

1993年7月12日北海道南西沖地震による 地盤災害—特に地盤の液状化災害（概報）

茅原 一也*1

山田 惣一郎*2

斉藤 敬三*3

まえがき

1993年7月12日午後10時17分に起こった北海道南西沖地震は次の点で筆者の大きな関心を引くものであった。その第1は、今回の地震の震源が日本海中部地震の後、故中村一明氏ら(1982)によって提唱されたユーラシアプレートと北米プレートの境界付近にあること、第2に今回の地震が日本海中部地震(1983年)後約10年の間隔で起こっていること、第3に、日本海東縁部にプレート境界のあることには賛否があって一般的には認知されていなかったが、今回の地震の発生で、このプレート境界説が急速に認められるのではないかと考えられることである。更に第4に地震発生後直ちに気象庁によって大津波警報が発令されたことであり、このことは地震の起き方とどのように関わっているのかということ、第5に奥尻島の津波情報に関連した報道・放映された海岸の状況を見ると、この島は沈下したのではないかと直感したこと、また、初期の被害報道によると北海道本島では地盤の液状化に基づく現象が認められること、などであった。

明年(1994年)は新潟地震30周年に当たるが、発震機構や地盤の隆起・沈降など、更に液状化現象を含めて今回の地震と新潟地震とではどのような異同があるのか、を知り度いと考えたのが筆者らの調査の動機であった。

筆者ら(茅原・山田)は7月27日～30日の4日間、本島南西部の地震被害—主に液状化被害—の調査を行った。自動車による走行距離は約1,200kmであった。

その後、筆者らの1人斉藤は奥尻島の崩壊・地すべりおよび津波被害について航空写真による解析を行った。

これらの調査結果や解析結果をまとめて、とりあえず概報として報告する次第である。短期間で執筆したため極めて不備であるので、近く本報告を公表する予定である。

謝辞

今回の現地調査は㈱キタック社長中山輝也氏の格別のご後援によって実施したものである。ここに深く感謝申し上げる。

*1 新潟大学名誉教授、(株)キタック最高技術顧問 *2 (株)キタック 建設基礎部

*3 アジア航測(株) 防災地質部技師長

北海道開発局からは道路被害に関する貴重な文献をいただき、また、その一部を引用させて頂いた。これに対し厚く感謝申し上げます。

現地調査期間中に千葉県水質保全研究所地質環境研究室の楡井久博士氏および楠田隆氏から駒ヶ岳山麓赤井川地域の液状化現象についてご教示をいただいた。両氏に厚く感謝する。

今回の調査にあたり、長万部町、今金町、北檜山町、瀬棚町、神恵内町、各役場地震対策本部の関係者からは、多くの情報をいただき、また、いろいろお世話になった。関係各位に心から感謝申し上げます。

明治コンサルタント(株)新潟支店の平信行氏および北海道開発コンサルタント(株)の吉田政美氏からは主に国道5号線の被害写真を提供していただいた。ここに深く感謝を申し上げる。

現地では、(株)アイビーの山根幹生氏からいろいろの情報の提供をいただいた。厚くお礼申し上げます。

(株)国際航業、(株)東建ジオテックおよび(株)基礎基盤コンサルタントからは報告書をいただいた。これらは極めて重要なデータを報告されたもので大変興味深いものであり、深く謝意を表する次第である。

小論を草するに当り、今回の地震による多大な被害を思い、被災者の方々に、心からお見舞い申し上げます。

I 地震の概要

気象庁の発表による今回の地震の概要は次の如くである。

地震の名称：北海道南西沖地震

発生日時：1993年7月12日 午後10時17分ごろ

震源地（主震）：北緯42度47分、東経139度12分

マグニチュード：7.8

各地の震度：図-1に示してある。

主震の加速度波形：寿都測候所における加速度波形を図-2に示した。

余震：余震の震源地と津波の発生地域（波浪源）とは密接に関連している。

これを図-3及び図-4(ア)、(イ)に示してある。

今回の地震の余震で大きなものは、7月13日01:01分のM=6.3、深さ40kmのもの、8月8日のM=6.5の地震がある。この震源は余震の集中域から離れ、本島側によったところに発生したことが注目される。後者の際、江差町水堀地区の一部に液状化がみられたといわれる。

今回の地震では津波による被害が大きかったことが最大の特徴である。日本海沿岸地域における津波の高さを図-5に示した。今回の津波は環日本海の各地（韓国、ロシア沿海州、隠岐島）にまで広く到達した。

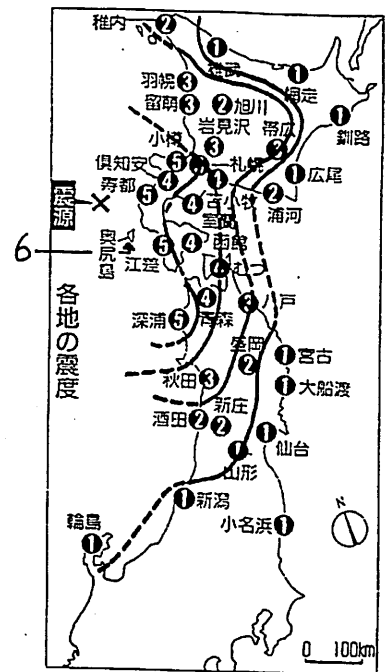


図-1 各地の震度（7月13日：朝日新聞）に等震度線を加筆したもの

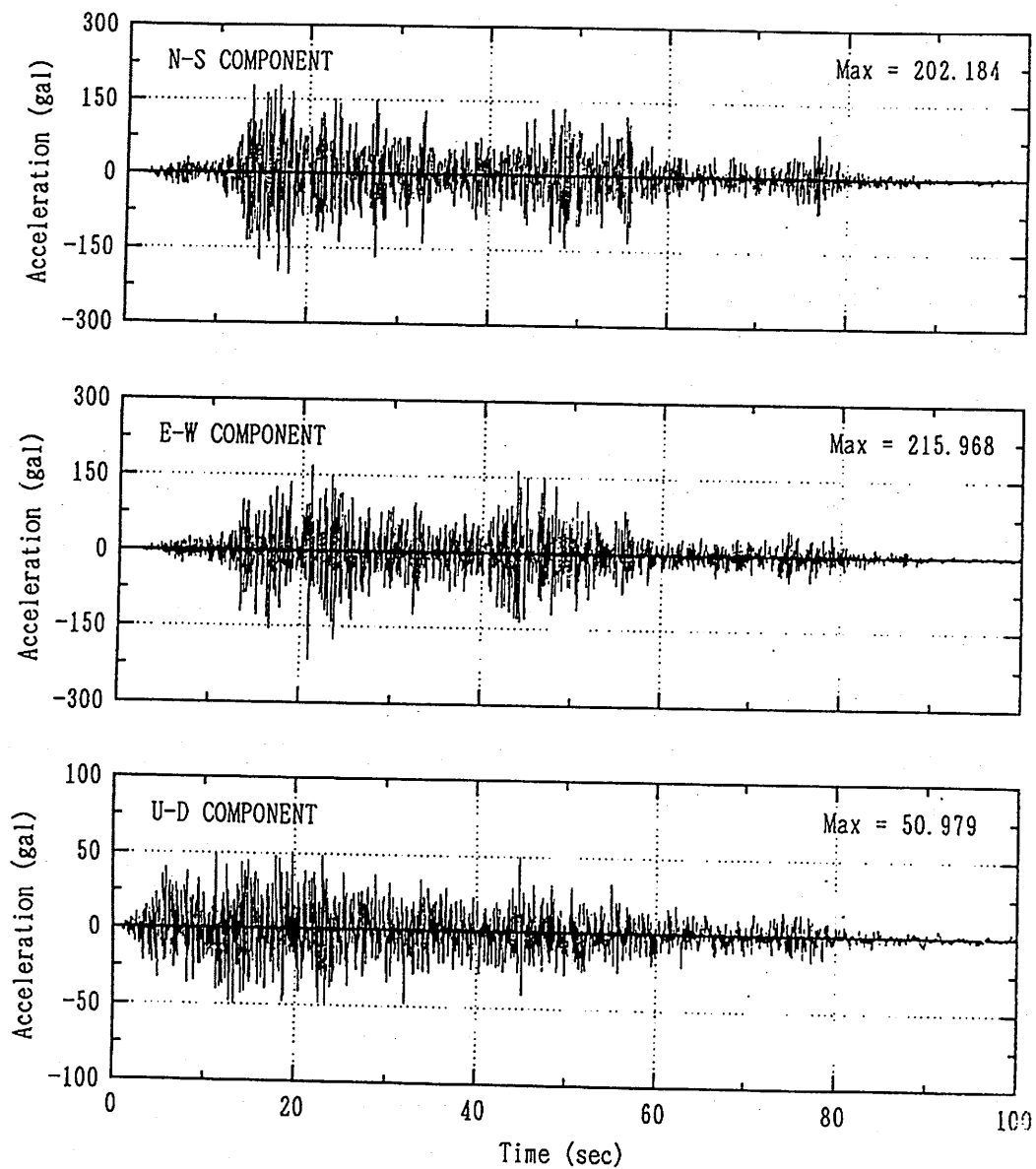
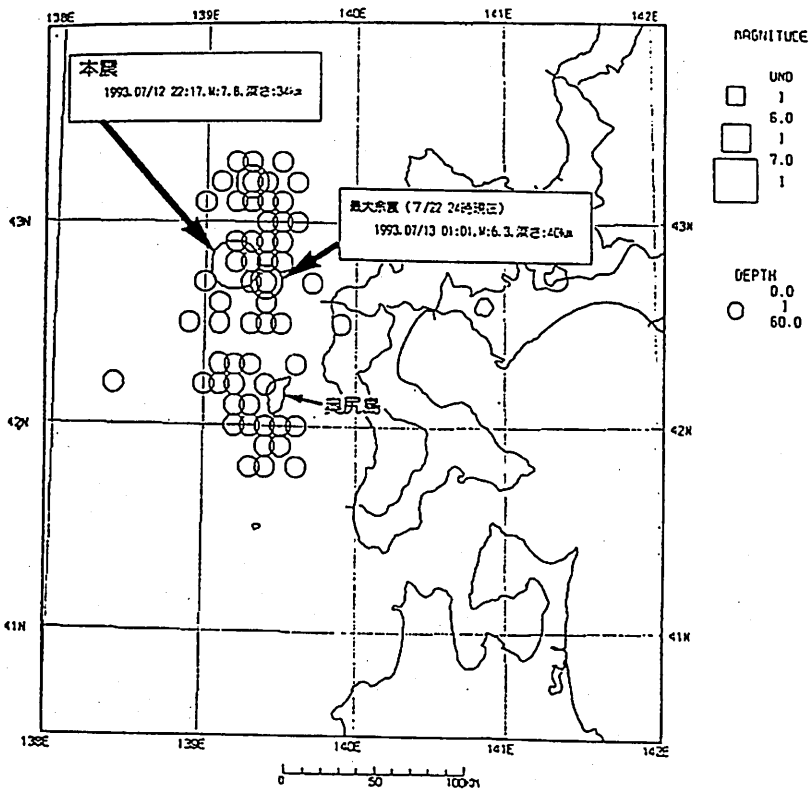


図-2 寿都測候所における地震（加速度）波形



震央分布図 (震源決定された有感地震のみ)

【期間：1993.07/12 22:17～07/22 24:00】

日別地震回数ヒストグラム

【期間：1993.07/12 22:17～07/22 24:00】

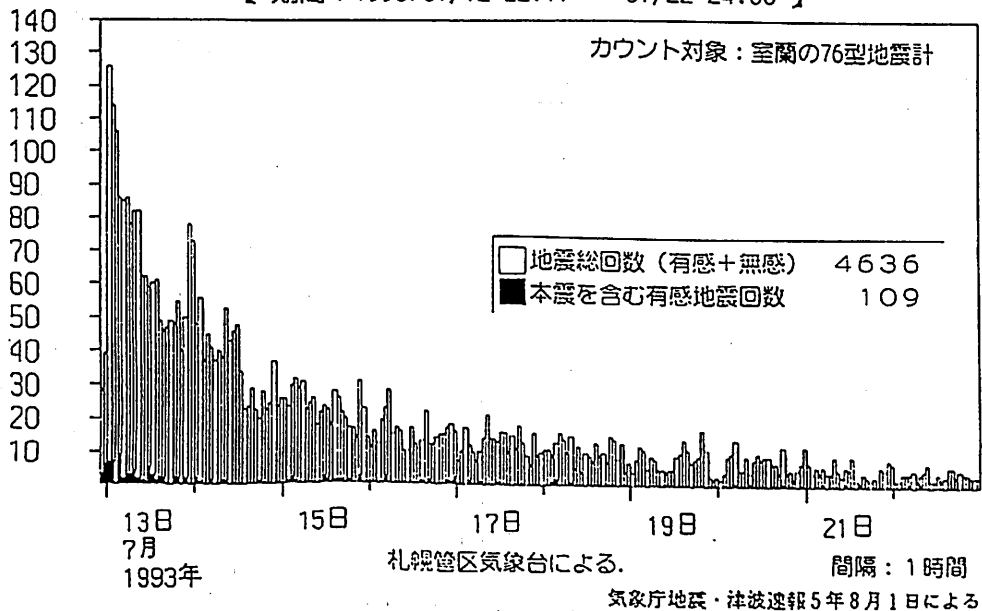
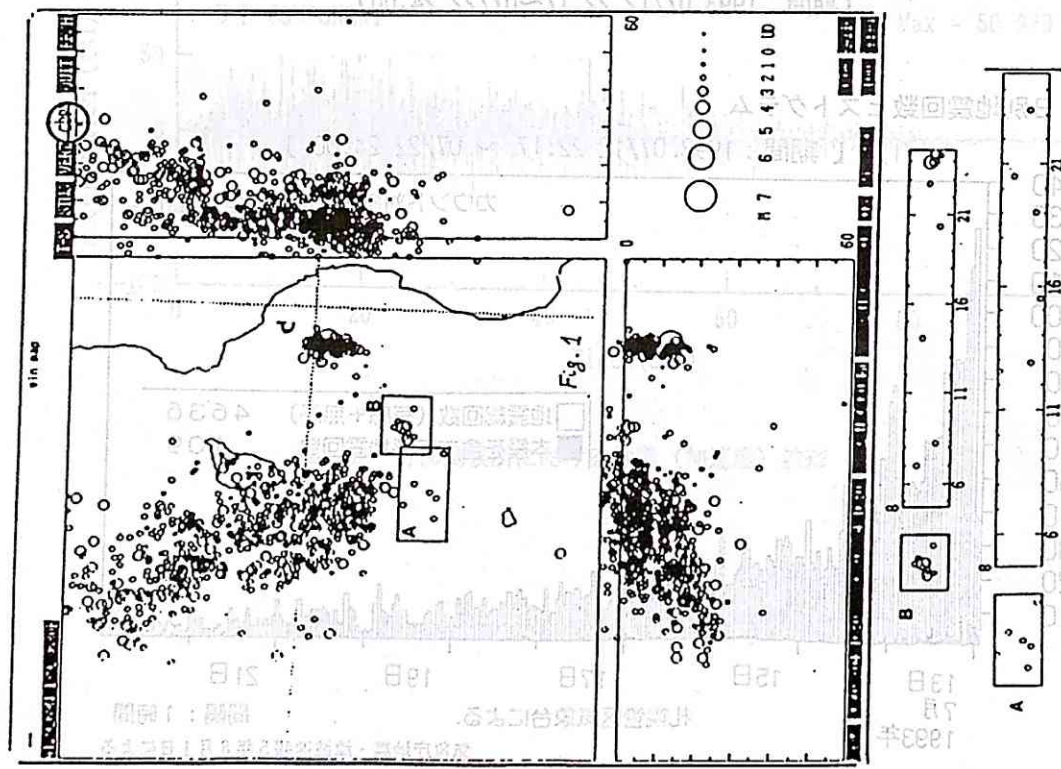
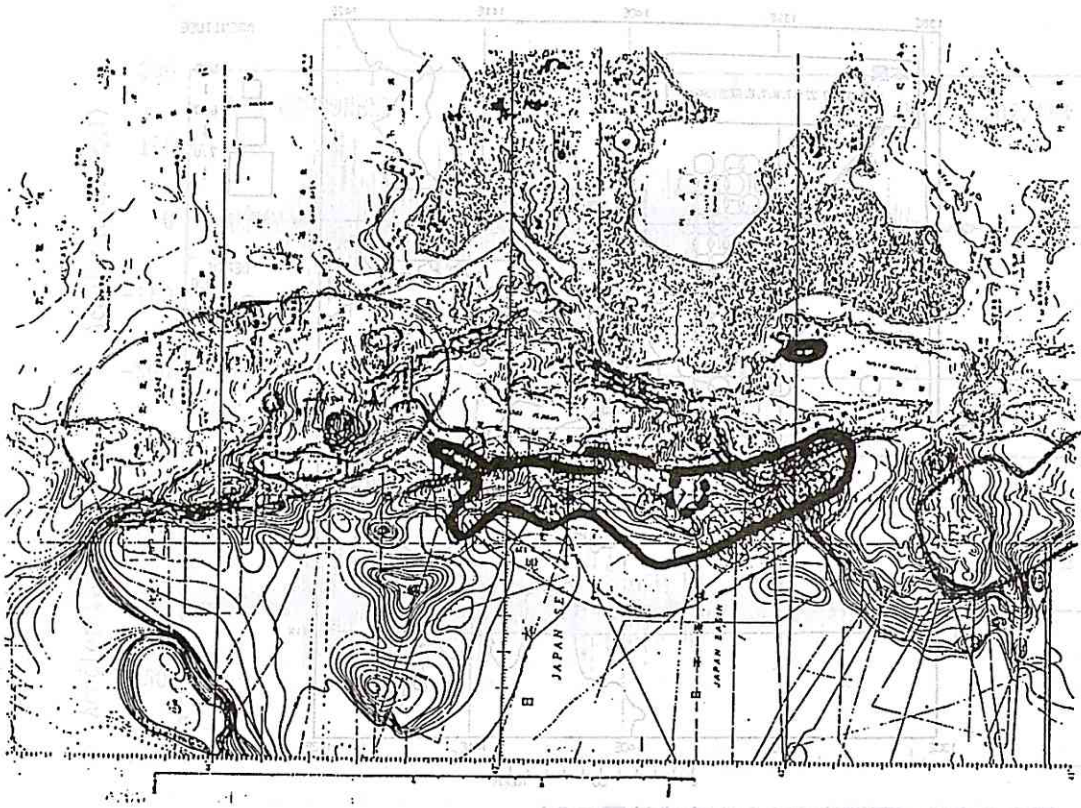


図-3

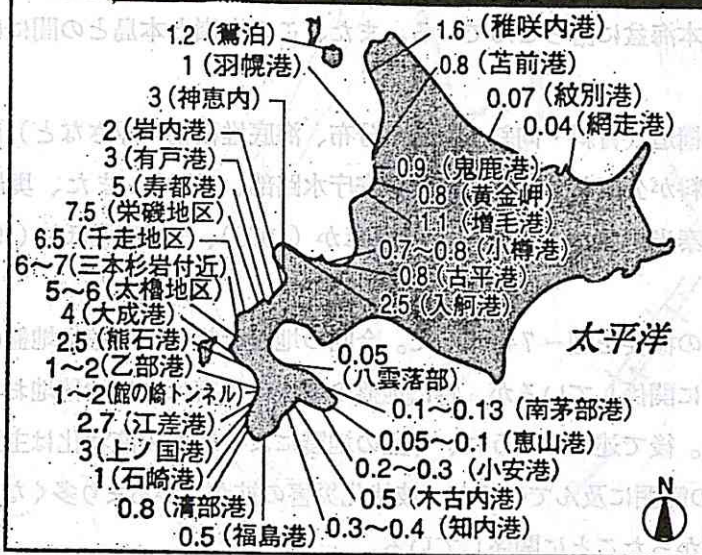


図一4(7) 余震域南部の地震活動。B：8月23日の活動、C：8月8日のM6.5の地震（日本地震学会ニュースレター、Vol.5、No.3、1993.9.30、による）

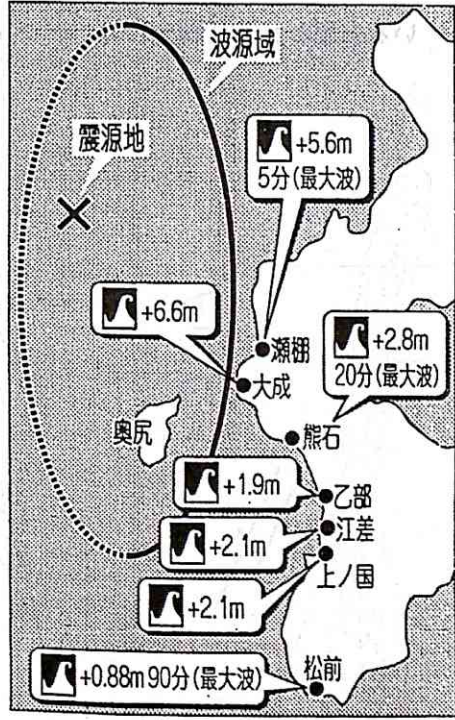
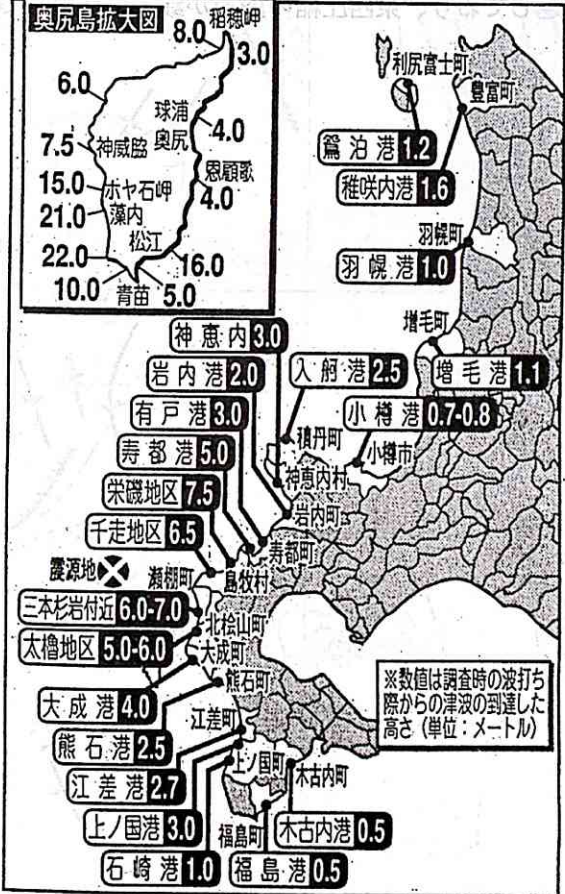


図一4(4) 海底地形と1993年北海道南西沖地震、1940年積丹沖地震、1993年日本海中部地震の余震域（地震学会ニュースレター、1993）

北海道南西沖地震による津波 (単位・m)



北海道南西沖地震による津波



北海道南西沖地震の波源域と松山沿岸の津波の発生状況

(北大工学部港湾工学研究室 (佐伯浩教授) 調べ = 北海道新聞、7月21日、による)

図-5 各地の津波の高さ (気象庁)

II 北海道南西沖地震の地質学的背景

今回の地震の主震源および余震の震源域は日本海の奥尻海嶺上にある（図-6）。この海嶺の西斜面は急傾斜で日本海盆に落ちこんでいる。また、この海嶺と本島との間には奥尻海盆が延びている。

奥尻海嶺周辺の海底地質構造（背斜・向斜・断層の分布、海底堆積物の厚さなど）については海上保安庁による資料が公表されている（海上保安庁水路部、1979）。また、奥尻島の地質・地形については、泰光男ほか（1982）、宮浦正ほか（1975）、三好真澄ほか（1985）などの報告がある。

北海道本島南西部の地形の概要を図-7に示した。今回の地震で起った崩壊や地盤の液状化は、地形・地質と密接に関係しているが、特に地盤の液状化災害は主に沖積地および人工埋立地に集中している。後で述べるように、今回の地震による地盤の液状化は主震源から（震央）から約200kmの範囲に及んでいるが、液状化災害の拡がりあまり多くなかったのは沖積低地の分布が狭かったことに関係している。

奥尻島の地質構造で注目されることは、断層及びリニアメントの方向性である。これにはNE性のものとNW性のものの二方向が卓越しており、東西圧縮の応力が顕著に作用していると思われる（図-16）。

