

1993年7月12日北海道南西沖地震被害調査報告

**REPORT ON THE JULY 12, 1993  
SOUTHWEST-OFF HOKKAIDO EARTHQUAKE**

May, 1994

東京大学生産技術研究所  
小長井研究室

Konagai Laboratory  
Institute of Industrial Science  
University of Tokyo

日本大学生産工学部  
田村研究室

Tamura Laboratory  
College of Industrial Technology  
Nihon University







写真 4.1.9 奥尻港フェリー発着所の後背斜面の崩壊  
Landslide behind the Okushiri ferry terminal





写真 4.2.10 斜面崩壊と落石防止用金網  
Slope slide and steel net to prevent  
rock fall-related damages



写真 4.2.16 第2白糸トンネルの被害(2)  
Damage to the second Shiraito tunnel (2)



写真 4.2.18 須築漁港の船着場の被害状況  
Sutsuki fishing port damaged by tsunami and severe tremor





写真 4. 3. 15 後志利別川河口部左岸堤防の被害 (3)  
 Longitudinal cracks on embankment (Shiribeshitoshibetsu river)(3)



写真 4. 3. 21 田圃に発生した噴砂の列  
 前方に後志利別川の左岸堤防が見える  
 Trace of liquefaction in rice-field  
 near the Shiribeshitoshibetsu river



写真 4. 4. 20 砂利を含んだ噴砂があった  
 噴砂孔列 (後志利別川左岸高水敷) (2)  
 Liquefaction on the left river bed of  
 Shiribeshitoshibetsu river (2)





写真 4.4.23 今金町豊田の農道の被害(2)  
Sinking and laterel spread of road  
embankment (Toyoda district) (2)



写真 4.4.27 今金町豊田の農道の被害(6)  
対岸(右岸)の牧草地には川筋に沿って  
亀裂が発生した  
Lateral spread of surface ground  
along the channel (6)



写真 4.4.40 著しい被害を受けた山崎氏邸(今金町八  
束地区)(2)  
家屋で正面より左側部分が左側に移動  
し、家は引きさく様に変形した  
Damage to a house on a lanol re-  
claimed from an old river bed (Ima-  
gane town) (2)





写真 4.5.2 北檜山北の町道盛土の被害 (2)  
Damage to road embankment (2) (Kitahiyama town)



写真 4.8.2 大成町の津波の被害 (2)  
取り片付けられた家跡と、残った家屋  
Houses except for the one in the middle were crashed by the tsunami (Taisei town)



写真 4.8.7 橋脚の被害状況  
Cracked pier of the Motoe bridge





写真 4.9.3 ピアマーケット周辺の埋設管取替え工事  
この付近は著しい液状化と不等沈下が発生している  
Repairing works of lifeline around the Pier Market. Liquefaction and uneven settlement took place all around the building



写真 4.9.4 掘り出された管類  
Bent pipes, Sea Port Plaza



写真 4.9.11 液状化の噴砂口と噴砂(写真4.9.10地点の近傍)  
Spouted sand due to liquefaction,  
Kita-Futo



写真 4.9.14 東日本フェリーターミナルの被害(2)  
舗装の沈下、亀裂  
Settlement and cracks of pavement near the approach to a jetty (H.N.F.T) (2)





写真 4.10.1 突き出したマンホール（長万部）

Manhole sticking out of the embankment along the Oshamanbe coast



写真 4.10.8 25~30 m の波長で路面が上下に波を打っている道路（豊津～豊野間）

Row of wave-like warps of pavement (25~30 m each)



写真 4.10.16 国道5号線双葉-蔵岱間の盛土被害

Damage to embankment of route 5 (between Futaba and Warabitai)



# まえがき

1993年7月12日22時17分に北海道南西沖でマグニチュード7.8の地震が発生した。この地震は奥尻島を中心に北海道南部の広範な地域に極めて大きな人的、物的被害をもたらした。被害の多くは津波によるもので、この地震による死者は201名、行方不明者は36名に達し、1960年のチリ地震津波(142名)を越える戦後最悪のものとなった。津波の悲惨な被害の報道に埋もれた形にはなかったが、地震動そのものによる被害も随所で発生した。東京大学生産技術研究所小長井研究室では7月17日から7月20日まで木古内、函館の津軽海峡に面した地域から森、長万部など内浦湾沿いの地域、さらに今金、瀬棚から大成、江差にいたる北海道道南地域の広範な地域の液状化、斜面崩壊、盛土崩壊と関連する構造被害とその分布について調査を行っている。また東京大学生産技術研究所小長井研究室では地震直後の7月14日から7月20日まで北海道本島側の瀬棚から長万部、寿都にいたる地域で主に地盤に関連した構造被害を中心に、さらに8月19日から8月20日まで奥尻島で斜面崩壊などの被害を中心に調査を行った(1993年北海道南西沖地震被害調査速報(第1報<sup>1)</sup>、第2報<sup>2)</sup>)。この報告は両研究室の調査結果を整理し、被害の様子と発生機構についての考察を中心に取りまとめたものである。現地の諸機関の関係者から多くの貴重な資料や情報の提供を受け、また各地で試料を一部持ち帰ったが、十分な解析や検討を加えるに至らないものも多く、したがってこの報告に盛りこまれた内容は今後各研究機関の調査結果を待って見直していくべき点も多々含まれているが、今後の検討に参考になる情報が僅かでも盛り込まれていれば幸いであると考えている。

- 1) 1993年北海道南西沖地震被害調査速報(第1報)、東京大学生産研究所小長井研究室、1993年7月。
- 2) 1993年北海道南西沖地震被害調査速報(第2報)、東京大学生産技術研究所小長井研究室、1993年9月。

A strong-earthquake measuring magnitude of 7.8 on Richter scale shook areas of northern Japan at 22 : 17, Monday, July 12, 1993. The earthquake caused 201 deaths and 36 people missing. Most of the fatalities occurred on the Okushiri island, about 20 km off the southwestern coast of Hokkaido, located right above the epicentral area (60 km south from the epicenter). The casualties and damages were mostly due to the tidal wave (tsunami). In terms of casualties, it was the worst quake-related disaster in Japan since 1948, worse than the tidal wave triggered off by the Chile earthquake of 1960, which left 142 dead.

Though damages due to the tremble did not show up so clearly against many reports on the tsunami-related ones, they were also of serious ones. Tamura Laboratory at the College of Industrial Technology, Nihon University and Konagai Laboratory at IIS, University of Tokyo dispatched reconnaissance teams. The investigated areas include the Okushiri island (Konagai Lab., Aug. 19-20), Setana, Oshamanbe, Suttu, and their suburbs in the mid-southwestern Hokkaido (Tamura Lab., July 17-20, Konagai Lab., July 14-20) and Esashi, Kikonai, Hakodate in south-end area of Hokkaido (Tamura Lab., July 17-20). Within the limited time of their investigation, the authors put their effort mostly into finding damages due to soil failure and liquefaction, topping of grave stones and so on. This is a summary of their findings and discussions. Though not all materials in this report are clearly explained owing to insufficient evidences, the authors wish it would provide some important information, even if only slightly.



# 第1章 調査概要

## 調査メンバー及び調査地域

調査メンバーおよび調査地域は以下の通りである。

### 東京大学生産技術研究所小長井研究室

#### ●第1次調査（道南日本海沿岸及び長万部）

助 教 授 小長井一男：7/17～7/20

技 術 官 片桐 俊彦：7/14～7/20

大学院学生 三神 厚：7/14～7/20

調査した地域（図 1.1 参照）

7/14：函館，瀬棚

7/15：白糸トンネル，瀬棚，北桧山，後志利別川，太櫓

7/16：大成，江差

7/17：長万部

7/18：長万部，黒松内，寿都

7/19：北桧山，後志利別川，真駒内川・ポン目名川周辺

7/20：北桧山，金ヶ沢，左股

#### ●第2次調査（奥尻島）

助 教 授 小長井一男：8/18～8/20

技 術 官 片桐 俊彦：8/18～8/20

調査した地域（図 1.2 参照）

8/18：函館，江差，奥尻町，青苗町

8/19：奥尻町，米岡，千畳浜，藻内，道道 1170 号線（奥尻－幌内），稲穂地区

8/20：北桧山，後志利別川，真駒内川・ポン目名川周辺，厚沢部川

### 日本大学生産工学部田村研究室

教 授 田村重四郎

大学院学生 長尾圭一郎，小海崇史，村田裕介  
学部 4 年生 東 康紀，伊藤達哉，市ヶ谷昌彦  
調査した地域（図 1.1 参照）

7/17：函館港，国道 5 号線，紋別川河口，国道 230 号線，今金町

7/18：今金，瀬棚，北桧山

7/19：今金，北桧山（後志利別川左岸）

7/20：今金，北桧山，大成（国道 229 号線），厚沢部川河口，国道 227 号線，鶉ダム，函館



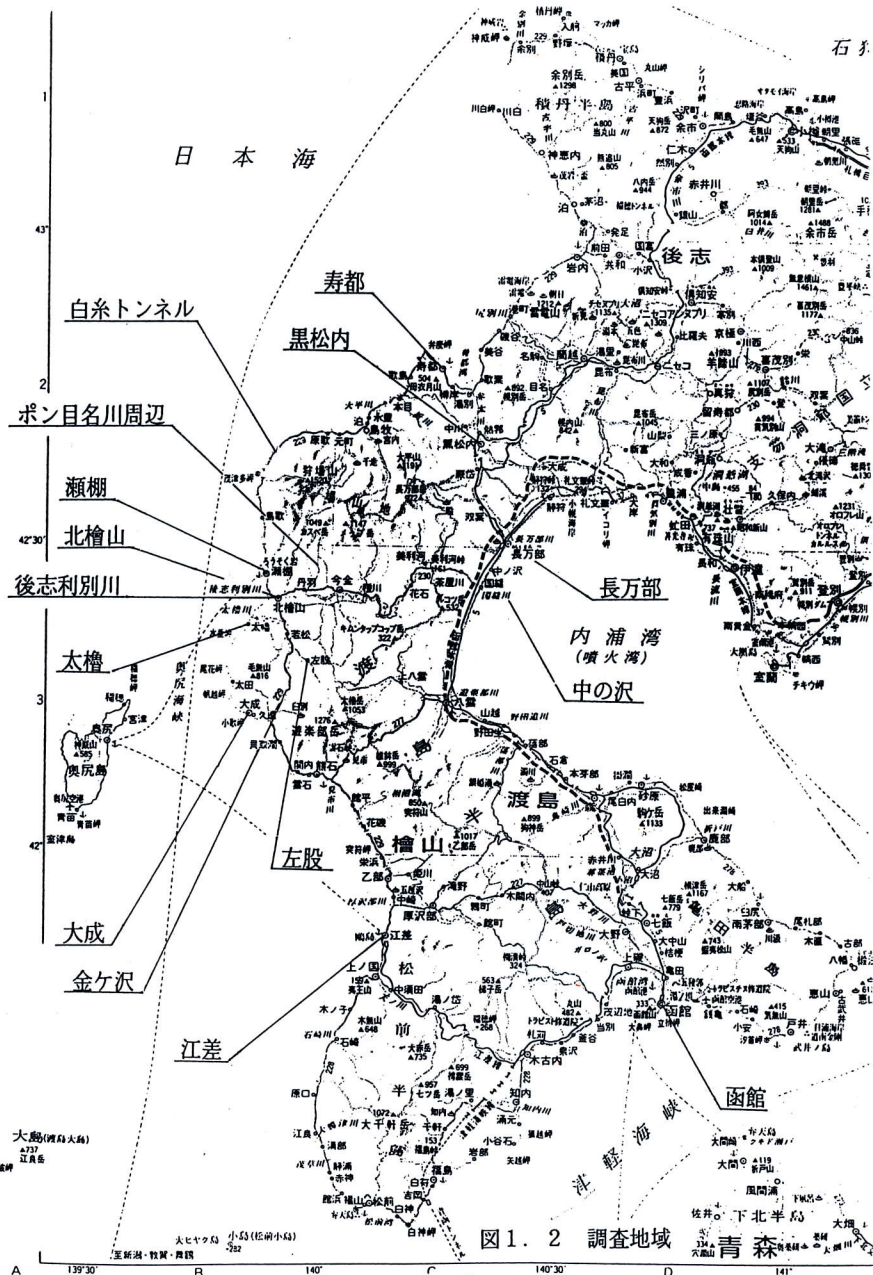


図 1.1 第 1 次調査地域  
Investigated area (July 14-20)



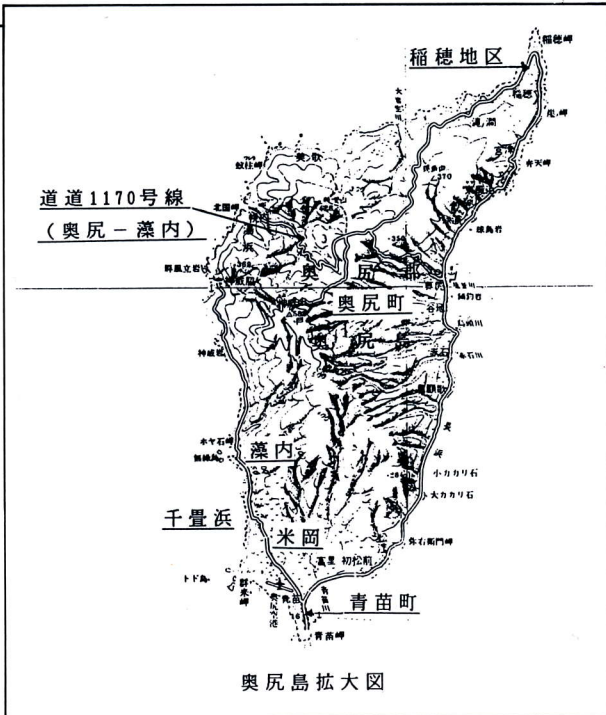
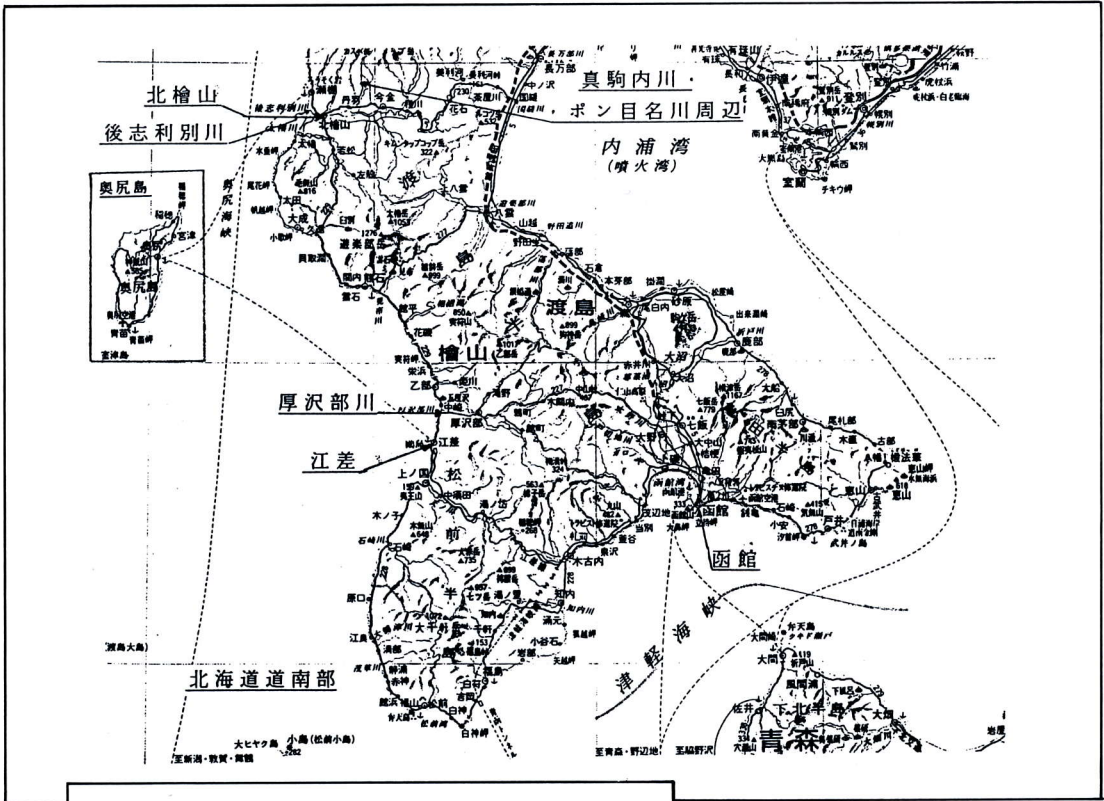
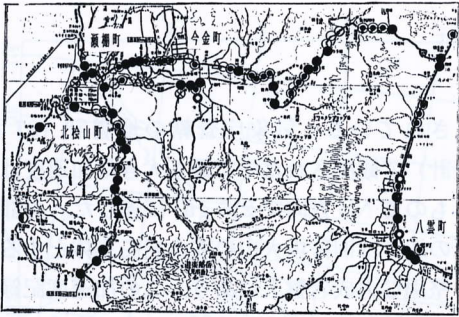


