), 深さ約30kmを震源とするマグニチュード8.1の巨大地震(10月5日, 1994年北海道東方沖地震と命名された)が発生した。最大震度は釧路・厚岸でのVI(烈震)で、根室・中標津・足寄・広尾・浦河・知床半島の羅臼ではV(強震)を、そして網走・帯広・苫小牧などではIV(中震)を記録した。

知床半島はオホーツク海に突き出た長さ約65km・面積約100,000haの半島で、その軸上には標高1,000m以上の第四紀火山体が連なり、そして海岸線の大半は比高20~150mの海食崖や急斜面となっているなど全域的に急峻な地形を呈する。また、半島は北海道でも有数のランドスライド地形が集中する地域であり(山岸編, 1993; 山岸・伊藤, 1993; Yamagishi and Ito, 1994), 比高の大きな滑落崖の後背斜面には新たな滑動の要因となるクラック地形が存在することもある(伊

* 1995年地すべり学会北海道支部研究発表会にて発表

**北見工業大学工学部土木開発工学科

藤, 1994)。したがって, 知床半島は急速な融雪, 豪雨, 長雨や地震によってランドスライドが発生しやすい地形・地質環境下にあると言えます, 地震発生当初, これによるランドスライドの多発が懸念された。

地震発生後, 知床半島内の国道334号, 国道335号, 国道244号および道道736号知床公園羅臼線に沿う斜面の調査を, そして地震直後から落石のため交通規制され, そのまま冬季通行止めとなった道道892号知床公園線沿いの斜面や道路のない半島の山地・海岸地域についてはセスナ機をチャーターして空からの調査を行った。さらに, 翌1995年の融雪期から9月までの間, 数回にわたって主要な道路沿いの斜面や崖の現況調査を行った。

本文では知床半島において1994年北海道東方沖地震によって発生したランドスライドの事例を報告し, それらの特徴のいくつかをまとめるとともに今後の防災上の留意点を述べる。

2. 地震によるランドスライド

知床半島では本震や後の余震によって以下のようなランドスライドが発生したり, 発生 of 危険性が生じた (Fig. 1)。幸いにも人命を失う重大な災害には至らなかったが, 路上の落石に乗用車が衝突し, 同乗者が重傷を負った事故や落石によって番屋の壁が損壊した事例をはじめ, 一時的な通行止めや長期間の交通規制など地域住民の生活に大きな影響を与えたものがあつた。

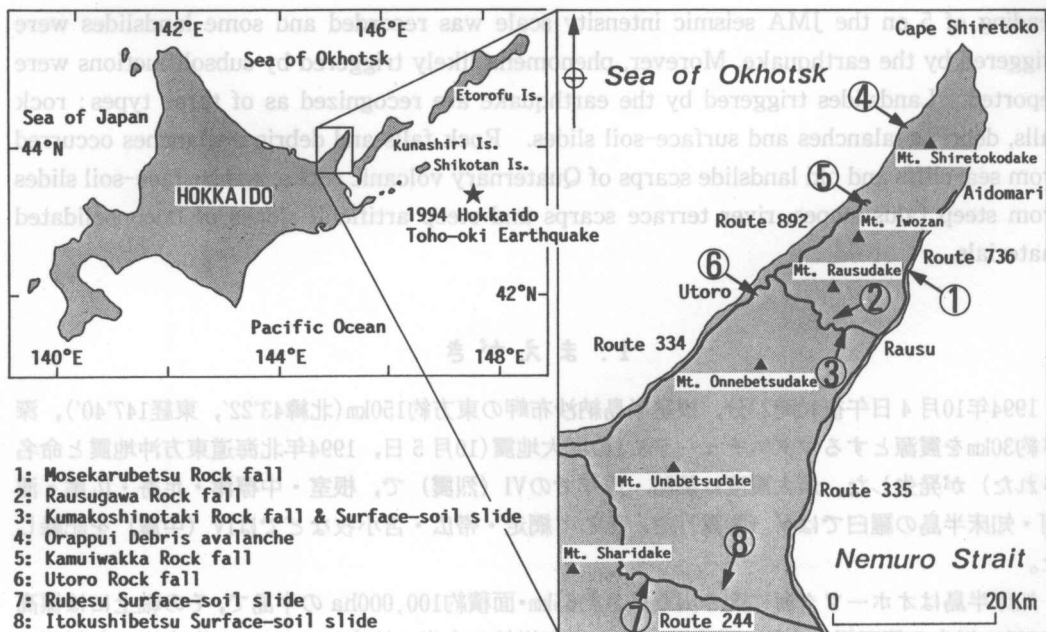


Fig. 1 Maps showing location of the epicenter of the Hokkaido Toho-oki earthquake on Oct. 4, 1994, and locations of the landslides induced by the earthquake in the Shiretoko Peninsula.

