

平成 5 年(1993年)北海道南西沖地震

調査報告書

(社内技術資料)



基礎地盤コンサルタンツ株式会社

営業所一覧表

本社	☎ 03-3263-3611	〒102	東京都千代田区九段北1-11-5
技術センター	☎ 03-3727-6158	〒145	東京都大田区石川町2-14-1
関西技術センター	☎ 0745-32-6486	〒636	奈良県生駒郡三郷町立野南3-12-21
海外事業部	☎ 03-3239-4451	〒101	東京都千代田区九段北1-9-16 (九段TSビル)
関東支社	☎ 03-3239-7961	〒102	東京都千代田区九段北1-11-5
技術部・管理部・営業部	☎ 0473-76-4871	〒272	市川市鬼高3-33-9
横浜支店	☎ 045-671-5466	〒231	横浜市中区元浜町4-36 (太宗マリーンビル別館)
埼玉支店	☎ 048-653-7291	〒330	大宮市吉野町1-399-20 (桜田ビル)
千葉事務所	☎ 043-254-5571	〒263	千葉市稲毛区小仲台6-19-19 (大和屋ビル)
水戸事務所	☎ 0292-27-3423	〒310	水戸市梅香2-2-45 (朝日ビル)
新潟事務所	☎ 025-243-2711	〒950	新潟市沼垂東1-9-18 (餅徳ビル)
川崎事務所	☎ 044-752-8171	〒213	川崎市宮前区野川字南耕地2634-1
川口事務所	☎ 0482-54-9121	〒332	川口市川口2-17-48 (グリーンビュー第3川口)
関西支社	☎ 06-443-4951	〒550	大阪市西区鞆本町1-15-2
兵庫事務所	☎ 078-811-7916	〒658	神戸市東灘区御影中町1-14-10 (新星和御影ビル)
滋賀事務所	☎ 0775-26-0755	〒520	大津市京町4-3-33 (滋賀プレスビル)
九州支社	☎ 092-831-2511	〒814	福岡市早良区原2-16-7
長崎事務所	☎ 0958-21-7150	〒850	長崎市樺島町6-15 (大信ビル)
鹿児島事務所	☎ 0992-57-1522	〒890	鹿児島市上荒田町30-20 (白井ビル)
宮崎事務所	☎ 0985-25-3567	〒880	宮崎市松山1-8-42 (第3三重野ビル)
熊本事務所	☎ 096-382-5158	〒862	熊本市水前寺6-37-21 (西原ビル)
大分事務所	☎ 0975-97-5511	〒879-76	大分市大字中判田1746-1
北海道支社	☎ 011-822-4171	〒003	札幌市白石区菊水7条4-1-27 (駒津ビル)
釧路事務所	☎ 0154-22-8356	〒085	釧路市旭町30-12 (尾崎ビル)
函館事務所	☎ 0138-43-1154	〒040	函館市富岡町1-16-5
東北支社	☎ 022-291-4191	〒983	仙台市宮城野区五輪2-11-1 (上野興業ビル)
青森事務所	☎ 0177-22-5861	〒030	青森市本町2-4-10 (田沼ビル)
秋田事務所	☎ 0188-64-4770	〒010	秋田市八橋大沼町5-12
山形事務所	☎ 0236-32-3979	〒990	山形市南栄町2-52-2
盛岡事務所	☎ 0196-22-6577	〒020	盛岡市中央1-12-14
中部支社	☎ 052-522-3171	〒451	名古屋市西区上名古屋1-11-5
静岡事務所	☎ 054-284-2010	〒422	静岡市稲川1-7-15
金沢事務所	☎ 0762-49-4492	〒921	金沢市西金沢5-273
三重事務所	☎ 0592-29-0880	〒514	津市栄町3-263 (徳田屋ビル)
中国支社	☎ 082-238-7227	〒731-01	広島市安佐南区長束4-13-25
松山事務所	☎ 0899-72-6554	〒790	松山市土居田町486-1
岡山事務所	☎ 086-244-8161	〒700	岡山市今3-19-10
高知事務所	☎ 0888-23-5210	〒780	高知市鷹匠町1-2-51 (木本ビル)
山口事務所	☎ 0839-25-2080	〒753	山口市大字平井795-8
シカゴ支社	☎ 65-7473233~6		60 Kallang Pudding Road # 02-00 Tan Jin Chwee Industrial Building Singapore 1334
クアラルンプール支社	☎ 60-3-7826327・7826388		115-1, Jalan Mega Mendung, Kompleks Bander, Off Batu 5, Jalan Kelang Lama 58200 Kuala Lumpur, Malaysia.
ジャカルタ事務所	☎ 62-21-512890・512907		18TH FLOOR SUMMITMAS TOWER Jalan Jenderal Sudirman Kaveling. 61-62 Jakarta 12190, Indonesia P.O.Box 30-KBY

平成 5 年(1993年)北海道南西沖地震

調査報告書

基礎地盤コンサルタンツ株式会社

はじめに

1993年7月12日午後10時17分、北海道南西沖を震源とするマグニチュード7.8の地震が発生した。この地震の震源は北海道渡島半島西北部の日本海沿岸にあり、震源の深さが34kmと比較的浅かったため、地震直後に大津波が渡島半島やその西方海上にある奥尻島を襲い、多くの死傷者がでる惨事となった。

「平成5年（1993年）北海道南西沖地震」と命名されたこの地震のマグニチュードは、今年1月に発生した「釧路沖地震」と同じであり、関東地震（1923年,M7.9）や十勝沖地震（1968年,M7.9）にも匹敵するものである。

この地震の規模や被害は、津波によって多くの人命が失われたことや液状化被害が多かったという点で、ちょうど10年前に起こった日本海中部地震（1983年,M7.7）に類似しているが、津波の規模では今回の地震の方がはるかに大きかった。

津波災害の陰に隠れた感じで、あまり世間に知られてはいないが、液状化による被害が、かなり大規模に発生していることが調査の過程で分かってきた。また奥尻島の大規模斜面崩壊をはじめとして、山間部では斜面崩壊が多く発生していた。

この報告書は、当社が調査した範囲の地震被害を写真を中心に紹介したものであり、地震被害すべてを網羅したものではない。地盤と被害との関連についても出来るだけ言及するように努めたが、データの不足や被害の詳細が明かでない地点も多いため、記述に正確さを欠いている部分も多々あると思われる。これらの点については被害の概要を理解していただくという主旨で作られた報告書であるので御容赦を賜りたい。

この報告書が地震被害の実態を把握し、被害の防止・軽減のための方策を立てる上で少しでもお役に立てば幸いである。

平成5年8月



約100mにわたって崩壊した道路盛土（国道5号線知来付近）



斜面崩壊により破損したトンネル（国道229号線第2白糸トンネル）



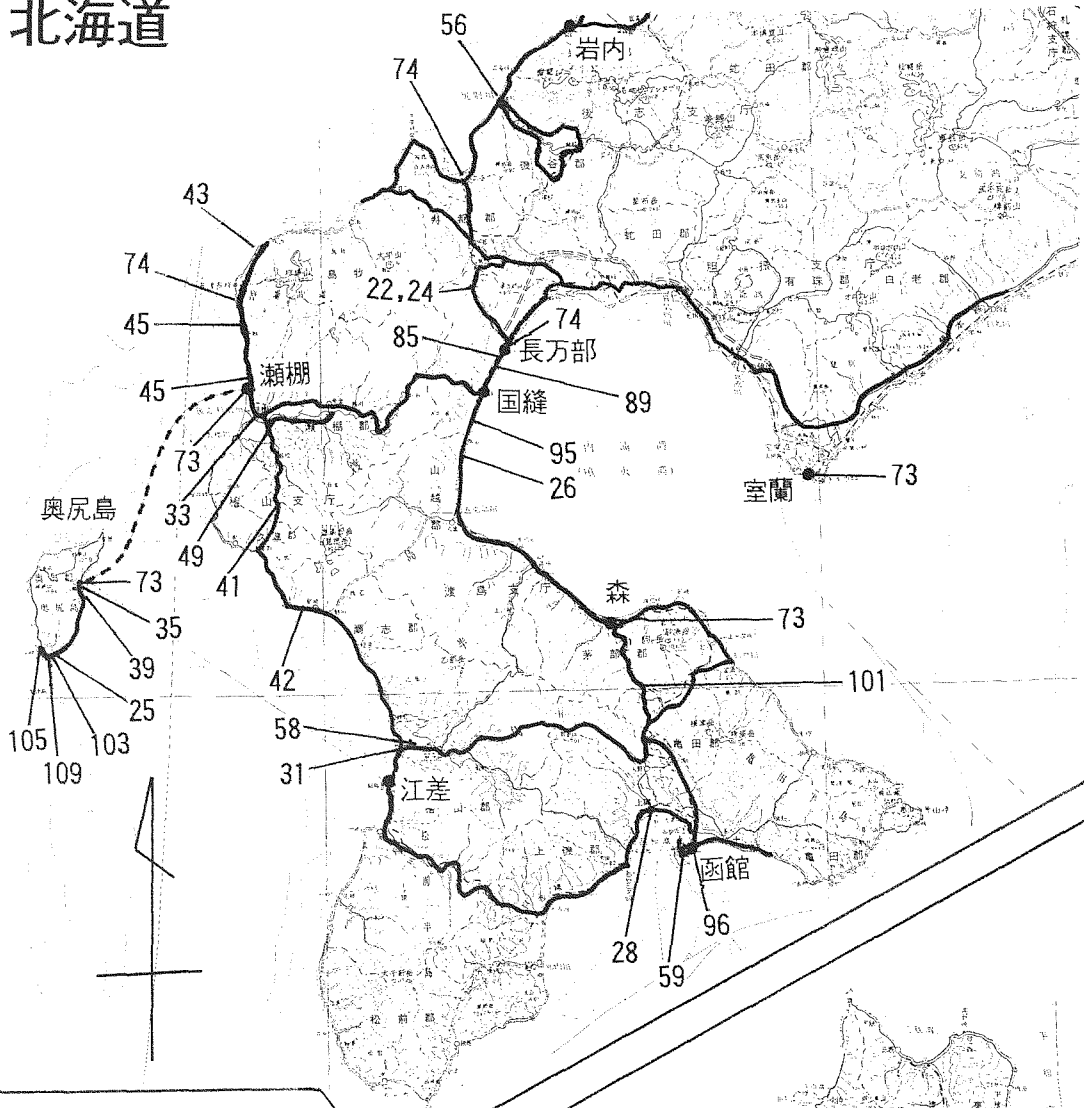
液状化により沈下・陥没した岸壁のエプロン（函館港北埠頭）



液状化により大きな亀裂・陥没が生じた堤防（後志利別川）

概 略 調 査 ル 一 ト

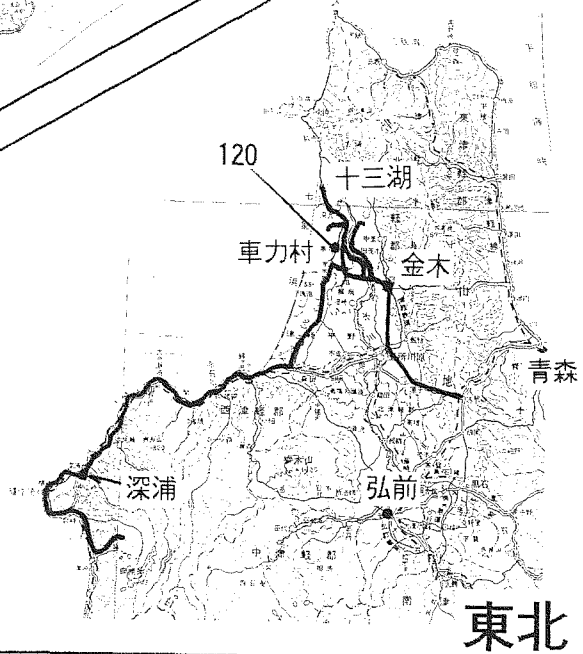
北海道



凡 例

調査ルート

——— NO・主要な被害地点
数字は報告書のページを表す。



東北

目 次

1. 地震の概要	
1.1 地震の諸元	1
1.2 津波	3
1.3 地震活動及び過去の被害地震	4
1.4 地震動	8
2. 道南地方の地形・地質概要	
2.1 渡島地域	11
2.2 檜山地域	12
3. 被害の概要	15
4. 道路・鉄道施設の被害	
4.1 盛土（道路・鉄道）	21
4.2 橋梁	31
4.3 斜面崩壊	35
5. 河川堤防とその周辺の被害	49
6. 港湾・漁港の被害	
6.1 函館港	59
6.2 その他の港湾・漁港	73
7. その他の被害	
7.1 液状化による被害	85
7.2 地震動による被害	103
7.3 津波による被害	109
8. 地盤の液状化特性	
8.1 噴砂の土質特性	115
8.2 青森県津軽地方の被害と再液状化	120
引用・参考文献リスト	124

1. 地震の概要

1.1 地震の諸元

1993年7月12日午後10時17分、北海道南西部 渡島半島の寿都町沖約85kmを震源とするM7.8の地震が発生した。気象庁は、この地震を『平成5年(1993年)北海道南西沖地震』と命名した。地震の諸元は次のとおりである。

発生年月日 : 1993年7月12日22時17分

マグニチュード : 7.8

震源の位置 : 北緯42度47分, 東経139度12分 深さ34km

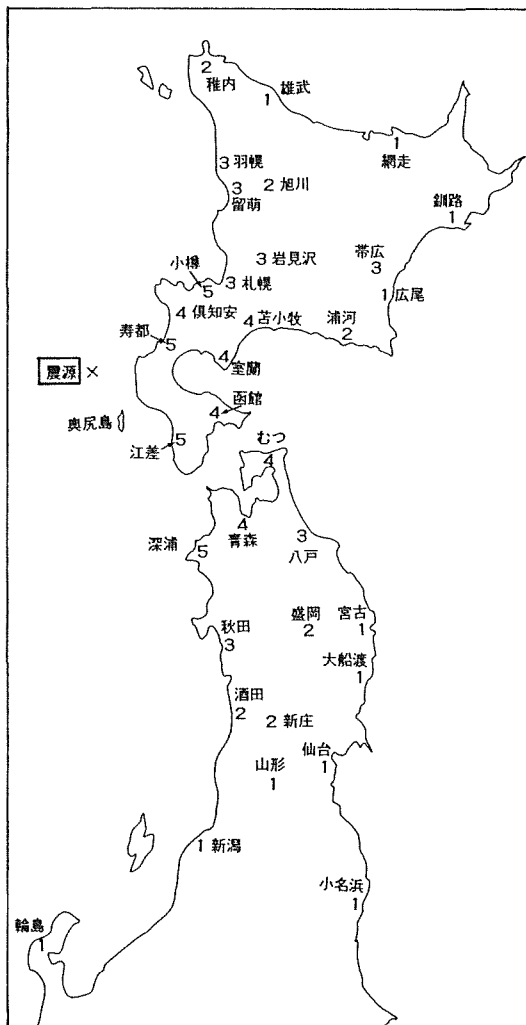


図1-1 各地の震度

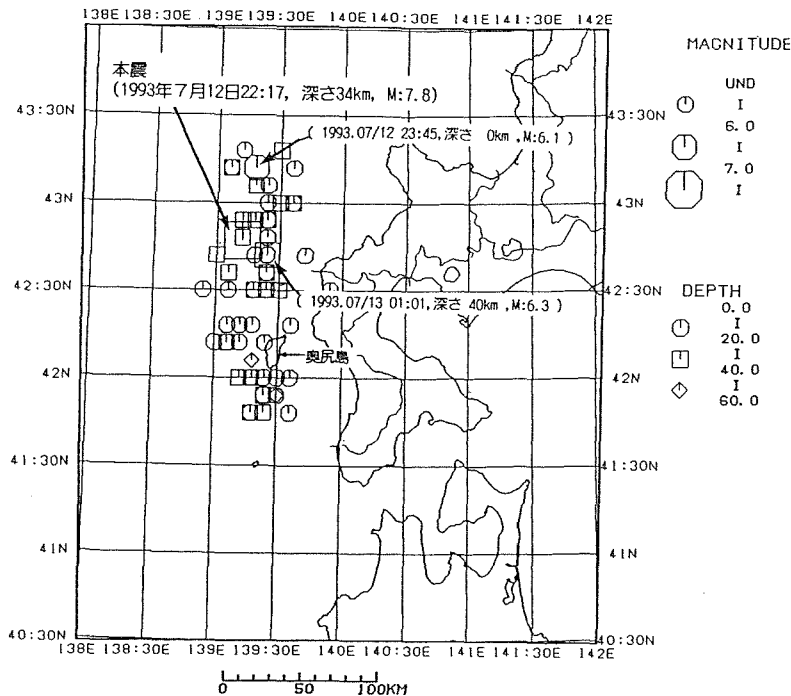
各地の震度は図1-1に示すとおりである。

震度1以上の地域は、北海道から東北地方までの広い範囲にわたっている。小樽、寿都、江差、深浦の4ヶ所で震度5（強震）を記録した。震源域の中に位置する奥尻島では、気象官署がないので震度は発表されていないが、震度6程度と推測されている。本年1月15日に起こった「釧路沖地震」では、釧路市で震度6を記録しているが、地震規模が同じであることから、今回の地震でも震度6の地域があっても不思議ではない。

地震の規模は、やはり津波による犠牲が多かった日本海中部地震(1983年,M7.7)を上回り、今年1月に発生した釧路沖地震と同じである。これは1923年の関東地震(M7.9)や1968年の十勝沖地震(M7.9)に迫るもので、大地震といえよう。

7月15日8時現在の気象庁観測データによれば、余震域(図1-2)は南北約170kmの細長い形状を示し、その中心は震央よりも約30km南寄りにある。また余震の震

源深さは、ほとんど50km以浅である。最大の余震の規模はM6.3で、7月13日0時1分に本震から20kmほど南東で発生した。また7月12日23時45分にも積丹半島沖でM6.1の余震が起きている。

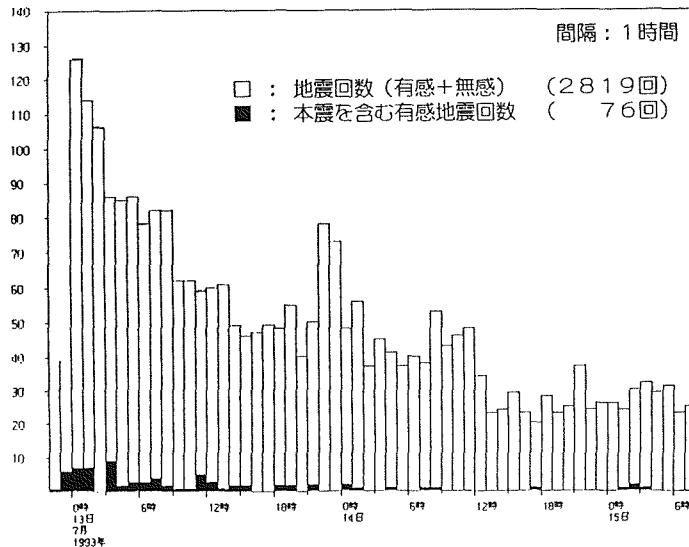


震が起きている。

図1-3に示すように余震の回数は2819回で、このうち有感地震は75回に及んでいる。また余震の時間変化をみると、有感地震の数が多かったのは本震発生後約1日間だけで、それ以降は発生も少なくなっている。

(期間: 1993.07/12 22:17~07/15 08:00)

図1-2 有感地震の震央分布¹⁾



(期間: 1993.07/12 22:17~07/15 08:00)

{札幌管区気象台による。カウント対象: 室蘭の76型地震計 (上下動成分: 全振幅4mm以上)}

図1-3 地震回数ヒストグラム¹⁾

1.2 津波

地震発生5分後の22時22分に北海道沿岸に津波予報（津波警報，津波注意報）が出された。特に北海道の日本海沿岸では、津波警報（オオツナミ）が出された。また22時25分には東北地方沿岸に津波警報が出され、時間が経過するに従って津波予報の地域は九州沿岸にまで拡大していった。

気象庁の検潮記録によると、津波の最高位とその時刻は表1-1に示すとおりである。

表1-1 津波の最高位と時刻

地点名	津波高さ	時刻
深浦	25cm	12日22時47分
富山	7cm	12日23時40分
新潟	20cm	12日23時49分
稚内	20cm	13日00時00分
函館	21cm	13日00時25分
西郷	29cm	13日00時27分
秋田	32cm	13日00時33分

（朝日新聞7月13日朝刊より引用）

しかし実際の津波高さは数mから数十mに達していたことが現地調査から明らかになっている。

まだ調査報告は発表されていないので、新聞記事（7月17日付朝日新聞朝刊）に基づいて、最も津波が高かったといわれている奥尻島の津波の到達高さについて記す。

気象庁の現地調査結果によると、奥尻島を襲った津波の高さは、島西部の藻内地区で21mに達していることが分かった。次いで島南部の松江地区で16mと大きかった。

一方、東京大学地震研究所 都司助教授の調査では、図1-4に示すように島の南西部が全体に10m以上と高く、藻内地区の谷では最高30.5mに達していたとされている。最も被害の激しかった奥尻島南端の青苗地区では、集落の西側から10m、東側から6～7mの津波が襲来したと推定されている。

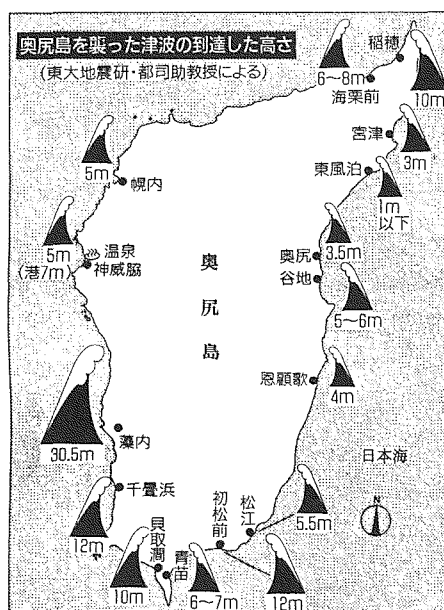


図1-4 奥尻島を襲った津波の高さ

（朝日新聞より引用）

1.3 地震活動及び過去の被害地震

(1) 北海道南西部沿岸の地震活動

地震が発生した日本海沿岸は、太平洋側に比べて地震の発生頻度はかなり小さいが、過去には大きな被害地震も発生している。北海道南西沖地震と同様のタイプの被害地震としては、青森県深浦の西方沖約95kmを震央とする日本海中部地震（1983年、M7.7）、新潟市の北北東約60kmを震央とする新潟地震（1964年、M7.5）がある。これらの地震の震央は、図1-5に示すように北米プレートとユーラシアプレートの境界付近にあると言われている。昔は東北日本の太平洋沿岸に太平洋プレートとユーラシアプレートの境界があり、プレートの相対運動によって巨大地震が発生すると説明されていたが、日本列島及び日本海はユーラシアプレート上にあり、その地域の地震活動は、これらの2つのプレートの相対運動では説明できなかった。しかし両プレートの間に北米プレートの存在を仮定することにより、日本海沿岸部の地震の発生原因をある程度説明できるようになった。