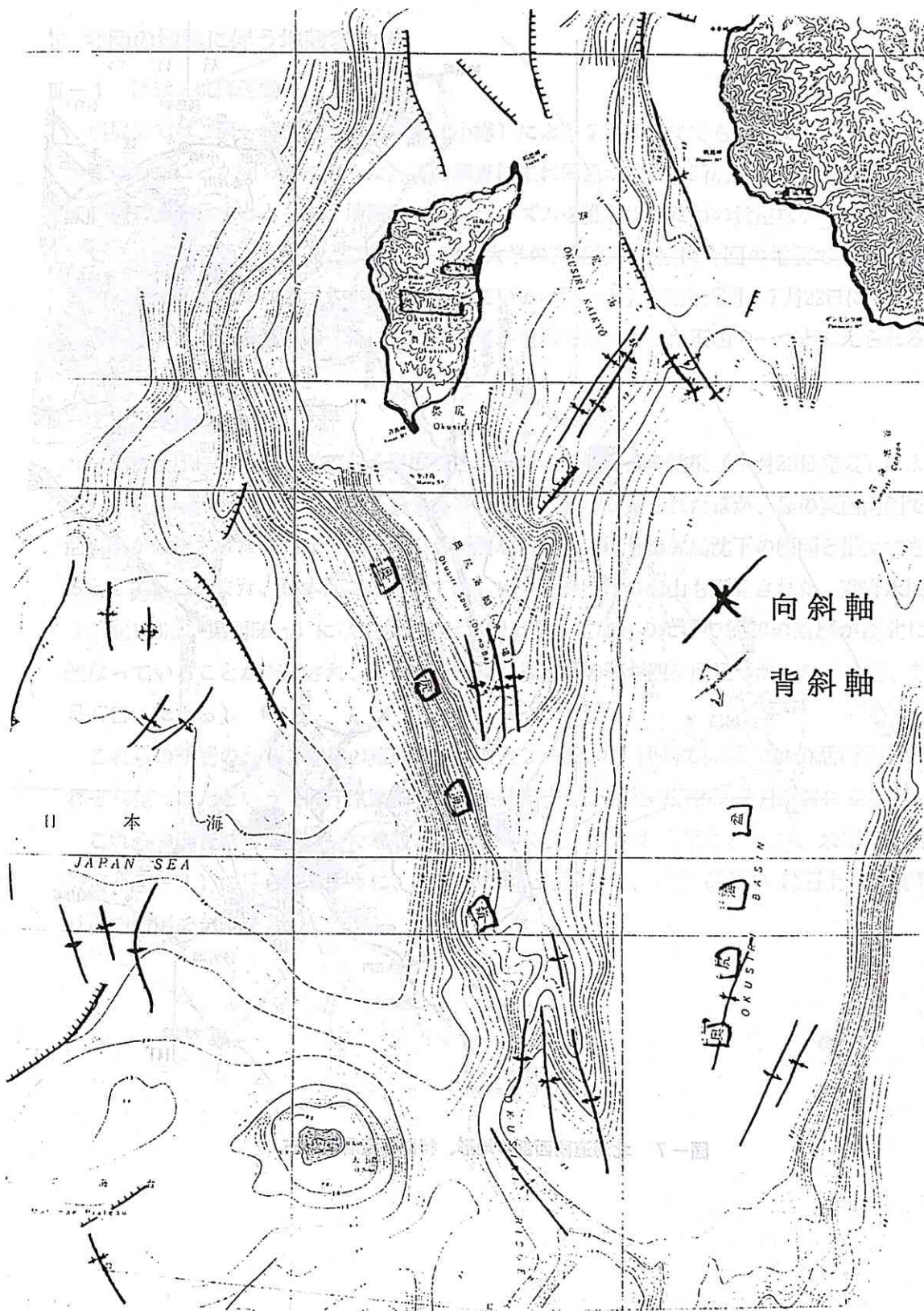


図-6 奥尻島周辺の海底地質構造図 (海上保安庁、1979)

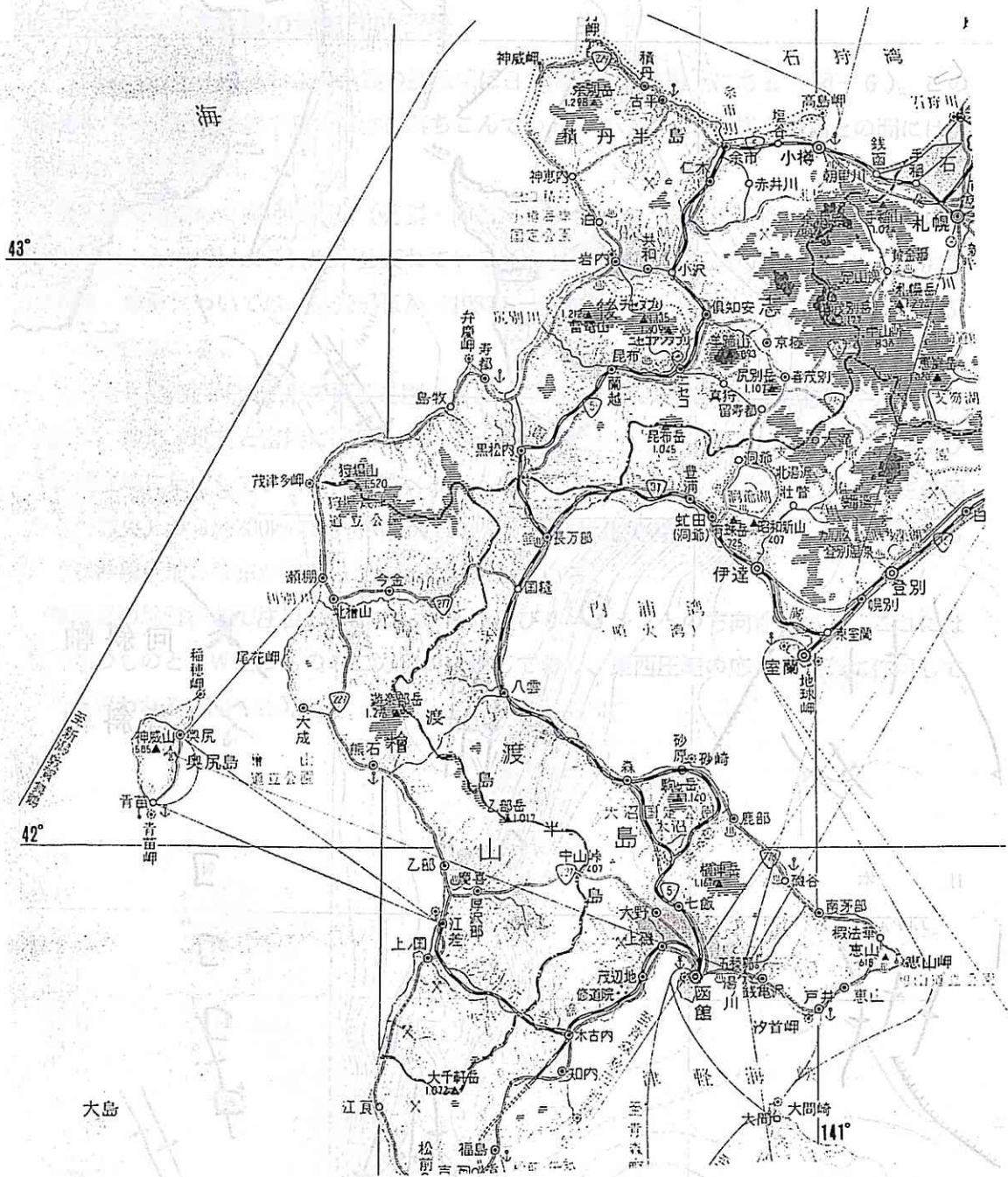


図-7 北海道南西部の地形、特に沖積層の分布

（昭和二十一年） 昭和三十二年四月 昭和三十二年四月

Ⅲ 今回の地震に伴う地殻変動

Ⅲ-1 隆起・沈降運動

奥尻島では、第一管区海上保安本部（小樽）による7月20日までも調査により、70～80cm沈降したことが明らかになった。この調査結果は同島が地震の断層運動の沈降部に当たっていたことを示すとともに、地震発生メカニズムを推測するための貴重なデータとなっている（読売新聞、7・21、による）。東北大学の斉藤伸夫教授は今回の地震で起きた海底面の隆起・沈降を凡そ示した図を公表している（図-8）（読売新聞、7月22日による）。

奥尻島の津波災害は、地震時における沈降が被害を増大させた理由の一つと考えられるのである。

Ⅲ-2 活断層の生成

海上保安庁による震源域である奥尻島西側水域の海底調査の結果（7月26日発表）によると、震源域の海底に多数の活断層や海底地すべりの跡が見られたほか、島の東西両側で活断層が確認された。同庁では東西の活断層が、地震に伴う奥尻島沈下の原因と推定できるとしている。また、日本海では極めて珍しいカルデラ状の海山も発見された。調査水域（南北150km、東西56km）には生成時期は不明だが、主なものだけで約20の断層が南北に連なっていることが確認され、また、大規模な地滑りの跡が四ヶ所見つかった（日経、7月27日、による）。

これらの断層のうち、同島の東側で最大段差2～300m、西側で同数10mの活断層をそれぞれ見つけたという（同庁水路部春田茂主任調査官談、北海道新聞7月27日による）。

これらの調査結果に基づいた地殻変動モデル（図-10）が提案されたが、余震の震源決定（図-4）に見られるように、図-10の考えは誤りで、筆者（茅原）は西上り-東下りの逆断層モデルを考えている。

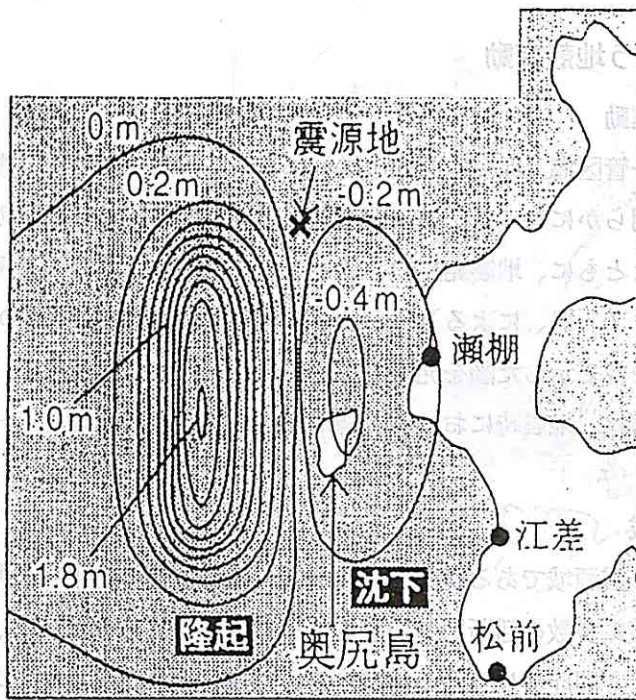


図-8 北海道南西沖地震で起きた海底面の隆起・沈降
(東北大首藤教授による、7月22日読売新聞による)

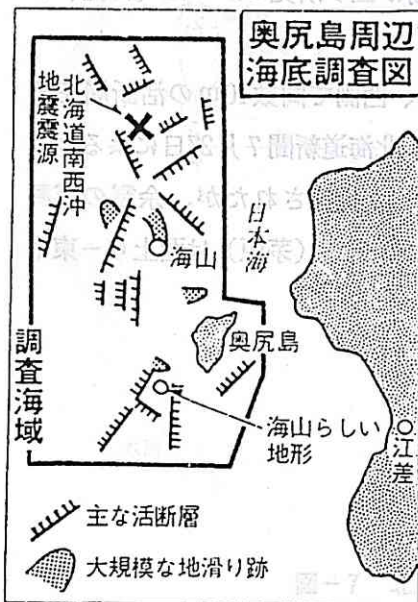


図-9 奥尻島周辺海底の活断層
(海上保安庁、7月26日、
日経、7月27日掲載)



図-10 地震時の推定地殻変動モデルの1例
(東大震研阿部勝征氏による、北海道
新聞による)

IV 奥尻島の地震被害

奥尻島の被害状況を図-11・12および表-1に示した。

IV-1 津波による被害

今回の地震では、奥尻島では甚大な人的・物的被害が発生した(図-12・13)。

図-14には津波の上限痕跡分布を示した。津波の運搬による土石の変化状況の1例を図-15に示してある。

津波被害については他に詳細な報告があるので、以上のほかはここでは省略する。

IV-2 奥尻島の地震に伴う崩壊・地すべり

今回の地震に伴って奥尻島では多くの崩壊や地すべりが発生した。それらの分布を図-16に示してある。

崩壊のうち最大規模のものは奥尻港地区で発生し、崩壊土砂によってホテル洋々荘が破壊埋没し33名の人命が失われた(図-17・21-4)。

図-16に示したように、崩壊地は島の北西部に多い。この地域では、道路の路肩崩壊は少なく、大部分は道路のノリ面崩壊が主である。北西部の崩壊は地質と関係しているようである。

IV-3 その他の地震動被害

奥尻島の地震動被害についてみると、墓石はほとんど転倒した。これからみると、所によっては震度7(激震)であった可能性がある。墓石の柱の縦・横の割合は1:2あるいは1:3程度であり、台石との接着剤のないものはすべて転倒した。これからみると水平加速度は0.4G以上、0.5Gに近いと考えられる。なお、本島南西部海岸での最大加速度は0.2Gであった。

青苗高原の家屋は津波や火災の被害をまぬがれたが、家屋被害は少なかった。これは屋根がトタン板のものが多く軽いのが理由であろうといわれている。

奥尻島各地区の地震・津波による被害状況

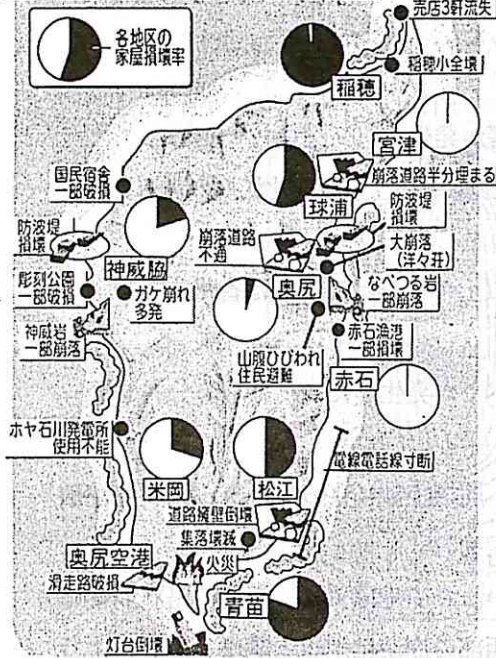


図-11 奥尻島各地区の被害状況
(北海道新聞、'93. 7. 16)

表-1 奥尻島の被害状況
(平成5年8月16日現在)

項目		件数	被害金額 (千円)	項目		件数	被害金額 (千円)		
人的被害	死者	171		土木 被害	空港	1	67,924		
	行方不明	31			計	248	13,561,554		
	重傷	25			水 被害	漁船	沈没流失	421	3,037,900
	軽傷	38				破損	170	313,986	
	計	265				計	591	3,351,886	
			漁港施設						
住家被害	全壊	棟数 410 世帯数 406 人員 1,152		産業 被害	共同利用施設	46	1,268,711		
	半壊	棟数 29 世帯数 29 人員 95			その他施設	405	877,043		
	一部破損	棟数 108 世帯数 108 人員 301			魚具(網)	938	950,520		
	床上浸水	棟数 61 世帯数 61 人員 194			水産製品				
	床下浸水	棟数 22 世帯数 22 人員 54			その他	4	571,478		
計	棟数 630 世帯数 626 人員 1,796		計	1,984	7,019,638				
非住家被害	全壊	公共建物 その他	341	林業 被害	林地				
	半壊	公共建物 その他	4		治山施設				
	計	公共建物 その他	345		林地				
					林道				
					林産物				
農業被害	農作物	田 44 畑 10	18,098 437	一般 民有林	小計				
	農用施設	19	228,000		林地	43	15,422,000		
	共同利用施設	2	10,000		治山施設	8	312,000		
	営農施設	84	98,400		林道	2	11,658		
	その他		9,376		林産物				
計	105	364,311	小計	55	15,811,958				
土木 工事	河川	6	3,500	水 被害	水道	2	24,000		
	海岸	22	5,004,000		公立	3	115,570		
	砂防・急傾斜施設	14	30,200		病院 個人				
	道路	168	3,379,930		一般廃棄物処理施設	2	136,000		
	橋梁	3	333,000		計	7	275,570		
小計	213	8,750,630	計	204	4,134,200				
市町村 工事	河川	10	89,500	商工 被害	商業	107	1,228,290		
	道路	14	216,500		工業	15	881,700		
	橋梁	1	80,000		その他	82	2,024,210		
	小計	25	386,000		計	204	4,134,200		
	港湾	2	137,000		小学校	5	883,683		
漁港	7	4,220,000	中学校	2	651,256				
			高校	1	3,068				
			その他文教施設	2	5,500				
			計	10	1,543,507				
			社会教育施設						
			公立	3	4,550				
			法人	1	6,770				
			計	4	11,320				
			私立学校						
			公共下水道						
			その他	2	12,388				
			計	2	12,388				
			被害金額(千円)		42,734,446				

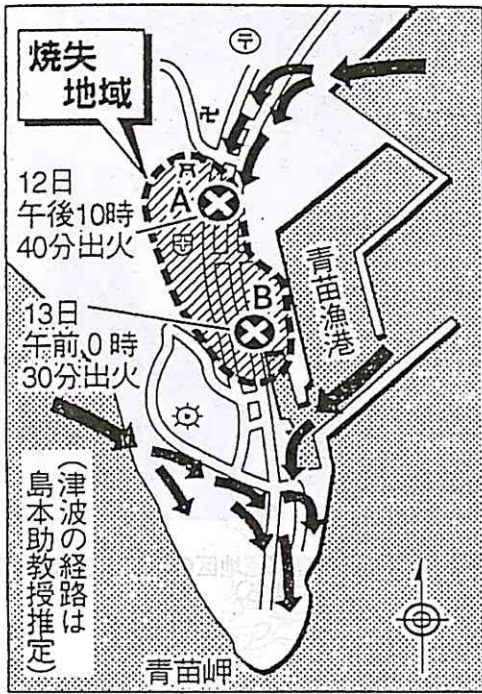


図-12 奥尻島青苗地区で発生した大火の出火推定箇所 (×印) と津波の経路 (矢印) 読売新聞：7月25日

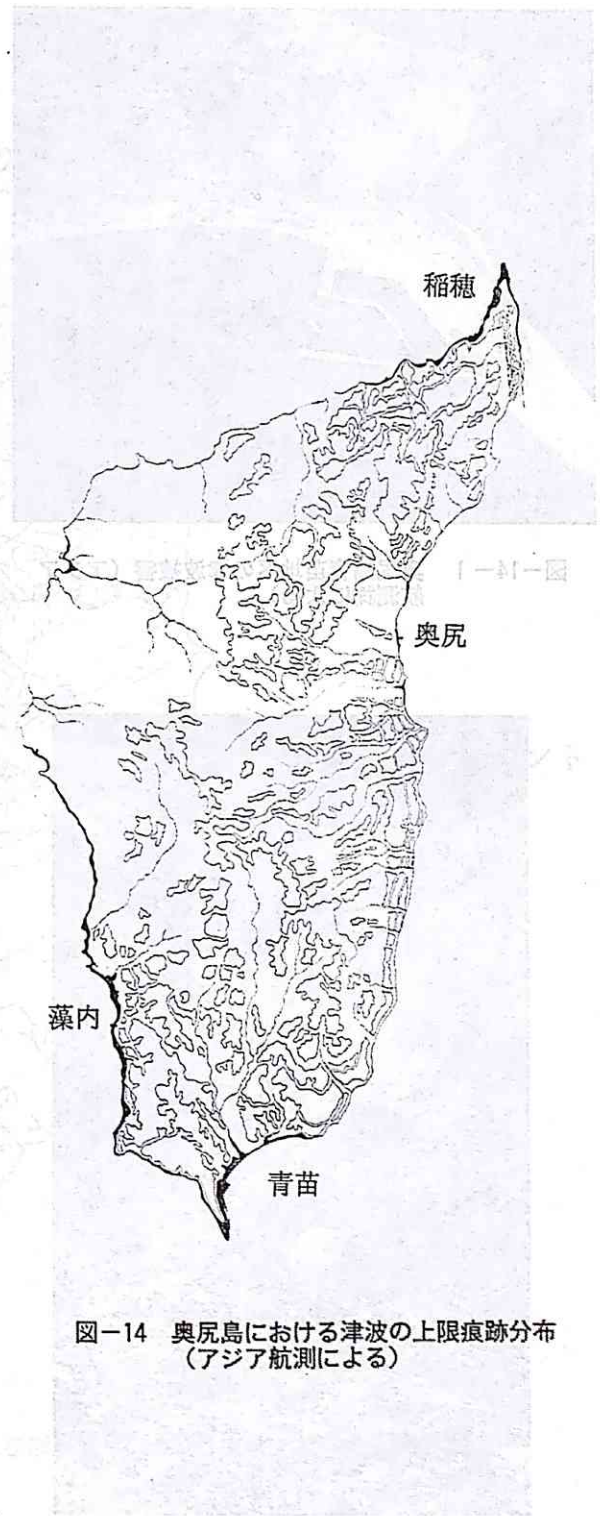


図-14 奥尻島における津波の上限痕跡分布 (アジア航測による)

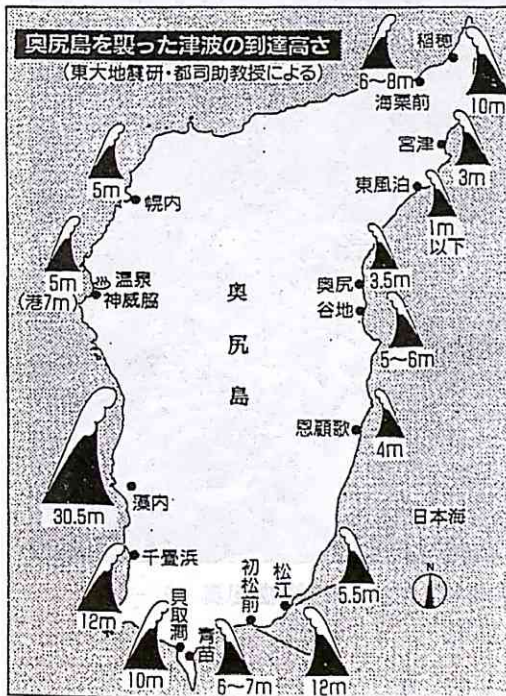


図-13 奥尻島各地の津波遡上高 (7/17朝日新聞朝刊より)



図-14-1 奥尻島青苗地区の津波被害（アジア航測機による）



図-14-2 奥尻島稲穂地区の津波被害（アジア航測による）



津波前



津波後

図-15 藻内地区における津波前後の地形変化（礫の変化に注意）（アジア航測による）

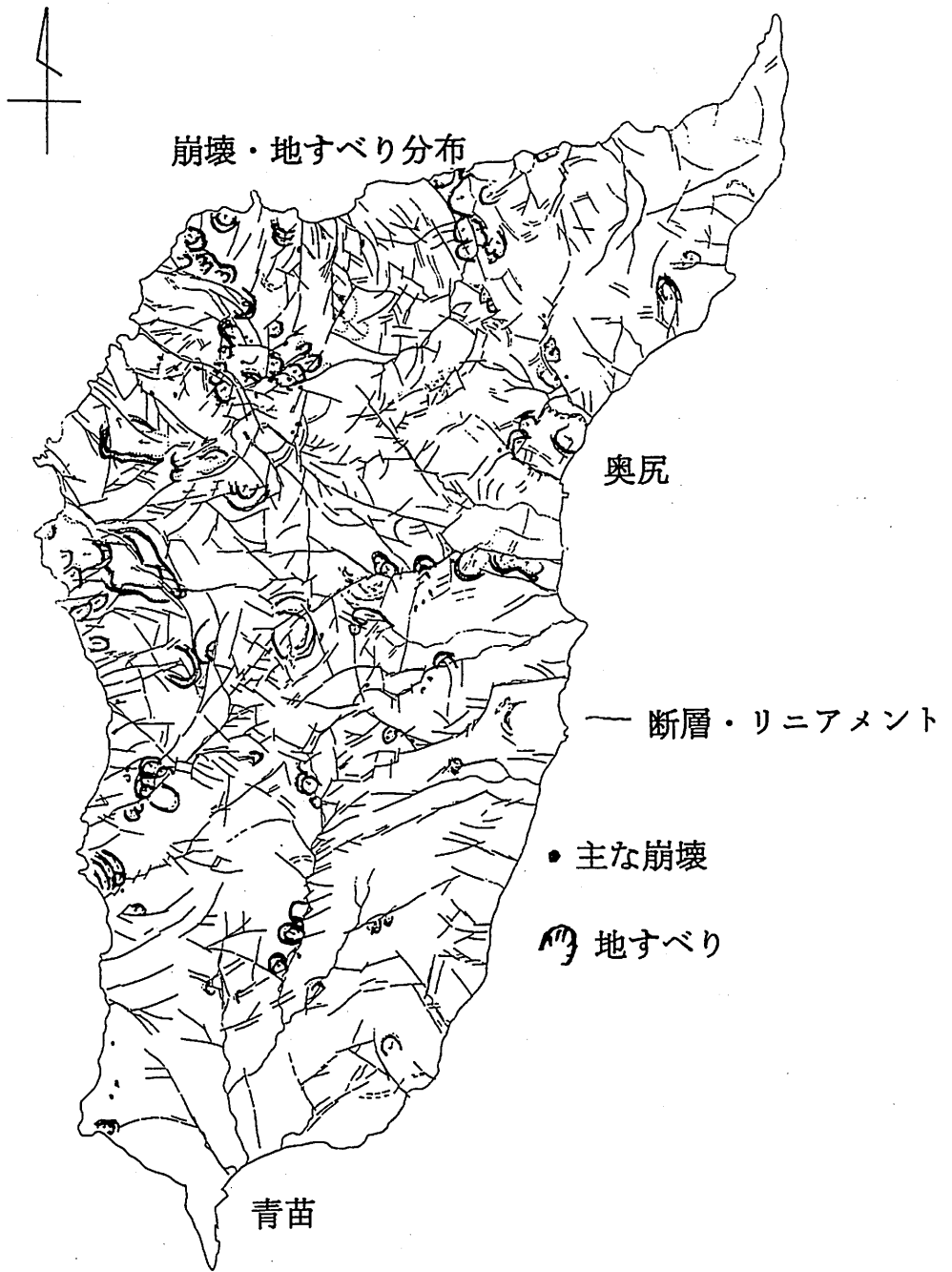


図-16 奥尻島の崩壊・地すべり分布および断層・リニアメント（アジア航測による）

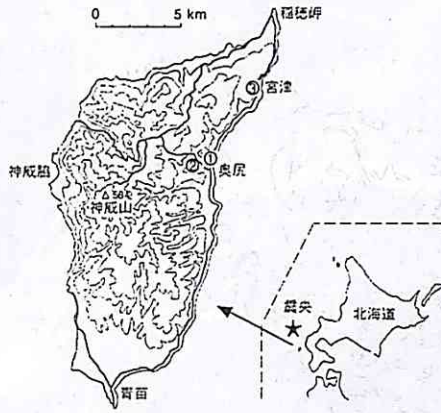


図-17 奥尻島に発生した大規模斜面崩壊の位置

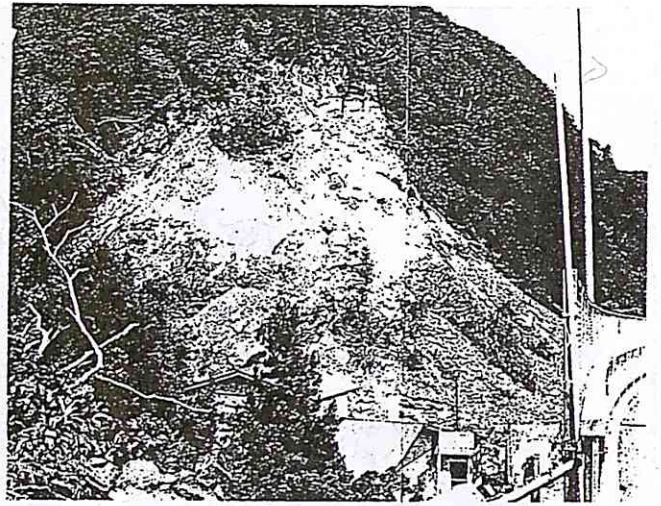


図-18(a) 宮津地区に発生した斜面崩壊

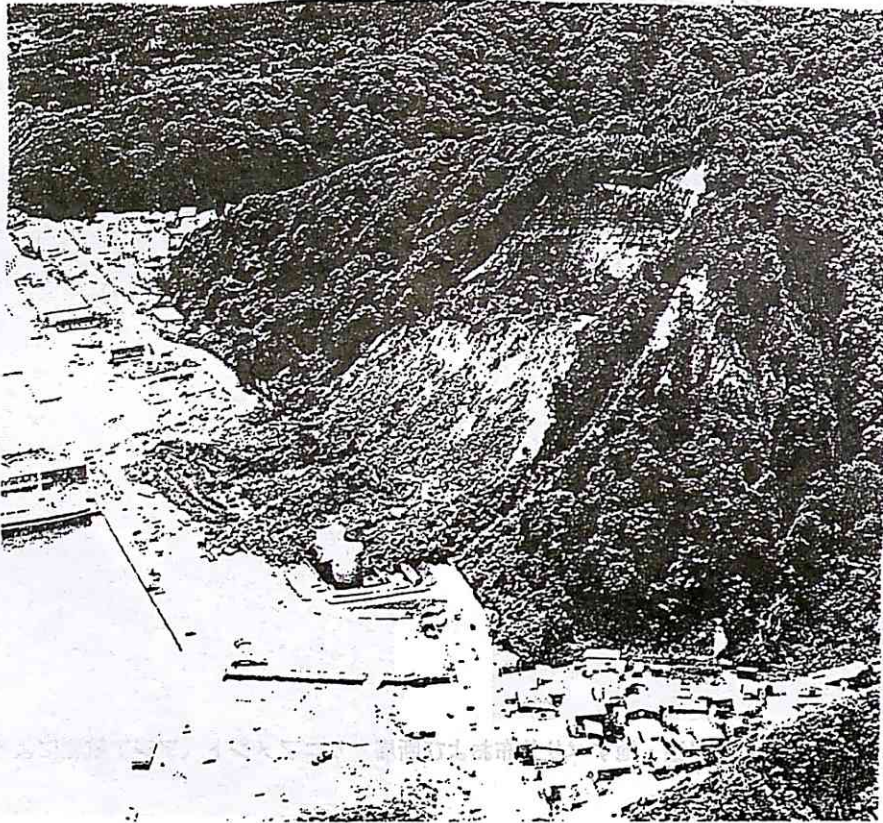


図-18(b) 奥尻地区洋々荘裏の斜面崩壊
(平成5年7月17日、北海道営林支局治山課撮影)