(1)第一モセカルベツ覆道, 亀裂発生・岩石崩落 (Fig. 1①): 道道736号第一モセカルベツ覆道直上の崖に亀裂が発生し, 崖の一部が小規模に崩落した。落石の直撃を受けた覆道天盤が小規模に

陥没したものの通行には支障はなかった。しかし、11月24日の余震によって崖の亀裂が拡大し、大規模な崩落の危険性が生じたため11月25日から通行止めとなり知床岬側の141世帯、529人が取り残される形となった(1994年11月26日付北海道新聞)。同道路は羅臼町市街から知床岬側へ通じる唯一の生活道路であり早期開通が求められた。崩落箇所は海食崖の、やや突出した崖の側部で(Fig. 2)、脊梁から海岸まで広がる第四紀安山岩溶岩流の末端にあたる。

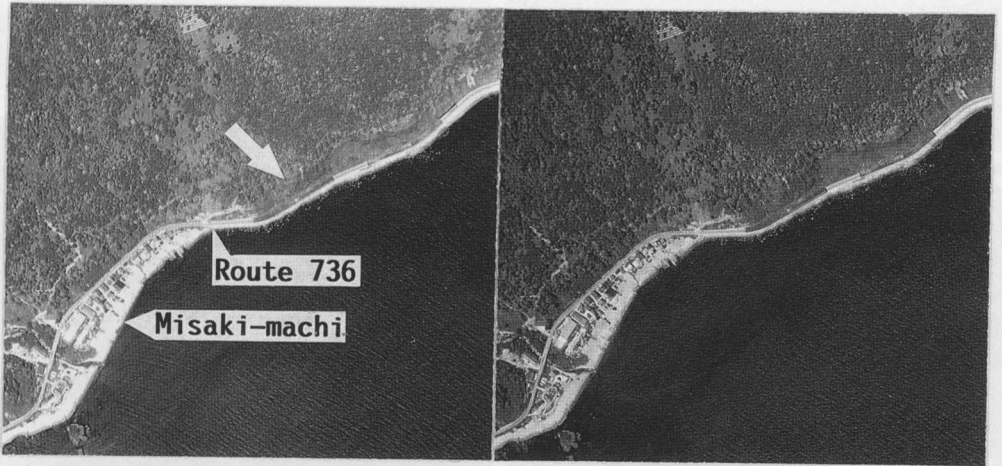


Fig. 2 Stereopair aerial photographs (93-31 C7-10, 11) of Mosekarubetsu Coast. Arrow shows location of rock fall and cracking.

釧路土木現業所は12月2日から不安定岩体処理のための爆破作業などを行い、19日間にもわたる交通規制は12月13日に解除された(1994年12月3日, 12月13日付北海道新聞)。しかし、現在でも覆道付近の崖面には亀裂が多数見られ(Fig. 3A), 防災上、抜本的な対策が必要であろう。

(2)羅臼川上流, 岩石崩落(Fig. 1②): 1980年撮影の空中写真(山-920 C2-17, 18)から植生を欠く円弧状の滑落崖と滑動地塊頭部の山側にやや傾斜した原地表面を特徴とする岩盤スランプ地形が判読される斜面上で、地震後の調査時に、周囲の露岩が風化して淡褐色を呈するのに対して滑動地塊内に白色～淡灰色を呈する非常に新鮮な露出が見られた(Fig. 3B)。地震によって厚層をなす滑動地塊の頭部が崩落したものであると思われる。滑落崖や滑動地塊内には亀裂が発達しており、急速な融雪や豪雨によって再び滑動することが懸念される。

(3)熊越の滝, 岩石崩落・表層滑落(Fig. 1③): 国道334号熊越の滝付近で、幅50m・高さ10~20mにわたって崖から直径1mの岩塊を含む岩石～岩屑が崩落したり、傾斜40°の斜面表層が滑落した(Fig. 3C)。崩落箇所は国道334号の覆道に近接していたが、岩塊や岩屑は林道側へ崩落したため直接的な被害はなかった。崩落斜面は中新世の火砕岩層とこれを覆う第四紀の安山岩質火砕流堆積物からなり、空中写真(1980年撮影 山-920 C2-16,17)から判読される小規模崩壊の滑落崖と崩落岩屑からなる崖錐斜面にあたる。今回の地震によって崩落～滑落した岩屑のほとんどは傾斜40°の斜面上にあり、融雪期や豪雨時に再び滑落することが懸念される。現に、融雪期に小規模に滑動したようで、岩屑が雪面を覆っていた。