図1-5 日本周辺の地殻構造と日本海東縁部で発生した地震

図1-6は北海道の内陸地震（沿岸を含む地域、1926～1983年の有感地震）の分布を示している。前述したように日本海沿岸は全般的に地震が少ないが、奥尻島周辺ではやや地震が多いといえよう。しかし今回の地震の震央付近では全く地震は起こっていない。奥尻島の北部を中心として起こっている地震の最大規模は5.1で被害が生じるような大きさではない。

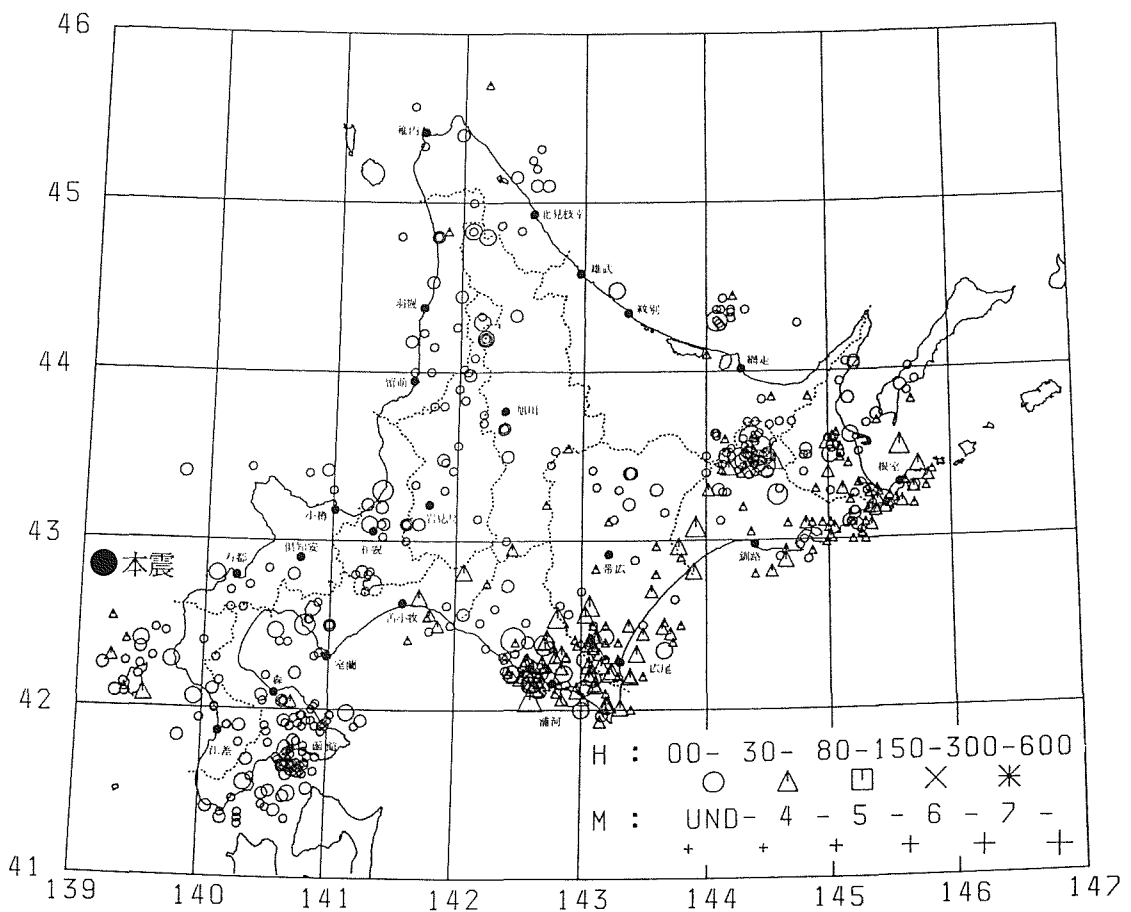


図1-6 北海道の内陸地震（沿岸を含む）の震央分布図³⁾

(2) 過去の被害地震

図1-7に示すように北海道地域の被害地震は、太平洋側に集中しており、日本海沿岸地域では非常に少ない。表1-2は日本海側で発生した被害地震の概要をまとめたものである。同表からわかるように、北海道南西部沿岸地域は被害地震が少なく、約350年間に9回しかない。また全般的に被害地震の規模も小さく、最も大きな規模の地震は、積丹半島沖地震（1940年,M7.5）である。今回の地震は、これを上回る規模であったうえ、震央が陸地から近かったため大きな被害が発生した。

(1611～1983年)

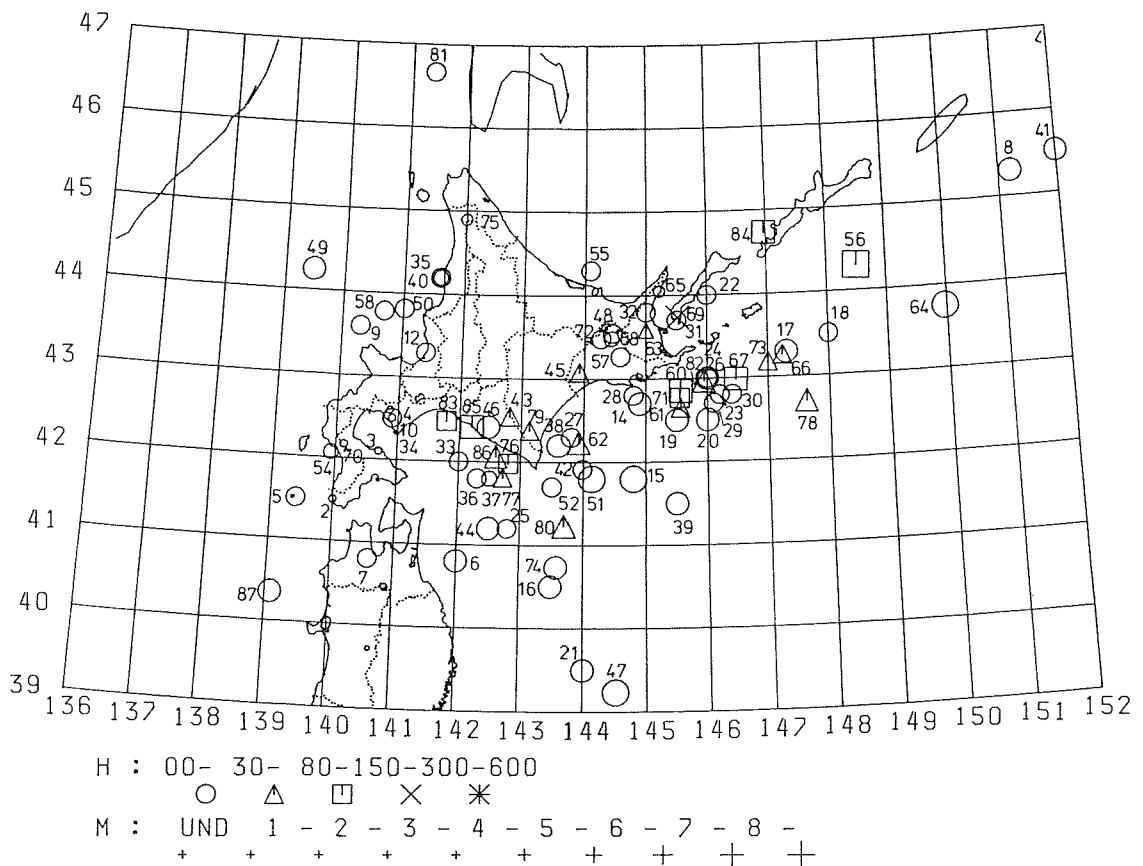


図1-7 北海道の被害地震の震央分布図³⁾

表1-2 北海道の日本海沿岸における被害地震一覧表（文献3をもとに整理）

No.	発生年月日	震央位置	マグニチュード	被害概要
2	1635 3.11	北海道南西沖	—	松前で強震、火災
5	1741 8.29	渡島大島	6.9	津波は渡島半島西岸を襲い、北海道で死者1467, 流出家屋729, 同破損33, 非住家流出29, 船舶破損1521、熊石以北にも相当の被害があった。
9	1792 6.13	北海道西方沖	6.9	忍路で港頭の岸壁崩れ、沿岸の夷船漂流 出漁中の夷人5名溺死。美国で若干溺死
35	1910 9. 8	北海道北西沖	5.9	留萌町河岸低地・鬼鹿・苫前・羽幌・初山別 天売・焼尻で陶器・びん類の破損あり。 鬼鹿村小椓子で住家破損 3, 苫前村幌内 付近晃徳寺で鴨居脱落。
40	1918 5.26	北海道北西沖 (留萌沖)	6.0	留萌郡鬼鹿村で商品転倒及び家屋土蔵に 軽微な被害あり。
49	1940 8. 2	北海道北西沖 (積丹半島沖)	7.5	死者10, 住家の全壊・流出26と日本海側の 地震としては、希にみる大地震であった 震源から遠かったため地震被害は小さか ったが、大津波による被害が大きく最大 波高は利尻島で3mであった。
50	1947 11. 4	北海道西方沖	6.7	小舟破損、漁具の被害などがあった。 津波あり（利尻島で2m）。
54	1953 7.14	檜山支庁中部 (熊石付近)	5.1	熊石付近で地すべり等の被害あり。
58	1959 11. 8	北海道西方沖	6.2	小樽で変電所等に軽微な被害。

※No.欄の数字は、図1-7の地震番号に対応

1.4 地震動

気象庁では、全国の気象官署77箇所³⁾に87型電磁式強震計が設置されている。

「北海道南西沖地震」に関して気象庁から公表されている地震データ²⁾は、全国から緊急的に取り寄せたものなので、全てのデータが収録されてはいない。震度5を記録した地点（小樽、寿都、江差、深浦）と震度4を記録した5地点のうち、強震計が設置されているのは、寿都、苫小牧、函館、青森であるが、函館、青森のデータは収録されていない（ただし、函館海洋気象台の最大加速度は明らかになっている）。この他、函館開発建設部の加速度記録が明らかになっている⁴⁾。表1-3に示すように、得られた地震記録の中で最も大きな加速度が観測されたのは寿都の216galであった。「釧路沖地震」の際には100gal以上の加速度を記録した気象官署が5地点あったのに比べると、今回の地震の加速度は全体的に小さいようである。また函館と札幌は、震央からの距離が同じような位置関係にあるが、函館の方がはるかに大きな加速度となっている。この理由としては震源域の中心が札幌より函館に近いことや強震計の設置地点の地盤条件の違い等があげられる。函館市内の2つの地点（海洋気象台と函館開建）でも加速度に3倍程度の大きな違いが見られる。地震計の特性や地盤条件の違い等が考えられるが、現状ではよく分からない。

図1-8～図1-10に寿都の加速度波形とフーリエスペクトル及び加速度応答スペクトルを示す。波形をみると大きな振幅が60秒程度続き、釧路沖地震に比べて継続時間が長い。また周波数特性では3.5Hz程度の周波数が卓越していることがわかる。

表1-3 主要地点の最大加速度一覧表

地点名	震度	震央距離 (km)	最大加速度 (gal)		
			N－S	E－W	U－D
寿 都	5	84	202.2	216.0	51.0
函 館*	4	169	205.7	170.4	95.1
函 館	4	169	66.5	64.0	29.0
苫小牧	4	196	25.9	23.3	10.8
札 幌	3	177	17.2	17.2	8.7
秋 田	3	349	11.5	14.1	3.6
八 戸	3	317	22.9	14.1	7.2

*印は北海道開発局函館開発建設部、他は気象官署

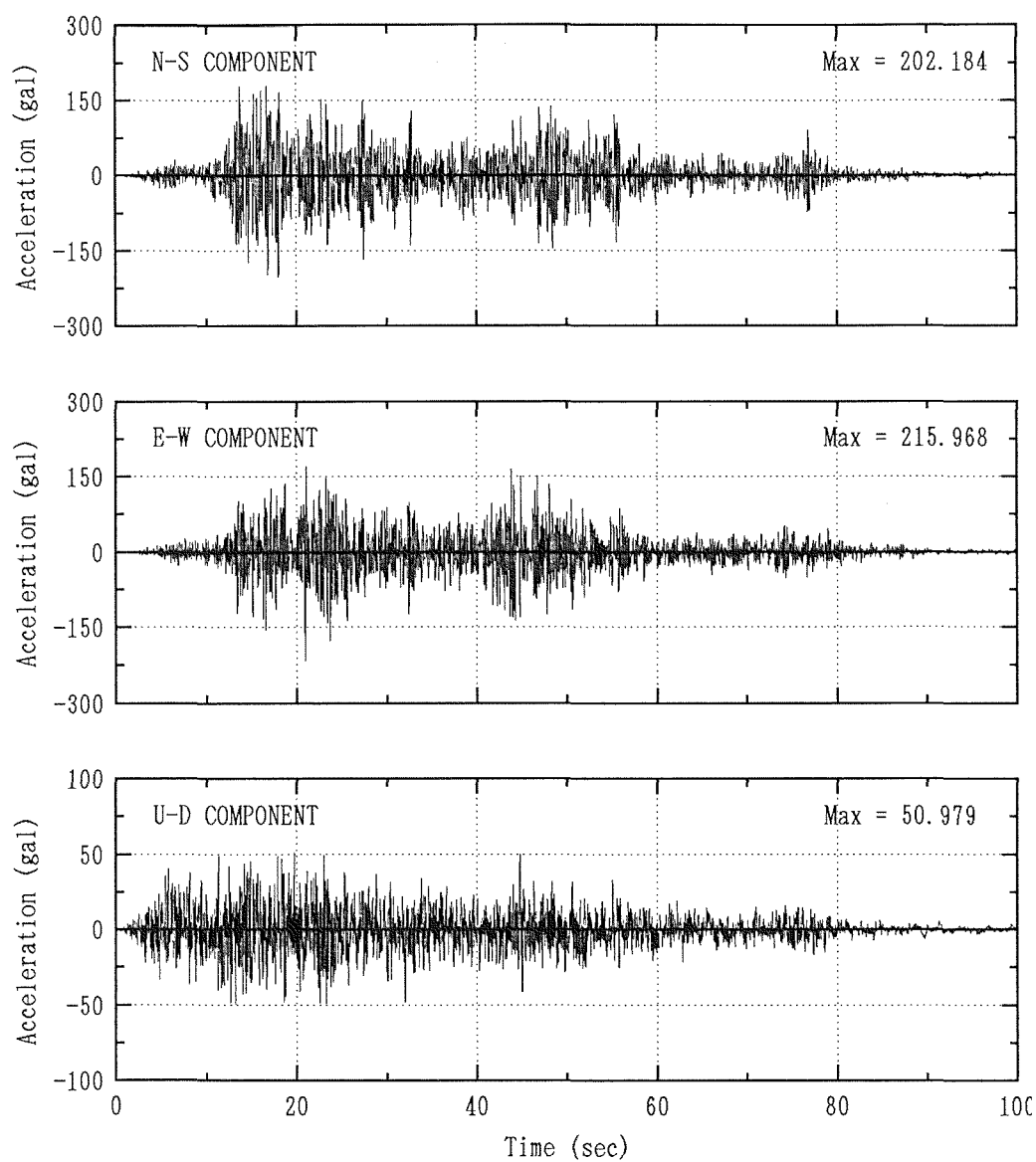


図1-8 地震波形（寿都）

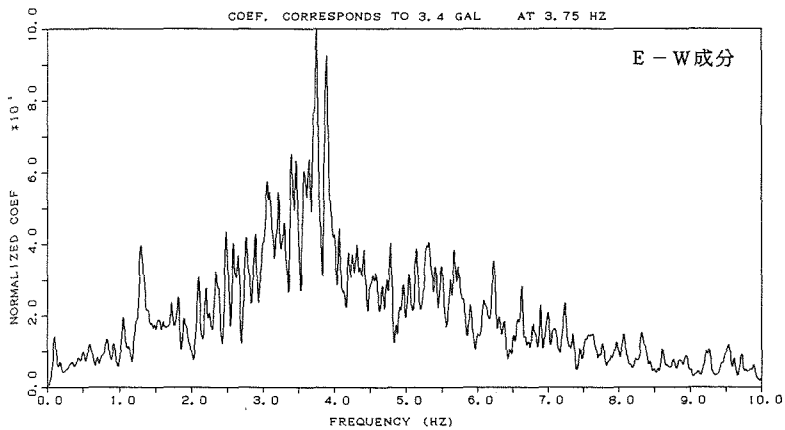
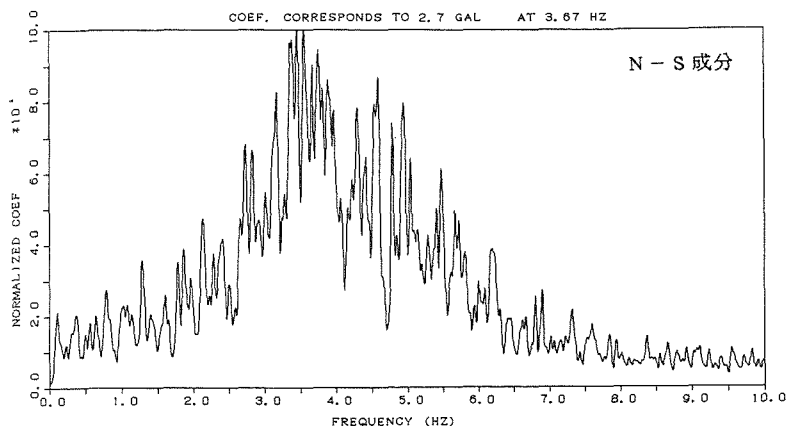


図1-9

地震波（寿都）の
フーリエスペクトル

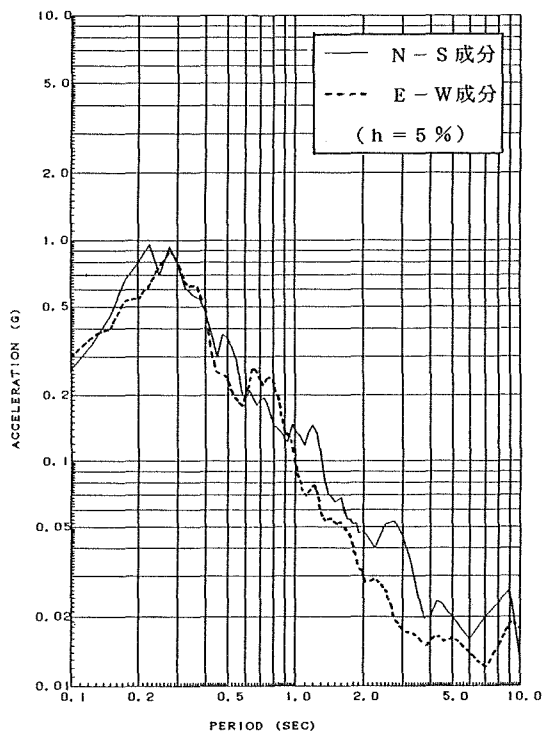


図1-10

地震波（寿都）の
加速度応答スペクトル

2. 道南地方の地形・地質概要⁶⁾

今回の地震で道南地方が大きな被害を受けた。道南地方は、北海道の行政区分に従って渡島地域（渡島半島の東半部、松前半島および亀田半島を含む）と檜山地域（渡島半島の西半部、奥尻島）に分けられる。渡島・檜山地域は、北海道の南部を占める渡島半島の大部分をなしており、その地形は石狩低地帯以東の北海道本島よりは、むしろ東北地方に類似した性格をもっている。図2-1は渡島・檜山地域の概略の地形分類を示したものである。これらの地域は全体として山地の卓越した地形であり、低地は利別川、長万部川、遊楽部川、厚沢部川、天の川、知内川などの河川沿いとこれらの河川の河口にみられるにすぎない。しかし、その中でも函館湾岸、長万部・八雲地区、知内付近などでは比較的広く分布している。

地質的にみると、この地域は新第三紀初期以降活発な火山活動が続いたところで、いわゆるグリーンタフ地域である。このため全域にわたり広く火山噴出物が分布している。また基盤は先第三紀の堆積岩層（粘板岩が主体）とその中に貫入した深成岩類（花崗岩や斑岩など）からなり、その上に新第三紀以降の堆積岩層（泥岩、砂岩、礫岩など）、火砕岩および火成岩類（火山角礫岩、凝灰岩質岩、安山岩質岩など）が広く発達する。なお沖積層（礫、砂、粘土、泥炭）は前述した低地に主として分布している（図2-2参照）。

2.1 渡島地域

（1）長万部町市街地～八雲町に至る内浦湾沿いの低地^{7) 8) 9)}

長万部町市街地～八雲町にかけての海岸線沿いは概ね平坦で、海岸段丘、扇状地、沖積平野、湿原、砂丘などが発達する。海岸平野の幅は、一般に1 km前後である。砂丘は海岸線と並行しており、規模の違いはあるが3～4列認められ、海岸線との比高は、ほぼ2～4 mである。扇状地は八雲町を流れる砂蘭部川下流に広がるものが付近では最も規模が大きい。

地質的には段丘堆積物（主として礫質土層で第三紀の火山起源礫を多く混入する）および沖積層（礫、砂、粘土、泥炭）が堆積している。泥炭は、長万部町大浜・国縫・豊津および八雲町山崎・花浦付近において国道5号線と段丘に挟まれた湿原に見られる。なお砂丘砂中には局部的に砂鉄が凝集した部分があり、かつて砂鉄鉱床として採掘されたこともある。

(2) 函館市^{10) 11)}

函館市は、海岸地域から亀田半島の背稜部までを含み、非常に変化に富んだ地形を示している。函館市街地の大部分は海岸平野地域に位置する。この地域の地形も、更に特徴の違う台地状地域、砂丘地域および典型的な沖積平地地域の三つに区別できる。砂丘については、明治初期には東西約3km、南北0.5km、高さ約36m程の規模であったが、その後、埋立てその他の土木工事に使用され、現在では一部が残っているだけである。函館市の大半は、沖積世の海浜砂を主とする堆積物の上につくられている。これは、函館山と本土をつないでいる砂州で、臨海部では10m内外の層厚を持つが、その下位には最大厚さ70mに達する粘土層が発達している。

2.2 檜山地域

(1) 瀬棚町～江差町の日本海沿岸地域(文献12～17)

当該地域も山地および台地が優勢で、低地は主要河川沿いにみられる程度である。そのなかでも利別川、厚沢部川、天の川流域に発達する沖積平野が比較的広い。また国道229号線は、これらの地域の海岸線沿いを通過しているが、その山側は急崖をなしている区間が多い。低地の地質は、河川上流部では礫、下流部では砂が主体で、利別川および厚沢部川下流部では泥炭が発達する。また急崖をなす地質は、概ね厚沢部川以北で火砕岩または火成岩類が主体で、それ以南は堆積岩となる。