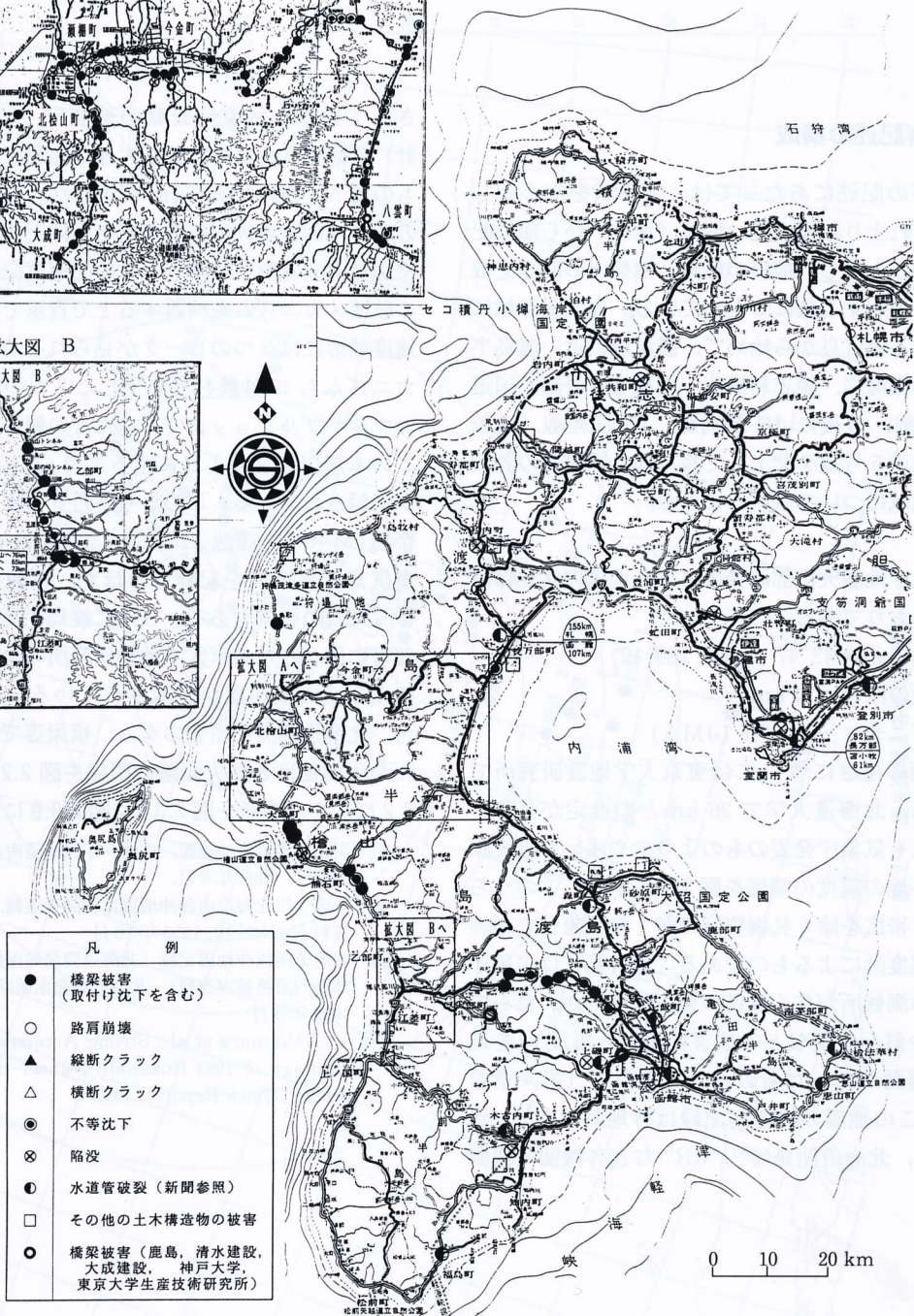
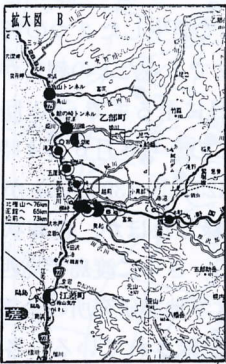
図 1.2 第 2 次調査地域  
Investigated area (Aug. 18-20)



拡大図 A



拡大図 B



凡 例	
●	橋梁被害 (取付け沈下を含む)
○	路肩崩壊
▲	縦断クラック
△	横断クラック
◎	不等沈下
⊗	陥没
⊙	水道管破裂(新聞参照)
□	その他の土木構造物の被害
○	橋梁被害(鹿島, 清水建設, 大成建設, 神戸大学, 東京大学生産技術研究所)

図 1.3 調査終了時の渡島半島の被害の概要  
Distribution of damages found through some investigations in the Oshima Peninsula (as of the end of July, 1993)



## 第2章 地震

### 被害記述の構成

被害の記述にあたっては、震源域を中心として、それより距離の近い地域（地点）から順に記述することとし、被害の距離、地盤との関連を取りつつ説明する様につとめている。先ず震源域に含まれる奥尻島から始めて、震源域に近い渡島半島の西側海岸、後志利別川、国道230号線、国道229号線、最後にJR松前線、JR江差線、函館から国道5号線を北上して長万部、黒松間の各地点、地域について説明している。

気象庁地震火山部の発表による地震の諸元は以下のとおりである。

震央：北緯 42° 47′，東経 139° 12′

震源の深さ：34 km

マグニチュード：7.8 (JMA)

震源の深さについては東京大学地震研究所で15 km、北海道大学で26 kmとの推定が有り、いずれも気象庁発表のものよりやや浅い。震央距離と各地の震度の関係を図2.1に示す。このうち室蘭、帯広を除く札幌管区の多くの気象台での震度は震度計によるものである。奥尻島には気象庁管轄の測候所がなく震度の発表はないが、墓石の転倒や斜面崩壊などの被害状況から震度VIを越す地震動があったものと考えられる（第4章参照）。この地震の加速度記録は各地気象台<sup>3)</sup>、建設省<sup>4)</sup>、北海道開発局<sup>5)</sup>、JR<sup>6)</sup>など各機関で観測

されている。気象庁管轄の地震計（87型強震計）で観測された中で最も大きな加速度は寿都のものでNS方向で216 galに達した。寿都気象台の辺りは旧狩場火山の安山岩を主体とする極めて堅固な火成岩盤上にあり、この加速度記録は震源の破壊メカニズムを検討する上で貴重である。加速度波形には2つのピークが見られるが、震源メカニズムも40秒離れて発生した2つの震源を持つマルチプルショックであったとの報告がある。この本震以後9月1日に至るまで6181回の余震が記録されている。このうち8月8日4時42分の余震(M=6.5、震源 4257′ N 13953′ E)が最大で奥尻島で震度Vを記録したほか、再液化化が起こったとの報告もある。さらに渡島半島西岸の乙部町に置かれた東京大学地震研究所の余震観測点で1.6 gの加速度が記録されている。各地気象台、北海道開発局所管のダム、橋梁等で観測された最大加速度と震央距離の関係を図2.2.1～図2.2.2に、また波形を図2.3.1～図2.3.9に示す。

- 3) 災害時地震津波速報、平成5年北海道南西沖地震、気象庁、1993年8月。
- 4) 平成5年北海道南西沖地震災害調査速報、土木技術資料No. 35-10、1993年10月
- 5) 北海道南西沖地震記録（北海道開発局函館開発建設部管内道路被害速報）、北海道開発局函館開発建設部、1993年8月
- 6) Y. Nakamura et al : Strong Accelerations and Damage of 1993 Hokkaido Nansei-oki Earthquake (Quick Report), 1993



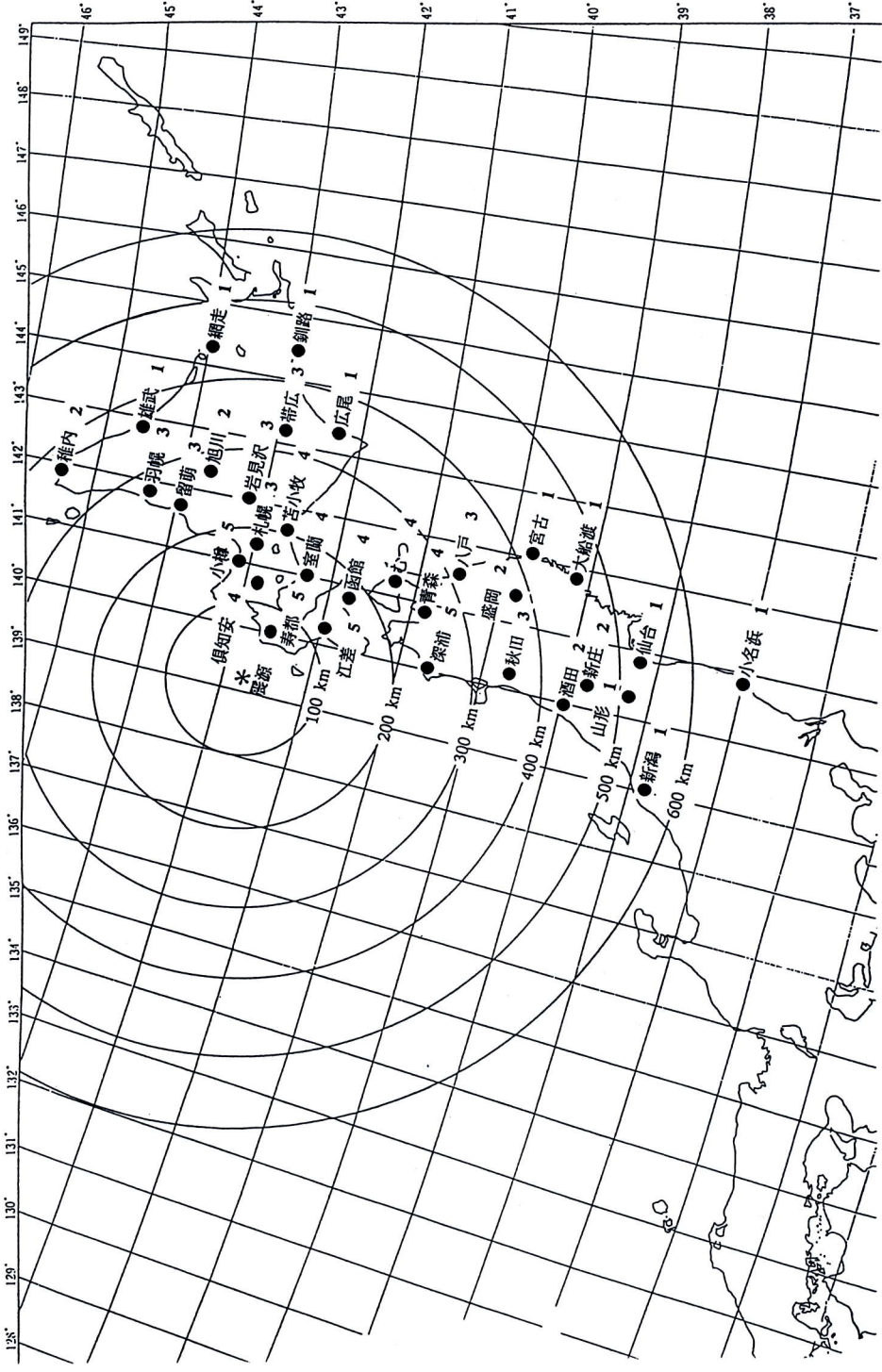


図 2.1 震央距離と各地の震度  
Distribution of seismic intensity (JMA scale)

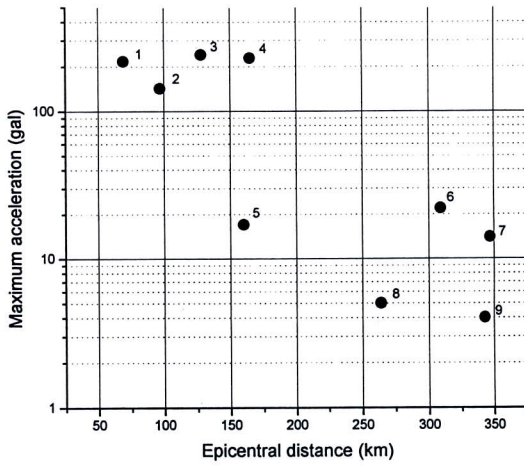


図 2.2.1 最大加速度の距離減衰  
Attenuation of maximum acceleration

- |              |       |
|--------------|-------|
| 1. 寿都        | 6. 八戸 |
| 2. 美利河ダム     | 7. 秋田 |
| 3. 上鳥崎橋 (森町) | 8. 旭川 |
| 4. 七峰橋 (知内町) | 9. 稚内 |
| 5. 札幌        |       |

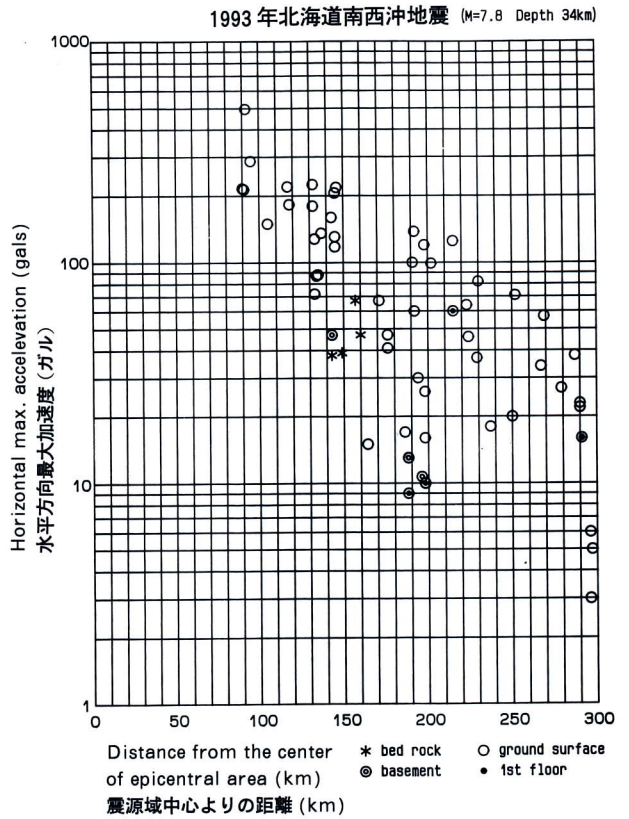
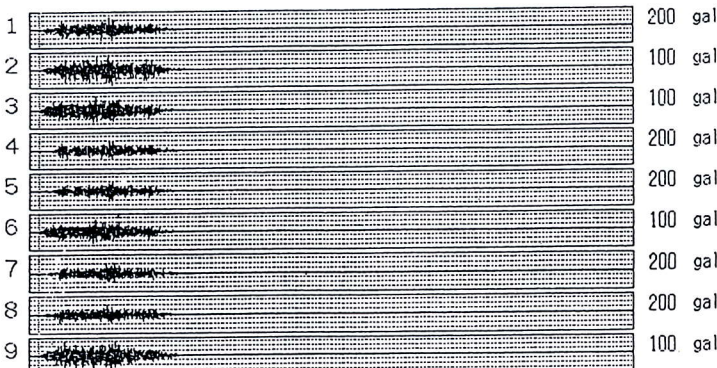


図 2.2.2 最大加速度の距離減衰 (防災科学技術研究所強震速報 No. 43 による)  
Attenuation of maximum acceleration

美利河ダム (震央距離 92km)

1 7月12日22:17 (本震)



Ch	Gain	Filter	Max
1	1	30Hz	142.2 gal
2	1	30Hz	94.3 gal
3	1	30Hz	82.5 gal
4	1	30Hz	116.7 gal
5	1	30Hz	122.8 gal
6	1	30Hz	72.5 gal
7	1	30Hz	113.7 gal
8	1	30Hz	100.9 gal
9	1	30Hz	94.3 gal

図 2.3.1 加速度波形(美利河ダム:  $\Delta = 92$  km)  
Time history of acceleration (Pirika dam:  
 $\Delta = 92$  km)



地盤 LG : 橋軸方向  
TR : 橋軸直角方向  
UD : 上下方向

上鳥崎橋 (震央距離 128 km)

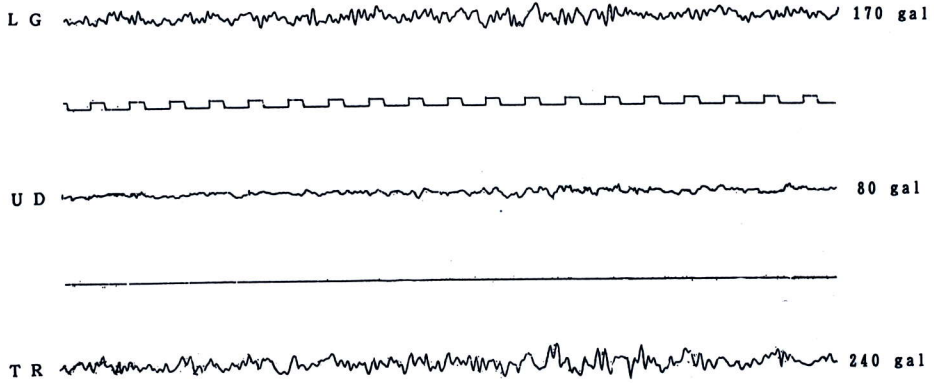


図 2.3.2 加速度波形 (上鳥崎橋 :  $\Delta=128$  km)  
Time history of acceleration (Kami-Torisaki bridge :  $\Delta=128$  km)