V 道路の被害

本島南部における道路の被害は次の3種に区別される。

V-1 国道229号の被害—海蝕崖の崩壊によるトンネル・覆道部の破損、その他落石、その他小規模のものとしては路肩の崩壊、歩道縁石部のクラック、舗装部分のきれつなどがある。

一般国道229号白系トンネルの被害状況を図-21に示した。この地域の海蝕崖は第三紀中新世の安山岩質火砕岩からなっている。

一般国道229号刀掛覆道およびトンネルの被害状況を図-22に示した。この海蝕崖は安山岩質の火砕岩からなっている。この崩壊は7月28日夕刻に崩壊の危険が認められ、交通止めとなったもので、筆者らはこの日朝、ここを通過したのであるが、夕刻、宿泊地である雷電温泉へあと10分という時に交通止めとなったものである。

V-2 国道5号（長万部～黒松内間）蕨岱地区の被害

山地・丘陵部への取付部分で盛土の崩壊、路肩の崩壊、クラックの発生、陥没など。

この区間で最も大きな被災箇所は知来川右岸地域のもので、道路盛土部分が大きく陥没・崩壊した（図-23 a、b）。その被災状況を図-23 c、dおよびeに示してある。なお、この道路に近接したJR函館本線は著しい波状変形および路盤の陥没などの被害を蒙った（図-24）。この地域は元来、湿地帯であったと考えられるが、その山側に盛土によって国道および鉄道の路盤が構築されたものと思われる。

このほかに、町境から長万部市街の間の国道5号には路肩のキレツ・陥没などが各所に認められた（図-20）。

V-3 国道5号（長万部～八雲間）の被害

長万部～八雲間では地盤の液状化に関連した波状変形、クラック、路肩および歩道縁石境界でのキレツ・陥没など。

V-4 道道・町道など堤防の被害—主に後志利別川（北檜山町・今金町管内）沿いの堤防に発生したクラック、陥没など地盤の液状化に基因する被害である。

北海道本島南西部に起こった道路被害の一覧を表-2・3、および図-19・20に示してある。

また、今金町地内の国道230号にもこのような被害が数多く認められた（図-20）。

V-3の液状化に関連する道路被害については液状化の項で述べることにする。

表-2 北海道開発局小樽開発建設部直轄道路の被害一覧

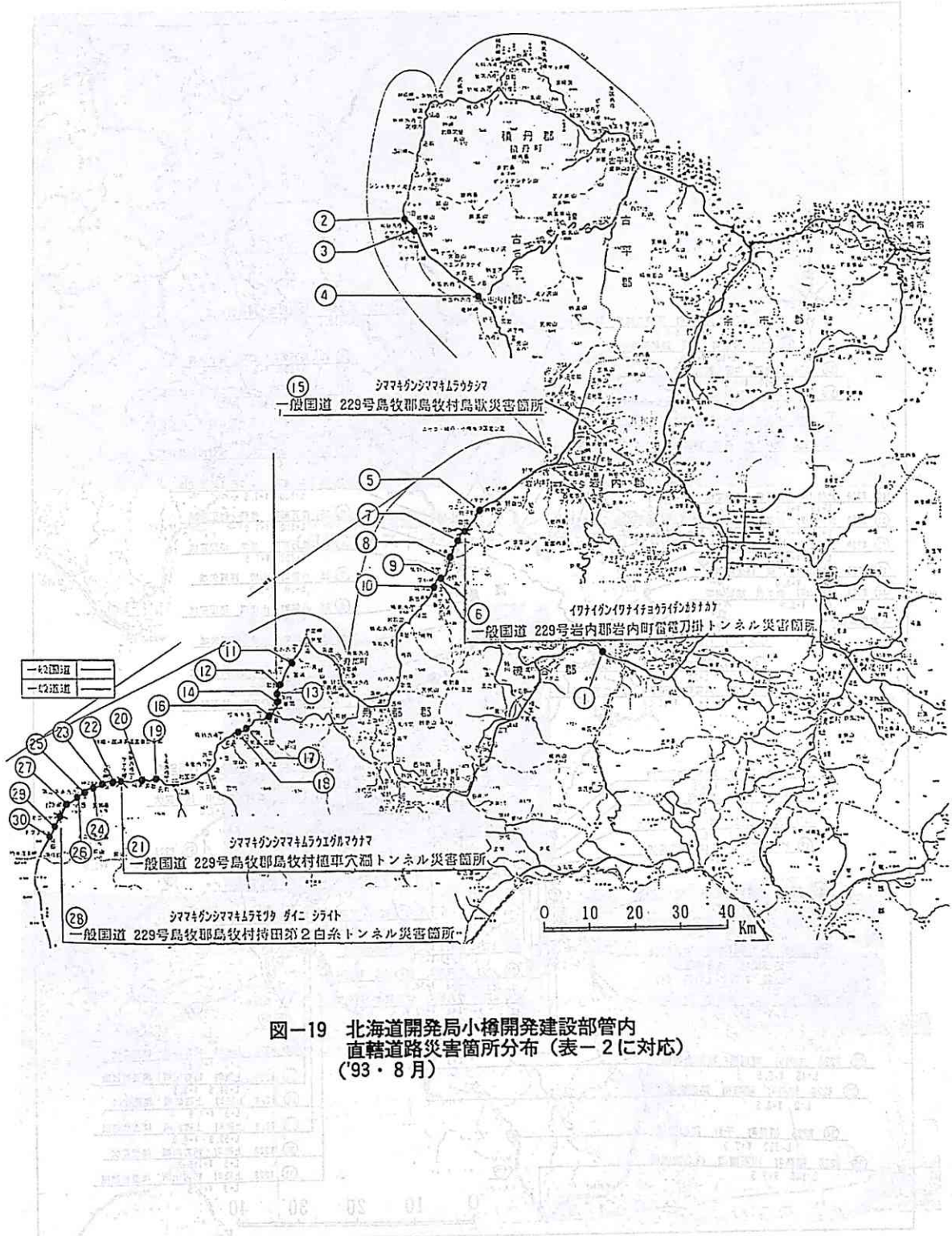
整理番号	路線名	被災状況	延長 (m)
1	一般国道5号蘭越町昆布西	路面陥没	KP=158.7 L=60 W=4
2	一般国道229号神恵内村川白	崩土	KP=61.4 L=10
3	一般国道229号神恵内村川白	落石	KP=62.2 3ヶ所
4	一般国道229号神恵内村神恵内	路面冠水	KP=73.7 L=200
5	一般国道229号岩内町親子別	落石	KP=108.0 2ヶ所
6	一般国道229号岩内町イセバチ刀掛トンネル	崩土	KP=111.8 L=30
7	一般国道229号岩内町イセバチ	落石	KP=113.4 5ヶ所
8	一般国道229号蘭越町港町	崩土	KP=114.0 L=20
9	一般国道229号寿都町字能津登	落石	KP=118.0 2ヶ所
10	一般国道229号寿都町字能津登	法面崩壊	KP=118.2 L=20
11	一般国道229号島牧村字富浦	路肩決壊	KP=149.2 L=30 W=1
12	一般国道229号島牧村歌島	路面冠水	KP=152.9 L=500
13	一般国道229号島牧村ワッカナイ橋	路面陥没	KP=153.0 L=20 W=8
14	一般国道229号島牧村中の川橋	路面陥没	KP=154.3 L=20 W=8
15	一般国道229号島牧村歌島	路面隆起	KP=154.3 L=460
16	一般国道229号島牧村美谷一豊浜	路面冠水	KP=155.5
17	一般国道229号島牧村栄磯	路面冠水	KP=159.2 L=3,200
18	一般国道229号島牧村栄磯	路肩決壊	KP=159.6 L=60 W=4
19	一般国道229号島牧村元町	落石	KP=172.1 5ヶ所
20	一般国道229号島牧村元町一原歌	路面冠水	KP=172.4 L=1,100
21	一般国道229号島牧村植車穴洞トンネル	落石	KP=176.1 L=20
22	一般国道229号島牧村栄浜	落石	KP=177.2
23	一般国道229号島牧村栄浜	落石	KP=179.4 L=14
24	一般国道229号島牧村栄浜第一栄浜覆道	構造物の破壊	KP=180.0
25	一般国道229号島牧村栄浜小田西覆道	構造物の破壊	KP=180.2
26	一般国道229号島牧村栄浜	崩土	KP=182.5 L=20
27	一般国道229号島牧村持田	崩土	KP=183.9 L=10
28	一般国道229号島牧村持田第2白糸トンネル	構造物の破壊	KP=184.5 L=30
29	一般国道229号島牧村持田兜石覆道	構造物の破壊	KP=185.2
30	一般国道229号持田	路肩決壊	KP=186.3 L=80 W=1

表-3 北海道南西沖地震被災一覽表
(函館開発建設部、'93・8月)

整理番号	路線名	被災状況	延長 (m)	被災箇所 記録表ページ
1	一般国道5号森町赤井川	路面変状	L=300 V=7.0	
2	一般国道5号森町駒ヶ岳	路面変状	L=500 V=7.0	
3	一般国道5号八雲町野田生	路面変状	L=1 V=9.0	
4	一般国道5号八雲町壺河町	路面変状	L=50 V=0.3	
5	一般国道5号八雲町花浦	路肩欠壊	L=500 V=0.5	
6	一般国道5号八雲町山崎橋	路面変状	L=40 V=8.0	
7	一般国道5号八雲町山崎	路肩欠壊	L=10 V=1.0	
8	一般国道5号長万部町豊津	路面変状	L=800 V=7.5	
9	一般国道5号長万部町豊野	路面変状	L=500 V=7.5	
10	一般国道5号長万部町中の沢	路面変状	L=500 V=7.5	
11	一般国道5号長万部町大浜	擁壁滑動及び沈下	L=414	
12	一般国道5号長万部町長万部こ線橋	路面変状	L=10 V=9.0	
13	一般国道5号長万部町土津田こ線橋	路面変状	L=10 V=9.0	
14	一般国道5号長万部町知来	盛土崩壊	L=100 V=9.0 H=6	図-23
15	一般国道37号長万部町長万部橋	構造物破損	L=150.1 V=9.5	
16	一般国道227号厚沢部町峠下	路面変状	L=70 V=8.6	
17	一般国道227号厚沢部町稲倉石橋	路面変状	L=3 V=7.5	
18	一般国道227号厚沢部町富栄	路面変状	L=3 V=9.4	
19	一般国道227号厚沢部町美和(4)	路面変状	L=3 V=9.5	
20	一般国道227号厚沢部町美和(3)	路面変状	L=3 V=14.0	
21	一般国道227号厚沢部町美和(2)	路面変状	L=90 V=12.0	
22	一般国道227号厚沢部町目名尻橋	路面変状	L=6 V=12.7	
23	一般国道227号厚沢部町美和(1)	路面変状	L=21.6 V=10.6	
24	一般国道227号江差町柳崎	路面変状	L=10.3 V=2.5	
25	一般国道227号江差町田沢	路面変状	L=3 V=9.0	
26	一般国道228号上磯町新有川橋	路面変状	L=2 V=8.8	
27	一般国道228号上磯町新有川橋	構造物破損	L=98.5 V=8.0	
28	一般国道228号上磯町上磯新橋	路面変状	L=3 V=8.9	
29	一般国道228号上磯町上磯新橋	構造物破損	L=52.9 V=8.0	
30	一般国道228号上磯町新古川橋	路面変状	L=5 V=7.5	
31	一般国道228号上磯町新古川橋	構造物破損	L=9 V=9.5	

表-3 (つづき)

整理番号	路線名	被災状況	延長 (m)	被災箇所 記録表ページ
32	一般国道228号知内町森越橋	構造物破損	L=45 W=6.5	
33	一般国道228号知内町稲荷橋	路面変状	L=2 W=6.5	
34	一般国道228号福島町千軒	路面変状	L=350 W=7.0	
35	一般国道228号福島町赤石復道	構造物破損	L=146 W=7.5	
36	一般国道228号上ノ国町大安在	路面変状	L=10 W=7.5	
37	一般国道228号上ノ国町勝山天ノ川橋	構造物破損	L=22 W=6.1 L=165 W=5.5	
38	一般国道228号江差町椴川(2)	路面変状	L=24 W=9.5	
39	一般国道228号江差町椴川(1)	路面変状	L=33 W=9.0	
40	一般国道229号北桧山町栄石橋	路面変状	L=15 W=8.0	
41	一般国道229号北桧山町栄石	路面変状	L=15 W=8.0	
42	一般国道229号北桧山町若松	路面変状	L=30 W=3.0	
43	一般国道229号北桧山町二俣	路面変状	L=15 W=8.0	
44	一般国道229号北桧山町金ヶ沢	法面崩壊	L=5 W=6.0	
45	一般国道229号乙部町館浦	路面変状	L=176 W=6.5	
46	一般国道229号江差町五厘沢	路面変状	L=100 W=6.5	
47	一般国道229号江差町鯉川橋	路面変状	L=600 W=6.5	
48	一般国道229号江差町柳崎	路面変状	L=550 W=6.5	
49	一般国道230号長万部町国縫こ線橋	路面変状	L=30 W=9.0	
50	一般国道230号今金町花石	路肩欠壊	L=15 W=1.0	
51	一般国道230号今金町中里	路肩欠壊	L=16 W=1.6	
52	一般国道230号今金町種川	路面変状	L=5 W=0.5	
53	一般国道230号今金町神丘	路面変状	L=32 W=1.1	
54	一般国道230号北桧山町丹羽	路肩欠壊	L=50 W=2.0	
55	一般国道277号八雲町上鉛川(2)	法面崩壊	L=10 W=10.0	
56	一般国道277号八雲町上鉛川(1)	法面崩壊	L=30 W=2.0	
57	一般国道277号八雲町立岩	路面変状	L=50 W=0.1	
58	一般国道278号鹿部町大岩	法面崩壊	L=30 W=1.0	



図一19 北海道開発局小樽開発建設部管内
 直轄道路災害箇所分布 (表一2に対応)
 ('93・8月)

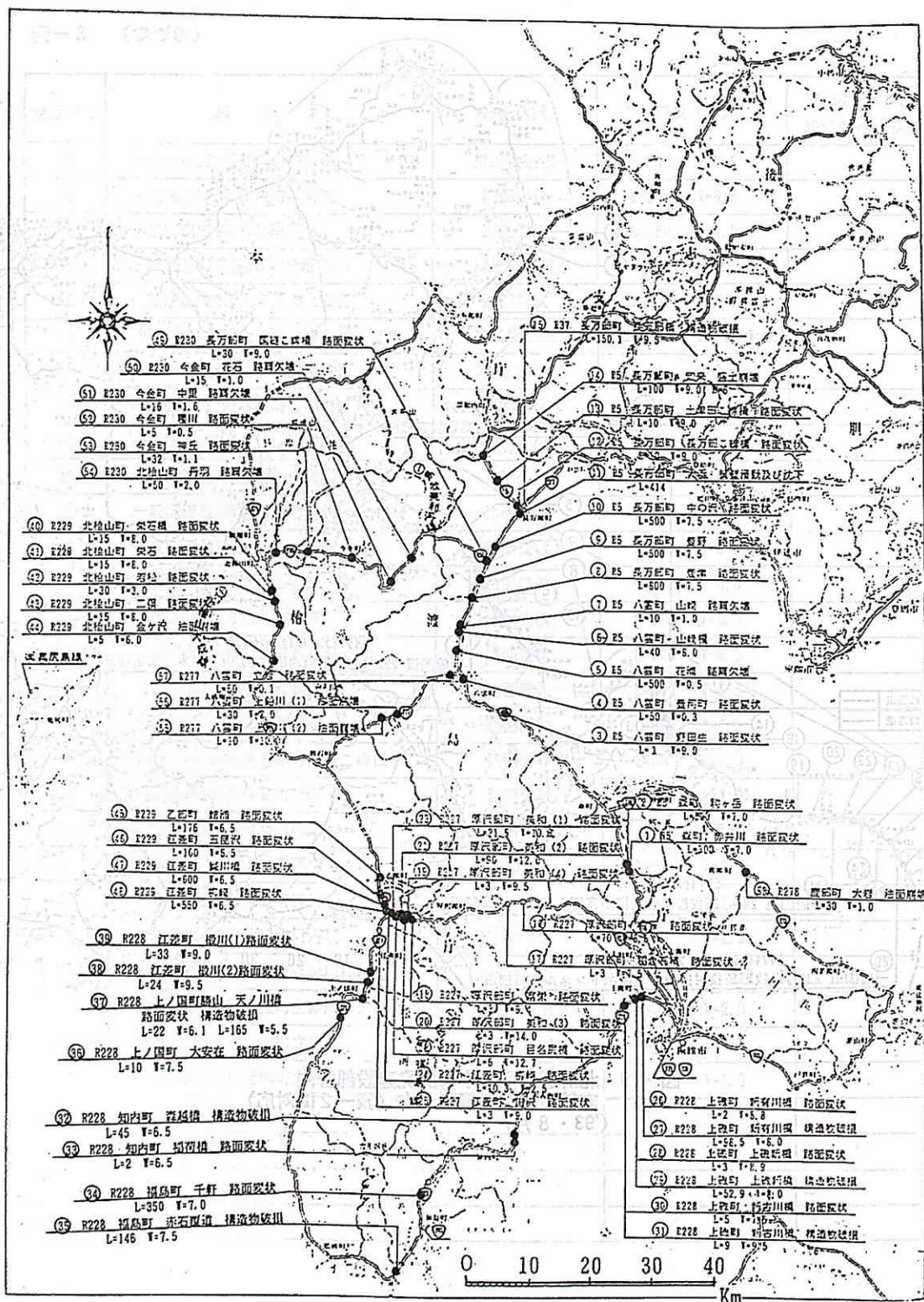


図-20 北海道開発局函館開発建設部管内道路の被災箇所分布 (表-3 に対応)

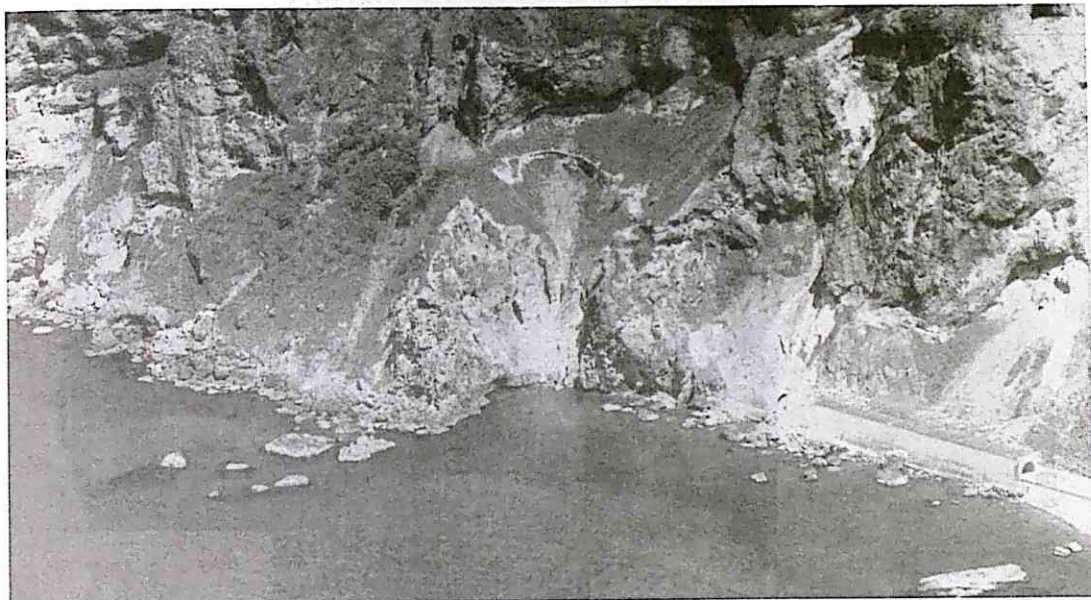


図-21-1 日本海岸国道229号白糸トンネル付近の海蝕崖と崩壊
 (日経コンストラクション、1993年8月p66より)

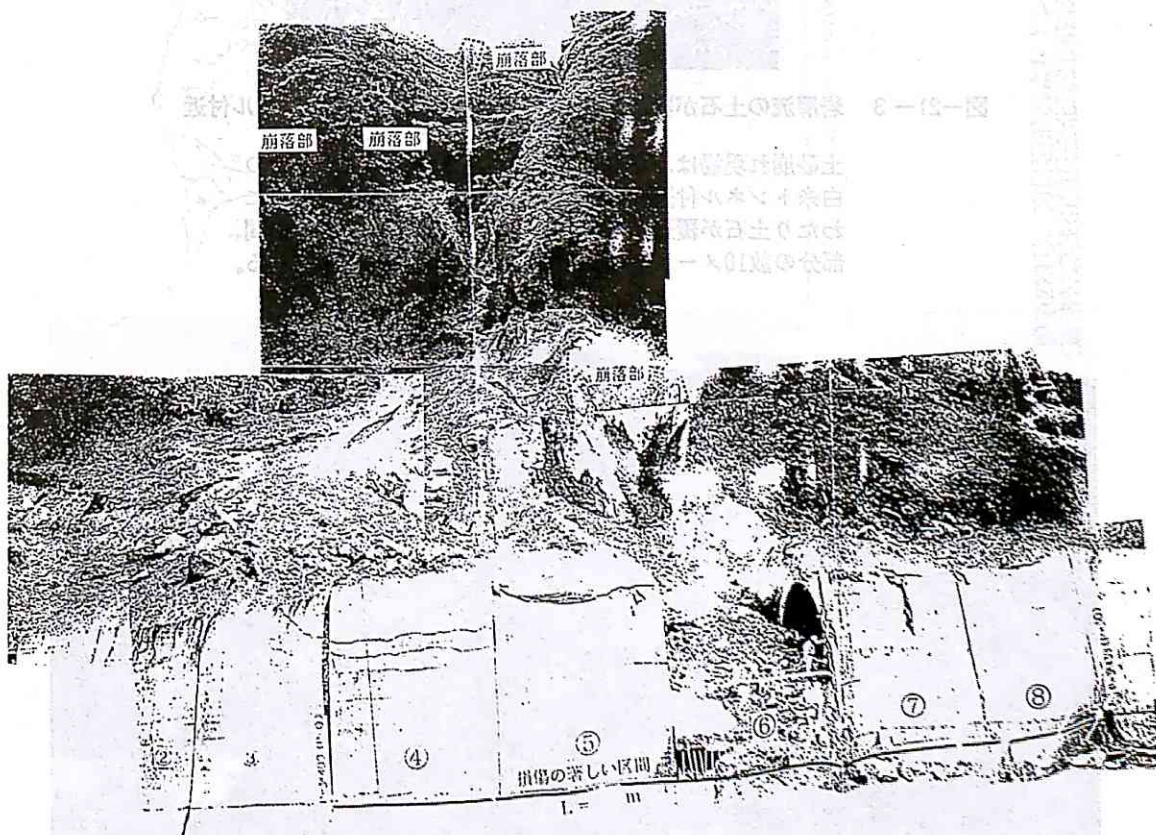


図-21-2 一般国道229号、白糸トンネルの被災状況、巻出部外壁表面に亀裂発生
 (道路管理技術委員会北海道南西沖地質調査班、'93・7月による)