(2) 奥尻島¹⁸⁾

奥尻島は、周囲約60km、面積約144km²の島で、北端の稲穂岬から南端の青苗岬までの直線距離で約24km、東西の幅は最大で約9kmである。この島は、低平な丘陵性山地と極めて貧弱な海岸平地からなっており、最高点の神威山（標高584.5m）を含め、10段あまりの海成段丘が形成されている。地質的には、中生代の堆積岩および火山岩類と、これに貫入する花崗閃緑岩を主体とする深成岩類を基盤として、新第三紀以降の活発な火山活動と堆積作用によってもたらされた新第三系が広く発達し、更にこれを覆って第四紀の海成段丘堆積物が形成されている。また河川流域と海岸地域にはごく狭小ではあるが沖積層（砂、礫および粘土）が堆積しており、南部の海岸地域には小規模な砂丘が認められる。なお大規模な斜面崩壊があった奥尻地区の地質は、凝灰角礫岩、火山円礫岩、凝灰質砂岩および凝灰岩などからなる新第三紀鮮新世の仏沢層からなっている。

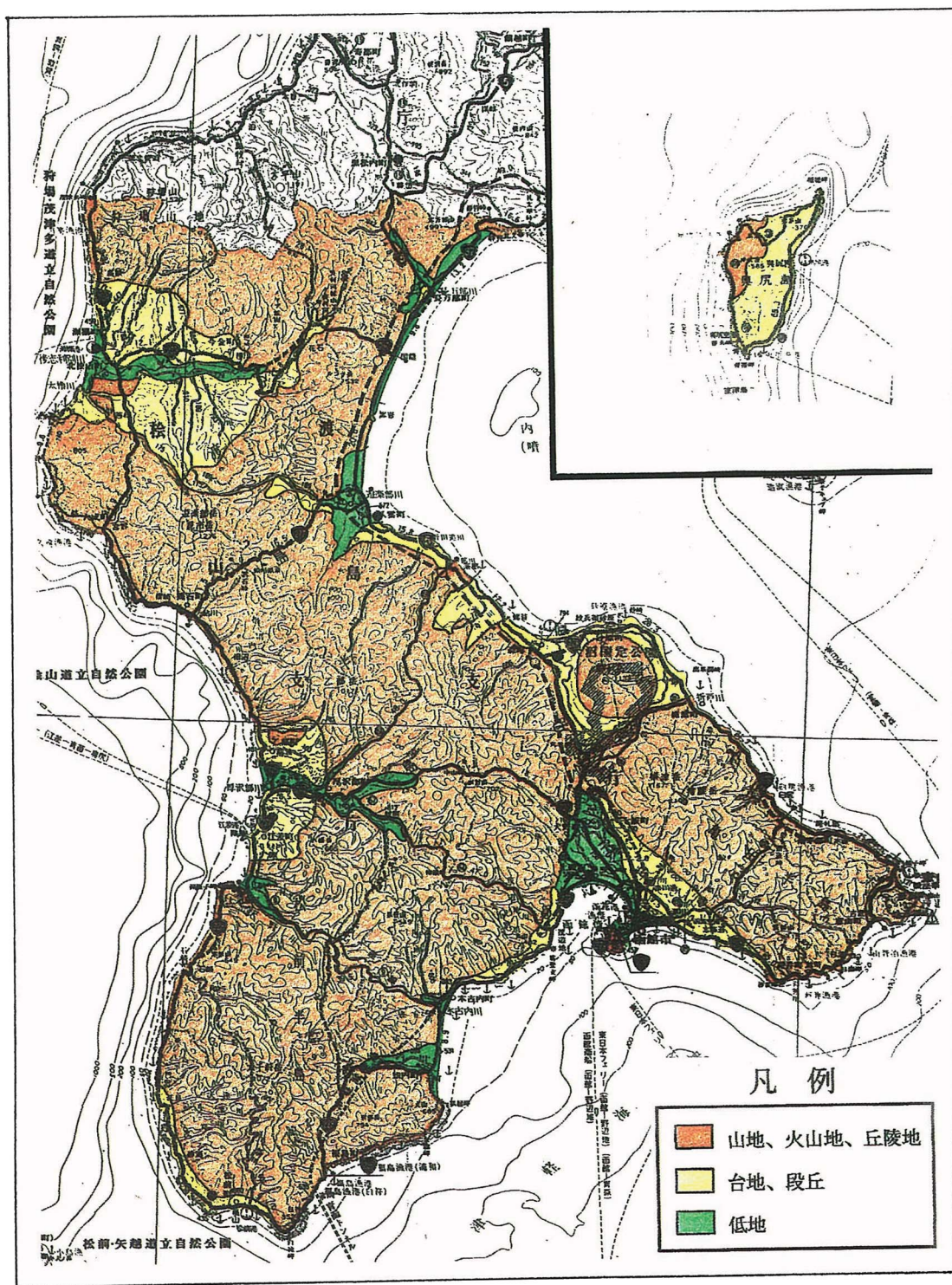


図2-1 渡島半島の概略地形区分
Geologic map of Oshima peninsula

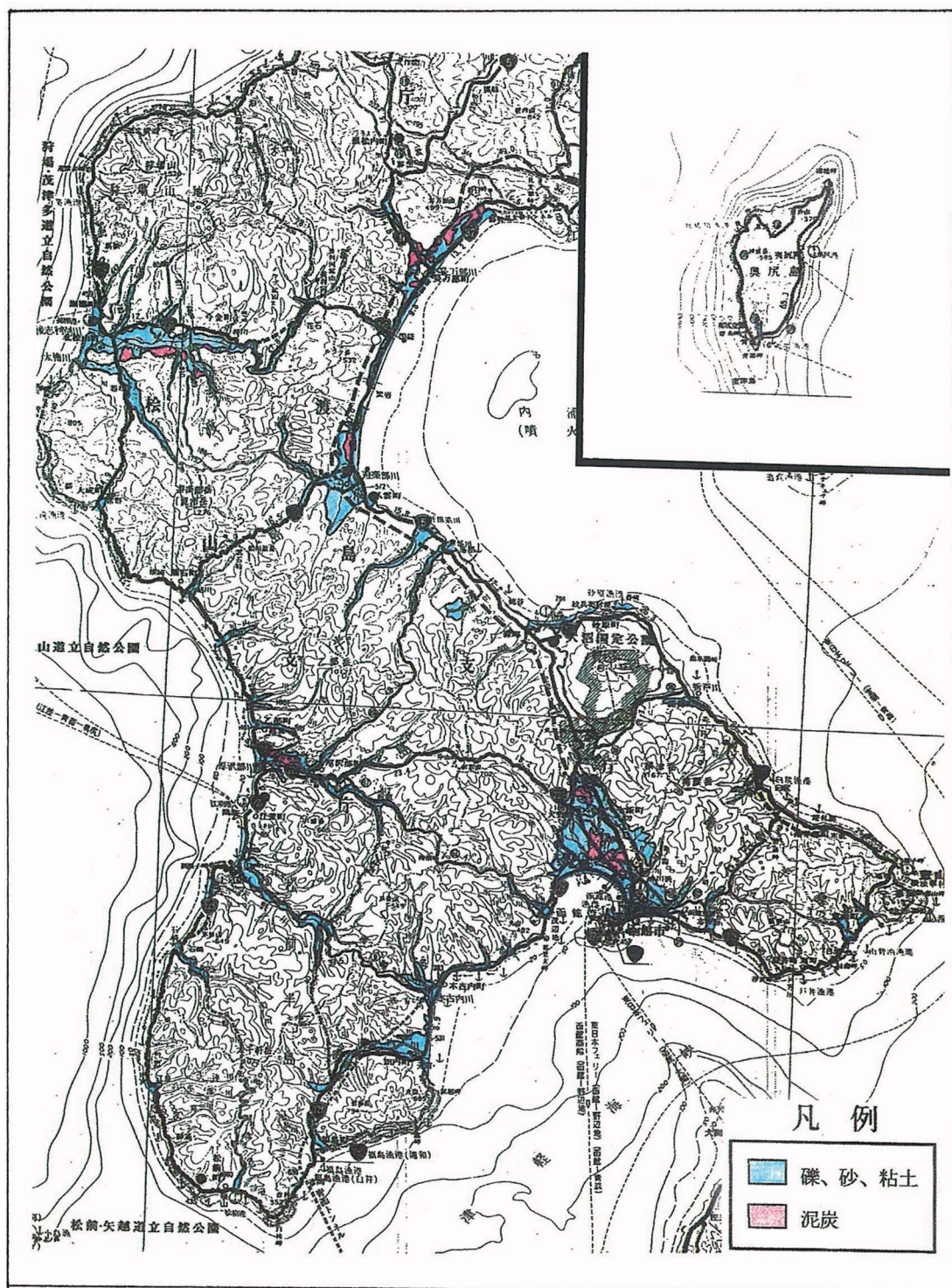


図2-2 沖積層の分布
Distribution of
alluvial deposit

3. 被害の概要

(1) 全般

「北海道南西沖地震」による北海道の被害は、渡島、檜山、後志支庁管内を中心として9支庁61市町村に及んだ。被害額，人的被害および物的被害として住宅被害数，土木被害数を取り上げ、過去の同規模の地震である「釧路沖地震」および「日本海中部地震」と比較したものを表3-1に示す。これによれば今回の地震は死者の数が最も多く、住宅被害（全半壊）は釧路沖地震よりも大きい。しかし、日本海中部地震での大規模な液状化により発生した住宅被害の数に比べるとかなり小さい。

土木被害については、釧路沖地震の半分以下の件数となっているが、今後さらに被害が増える可能性はある。なお被害額についてはまだまとまっていないが、1000億円近くになると言われている（7/20 北海道新聞）。青森県の被害については約3.3億円（7/13現在）と発表されている。

図3-1及び図3-2は、それぞれ土木施設別の被害の内訳と市町村別の被害内訳を示したものである。土木被害の中では、道路の被害件数が最も多く、全体の64％に達する。次に多いのが河川で全体の1/4を占める。また住宅被害が最も多かったのは、津波の影響を受けなかった長万部町で、その多くは液状化が原因と考えられる。

表3-1 過去の地震との被害規模 の比較

	北海道南西沖地震* ¹	釧路沖地震* ²	日本海中部地震
発生年	1993年	1993年	1983年
マグニチュード	M7.8	M7.8	M7.7
被害額	—	531億円	1640億円
人的被害	死者・行方不明 241人 負傷者 235人	死者 1人 負傷者 927人	死者 104人 負傷者 324人
住宅・土木被害	全半壊 751棟 損壊 1932棟	全半壊 199棟 損壊 4267棟	全半壊 5099棟 損壊 5962棟
土木被害	892件	1993件	2226件

*¹ 北海道南西沖地震の負傷者，住宅・土木被害数は北海道のみ（7月23日現在）

*² 5月31日現在の北海道の公表値

(2) 死傷者

死者は193人（青森県の1人以外は北海道），行方不明48人で、大部分は津波に関連した犠牲者である。津波以外では斜面崩壊の犠牲者が多い。奥尻町で発生した大規模斜面崩壊でホテルが埋まり数十人の犠牲者がでた。北海道の死者・行方不明者240人のうち約86％にあたる206人が奥尻町の犠牲者である。

(3) 住宅

住宅被害は、全壊549棟，半壊202棟，一部損壊1932棟などである。このうち奥尻町では401棟となっているが、まだ増える可能性はある。住宅被害の多くは津波によるものであるが、これ以外で住宅被害が多かったのは長万部町であり、被害戸数は509棟に及んだ。この付近で広範囲に起こった液状化が被害の主な原因と考えられる。

(4) 河川

堤防などの河川施設のうち227箇所被害があった。特に渡島半島の日本海に流れ込む後志利別川の堤防被害が大きかった。

(5) 港湾・漁港他

13港湾，49漁港で被害があった。函館港や森港などでは地盤の液状化により岸壁やエブロンに大きな被害が生じた。奥尻空港では滑走路に亀裂が入ったため閉鎖されていたが、7/17に運行を再開した。津波による漁船の被害は912隻にのぼった。

(6) 鉄道

江差線湯の岱－江差間，函館本線長万部－黒松内間が不通になったが、7/17に全線が開通した。

(7) 道路

道路575箇所，橋梁5箇所被害が発生した。寿都町磯谷の国道229号線の能津登トンネル付近で落石のため、国道5号線知来付近では道路盛土の崩壊のため、また島牧村白糸トンネルで斜面崩壊により、それぞれ通行止めとなった。

(8) 電気

道南地方では28,000世帯（江差町6100戸，八雲町5400戸，長万部町4900戸，函館市・上磯町4600戸，福島町3600戸など）が停電した。奥尻島では約2300戸のうち約2200戸が停電したが、7/16に全面復旧した。

(9) 上下水道

上水道は50箇所、下水道は26箇所で被害があった。上水道被害箇所は各市町村に分散しているが、下水道被害の半数は長万部町で発生している。

(10) タンク

奥尻島奥尻地区で発生した大規模な斜面崩壊により2基の石油タンクのうち1基に崩壊土砂がぶつかったためタンクが損傷し、石油が流出した。

土木被害内訳

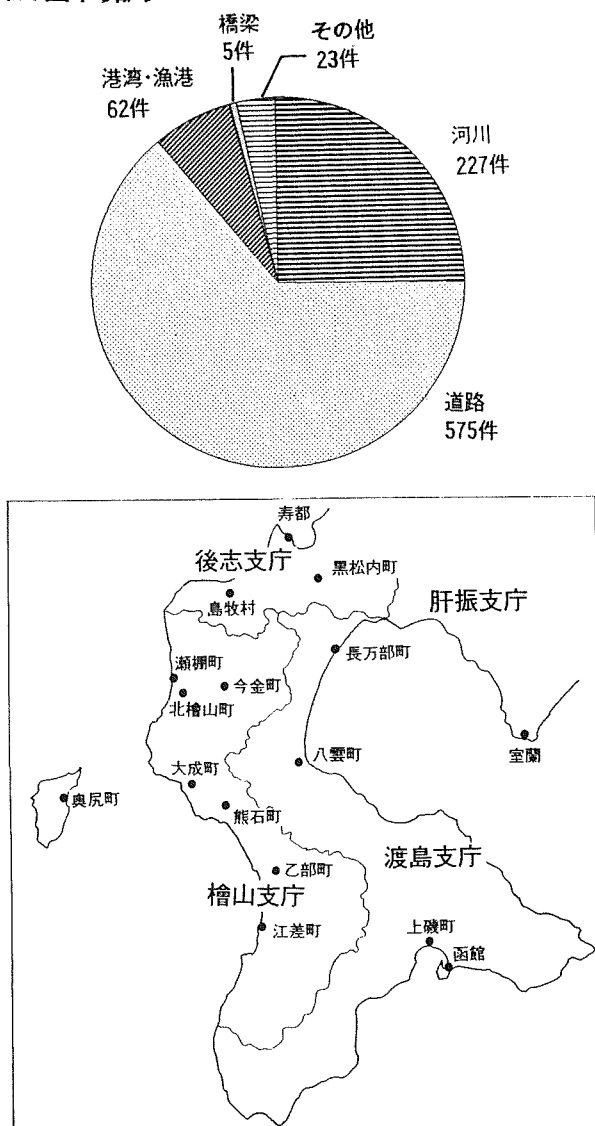
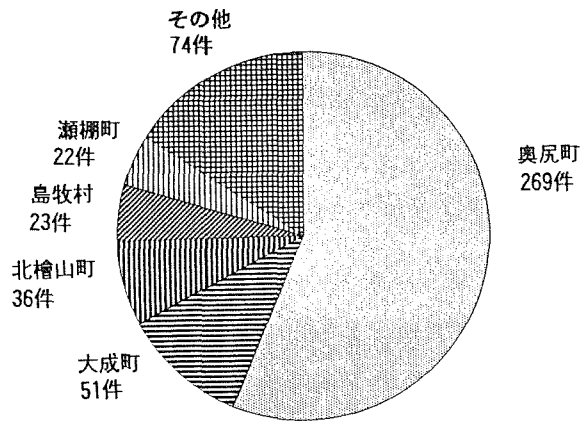
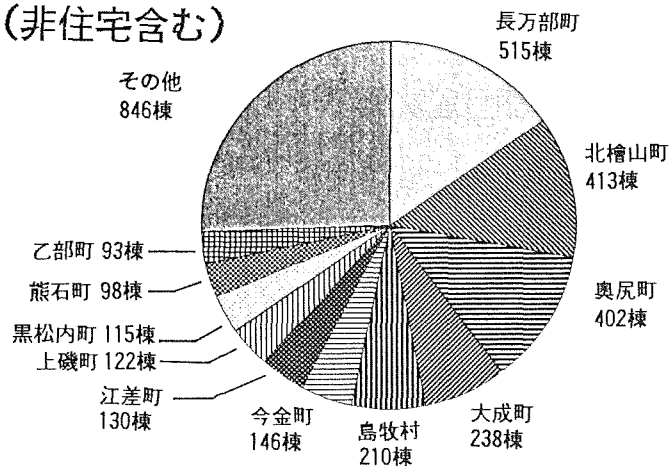


図3-1 北海道の土木施設別被害統計

人的被害



住宅被害（非住宅含む）



土木被害

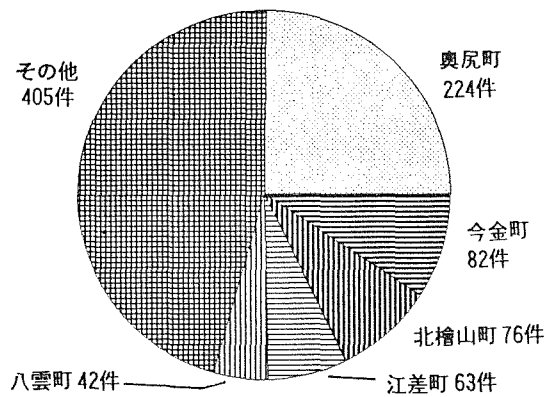


図3-2 北海道の市町村別地震被害統計

表3-2

地震被害集計一覧表（北海道）

項 目	支 庁 名	石狩支庁	渡島支庁	檜山支庁	後志支庁	空知支庁	宗谷支庁	胆振支庁	日高支庁	釧路支庁	計
人的被害	死 者		1	180	11						192
	行方不明			47	1						48
	重軽傷		5	30	3			4			235
	計		38	401	32			4			475
住家被害	全 壊		15	510	24						549
	半 壊		67	115	20						202
	一部損壊		815	749	349			19			1932
	床上浸水			62	73						135
	床下浸水		1	74	29			1			105
	計		898	1510	495			20			2923
非住家被害	全壊	公共建物		3							3
		その他	4	147	54						205
	半壊	公共建物	13	19	8						40
		その他	49	128	23						200
	計	公共建物	13	22	8						43
		その他	53	275	77						405
土木被害	河 川		31	169	27						227
	海 岸		6	15							21
	砂防設備			1							1
	道 路		171	382	22						575
	橋 梁		2	3							5
	港 湾		4	5	2			2			13
	漁 港		12	18	17			2			49
	空 港			1							1
	計		226	594	68			4			892
	漁港施設										
水産被害	共同利用施設		16	67	50			1			134
	その他		24	37	174						235
	漁 船		7	501	403	1					912
	計		47	605	627	1		1			1281
	水 道		13	23	7	3		4			50
衛生被害	病 院	公立	2	6	11	8		2	1	1	31
		個人		11	6	6		1			24
	一般廃棄物処理施設		5	5	1						11
	計		2	35	45	22	3	7	1	1	116
商工被害	商 業		540	695	284			72			1591
	工 業		92	32	15						139
	その他		290		88						378
	計		922	727	387			72			2108
公立文教被害	小学校		36	35	5						76
	中学校		18	17	2						37
	高 校		7	7	3			2			19
	その他		4	1	1						6
	計		65	60	11			2			138
	社会教育施設		28	20	4			3			55
社会福祉施設	公 立		18	18	1			1			38
	法 人		3	1	1						5
	計		21	19	2			1			43
その他	私立学校		13	2	9			2			26
	林業被害		19	135	12			1			167
	農作物 (ha)		14	1155	31						1200
	農地・農業用施設等		104	433	31						568
	公共下水道		26								26
	自然公園施設		1		4						5
	その他	1	21	12	4						38

平成5年7月23日10時現在

表3-3

被害の大きかった市町村の被害集計一覧表

町 村 名		奥尻町	今金町	北檜山町	江差町	八雲町	厚沢部町	源郷町	七飯町	長万部町	上ノ国町
人 的 被 害	死 者	162		4				5			
	行方不明	44		1				1			
	重軽傷	63	15	31	6	7	2	16		13	
	計	269	15	36	6	7	2	22		13	
	全 壊	399	2	49		2		25		9	
住 家 被 害	半 壊	2	8	37	3	11		11	1	38	1
	一部損壊		130	201	112	39	70	50	22	462	9
	床上浸水	1		12				31			
	床下浸水			13	8			37			
	計	402	140	312	123	52	70	154	23	509	10
非 住 家 被 害	全壊	公共建物									
		その他	4	56		2		17			
	半壊	公共建物	1	7		12	4	1			
		その他	2	45	7	20	5	9		6	
	計	公共建物	1	7		12	4	1			
土 木 被 害		その他	6	101	7	22	5	26		6	
	河 川	6	28	27	46	6	15	5	2	2	27
	海 岸	11		1		2				3	
	砂防設備			1							
	道 路	202	54	45	14	32	21	22	31	25	4
水 産 被 害	橋 梁	2						1			
	港 湾	2			1			2			
	漁 港			2	2	2		4		2	1
	空 港	1									
	計	224	82	76	63	42	36	34	33	32	32
衛 生 被 害	漁港施設										
	共同利用施設			4	5	6	1	21		2	5
	その他			8		21		5			2
	漁 船			37	25			105			
	計			49	30	27	1	131		2	7
商 工 被 害	水 道	2	4	4	1	2	2	4	1	1	1
	病 院	3	1	2	1	1	1		1	1	1
	公立	1			4			1		3	
	個人	2		3		1			1	3	
	一般廃棄物処理施設	8	5	9	6	4	3	5	3	8	2
公 立 文 教 被 害	計	163	59	153	65	53	37	70	12	83	35
	商 業		6	6		4	1	8	3	7	3
	工 業								1	56	
	その他	163	65	159	65	57	38	78	16	146	38
	計	2	7	9	5	2	1	3	1	3	6
社 会 施 福 設	小学校	1	1	2	1	1	2	1		1	4
	中学校	1		1	2			1	1	1	1
	高 校		1						1		
	その他	4	9	12	8	3	3	5	3	5	11
	計		1	5	6		1	2		6	2
そ の 他	社会教育施設	9	1		1			1		11	
	公 立						1				
	法 人	9	1		1		1	1			
	計										
	私立学校	25	45	33	4			5		1	
そ の 他	林業被害										
	農作物 (ha)		508	537	60		40	6	7		2
	農地・農業用施設等	3	206	148	23	36	46	2	6	5	1
	公共下水道					1			2	13	
	自然公園施設								1		
そ の 他	その他	2	1		6			1	1		2

平成5年7月23日10時現在

4. 道路・鉄道施設の被害

道路・鉄道施設としては盛土、橋梁、斜面・切土およびトンネルなどがあげられる。本章では、調査範囲の道路・鉄道施設のうち顕著な被害が見られた盛土、橋梁、斜面崩壊について報告する。なお新聞報道によれば、7/13正午現在、道路および鉄道の被害による通行止めは、道央・道南を中心に国道2路線2区間と道道19路線21区間であり、鉄道は江差線・海峡線が全線不通、函館本線蘭越―長万部間が不通となっている。