七峰橋 (震央距離 165 km)

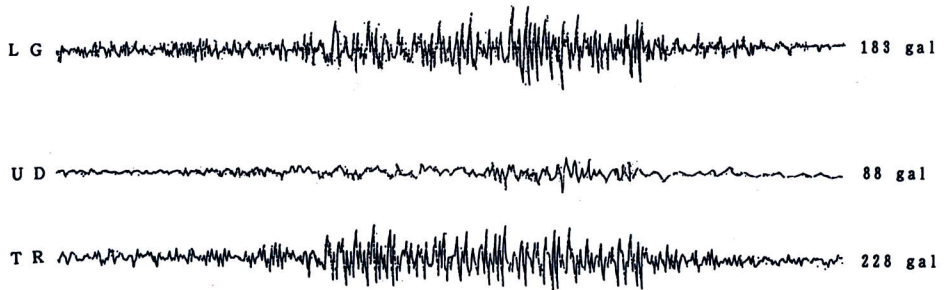


図 2.3.3 加速度波形 (七峰橋 :  $\Delta=165$  km)  
Time history of acceleration (Shichimine Bridge :  $\Delta=165$  km)

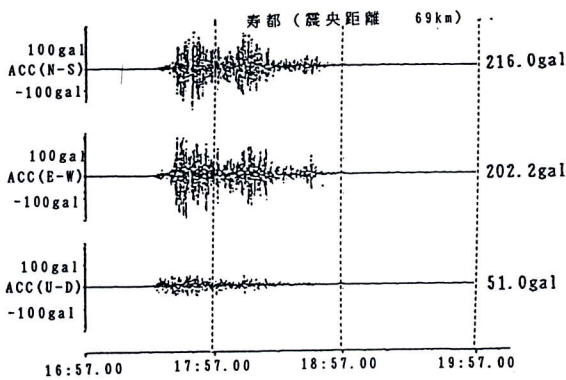


図 2.3.4 加速度波形 (寿都 :  $\Delta=69$  km)  
Time history of acceleration (Sutsu :  $\Delta=69$  km)

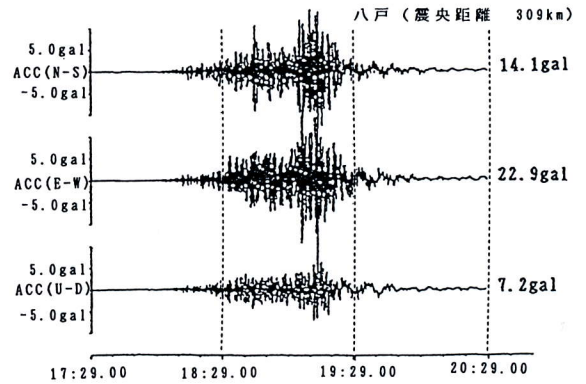


図 2.3.7 加速度波形 (八戸 :  $\Delta=309$  km)  
Time history of acceleration (Hachinohe :  $\Delta=309$  km)

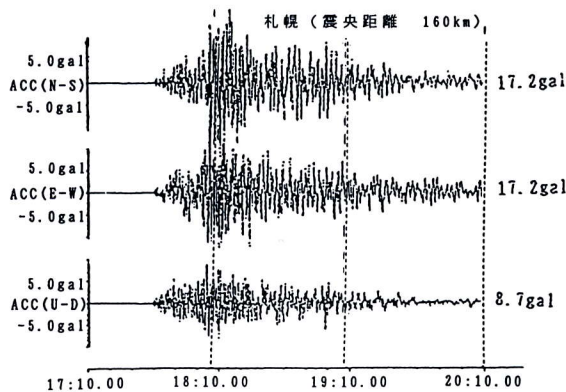


図 2.3.5 加速度波形 (札幌 :  $\Delta=160$  km)  
Time history of acceleration (Sapporo :  $\Delta=160$  km)

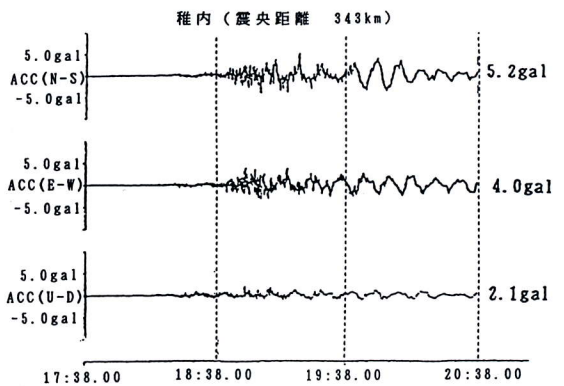


図 2.3.8 加速度波形 (稚内 :  $\Delta=343$  km)  
Time history of acceleration (Wakkanai :  $\Delta=343$  km)

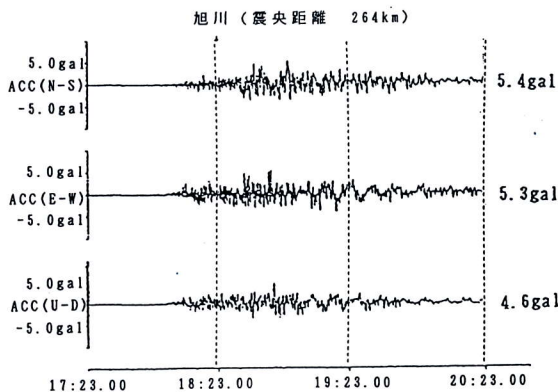


図 2.3.6 加速度波形 (旭川 :  $\Delta=264$  km)  
Time history of acceleration (Asahikawa :  $\Delta=264$  km)

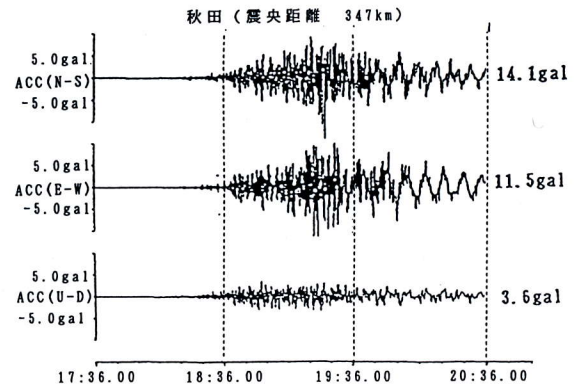


図 2.3.9 加速度波形 (秋田 :  $\Delta=347$  km)  
Time history of acceleration (Akita :  $\Delta=347$  km)



## 第3章 墓石の転倒調査

墓石の転倒調査は古くから行われており、これまでも矩形の桿石の寸法比で加速度を推定する報告例が多い。しかしながら墓石の寸法比がほぼ1:3とそろっているので予測される加速度値の幅も限定されがちである。また墓石の転倒は必ずしも純粋な転倒によるものばかりでなく、台座上を滑り落ちたもの、回転を伴うもの、台座から破壊されたものもあり、これら様々な破壊モードの差異を現場の状況から推定することは困難で、したがって調査結果の活用も容易ではない。しかしながら単純に桿石が転倒する現象に限った場合、加速度が(寸法比)×(重力加速度)を上回るだけでなく、重心が持ち上がるある閾値を越えるための運動エネルギーを与えられることが必要となる。これは単純な転倒事例を抽出できれば、加速度のみならず速度の程度をも推定する上で有用な情報を得ることに繋がる。矩形の均質な剛体ブロックに正弦半波状の加速度が加わった場合<sup>7)</sup>を想定すると、幅30 cm、高さ80 cmの典型的な墓石を倒すに必要な速度振幅はおよそ85 cm/sとなる。

今回の墓石の転倒調査は地震発生後二日目から開始したが、滑動した墓や転倒した墓のなかにはこの時点で既に復旧されたものもあり、正確な転倒率が把握できていない墓地もある。したがって転倒率については現場での状況調査に加え、聞き込み調査で得られた情報に拠った。図3.1に調査した地域及び墓の位置を示す。最も被害の大きかった奥尻島では奥尻町内の3ヶ所の墓地を訪れているが、地震後1ヶ月以上経過しての調査であったため、これらの墓地での正確な状況は把握していない。したがってここでは北海道本島側の、瀬棚町、北松山町、大成町、江差町、寿都町、黒松内町の六つの町での転倒調査結果をまとめておく。なお奥尻町での聞き込み調査と他の調査グループ

の報告を併せると、島内の墓地での桿石の転倒率は極めて高く、青苗地区で8割以上、奥尻町内で4~8割に達している。また奥尻町内では町内を流れる塩釜川に沿う地域と山腹とで転倒率が異なっていると推定される。奥尻町の被害状況の詳細は次節に譲る。

- 7) Housner, G.W. : The Behavior of Inverted Pendulum Structures during Earthquakes, Bull. of the Seismological Society of America, Vol. 53, No. 2, pp. 403-417, 1963

### 3.1 瀬棚町 ( $\Delta \approx 65$ km)

瀬棚町では延命寺、来迎寺、龍光寺、菌林寺の4つの寺で調査を行った(延命寺・来迎寺:7月14日、龍光寺・菌林寺:7月15日)。延命寺、来迎寺は火成岩の崖錐地および崖地に刻まれた沢からの堆積物が扇状地状に広がった場所に位置して(写真3.1)、海沿いの狭い平地を縫って国道229号線が通っている。延命寺の住職によると全140基中、全壊したもの4基、桿石の転倒60基、この他ズレを生じたものも多数あったということである。隣接する来迎寺では、全98基中桿石の転倒が28基、ズレを生じたものが60基であった他、墓地の地表に扇状地状の堆積物を横断するように亀裂が発生しているのが確認された。

ここから約1 km南に下った瀬棚の街中に龍光寺と菌林寺がある。この2つの寺は海から500 m程内陸に入った丘の上に位置している。門の向かって右側にある高さ1.53 m、幅95 cm、厚さ28 cmの石像(石佛)が倒れている(写真3.2, 3.3)。寺の正面には外見上被害は認められないが、裏側ではモルタル塗り外壁に亀裂が発生していた。寺の後方は墓地になっている。龍光寺では調査時点で3基の桿石の転倒が確認できたが、住職の話では数基の墓は既に修復されているとのことであった。また、多くの墓石が時計回りに回

転していたとの証言も得られた。この墓地では夫々の墓石の基礎がコンクリートで築造されているが、このことが石塔の安定性を増すのに役立ったものと推測される。菌林寺では調査時点で5基の転倒を確認したが、龍光寺同様、幾つかの墓は既に修復されていた。この菌林寺の住職の話から2つの隣接する墓地が丘陵地上部を切り崩して平坦にした場所に立地していることが確認できた。

龍光寺、菌林寺の正確な墓石転倒率は調査による値を上回することは確実であるが、擦痕の残る墓石の比率は約1 km北の崖錐地上にある延命寺、来迎寺のものに比べて少なく、墓石転倒率も延命寺、来迎寺と比べて小さいものと考えられる。龍光寺の南約200 mにある瀬棚町役場における説明によれば、この地域一帯はすぐ岩盤に達する地盤状況である由であり、一般の地盤に比べて地震

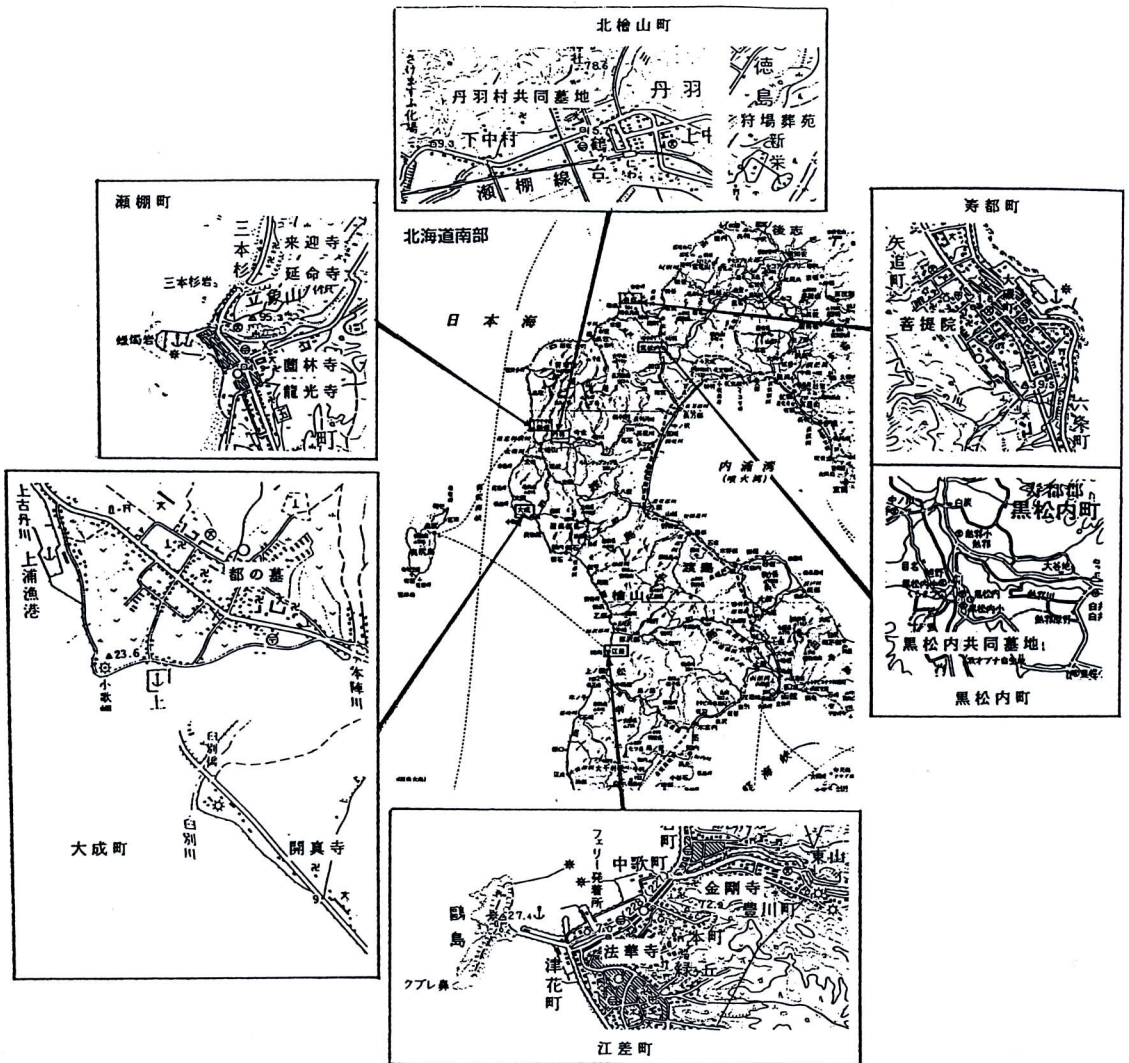


図 3.1 調査地域および墓地の位置  
Location of graveyards



動の加速度レベルも低く、かつ振動性状も変わっていたのではないかと考えられる。ただし建物の状態より見て 250~300 gal 以上の加速度があったことは推測される (図 3.1 および表 3.1 参照)。

### 3.2 北桧山町 ( $\Delta \approx 70$ km)

北桧山町北方には瀬棚層と呼ばれる泥質砂岩からなる台地が広がり、この表面を礫混じりの粘土質の段丘堆積物が覆っている。この尾根の一部に狩場葬苑および丹羽村共同墓地が位置している。これらの 2 箇所の墓地で墓石の調査を行った (狩

表 3.1 墓の転倒率 (瀬棚町内)

Toppling ratios of grave-stones (Setana town)

寺の名前	墓の総数 (基)	転倒した墓の総数 (基)	転倒率 (%)
延命寺	140	64	45
来迎寺	98	28	28
龍光寺	56	3	5
齒林寺	57	5	8

※延命寺、来迎寺については、住職の話による  
 ※龍光寺、齒林寺 (7月15日に調査)

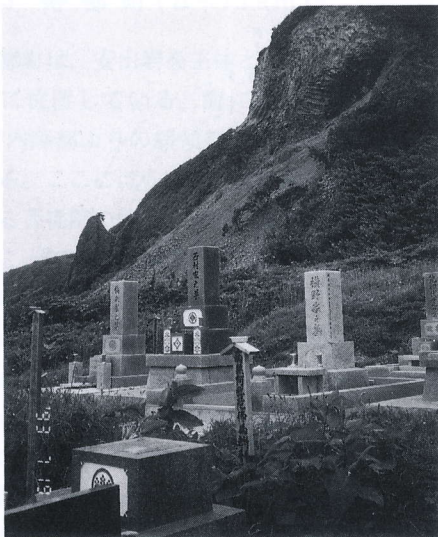


写真 3.1 来迎寺墓地と崖錐の堆積  
 Graveyard of Raikoji-temple and rock-slide behind the graveyard