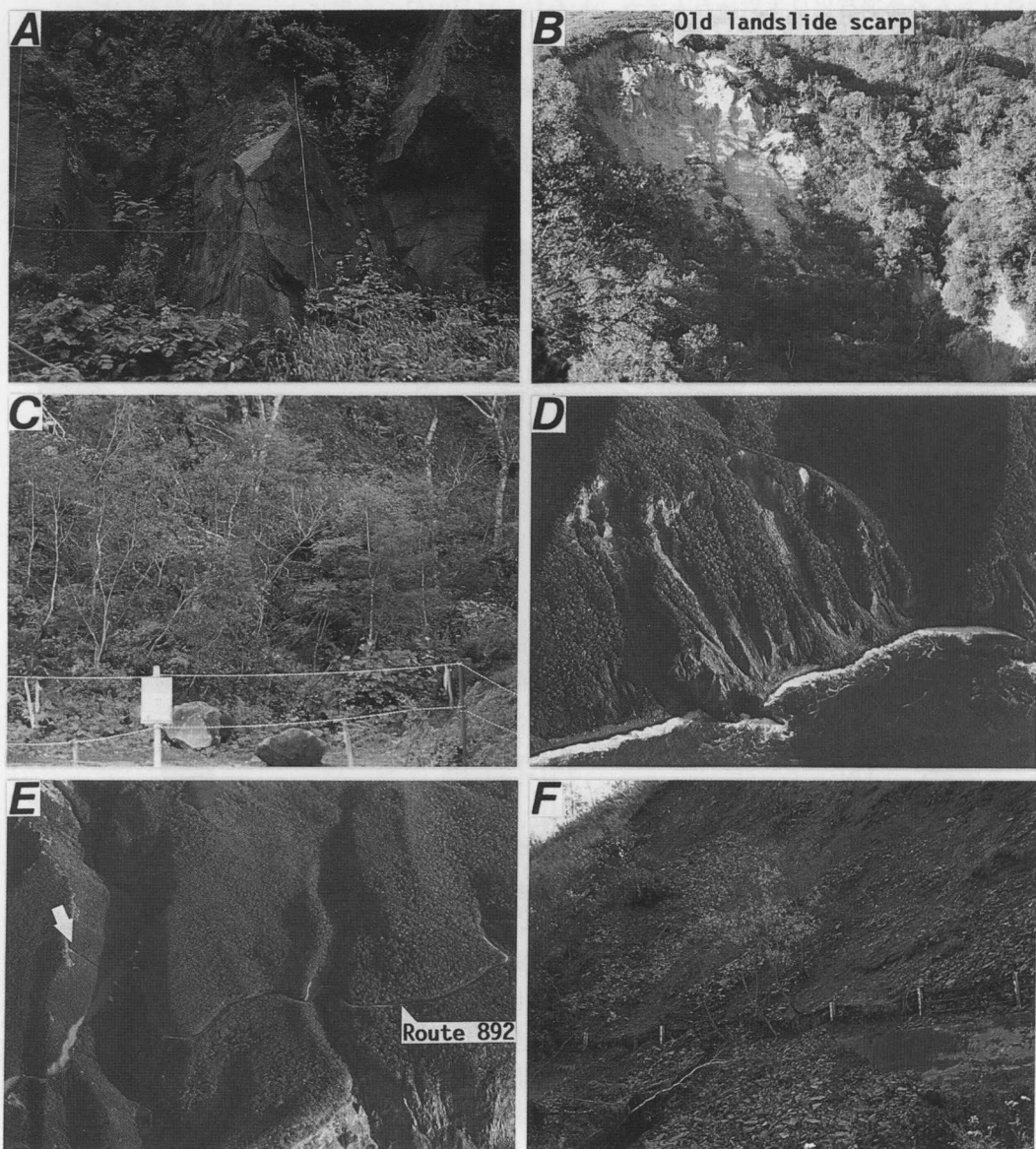


Fig. 3 Landslides induced by the 1994 Hokkaido Toho-oki earthquake.

A: Photograph of cracking near No. 1 Mosekarubetsu rock shelter, B: Photograph of the Rausugawa rock fall, partial removal of older sliding mass, C: Photograph of the Kumakoshinotaki rock fall and surface-soil slide, D: Oblique aerial photograph of the Orappui debris avalanches, viewed from northwest, E: Oblique aerial photograph of the Kamuiwakka rock fall (arrow), viewed from northwest, F: Photograph of the Rubesu surface-soil slide.