4.1 盛土（道路・鉄道）

（1）概要

道路盛土の被害としては、盛土崩壊、路肩崩壊、路面亀裂、橋梁取付部の沈下、変形等が見られた。亀裂および橋梁取付部の小規模沈下などの軽微な被害までを含めると、道南（奥尻島を含む）のいたるところで被害がみられるが、比較的大規模な被害は震源域に近い日本海側ではなく、より遠い太平洋側（内浦湾）に多く発生している。

日本海側をはしる国道228、229号線および奥尻島内の道路では斜面崩壊・落石による交通遮断あるいは津波による被害は見られるものの、道路盛土自体の大規模崩壊、変形は橋梁取付盛土部を除いて見られなかった。これに対し太平洋側では海岸性の砂層からなる低地が発達しており、地震動に加え液状化による被害が重なったため大規模・広範囲の被害となったものと考えられる。

今回の地震による道路盛土の被害を分類すると、以下の2つに大別される。

①.低地部における液状化に起因する被害（国道5号線長万部―八雲間、国道228号線上磯町付近）

②.丘陵地・低地境界部の盛土のすべり崩壊（国道5号線長万部町知来―^{わらびたい}蕨岱間、奥尻島空港付近）

一方、鉄道被害は前述したように、江差線・海峡線・函館本線において発生した。このうち函館本線での被害は、①に示す道路盛土崩壊箇所南東側の鉄道盛土の沈下、変形によるものである。

また、江差線の被害は渡島鶴岡―^{たなべたい}棚部岱間の鉄道盛土の変形によるものであり、現地踏査によれば液状化に起因するものと推察されるが、現時点ではその原因の詳細は明かではない。

(2) 国道5号線長万部町知来^{わらびたい}一^{ふた}蕨^{ふた}間

写真4-1～4-3は、函館から札幌に至る北海道の重要幹線のひとつである国道5号線長万部町知来一蕨間の盛土が長さ100mにわたって完全に崩壊した状況を示したものである。崩壊により最大2m以上の段差が生じている。車両3台（トラック2台、タクシー1台）が破損したが、車両破損自体はさほど大きくはないことから、ある程度の時間をかけて滑り破壊が発生したものと推察される。

同国道は被災地付近において知来川により形成された谷部を通っており、国道と平行してJR函館本線が通っている（図4-1）。被災箇所は谷部斜面（地山）と谷底平野の境界部にあたり、崩壊土砂は南東側のJR函館本線まで達している。

盛土材料は火山灰性の粘性土であり液状化による崩壊ではないと考えられるが、丘陵地末端部に当たるため盛土のり尻部では地下水の湧出がみられた。

なお、崩壊盛土東側路肩地中部には通信ケーブルが敷設されており、盛土崩壊によりケーブル切断等の被害を受けた。

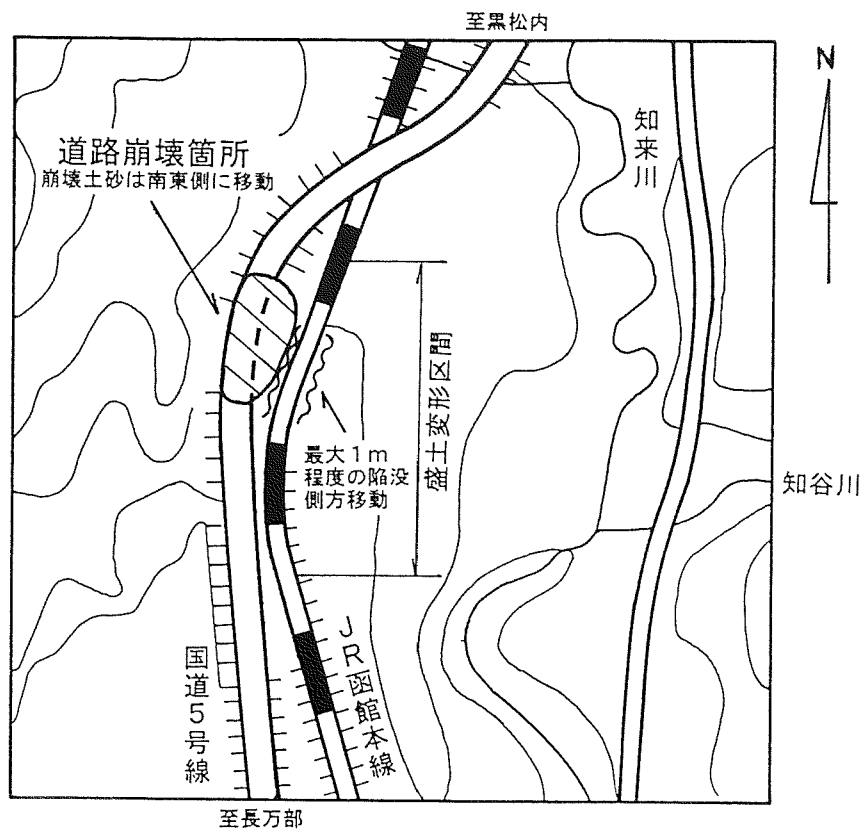


図4-1 被災地周辺地形模式図



写真4-1 道路盛土の崩壊（国道5号線知来－蔵岱間）
黒松内側より長万部方向を撮影
Collapse of road embankment (Highway Route No. 5)

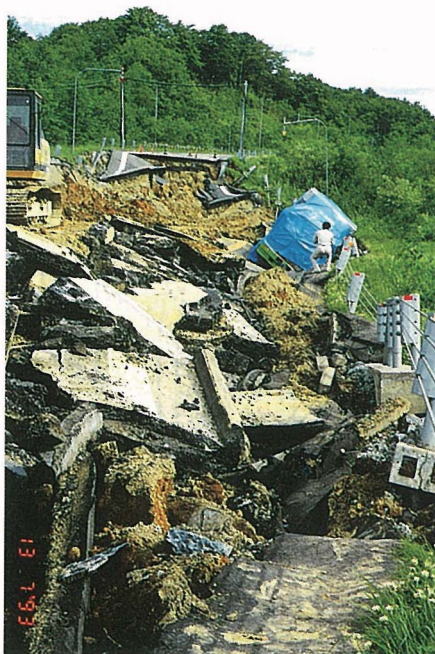


写真4-2 同 上
長万部側より黒松内方向を撮影
Same as above



写真4-3 同 上
崩壊により生じた段差
Same as above

(3) JR函館本線長万部町知来－蕨岱間

写真4-4及び4-5は、前述の国道5号線盛土の崩壊箇所の南東側約50mに位置する函館本線の鉄道盛土の崩壊状況を示したものである（図4-1参照）。盛土のり部が側方に滑ることにより中央部が大きく（最大1m程度）陥没し、レール及び枕木が浮き上がっている。その付近数百mにわたり鉄道盛土の変形による線路の沈下および蛇行がみられた。なお被害区域は前述した知来川により形成された谷底平野（最上位層は泥炭層であると考えられる）上の盛土である。



写真4-4

鉄道盛土の崩壊（JR函館本線
二股－蕨岱間）
長万部側より黒松内方向を撮
影

Collapse of railway nkment



写真4-5

同上
黒松内側より長万部方向を
撮影

Same as above

(4) 奥尻島空港付近

写真4-6及び4-7は、奥尻島南部の台地部に位置する奥尻空港北東側の道路盛土の路肩部崩壊を示したものである。被災箇所は台地部と斜面部の境界にあたる盛土であり、盛土西側には小さな池が存在する（湧水地区であると推察される）。この池側に盛土のり肩部からのり尻にかけて滑り崩壊を起こしたため、道路盛土路肩部に大きな亀裂（長さ25m、幅1～1.5m、深さ1.5m）が発生している。なお滑り面が盛土内部か原地盤に達しているかは定かではない。斜面端部の盛土のすべり破壊である点で前述の国道5号線長万部町知来一蔵岱間の盛土崩壊と類似している。



写真4-6
道路盛土路肩部の亀裂
Cracks on the side of the road embankment



写真4-7
のり尻部のU字溝の変形
Deformed U-shaped channel on the side of the road

(5) 国道5号線長万部町中ノ沢－豊津

写真4-8は、国道5号線長万部町中ノ沢－豊津間において道路盛土が変形し波打っている状況を示したものである。被害区間は海岸性の砂層からなる低地が発達しているものと考えられ、沈下・変形を起こしている盛土周辺には噴砂孔がみられ、盛土変形が液状化に起因することは明かである。また、路面の波打ちだけでなく、その前後区間では路肩の側方移動、沈下（写真4-9～写真4-10）が多くみられ、部分的にはあるが道路盛土全体が海側に側方流動している箇所もみられた。なお道路周辺地盤には非常に大きな亀裂がいたるところに発生している（写真4-11）。

被害道路が基幹路線であるため、調査時点（7/14）では、大きな被害箇所は既に応急対策として砂利が入れられていたため、詳細な被害状況の観察はできなかった。

被害区間周辺の構造物等についても液状化に起因する被害が至るところでみられることから、道路盛土自体の液状化ではなく、その下部の原地盤の液状化による被害であると考えられる。波打ちはの周期は20～30m程度で、非常に規則的であるが地震動周期との関連性等については明かではない。



写真4-8 道路の波打ち（長万部町豊津付近）
Wavy road



写真4-9

路肩部の崩壊(応急対策として既に砂利が入れられている)
Cracks on the side of the road
(Gravels are placed on the cracks as an emergency measure)



写真4-10 引き込み部との段差
Subsidence of the pavement



写真4-11 道路周辺地盤の亀裂
Ground cracks in the vicinity of the road

(6) 国道228号線上磯町付近

写真4-12～写真4-13は、国道228号線上磯町付近の被害状況である。同地区は(5)に示した長万部地区と同様、海浜性の砂層に覆われているものと考えられる。道路工事中の盛土で噴砂が生じ（写真4-14）、橋梁取付部の盛土では5～10cm程度の沈下が認められた。また歩道のアスファルトに亀裂が発生し、その亀裂からの噴砂もみられた。このような状況から付近全体に液状化が発生したものと考えられる。また付近の住宅（杭基礎）の状況から地震による地盤沈下量は10cm程度であると考えられる（写真4-15）。

写真4-16～写真4-17は、町道の歩道部に生じた被害である。延長350mにわたって歩道部に不陸が生じた。道路は高さ約1.5mの盛土であり、側方の擁壁が変位したために生じた被害である。



写真4-12 歩道の亀裂・陥没
Cracks and depression in the sidewalk



写真4-13 同 左
Same as on the left



写真4-14

道路工事中の盛土での噴砂孔

Sand boils inside a road construction site



写真4-15

住宅（杭基礎）周辺地盤の
沈下（10cm）

Ground settlement in the vicinity of
a pile-supported building



写真4-16

歩道と車道の開き（上磯町
町道）

Open crack between road and sidewalk



写真4-17

道路の亀裂，擁壁のはらみ
出し

Cracks on the road and lateral
displacement of the retaining wall

4.2 橋梁

橋梁関連の被害としては、橋台背面盛土の沈下による段差については道南及び奥尻島のいたるところに見られたが、釧路沖地震でみられたような橋脚本体の亀裂等の被害は確認できなかった。

(1) 柳崎橋及び周辺地盤の変状

柳崎橋は国道227号線が厚沢部川を渡る橋梁である。当橋梁は鋼橋であり、橋桁の車道部と歩道部は別桁構造となっている。車道部は歩道部と比較して変形が大きく、歩道部より5 cm下がっている（写真4-18）。橋梁左岸橋台（可動支点）の支承部が変形し、上流側のものは一部切断されている。また、橋梁右岸橋台（固定支点）の下流部の落橋防止装置が圧縮変形し（写真4-19）、固定部にも変形が認められる。

南側橋台の背面盛土（盛土高さ約3 m）は、液状化により海側に約1 m側方流動し（写真4-20）、のり肩約2 mはテンションクラックが発達し、すべり破壊が認められる（写真4-21）。



写真4-18 車道部と歩道部との段差

Relative subsidence between
the road and the sidewalk

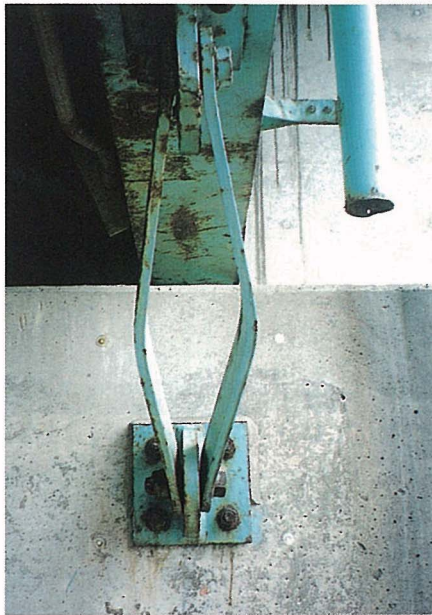


写真4-19

落橋防止装置の圧縮変形
Bending of the bridge stopper



写真4-20

背面盛土の側方流動
Lateral deformation of the road embankment



写真4-21

背面盛土のり肩部の崩壊
Failure on the side of the road embankment

(2) 真栄橋基礎部の地盤

真栄橋は国道229号線が後志利別川を渡る橋梁である。この付近の地盤には噴砂が多数見られ、付近の堤防には亀裂が入るなどの被害が生じている。真栄橋の橋脚の周りにも液状化が原因と考えられる大規模な地割れや噴砂が見られたが、橋脚自体には、亀裂などの被害は見られなかった（写真4-22）。橋脚の周辺にのみ見られる大きな地盤の亀裂は、橋と液状化した地盤の相互作用の結果、生じたと考えられる。調査を行ったのは右岸側の3本の橋脚と橋台である。橋台に最も近い橋脚（便宜的にP₁と呼ぶ）では、橋脚と地盤の間に最大47cmの隙間が開いており、また橋脚の河心側側面には幅15cm程度の亀裂が生じていた（写真4-23～写真4-24）。P₂橋脚にもP₁と同じような地割れが生じていたが、橋台と最も流路に近いP₃橋脚周辺には変状は見られなかった。橋脚と橋脚の間にも地割れや噴砂が多数あり、P₂とP₃の間の地割れが特に顕著であった。橋脚間に生じていた大きな地割れの中には、写真4-25のように噴砂が生じた後に地割れが起こったと考えられるような事例もあった。



写真4-22 真栄橋の橋脚
Pier of the Shinei bridge

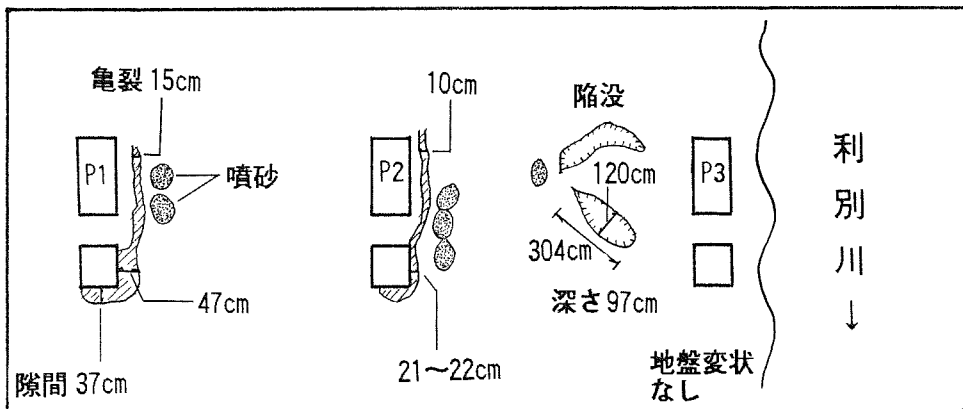


図4-2 真栄橋基礎部の地盤変状概略図
Outline of ground failures in the vicinity
of Shinei bridge foundation



写真4-23

橋脚と地盤の間にできた隙間

Gap between the bridge pier and the ground



写真4-24

橋脚近傍にみられた大きな亀裂

Large ground crack in the vicinity of the bridge pier



写真4-25

噴砂と噴砂の後に出来たと思われる割れ目

Sand boils and the ground crack which apparently occurred after boiling

4.3 斜面崩壊

奥尻島では奥尻港背後斜面で大規模な崩壊が生じ、20数名の死者・行方不明者がでた他、渡島半島の日本海沿岸を走る国道229号線では、斜面崩壊のためトンネルの一部が破壊するといった被害が生じた。また他にも多くの斜面崩壊や落石が発生した。ここでは奥尻港背後斜面の崩壊などの事例を紹介し、若干の考察を行った。

(1) 奥尻町奥尻港背後斜面

フェリー乗り場の背後斜面が、高さ100m、最大幅150mにわたって崩壊を起こした。この崩壊により、斜面の下にあったホテルおよび隣接家屋が押しつぶされ、多数の死者・行方不明者が出た（写真4-26）。この崩壊は島の北より中軸部から東南東に伸びる台上尾根の東側末端の崖縁（標高110m前後）以下が崩れ落ちたものである。崩壊堆積物は崩落崖下標高40～60mから奥尻港岸壁までの水平距離約150mの間に分布しており、標高5m以下の崩壊堆積物は崩落直後に津波に襲われ、波をかぶり一部は流出、再堆積している。崩落北側の下部には斜面角度がおよそ45°～60°の安定した原斜面とみられる岩盤が露出しているが、この岩盤は崩壊によって落下した岩塊の可能性もある。現段階ではデータ不足で判定は困難であるが、崩壊部分を斜面頂部から1/2（標高50～60m付近）の高さまでと考えると、崩壊土量は5万～7万m³、斜面の下端まで崩壊部が達しているとするとその倍の体積となる。斜面を構成する岩盤は、表土および火山灰起源のロームと、およそ200万～600万年前の時代の地層で仏沢層と呼ばれる火山円礫岩と砂岩・凝灰岩互層からなる¹⁸⁾。地層面はほぼ水平に近い状態であるが、南西へ5°～10°ほど緩く傾斜している。崩壊崖は東側に50°～70°傾斜する平滑な急斜面を形成していて、崩落前の斜面の崖縁を5～10m後退させて形成された。この壁面は南北方向の面をもち、地層面とは大きく斜交している。また遠望観察の限りでは、崩壊壁面の岩盤は全体的に乱されておらず安定している。地下水の流出は砂岩・凝灰岩互層中で崩壊壁面の南側に認められるが、上位の火山円礫岩中には認められなかった。

崩壊した堆積物の中には、100m以上も滑走しているのに巨大岩塊（十数～数十mの大きさ）の内部が破壊をうけ碎片化していないもの（写真4-27）がある。洋々荘の生存者の証言からは部屋に侵入した土塊は必ずしも部屋全体を満たしたわけではなく所々に隙間を生じていたらしい。崩壊堆積物頂部の植生が崩壊以前に近い状態で直立していることも合わせて考えると、水の関与による岩塊全体の流動化はほとんど起こっていなかったものと思われる、大規模な回転や流動を伴わない大規模剥落

・滑動的な崩壊、いわゆる“岩すべり”であったと考えられる。砂岩・凝灰岩互層中には層理面にほぼ直交する急傾斜の節理面が生じており、節理面に沿って風化作用の進行が認められ、これに起因する斜面表層部で岩体の脆弱化がかなり進行していたと推定される（写真4-28）。北側の崩壊壁にはN-S方向で垂直に近い面を持つ割れ目が4, 5本認められ、その内の1本は崩壊壁の外側まで発達している。大規模な余震や多量の降水などによって再崩落を起こす可能性があり、今後も注視する必要がある。

この他、同所では崩壊土砂が石油タンクにぶつかったため、タンクが変形・破壊し、油が流出するという被害があった

（写真4-29）。

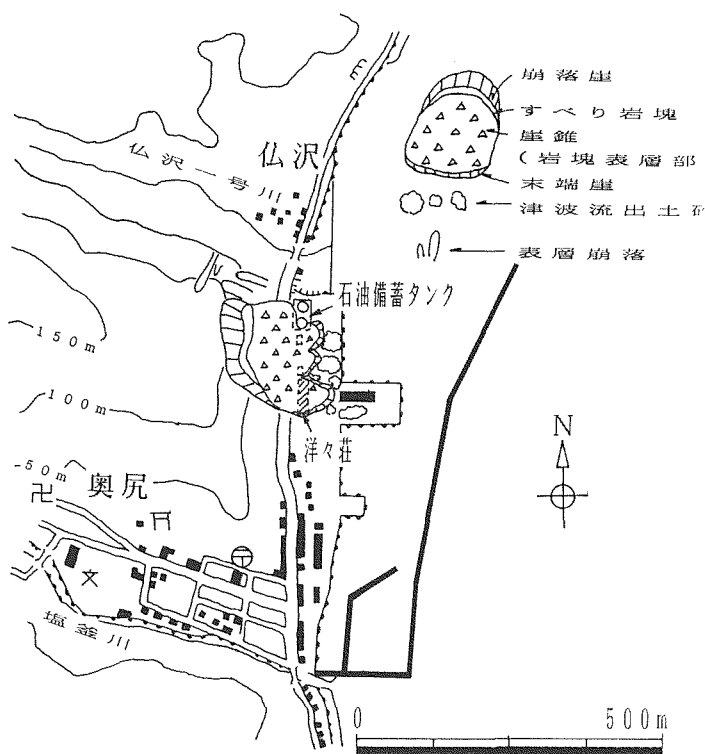


図4-3 奥尻港背後斜面の崩壊平面図

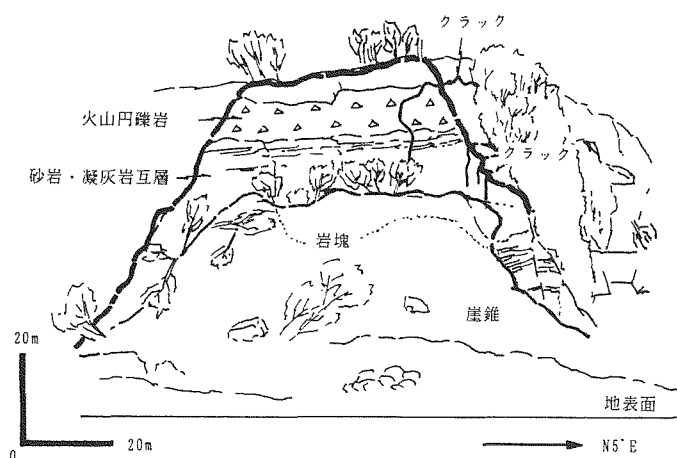


図4-4 奥尻港背後斜面崩壊面のスケッチ



写真4-26 奥尻港背後斜面の大規模崩壊（北東側から撮影）

Large-scale slope failure near Okushiri Port
(photo taken in north-east direction)



写真4-27

岩塊の断面
岩相は火山円礫岩である
斜面の原表面が保存されてお
り、西側に20°程度傾斜して
いる

Cross section of rock mass.
The stratigraphy consists of
volcanic conglomerate.