写真 3.2 龍光寺正面  
 Front-view of Ryuko-ji temple

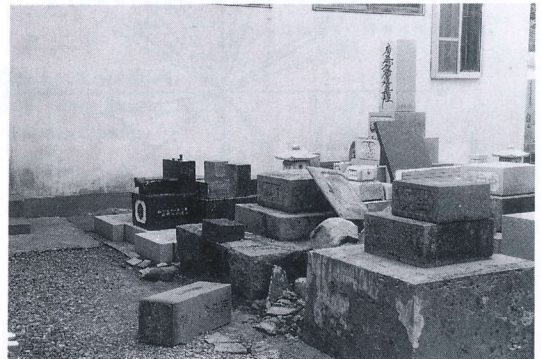


写真 3.3 転倒した墓石 (龍光寺)  
 Toppled grave-stones (Ryuko-ji temple)

場葬苑 : 7月15日, 丹羽村共同墓地 : 7月16日)。狩場葬苑には 161 基の墓があり, 7月15日の時点でその内 16 基の墓が転倒していた他, 墓石のズレも随所で確認できた。丹羽村共同墓地には 117 基の墓があり, 7月16日の時点でこの内 31 基の転倒を確認している。田村研究室の聞き込み調査では狩場葬苑で約 70%, 丹羽村共同墓地で約 80% の墓石が倒壊したとの証言が得られている。何れの墓地においても地震直後の転倒率は確実ではないがかなり高いことがわかる。丹羽村共同墓地では落やすすぎが自生した尾根に多くの墓が点在しており, この墓地が保水性の高い風化表層地盤上に立地しているものと推測される。これに対し, 狩場葬苑は台地上を平坦に整地し,

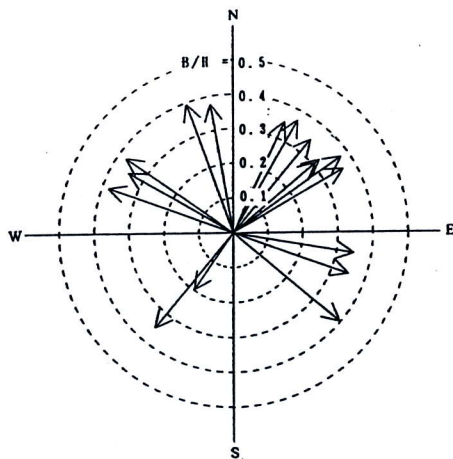
規則正しい区画整理を行ったもので、現地調査からの印象では墓石の転倒率も丹羽村のものよりはやや小さい様である。墓石の被害は地盤の種別、地形などにより著しく影響を受けることが過去の調査から認められているが、これらの被害はこのことを示しているように考えられる（図 3.2 および表 3.2 参照）。

表 3.2 墓石の転倒率（北檢山町内）

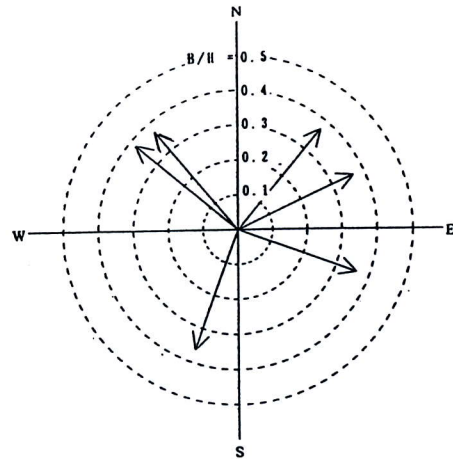
Toppling ratios of grave stones(Kita-Hiyama town)

寺の名前	墓の総数(基)	転倒した墓の総数(基)	転倒率(%)
狩場葬苑	161	16	9
丹羽村共同墓地	117	31	26

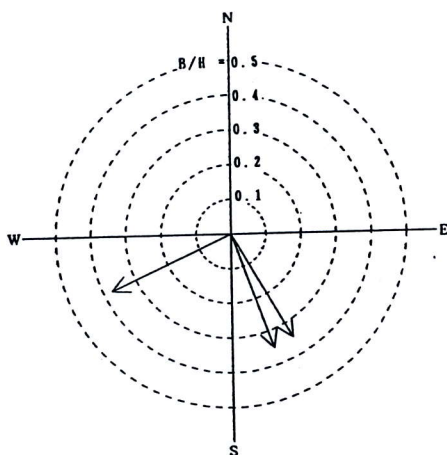
※狩場葬苑（7月15日に調査）、丹羽村共同墓地（7月16日に調査）



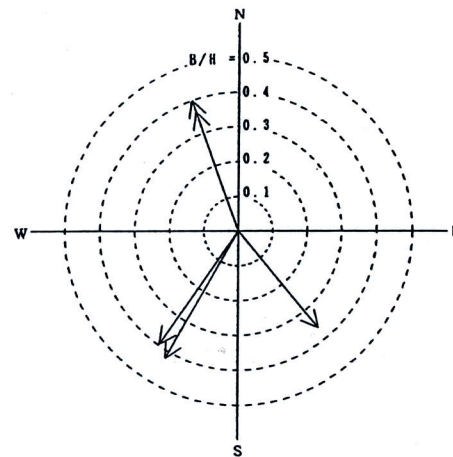
墓（標部分）の転倒方向および底辺と高さの比率（= B/H）  
（瀬棚町 延命寺）



墓（標部分）の転倒方向および底辺と高さの比率（= B/H）  
（瀬棚町 米逆寺）



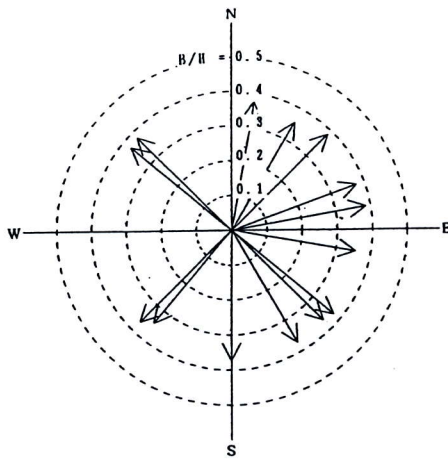
墓（標部分）の転倒方向および底辺と高さの比率（= B/H）  
（瀬棚町 龍光寺）



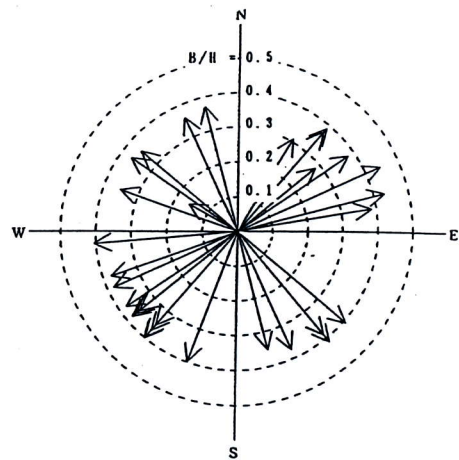
墓（標部分）の転倒方向および底辺と高さの比率（= B/H）  
（瀬棚町 稲林寺）

図 3.2 墓石の転倒方向並びに寸法比（瀬棚町内）  
Toppling directions and base-height ratios  
of gravestones (Setana town)





墓（桿部分）の転倒方向および底辺と高さの比率（ $B/H$ ）  
（北檜山町 狩場野園）



墓（桿部分）の転倒方向および底辺と高さの比率（ $B/H$ ）  
（北檜山町 丹羽村共同墓地）

図 3.3 墓石の転倒方向並びに寸法比（北檜山町内）  
Toppling directions and base-height ratios  
of gravestones (Kita-Hiyama town)

### 3.3 寿都町 ( $\Delta \approx 75$ km)

寿都町は、安山岩を主体とする狩場山の火成岩盤上に位置している。海に迫った段丘状の 500 m 程内陸部よりの緩傾斜地に寿都町の共同墓地がある。ここには 540 基程度の墓石があるが、隣接する菩提院の住職によれば転倒した桿石は皆無とのことである。調査した状況でも、古い風化した砂岩の桿石が台座上でロッキングをくり返したと思われ縦亀裂が生じていたなど若干の変状は認められたものの、いずれの桿石にも転倒の形跡は見当たらなかった。共同墓地の北西に隣接して気象庁の寿都測候所があるが、ここでの最大加速度は既に紹介したように 216 gal であった。寿都の記録は岩盤上のものであり 3~4 Hz の振動成分が卓越したものであったことも揺れによる構造被害を小さくした原因と思われる。（表 3.3 参照）

表 3.3 墓石の回転状況（寿都町，菩提院）

Rotation of grave stones (Bodaiin temple, Sutsu town)

番号	墓正面に対する回転，移動方向	墓正面に対する回転角度	墓（桿）(B/H)
1	真横(右側)	0°	0.47
2	反時計回り	10°	0.37
3	反時計回り	2.5°	0.52

※ 菩提院（7月18日に調査）

### 3.4 黒松内町 ( $\Delta \approx 85$ km)

黒松内町は寿都町と長万部町とのほぼ中間のいわゆる黒松内低地帯に位置する。丘陵が寺沢川に迫る緩傾斜地に黒松内共同墓地がある。この墓地に隣接する洞参寺の住職によると共同墓地の中央の 3 基が転倒したとのことである。この墓地の北よりの区域で 10 基程度の墓の桿石が回転している。回転角度は 2° から最大 20° の範囲でばらついており、測定した 10 基のうち 1 基を除く 9 基が揃って時計回りに回転していた。

## 第4章 各地域の被害

この章では各地の被害を地域ごとにまとめて紹介する。現場の状況が時間の経過とともに急速に変化していたことを考慮し、調査の日を添え研究室名も併記する。被害の発生した地域は渡島半島全域から室蘭にまで及んでいる。調査区域は奥尻島および震央域に近い渡島半島西岸および同半島東側までであって、記述にあたっては震央距離を念頭において、奥尻島、渡島半島西岸地域、ついで同半島を横断するルート、および函館より東海岸を北上する国道5号線沿いの地域の順序を採ることにした。

### 4.1 奥尻島

#### ◎ 道道1170号線奥尻島線の被害（小長井研究室：8/19）

道道1170号線奥尻島線の幌内川流域8.5kmの区間が崩土のため全面通行止となった。8月19日の時点で当研究室で踏査した区域は図4.1.1中[1]から[30]までの約3.5kmで、このあたりは神威山や勝淵山など島内で最も標高の高い峰々に囲まれた著しい凹地形をなしている。[1]から[7]および[12]から[14]までの幌内川上流域は中新世の青苗層<sup>8)</sup>に区分されており（図4.1.2）、風化の進行した淡緑灰-淡灰色の細粒凝灰岩など

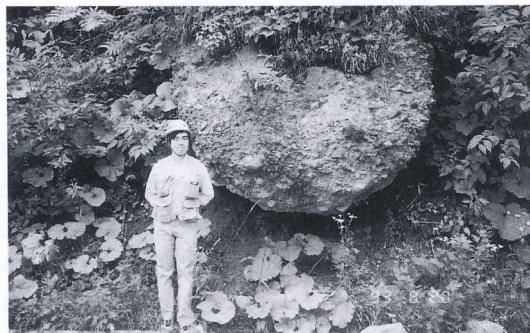


写真 4.1.2 道路脇斜面の根の浅い岩  
Shallowly-embedded rock

が切土斜面の所々に散見される。この風化凝灰岩の湿った表層部は極めて軟らかく、かなり粘土化が進んでいる様子である。このあたりの被害は風化層が植物の根で一体となった表層の板状体を伴って滑るいわゆる表層剥離型の崩壊によるものと、小さな沢地を渡る箇所や急傾斜地の盛土部分の沈下による路肩陥没（写真4.1.1-口絵）が多い。写真4.1.2は路面から1mの高さにある集塊岩で周辺の土が流され、根が浅い様子である。この岩は路面からの高さも低く、地震で落ちることもなかったが、より高い位置にこのような不安定な転石や浮石があれば根固め、撤去などの処置が必要になろう。この陥没凹地をさらに下り、幌内川の河谷が深くなると、斜面崩壊の数も規模も一段と大きくなる。このあたりは勝淵層<sup>8)</sup>と呼ばれる鮮新世後期の湖沼成の堆積物が厚く覆っている。踏査した区間には砂岩、泥岩の堆積層が随所に露出しており、特に[21]から[30]にかけての幌内川沿いの急傾斜地には著しく薄い層理の発達した白-褐色の砂岩、シルト岩が堆積している（写真4.1.3）。[24]地点でのこれらの層の堆積面の走向はN40°W-S40°Eで北東に約35~40傾いている。このため[24]地点を始めとして北-北東側の斜面では表層部分がいわゆる流れ盤と



写真 4.1.3 層理の発達した砂岩・シルト岩 ([23]地点)  
Laminated sand rock (Point [23])



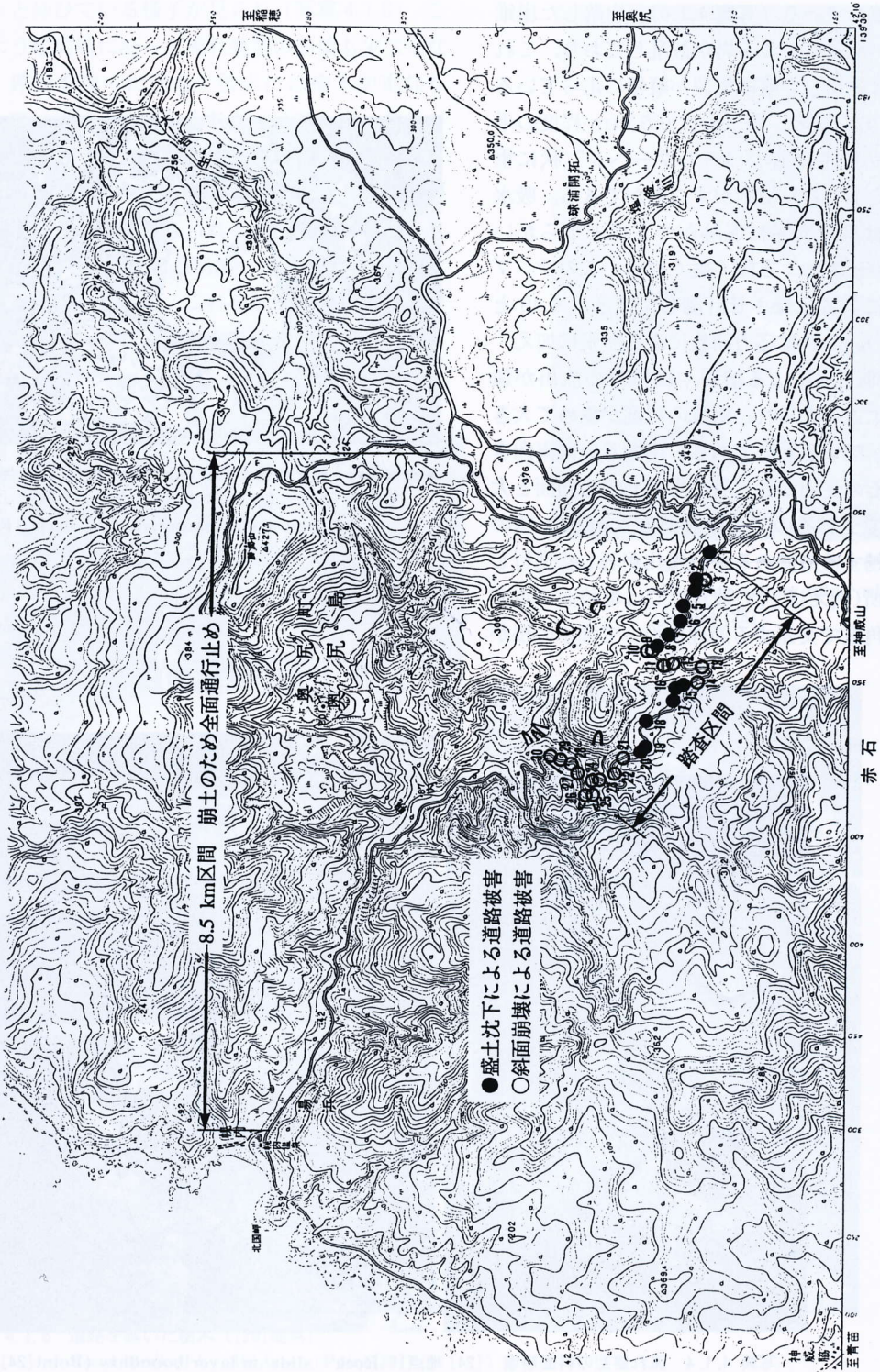


図 4.1.1 国道 1170 号線の調査区間内の被害箇所  
Locations of damages to prefectural road 1170



## 第4章 各地域の被害

なって崩壊している(写真4.1.4)。崩落した崖上には白い均質なシルト岩が散乱しており、これらの表面は乾燥して収縮亀裂が縦横に走っている(写真4.1.5)。このシルト岩は0.5 mm程度の平行な薄層が幾重にも“バームクーヘン”状に重なっていて手で容易に剥がすことができる。吸水した表面は爪で容易に痕跡がつくほど柔らかいが、乾燥させておくと固く脆くなる。このサンプルをさらに炉で乾燥させ計測した密度は1.48と極めて軽い。これは応力開放による膨張に加え、浸透水や地下水による溶脱や細粒分の流出が加わった結果と考えられ、風化の程度が極めて大きいことを示唆するものである。南あるいは東向きの斜面はその走向が砂岩層の堆積面の走向面と大きな角度で交わるので受け盤型のtoppling状の崩壊が卓越するのであるが、風化が著しく進行している箇所(例えば[23]地点)では堆積面の走向と大きな角度で交差する節理に沿って灌木の根が