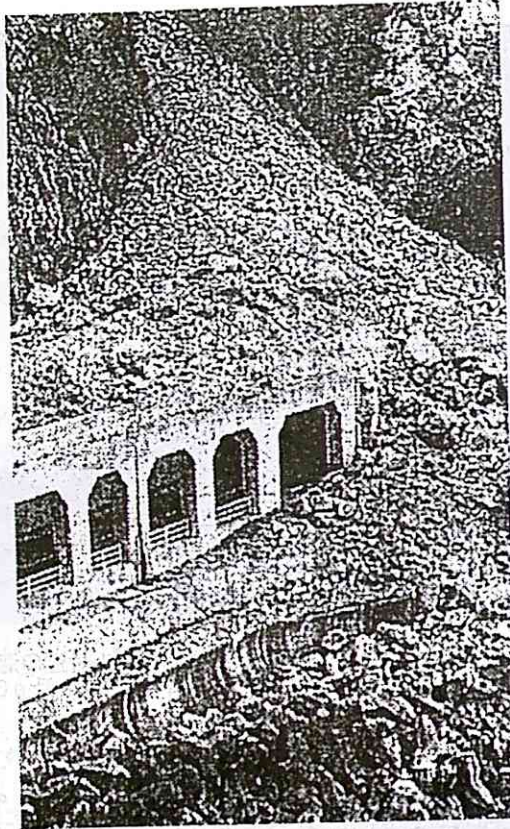


図-21-3 岩屑流の土石が覆道に流れ込んだ国道229号白糸トンネル付近
(北海道新聞、7月、による)

土砂崩れ現場は、両町村境界線から島牧側へ約4キロの白糸トンネル付近。高さ約10メートル、巾約30メートルにわたり土石が覆道に流れ込んでいるほか、トンネル中間部分の数10メートルは、がけごと海岸に崩れ落ちている。



図-21-4 奥尻島奥尻地区の崩壊 (図-18(b)と同じ)

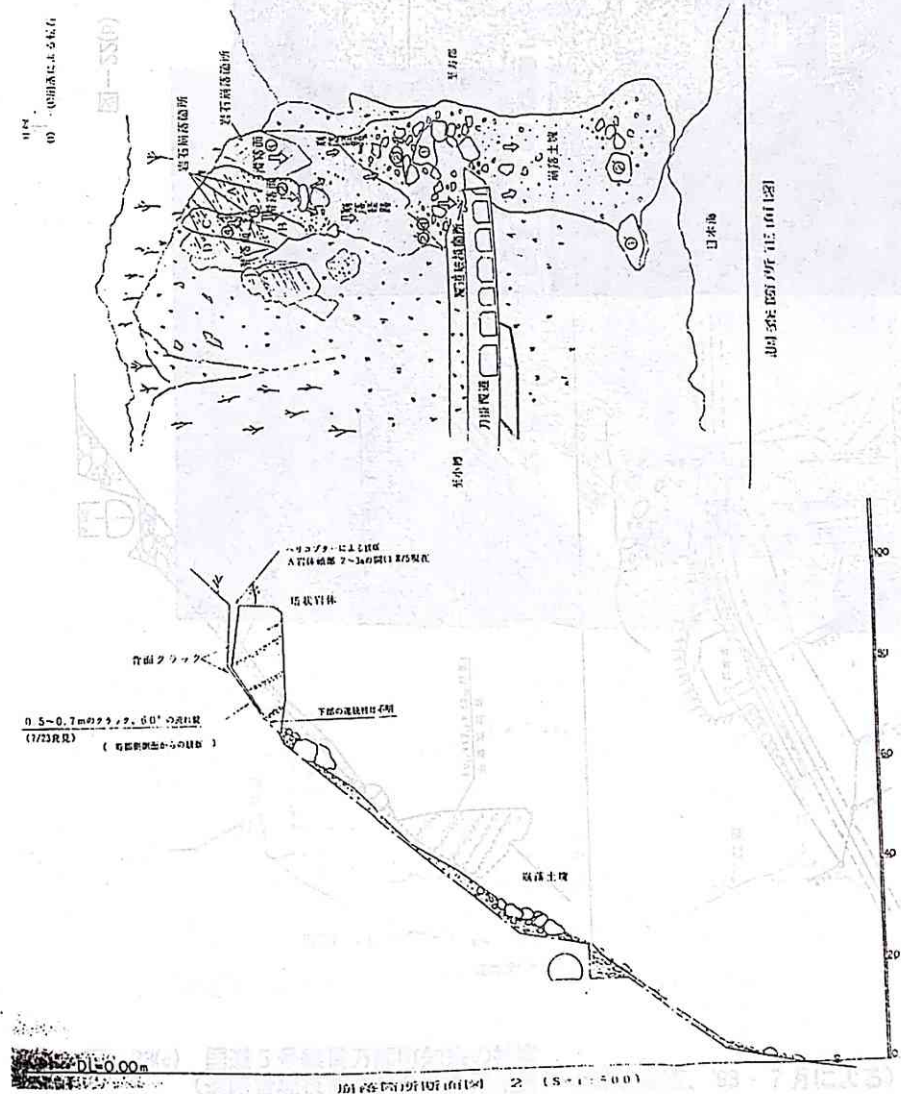
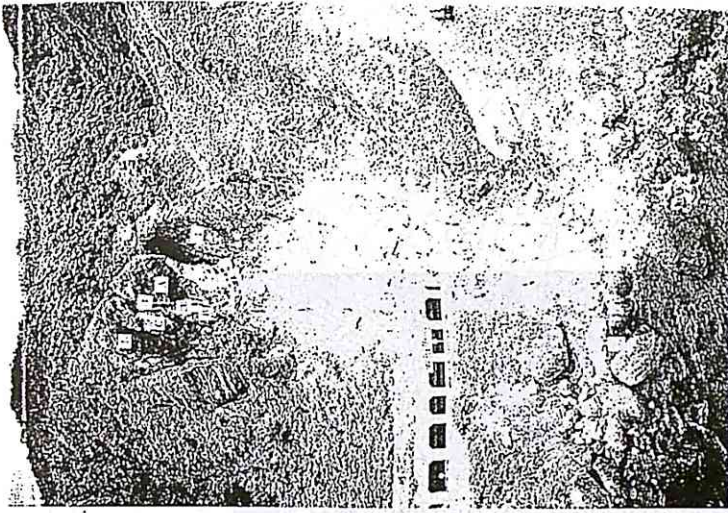


図-22(a) 国道229号、刃掛覆道およびトンネルの被害
(道路管理技術委員会北海道西南沖地震調査班、'93・8月による)

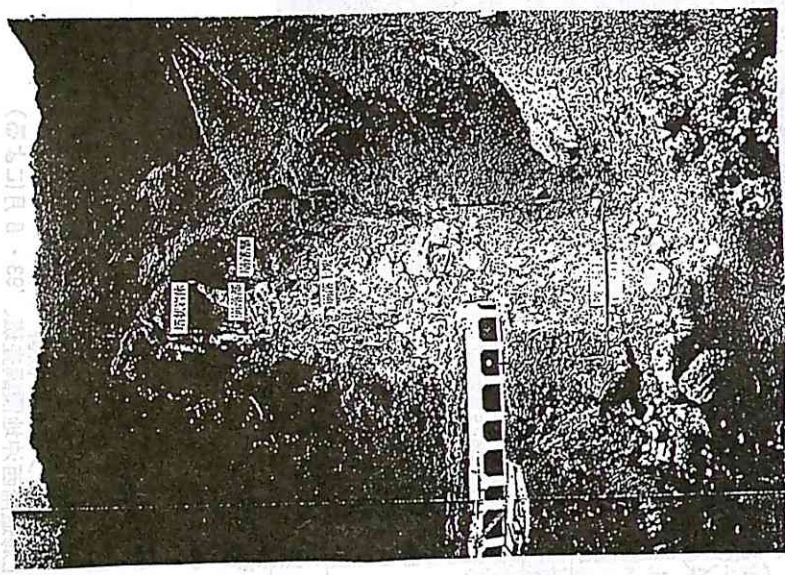
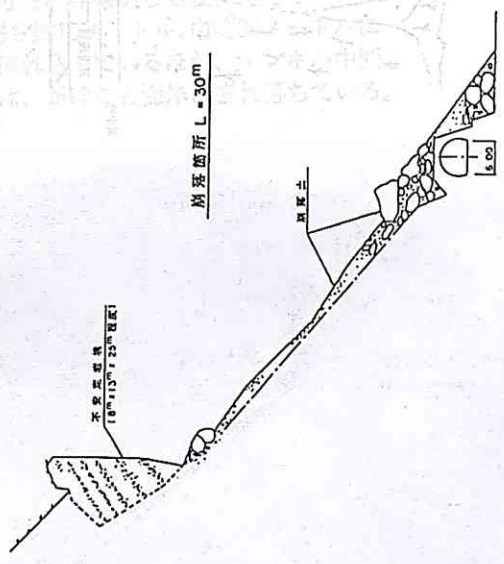
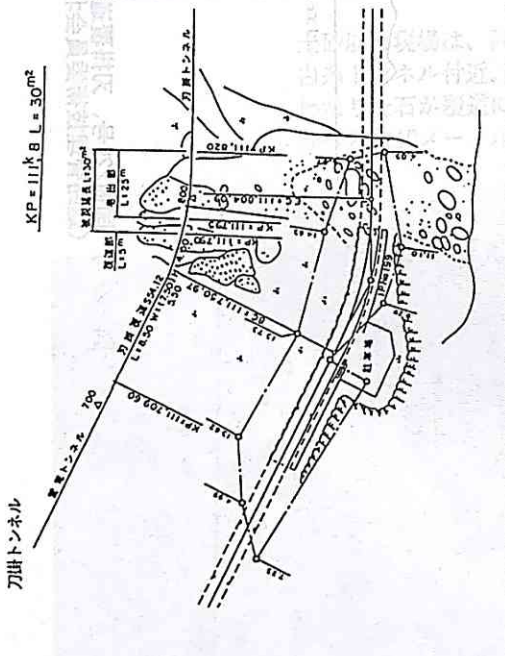


図-22(b)

図-21-1 樹蔭箇所及びトンネルの断面 (図-18(b)と同じ)

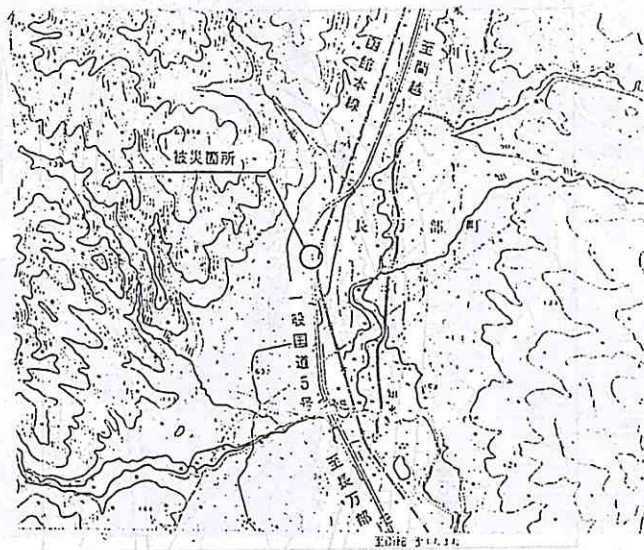


図-23(a)
被害位置図

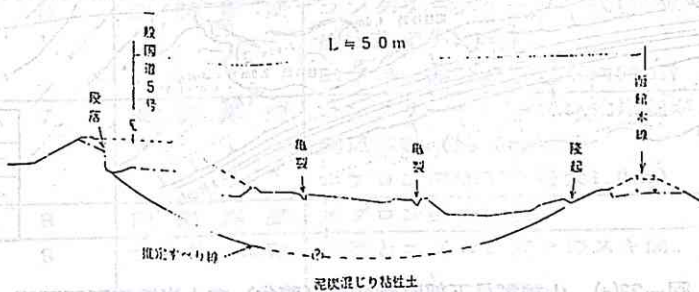
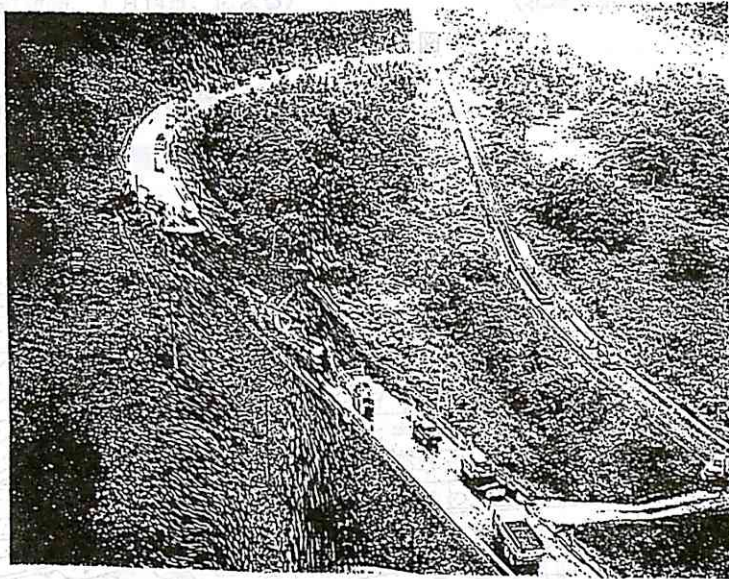


図-23(c) 国道5号線長万部町知来の被害
(道路管理技術委員会北海道南西沖地震調査班、'93・7月による)

(c)ES-1 圖
 國道並寄附

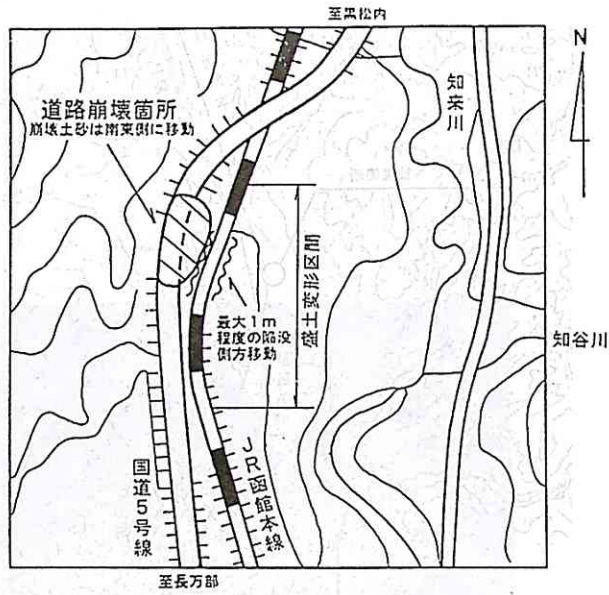


図-23(b) 被災地周辺地形模式図

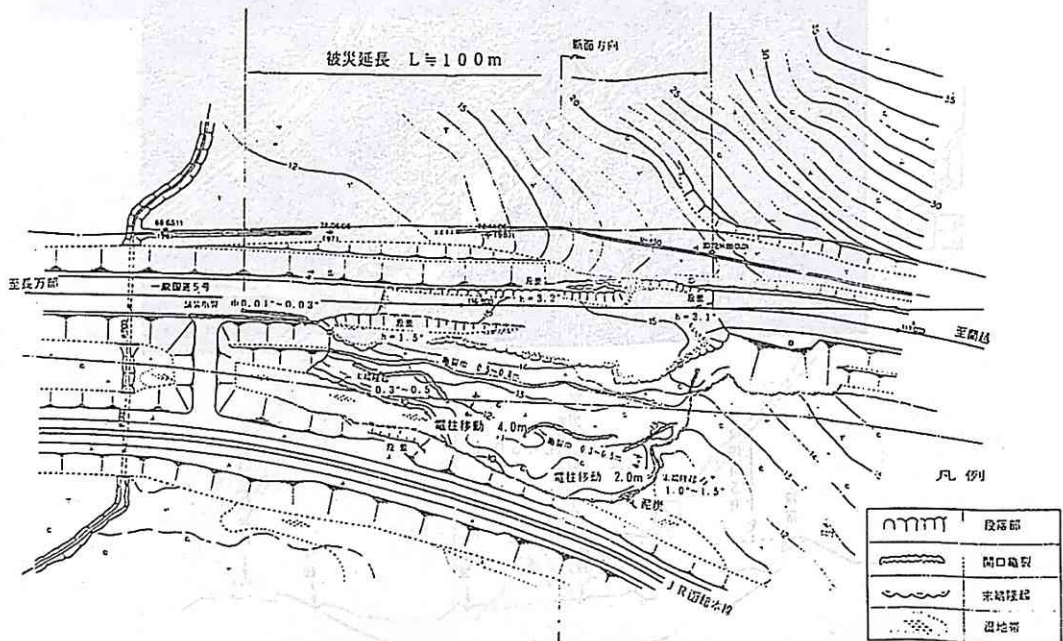


図-23(d) 山越郡長万部町字知来(蔭岱)盛土崩壊箇所平面図

資料の作成に協力した関係者には謝意 (c)ES-1 圖
 (本誌に掲載) 2010年10月現在、国土交通省国土院 国土院 国土院 国土院

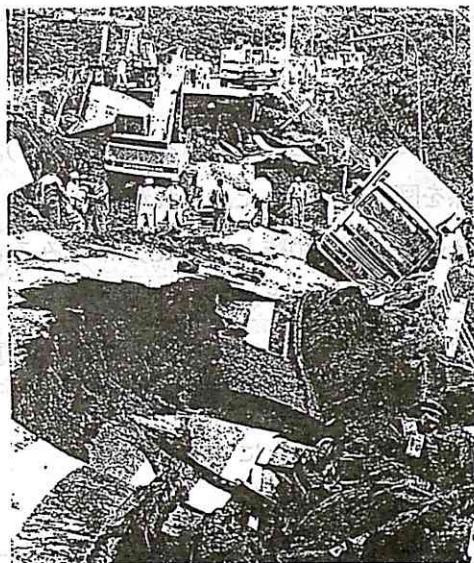


図-23(e) 国道5号線知来付近の路肩崩壊
(北海道新聞、7月14日、による)

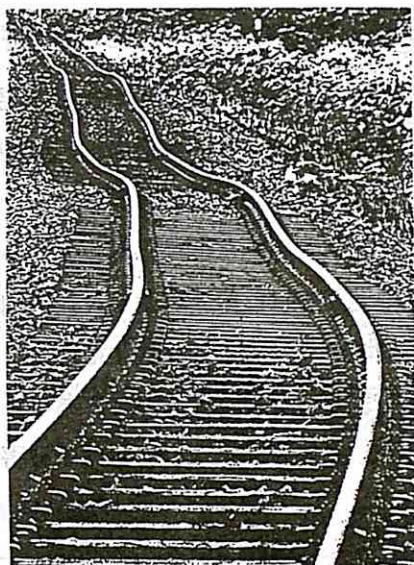


図-24 知来付近JR線の変状
(北海道新聞、7月14日、による)

VI 日本海側の港湾・漁港の被害

この被害については一覧表として表-4に示してある。

表-4 港湾、漁港の被災状況一覧表 (国際航業㈱、1993・7、による)

(7/15, 16調査)

港湾名	被災番号	地名、埠頭名	被災状況	写真番号
岩内港	1	大和埠頭	埠頭中央部に亀裂・陥没。	
	2	"	鋼矢板敷岸壁のはらみ出し。 エプロン部の沈下、ひび割れ。	
	3	"	岸壁とエプロン部とのスキ間。 (延長約20m, スキ間8cm)	
	4	第一埠頭	エプロン部の沈下。 コンクリート舗装亀裂。	
	5	漁業埠頭	港内連絡道路の沈下によるアスファルト舗装の亀裂。	
須築漁港	6	北側岸壁	コンクリートケーソン式岸壁が、海側にわずかに傾斜。 エプロン部の沈下(平均50cm)。	
	7	東側岸壁	コンクリートケーソン式岸壁が、海側に移動(約20cm)。 エプロンの沈下(最大1.0m)	
吹込漁港	8	南側岸壁	エプロン部の陥没。	
瀬棚湾	9	フェリー埠頭	岸壁とエプロン部とのスキ間。 (約25cm)	P131 写真-1
	10	"	エプロン部が全体的に沈下。	
	11	"	フェリー事務所周囲の舗装部の沈下、 段差。(最大1.0m)	
	12	漁業埠頭	エプロン部の沈下、段差(約25cm)	

VII 地盤の液状化とそれによる被害

VII-1 液状化地点の分布と被害の概要

地盤の液状化現象は本島南西部の沖積層分布地域において広く認められた(図-25)。

液状化限界距離と地震マグニチュードとの関係を図-26に示した。これからみると、この関係では一般的な関係となっている。しかし全体的な震央距離と液状化分布をみると、今回の地震では、分布がややNW方向にのびていることが注目される。

本地域における主な液状化地点とそれによる被害の概要、ならびに液状化地盤・地質の特性をまとめて表-5に示してある。

以下、主な液状化地点における被害の状況について述べることにする。

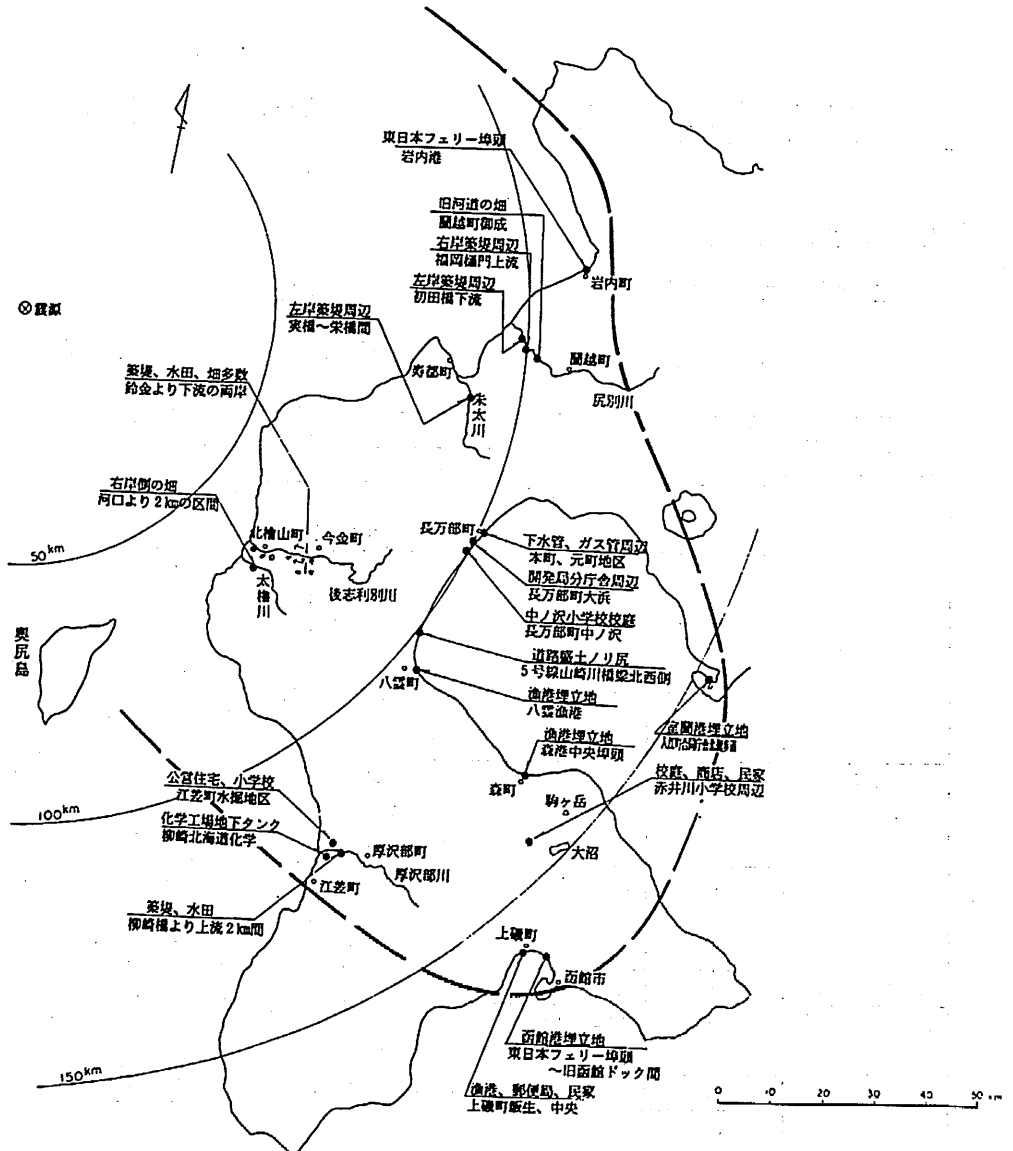


図-25 液状化地点と震央距離、破線は液状化の範囲
(青森県車力地区を除く)