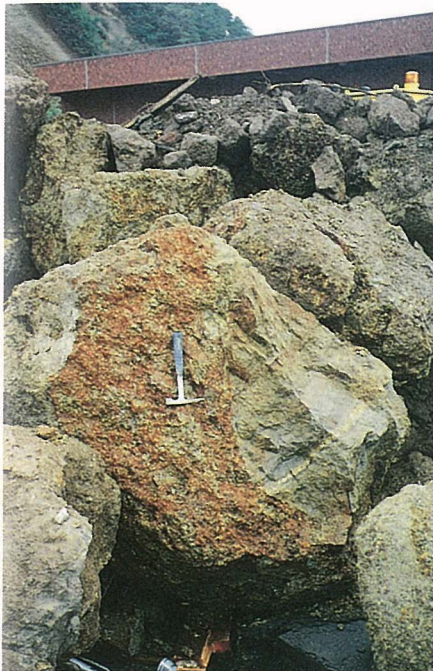


写真4-28 崩壊ブロックにみられる
風化面
Reinforcement layer as seen from
the collapsed block



写真4-29 破壊された石油備蓄タンク
Damaged oil tank at the foot of the slope

（２）奥尻島におけるその他の斜面崩壊・落石

【奥尻町釣懸川^{つりかけ}下流域】

崩壊の部分は表層剥離による落石を主体とした崩落である（写真4-30）。道路上に崩落し、落石防護フェンス、ガードレールを破壊、7月16日現在、通行不能な状態である。崩落した岩塊の岩相は細礫を含む細粒凝灰岩を主としている。崩落は、南向き人工掘削斜面で発生しており、その面の方向は南方約500mを西南西から東北東に伸びる谷地断層のそれと調和的である。

【奥尻町青苗周辺】

花崗岩体の崩落である（写真4-31）。花崗岩中の節理面に沿ってブロック化、崩落が起こっている。

【奥尻島西海岸】

奥尻島西海岸は地震の震源に面しており、最も強い地震動を受けた地域と考えられる。調査した地震発生後10日の時点でも夜間は通行止めになっていた。写真4-32～写真4-33は、それぞれ落石により破壊した防護壁，電柱であり、直径約2 mを超える岩塊が道路にまで達していた。このような落石箇所は西海岸の延長約10km間に10ヶ所以上を数えた。



写真4-30

崩壊により道路構造物が破壊
Landslide spilling over a road



写真4-31

節理面に沿った花崗岩の崩落
Rock fall on the side of the road



写真4-32

落石による防護壁，電柱の被害
Damaged retaining wall and fallen
electric post due to rock fall



写真4-33

落石による電柱の被害
Damaged electric post due to rock fall

(3) 北檜山町久遠沢中流付近 (国道229号線)

長径1～2 mのブロックを主体とする崩落である(写真4-34～写真4-35)。道路部への被害は東側路肩に崩土が残るほか、車線上にも若干の落石痕が認められる。崩落面は平滑で、落差はおよそ30mに達している。崩落面を構成する岩石の岩相は非常に発泡度の良い酸性火山碎屑岩(火山角礫岩)で粘土化の進行が認められる。崩落岩層の上位には風化して角礫化した砂岩(あるいは凝灰岩)が重なるが、崩落は起こしていない。



写真4-34

斜面中腹からの崩壊

A failure halfway above the slope



写真4-35

同 上

Same as above

(4) 大成町白泉橋南方崖（国道229号線）

最大長径2.5mに達するブロックの崩落。被害は、道路部側壁のコンクリートにわずかに破壊が認められる程度である（写真4-36～写真4-37）。崩落した壁の岩相は発泡の良い火山砕屑岩（火山礫凝灰岩）であるが、流理構造が認められる。基岩の流理構造の面は南南西に急傾斜しており地震によってこの面に沿った剥離が進行して崩落にいたったものと推定される。



写真4-36 山頂付近からの斜面崩壊
Slope failure from the top of
the mountain



写真4-37 崩落崖と同じ岩相中に認め
られる流理構造
A close-up view of the rock
structure

(5) 第2白糸トンネル(国道229号線)

国道229号線第2白糸トンネルは、背後斜面の崩壊により延長約30mにわたって被害を受けた。特にほぼ中央部の6m区間は完全に破壊し、崩壊土砂がトンネル内に流入した。その前後は土砂流入はないものの、上半部が破壊、もしくはクラウン部に亀裂が入った。崩壊した背後斜面は、標高がおよそ180m、勾配が80°程度の急崖となっている。崩壊土砂は最大約3mの巨礫を含めた岩塊からなり、海にまで達した(写真4-38～写真4-40参照)。



写真4-38

被害のあった白糸トンネル
A view of the damaged tunnel



写真4-39

トンネル坑内への
崩壊土砂の流入
Slide materials blocking the tunnel



写真4-40 トンネル被害のあった斜面崩壊地点の全景
Location of slope failure and damaged tunnel

（６）その他の斜面崩壊

【瀬棚町三本杉北西崖（国道229号線）】

酸性火山岩のドーム状溶岩からの崩落である（写真4-41）。道路部への被害は認められない。崩落した岩石は比較的径の小さなもの（10数cm～数10cmオーダー）を主体としている。崩落は、溶岩中に発達した節理面が地震によって剥離し、小片化して発生したものと考えられる。崖錐斜面を形成している。

【瀬棚町弁天岬（国道229号線）】

塊状溶岩体の内部に発達した節理系に沿ってブロック化した岩体が地震によって崩落したものと考えられる。道路部へは路肩に崩積が認められる程度で破壊は認められない（写真4-42）。

【瀬棚町獅子岩（国道229号線）】

火山碎屑岩からなる痩せ尾根の末端崖が倒壊した（写真4-43）。南東に緩傾斜する堆積面は、層理面など剥離する面として発達していないが、これにほぼ直交する亀裂面に沿って倒壊している。

【蘭越町三笠地区】

当該地においては高さ約15m程度の火山灰からなる自然斜面が延長約50mにわたって崩壊した（写真4-44～写真4-45）。崩壊土砂の移動距離は約70～80mにおよび、そこにあった水田の大半を埋めた。斜面上部は水田に利用されており、常時から水の供給があったものと考えられるが、一般的に火山灰からなる自然斜面は侵食を除いて安定上の問題は少ないものとされていたが、この点については今後の調査・検討が必要であると考えられる。



写真4-41 瀬棚町三本杉 柱状節理が小片化して崩落
A shallow-seated landslide



写真4-42

瀬棚町弁天岬
塊状岩体の一部が崩落
A rockfall on the side of the mountain



写真4-43

瀬棚町獅子岩
岩体中の節理面に沿って倒壊
Collapse in rock formation



写真4-44 蘭越町三笠地区 火山灰の自然斜面の崩壊

A view of the escarpment of the slide.

The slide material is made of volcanic deposit.



写真4-45 同 上

Same as above

(7) 斜面崩壊の特徴

今回観察された斜面崩壊は、奥尻港背後斜面や第2白糸トンネルを除いて比較的小規模なものが多く被害も小さかった。その形態はほとんどが既存の割れ目からの崩落で、奥尻港の場合も割れ目の形成機構を無視すれば同じ形態を有しているといえる。奥尻港背後に発生した崩壊は東南東に伸びるやせ尾根の末端に位置し、50°前後の急斜面が標高110mまで続き、この島では特異な箇所にある。急勾配が連続する安定性の低い東向き斜面で北北西下方からやってくる地震波が増幅され、これが大崩壊をもたらしたと考えられる。

これらの崩壊地における崩壊条件として斜面の傾斜と向き、斜面構成地質の物性とくに風化・変質状態、地質構造、地震応答の相違などの検討が重要な課題となる。

また、今回は崩落や崩壊にはいたらなかった斜面にあっても、地震によって地盤にゆるみの発生しているところが少なくなく、このような場所は今後発生するであろう大規模な余震や別起源の地震、多量の降雨、浸透水の凍結・融解等によって崩壊や滑動が誘発される可能性があり、留意するとともに危険度分級等の調査が望まれる。

5. 河川堤防とその周辺の被害

本章では後志利別川、尻別川、厚沢部川の3河川の被害について報告する。これらは道南地方を代表する河川であり、いずれも日本海に注いでいる。

(1) 後志利別川^{しりべしとしべつ}

河口から上流約15kmにわたる広い範囲の河川堤防に被害が生じた。被害の形態は、①縦断クラック、②横断クラック、③沈下・陥没、などである。

写真5-1は、河口付近の兜野橋周辺の河川堤防の堤体のり面に生じた縦断亀裂で、亀裂幅は50cm程度、延長は30m程度である。写真5-2も同じ地点に発生した堤防天端の縦断亀裂・陥没であり、幅は最大1mに及ぶところがあった。また延長は50m程度である。写真5-3～写真5-4は、河口より約4km上流の真栄橋周辺の堤体に生じた縦断および横断亀裂である。

写真5-5は堤体復旧工事の様子であるが、沈下量の最も大きな地点の電柱は液状化により一段低くなっているのが確認される。写真5-6は堤外地における噴砂の状況であるが、堤体に前述の①～③の被害が確認される地点では、ほとんどの全ての地点で噴砂が確認された。

後志利別川沿線の水田・畑では、液状化による亀裂・噴砂が多数発生し、大きな被害が生じている。写真5-7は、液状化により約150mの区間で地盤が側方に移動した様子を示したものである。電柱は約3～4m移動し、道路も2m程度移動しているのが確認される。周辺の水田、畑には噴砂が確認され、水路と平行に亀裂が発生していた。写真に見られる水路は完全に閉塞したため、水路断面確保のための工事が行われていた。図5-1には、その様子を模式図に示した。

写真5-8～写真5-10は、近隣の道路崩壊箇所である。道路盛土は高さ約1.5mであり、液状化により陥没破壊を生じた。排水マスは浮き上がり、管は接合部ではずれていた。写真5-11は液状化によって浮き上がった浄化槽である。また写真5-12～写真5-14は、水田に生じた噴砂および亀裂であり、水田の保水機能は完全に失われていた。写真5-15は、液状化に伴う地盤の側方移動により畦道が変形した状況を示している。写真5-16は液状化に伴う沈下により水田の一部が水没したものである。



写真5-1

堤防のり面の縦断亀裂

Longitudinal cracks on the side of the levee



写真5-2 堤防天端の亀裂・陥没
(兜野橋付近)

Cracks and subsidence on the crest
of the levee

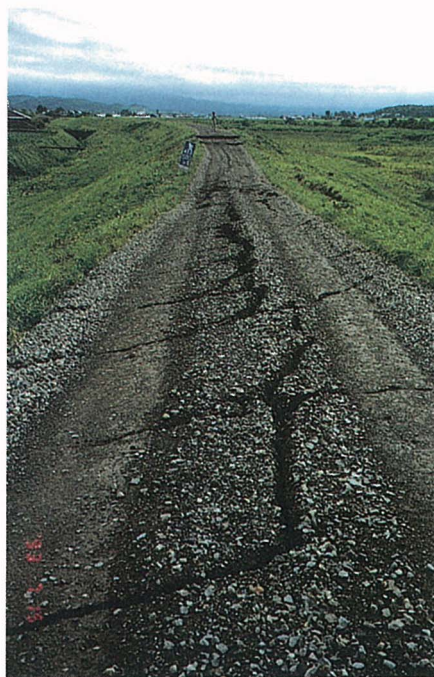


写真5-3 堤防天端の縦横断亀裂
(真栄橋付近)

Longitudinal and transverse cracks
on the crest of the levee



写真5-4

堤防天端の横断亀裂
(真栄橋付近)

Transverse cracks on the crest of the levee



写真5-5

堤防の復旧状況
のり尻の電柱が1本沈下して
いる

Levee under repair

Note the settlement of the electric posts
on the right portion



写真5-6

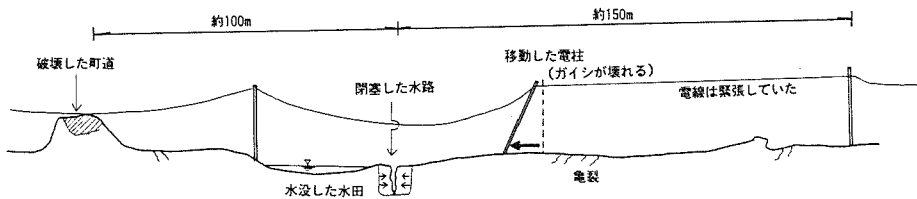
堤内地の噴砂

Sand boils near the levee



写真5-7 後志利別川沿線地区における液状化による側方流動（瀬棚町豊田）
Lateral displacement due to liquefaction near siribeshi toshibetsu river

断面図



平面図



図5-1 液状化による地盤変状模式図（瀬棚町豊田地区）
Location of ground failure and liquefaction



写真5-8

道路の陥没

Subsidence of the road



写真5-9

排水マスの浮き上がり

Floating of the drainage box



写真5-10

排水マスの浮揚による埋設管
の抜け出し

Pulled-out buried pipe as a result
of the drainage box being uplifted



写真5-11

浄化槽の浮き上がり
(瀬棚町豊田)
Uplifted sewage treatment tank



写真5-12

水田に生じた噴砂
(瀬棚町丹羽)
Sand boils in the rice field



写真5-13

水田に生じた地割れと噴砂
(同上)
Ground opening and sand boils
in the rice field



写真5-14

水田に生じた噴砂
(瀬棚町豊田)

Sand boils in the rice field



写真5-15

畦道の変形にみられる側方流動
(瀬棚町丹羽)

Deformation of the road



写真5-16

不同沈下した水田
(瀬棚町豊田)

Rice field which settled unevenly

(2) 尻別川

尻別川は、河口から約10kmの範囲で後志利別川と同じ種類の被害が生じた。写真5-17～写真5-18は、張りブロックのすべり・沈下であり、段差より沈下量は約50cmと推定される。写真5-19は、同じ張りブロックの前面がめくれ上がるような形になっている状況であり、これは堤体が河心方向に移動した結果、生じたものであると考えられる。写真5-20は、堤体の応急復旧工事の様子であり、ビニールシートの上に土嚢を積んでいた。尻別川においても変状が見られる地点においては、液状化による噴砂が確認された（写真5-21）。



写真5-17

尻別川堤防ブロックの沈下によって出来た段差

Vertical gap resulting from the settlement of the dike block



写真5-18

同 上

Same as above



写真5-19

尻別川堤防ブロックの変状
Deformation of the river dike block



写真5-20

堤防復旧状況
Levee under repair



写真5-21

堤外地の噴砂
Sand boils near the levee

(3) 厚沢部川^{あつさぶ}

写真5-22は、厚沢部川河口付近における堤防天端の縦断クラックおよび沈下である。堤外地においては噴砂が確認された。写真5-23はのり面の縦断クラックである。



写真5-22

厚沢部川堤防の縦断亀裂

Longitudinal cracks on the crest of the levee



写真5-23

堤防のり面の縦断亀裂

Longitudinal cracks on the side of the levee

6. 港湾・漁港の被害

今回の地震で港湾及び漁港施設（図6-1参照）も各地で被害を受けた。渡島半島には重要港湾である函館港をはじめ、6ヶ所の地方港湾、11ヶ所の第3種漁港、5ヶ所の第4種漁港およびその他多くの小漁港がある。なかでも震度4の函館港が、液状化により最も大きな被害を受けた。

調査行程の関係で、すべての港を調査することはできなかったが、ここでは調査を行った函館港を中心に主要な港湾（小樽港、室蘭港や奥尻空港も含む）及び漁港の被害状況についてまとめた。

6.1 函館港（重要港湾）

（1）被害状況

震度4の地震動にみまわれた函館港では、多くの港湾施設に被害が見られた。函館港の平面図及び主要な被害を図6-2に示す。函館港の施設のほとんどは、埋立地に位置すると思われるが、詳細は明かでない。被害の大きかった港湾施設は、若松埠頭南部、万代埠頭、北埠頭、フェリー埠頭などである。主な被害形態は、エプロン、背後地盤の沈下による亀裂・段差で、一部には岸壁のはらみ出しや段差・ずれも見られた。各被害地点周辺には随所で噴砂が見られたことから、上記の被害は液状化が原因であると推定される。一方、豊川埠頭、西埠頭、中央埠頭の被害は、比較的小さく、亀裂・段差などが見られた程度であった。なお函館漁港、函館ドック、有川埠頭などは、調査を行っていないので、被害の状況は明かでない。

（a）若松埠頭南部（摩周丸記念館付近）

内海側では、写真6-1のように岸壁の段差・ずれが見られ、その手前、前面のアスファルト舗装部は、写真6-2に示したように舗装部の移動・陥没や側溝の変状が見られた。また埠頭先端部付近では、乗船部基礎コンクリート柱の傾斜も見られた（写真6-3）。一方、外海側では写真6-4～写真6-5のように岸壁背後に段差と大きな隙間ができ、それに伴って鋼材が変形している。写真6-6は岸壁背後地盤の沈下によって生じた段差であり、その量は約70cmに達している。これらの被害により摩周丸記念館は一時営業を見合わせていた。

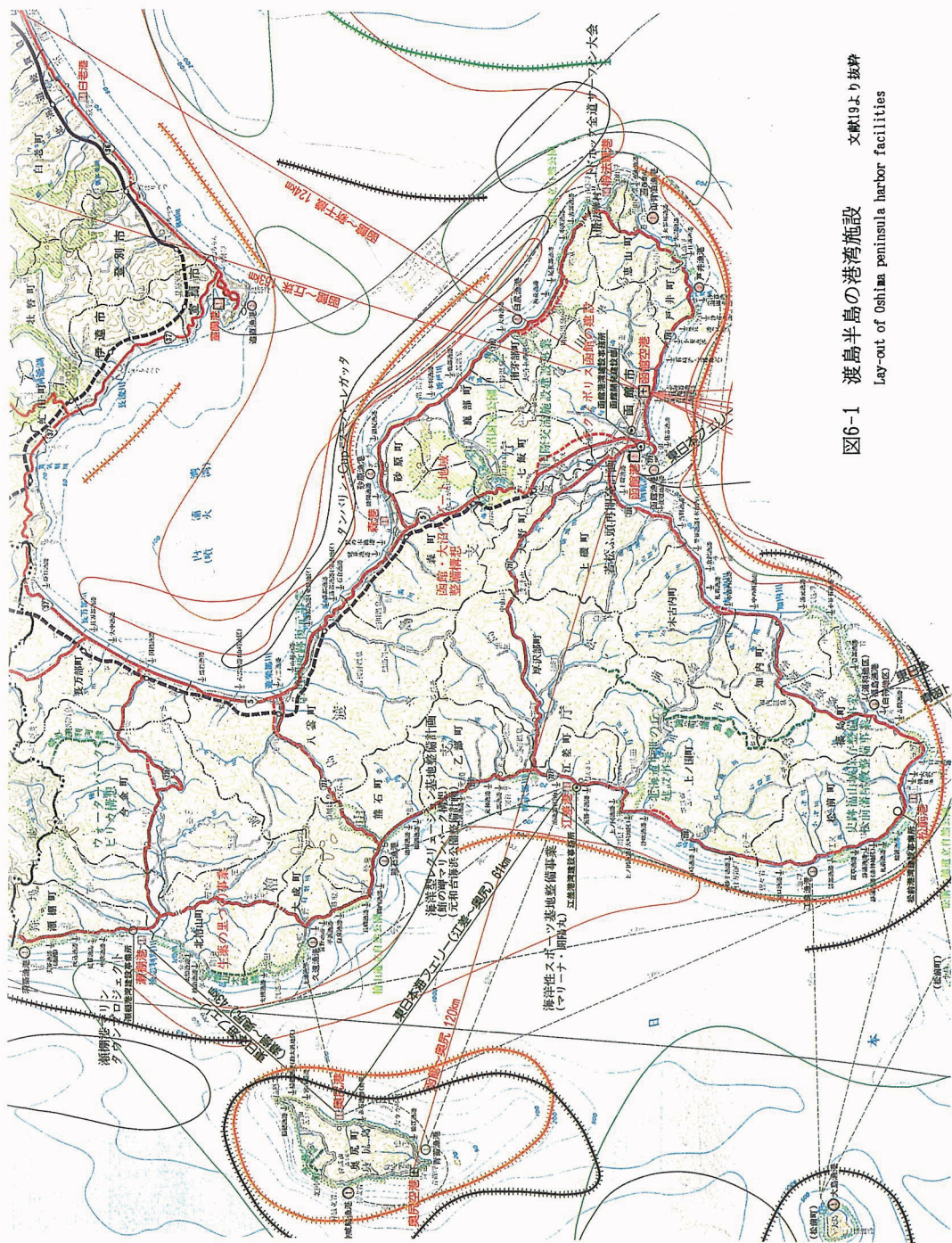


図6-1 渡島半島の港湾施設 文獻19より抜粋
 Lay-out of Oshima peninsula harbor facilities



(b) 万代埠頭

万代埠頭では、埠頭前面で写真6-7～写真6-8のようにエプロン背後に段差が見られ、コンクリート目地付近には噴砂が見られた。埠頭中央部付近には、約10cmの段差と写真6-9に示すように、アスファルトがブロック状に破壊された箇所や盛り上がった箇所もある。その隙間にも噴砂が見られた。なお付近には、あたり一面を覆っていたと思われる噴砂が集められ山積みになっていた。

(c) 北埠頭

北埠頭の南部では、写真6-10～12に示すように舗装コンクリートに段差・亀裂が多数生じ、写真6-11のように多量の噴砂も見られる。埠頭北部では、岸壁のエプロンが沈下し、大きな段差と亀裂が生じた（写真6-13）。また写真6-14のように岸壁のはらみ出しも確認できた。北埠頭北部の岸壁は、エプロンの沈下が大きいことから岸壁の機能に支障をきたした。

(d) フェリー埠頭

フェリー埠頭一帯は、写真6-15～写真6-19に示したような沈下による段差（最大84cm程度）や亀裂が多数発生し、駐車場は一部閉鎖されていた。また、埠頭先端南側からのびた岸壁は、写真6-17のように約40cmずれた。フェリー埠頭の北側の岸壁には、エプロン部の沈下と岸壁のずれが生じた（写真6-20）。今回の被害により、4基ある乗場のうち1つは機能が停止したとの報告もある。

(e) 豊川埠頭

豊川埠頭の被害は、埠頭部や南側の構造物周囲が、写真6-21～写真6-22のように沈下し、アスファルトに亀裂・段差が生じたことと、その前面のエプロン部に約10cmの段差が生じた程度で、構造物より北側では液状化の被害は見られなかった。図6-3には、豊川埠頭岸壁の形式を示したが、北側と南側とでは形式が異なる。なお北側の岸壁は、岸壁背後の埋立てに火山灰を使用している。

(f) 西埠頭

西埠頭の矢板式岸壁は、サンドコンパクションパイル工法（SCP工法）による液状化対策が実施されている。被害は写真6-23のように一部に段差が見られただけであり、噴砂や亀裂などの変状はなく地盤の改良効果が確認された。