写真 4.1.5 風化の進んだシルト岩の一片([21]地点。薄片状に剥がれやすい。)  
A piece of weathered silty rock (Point [21])

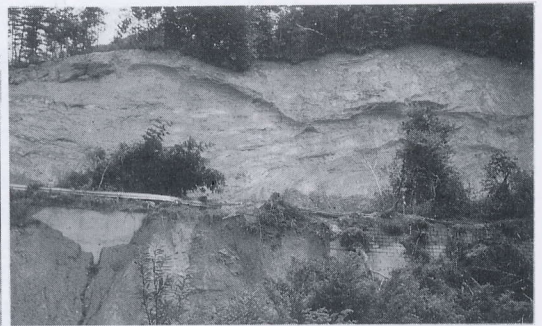
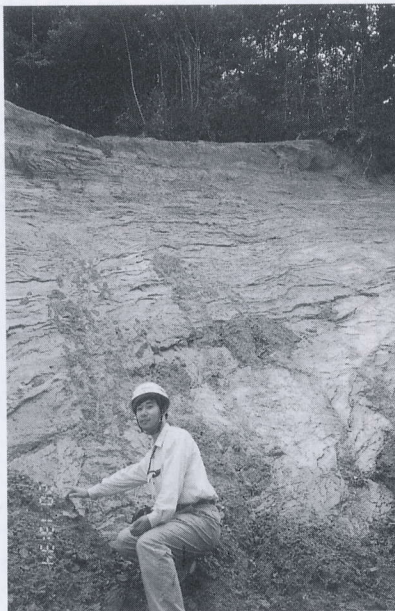


写真 4.1.4 流れ盤型の斜面崩壊 ([24] 地点) Rock-slide on layer boundary (Point [24])



深々と伸びている様子が見られ(写真4.1.6),このような弱層に沿った流れ盤型の崩壊も少なくない。路面を覆った崩落土砂上には樹木が重なり合って,所によってはこれがPCプレキャストコンクリート製の電柱を押し倒し(写真4.1.7-口絵),さらにこれに引きずられて隣接する電柱の碍子固定部分がひきちぎられるなどの被害も見られた。[28]~[30]地点の崩壊(写真4.1.8)は特に規模の大きいもので,これを横断しての調査は断念したため,その先の幌内方面の被害状況は把握していない。

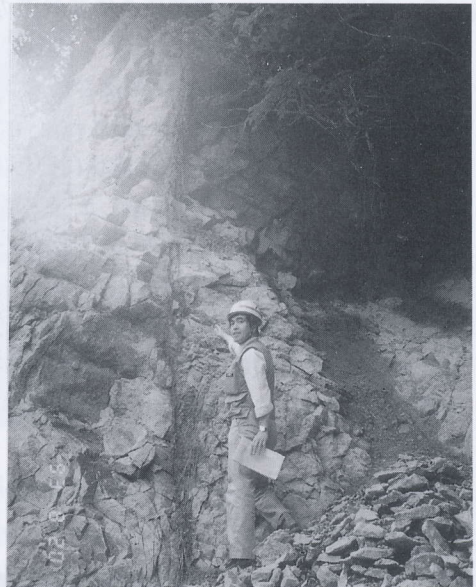


写真 4.1.6 節理に沿って伸びた根 ([23]地点)  
Root stretching into rock joint  
(Point [23])



写真 4.1.8 道路を塞いだ樹木 ([29]地点)  
Road blocked by slid trees (Point [29])





◎ 奥尻港フェリー発着所の後背斜面の崩壊  
(小長井研究室：8/18, 8/19)

奥尻フェリー発着所の西側の高さ約 100 m に達する段丘の斜面が幅約 150 m にわたって崩壊し、崩れた土砂は約 50 m 以上海側に押し出し、その先端部はフェリー岸壁に達した(写真 4.1.9 - 口絵)。崖沿いにあったホテル「洋々荘」で多くの人が生き埋めとなった傷ましい状況は様々なメディアで報道され、同島、青苗地区の津波や火災による壊滅的な被害と並んで今回の地震の被害の甚大さ、悲惨さを物語る象徴的な被害の一つになった。

崩落した土砂の上には樹木が 2 列に分離して並

び、2 段に分れた崩壊であったように思われる。滑落崖の下部にはいわゆる仏沢層<sup>8)</sup>と呼ばれる中新世から鮮新世にいたる黄灰-淡灰色の砂岩と凝灰岩の互層を主体とする堆積層が露出しており、この層は奥尻のあたりで最も厚い 120 m の層厚に達するとされている(図 4.1.2)。この上部には 5~10 m の礫層が載っているが資料(8)によれば、この層の下部は径 10~30 cm の火山円礫が、風化して黄灰色を示す火山砂で固結されており、その上に凝灰質砂岩、凝灰岩、凝灰角礫岩が載っている。最上部は茶褐色の粘土状の薄い堆積層と植物の根で一体となった表層板状体であるように見えるが、接近しての観測ではないので詳細

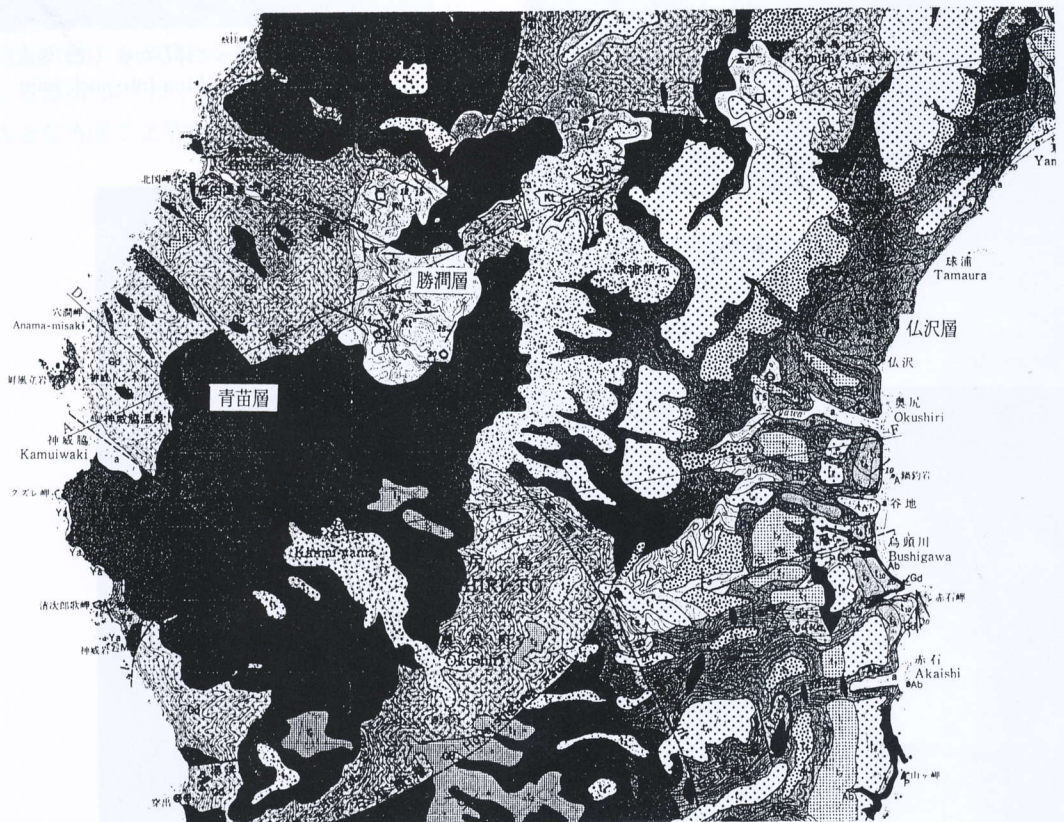


図 4.1.2 奥尻島中央部の地質(資料[8]より)  
Geographical map of the mid Okushiri island [8]



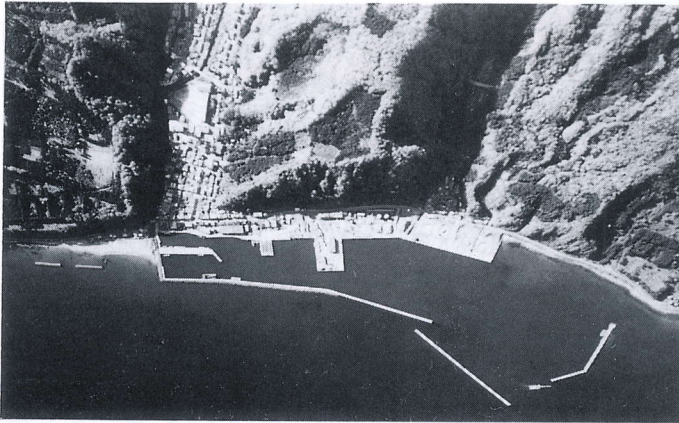


写真 4.1.10 奥尻港後背斜面(崩壊前：奥尻町役場にて撮影)  
Air-photograph of the Okushiri ferry terminal before earthquake

はわからない。段丘の主体である砂岩と凝灰岩の互層(仏沢層)には珪藻化石が多く含まれると報告されているが、珪藻土は孔隙率が極めて大きく、これを主体とする崖地は水を含むと軟弱になり崩壊に至りやすい。本年2月7日の能登半島沖地震でも珪藻土の崖地の崩壊が報告されていることは記憶に新しい。滑落崖の下部の砂岩層は構造的にNNE-SSWの走向を持ち、上部で5°ほど東に傾斜している。この水平の堆積面に沿って幾筋もの水の滲出が遠望される。滑落崖の南北両端は小さな沢筋に沿っているようで、特に南よりの沢筋から滑落崖面への水の滲出しが顕著である。崖上部の火山円礫を含む礫層部には水の滲出はない。写真4.1.10は奥尻町役場で撮影した崩壊前の航空写真である。1/25000の地形図から崩壊前の斜面の勾配は45°~50°に達するものと思われる。

奥尻町を挟む段丘斜面にはこの他の箇所でも多くの亀裂が入り、奥尻国保病院裏手、奥尻土木現業所裏手では山腹の一部の地肌がのぞいている(写真4.1.11、図4.1.3)。これらの段丘地の地質構成は崩壊の起こった箇所とほぼ共通すると思われる、今後継続的な監視と対策が必要になろう。

これらの崩壊を引き起こした地震動は激甚であったと思われる。奥尻町内の2箇所の寺(乾清寺、圓滿寺)および北側山腹の1箇所の墓地で墓

石の転倒率を聞いたところ、谷沿いの低地でほぼ全数の墓が被害を受け、また山腹中央にある墓地で34基中12基の棹石が転倒したとのことであった。地震発生後1月以上経過しての聞き込みであり、詳細な転倒状況は早期に奥尻に入った他の調査団の報告などによるしかないが、青苗の共同墓地(珪質頁岩および砂岩の段丘上)でもほぼ全数



写真 4.1.11 奥尻国保病院裏手の斜面を瞰む。  
Slope behind the national health insurance hospital at Okushiri







の墓が被害を受けたとの報告もあり、これらの地域では震度 VI を越えるような強い地震動があったものと考えられる。

◎ 千畳坂覆道（奥尻町△≒35 km）（小長井研究室：8/19）

奥尻空港の北に広がる海成段丘（米岡段丘）を通る道道（幅員 5 m）上の千畳坂覆道が被害を受けた（図 4.1.4、写真 4.1.12）。この覆道は長さ 10 m の 1/4 円筒形の PC プレキャストコンクリート壁を 2 つ繋いで半円筒の 3 ヒンジアーチのドームとしてこれを並べた構造になっている。その上部工延長は 140 m である。アーチの両端は壁式のコンクリート下部工で支えられているが、覆道中央部約 60 m の区間の東側下部工が外側に転倒したため、この部分のドームが落下した（写真 4.1.13）。コンクリート下部工は覆道入り口の銘板によれば  $\phi=500$  mm の鋼管杭 518 本で支えられているようであるが、コンクリート下部工の転倒角度は杭の効果を疑いたくなるほど大きい（写真 4.1.14）。転倒した東側下部工は水田に面しているが、覆道西側には牧草地が広がっている。どちらも保水性の高い地盤のようで、被害区間の北端にある小さな沢地に向かって緩やかに傾斜している。この付近の米岡段丘の堆積物は亜円礫を含む砂層を主体としたものか、あるいは礫層と砂層の互層と報告されているので、牧草地や水田は粘土やローム、腐食土からなるさほど厚くない表層の上に拵がっていると思われる。このあたりの表層の厚さは不明であるが、鋼管杭の長さ（5.5～10.5 m）があるいはその厚さの変化を示しているものとも考えられる。今後の調査結果が俟たれる。

8) 地質調査所：5万分の1図幅奥尻島北部および南部地域の地質，1982。



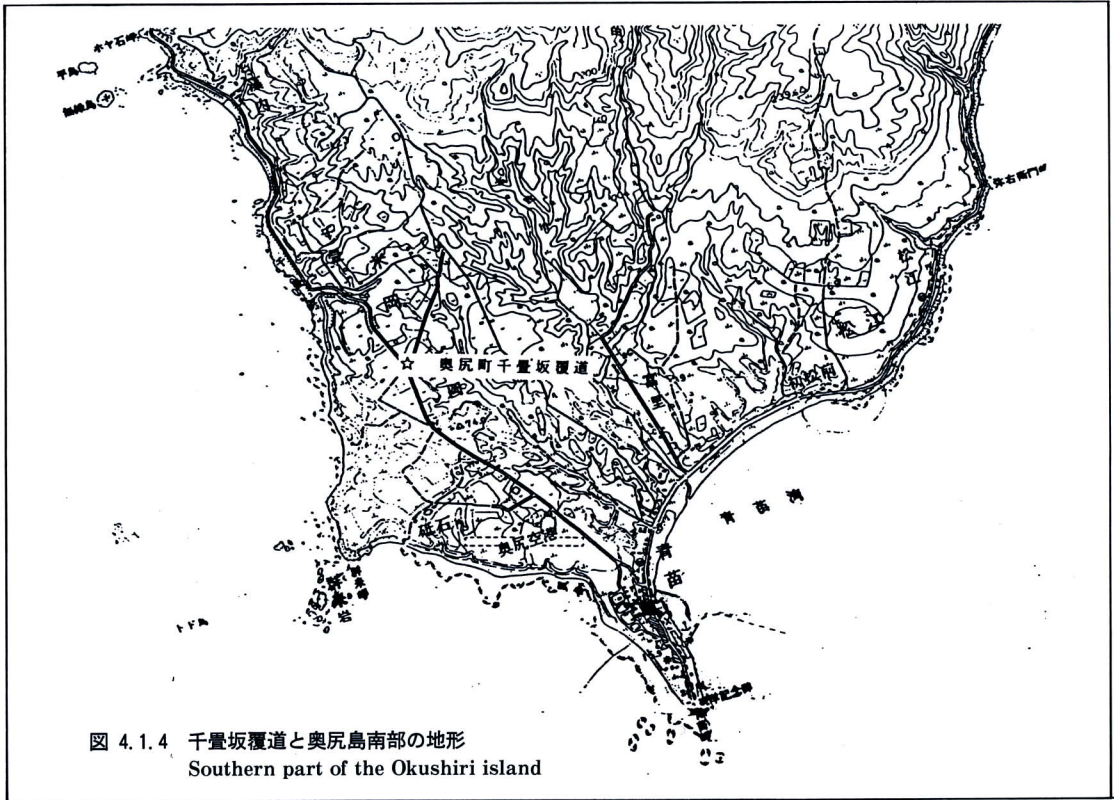
写真 4.1.12 千畳坂覆道の被害 (1)  
Damage to Senjo-zaka shed (1)



写真 4.1.13 千畳坂覆道の被害 (2)  
Damage to Senjo-zaka shed (2)



写真 4.1.14 下部工の転倒  
Overturned support of the shed



## 4.2 瀬棚近辺の被害

### ◎ 瀬棚漁港（田村研究室：7/18）

瀬棚漁港は震源域に最も近い漁港の一つで震源域中心から約 53 km の距離にあり、津波の被害があった。漁港沿いの本町一丁目及び二丁目冠水し、津波は馬場川河口より約 1.5 km まで溯上し、河口部の街の一部を破壊した。漁港の被害は津波と震動の双方により発生したものであり、震害部分のみを取り出すことは容易ではないが、岸壁等の被害状況から、今迄の港湾の被害に照らして、震動被害と思われるものを取り上げることにする。