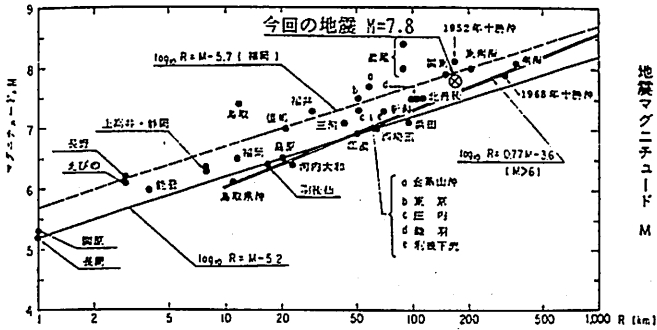


図-26(a) 液状化した地盤の限界震央距離Rとマグニチュードの関係 (東建ジオテックによる)

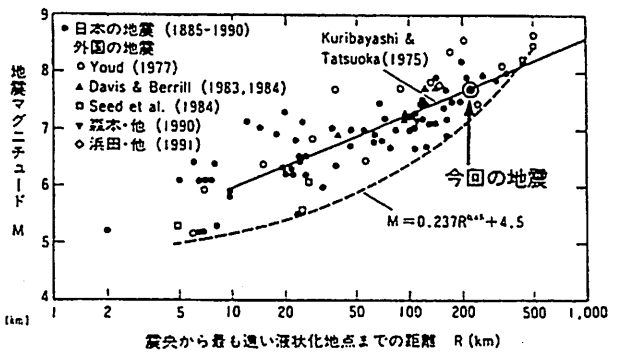


図-26(b) 液状化限界距離と地震マグニチュードの関係 (建設省土木研究所、1974、(に加筆))

表-5 主な液状化地点と被害の概要

液状化地点・構造物の種類		被害の概要	地盤・地質の特性	
1	後志利別川	堤体の沈下・亀裂、すべり 電柱の沈下・水平移動、道路の陥没 水田の地割れ、噴砂、沈下、陥没、水平移動	旧河道沿いに起った液状化	
	尻別川			
	厚沢部川			
4	長 市街地	住宅不同沈下、ひび割れ	旧河道沿い、旧湿地帯の埋立盛土	
		下水道マンホールの突出 上下水道、ガス管の破損		
	万 部	大浜ガソリンスタンド	地割れによるスラブの亀裂・陥没	海岸砂丘後背地旧湿地帯の盛土
		中の沢小学校		
5				
6	国道5号線沿線	路面の波打ち(波長20~30m) 路肩のクラック・崩壊 電柱の傾斜・沈下	海岸砂丘後背地 旧湿地帯の盛土	
7	函館港 (万代埠頭、北埠頭 館近 フェー埠頭、旧青函埠頭等) 港 セメントサイロ	岸壁のはらみ出し、エプロンの沈下・陥没 岸壁の移動・沈下による埋設管破損 杭基礎のサイロ (高さ25m)の傾斜	近年の埋立地盤	
8	上磯町	道路の変状、電柱の沈下	同上	
9	森港	岸壁のはらみ出し、背後地盤の沈下・陥没	埋立地盤	
10	森町赤井川	地盤の不同沈下による住宅の変状・噴砂など	火山噴出物層の液状化	

Ⅶ-2 各地域の液状化被害

(1) 後志利別川流域

後志利別川流域（北檜山町・今金町管内）に発生した地盤の液状化に基因する堤防の被害、農地の液状化被害（きれつ・噴砂・陥没など）、道路の沈下・路面の波打ち・路肩部の沈下・崩壊など分布を図-27に示してある。これらの被害は主として後志利別川沿いの旧河道（図-28）に沿った地域に発生した。液状化被害に関連した被害状況を図-29、30、31に示した。

後志利別川沿岸の堤防被害は連続して大きなものであった。その被害の類型を図-30に示してある。図-30からわかるように、堤体天端の陥没、きれつ発生、堤体両サイドへのはらみ出し、円弧状のすべりなどで、堤体両側の下部には噴砂が起っている。

(2) 尻別川

両岸地域に道路の陥没、電柱の水平異同や沈下が認められた。

(3) 厚沢部川

農地（水田）の地割れ、沈下・陥没、水平移動などが発生した。

(4) 長万部市街地

長万部市街地における被害を図-32および図版p111～114に示してある。この地域では噴砂、陥没、きれつ、マンホールの浮上などの被害を生じた。また、ライフライン（水道・ガス）に被害を生じ、復旧までに約1週間を要した（役場総務課談）。

被害の集中した地域は旧河道の盛土地帯であるといわれる。

長万部市街地南部（大沢）の国道5号脇のガソリンスタンドでは、石油タンクの浮上り、コンクリート床の沈下、きれつなど大きな被害のあったところがある。

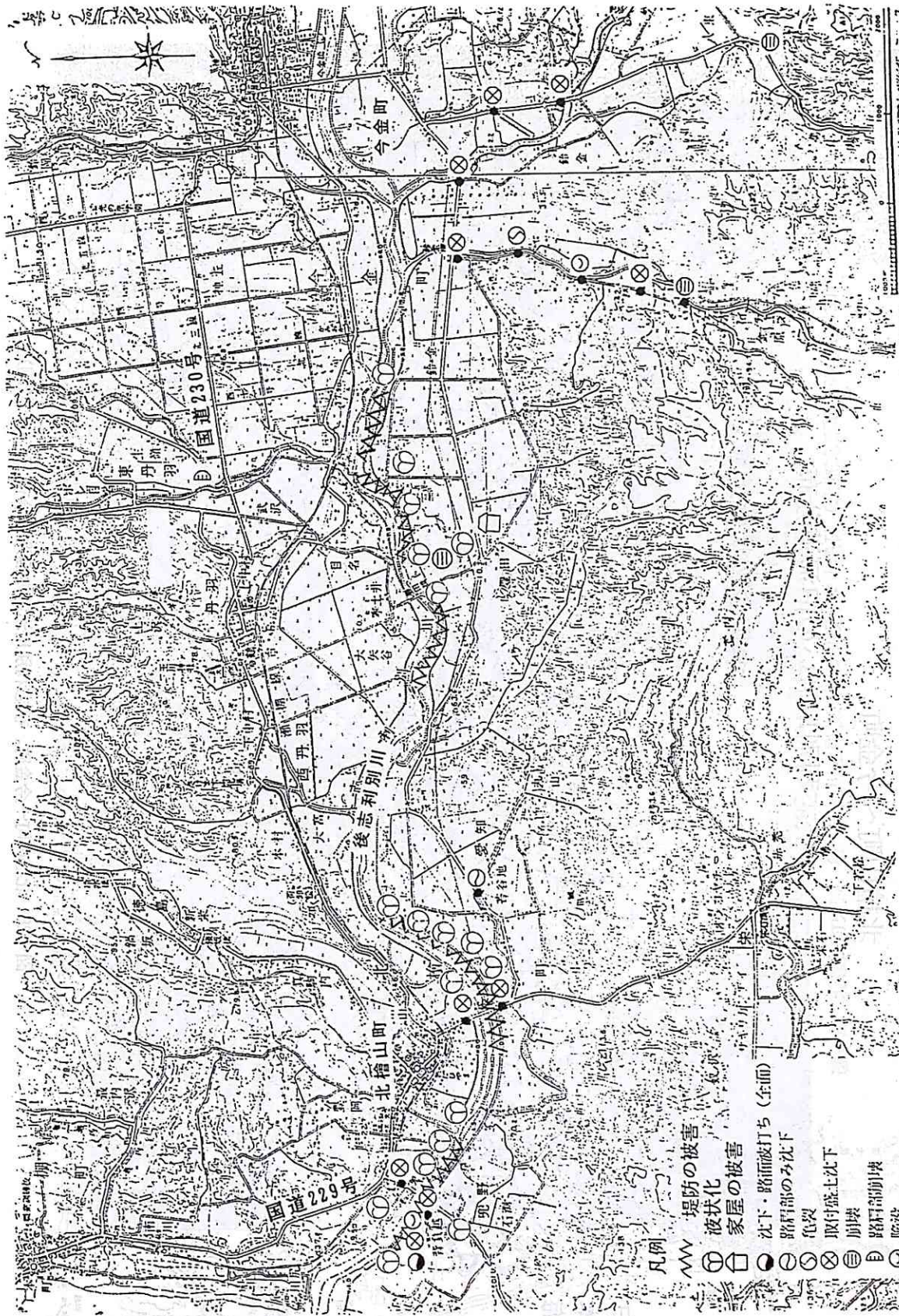
(5) 中ノ沢小学校（図-33）（図版p116～130）

長万部市街南方の中ノ沢小学校は国道5道の西側に位置している。この校舎の上部構造の被害は皆無といってよい。

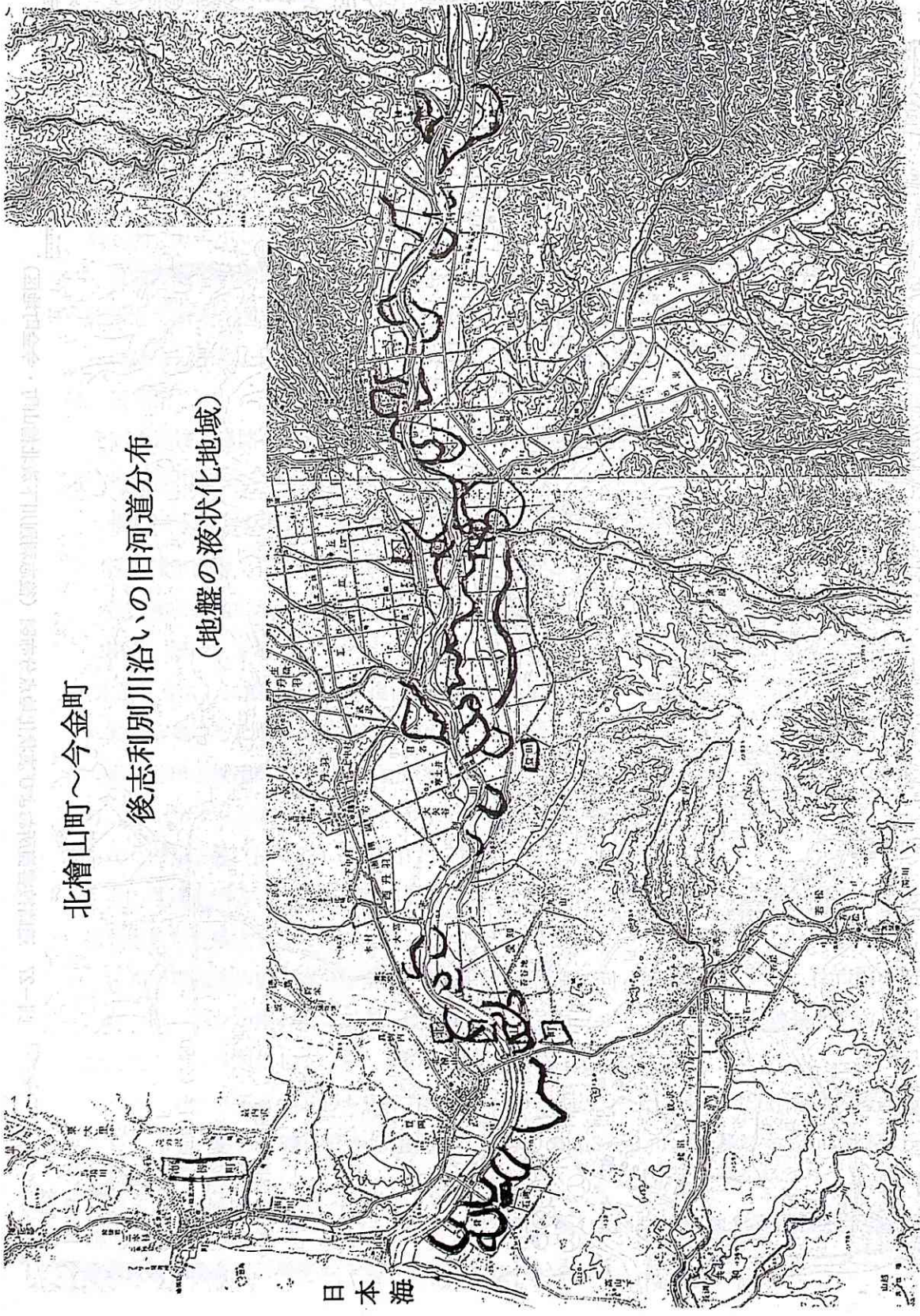
校舎の周縁部の盛土部分は全部が陥没し、建物側に向って傾斜している。体育館の部分ではフーチンが露われている。校舎東側のアスファルト舗装部分では連続性があり閉口したクラックが生じている。その一部は花壇にまで延びている。

グラウンドでは多くのNE～EW方向のきれつを生じ、一部のものは30cm程度の段差を生じている。噴砂は噴砂孔から噴出しており、巾2.5～3m、延長2～5mの噴砂丘（砂火山）を形成している。

グラウンド北部の草地では閉口した深い地割れを生じた。学校敷地北側にある水路は、擁壁が傾斜あるいは崩壊して水路がせばまっている。



図一27 道路被害箇所および液状化地点分布図 (後志利別川下流北檜山町・今金町地区)

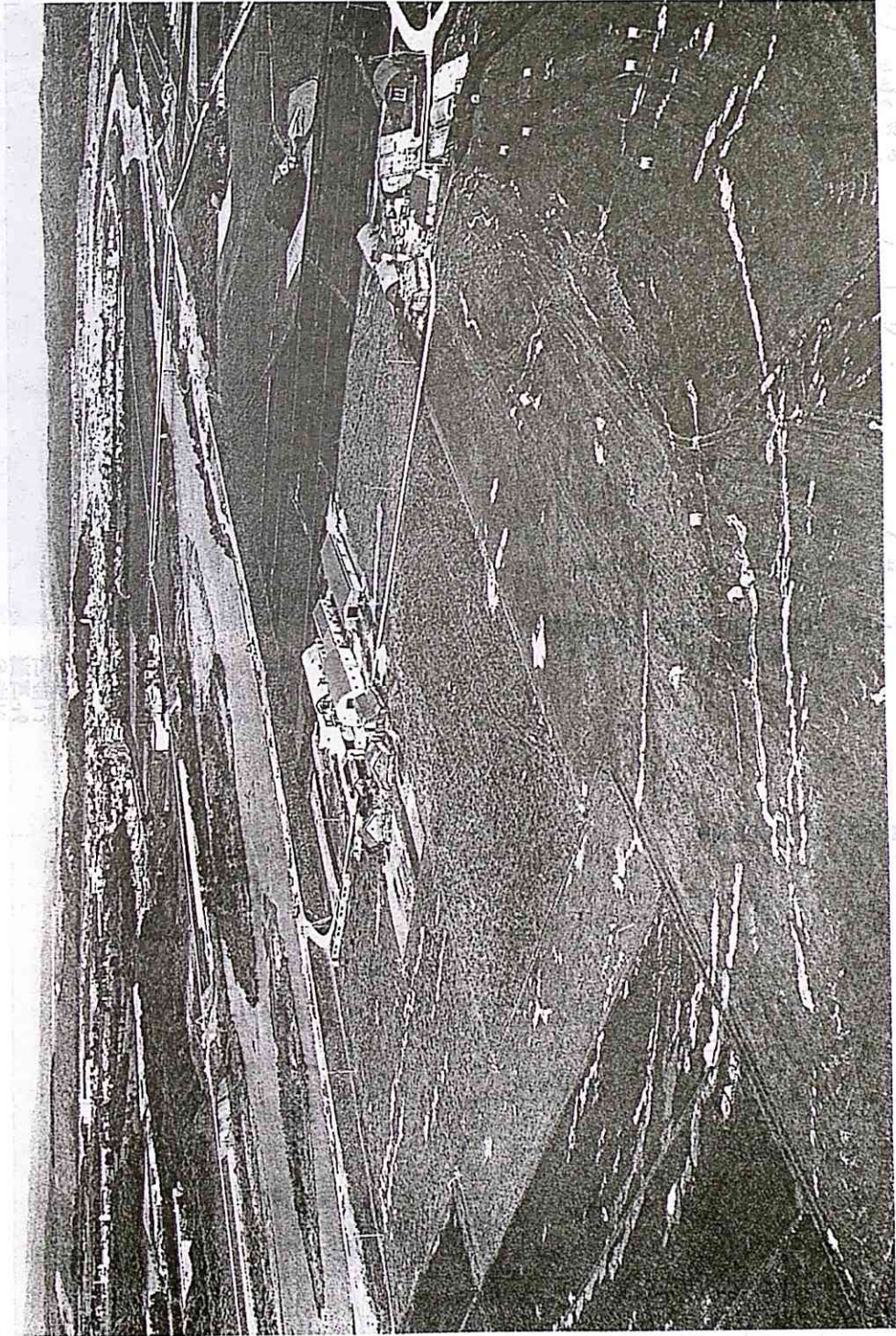


北檜山町～今金町

後志利別川沿いの旧河道分布

(地盤の液状化地域)

図一28 北檜山町～今金町、後志利別川沿いの旧河道分布（アジア航測）



図一29 北檜山町兜野、後志利別川左岸牧草地のクラックと噴砂（北海道新聞、'93・9・30）

図一28 中ノ岳小と牧の標高及び周囲と地質図（岩原・山田、1993）

図一28 中ノ岳小と牧の標高及び周囲と地質図（岩原・山田、1993）

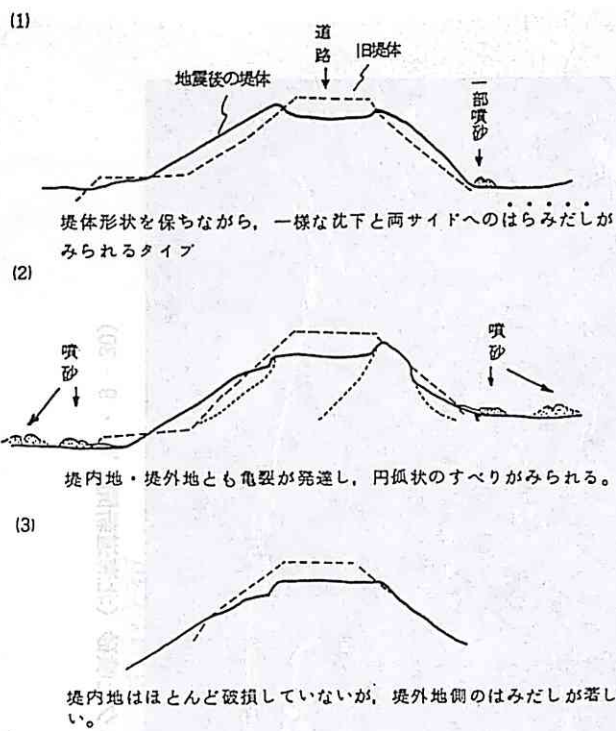


図-30 河川堤防の代表的な破損状況
(国際航業㈱1993・7による)

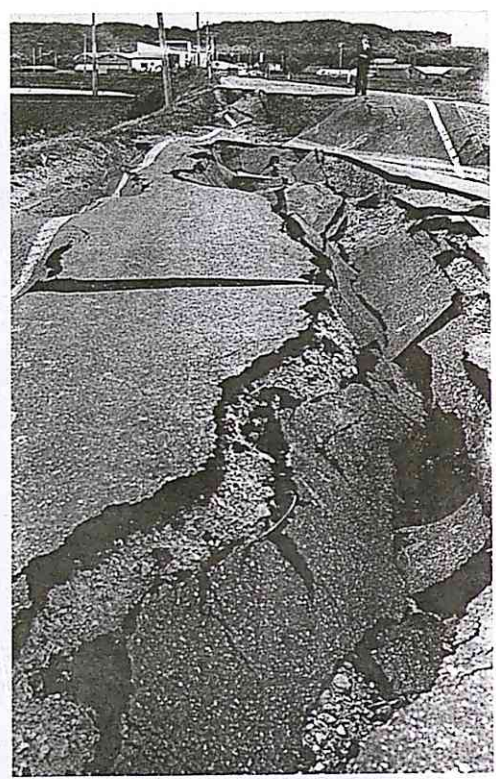


図-31 地震から一週間。崩れた町道の復旧作業は未だ手つかず(今金町豊田)
(北海道新聞1993年7月、による)

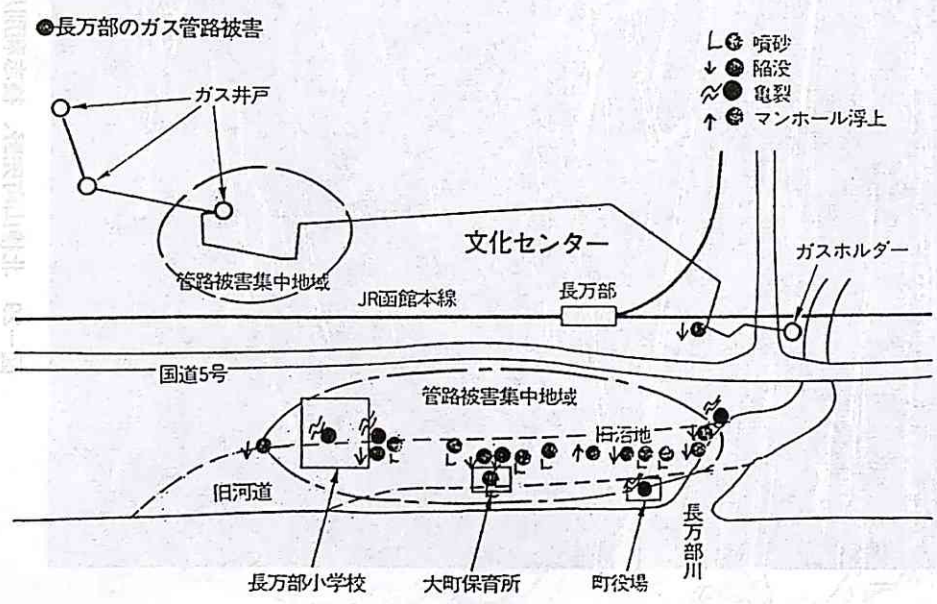
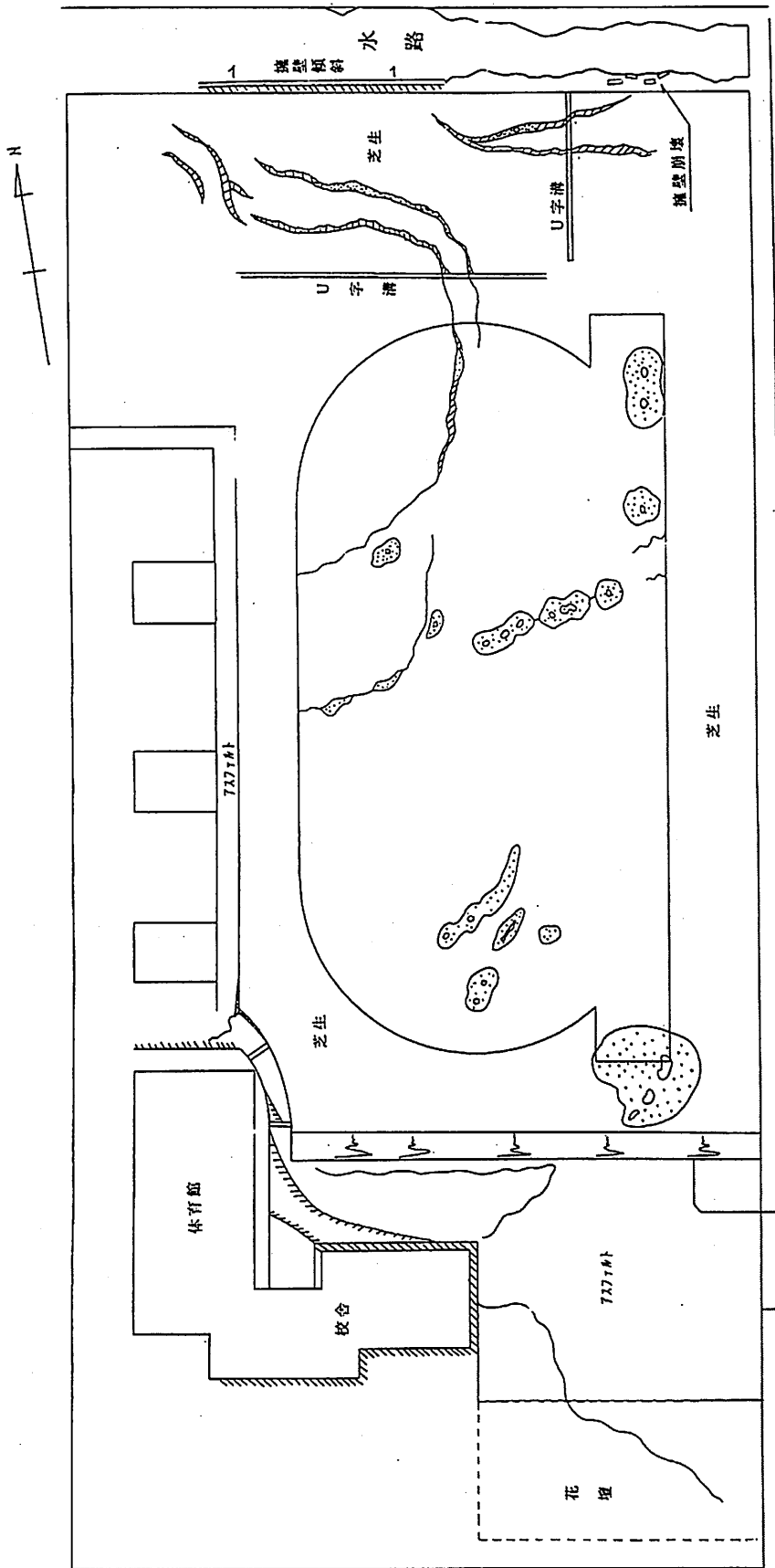


図-32 長万部市街地におけるライフラインその他の被害分布
(日経コンストラクション、1993・8、p66に加筆)



← 国縫 国道5号線 長万部 →

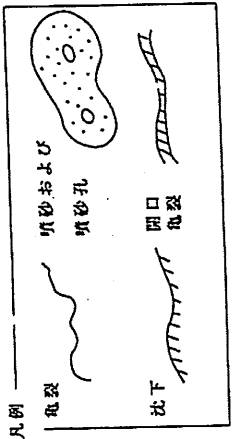


図-33 中ノ沢小学校の概略見取り図と被害状況 (茅原・山田調査)