(g) 中央埠頭

中央埠頭は、埠頭前面に多少の亀裂があったが被害は軽微である。中央埠頭の岸壁で液状化対策がなされているかどうかは明かでない。

(h) 緑の島

浚渫土砂によって埋立てられた緑の島では、芝生を張った広場で噴砂の跡が見られ、工事用道路では沈下したとの報告もあるが、詳細は明かでない。

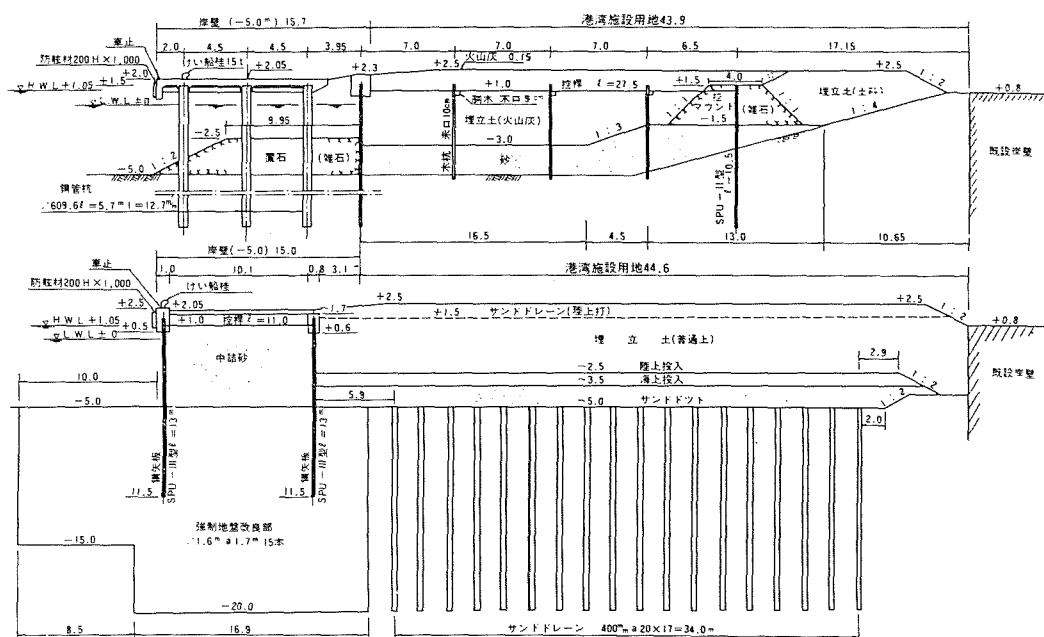


図6-3 豊川地区岸壁（上：北側、下：南側）

(2) 過去の地震の液状化被害との比較

函館の港湾施設は、1968年の十勝沖地震の際にも震度4にみまわれ、大きな被害を受けている。若松埠頭南部（旧国鉄若松埠頭），北埠頭北部（旧北浜埠頭－5.5m岸壁）は、使用不能なまでのかなり大きな液状化の被害を受け、また西埠頭（旧西浜埠頭），豊川埠頭（旧豊川町－4.0m岸壁物揚場），若松町護岸，中央埠頭なども船舶の係留に支障がない程度であるが被害を受けている。既存資料²¹⁾によれば十勝沖地震の際、北埠頭北部では岸壁のはらみ出しが最大で約60cm、背後の埋立て地は約20～70cmの沈下が生じた。若松埠頭南部では、岸壁のはらみ出しが最大約40cm、背後の埋立て地は約60～80cmの沈下が生じ、岸壁自体も最大で約60cmの沈下が生じた。今回の被害状況と比較すれば北埠頭北部では、岸壁のはらみ出しが見られたが、被害程度は十勝沖地震に比べて小さい。また各埠頭の岸壁自体の沈下は顕著ではなかったが、背後の埋立て地の沈下に関しては、同程度の被害であったと思われる。

1993年1月の釧路沖地震の際の函館の震度は今回と同様の4であったが、この時は液状化による被害は報告されていない。栗林・龍岡²²⁾は、液状化の起こる震央からの限界距離Rの予測式として次式を提案している。

$$\text{Log}_{10}R = 0.77M - 0.36$$

この式を今回の北海道南西沖地震と1968年十勝沖地震及び釧路沖地震に適用した結果を表6-1に示す。

表 6-1 液状化の起こる限界距離算定結果

地震名	南西沖	十勝沖	釧路沖
マグニチュード	7.8	7.9	7.8
限界距離(km)	254	304	254
震央～函館の距離(km)	約160	約260	約330
液状化可能性	有	有	無

北海道南西沖地震の函館港付近（北海道開発局函館開発建設部）の最大加速度は200gal程度であり、釧路沖地震で観測された最大加速度50gal程度²³⁾に比べると、釧路沖地震よりも4倍大きい最大加速度が得られている。また地盤が液状化する最小の加速度は、70～100gal程度以上であるとした研究²⁴⁾もあることから、釧路沖地震の際に、函館で液状化が発生しなかったことが説明できよう。



写真6-1

岸壁の段差・ずれ
(若松埠頭南部:内海側)

Subsidence and lateral displacement
of the quay wall



写真6-2

舗装アスファルトの移動・陥没,側溝
の変状
(若松埠頭南部:内海側)

Deformation of asphalt pavement and
side ditch



写真6-3

乗船部基礎コンクリート柱の傾斜
(若松埠頭南部:内海側)

Bending of concrete foundation piles



写真6-4

岸壁背後の段差と大きな隙間
(若松埠頭南部:外海側)

Subsidence and large gap behind
the quay wall



写真6-5

鋼管に生じた変形
(若松埠頭南部:外海側)

Deformation of steel beam



写真6-6

岸壁背後の約70cmの段差
(若松埠頭南部:外海側)

A 70cm subsidence at the back of
the quay wall



写真6-7

17°の背後の段差、目地からの
噴砂（万代埠頭）

Apron settlement and sand boils



写真6-8

同上、段差によりベルトコンベアー
基礎が浮いて見える
（万代埠頭）

Settlement of the apron in
the vicinity of the belt conveyor
(same as above)



写真6-9

埠頭中央部付近、約10cmの
段差、歩道部アスファルトのブロック状
の破壊・盛り上がり、噴砂
（万代埠頭）

Subsidence (approx. 10cm) and
destruction of asphalt sidewalk, and
sand boils



写真6-10

材木置場の舗装コンクリートの段差
(北埠頭南部)

Subsidence of concrete pavement



写真6-11

舗装コンクリートの段差、隙間から
出た多量の噴砂(北埠頭北部)

Subsidence of concrete pavement, with
sand ejected from the cracks



写真6-12

舗装コンクリートに走る亀裂と盛り
上がり(北埠頭北部)

Cracks in concrete pavement

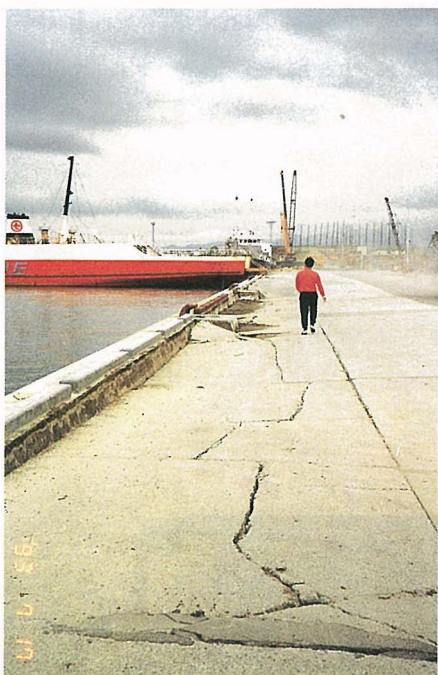


写真6-13

岸壁背後の大きな段差と亀裂
(北埠頭北部)

Large ground subsidence (measuring
several centimeters) and cracks behind
the quay wall



写真6-14

岸壁のはらみ出し
(北埠頭北部)

Lateral displacement of the quay wall



写真6-15

埠頭内駐車場の沈下による段差、亀裂（フェリー埠頭）

Cracks and subsidence in the parking lot



写真6-16

約84cmの大きな段差（フェリー埠頭）

Large subsidence (approximately 84cm)



写真6-17

フェリー乗場岸壁のずれと段差（フェリー埠頭）

Lateral displacement and subsidence of the quay wall



写真6-18

係船柱回りの段差・亀裂、ガードレール支柱の傾斜（フェリー埠頭）

Subsidence and cracks around the anchor post and tilting of the guard rail posts



写真6-19 アスファルトの亀裂・段差、左手に噴砂跡（フェリー埠頭）

Cracks and subsidence of the asphalt pavement.
Note the presence of sand boils in the left portion



写真6-20 埠頭北側岸壁のずれ、エプロンの段差（フェリー埠頭）

Lateral displacement of the quay wall and subsidence of the apron



写真6-21 構造物周囲の沈下による亀裂・
段差（豊川埠頭）

Cracks and subsidence in the vicinity
of the building

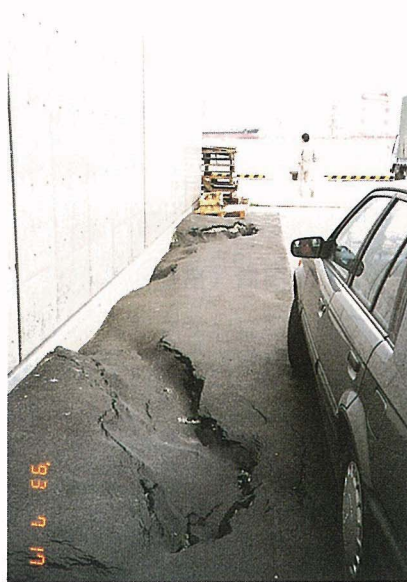


写真6-22 構造物周囲の沈下による亀
裂・段差（豊川埠頭）

Cracks and subsidence in
the vicinity of the building



写真6-23

埠頭東側に生じた段差
（西埠頭）

Subsidence in the eastern wharf

6.2 その他の港湾・漁港

(1) 小樽港（重要港湾）

小樽の震度は5であったが、港湾被害の報告はなされていない。しかし最近造成された埋立地（第一埠頭に隣接する埋立地）で、写真6-24に示すような小規模な噴砂が見られたほか、第一埠頭において建物の壁が一部はがれるなどの軽微な被害を確認した（写真6-25）。

(2) 室蘭港（重要港湾）

室蘭港についても被害の報告はなされていないが、現在建設中のセル式岸壁の中詰め砂が液状化しているのを確認した（写真6-26）。

(3) 森港（地方港湾）

内浦湾に面した森港でも地震による被害が多く見られた。被害は、写真6-27～写真6-32でわかるように、岸壁のはらみ出し（最大50cm程度）、エプロン背後地盤の亀裂、沈下、段差（最大50cm程度）である。噴砂がいたるところで見られ、液状化が主な被災原因と推定される（写真6-33～写真6-35）。

(4) 瀬棚港（地方港湾）

瀬棚港のフェリーターミナルでは、写真6-36～写真6-37のように岸壁のはらみ出し（最大20～30cm程度）やエプロン背後地盤の沈下（20cm程度）がみられた。また津波によるものと推定される砂はあちらこちらで見られたが、噴砂と断定できる痕跡は確認できなかった。

(5) 奥尻港（地方港湾）

奥尻港は、江差や瀬棚とを結ぶ海上交通の基点である。港湾施設の被害は、近傍で発生した大規模な斜面崩壊（4.3節参照）の影に隠れてあまり大きく報道されていない。しかし津波エネルギーの大きさを改めて感じさせる大きな被害を受けている。

写真6-38は、地震動によると考えられる岸壁のはらみ出し被害である。また写真6-39～写真6-41に示す岸壁の陥没は岸壁隅角部の何ヶ所かで見られ、地震および津波のエネルギーの相乗効果によるものと推定される。津波によって沖合いの防波堤が転倒し、埠頭に駐車中の乗用車は海中に押し流され、観光客や住民の憩いの場所であった近隣の公園が無惨に破壊された（写真6-42～写真6-44）。

(6) 岩内港（地方港湾）

岩内港のフェリーターミナルも、今回の地震で比較的大きな被害を受けた。岸壁はおそらくケーソン式で、はらみ出しなどの被害はなかったが、写真6-45～写真6-46のように背後地盤が10～20cm程度沈下し、歩道と車道の境界から噴砂がみられた（写真6-47）。しかし背後地盤の路面に亀裂は見られなかった。

(7) 須築^{すつき}漁港（第四種漁港）

この漁港は、日本海に面した瀬棚町の魚港で、写真6-48～写真6-49のように最大1 m以上にも及ぶ岸壁背後地盤の沈下が見られたほか、エプロンのはらみ出しも確認された（写真6-50）。この港は津波にも襲われたので、写真に見られる砂が噴砂かどうかは明らかではない。しかし港が須築川下流部の三角州性低地に建設されていることや被災形態などから判断すると、液状化に起因する被害と思われる。

(8) 長万部漁港

長万部漁港は、長万部町市街地の海岸にある小漁港で、写真6-51～写真6-52にみられるような船置場基礎コンクリートの亀裂や段差などの被害を受けた。砂浜に造成されているため、恐らくは液状化による被害と推定される。



写真6-24

埋立地の噴砂（小樽港）

Sand boils in the reclaimed land



写真6-25

建物壁の剥離（小樽港）

Spalling-off of wall plaster



写真6-26

セル式岸壁中詰め砂の液状化
（建設中、室蘭港）

Liquefaction of sand inside the cell-
type quay wall



写真6-27 岸壁のせりだし（森港）
Lateral displacement of the quay wall



写真6-28 岸壁のはらみだし（森港）
Same as the left

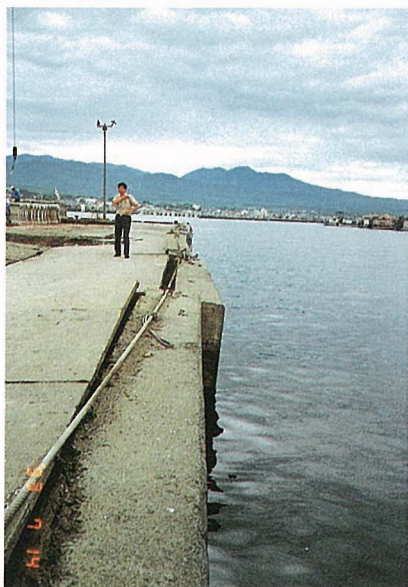


写真6-29
岸壁の傾斜（森港）
Bending of the quay wall



写真6-30

岸壁背後地盤の沈下、段差
(森港)

Ground settlement and subsidence at
the back of the quay wall



写真6-31

エプロンの亀裂、段差 (森港)

Cracks and subsidence of the apron



写真6-32

岸壁背後地盤の亀裂、段差
(森港)

Cracks and ground subsidence at
the back of the quay wall



写真6-33

エプロン背後地盤の亀裂、噴砂（森港）

Cracks and sand boils in the apron



写真6-34

同上

Same as above



写真6-35

同上

Same as above



写真6-36

岸壁のはらみだし（瀬棚港フェリーターミナル）

Lateral movement of the quay wall



写真6-37

エプロン背後地盤の沈下（瀬棚港フェリーターミナル）

Settlement of the apron



写真6-38

岸壁のはらみだし（奥尻港）

Lateral displacement of the quay wall

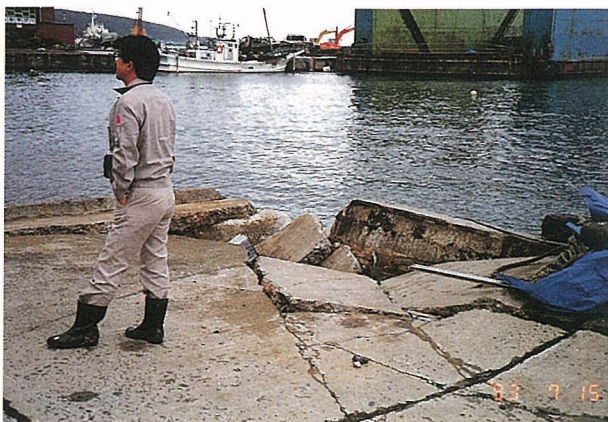


写真6-39

岸壁隅角部の陥没（奥尻港）

Collapse at the corner of the quay wall



写真6-40

同上

Same as above



写真6-41

同上

Same as above



写真6-42

防波堤の転倒（奥尻港）

Collapsed breakwater



写真6-43

港近隣における公園の被災状況（奥尻港）

View of damage in the park near the port



写真6-44

津波で流された自動車の引上げ状況（奥尻港）

Salvage operation of cars which sank in the sea due to the tsunami



写真6-45

エプロン背後の沈下（岩内港
フェリーターミナル）

Settlement of the apron



写真6-46

同上

Same as above



写真6-47

噴砂（岩内港フェリーターミナル）

Sand boils



写真6-48

エプロン背後の亀裂、沈下
(須築漁港)

Cracks and settlement of the apron



写真6-49

同上

Same as above



写真6-50

岸壁のはらみだし (須築漁港)

Lateral movement of the quay wall



写真6-51

構造物の沈下、段差（長万部漁港）

Settlement and subsidence of the concrete structure



写真6-52

船置場基礎コンクリートの亀裂（長万部漁港）

Cracks on concrete foundation

7. その他の被害

7.1 液状化による被害

(1) 給油所の被害及び周辺地盤の変状

長万部町市街地南郊の大浜地区の国道5号線沿いにあるガソリンスタンドが、液状化による地盤変状のため大きな被害を受けた。写真7-1に見られるように地盤の沈下に伴ってスラブに大きな亀裂が入るとともに、地中タンク（写真の正面奥）が浮き上がってRCスラブを持ち上げた。このような地中タンクの浮き上がりは日本海中部地震の際に秋田県能代市でも見られた。大きな亀裂の1本が給油所の下を通っていたため、塀が引き裂かれるような格好の被害を受けた（写真7-2）。また給油所横にあった電話ボックスが地盤の不同沈下（段差）のために傾斜していたが、電話は通じた（写真7-3）。給油所の周辺では、国道5号線の海側の地域で道路と平行に高さ約70cmの段差や幅20～30cmに及ぶ亀裂が幾つも生じる等、地盤が海の方に移動したような変状を示していた（写真7-4～写真7-6）。また亀裂の中や周辺地盤上で噴砂が多数見られることから、液状化が大規模に起こったことは間違いない（写真7-7～写真7-9）。図7-1に示す表層地質図でも、この付近は砂を主体とする地域となっている。この付近の詳細な地形は明かではないが、国道から海岸までの距離は約250mであり、海岸付近はやや小高い砂丘になっている。大規模な地盤変状が生じているのは、砂丘背後の低地である。このような地形・地盤条件から、比較的ゆるい砂が堆積している国道5号線から海側の砂丘背後地盤が大規模な液状化を起こし、地盤が海側に側方移動を起こしたと推定される。

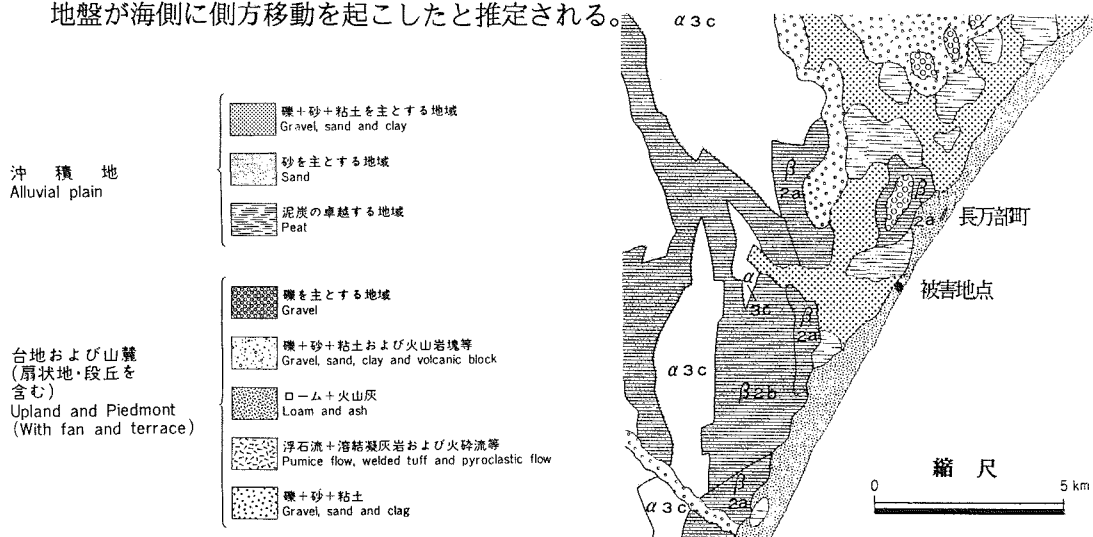


図7-1 被害地点周辺の表層地質（文献6より抜粋）



写真7-1

液状化による地盤変状のため
沈下・変形した給油所

Ground deformation in the gasoline
station due to liquefaction



写真7-2 地割れに伴って給油所の塀に
入った大きな裂け目

Large crack in the wall and
pavement of the gasoline station



写真7-3 地盤の不同沈下により傾い
た電話ボックス

Uneven settlement of the ground
and tilted telephone box



写真7-4

給油所周辺地盤の亀裂・段差

Ground cracks and subsidence in
the vicinity of the gasoline station



写真7-5

同 上

Same as above



写真7-6

同 上

Same as above



写真7-7

舗装の割れ目の中にみられた
噴砂

Sand boils observed inside the ground
crack



写真7-8 周辺地盤の噴砂

Sand boils in nearby ground



写真7-9 同 左

Same as the left

(2) 中の沢小学校の地盤変状

前述の給油所の被害地点から国道5号線に沿って約2.5km南にある中の沢小学校は、敷地全体が盛土造成されているようであり、校舎はグラウンドより一段高い盛土となっている。敷地の周辺は擁壁で保護されている(図7-2参照)。

ここでは校舎の周辺地盤に最大70cmの沈下と水平移動が生じ、これに伴って埋設管等の被害が発生した(写真7-10～写真7-15)。グラウンドには多数の亀裂と噴砂が生じるとともに一部は段差ができた(写真7-16～写真7-18)。側溝の変形や地盤の亀裂などから地盤が水平に移動したことが明かである(写真7-19～写真7-21)。またグラウンドの端にあるグリーンでは、大きな亀裂が生じていたが、これは擁壁の崩壊により地盤が側方へ移動したためと考えられる(写真7-22～写真7-24)。このような大きな地盤変状にも関わらず、杭基礎の建物には一見、大きなクラックや変形は見られなかった。地震による地盤の大きな沈下や側方移動は、盛土の擁壁の崩壊による土砂の水平移動の影響が最も大きいと考えられる。

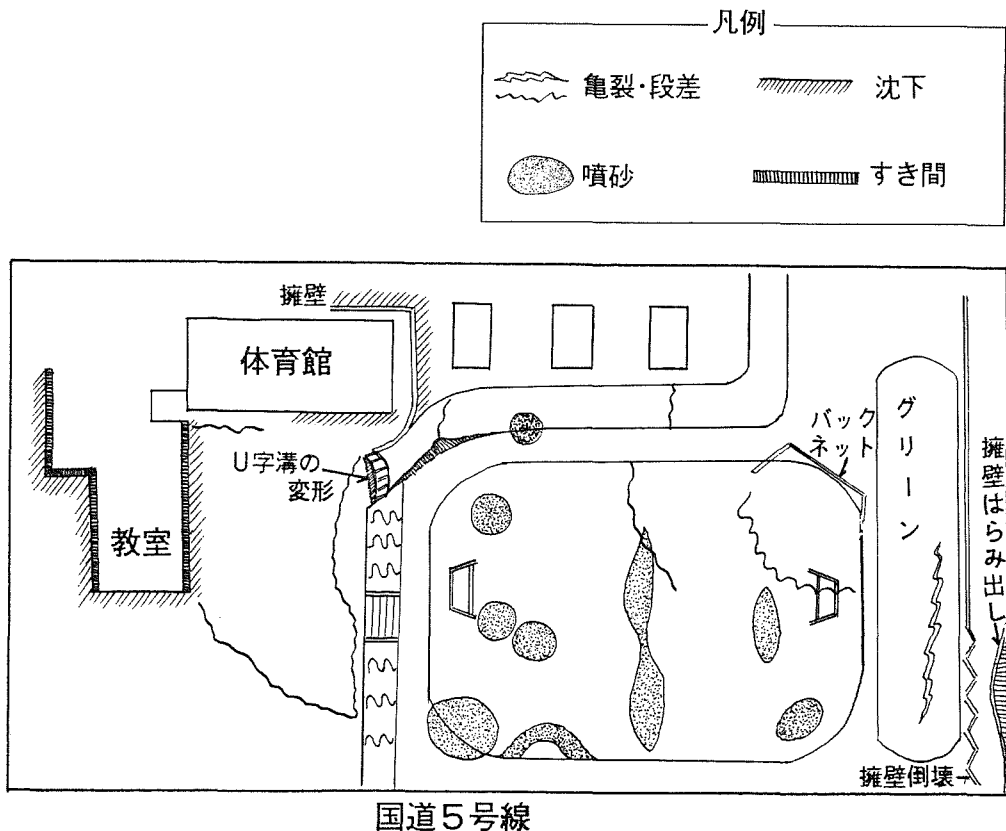


図7-2 中の沢小学校の概略見取り図と被害地点



写真7-10

中の沢小学校の建物

Buildings inside the Nakanosawa
Elementary School campus



写真7-11

校舎周辺地盤の沈下と側方移動

Settlement and lateral displacement
near a school building



写真7-12

校舎周辺地盤の沈下と陥没

Ground subsidence near a school
building



写真7-13

舗装アスファルトと敷石の離れ。地盤が右方に移動したものと考えられる

Cracks in the asphalt pavement and adjacent gravel section.
It is apparent that the ground moved towards the right.