図 4.2.1 の A と示してある岸壁では、法線が海岸へ出て、エプロンとの間に約 23 cm の開口があり（写真 4.2.1）岸壁より約 23 m 入った所

で岸壁に略々平行して大きい亀裂が走っている。大正 6 年の地形図では漁港は建設されておらず、後者の亀裂は、漁港築造以前の汀線と関連があるものと推測する。フェリーターミナルのある岩壁（図で B と記号してある）では、A 岸壁と同様に法線は海側へ動きエプロンとの間が開いて、エプロンのコンクリート床版は不等沈下し、岸壁に平行して 2~3 条の亀裂が発生している（写真 4.2.2）。フェリーターミナルの建物（RC 2 階建）の周辺地盤は 50~70 cm に及ぶ沈下を示しているが（写真 4.2.3~4.2.5）、外観からは建物そのものには亀裂などの被害は見出されない。以上が震動によるとみられる被害であって、何れも埋戻土の安定性に強く影響され、この液状化により大きな被害が生じたものとみられる。



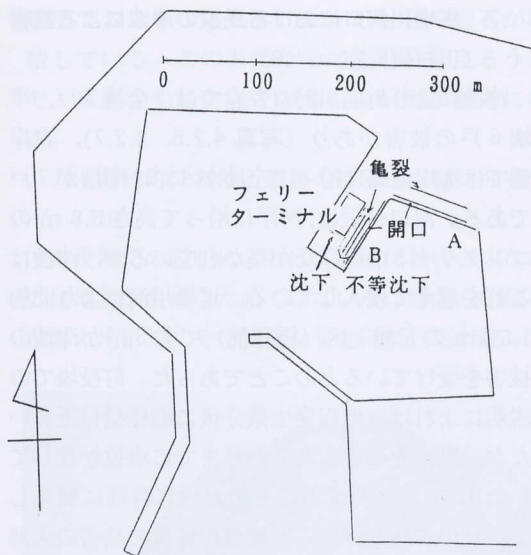


図 4.2.1 瀬棚漁港の概略図  
Plan of Setana fishing port

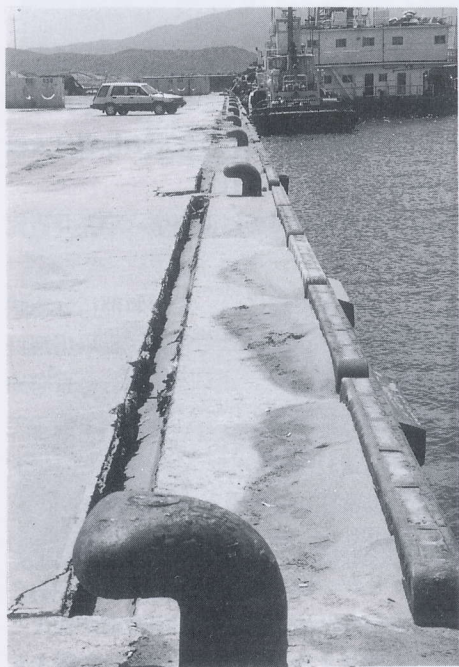


写真 4.2.1 瀬棚港岸壁の被害  
約 23 cm の亀裂が縁に沿って走っている  
Crack of about 23 cm in width along the  
warf (Setana Fishing Port)



写真 4.2.2 瀬棚漁港の被害  
フェリーターミナルのある岸壁。海側へせり出し、コンクリート床版は不等沈下し、法線に沿って2~3条の亀裂が入った  
Cracks on concrete slab (Setana Fishing Port)

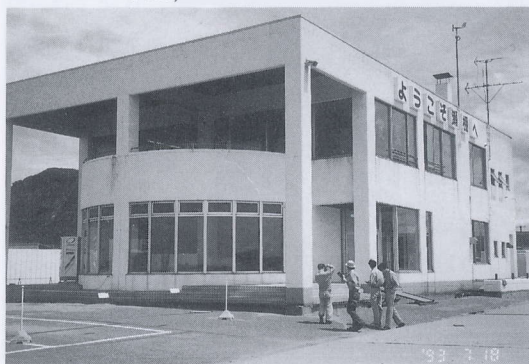


写真 4.2.3 瀬棚漁港の被害  
ターミナルビルの周辺地盤の沈下 (1)  
Settlement of ground around the terminal building (Setana Fishing Port)



写真 4.2.4 瀬棚漁港の被害  
ターミナルビル周辺地盤の沈下と柱基部のずれ (2)  
Relative displacement between foundation and pillar (Setana Fishing Port)





写真 4.2.5 瀬棚漁港の被害  
ターミナルビル南東側の地盤の沈下状況と柱基部の水平亀裂 (3)  
Ground settlement and horizontal cracks at pillar base (Setana Fishing Port)



写真 4.2.6 馬場川河口左岸  
民家の津波被害 (1)  
Houses damaged by tsunami (mouth of Baba river) (1)

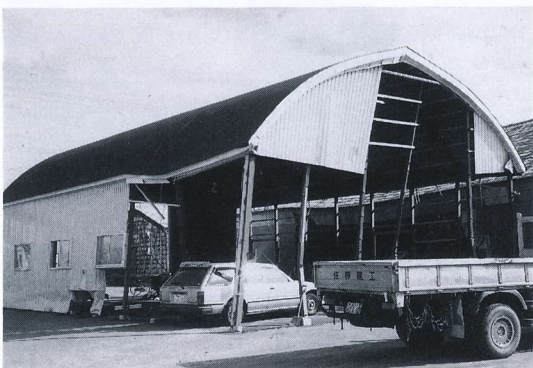


写真 4.2.7 馬場川河口左岸  
民家の津波被害 (2)  
Houses damaged by tsunami (mouth of Baba river) (2)

◎ 馬場川河口における民家の津波による被害  
(田村研究室：7/18)

津波により馬場川河口左岸では、全壊7戸、半壊6戸の被害があり(写真4.2.6, 4.2.7), 右岸側では海岸道路に沿って全壊が4戸、半壊が7戸である。河口付近は、河岸に沿って高さ5.8mのコンクリートの海岸堤が築かれているが、津波はこれを越えて侵入している。馬場川河口より北約1.5kmの元浦1区(梅花都)でも5戸が津波の被害を受けているとのことであった。町役場での説明によれば、地震発生数分後に瀬棚橋付近にいたが、既にそのとき胸あたりまでに水位が達していた由で、「津波は地震と殆ど同じ時刻に襲来していたのではないか。瀬棚町の地震の被害の大部分は津波によるものである。」とのことであった。壊れた家屋は何れも木片の様に破壊されていて、波の破壊力のはげしさを垣間みる思いであった。単に水圧のみであれば猶多くの家屋が破壊することになる筈であるが、津波に対して前面にあった家が著しく破壊していることから、津波には衝撃的な力が備わっていることがわかる。この衝撃的な破壊力を低減できれば家屋の被害は大幅に減少し得るものと推測される。

◎ 馬場川の北側地域の斜面崩壊(小長井研究室：7/18)

馬場川から北側の海岸に沿って礫層部に岩床状に貫入した玄武岩の露頭が見られる。馬場川河口部に突き出した三本杉(玄武岩の小島)の景勝地もこの延長である。来迎寺、および三本杉近辺でこれが地震動により崩落した(写真4.2.8)。

このあたりは常時から風化した岩の崩壊があったものと思われ、崖にそって崖錐が堆積し、その表面にイタドリが一面に繁茂している。また所々に崩落が発生したため落石防止用の金網が使用されている(写真4.2.9, 4.2.10-口絵)。来迎寺背後で崩落した岩石は、既存の崖錐表面の植物をなぎ倒し、およそ35°の角度で堆積している。下部に行くほど粗粒の比率が大きくなり、この崖錐下



端部でおよそ 10 cm~70 cm の粒径の岩石が堆積している。このあたりの地震動を考えるうえで、来迎寺や延命寺での墓石の転倒が参考になる。

◎ 瀬棚町における家屋の被害（田村研究室：7/18）

町役場での説明によれば「家屋に被害の少ないのは地盤が良好なためではないか。海から急崖をなした地形で、その狭隘な平地部に住宅が建って



写真 4.2.8 玄武岩の崖の崩壊（瀬棚）  
もともとの崖錐上に繁茂していたイタドリ  
の群生をなぎ倒し落下した  
Collapse of basalt cliff (Setana)



写真 4.2.9 斜面肩部の崩壊  
Collapse of slope shoulder

写真 4.2.12 地震により大きな被害を受けた民家(1)  
(旧河川跡造成地に建築されている)  
Severely damaged house on the re-  
claimed ground (1)

いる。町役場（写真4.2.11）では僅か掘るだけで岩盤が出る状況にあり、岩盤の露出している所がある。」ということであった。後に述べる様に海岸線を北上して須築漁港まで踏査したが、海岸線は玄武岩質溶岩、砂岩、角礫凝灰岩等が露出し、その僅かな平地に民家が建っているのが一般である。

唯一の震動被害を受けたとみられる家屋が、最内川に沿いの吉本邸である。吉本氏によれば、ここは最内川がかつて流下、蛇行していた地域であったが、河川改修が行なわれ、新河道が開削され、旧河道跡は埋め立てられて、田畑、宅地に造成された。その造成地に大正 12 年に家屋が建てられており、更に昭和 20 年頃、家の正面の 2 階建を含めた左側の部分が増築された。家の前面の道路でトラックが通過する度にかんりの震動を感じ



写真 4.2.11 無被害の瀬棚町役場  
ここでは僅か掘るだけで岩盤に達する  
Setana town hall built on the rock gro-  
und (No damage was reported.)





る状況にあったから地盤が軟質であることがわかる。増築した家屋の基礎には、現在使われている基礎型式とは異なり、丸い石塊が使用されている。この地震により地盤は旧河道に沿って沈下し段差を生じ、家の廻りではクラックが発生した。家屋の増築部分は向かって左側に移動かつ傾斜した（写真 4.2.12, 4.2.13）。家の1階の床は膨れ、廊下は落ち旧部分と増築部分との接続箇所は隙間が生じた（写真 4.2.14）。テレビは倒れ2階にあった戸棚、オルガンも倒れ、地震後家が歪んだため戸が開かなくなった。造成地であることと基礎が旧型式の石塊積みであったことが被害を大きくした主要因であろうと推測される。



写真 4.2.13 地震により大きな被害を受けた民家(2)  
 (正面玄関が左へ傾き、玄関周辺のコンクリート板には亀裂が入っている)  
 Severely damaged house on the re-claimed ground (2)



写真 4.2.15 第2白糸トンネルの被害(1)  
 Damage to the second Shiraito tunnel (1)



写真 4.2.14 地震により大きな被害を受けた民家(3)  
 戦後間もなく建造された向かって左側部分と大正12年頃建築された右側の旧建屋は分離した  
 Severely damaged house on the re-claimed ground (3)

◎ 第2白糸トンネル (小長井研究室：7/14)

国道229号線はこの第2白糸トンネルの被害により通行止めとなった。被害を受けた箇所は長さ6m、内径8.6mのコンクリートのリングを縦に繋いだ覆道部で、このうちの1リングが崩落した岩石で完全に破壊された(写真4.2.15, 4.2.16-口絵)。このリングを挟む前後の覆道部のコンクリートにもトンネル方向の縦亀裂(海岸側)が入り崩壊土砂の衝撃の強さを物語っている。トンネル坑内には140cm×130cm×70cmほどの巨礫を始めとする岩屑がおおよそ40°の角度で堆積している。末端の表面ほど礫が粗くなり、海岸に到達した岩の中には差渡し3mにおよぶものも認められる。比高200mほどの切り立った急崖から崩壊が始まっていて、下部の崖錐(岩質は明らかではないが安山岩質集塊岩、凝灰岩を主体とする堆積とも思われる)上の不安定な層を巻き込みながらなだれ落ちたものと考えられる。



◎ 瀬棚～須築漁港（田村研究室：7/18）

瀬棚町から須築漁港までの道路は海岸の急崖のせまい平地に築造されている（写真 4.2.17）。多くのトンネルがあるが、美谷トンネルの手前の2つのトンネルで新しいライニングが施工してあったことを除けば、須築に至るまでトンネルには、車中より観察して、損傷は見だせなかった。須築漁港は最も震源域に近い漁港の1つである。この漁港で道路は通行止めとなっている。本漁港は津波



写真 4.2.17 3本杉岩の北の海岸線  
狭隘な土地に家屋・道路が建設されている  
Seashore extending north of the Sanbonsugi

◎ 森商店（瀬棚美谷）（食料品店）（田村研究室：7/18）

この店は海岸崖上を通る229号線の山側にある2階木造家屋である。地震により1階の商品すべて倒れたが、テレビ（畳の上においてあった）だけは倒れなかった。また2階では箆笥（1本又は2本重ねの双方共）は倒れなかったが、釣り下げておいた額が割れるなど殆んどものが倒れたとのことである（写真 4.2.20）。事物の倒壊状況からして300～400 gal程度の地震動があったのではないかと推測される。1983年日本海中部地震の経験から、音により津波の襲来を察知し、いち早く裏の小山に避難した由で、津波は免れている。この崖の高さは10 m程度である。

と震動による被害を受けていて被害を明瞭に分別することは難しい。しかし、船着場のエプロンの沈下、ブロック積護岸の弯曲部の傾斜、滑動、沈下、崩壊（写真 4.2.18, 4.2.19）には震動が強く影響したものとみられる。エプロンの沈下は最も大きい所で約93 cmに達しているが液状化に加えて、津波による吸い出しがあったのかもしれない。

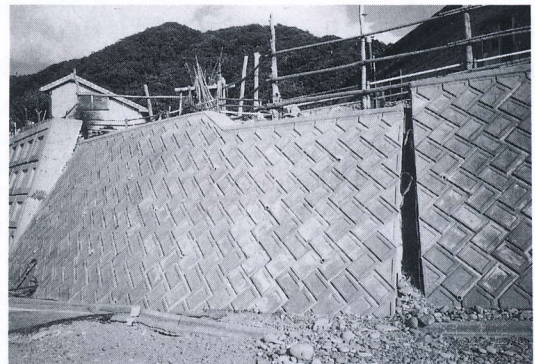


写真 4.2.19 須築漁港の被害  
ブロック積土留めが滑動、沈下している  
Slide and settlement of a retaining wall  
(Sutsuki fishing port)



写真 4.2.20 瀬棚美谷の森商店（食料品店）  
1階のすべての商品が倒れた  
All goods in the grocery were toppled  
and scattered



### 4.3 後志利別川下流周辺 (Δ ≒ 60~70 km) の液状化による被害

#### 概要 (小長井研究室)

後志利別川沿いの河川敷や田畑の随所に、液状化による多くの噴砂口や地割れが認められた(写真 4.3.1, 4.3.2)。また河川堤防が沈下し縦亀裂が生じた(写真 4.3.3)。

大正9年大日本帝国陸地測量部の5万分の1の地形図によると、この河川はもともと自然堤防に沿って蛇行しており、その背後には水はけの悪い湿地が広がっていた。現在の後志利別川は蛇行していた河川を改修したもので、もとの河川の屈曲部は埋め立てられるか、三日月湖として残存して

いる。このような場所は一般に地下水位が高く、またゆるいシルトや細砂が堆積している場合が多い。したがって後志利別川周辺は、非常に液状化の発生しやすい場所であると考えられる。兜野地区の被害は深刻であり、道路(写真 4.3.4)、堤防のほか、水田やじゃがいも畑には数多くの噴砂やクラックが生じ、また水田わきの開水路が浮き上がり(写真 4.3.5)サイロが傾く(写真 4.3.6)など農業施設にも大きな被害をもたらした。図 4.3.1 は大日本帝国陸地測量部大正9年発行の地形図による旧河道を国土地理院昭和57年発行の5万分の1の地形図に書き込んだものである。○は北檜山町役場の調査による町道の被害を示し、●は函館開発建設局による河川堤防の被害箇所およびこの調査で確認した縦亀裂発生箇所および周辺の被害箇所を示している。図中の被害箇所の多くは旧河道に沿って存在することが認められる。



写真 4.3.1 後志利別川河川敷に発生した亀裂  
Cracks on river reservation of Shiribeshi-toshibetsu river



写真 4.3.2 牧草地に発生した亀裂  
Cracks on pasture



写真 4.3.3 堤防上道路脇の縦亀裂  
Longitudinal cracks on embankment





図 4.3.1 地盤の液化化による後志利別川沿いの被害箇所  
 Distribution of damages due to liquefaction along Shribeshitobetsu river



図 4.3.2, 4.3.3 は、それぞれ北松山町の松山北部  
耕地事業統合詰所松山支庁および後志利別川に架  
かる真栄橋付近の河川敷において採取した砂の粒  
径加積曲線である。均等係数はそれぞれ 2.59 と

3.49 である。これらの試料のいずれの粒度分布  
も「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に示さ  
れている「特に液状化の可能性はある」とする範  
囲にある。



写真 4.3.4 兜野地区の道路被害  
Damage to road in Kabutono district



写真 4.3.6 傾いたサイロ  
Tilted silo



写真 4.3.5 液状化で浮き上がった水路（兜野地区）  
Open channel heaved up to the ground  
surface due to liquefaction

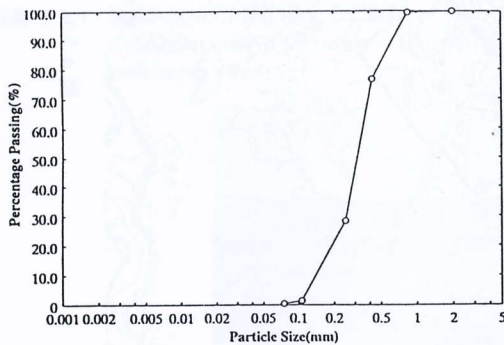


図 4.3.2 採取した噴砂の粒径加積曲線（松山北部耕地事  
業統合詰所松山支庁）  
Particle size accumulation curve (Branch  
office of Ministry of Agriculture and Fore-  
stry)