(4)オラップイ海岸, 岩石崩落～岩屑なだれ (Fig. 1④): 航空機による調査時に, 海岸に沿う比高400m・傾斜42°の急斜面に4箇所の岩石崩落を認めた (Fig. 3D)。1983年撮影の空中写真 (83-32 C3-38～40) の判読では露岩状態の滑落崖とその直下から海岸まで長く伸びる岩屑なだれ地形が見られ, 崩落岩屑のうちbおよびcブロックでは裸地状となっているが, aおよびdブロックでは植生が回復している (Fig. 4A)。1993年撮影の空中写真 (93-31 C2-28～30) の判読ではcブロックでも植生が幾分回復し, 裸地が縮小しているのが分かる (Fig. 4B)。地震後では, a, cおよびdブロックの滑落崖は非常に新鮮な露出を示し, 崩落岩屑内の裸地も拡大しており (Figs. 3D, 4C), 滑落崖の露岩とその直下の岩屑の一部がなだれ状に崩落したと思われる。

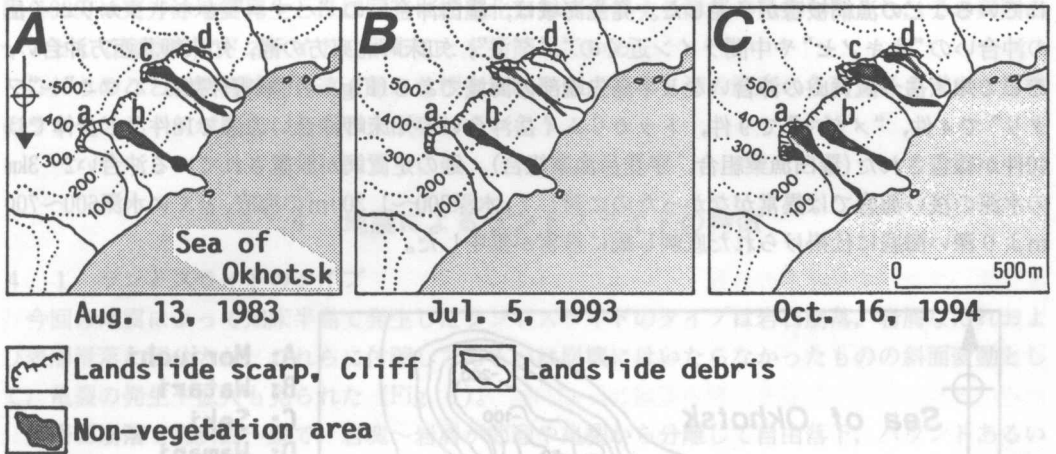


Fig. 4 Interpretation maps through the aerial photographs of the Orappui debris avalanches.

(5)カムイワッカ, 岩石崩落・亀裂発生 (Fig. 1⑤): 航空機による調査時に, 道道892号知床公園線カムイワッカの比高110mの岩塔状の尾根から道路までの斜面に, 長さ約160m・幅約5mにわたって一直線状に斜面の樹木がなぎ倒されているのを認めた (Fig. 3E)。これは, その尾根から推定170トンの岩塊が崩落したためで, さらに, 尾根には推定300トンの岩塊が不安定な状態でせり出した (1994年11月11日付北海道新聞)。崩落箇所は“温泉の川, カムイワッカ”として知床観光の名所であり, 観光シーズン中は交通量も多く, また, 国立公園内ということから網走土木現業所は雪解け以降の対応に苦慮していたが, 1995年春, 崩落の危険性がある巨岩を膨張破砕剤を使って分割し, 岩塊を道路まで降ろして撤去した (1995年5月21日付北海道新聞)。この岩石崩落と不安定岩塊処理のため, 道路は地震直後から1995年6月末まで通行止めとなった。

(6)斜里町宇登呂, 岩石崩落 (Fig. 1⑥): 宇登呂市街の国道334号に沿う崖が小規模に崩落し, 番屋の壁が損壊した。また, 路上の径1.5mの落石に乗用車が衝突し, 同乗者が重傷を負った (1994年10月5日付北海道新聞)。崩落箇所はハイアロクラスタイトや火山角礫岩からなる比高50m・傾斜45°の海食崖で, 周囲の崖面からやや突出した部分である。

(7)標津町瑠辺, 表層滑落 (Fig. 1⑦): 国道244号に沿う比高20mの切り土法面で幅20mにわたって表土と軽石凝灰岩風化部が滑落し, その一部は防護フェンスを破損し, 道路近くまで達した (Fig. 3F)。法面脚部にはコンクリート擁壁が設置されており, また, 道路との間に十分なスペースが確保されていたため交通に直接的な影響はなかった。

(8)標津町糸櫛別, 表層滑落 (Fig. 1⑧): 忠類川中流部の比高5~8mの河成段丘崖に幅数m~10mの規模の表層滑落が数箇所見られた。滑落の程度は崖面に移動体の大半が残っているものからおおきく滑落して移動体が崖脚部に集積しているものまでである。