写真7-14

体育館の土留壁の沈下

Settlement of earth-filled concrete boxes adjacent to the building



写真7-15

地盤沈下による埋設管の抜け出し

Protrusion of underground structure due to ground subsidence



写真7-16

グラウンドでみられた噴砂と地盤の亀裂・隆起

Sand boils and ground cracks in the campus playground



写真7-17 グラウンド地盤の隆起
Subsidence in the playground



写真7-18 グラウンドの噴砂
Sandboils in the playground



写真7-19

側溝と地盤(グリーン)の開き

Gap between the playground and
drainage canal



写真7-20

地盤の移動により変形した側
溝

Deformed drainage canal due to lateral
displacement of the ground



写真7-21

地盤の亀裂・段差

Ground crack and relative subsidence



写真7-22

小学校敷地端のグリーンの亀裂・段差

Ground cracks and subsidence in the school ground



写真7-23 土留擁壁の倒壊に伴って生じたグリーンの大きな亀裂

Large ground crack associated with the collapse of the canal wall

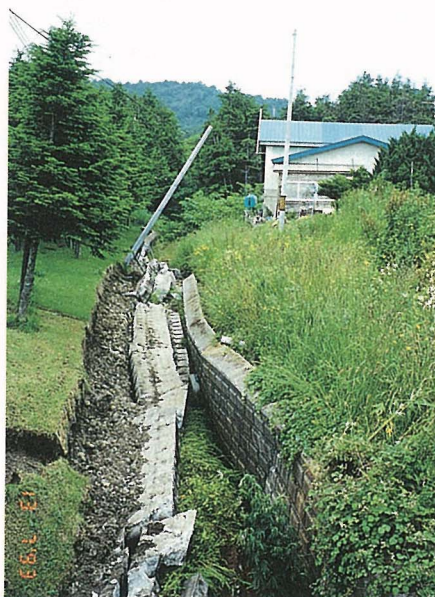


写真7-24 小学校敷地境界の土留壁の倒壊

Collapsed canal wall near the school

(3) 電柱の傾斜

国道5号線沿線には数カ所にわたって電柱の傾斜している地点があった（写真7-25）。これらの地点では、前述の道路が波打つような現象は見られなかったようである。傾斜の大きい電柱の根元付近には、写真7-26に示すように地割れと噴砂が見られた。また高さ1～2m程度の道路盛土のり面にも小規模な滑りが見られた。このような状況から、電柱の傾斜の原因は、地盤の液状化による水平方向支持力の減少と地震動の作用と考えられるが、盛土の小規模なすべりに伴う地盤の水平移動もあるのかもしれない。



写真7-25

傾斜した電柱
（国道5号線長万部町
豊野付近）

Tilted electric posts



写真7-26

傾斜した電柱付近にあった噴
砂

Sand boils in the vicinity of
the tilted electric post

(4) セメントサイロの傾斜

函館港北埠頭近くの工場の2基のセメントサイロのうち容量2500トンの、高さ25mのサイロが約3°傾斜し、サイロの頂部が約1.5m水平変位するとともに、基部でも約20cmの水平移動が認められた(写真7-27～写真7-28)。サイロ周辺には噴砂が大量に見られた。サイロは杭で支持されているところから、このような傾斜は地盤の液状化による杭の破損が原因と考えられている。またサイロに付設しているパイプが、サイロの傾斜に伴って移動したため支柱が曲がった(写真7-29)。



写真7-27

手前のセメントサイロが傾斜した

Tilted cement silo



写真7-28 傾斜のため頂部は約1.5m開いた

The silo swayed by about 1.5m measured from the top



写真7-29 サイロの傾斜に引きずられて変形したパイプ支柱

Pipe column is bent as it is pulled by the tilted silo

(5) 管路及び地中構造物の被害

地中に埋設された貯槽や管路などの構造物が地盤変状の影響を受けやすいことは、よく知られていることである。特に地盤に液状化が発生した場合に、この種の構造物の被害が著しくなる。ここでは液状化が原因で被害を受けた事例をまとめて紹介する。

写真7-30は長万部町市街の国道5号線に面した地点の下水道マンホール突出事例である。道路沿いの家屋は1m程度盛土された地盤上にあり、地表面は国道の路面と同じ高さにある。地震により歩道部分が沈下し、相対的にマンホールが突出した格好となった。この事例がマンホールの浮き上がりといえるかどうかについては、表面の状況だけでは判断できなかった。

写真7-31は、前述した長万部町大浜地区の給油所の地下タンクの浮き上がり事例である。コンクリートスラブ全体が沈下しているが、地下タンクの部分だけ数10cm相対的に浮き上がっている。写真7-32は、給油所付近の地盤に見られた大きな亀裂による陶管の抜け出し事例である。このような種類の管は抜け出しに対する抵抗力がほとんどないので、亀裂などの地盤変状によって簡単に抜けてしまう。

写真7-33は、やはり前述の中の沢小学校敷地端の水路を渡る管の被害例である。水路の擁壁が崩壊及び変形したため、管が両側から圧縮力を受けて切損した。写真7-34は、同じく中の沢小学校の事例で、体育館のそばの塩ビ排水管用が地盤の沈下によって切損した様子である。沈下しない杭基礎の建物と沈下した地盤の相対的な変位による典型的な管の被害例といえる。

写真7-35は、太平洋側にある森港岸壁で見られたカルバートボックスの開口の事例である。森港では岸壁背後地盤で液状化が発生し、岸壁がはらんだり、エプロンが沈下するといった被害が生じた。カルバートボックスは埠頭を横断するような形で敷設されていたが、岸壁のはらみ出しにより引っ張られた結果、このような開口が生じたと考えられる。

写真7-36及び写真7-37は、函館港のシーポートプラザ脇の地盤亀裂と污水管の埋設状況を示したものである。この場所は青函連絡船の発着埠頭であった所で、埋立て造成されている。写真7-36で見られる亀裂は、岸壁の法線に平行に走っていることから、背後地盤の沈下及び岸壁の前面へのはらみ出しにより生じたものと推定される。写真7-37に見られるように、地盤の移動・沈下により複数の埋設管に被害が生じたが、どのような被害形態であったのかは、この写真のみでは判断できない。



写真7-30

地盤の沈下及びマンホール
の突出（長万部町市街）

Ground settlement and protrusion of
manhole



写真7-31

給油所地下タンクの浮き上
り（長万部町大浜）

Deformed pavement as a result of
buoyant rise of the underground
gasoline tank



写真7-32

地盤の亀裂によって抜け出
した土管（長万部町大浜）

Damaged pipe as seen between ground
crack



写真7-33

擁壁倒壊による水路のはらみ
出しのために生じた管の切損
(中の沢小)

Collapsed conduit due to the lateral
displacement of the ground



写真7-34 地盤の沈下による埋設管の切損
(中の沢小)

Damaged drainage pipe due to ground
subsidence



写真7-35 カルバートボックスの開口
(森港)

Separation in the culvert box
opening



写真7-36

岸壁背後の埋設管の被害と復旧状況（函館港）

Damaged buried structure near the quay wall undergoing repair



写真7-37

同 上

Same as above

(6) 火山灰地帯の液状化被害

写真7-38～写真7-39は、森町赤井川地区の火山灰の液状化による建築物の被害である。写真7-38に示すように基礎に約20cmの沈下が生じた。写真7-39は、地盤の沈下により建築物に影響がでた状況である。写真7-40は、亀裂からの噴砂の状況を示したものである。また写真7-41は、赤井川小学校のグラウンドにおける噴砂の状況であり、噴砂は乳灰色の火山灰であった。

当地区は駒ヶ岳の火砕流堆積物より構成された地盤からなっているが、噴砂地点の地盤が一次堆積の火山灰であれば、このような地盤の液状化事例としては初めてのことである。今後の調査が待たれるところである。



写真7-38

火山灰の液状化による建物基礎の沈下（森町赤井川）

Settlement of the building foundation
due to the liquefaction of the
volcanic ash deposit



写真7-39

同 上

Same as above



写真7-40

火山灰の噴砂（森町赤井川）

Sand boils in volcanic ash deposit



写真7-41

火山灰の噴砂（赤井川小）

Sand boils in volcanic ash deposit

7.2 地震動による被害

第1章で述べたように、地震の際の奥尻島の震度は6程度であったと言われている。このような大きな震度であれば、構造物にも地震動による被害が多数発生しても不思議ではないと思われるが、奥尻島を概略見た限りでは釧路沖地震と同様、震度の割には被害が少なかったように感じられる。しかし奥尻地区の大規模斜面崩壊や灯台の倒壊（後述）に代表されるような被害から考えて、やはり地震動は相当大きかったのであろう。一般に被害を受けやすいと言われている低地部の構造物は、軒並み津波や火災で破壊されているため、地震動あるいは液状化等による被害の実態を把握することは極めて難しい状況であった。本節では4～6章以外の構造物で、主に地震動で被害を受けたと推定される事例を幾つか紹介する。

（1）青苗岬灯台の倒壊

写真7-42～写真7-44に示すように奥尻島南端の青苗岬灯台の灯塔が倒壊した。この灯台はRC造の建築物で灯塔と付属する平屋建物とからなっている。付近の建物には目立った被害がないに関わらず、灯台だけが倒壊するといった大きな被害が発生した原因については、今後十分な検討が待たれるところである。奥尻島の地震動がかなり大きかったことの他に、釧路沖地震において台地の際に位置していた釧路気象台で0.7～0.9Gの加速度が観測されたことを考え合わせると、岬の突端近くの高台に位置していた灯台の地形的な条件が、地震動の増幅に何らかの影響を与えたのではないかと考えられる。

この他に、同所ではコンクリート製の柵の一部が破壊して散乱していたり、電柱が根元から切損するといった被害が見られたが、この原因が地震動によるものであるのか、津波によるものであるのか判断できなかった（写真7-45）。



写真7-42

倒壊した青苗岬灯台

Tilted lighthouse



写真7-43

倒壊した灯塔の付け根
The base of the tilted lighthouse

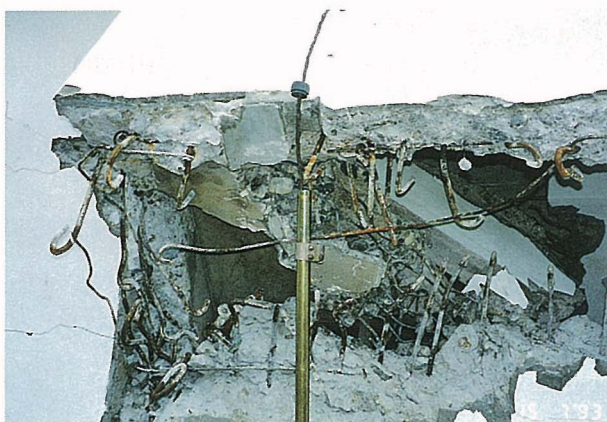


写真7-44

同 上 破壊部分の拡大
A closer view of the steel
reinforcements of the lighthouse
shown above



写真7-45

灯台敷地でみられた電柱の切
損
原因が津波か地震動か不明
Fallen electric post and collapsed
concrete block fence near the
lighthouse

(2) 奥尻町千畳坂覆道の被害

写真7-46～写真7-48は覆道の被害である。覆道は延長約50mにわたって基礎台座から落下し、中央部で縦に2分された。写真7-49は落下した部分のものであるが、基礎台座が外側に転倒していた。この原因は、覆道部の地震動による慣性力により、基礎台座に地盤支持力を越える荷重が作用したものと考えられる。なお覆道の一部には基礎台座から外れかかっているものも見られた（写真7-50）。



写真7-46

覆道の崩壊（奥尻町）

Collapsed road cover



写真7-47

同 上

Same as above

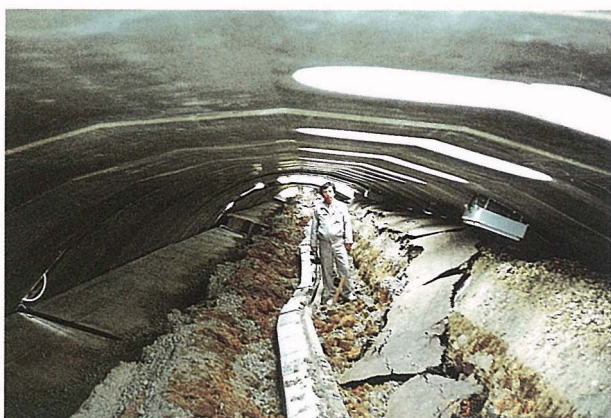


写真7-48

覆道の崩壊（奥尻町）

Collapsed road cover



写真7-49

崩壊した覆道の内部
基礎台座が横転している

Inside the collapsed road cover.
The foundation pedestals are also
knocked down.



写真7-50

台座から外れたが、辛うじて
落下しなかった覆道

A view of the road cover on the verge
of collapse due to the movement of
the pedestal

(3) 家屋の被害その他

津波や火事で壊滅した地域を除くと、奥尻島の家屋の被害は極めて軽微であったといえる。写真7-51～写真7-52は何れも青苗地区の高台にあった家屋である。外観からは、一部壁に小さな亀裂が入ったり、ブロック塀の一部の亀裂及び、ブロックの落下といった程度の軽微な被害しか見られなかった。その他、写真7-53～写真7-55に示すような地震動被害が見られた。



写真7-51

わずかに剥落した木造家屋の
モルタル（奥尻町青苗）

Collapsed concrete plaster on a wooden
house



写真7-52

同 上
ブロック塀のせん断亀裂

Shear crack in the concrete fence



写真7-53

河川護岸の前傾

Lateral movement of the retaining wall



写真7-54

橋台裏盛土の沈下

Settlement of the bridge approach



写真7-55

落下した鳥居（奥尻町奥尻）

Settlement of a torii
(Shinto shrine gate)

7.3 津波による被害

奥尻島はじめ渡島半島西岸を襲った津波により多くの家屋や漁船などが破壊・流出した。この地震の死者・行方不明241人（7月23日10時現在）のうち200人前後は、津波とそれに伴う火災の犠牲者であった。また漁船の被害は912隻にのぼっている。

津波の高さは、場所によって最大20～30mに及んだと言われており、各所に深い爪痕を残した。本節では津波及び火災被害事例を紹介する。

写真7-56は奥尻港フェリーターミナルの全景である。一見、2階建ての建物は何の被害もなさそうに見えるが、写真7-57に示すように1階部分が津波のため、柱と壁を残してすべて流されてしまった。フェリー客が乗り降りするタラップが流されてしまったためか、乗客は車の乗降口から乗り降りしていた。

写真7-58は、瀬棚港に置いてあったワゴン車である。窓ガラスに黒い帯が残っており、津波がその高さまで来たことを示している。

写真7-59は奥尻島青苗地区の全景で、見渡す限り瓦礫の山である。火災で消失した地域は全体的に黒くなっているのがわかる。また写真7-60～写真7-62は火災消失地域の近景であるが、高さ10m程の段丘斜面の半ばまで草が焦げており、火災のすさまじさを物語っている。

写真7-63は、奥尻地区と青苗地区を結ぶ海岸道路で見られた擁壁の倒壊である。擁壁の倒壊によって背後の斜面が崩れることはなかったようである。写真7-64は、電柱の切損事例であり、同種の被害は島の各所で見られた。写真5-65～写真5-66は、奥尻港における漁船の転覆と陸上に打ち上げられた事例である。

写真7-67～写真6-68は、奥尻島西岸の藻内地区の津波の高さを示したものである。この地区は最大30mの津波を受けたといわれ、電線には藻が絡みついたり、小舟が斜面上に打ち上げられたりしている状況である。



写真7-56

津波を受け1階部分が被害を受けた奥尻島フェリーターミナル

A view of the first floor of the Okushiri Ferry Terminal damaged by the tsunami



写真7-57

同 上

Same as above



写真7-58

津波に遭遇したワゴン車
津波の高さを示す泥が窓ガラスに付着している

A car parked in the tsunami-stricken area.

Note the markings on the car which indicate the height of the tsunami.



写真7-59 津波と火災にあった奥尻町青苗地区

A view of Aomae District damaged by tsunami and fire



写真7-60

青苗地区の近景

Another view of Aonae District



写真7-61

生々しい火災の跡

Remains in the fire-damaged area



写真7-62

火災によって焦げた台地斜面
の草

The burned grass on the slope of
the terrace



写真7-63

津波によって倒壊した擁壁
(奥尻町)

Retaining wall which collapsed due to
tsunami



写真7-64

同 上
津波によって切損した電柱

Broken electric post due to tsunami



写真7-65

同 上
転覆した漁船

Capsized boat



写真7-66

津波によって打ち上げられた
漁船（奥尻港）

Ship pushed inland by the tsunami



写真7-67

電線にからみつく海草
津波の高さを示している
（奥尻町藻内）

Grass hanging on electric lines.
This indicate the height of
the tsunami



写真7-68

同 上
津波によって斜面上部に打ち
上げられた小舟

Ship carried by the tsunami into
the upper portion of the sloping
ground

8. 地盤の液状化特性

8.1 噴砂の土質特性

(1) 噴砂地点

調査ルートにおいて噴砂が見られた地点の概略図を図8-1に示す。図中には栗林・龍岡²²⁾による液状化する限界円が記されているが、噴砂地点はすべてその範囲内にある。しかし限界円付近では、被害がほとんどないため調査を行っておらず、その地域に噴砂があったか否かについては言及できない。調査した範囲で最も震央から遠い地点は青森県の車力村である。奥尻島では低地部が津波のため洗われてしまっており、噴砂の痕跡を発見することができなかった。

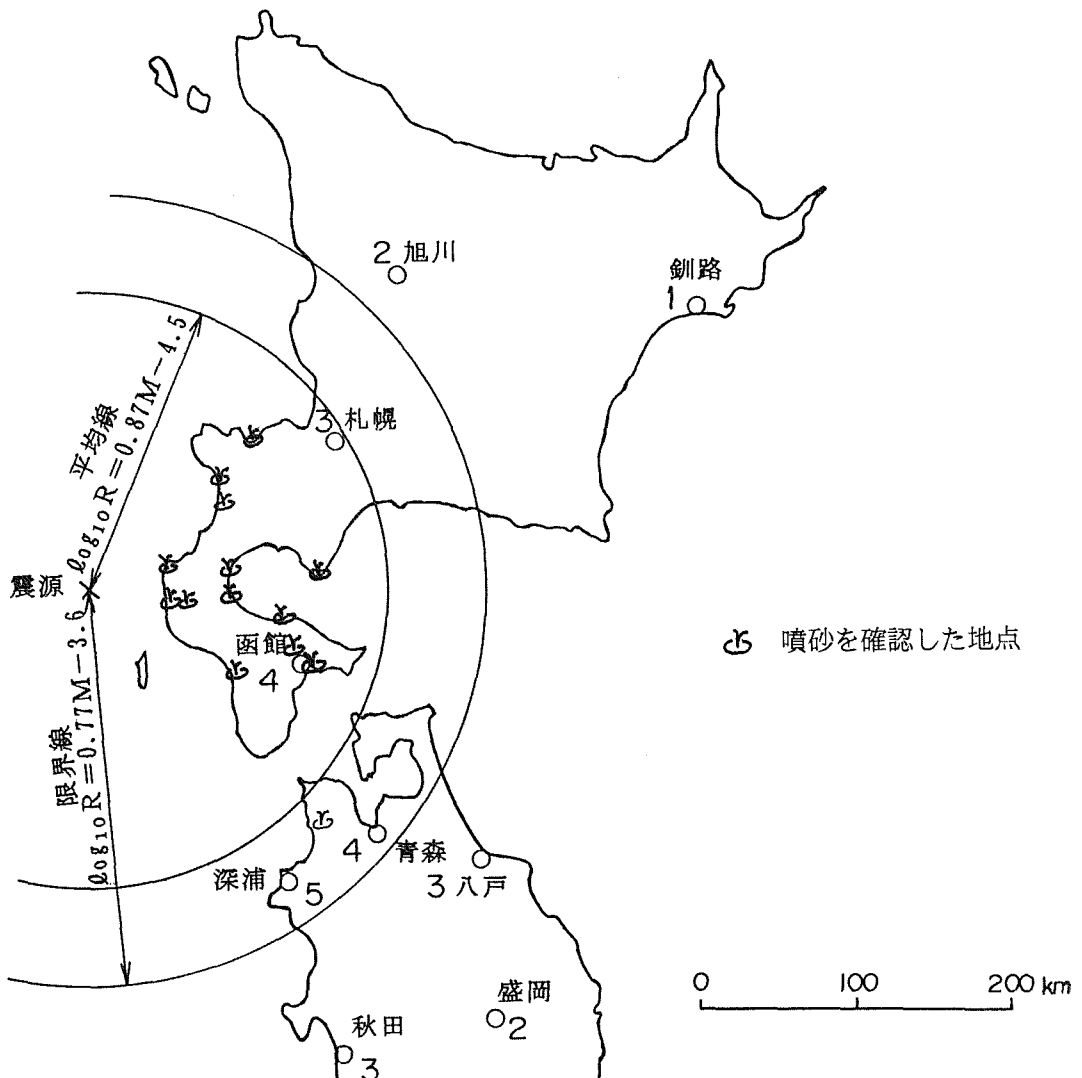


図8-1 噴砂を確認した地点

(2) 粒度特性

噴砂の粒度試験結果を図8-2及び表8-1に示す。この地震における噴砂の土質特性の特徴を挙げると次のようになる。

- ①. 長万部付近の3地点の噴砂の比重（土粒子の密度）は3.0前後あり、一般の土より重い。この付近では砂鉄の採取が行われていたということであり、比重が大きいのも鉄分の含有量が多いためであると考えられる（写真8-1参照）。