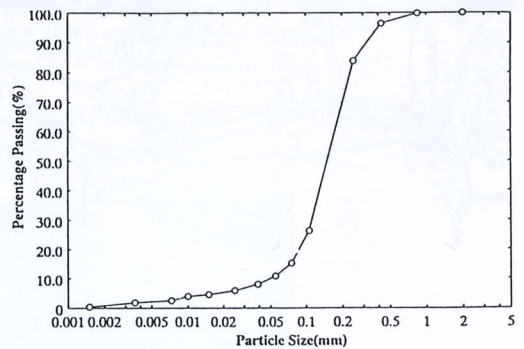


図 4.3.3 採取した噴砂の粒径加積曲線（真栄橋付近の河  
川敷）  
Particle size accumulation curve (River  
reservation near the Shin-ei bridge)



◎ 後志利別川の河口部（兜野橋より下流）左岸堤防の被害（田村研究室：7/18）

略々南北方向の河岸線に直行して流下するこの河口部は震源域より最も近い距離にある地域の一つで、震源域の東縁より約 25~30 km の所にある。この部分の堤防には沈下、亀裂が発生し、周辺の堤外地（高水敷）には亀裂、噴砂が生じ、又堤内地にも液状化によると考えられる著しい噴砂、亀裂、凹凸がみられ、大きな被害を受けた。7月18日午後の時点で既に地震直後の緊急の復旧工事が兜野橋から下流に向かって進められていたが、工事関係者の好意により未だ手が加わって

いない堤防の被害状況をつぶさにみる事ができたので、記述する。

兜野橋より河口まで約 1.5 km の区間は、堤内地は殆ど水田であり、一部が雑木林で、樋管、排水機場等も建設されていて、全体的に幅が数m、高さ 1~2 m 程度の押え盛土があり、この盛土より堤頂まで、およそ 5~6 m あって、法勾配は 1:2 程度とみられる。堤外地側も同様に高水敷より堤頂まで約 5~6 m である。歩測で得た距離と損傷の概要は図 4.3.4 の様である。

調査時点では兜野橋すぐ下流で堤外地側に工事用斜路が設けられているが（図 4.3.4 中の D、写

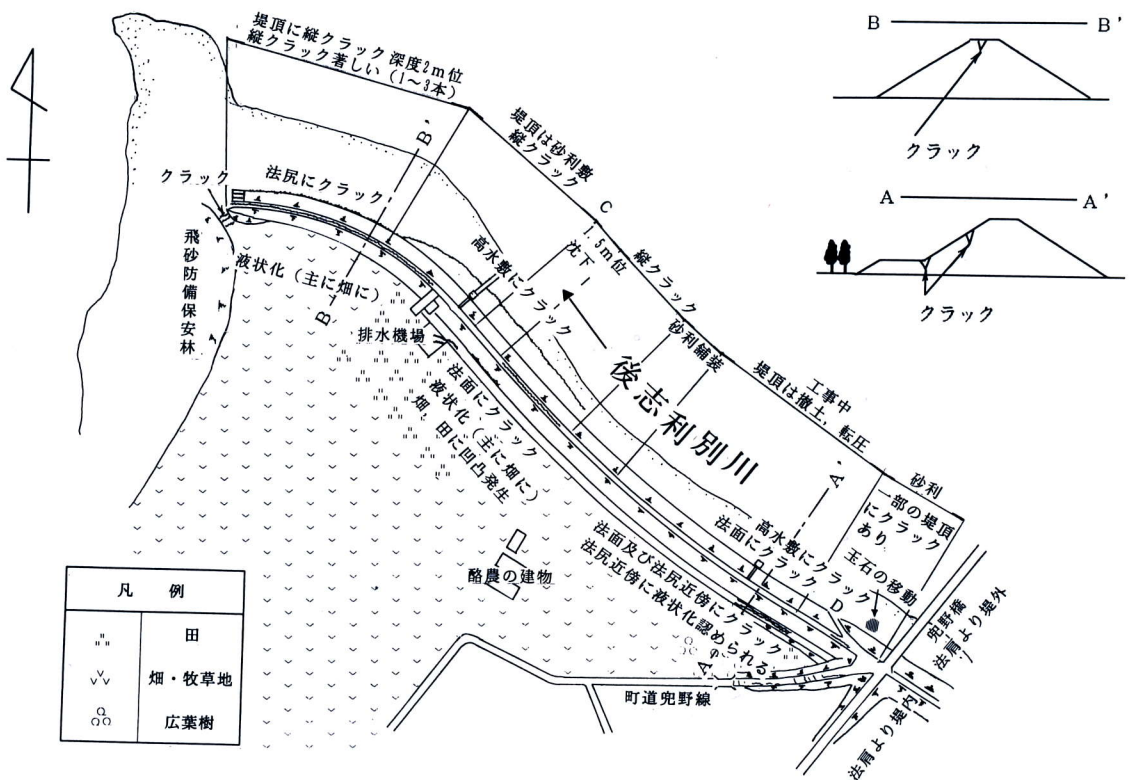


図 4.3.4 後志利別川の兜野橋より下流左岸堤防の被害概要  
Damage to left embankment of Shiribeshi-toshibetsu river, down stream of Kabuto bridge



写真 4.3.7 兜野橋袂からみた後志利別川河口部  
堤外地へ下る工事用道路がみえる  
View of estuary of Shiribeshitoshibetu  
river from Kabutono bridge



写真 4.3.8 堤内地側法面と押え盛土との境に発生した亀裂  
Cracks on the slope of embankment  
(Shiribeshitoshibetsu river)

真4.3.7), その分岐点で堤外地側へ滑動したと見られる数 10 cm の沈下跡があった(写真 4.3.9)。堤内側法面には法肩部を含めて1~3条の幅 10~30 cm の亀裂が略々堤軸方向に走っていて段差を生じ, また押え盛土との境界にも0.5~1.5 m の幅の亀裂がみられた(写真 4.3.8)。又田には液状化による噴砂コーンがいたる所にある(写真 4.3.10)。堤防に沿って略々 50 m 毎にたてられた電柱のあるものは傾斜し, あるものは沈下している。堤外地側法面及び高水敷にも縦亀裂が発生している。堤外地では玉石が移動したと思われる痕跡があった(写真 4.3.11)。既に一部では復旧工事が終わっていたが状況より見て堤外地側に



写真 4.3.9 堤防の河心側への滑動と沈下(兜野橋近傍)  
Settlement of left embankment associated with its lateralspread (near the Kabutono bridge)



写真 4.3.10 堤内地にみられる液状化のあと  
Line of sand cones on river reservation  
near the left embankment (Shiribeshitoshibetsu river)



写真 4.3.11 移動したとみられる玉石  
左岸兜野橋下流, 堤外地  
Moved cobble(Shiribeshitoshibetsu river)



も大きな変状があったことが推測できる。砂利舗装と記されている B の部分には被害はほとんど見られない。地盤の状況によるものと推察されるが明らかでない。これより下流部で再び縦亀裂が見られるようになる。

堤頂が沈下したことが樋門にかかる橋の傾斜からも推測される。(写真 4.3.12)。堤頂の幅の丁度中央に縦亀裂が入り、これより下流の部分に、全般に認められ、河口に近づくにつれて亀裂は次第に拡大し、堤頂全体に 2~3 本の大きな縦亀裂が入るようになる(写真 4.3.13~4.3.15-口絵)。図 4.3.4 で C と記されている部分では大きな縦亀裂と斜めに横断する亀裂があり約 1.5 m 沈下している。この部分が旧河道に相当する部分であったと見られる。排水機場位置から河口に向かって堤頂の縦亀裂は著しく拡大し法肩にも入るようになる。亀裂の深さは 1.5 m 以上であるが明瞭でない。またこの部分では堤体からかなり離れて高水敷部に入っていた縦亀裂は法尻に近づき、法尻に沿って走る様になる。亀裂の幅は 0.5~1 m 位である。一方、堤内の田には液状化が多発している。写真 4.3.16 は排水機場の周辺の地盤の亀裂

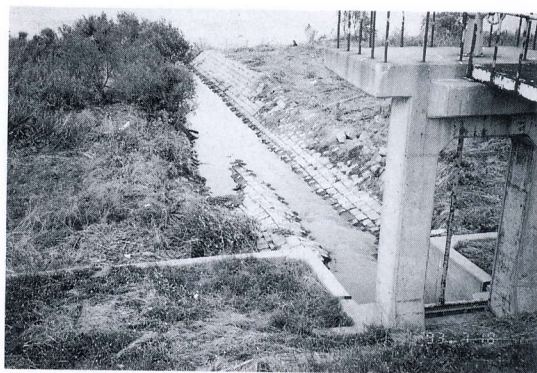


写真 4.3.12 樋門と破壊した水路  
後志利別川が見える  
Damage to water channel (Shiribeshi-  
toshibetsu river)



写真 4.3.13 後志利別川河口部左岸堤防の被害 (1)  
Longitudinal cracks on embankment  
(Shiribeshitoshibetsu river) (1)



写真 4.3.14 後志利別川河口部左岸堤防の被害 (2)  
Longitudinal cracks on embankment  
(Shiribeshitoshibetsu river) (2)

写真 4.3.16 堤防近くの排水機場周辺の地盤の亀裂、沈下  
Cracks and Settlement around pump  
station near the embankment







写真 4.3.17 兜野橋. 左岸下流より見る  
View of Kabutono bridge from the left bank

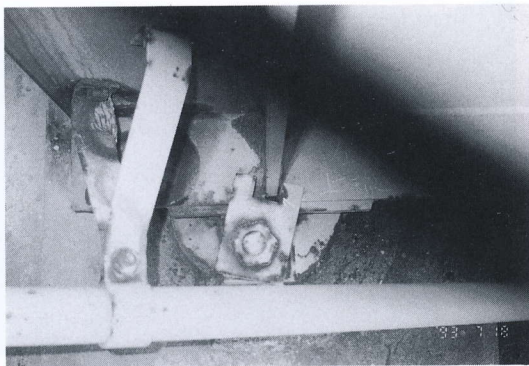


写真 4.3.18 兜野橋の左岸アバットメントにおける支  
の動き  
Support on left bank abutment of the  
Kabutono bridge

を示す。海岸の砂丘に着くと堤体の亀裂は急激に減少して消滅する。

次に兜野橋たもとから分岐している町道兜野線について述べる。兜野橋は支承部の変位があったが構造上の被害は視認されなかった（写真 4.3.17, 4.3.18）。この町道で兜野橋からふる川橋の間約 200 m は多くの路肩の亀裂, 路盤沈下, 横断亀裂が発生している（写真 4.3.19）。ふる川橋取付では約 80 cm の沈下が生じ（写真 4.3.20）、左側の 1 車線分が既に一部補修されているが、アスファルト舗装は著しい被害を受けている。又、河口部の左岸堤防との間の田圃には液状化による



写真 4.3.19 路肩の沈下, 亀裂 (町道兜野線)  
Settlement and crack at road shoulder  
near Kabutono bridge



写真 4.3.20 橋取付道路の沈下 (町道兜野線)  
Settlement of approach road

とみられる噴砂が連続して発生している（写真 4.3.21-口絵）。ふる川橋と兜野橋との間、中間部では路面の両肩には亀裂が入り、更に右岸では補修されているにも拘らず亀裂が見られる。兜野橋に近い所には、横断クラックが発生し、路肩には亀裂が発生している。



#### 4.4 北檜山～新成（田村研究室：7/19）

真栄橋より229号線を南下して、約1.5km点で切土の法面吹付けの膨れが認められたが地震によるものかどうか明らかでない。次に通過した若松隧道坑口には亀裂があり、又出口では道路の不等沈下が生じていた。栄で右に折れ共和、太櫓に向かう。

写真4.4.1は共和のベニカモイにあった高さ約10mのRCの高架水槽である。（3本のRCの支柱でRCの水槽を支える型式になっている）。地震により支柱と水槽とが離れてしまったとのことで、応急修理が実施されていた。被害が比較的少ないのは注目される。

太櫓川に沿って右岸を下るが、後志利別川下流でみられた様な大規模な堤防もなく、又被害を視認できなかった。古い地図と比較すると川筋の変化が少なく、河道は地形的に比較的狭い低地を通っていることがわかるが、これが被害が少ない原因の一つと考えられる。ただしサキリカンナ

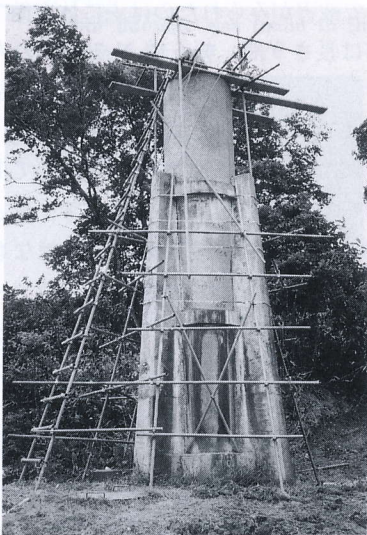


写真 4.4.1 修理中の高架水槽  
支柱と水槽とが離れた（ベニカモイ）  
Repairing work of damaged elevated water tank

イ、下若松等の地域は調査していない。

旭橋を渡って太櫓川左岸で、津波で冠水した田を見出した（写真4.4.2）。水面より目測で9～10mの所にある。この田圃には波による浮遊物が堆積し、かつ塩害を受けていた。

川尻では水面より15～20mの急崖の上を通るアスファルト道路の路肩に30～40mの亀裂が入り（写真4.4.3）、ブロック造りの住宅には亀裂が入っている。この崖の斜面中段には津波で破損した平屋の民家がある。この民家の標高は目測で9～11m程度とみられる。

鷹の巣岬のトンネルの出口には落石防止用網が



写真 4.4.2 津波で冠水した田（太櫓川左岸）  
川面より9～10m近い高さの位置にある  
Tsunami reached the rice field at an elevation of 9～10 m above the sea-level



写真 4.4.3 法肩部の亀裂（川尻）  
左側斜面下が後志利別川河口部  
Longitudinal crack along slope shoulder  
(Kawaziri)



使用されていて、巨石が落下しているのが認められた(写真4.4.4, 4.4.5)。斜面には崩落と落石の跡がある。

太櫓の海岸沿いの民家は津波により大きな被害を受けている。小高い丘の上にあるRC3階建ての太櫓荘は地震時の避難に利用された。建物には外見では被害は認められない(写真4.4.6)が、これは基礎が良好なためであろう。この建物の前の広場では地盤に亀裂が入っているのが分かった。

太櫓から新成へ向かう途中、路面より上のレベルで植物の葉が枯れているのが認められたが津波によるものとみられる。海水面より凡そ10m程度である。

新成地区では丘の上の漁家団地内にある、新成小学校の被害を調査した。

学校の地盤は、表層数10cmが盛土で、その下がかなり硬い岩盤になっている由で非常に良好というべきである。学校の周辺では亀裂が発生している所があったが、地盤が相対的に良好でなかった部分であると言うことである。築後20年

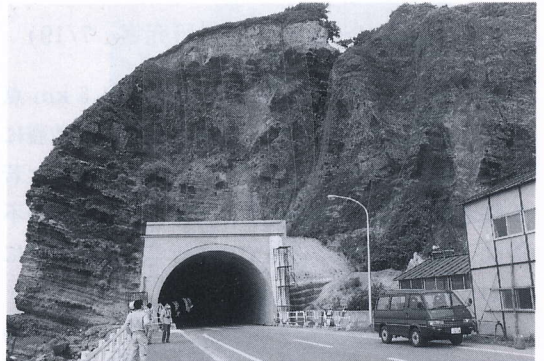


写真 4.4.4 鷹巣岬のトンネル坑口付近(1)  
落石防止の金網が見える  
Steel net preventing stone falling near  
the entrance of tunnel (1)

を経過した校舎屋の被害は後にのべる様に僅少というべきである(写真4.4.7)。地震動としては上下動を主に感じたが、昭和58年の日本海中部地震の場合に較べ比較にならない程強いものであった。板床上にあった机が20cm移動し、ロッカー、冷蔵庫が移動し、棚の本は落下し、テレビをのせたキャリアつき台も移動し、時計は10時17分を示したまま停止した。

校舎で被害がみられたのは主に体育館である。体育館は長さ9間、幅6間N75°Eの方向の鉄骨造で、両端の壁の下部はRC造り、長手方向の腰壁はブロック造になっている(写真4.4.8)。写真4.4.9にみられる様に斜材は座屈して曲がっていたがその撓み量は数cmにすぎず、柱と桁との隅角部にみられる亀裂は極めて軽微なものである。外からの入り口の階段等にコンクリートの剝離などが生じているが、仕上げ用のモルタルが剝げたものである。体育館の屋根組はトラス型式になっていて、地震により目立った変状は生じていない。硝子窓の内側にボルトで取り付けられたボール除けの金網の格子枠は1枚だけボルトが切断して落下していた(写真4.4.10)。端面で柱と壁の剝離が認められたのが唯一の構造上の被害ではないかと思われる(写真4.4.11)。