3. 底刺し網被害, 海底ランドスライドの発生

前述の陸上でのランドスライド発生に加え, 海域では地震に伴う海底ランドスライドによると思われる現象が報道された(1994年10月15日付北海道新聞)。それによれば, 地震直後から知床半島沖合の海底に仕掛けられていたキンキヤカレイの底刺し網が大量に無くなったり, 半分にちぎれているなどの漁網被害が多発した。発生海域は, 羅臼沖合いの“ハマニ”からトッカリムイ岳の沖合いの“オキノセ”や中間ライン近くの“メダマ”, 知床岬北東方の瀬, 知床岬北西方沖合い, そして知床岳~硫黄山の沖合いなど半島先端部の海域である (Fig. 5)。被害件数は“ハマニ”~“ワタリ”で4件, “メダマ”で9件, トッカリムイ岳沖合い~知床岬沖合いの瀬で18件など全体では40件が報告された(羅臼漁業組合, 宇登呂漁業組合)。鮭の定置網が設置されている沖合い2~3kmの水深の浅い海底では異常がなかったのに対して, 水深200~1,300mの海底, とくに水深600~700mより深い海底に仕掛けられた底刺し網に被害が集中した。

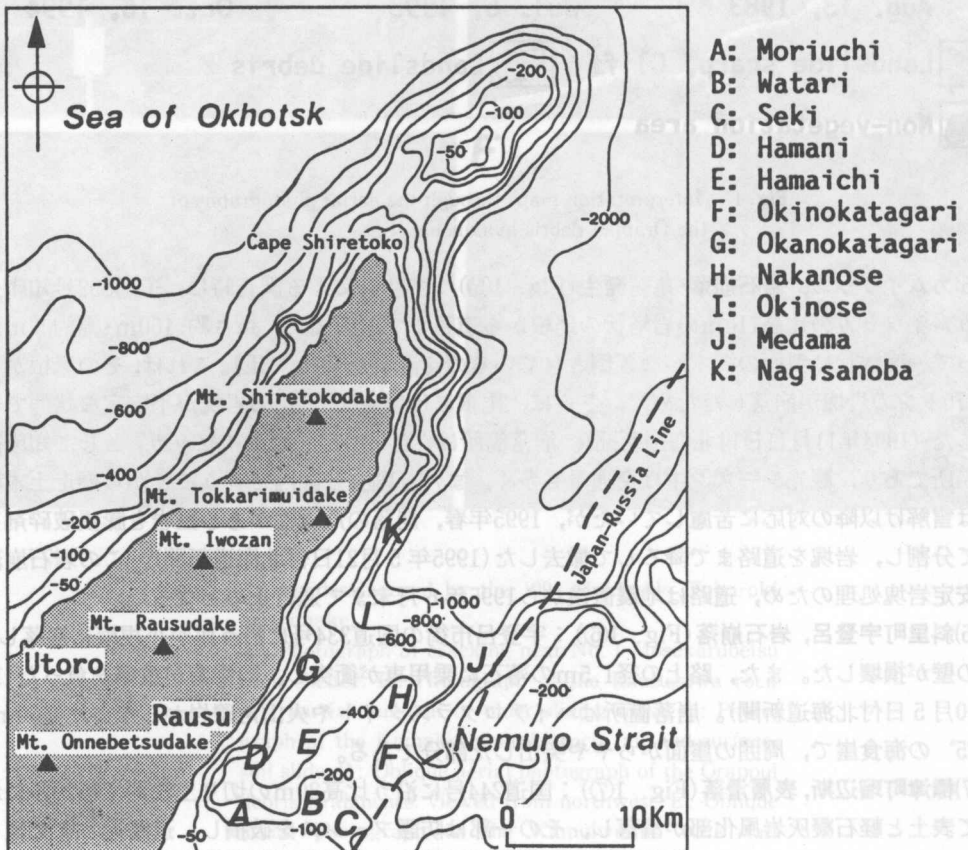


Fig. 5 Bathymetric chart of northeast Shiretoko Peninsula.

現在までのところ半島沖合いでの海底調査は行われておらず確認は困難であるが、漁業者によれば「魚群探知機でいつも見慣れている海底のなだらかな斜面であったところが崩れて階段状の地形になっている」、「斜面途中の平坦な部分が崩れてなくなっている」、「ちぎれた網を引き揚げるとき泥の中からスポッと抜き出たような感じがした」、「引き揚げた網やおもりにヘドロ状のものが付いていた」、「いままで台風でも底刺し網が無くなることはなかった」などのことから、漁網被害は地震によって“かたがれ”（海底ランドスライド）が発生したことによるものだという。

また、地震に伴ってオホーツク海沿岸および太平洋沿岸で津波が観測されたが、オホーツク海沿岸の宇登呂、網走、枝幸および稚内では地震津波の波源域から伝播してきたとするには第一波の到着時刻が早過ぎる津波が観測されている（荒井・都司，1995；中村・岡田，1995）。中村・岡田（1995）は東方沖地震発生とほぼ同時に網走北方を波源とする津波が発生したとし、その要因の一つとして海底ランドスライドによることを指摘している。