(6) 国道5号線沿線の被害

国道5号線のうち長万部～八雲間の被害は主に地盤の液状化に関係するものである。被害箇所の分布を図-34に示してある。

これらの被害のうち最も注目されるものは路面が全般的に沈下・波打ち状の変形をしたことである。この現象は地盤の不等沈下としても説明できるかもしれないが、表面波の伝播が進行する際の最後の停止と関係しているのではないかと思われる。

その他多くの場所で起った被害としては、路肩部の沈下・崩壊、橋梁取付盛土の沈下などがある。

なお、国道5号線沿いのショッピングセンター脇のコンクリートやアスファルト舗装広場（駐車場など）にもクラックを生じている。

(7) 函館港の被害

函館港の地震被害については、筆者らは時間の都合上、直接調査できなかったため、参考のため基礎地盤コンサルタントによる貴重な資料を掲げるに止めることにする。この報告で述べられていることで興味深いのは、1968年十勝沖地震の際に起った液状化地点が今回の地震でも再活動していることである。

(8) 上磯町の被害

(9) 森港の被害

以上については参考文献を参照されたい。

(10) 森町赤井川の火山噴出物の液状化被害

本地域の地盤の液状化現象は千葉県水質保全研究所の研究者によって初めて報告されたものである。地盤の不同沈下による住宅の変状や噴砂が起っている。

Ⅶ-3 噴砂の性質について

筆者らは、後志利別川下流左岸地域の兜野、豊田および長万部町中ノ沢小学校グラウンドの8ヶ所において噴砂を採取し、その物理特性を検討した。その結果を一覧表として表-6に示してある。

また、噴砂の粒度分析結果を図-37に示した。この図からわかるように、長万部町中ノ沢小学校の噴砂は淘汰がよく、細砂を主としている。また、最後の噴砂が黒色を呈しているのが特徴で、これは砂鉄を多く含んでいることによる。

これに対し、後志利別川沿いの兜野および豊田の噴砂は淘汰が不良で、細礫～中礫を含むのが特徴である。

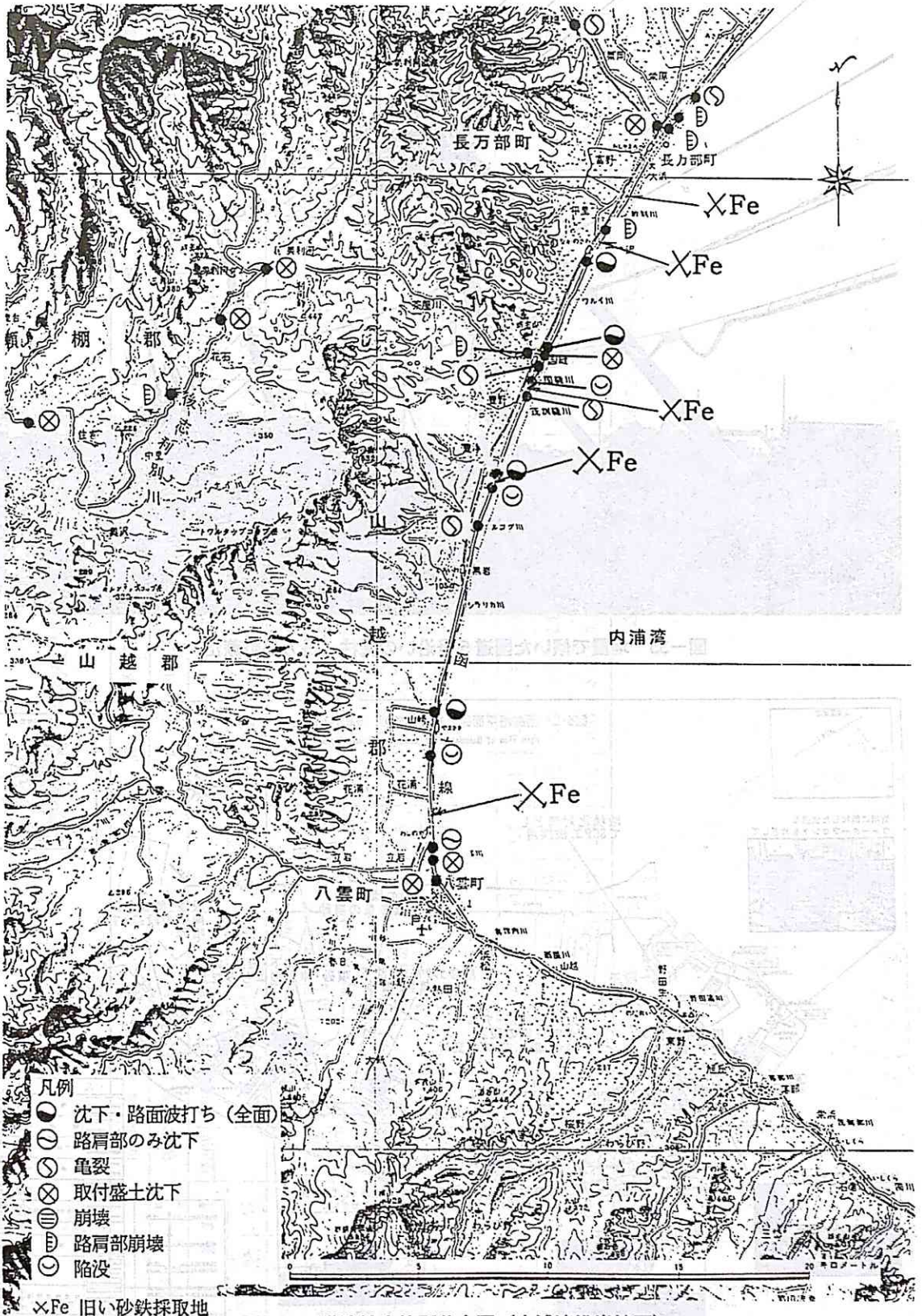


図-34 道路被害箇所分布図 (内浦湾沿岸地区)
(国際航業、1993・7 に加筆)

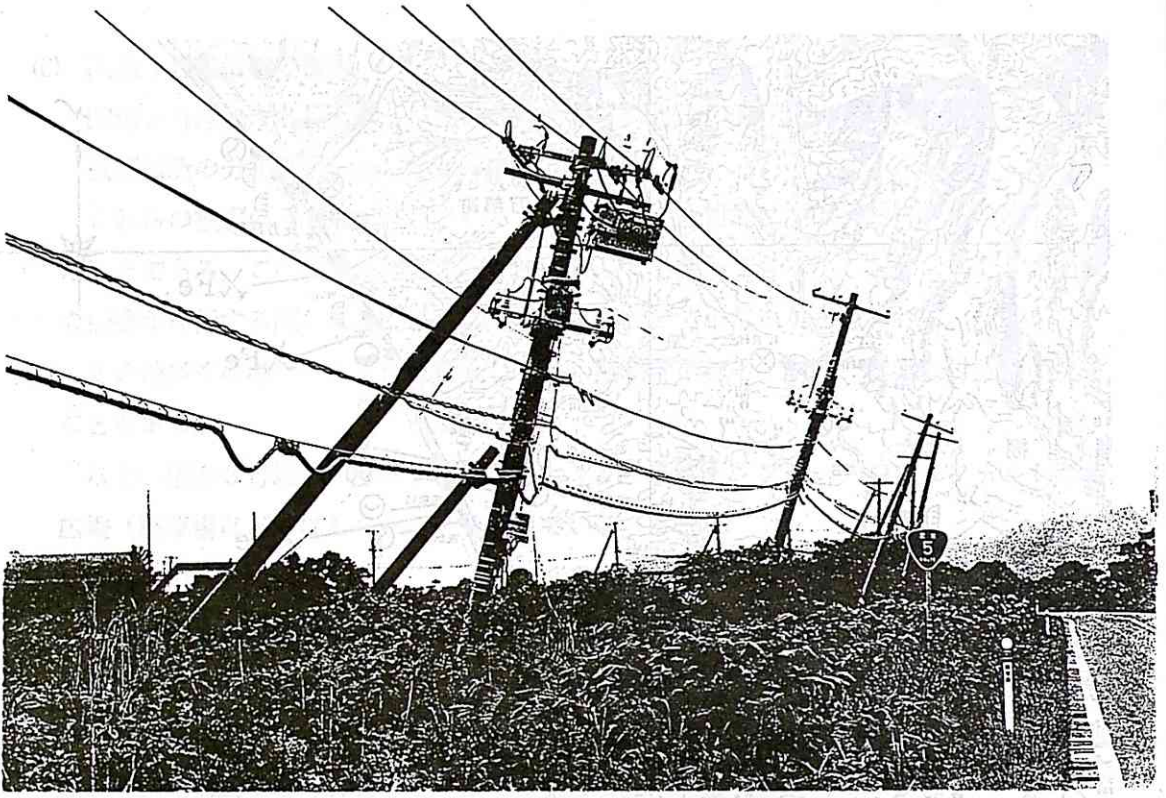


図-35 地震で傾いた国道5号沿いの電柱（長万部町藤岱）

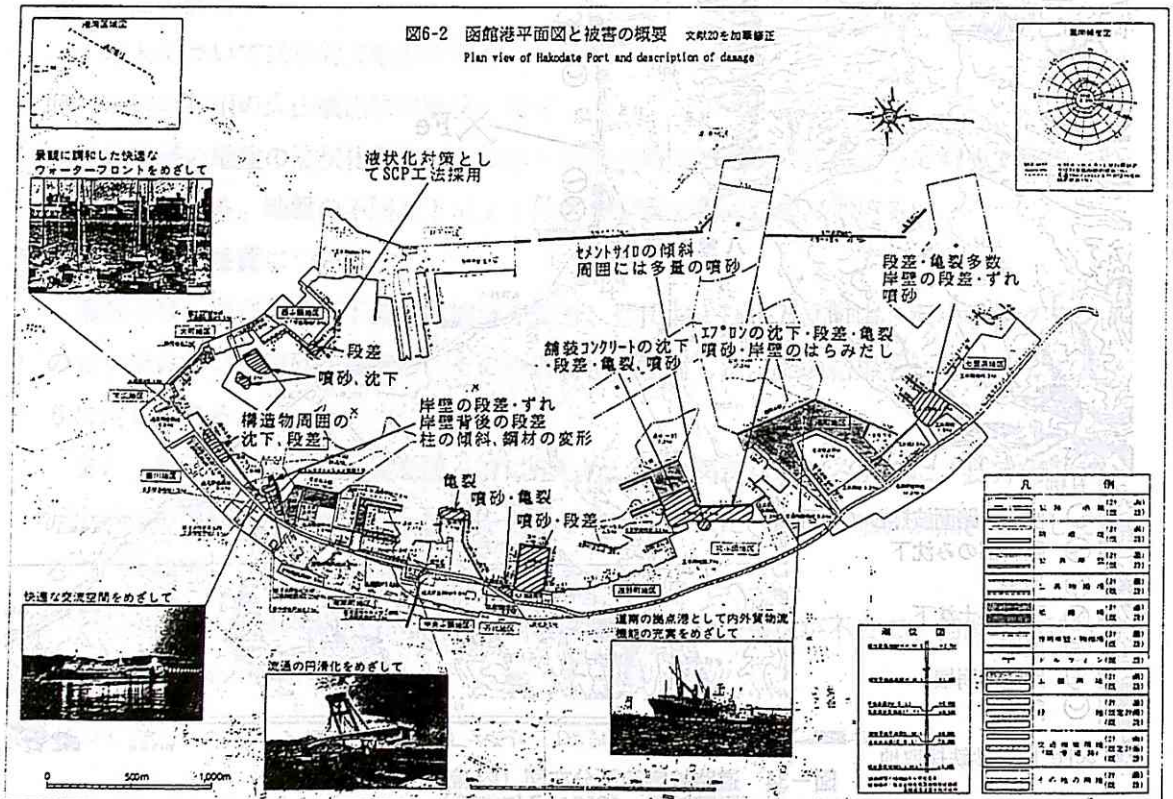


図-36 函館港の被害（株式会社基礎地盤コンサルタンツ、1993による）

表-6 噴砂の物理特性一覧表

	河川流域										海岸平野										港湾埋立地										砂丘低地								
	後志利別川										長万部付近										函館港										森港			岩内港			車力村牛浜		
	兜野※		豊田※		兜野橋		真栄橋付近						大浜GS		豊野		豊津		711-埠頭		万代埠頭		サツマ川		北埠頭		a			b			c						
	①	②	①	②	①	②	①	②	③	④	⑤	付近	付近	付近	付近	付近	付近	付近	付近	付近	付近	付近	付近	付近	付近	付近	付近	付近	付近	付近	付近	付近	付近						
比重(g/cm ³)	-	-	-	-	2.643	2.636	2.632	2.628	-	-	-	3.128	3.061	2.870	2.686	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	1.1	14.2	11.8	0	0	18	47	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
砂分	91.7	82.5	83.7	96	95	82	52	99.2	99.5	99.5	99.7	100	100	100	48	31	63	61	95	97	98	98	97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
シルト分	7.2	3.3	4.5	4	5	0	1	0.8	0.5	0.4	0.5	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
粘土分																																							
均等係数	4.0	4.3	5.5	2.93	2.25	2.96	4.34	1.9	1.5	1.9	1.6	1.8	1.64	1.54	2.07	2.96	2.23	3.78	2.66	2.02	1.94	2.12	2.08																
最大粒径(mm)	4.75	19	26.5	2.00	0.85	19.0	26.5	2.00	0.85	2.00	2.00	0.85	0.85	0.85	0.85	0.25	0.25	0.425	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00						
平均粒径(mm)	0.36	0.85	0.58	0.298	0.223	1.042	1.827	0.17	0.185	0.18	0.19	0.175	0.199	0.177	0.258	0.073	0.062	0.089	0.101	0.252	0.345	0.403	0.349																

【注】※印は(株)キタックの土質試験による。その他は、基礎地盤コンサルタンツによる。

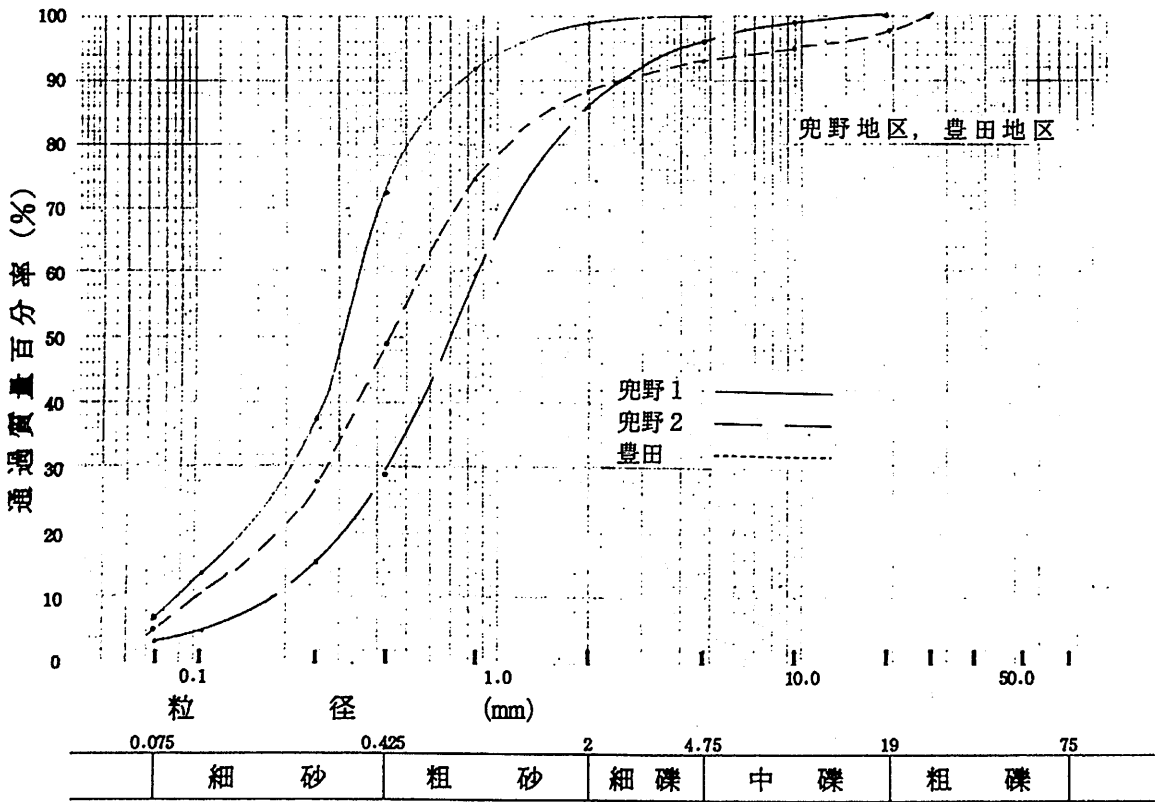
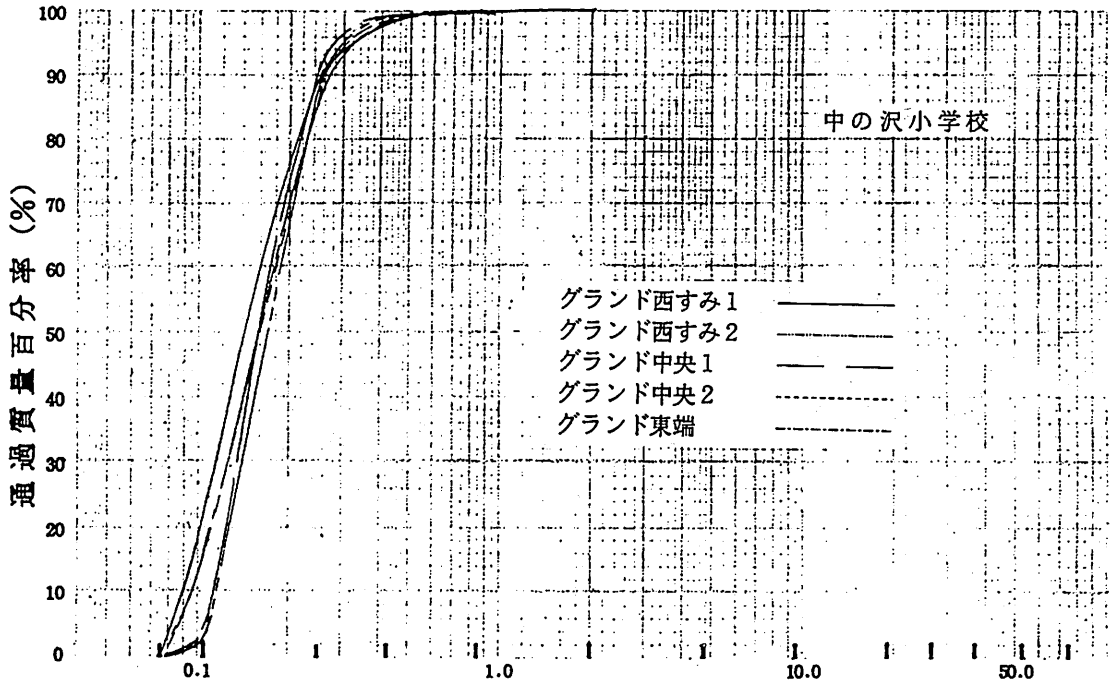


図-37 噴砂の粒度分布

VII むすびー地震地質学的考察

今回の地震はマグニチュード (7.8) が日本海でこれまで起ったものの最大であったこと、また、日本海中部地震 (M=7.7) からわずか10年後に起ったことから、多くの地震学者や地質学者の注目を集め、日本海域における地震観測網や研究体制の不備が指摘された。

VII-1 日本海東線のプレート境界と変動帯

図-38に有史以来の被害地震の分布を示した。M=8クラスの地震は太平洋側にのみ限られており、日本海側ではM=7.6が最大であったが、今回はそれを上回る規模であった。しかし、筆者(茅原)はかねてより故中村一明氏らのプレート境界説(1983)に賛同し、「日本海東縁変動帯」として注目してきた。

プレート境界については、図-42に示したように、北海道・北日本を含めたプレート区分がある。筆者(茅原)はこれを北米ミニプレートと呼んでいる。最近、サハリンを含むオホーツクプレートの提唱もあり、新潟から信濃川沿いに松本までに新しい境界線を設ける説(図-43)(大竹政和氏、読売新聞、10月24日による)も提唱されている。

VII-2 日本海東縁変動帯における地震活動期

最近、日本海域東部で起きた津波地震の年代と発生場所を総括し、現活動期と前活動期を区分し、その間に静穏期を設けた説が公表された(石川有三氏、朝日新聞、10月27日、による)。このまとめによれば、1939年男鹿地震から今回の地震(1993年)までは現活動期に属することになる(図-39)。

このことは2つのプレートの衝突が所を変えながら周期的に起っていることを意味するものであろう。

VII-3 東縁変動帯の地震空白域

今回の地震を契機として、プレート境界の位置や、地震予知に関連した地震の空白域の存在が注目され、2・3の提案がなされている。

そのうち1・2の説を図-40・41に示している。

筆者(茅原)と卯田(1985)は以前に、新潟・佐渡付近の地震空白域の存在を公表したことがある(図-44)。

VII-4 今後の課題

日本海中部地震の時もそうであるが、大地震発生の後はいつも地震の空白域の存在が問題視されるのが常である。しかし、やがて忘れ去られてしまうことが多い。

日本海域における地震活動のメカニズムや地震予知の問題は、これからの研究課題であると言わなければならない。

以上 (11月24日、茅原記)

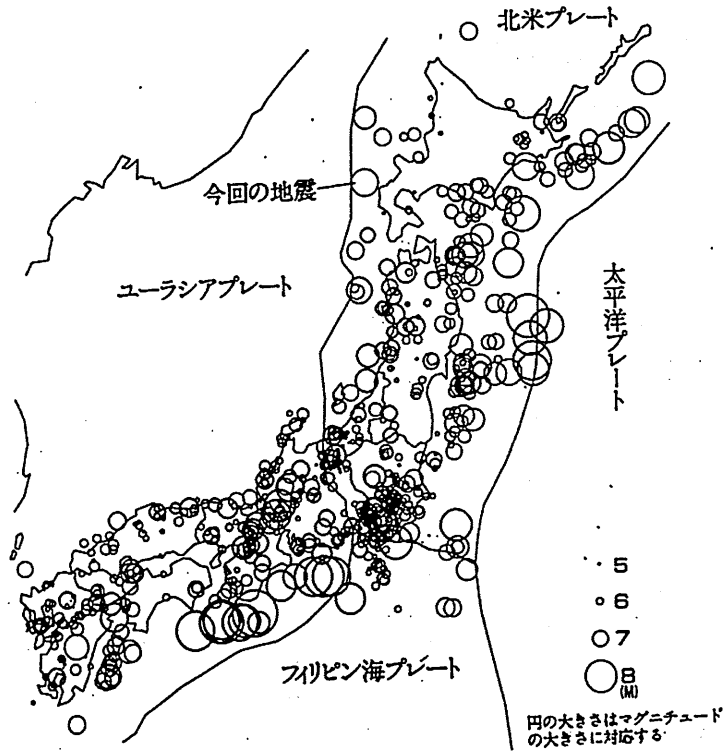


図-38 有史以来の被害地震の分布

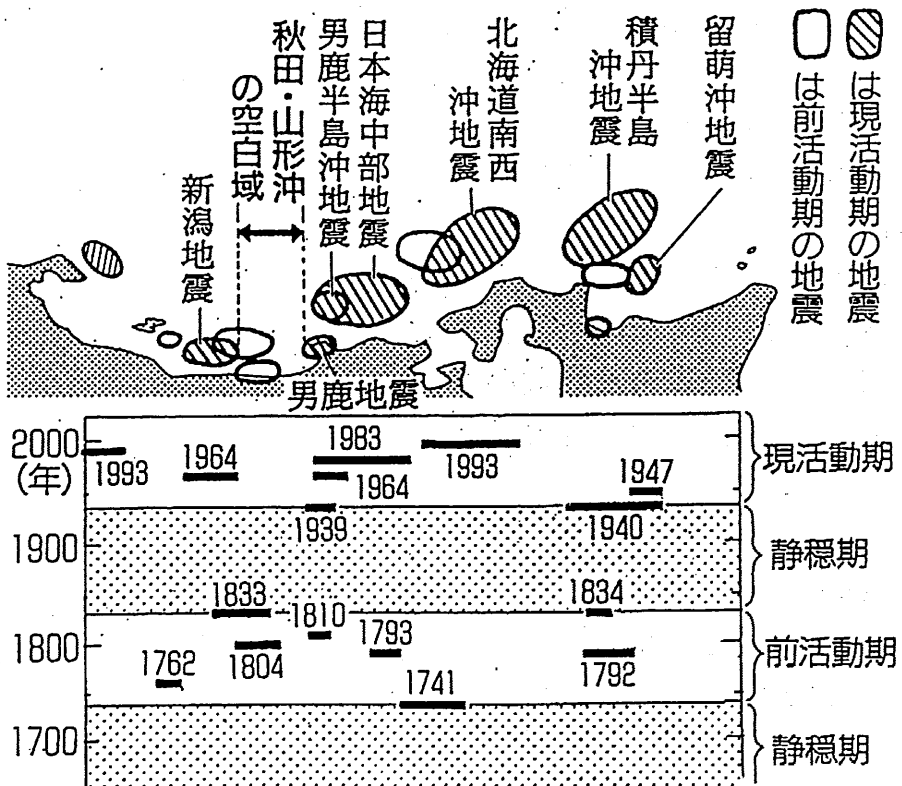


図-39 日本海東部で起きた津波地震の年代と発生場所
(石川有三氏、朝日新聞10月27日に加筆)