この付近の道路は波を打っている区間が何箇所もあり、同様の現象が起こった「千葉県東方沖地震」（1987年、M6.7）の場合も、当該地域が砂鉄の採取地であったということである。砂鉄と波打ちの間に何らかの因果関係があるのだろうか。

- ②. 後志利別川の真栄橋付近の堤防のり尻付近で、かなり大きい礫が噴き出している事例が見られた。写真8-2に見られるように、噴砂孔から遠くなるほど粒径が粗くなり、噴砂孔から1 mほどの地点では直径20mm程度の礫が散乱していた。

この付近の土層構成は明かではないので、砂礫層自体が液状化したのか、その下部の砂層が液状化したために一緒に噴き上げられたものか判断できないが、砂礫の液状化の可能性を示す貴重な材料として、今後、地盤構成が明らかになることを期待したい。

③. 函館港

函館港の幾つかの埠頭で見られた埋立土と推定される噴砂は、他の地域に比べてかなり細粒分含有率が高い。万代埠頭やフェリー埠頭の噴砂はシルトといった方がよい土質である（写真8-3参照）。自然地盤の場合には、細粒分含有率が高いと液状化に対する抵抗力が大きくなると言われているが、埋立土のように一度乱された土は、細粒分が含まれていても強度が小さくなるようである。また粘土分含有率が小さいことも液状化に対する抵抗力が小さい理由として挙げられる。

④. 噴砂の形状

噴砂の大きさや形状は様々であり、パターン化することは難しい。一般には写真8-1のように地盤の亀裂に沿って列状になる噴砂が多いが、たまには写真8-4のような同心円状の非常に綺麗な噴砂が見られる。このような噴砂のでき方は、表層地盤の硬さや土質によって異なってくると考えられる。噴砂の大きさや形状と被害程度の関係に関する研究事例はほとんどないが、なかなかおもしろい問題ではないだろうか。

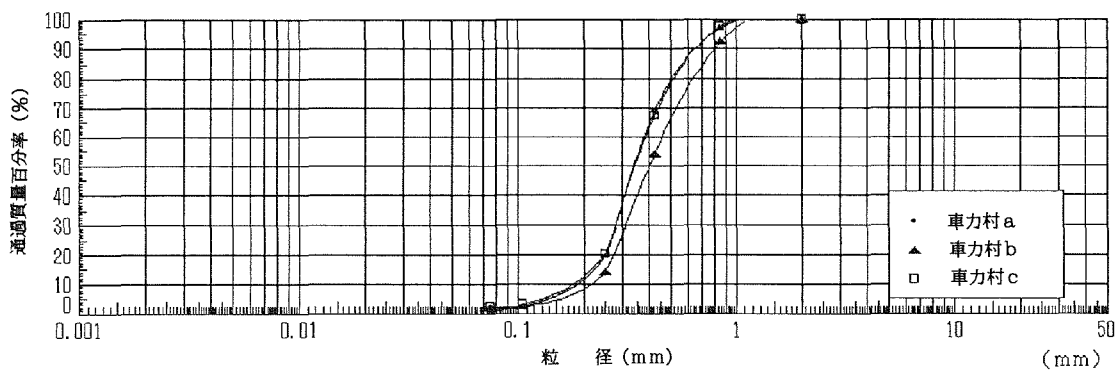
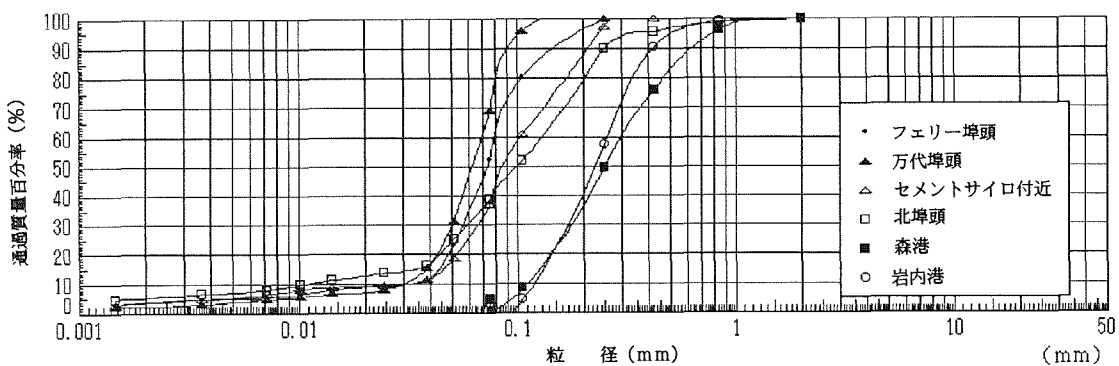
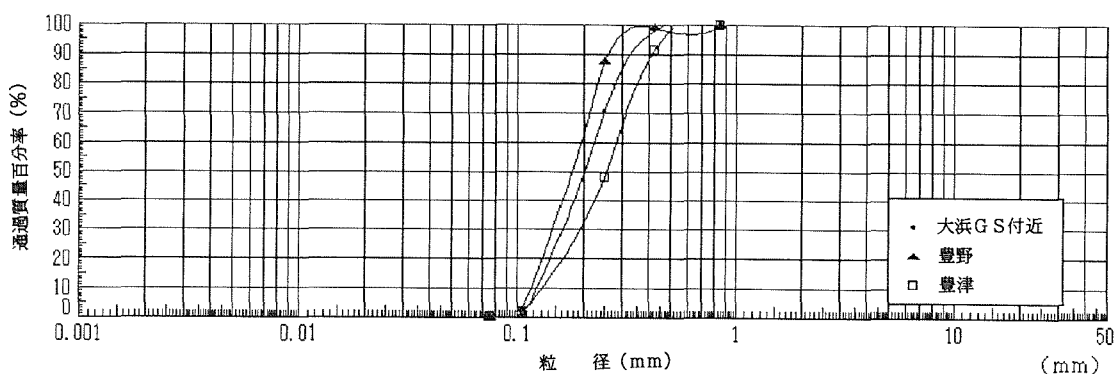
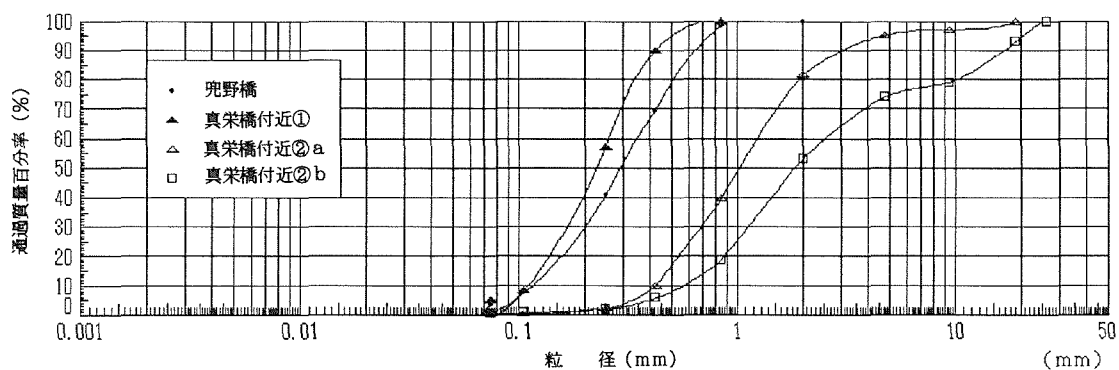


図8-2 噴砂の粒度分布

表8-1 噴砂の物理特性一覧表

	河 川				長万部付近			港 湾						津軽半島		
	後志利別川				大浜GS	豊野	豊津	函館港				森港	岩内港	車力村下牛湯		
	兜野橋 付近	真栄橋付近			付近			フェリ- 埠頭	万代 埠頭	セメント D付近	北 埠頭			a	b	c
		①	②a	②b												
土粒子の密度(g/cm³)	2.643	2.636	2.632	2.628	3.128	3.061	2.870	2.636	2.632	2.630	2.592	2.788	2.644	-	-	-
自然含水比(%)	18.4	26.5	10.1	12.4	9.0	28.4	9.9	34.4	38.0	39.3	54.3	5.1	8.6	7.6	26.7	12.9
粒 度 組 成	礫分	0	0	18	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	砂分	96	95	82	52	100	100	100	48	31	63	61	95	97	98	97
	シルト分	}⁴	}⁵	}⁰	}¹	}⁰	}⁰	47	65	31	32	}⁵	}³	}²	}²	}³
	粘土分							5	4	6	7					
均等係数	2.93	2.25	2.96	4.34	1.64	1.54	2.07	2.96	2.23	3.78	11.98	2.66	2.02	1.94	2.12	2.08
最大粒径(mm)	2.00	0.85	19.0	26.5	0.85	0.85	0.85	0.250	0.250	0.425	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
平均粒径(mm)	0.298	0.223	1.042	1.827	0.199	0.177	0.258	0.073	0.062	0.089	0.101	0.252	0.223	0.345	0.403	0.349



写真8-1

砂鉄が混じっているため黒い
噴砂（長万部町大浜）

Blackish sand boil with iron sand
mixture



写真8-2

小礫を噴き出した噴砂孔
(後志利別川真栄橋付近)

Fine gravel ejected from sand boils



写真8-3

岸壁背後地盤の細粒分の多い
噴砂 (函館港)

Fine sand ejected at the back of
the quay wall



写真8-4

綺麗な円錐形の噴砂 (函館)

Cone-shaped sand volcano

8.2 青森県津軽地方の被害と再液状化

(1) 青森県の被害

青森県の震度は、青森市で深度4、深浦町で5、八戸市で3であった。ただし、調査中に会った人々の話では、揺れは大きかったが、ゆっくりとしており、上記の震度の1ランク下に近いという認識である。

調査した範囲でも目立った被害は少なく、十三湖大橋の橋台背面盛土の沈下（3 cm程度であり、14日の朝に復旧）、車力港のエプロン部分の局所的な浮き上り（写真8-5）、車力村下牛潟地区での液状化による水田の被害（写真8-6～写真8-11）程度であった。その他としては津軽地方の6病院での壁面や配水管等の損傷、4町村での水道施設の破損、などがあった（7月14日の東奥日報による）。

(2) 再液状化

調査ルートのうち液状化が見られた箇所は、車力村下牛潟地区の水田2面、休耕田1面、造成中の水田1面であり、これらの箇所は1～2年前に耕土を入れ換えた所である。このうち、造成中の水田の噴砂は、写真8-8～写真8-9に示したように噴砂孔の直径が約2mに及ぶものである。この地区は、1983年日本海中部地震の本震（M7.7）で液状化し、さらには余震（M7.1）でも再液状化が生じた所であり、今回の地震で2度目の再液状化が生じたことになる。

日本海中部地震及び今回の地震で噴砂が生じた箇所を示すと図8-3のようになり、地形的には砂丘と低地の境（砂丘性低位平坦地）に位置している。付近のスウェーデン式サウンディング結果及びボーリング柱状図は、図8-4～図8-5に示すとおりであり、この図より液状化が生じた深度はG.L-1～3 m間のゆるい砂層の部分と推定される。

図8-4～図8-5及び図8-3の日本海中部地震の際の液状化範囲から、当地区はかなりの範囲で表層付近にゆるい砂が分布していると推定される。このような地盤条件にも関わらず、今回の噴砂の範囲が局所的であった一つの要因として、耕土を入れ換えて日が浅いために表層の地盤が馴染んでいなかったことがあげられよう。

なお、日本海中部地震の余震で再液状化が生じた車力村^{とみやち}富范地区及び中里町武田小学校では、今回の地震で噴砂は見られなかった。

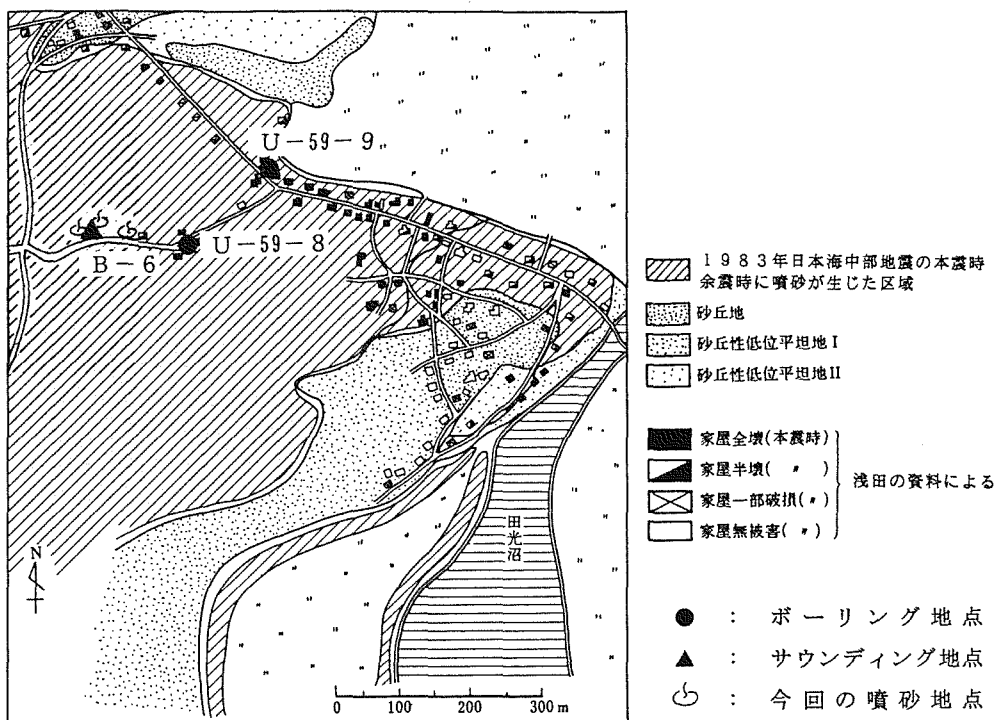


図8-3 1983年日本海中部の余震で再液状化が生じた区域と
今回の地震で噴砂が見られた地点(文献25を加筆修正)

Location of liquefied areas during the 1983 Nihonkai-Chubu earthquake
and areas where sand boils were observed during the present earthquake

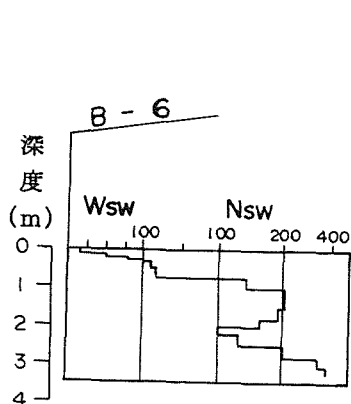


図8-4 噴砂地点付近のスウェーデン式
サウンディング結果

Result of the Swedish Sounding test conducted
in an area where sand boils were observed

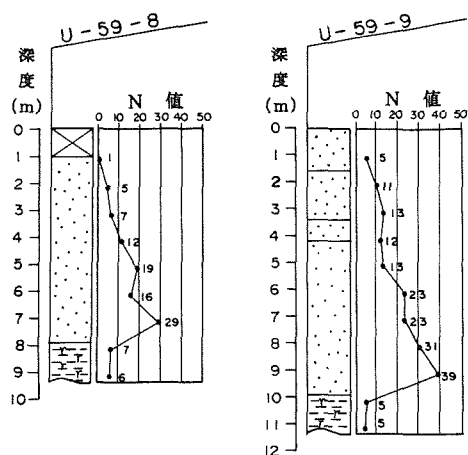


図8-5 噴砂地点付近のボーリング
柱状図²⁶⁾

Borehole log of the area where sand
boils were observed



写真8-5

埠頭の局所的な浮き上がり
(青森県車力漁港)

An uplifted section of the wharf



写真8-6

水田に現れた噴砂
(車力村下牛潟)

Sand boils in the rice field



写真8-7

同 上 休耕田での噴砂
亀裂に沿って列状に噴砂が並んでいる

Sand boils in a field.
Note that these sand boils are lined-up parallel to the crack

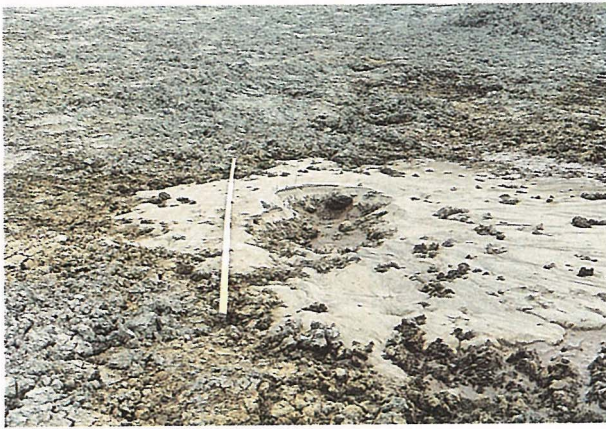


写真8-8

造成中の水田での噴砂
（車力村下牛潟）
噴砂孔の直径は2mで、噴水
跡は約18mにも及ぶ

Sand boil in a ricefield located in
a fill.
The diameter of the hole is 2m, and
traces of ejected water is observed
over an area roughly 18m in diameter.



写真8-9

同 上 噴砂孔の近景
表層部分はシルト質の粘性土
で無造作に敷きならしてある

Same sand boil shown above.
The upper surface consists of
silty clay.

引用・参考文献リスト

- 1) 気象庁資料
- 2) 気象庁：平成5年（1993年）北海道南西沖地震の気象庁 8 7 型電磁式強震計の記録，1993
- 3) 札幌管区气象台：北海道の地震活動，地震津波防災資料(1)，1985
- 4) 日本建築学会：北海道南西沖地震速報報告会（7月20日）資料
- 5) 国土庁土地局：土地分類図（北海道Ⅰ 石狩・後志・胆振支庁 1/20万），1975
- 6) 国土庁土地局：土地分類図（北海道Ⅴ 渡島・桧山支庁 1/20万），1978
- 7) 長万部町：長万部町の地質，1967
- 8) 地質調査所：5万分の1図幅 国縫地域の地質，1983
- 9) 八雲町：八雲町の地質，1974
- 10) 北海道立地下資源調査所：函館市の地質，1963
- 11) 北海道立地下資源調査所：5万分の1地質図幅 函館，1969
- 12) 北海道開発庁：5万分の1地質図幅 瀬棚，1969
- 13) 北檜山町：北檜山町の地質，1969
- 14) 地質調査所：5万分の1図幅 久遠地域の地質，1973
- 15) 地質調査所：5万分の1図幅 熊石地域の地質，1975
- 16) 北海道開発庁：5万分の1地質図幅 江差，1970
- 17) 経済企画庁：土地分類基本調査－江差 5万分の1，1973
- 18) 地質調査所：5万分の1図幅 奥尻島北部及び南部地域の地質，1982
- 19) 函館開発建設部：道南圏の発展を目指して－函館開発建設部所管 港湾・漁港・空港概要，1992
- 20) 函館開発建設部函館港湾建設事務所：函館港，1993
- 21) 1968年十勝沖地震調査委員会：1968年十勝沖地震調査報告，1969
- 22) 栗林栄一・龍岡文夫：Brief Review of Liquefaction during Earthquake in Japan, 土質工学会論文報告集, Vol.15, No.4, 1975
- 23) 土岐祥介・三浦均也・山下聡：1993年釧路沖地震における被害の概要，土と基礎, Vol.41, No.6, 1993
- 24) 安田進：液状化の調査から対策まで，鹿島出版会，1988
- 25) 土木学会：1983年日本海中部地震 震害調査報告書，1986
- 26) 浅田 秋江：1983年日本海中部地震において顕著な住家被害が発生した地域における地盤のボーリング柱状図集並びに戸別訪問による住家被害調査記録，1992

おわりに

札幌の事務所で地震を感じた時、その揺れ方からみて、どこかで大きな被害が出たかも知れないと直感的に思った。帰宅して見たNHKのテレビ放映は衝撃的であった。奥尻島青苗の火災の様子が、刻一刻と我々のもとに送られてきた。しかし、もうその時には、テレビカメラには映らない津波によって、多くの人達が海に流されていったことを思うと残念でならない。このように、北海道南西沖地震は津波地震と言うべきものだった。奥尻島の藻内地区では、今世紀最大という高さ30mに達する津波が押し寄せ、津波の恐ろしさを改めて認識させた。調査の途中で我々は、津波で家を流されたり近親者を失った人達の前で、カメラのシャッターを押すのもためらわれたことが何度かあった。また我々が、地震後最初のフェリーで奥尻港に到着したとき、現場のあまりの生々しさと何か場違いな所に来たという感じに、すぐ引き返そうという意見もあったほどだった。

今回の地震による被害の特徴は、本年の1月15日に発生した釧路沖地震と比較して人的被害が非常に大きかったことである。特に、津波と斜面崩壊で亡くなったり行方不明になった方々は200名を越えている。釧路沖地震と今回の地震で、津波、斜面崩壊、液状化という最大級の災害をほとんど経験したことになる。一方、地震動そのものによる建物や構造物の壊滅的な被害は、釧路沖地震の時も含め少なかった。その大きな理由のひとつとして耐震性の向上があげられる。これは喜ばしいことではあるが、他方、津波、斜面崩壊および液状化に対する防災対策の遅れが課題として残った。

道路や港湾施設を襲った液状化は、人命こそ奪わなかったが、明らかに多くの経済的損害を与えた。斜面崩壊に関しても、その予測法はまだ確立されていないとはいえ、我々の守備範囲のひとつである。我々地盤屋としてできることは確かに限られている。しかし、“地震はまた必ずくる”という警句を肝に銘じ、今後、地震防災に地盤の分野から少しでも貢献していくことが使命であると考えている。

災害の起こった後に、その原因や防災対策の不備を指摘するのはやさしい。今後必要なのは、今回の教訓を生かし、二度と同じ不幸を繰り返さないということであろう。最後に、被災地の一刻も早い復旧と地震で亡くなられた方々の御冥福を祈って筆を置く。

なお調査報告書の執筆にあたっては、調査団メンバーの他に初倉部長に斜面崩壊に関して貴重なご意見を頂いた。また、技術部 高橋めぐみさんには、膨大な写真の整理や図の作成などの編集で多大な苦勞をかけた。末筆ながら感謝する次第である。

調 査 日 程

第一次調査 北海道 7月13日～7月17日
青森 7月14日～7月16日
第二次調査 北海道 7月19日～7月24日

被害調査団メンバー

本社	森本 巖, R.Orense, 三浦大助
北海道支社	山崎秀次, 斉藤和夫, 稲 直美 知本康男, 長崎 淳, 門田 浩
関東支社	山野賢三, 丸山昌則
東北支社	田上 裕, 井上雅裕