これらのことは震源域から遠く離れた根室海峡やオホーツク海の海底の各所でさまざまな規模のランドスライドが発生したことを示唆していよう。

4. 地震によるランドスライドの特徴

4.1 ランドスライドのタイプ

今回の地震によって知床半島で発生したランドスライドのタイプは岩石崩落、岩屑なだれおよび表層滑落到に区分され、これらに付随してあるいは崩壊にはいたらなかったものの斜面変動として、亀裂の発生や拡大も見られた（Fig. 6）。

(1)岩石崩落：急斜面～崖で、岩塊～岩屑が節理や亀裂から分離して自由落下，バウンドあるいは回転して落ちたもの（Fig. 6A）。崩壊源は海食崖の上部，周囲の崖面から突出した部分，オーバーハング部や古い滑落崖，そしてこれら崖の直下の急傾斜の崖錐斜面である。

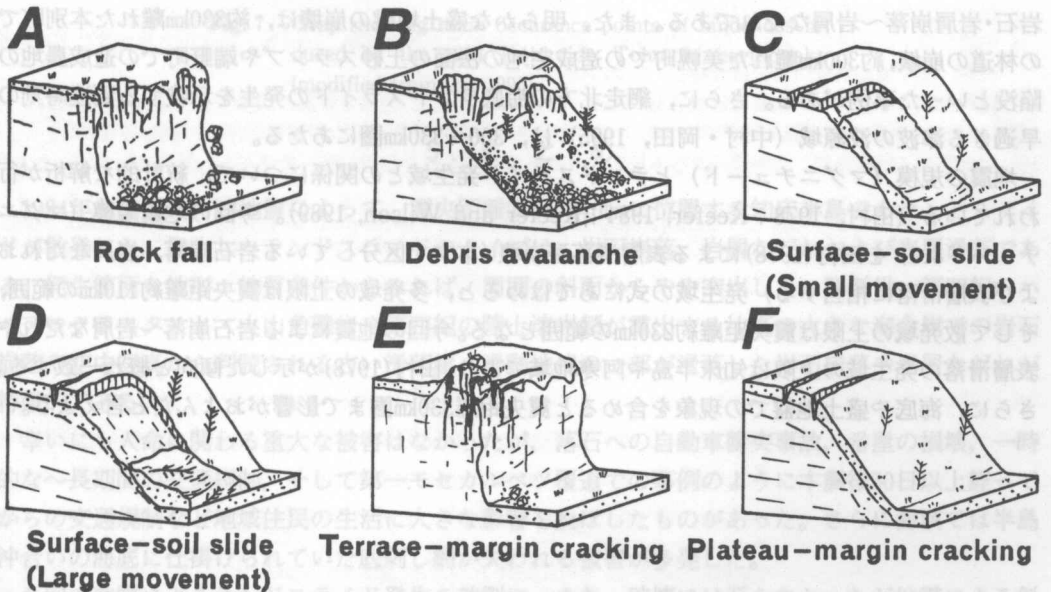


Fig. 6 Landslide patterns induced by the 1994 Hokkaido Toho-oki earthquake.

(2)岩屑なだれ：岩石崩落の崩壊源となった崖や急斜面の直下が斜面長の長い傾斜 40° ほどの斜面である場合に、崩落した岩塊や岩屑がその斜面上を崩れ落ちたもの(Fig. 6B)。

(3)表層滑落：台地縁辺の急斜面での亀裂発生によって、土壌と岩盤の強風化部からなる厚さ数10cm～数mの薄層が分離し、滑落したもの。滑落の程度は移動量が小さく、移動体のほとんどが斜面内にあるもの(Fig. 6C)から大きく移動して斜面脚部に岩屑が集積したもの(Fig. 6D)まである。河成段丘崖、切土斜面や崖直下の崖錐斜面で発生した。

(4)亀裂の発生・拡大：海食崖背後の緩斜面や岩塔状の尾根に形成されたり(Fig. 6E)、緩斜面から急斜面に変わる傾斜遷急線に沿って形成され(Fig. 6F)、岩塊や表層岩屑が不安定な状態になったり一部は小規模に崩落した。また、本震によって形成された亀裂が余震によって拡大し、崩落の危険性が増大した事例もあった。

Keefe(1984)は1811年から1980年までの間に世界各地で発生した地震40例に伴うランドスライドを総括し、地震によるランドスライドを14のタイプに区分し、そのうちRock fall(岩石崩落)が最も多く、次いでDisrupted soil slide(崩壊型表層滑落)やRock slide(岩盤すべり)も多発しているとした。今回の地震によって半島内で発生したランドスライドのタイプも同様の傾向であり、岩石崩落や表層滑落、そして岩石崩落箇所の地形条件によっては岩屑なだれが発生した。