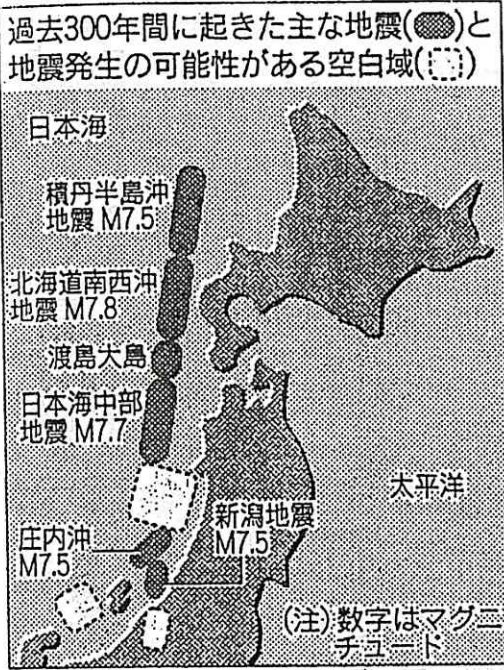


図-40 日本海東縁変動帯の地震空白域

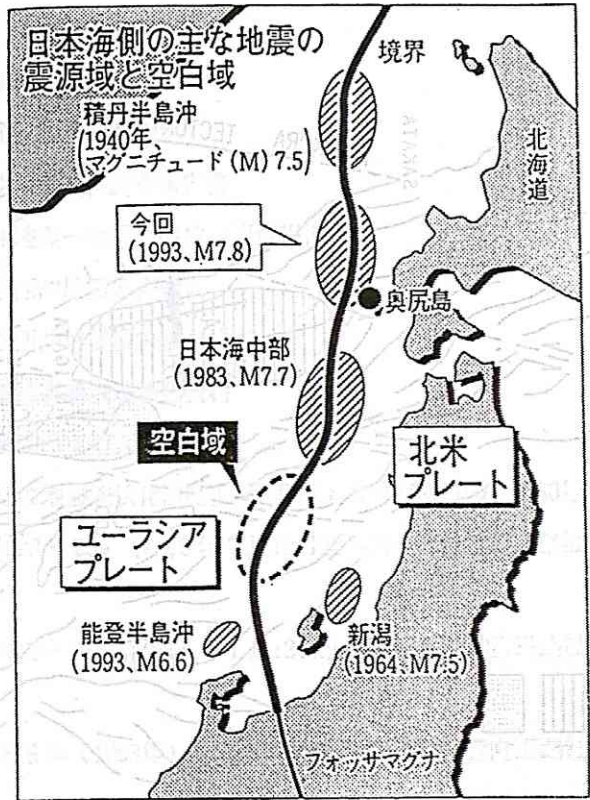


図-41 同左

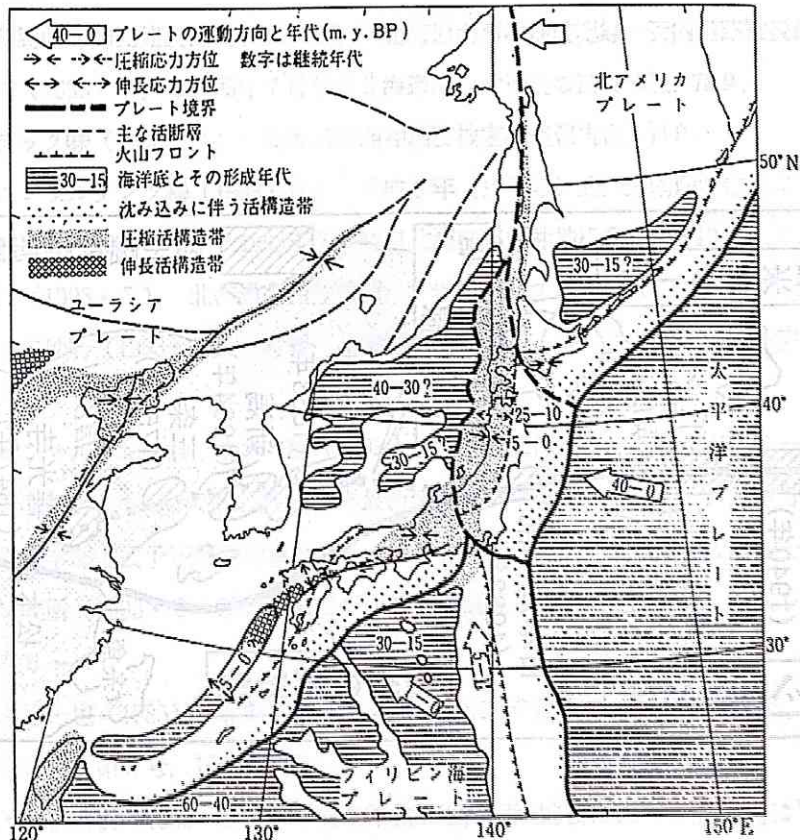


図-42 日本と周辺の活構造帯 (藤田和夫編: アジアの変動帯、p206、より) 北米ミニプレートに注意

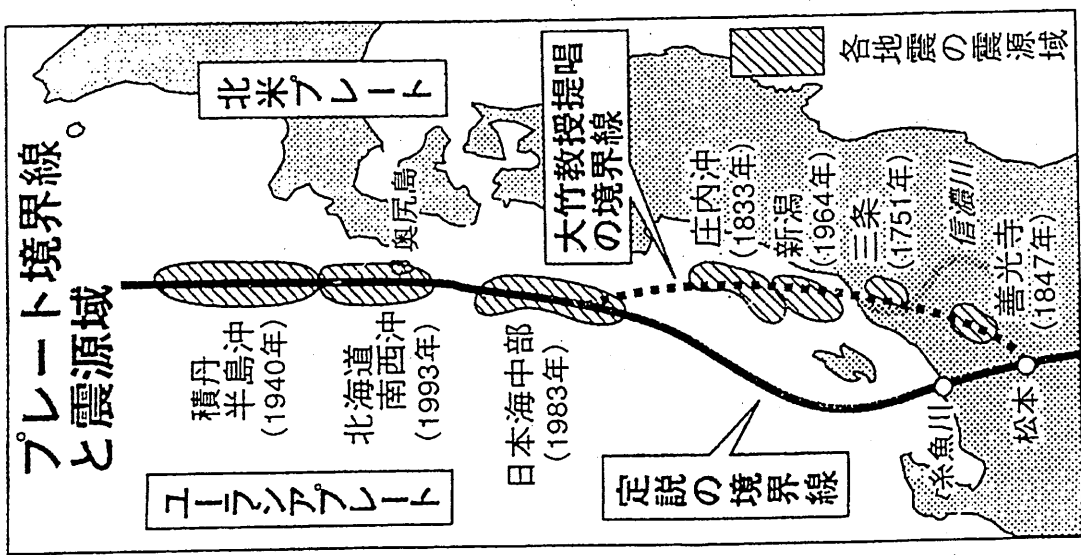


図-43 プレート境界線と震源域
 (東北大、大竹政和氏、読売新聞、10月24日による)

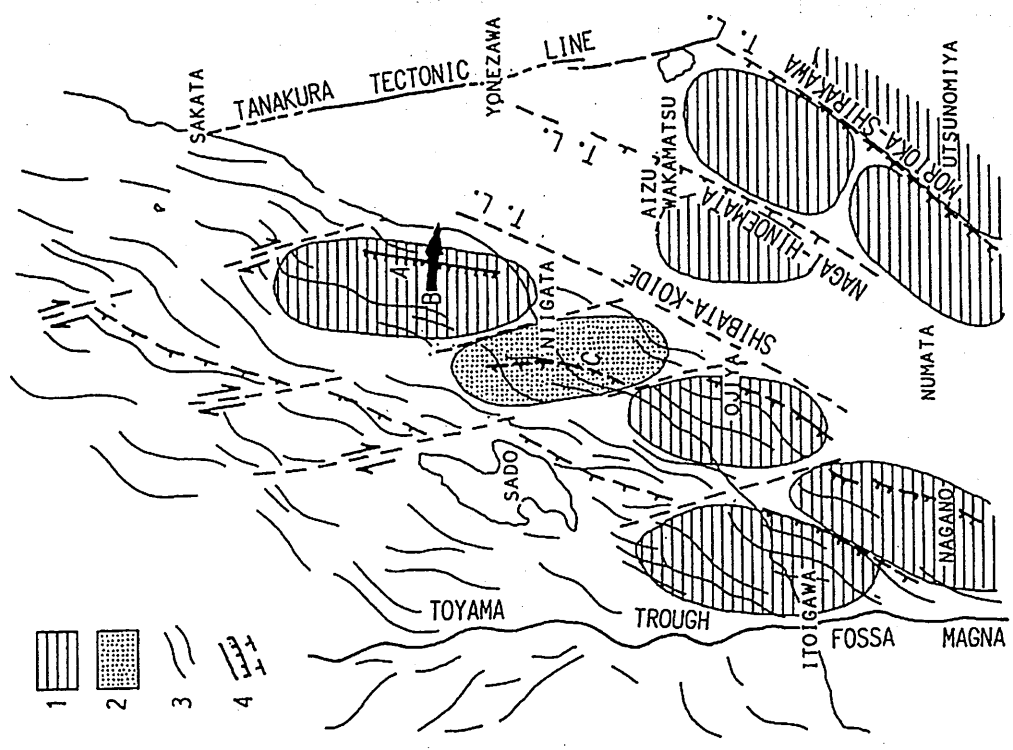


図-44 北部フォッサマグナ地域の地震分布と地質構造の概念図
 (卯田・茅原、1985年)
 1. 震央集中域、2. 新潟市西方空白域、3. 褶曲軸のtrace、4. 断層
 A: 新潟地震 (1964、M7.5) の際の推定地震断層、B: slip vector (いずれもAbe、1975による)、C: 角田東縁断層

【引用・参考文献】

- 藤田和夫編（1984） アジアの変動帯. 海文堂(株)出版, 400 P.
- 北海道大学（1993・7） 1993年北海道南西沖地震被害調査速報
- (株)清水建設（1993・7） 平成5年北海道南西沖地震被害調査報告書
- (株)清水建設（1993・8） 平成5年北海道南西沖地震－奥尻島の被害調査報告
- 金沢大学（1993・8） 1993年7月12日北海道南西沖地震調査報告
- 土木学会（1993・9） 1993年7月12日北海道南西沖地震被害調査報告
- 土木学会（1993・9） 1993年北海道南西沖地震被害調査速報会資料
- 若松加寿江（1991・12） 日本の地盤液状化履歴図. 東海大学出版会
- 建設省土木研究所（1974・12） 「明治以降の本邦の地盤液状化履歴」. 建設省土木研究所彙報、第30号
- 道路管理技術委員会北海道南西沖地震調査班（1993・7） 平成5年7月12日北海道南西沖地震道路被害情報（白糸トンネル・知来）. 19 P.
- 道路管理技術委員会北海道南西沖地震調査班（1993・8） 平成5年7月12日北海道南西沖地震道路被害情報（刃掛覆道及びトンネル）. 19 P.
- 北海道開発局小樽開発建設部（1993・8） 平成5年（1993年）北海道南西沖地震記録－管内道路被害－速報. 31 P.
- 北海道開発局函館開発建設部（1993・8） 北海道南西沖地震記録－管内道路被災速報－
- 国際航業(株)（1993・7） 1993年7月12日北海道南西沖地震の被災速報. 78 P.
- 東建ジオテック(株)（1993・9） 北海道南西沖地震被害調査報告書. 54 P.
- 基礎地盤コンサルタンツ(株)（1993・8） 平成5年（1993年）北海道南西沖地震調査報告書. 125 P
- 北海道新聞社編（1993・9） 1993年7月12日北海道南西沖地震全記録. 104 P.
- 朝日新聞社（1993・7） 北海道南西沖地震. アサヒグラフ（7・25）緊急増刊. 49 P.
- 月刊メディア砂防（1993・9） 特報. 北海道南西沖地震「7月12日、奥尻島を襲った地震津波. 30－33」
- 基礎地盤コンサルタンツ(株) 森本 巖（1993・11） 北海道南西沖地震被害報告－液状化被害とその特徴を中心として－ 第31回土質工学最新情報コロキウム. 平成5年11月17日
- 北海道大学理学部地震予知観測地域センター・東北大学理学部地震予知噴火知測センター・東京大学地震研究所（1993・9・30）北海道南西沖地震概況. 日本地震学会ニュースレター, Vol. 5, No. 3, P 6～11.
- 卯田強・茅原一也（1985） 北部フォッサ・マグナ地域の地震の分布と地質構造、新潟大学・理・地 鉦研究報告, 第5号, 105 -122.
- 福田藤雄・落合薄貴（1993・9） 平成5年北海道西南沖地震によって奥尻島に発生した斜面崩壊、新砂防, Vol.46, No.3, P 62～63.

- 海上保安庁水路部 (1979・8) 5万分の1沿岸の海の基本図—海底地形地質調査報告—奥尻島—。
日経コンストラクション (1993・8) 速報・北海道南西沖地震—襲いかかった大津波液状化被害も随所に—。
中村一明 (1983) 日本海東縁新生海溝の可能性。震研彙報, 58, 207~242。
泰 光男・瀬川秀良・矢島淳吉 (1982) 奥尻島北部及び南部地域の地質。地域地質研究報告 5万分の1図幅。
宮浦 正 (1975) 奥尻島の海成段丘と第四紀地殻変動。第四紀研究, 14, 23~32。
三好真澄・太田陽子・澤 祥・今泉俊文・鹿島 薫 (1985) 北海道奥尻島の完新世海成段丘。地理学評論, 58 (Ser. A)—9, 596~608。

道路の被害 I



写真-1 岩内町雷電岬、刀掛トンネル崩壊地を望む

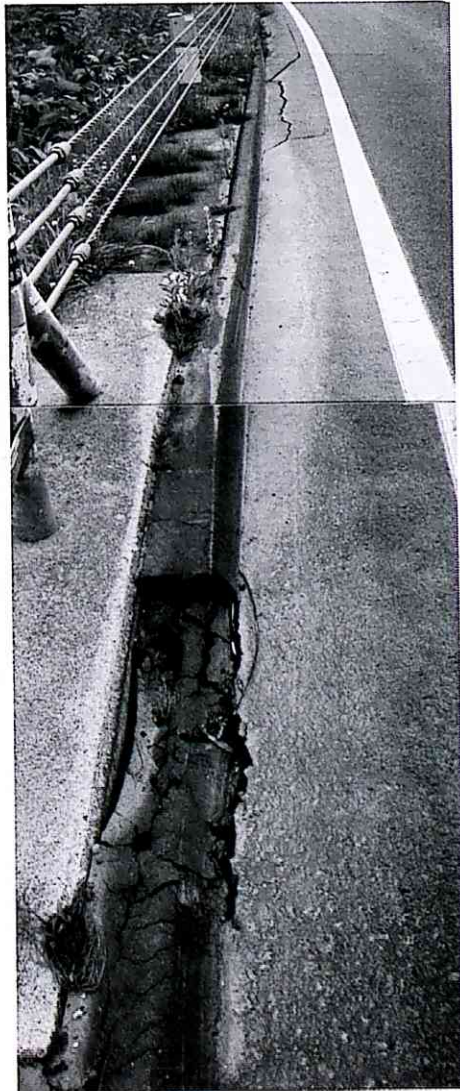


写真-2 長万部知来付近、
国道5号線、路肩
の陥没

道路の被害Ⅱ

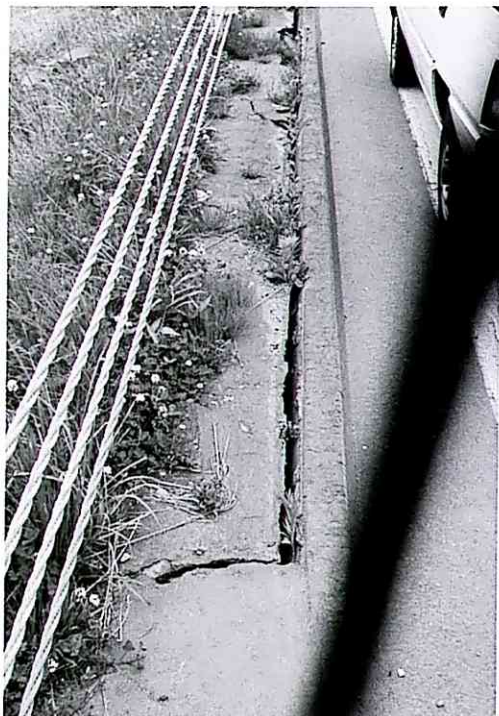


写真-3 国道5号線（黒松内～長万部間）
路肩のクラック



写真-4 国道5号線（黒松内～長万部間）
防護柵の変状及び路肩のクラック



写真-5 道路盛土の崩壊（国道5号線長万部町蕨岱～二葉間）

道路の被害Ⅲ



写真-6 鉄道盛土の崩壊と線路の変状（長万部町蕨岱付近）

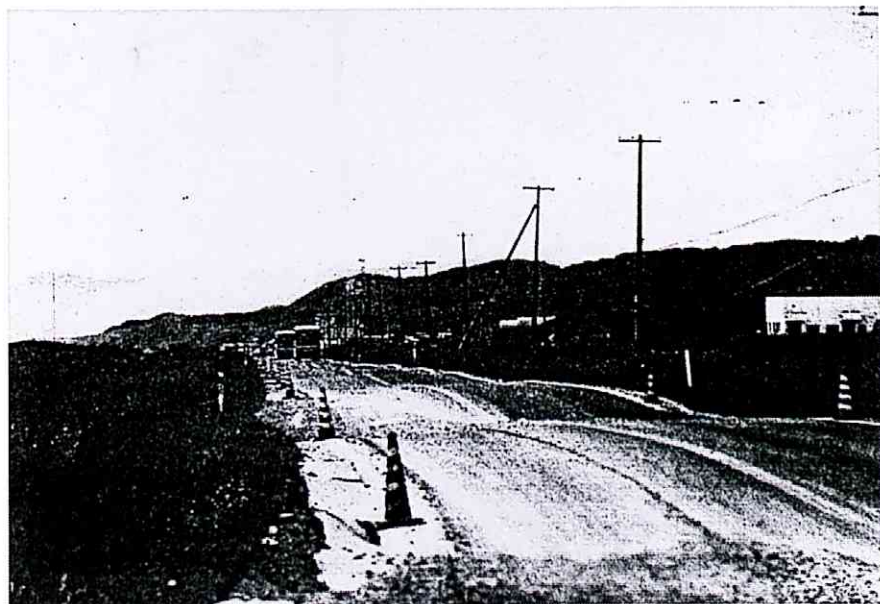


写真-7 路面の波状変形、国道5号線長万部町国縫付近（北海道新聞による）

道路の被害Ⅳ



写真-8 長万部町低地のクラックと噴砂

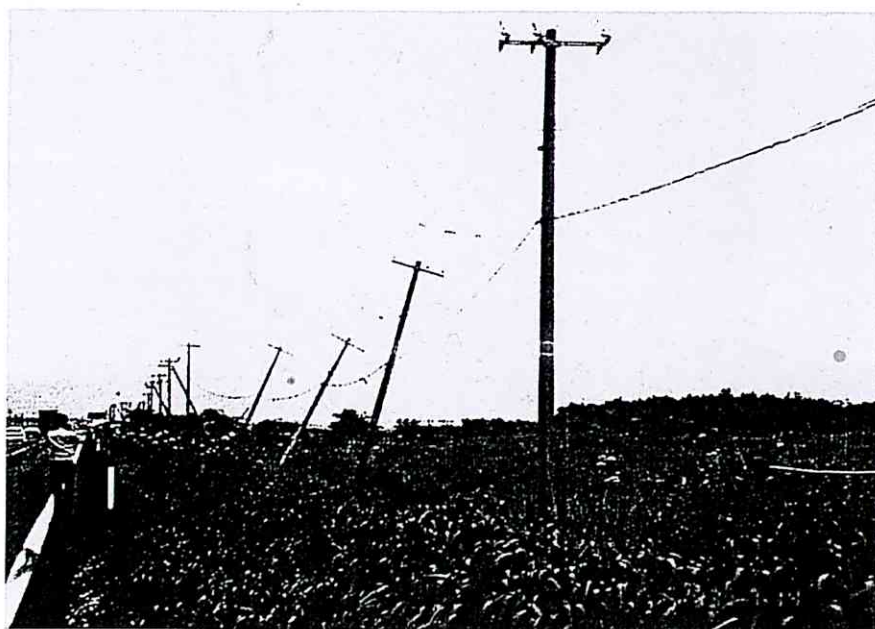


写真-9 電柱の山側への傾斜（長万部町国縫付近）

道路の被害 V

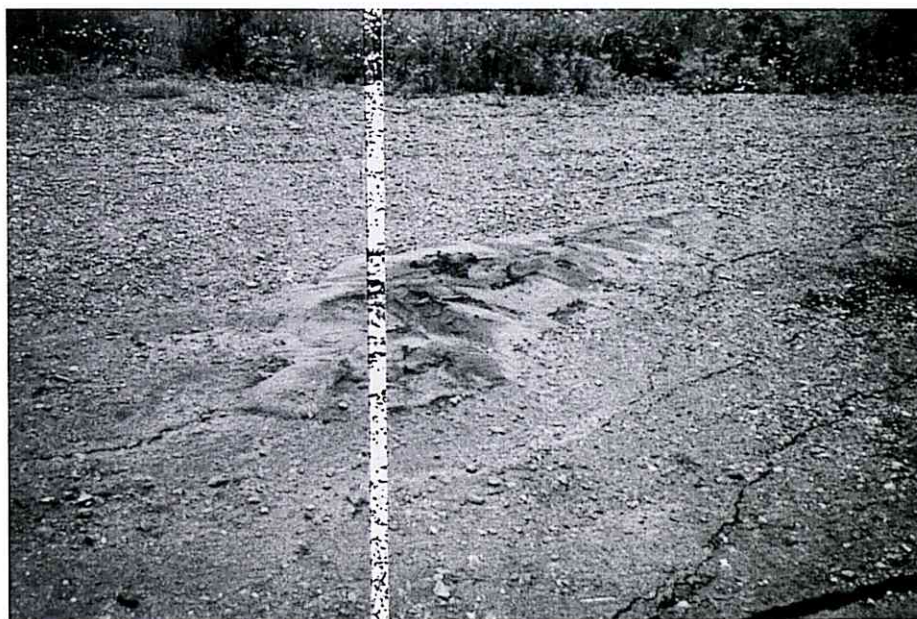


写真-10 長万部町（中ノ沢～国縫間）ドライブイン駐車場の噴砂



写真-11 豊津付近より長万部側に向かって4 km間の国道5号線路肩の沈下および車道のクラック

道路の被害Ⅵ

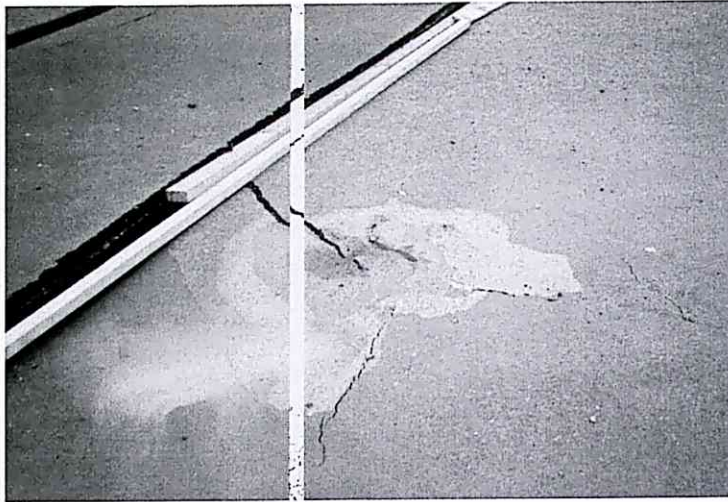


写真-12 国道5号線沿いのクラックと噴砂



写真-13 国道5号線山崎橋より国縫方向200m間の道路波状変形
(北海道開発コンサルタントによる)



写真-14 国道5号線山崎橋より国縫方向200m間の道路波状変形
とクラック(北海道開発コンサルタントによる)

道路の被害Ⅶ



写真-15 国道5号線山崎橋より国縫方向200m間の道路波状変形
(北海道開発コンサルタントによる)