4.2 ランドスライドの分布

震央距離210～240kmに位置する知床半島では前述のように地震によって岩石崩落、岩屑なだれや表層滑落が散発した(Fig. 7)。根室海峡～オホーツク海での海底ランドスライドによると思われる漁網被害の発生海域も、震央距離200～230kmの位置にあたる。また、国後島南西部の根室海峡側には、多くの新しい崩壊跡が知床半島から遠望できた。より大きな震度を記録した150～230km圏の根室半島納紗布岬～厚岸の太平洋岸や根釧原野では多くの岩石・岩屑崩落、表層滑落や土砂のすべりなどが発生した(伊藤, 1995; 田近ほか, 1995)。震央距離の最も大きな地点でのランドスライド発生事例は、約250km離れたカムイヌプリ(摩周岳)山頂・山腹や摩周カルデラ壁での岩石・岩屑崩落～岩屑なだれである。また、明らかな盛土地盤の崩壊は、約330km離れた本別町での林道の崩壊、約300km離れた美幌町での造成宅地の法面の土砂スランプや端野町での造成農地の陥没といった事例がある。さらに、網走北方の海底ランドスライドの発生を示唆する到達時刻の早過ぎる津波の波源域(中村・岡田, 1995)は、300～330km圏にあたる。

地震の規模(マグニチュード)とランドスライド発生域との関係について、統計的な解析が行われている(田村, 1978; Keefe, 1984; Keefe and Wilson, 1989)。今回の地震規模(マグニチュード8.1)を田村(1978)による表層滑落型崩壊(本文中で区分している岩石崩落、岩屑なだれおよび表層滑落に相当する)発生域の式にあてはめると、多発域の上限は震央距離約110kmの範囲、そして散発域の上限は震央距離約230kmの範囲となる。今回の地震による岩石崩落～岩屑なだれや表層滑落の発生域の上限は知床半島や阿寒地域であり、田村(1978)が示した傾向と概ね一致する。さらに、海底や盛土地盤での現象を含めると震央距離330km圏まで影響がおよんだと言える。



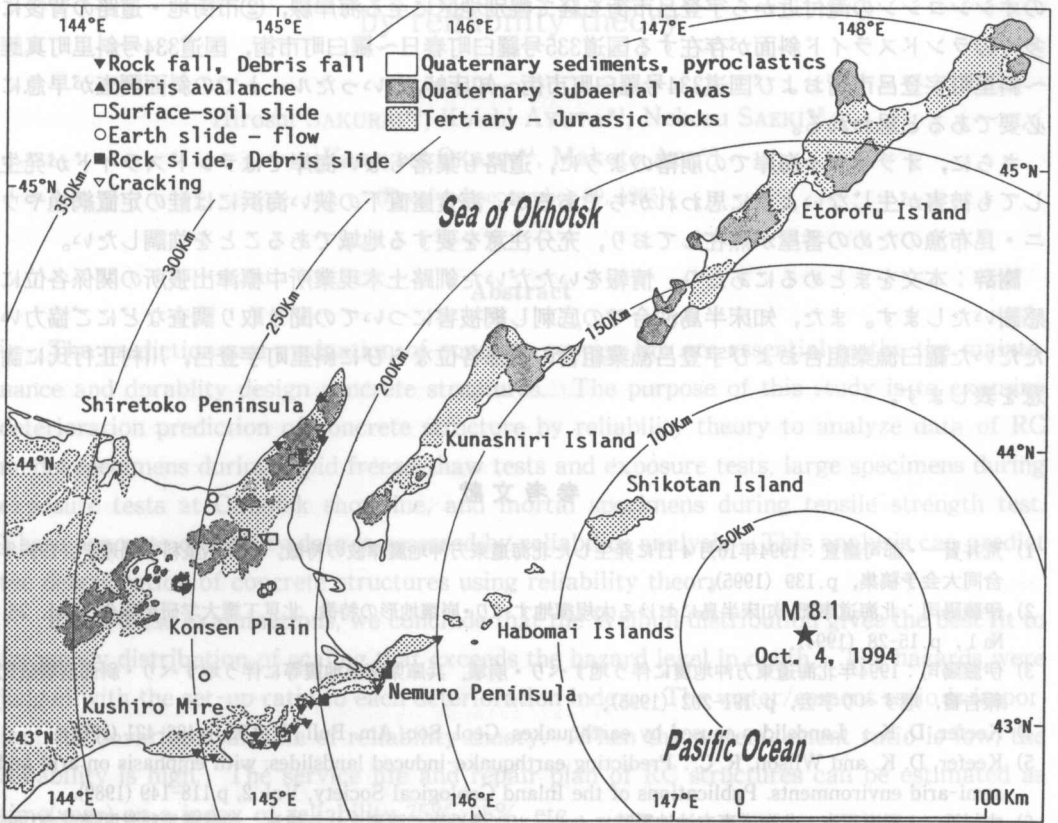


Fig. 7 Map showing main occurrence points of landslides induced by the 1994 Hokkaido Toho-oki earthquake (modified from Ito, 1995).

5. まとめ

1994年北海道東方沖地震によって、震央距離210~240kmに位置する知床半島でもランドスライドが散発した。発生したランドスライドのタイプは、岩石崩落、岩屑なだれおよび表層滑落である。発生箇所を地形・地質条件からみれば、周囲の斜面からやや突出した、鮮新世~第四紀のハイロクラスタイト・火山角礫岩や第四紀の陸上溶岩類が露出する比高の大きな海食崖での岩石崩落や空中写真から判読される古い滑落崖・滑动地塊の一部が滑落した岩石崩落や岩屑なだれが特徴的である。

幸いにも人命に関わる重大な被害はなかったが、落石への自動車衝突事故、番屋の損壊、一時的な~長期間の交通規制、そして第一モセカルベツ覆道での事例のように本震後50日以上経ってからの交通規制など地域住民の生活に大きな影響を及ぼしたものがあつた。さらに海域では半島沖合いの海底に仕掛けられていた底刺し網が失われる被害が多発した。

今回の地震によるランドスライド発生を教訓に、また、破壊には至らなかったが地震による斜面の緩みや亀裂形成といった斜面状況、春先の融雪や降雨などの誘因、そして人命および住宅・

道路などの保全対象物を考慮すると、防災上、①市街地や道路に沿って海食崖や急傾斜の崖錐斜面が連なる半島東側（羅臼側）の羅臼町市街から相泊地区に至る海岸線および西側（宇登呂側）のオシンコシンの滝付近から宇登呂市街を経て幌別地区に至る海岸線、②市街地・道路の背後に多くのランドスライド斜面が存在する国道335号羅臼町春日～羅臼町市街、国道334号斜里町真鯉～斜里町宇登呂市街および国道334号羅臼町市街～知床峠、といったルートでの斜面調査が早急に必要であると思われる。

さらに、オラップイ海岸での崩落のように、道路も集落もない海岸ではランドスライドが発生しても被害が生じないように思われがちであるが、海食崖直下の狭い海浜には鮭の定置網漁やウニ・昆布漁のための番屋が点在しており、充分注意を要する地域であることを強調したい。

謝辞：本文をまとめるにあたり、情報をいただいた釧路土木現業所中標津出張所の関係各位に感謝いたします。また、知床半島沖合での底刺し網被害についての聞き取り調査などにご協力いただいた羅臼漁業組合および宇登呂漁業組合の関係各位ならびに斜里町宇登呂、川村正行氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 荒井賢一・都司嘉宣：1994年10月4日に発生した北海道東方沖地震津波の特徴。地球惑星科学関連学会1995年合同大会予稿集，p.139 (1995)。
- 2) 伊藤陽司：北海道東部，知床半島における大規模地すべり・崩壊地形の特徴。北見工業大学研究報告，Vol. 26, No.1, p.15-28 (1994)。
- 3) 伊藤陽司：1994年北海道東方沖地震に伴う地すべり・崩壊。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，p.191-202 (1995)。
- 4) Keefer, D. K.: Landslides caused by earthquakes. Geol. Soc. Am. Bull., Vol.95, p.406-421 (1984)。
- 5) Keefer, D. K. and Wilson, R. C.: Predicting earthquake-induced landslides, with emphasis on arid and semi-arid environments. Publications of the Inland Geological Society, Vol. 2, p.118-149 (1989)。
- 6) 中村浩二・岡田正実：北海道東方沖地震時にオホーツク海沿岸で観測された津波。地球惑星科学関連学会1995年合同大会予稿集，p.140 (1995)。
- 7) 田近 淳・伊藤陽司・石丸 聡・広田知保：根室・釧路地方の斜面変動。1994年北海道東方沖地震による地盤災害，地下資源調査所調査研究報告，No.25，(投稿中)。
- 8) 田村俊和：地震により表層滑落型崩壊が発生する範囲について。地理学評論，No.51, p.662-672 (1978)。
- 9) 山岸宏光（編）：北海道の地すべり地形一分布図とその解説一，北海道大学図書刊行会，392p., 1993，
- 10) 山岸宏光・伊藤陽司：北海道における地すべり地形分布からみた地質分帯，地すべり，Vol.30, No.2, p.1-9 (1993)。
- 11) Yamagishi, H. and Ito, Y.: Relationship of the landslide distribution to geology in Hokkaido, Japan. Engineering Geology, No. 38, p.189-203 (1994)。