写真-16 国道5号線丘陵部に取りつく高盛土道路の崩壊



写真-17 同上に隣接したJR線路の変状

道路の被害Ⅷ



写真-18 国道5号線の車道の波状変形（北海道新聞による）



写真-19 国道わきガソリンスタンドの破損



写真-20 国道わきガソリンスタンドの破損

液状化被害 I



写真-1 今金町豊田、水田のクラック
と噴砂



写真-2 今金町豊田、水田のクラック
と噴砂

液状化被害Ⅱ



写真-3 今金町豊田のクラックと噴砂



写真-4 北檜山町兜野の町道、車道の陥没

液状化被害Ⅲ

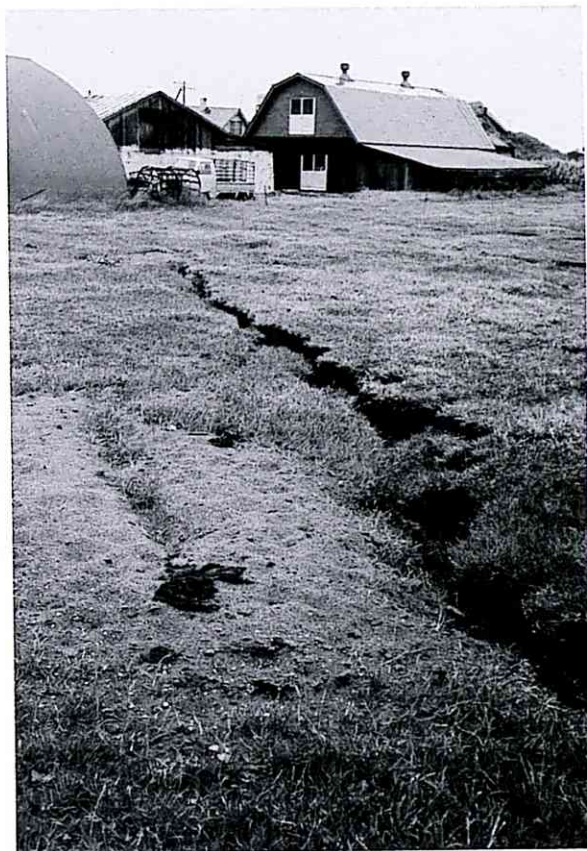


写真-5 北檜山町兜野、草地のクラック

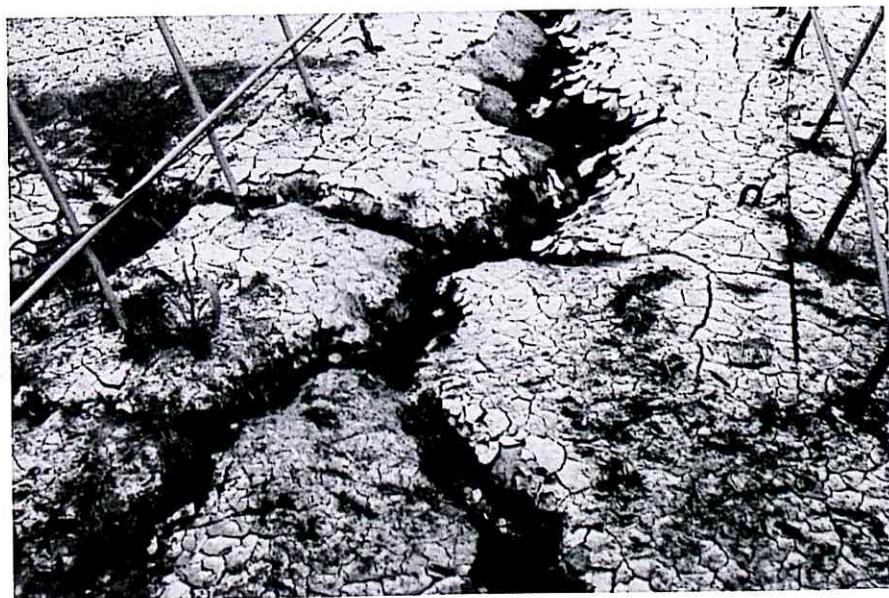


写真-6 今金町豊田、ビニールハウス内の噴砂

液状化被害Ⅳ



写真-7 今金町豊田、ビニールハウス内の噴砂



写真-8 今金町豊田、ビニールハウス内の噴砂

液状化被害 V



写真-9 今金町豊田、水田の噴砂



写真-10 今金町豊田、水田の噴砂、畠地のクラックと噴砂

液状化被害Ⅵ



写真-11 今金町豊田、水田のクラックと噴砂



写真-12 今金町豊田、水田のクラックと噴砂



写真-13 今金町豊田、水田のクラックと噴砂、ビニールハウス内の噴砂

液状化被害Ⅶ



写真-14 今金町豊田、畠地のクラックと噴砂

液状化被害Ⅷ

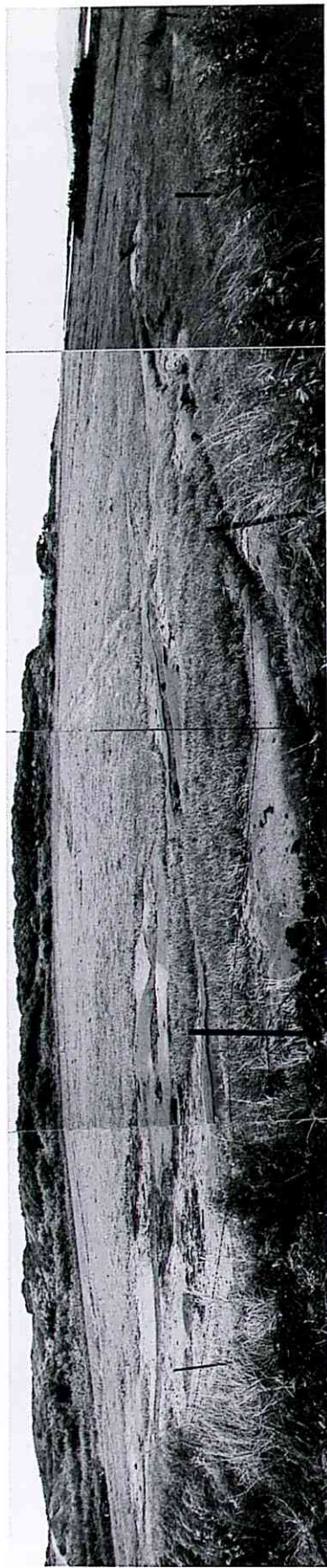


写真-15 北檜山町兜野、草地のクラックと噴砂

液状化被害Ⅸ



写真-16 北檜山町兜野、草地の
クラックと噴砂



写真-17 兜野、車道及び路肩の
クラックと崩壊

液状化被害X



写真-18 兜野、町道車道及び路肩の崩壊



写真-19 兜野、水田の波状変形クラックの噴砂、遠景は堤防の破損

長万部町市街地の被害 I



写真-1 ガソリンスタンド周辺の開口きれつ (北海道開発コンサルタントによる)



写真-2 国道5号線沿い縁石部のクラックとマンホールの30cm浮上り (同上)



写真-3 ガソリンスタンドの変形 (同上)

長万部町市街地の被害Ⅱ



写真-4 5号線わき歩道の浮上り



写真-5 長万部町文化センター。体育館ガラス枠のはらみ出し

長万部町市街地の被害Ⅲ



写真-6 文化センター、噴砂と通路沿いの変形



写真-7 文化センター、体育館ガラス枠のはらみ出し

長万部町市街地の被害Ⅳ

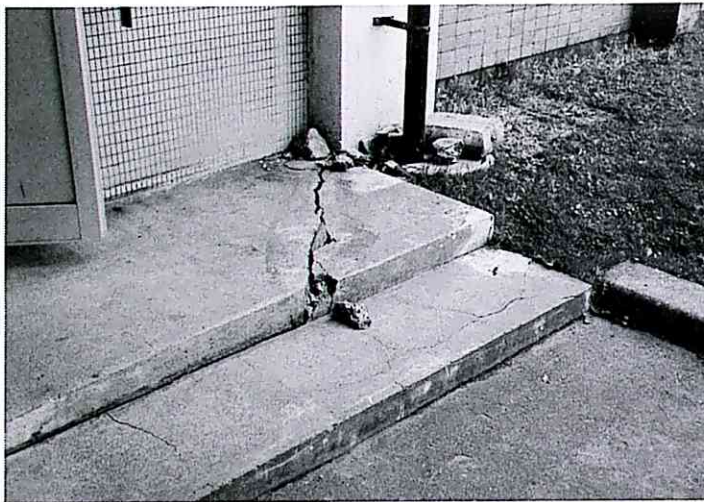


写真-8 長万部町役場階段のクラック



写真-9 役場前道路のきれつ



写真-10 役場入口の段差

赤井川の液状化被害



写真-1 大沼公園鹿部線の道路陥没（北海道開発コンサルタントによる）



写真-2 大沼公園鹿部線の道路陥没（北海道開発コンサルタントによる）

長万部町中ノ沢小学校の液状化被害 I



写真-1 前庭花壇のクラックと陥没

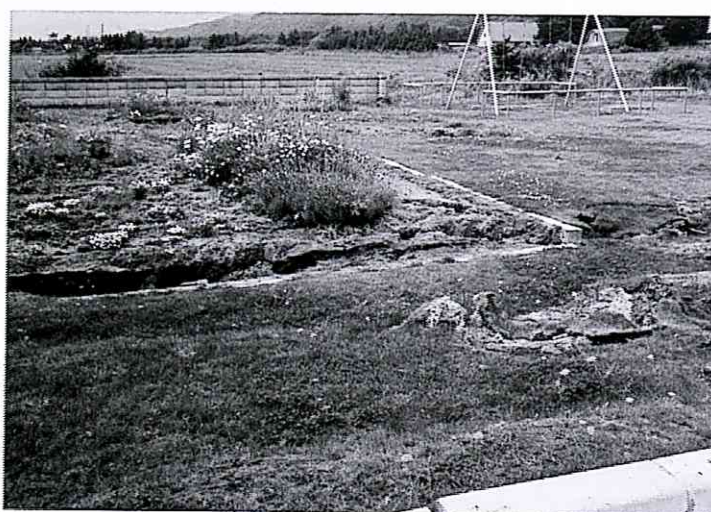


写真-2 前庭花壇のクラックと陥没



写真-3 前庭アスファルト舗装部のクラックと陥没

長万部町中ノ沢小学校の液状化被害Ⅱ



写真-4 前庭のクラックと陥没



写真-5 グラウンドの噴砂と噴砂孔列

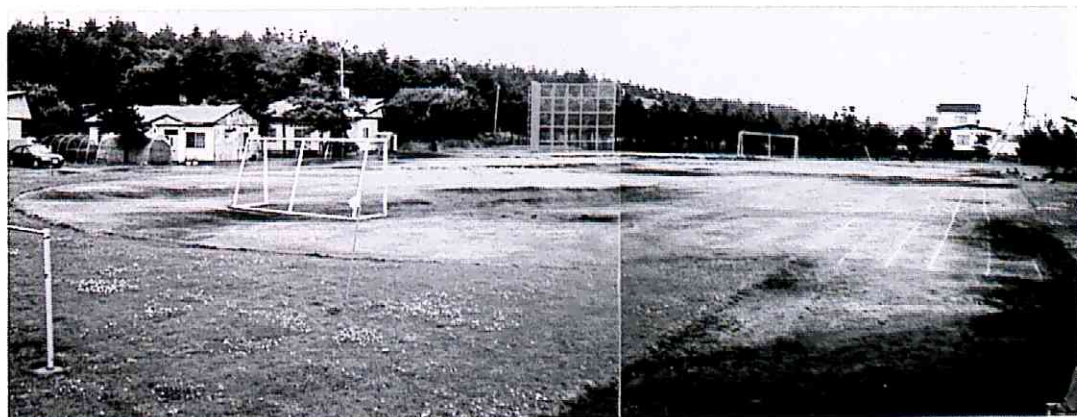


写真-6 グラウンドの噴砂状況

長万部町中ノ沢小学校の液状化被害Ⅲ

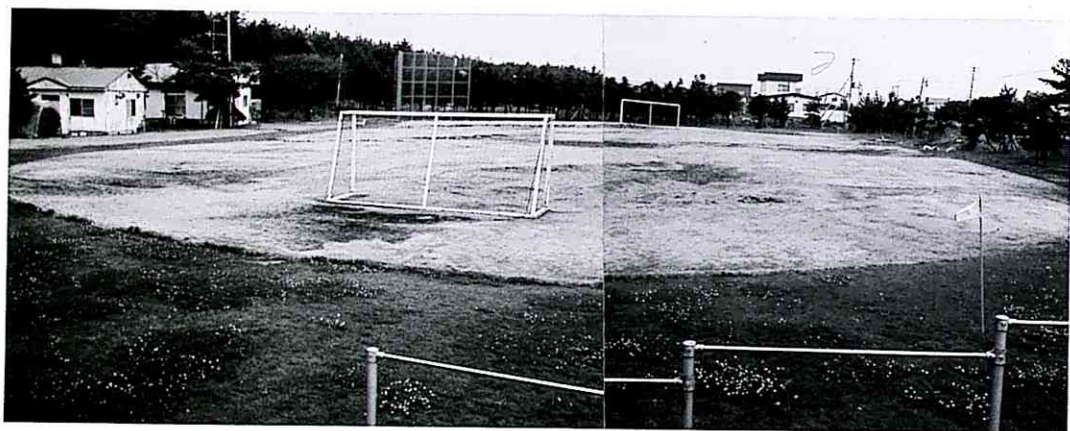


写真-7 グラウンドの噴砂



写真-8 砂火山

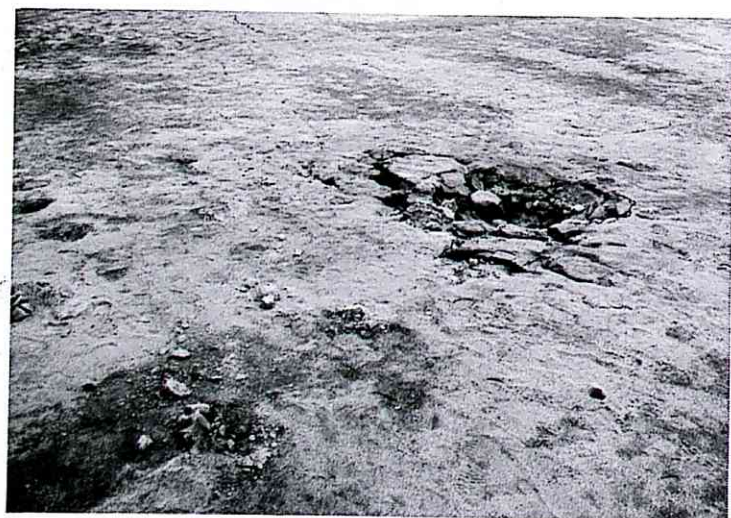


写真-9 砂火山

長万部町中ノ沢小学校の液状化被害Ⅳ



写真-10 噴砂



写真-11 噴砂口



写真-12 噴砂口

長万部町中ノ沢小学校の液状化被害V



写真-13 噴砂口



写真-14 噴砂口



写真-15 噴砂口

長万部町中ノ沢小学校の液状化被害VI

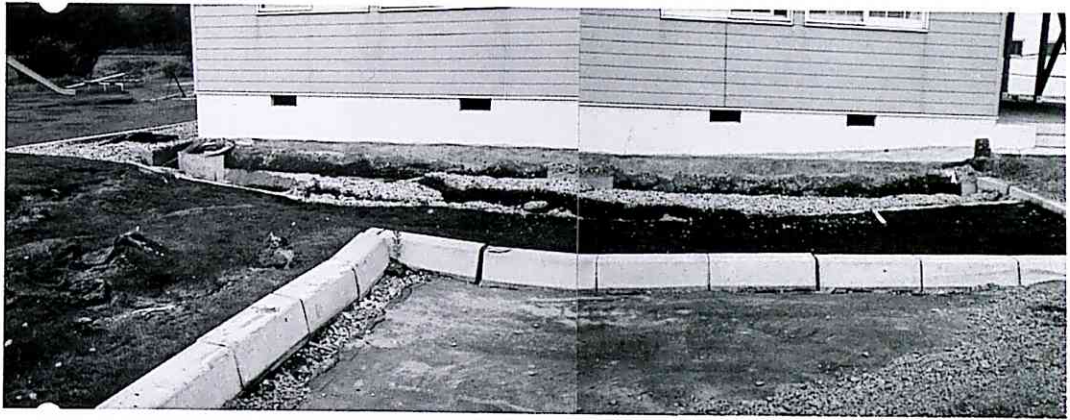


写真-16 校舎周辺の沈下



写真-17 グランドの噴砂、最後のものは黒色



写真-18 グランドの噴砂、最後のものは黒色

長万部町中ノ沢小学校の液状化被害Ⅶ



写真-19 噴砂ときれつの段差



写真-20 前庭アスファルト舗装部の陥没



写真-21 前庭アスファルト舗装部の陥没

長万部町中ノ沢小学校の液状化被害Ⅷ

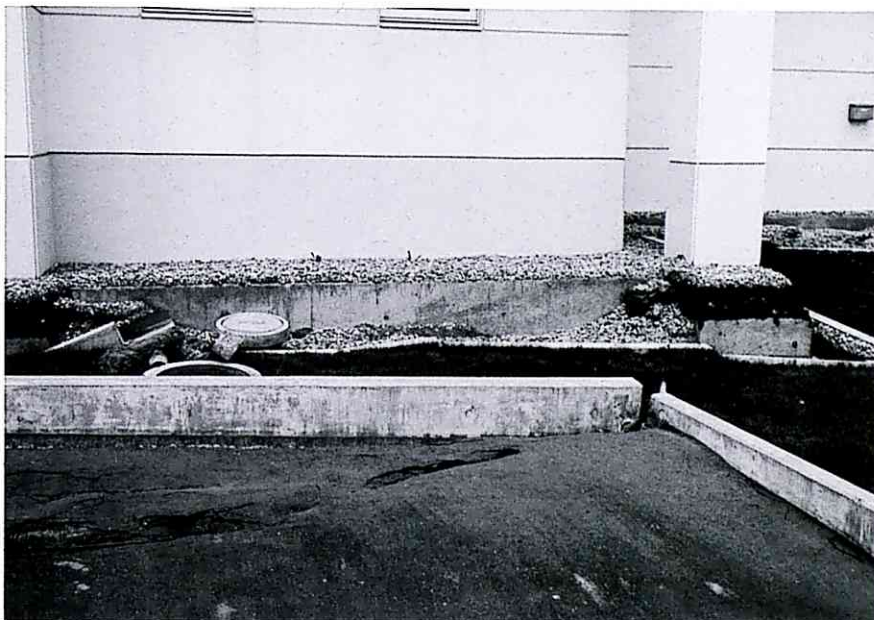


写真-22 体育館周辺の陥没

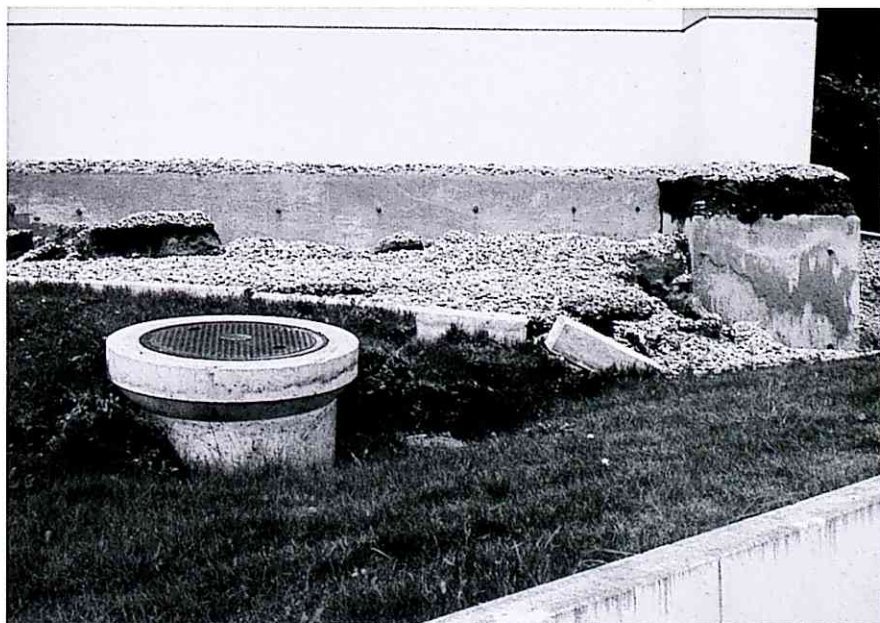


写真-23 地盤の陥没によりマンホールが浮き上がったように見える

長万部町中ノ沢小学校の液状化被害区



写真-24 周囲盛土地盤の沈下、水平移動により基礎の露出



写真-25 体育館階段の沈下と破損



写真-26 中ノ沢小学校グラウンド全景、グラウンドの噴砂



写真-27 体育館西側盛土の沈下

長万部町中ノ沢小学校の液状化被害Ⅱ



写真-28 校舎南側の盛土の沈下と水平移動



写真-29 校舎北側の沈下と開口クラック



写真-30 グランドの噴砂丘



写真-31 グランドの噴砂丘

長万部町中ノ沢小学校の液状化被害 XIV



写真-32 グランド北側の用水路の破損



写真-33 用水路の閉塞状況

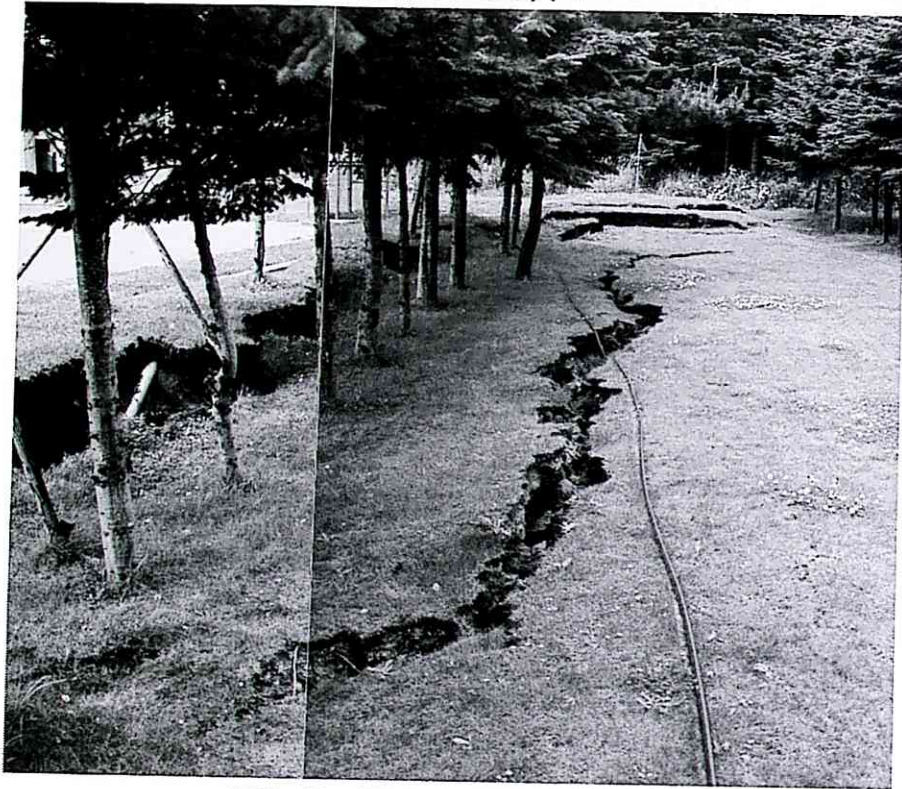


写真-34 グランド北側の開口クラック



写真-35 グランド北側の開口クラック

瀬棚港及び函館港の被害



写真-1 瀬棚港エプロンの擁壁前倒しによる開口

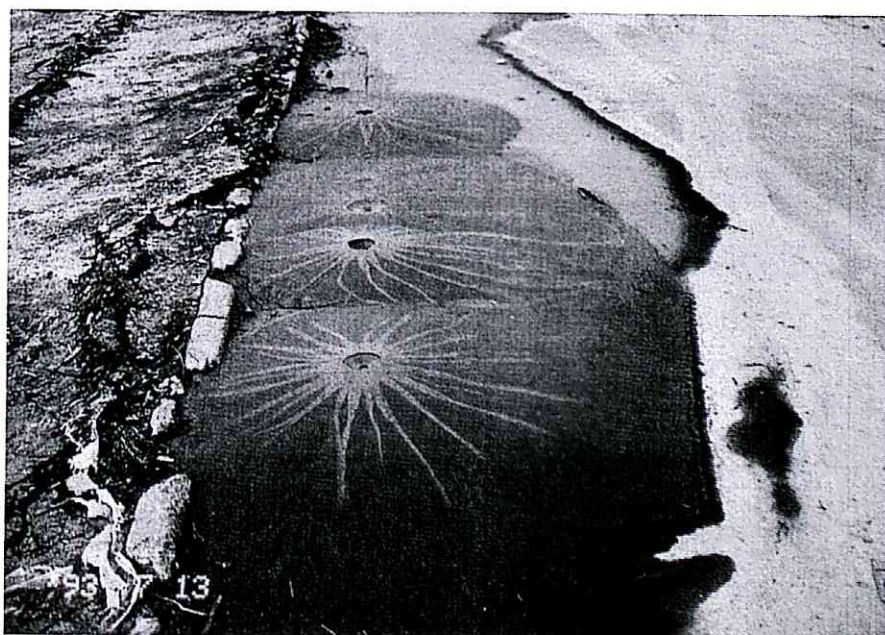


写真-2 噴砂（函館港北埠頭の背後地）

函館港の被害

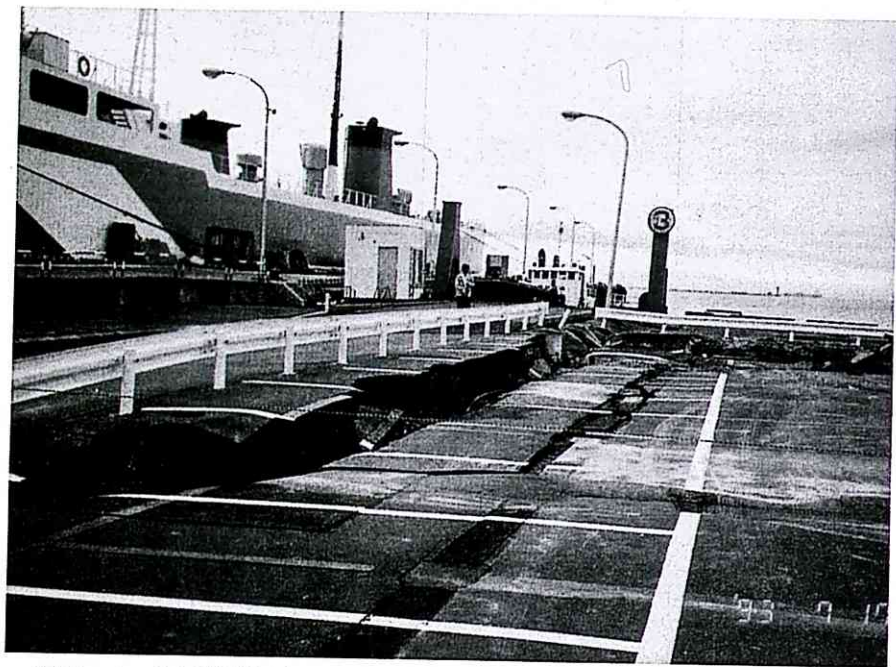


写真-1 函館港東日本フェリーターミナル、エプロン背後のきれつと沈下



写真-2 函館港万代埠頭、エプロン背後の沈下と段差