体育館と校舎(RC造り平屋)との渡り部分に



写真 4.4.5 鷹巣岬坑口付近(2)  
落石と金網  
Steel net preventing stone falling near  
the entrance of tunnel (2)





写真 4.4.6 太櫛荘  
 3階の建物は外見上は被害は認められない  
 基礎が良好なことが影響しているものとみられる  
 Futoro-hotel built on the hard ground.  
 No damage was found



写真 4.4.7 丘の上の新成小学校  
 机、ロッカー、冷蔵庫などが移動したが、校舎には殆ど被害がなかった  
 Shinsei elementary school built on the  
 rock hill was damaged little

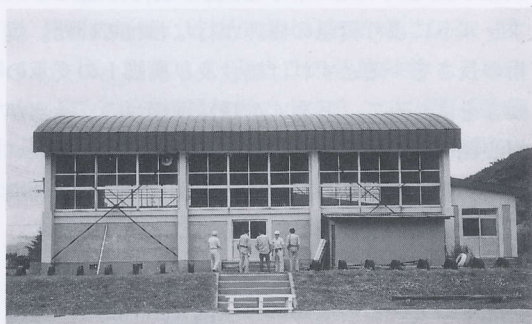


写真 4.4.8 僅かな被害があった鉄骨作りの体育館（新成小学校）  
 Minor damage was found in the Gymnasium



写真 4.4.10 落下したボール除け金網の格子枠（新成小学校体育館）  
 Steel net lattice fell down in the gymnasium

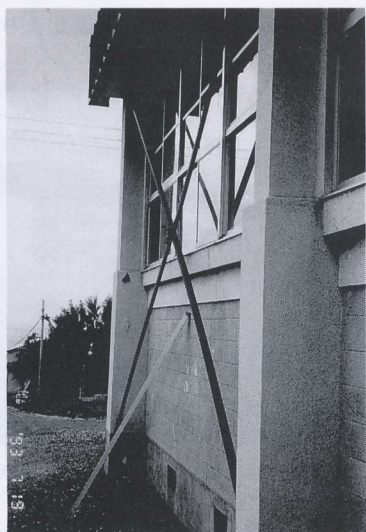


写真 4.4.9 挫屈したブレース（新成小学校体育館）  
 Buckled brace of the gymnasium

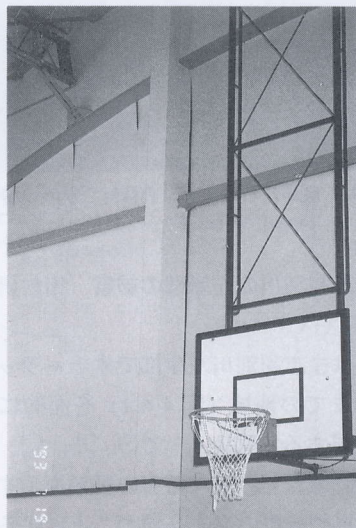


写真 4.4.11 柱と壁との分離（新成小学校体育館）  
 Separated pillar and wall in the gymnasium

は変状は認められない。その他の被害として浄水槽 (RC) の周囲の地盤の軽微な亀裂, ゴミ燃焼炉のレンガ造煙突の折損, 屋外に設置されてる暖房用石油タンク (200 l 入り, 地震時は略々半分量であった) の傾斜 (写真 4.4.12) 等があるがいずれも軽微なものである。但し石油タンクは通常写真の様に 4 本柱で支えられているが, この例では柱の基部 2 ヶ所が普通のコンクリートブロックを地上に置いたものであり, 良好な安定をもつとはいえない。この様なタンクは近隣の民家の庭先でもみられ, 地震により数 cm 移動した由である。又花壇の盛土を囲んで据えられたコンクリートブロックで倒れたものがあった。

事物の移動の状況から推してかなり強い地震動があったとみられるが, 全般的にみて被害が軽微である。基礎が良好であることが一つの要因と考えられる。



写真 4.4.12 暖房用石油タンクの傾斜 (新成小学校)  
Tilted oil tank

◎ 後志利別川の左岸部の被害 (田村研究室: 7/19)

ここでは後志利別川左岸部でオチャラッペ川から真栄橋までの地域 (図 4.4.1) を面的に調べた結果を記述する。図 4.4.1 で○, △, □, ●, ▲などは調査地点で, 夫々被害の種類を示す。被害の詳細は専門分野の発表を俟つことにするが, 堤防の被害はオチャラッペ川あたりより認められた。オチャラッペ川の流入する左岸堤防には樋門

が設けられている。左岸の堤防の修理工事がこのあたりより始まっている。樋門の躯体には異常は認められないがその周辺の地盤が相対的に約 4 cm 沈下している。樋門の門柱と堤防を結ぶ桁橋が傾いていることから, 堤防が沈下しているものとみられる (写真 4.4.13)。

左岸堤防を離れてオチャラッペ川の右岸堤防上を遡り八鈴橋 (図 4.4.1 の A) を渡る。この橋は昭和 44 年 1 月竣工した 2 本の合成桁からなる 2 スパン単純桁橋である。これと併設する歩道橋は昭和 60 年 12 月完成している。何れも取付部に段差が生じているが, 八鈴橋の取付は既にアスファルトにより緊急の修理が行なわれていた。橋桁の長さを一定とすれば橋台及び橋脚上の支承の動きをよりみて (写真 4.4.14) 両橋台の支承部が河心側へ移動したことが推測される。

オチャラッペ川の左岸堤防を下り再び後志利別川左岸堤防に至り, 堤防上を河口に向けて進む。ここで低水敷護岸 (コンクリートブロック張り) が沈下しているのを認めた (図 4.4.1 の B, 写真 4.4.15)。

パンケオイチャヌンペ川の右岸堤防を遡り, 鈴金橋 (図 4.4.1 の C) の手前で堤防が沈下し堤頂の略々中央で長さ約 17 m の縦亀裂が入り, 河側



写真 4.4.13 後志利別川左岸オチャラッペ川流入地点付近の樋門  
周辺地盤が僅かながら沈下している  
The ground around culvert settled down by several centimeters



が沈下しているのが認められた（写真 4.4.16）。更にこの点の対岸の堤防についても規模は小さいが法肩及び中央に縦亀裂が入っているのが見出された（写真 4.4.17）。この堤防に略々直交して堤内地の田圃には液状化によるとみられる変化が線状に入っているのが分かった。大正6年の地形図によれば、鈴金橋を通過して北へ流れるこの川は、現在の河道に比して大きく西へ向かっているから、このことが堤防の亀裂と田の液状化に係わっているのかも知れない。

鈴金橋からパンケオイチャヌンペ川に沿って左岸側を約 400 m 南下すると道路に縦亀裂、沈下、路肩の崩壊、破壊が認められる様になる（図 4.4.1のD、写真 4.4.18）。この状態は約 1.1 km つづいて金原学校橋付近で止まる。この橋付近では道路に横断亀裂が入り、川側の路肩は最大約 50 cm 沈下し加えて川側へ最大約 50 cm 動いてい

る。後述の豊田地区につぐ町道の被害である。この道路はパンケオイチャヌンペ川の左岸にあり河心より 10~20 m の所を走っている。このことが、道路の被害と関連があるのではないかと思われる。



写真 4.4.14 八鈴橋（オチャラッペ川）の右岸橋台支承橋台は相対的に河心側へ移動している  
Support on the right bank abutment, Yasuzu bridge

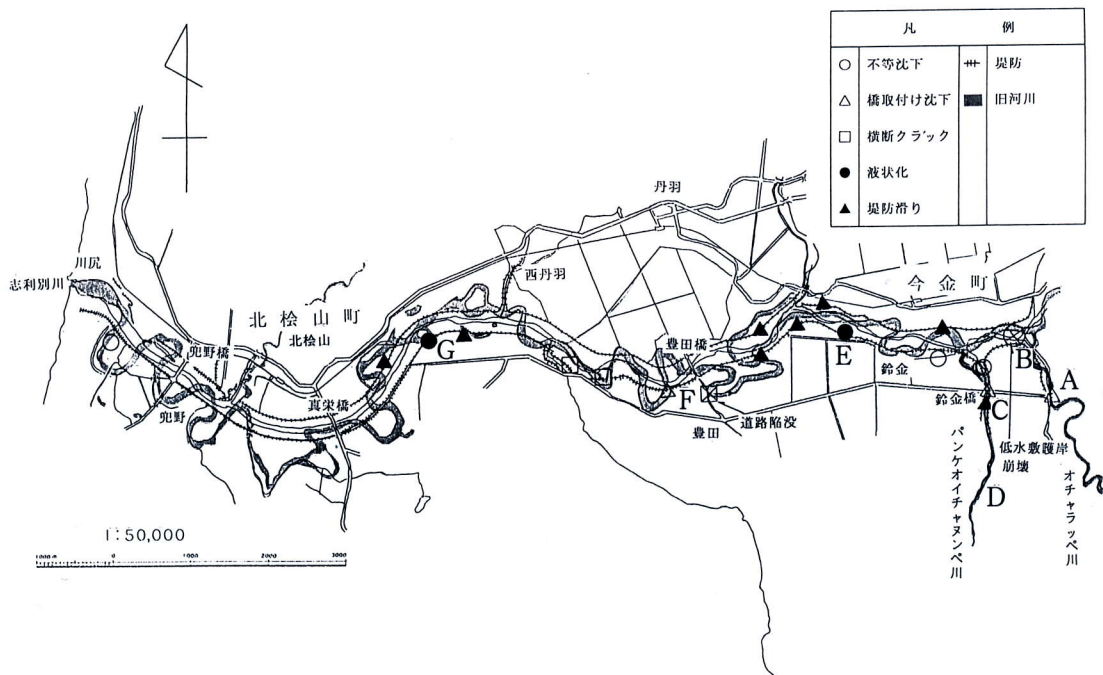


図 4.4.1 後志利別川中下流左岸部調査地点  
Investigation spots along the left bank of Shiribeshitoshibetsu river and in the neighboring area

パンケオイチャヌンペ川流入部付近より約 1.7 km 下ると高水敷に砂利を含んだ噴砂が発見された。噴砂孔は略々線状になっており（写真 4.4.19），人の手が入る位の幅である。噴砂の拡がり幅は両側に夫々 1.5~2 m で（写真 4.4.20 - 口絵），写真 4.4.21 の様に最大 7 cm 程度の砂利（砂岩が主）が砂と共に堆積している。堆積部分で噴砂孔の直ぐ近くにはこの様な砂利は少ないが，この噴砂堆を掘ると下部には砂利が含まれているのが分かる。噴砂の終わりに近づいたとき砂のみが噴出する様になり，この様な状況が残され

たものと推測される。因にこの周辺の地表面にはこの様な砂利は見当たらない。

鈴金地区あたりより後志利別川左岸堤防では主に堤外地側で法面の修理，堤頂の盛立工事が多く見られるようになる。

瀬棚郡今金町豊田における農道の被害は特に目立った。後志利別川に架かる豊田橋と道道今金北檜山線を結ぶ農道は最も烈しい被害を受けたものの一つである。この農道の両側は田であるが，図 4.4.2 で農道の右側は左側にくらべて 2~2.5 m 低くなっている。道路は大塚一利氏邸に近い約

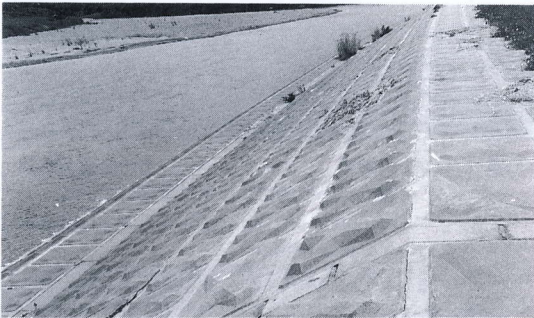


写真 4.4.15 後志利別川左岸の底水路護岸  
River protection works at the left bank  
(Shiribeshitoshibetsu river)



写真 4.4.16 パンケオイチャヌンペ川の堤防の被害 (1)  
右岸堤防の沈下・亀裂  
Longitudinal crack on the right bank  
(Panke-oicha-nunpe river)



写真 4.4.17 パンケオイチャヌンペ川の堤防の被害 (2)  
Longitudinal crack along the slope  
shoulder of the left bank (Panke-oicha-  
nunpe river)



写真 4.4.18 パンケオイチャヌンペ川鈴金橋上流左岸沿いの道路の被害  
Damaged road along the left bank of  
the Panke-oicha-nunpe river



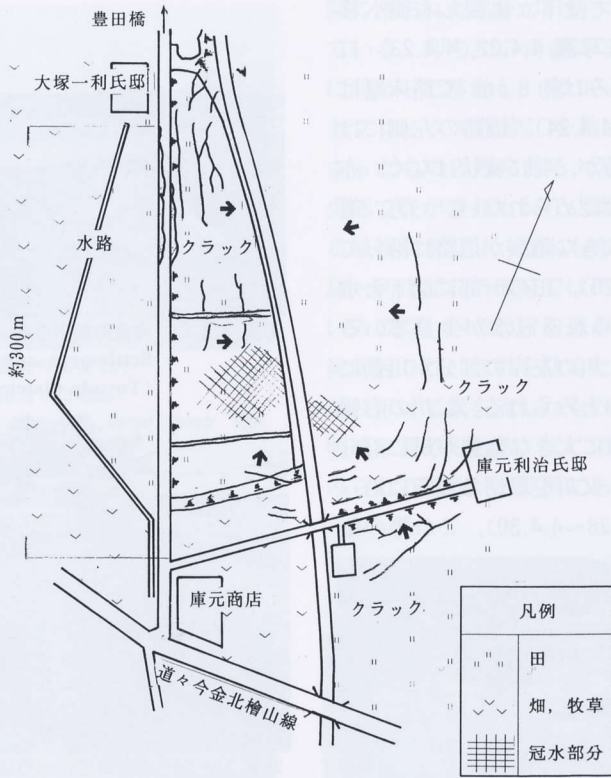


図 4.4.2 今金町豊田における農道と川の被害  
 Damages to road and channel (Toyota district, Imagane town)



写真 4.4.19 砂利を含んだ噴砂があった噴砂孔列 (後志利別川左岸高水敷) (1)  
 Liquefaction on the left river bed (Shiribeshitoshibetsu river) (1)



写真 4.4.21 砂利を含んだ噴砂があった噴砂孔列 (後志利別川左岸高水敷) (3)  
 Liquefaction on the left river bed (Shiribeshitoshibetsu river) (3)

100 m の部分が被災して沈下、亀裂し右側へ移動して崩壊している（写真 4.4.22, 4.4.23 - 口絵）。アスファルトの厚みは約 8 cm で路床厚は約 70 cm である（写真 4.4.24）。道路の左側には鉄板で作った水路があるが、特に変状はなく、亦稲の並びにも特に変状は認められない。一方、道路と川の間は大きな亀裂が道路に沿って発生しており（写真 4.4.25）、田の一部に沈下と水位の堰上げによるとみられる冠水が生じている（写真 4.4.26）。これは、川の左岸の部分が川側に移動したことを示すものとみられる。又、川の右側には、図 4.4.2 に示す様に大きな亀裂が川に沿って（写真 4.4.27 - 口絵）、又川を横切る農道に沿って生じており（写真 4.4.28 ~ 4.4.30）、これ等の亀



写真 4.4.22 今金町豊田の農道の被害 (1)  
約 100 m に亘り沈下、破壊  
Settlement and lateral spread of road  
(Toyoda district) (1)



写真 4.4.25 今金町豊田の農道の被害 (4)  
農道と川の間は田圃に生じたクラック  
Cracks on the rice-field between the  
road and channel (left side) (4)

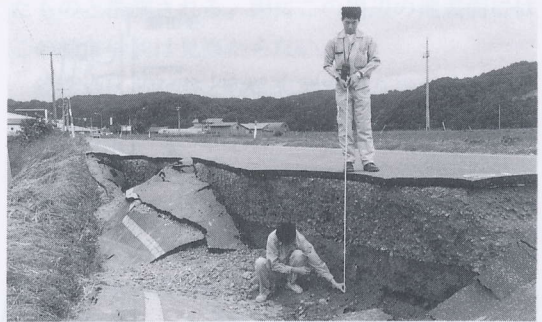


写真 4.4.24 今金町豊田の農道の被害 (3)  
Settlement and lateral spread of road  
(Toyoda district) (3)



写真 4.4.26 今金町豊田の農道の被害 (5)  
農道と川の間は田圃の一部は沈下し、水位の上昇のため冠水  
Upheaval of riverbed resulted in submergence of rice field. (5)



写真 4.4.28 今金町豊田の農道の被害 (7)  
右岸側、川より数 10 m の範囲で表層が河心に向かって移動  
Lateral spread of surface ground along the channel (7)





写真 4.4.29 今金町豊田の農道の被害(8)  
右岸側畑地に発生した亀裂  
Cracks and spouted sand near the  
channel (8)



写真 4.4.30 今金町豊田の農道の被害(9)  
右岸側田圃に入った川筋直交方向の亀裂  
Cracks on the rice-field near the channel  
(9)



写真 4.4.32 今金町豊田の農道の被害(11)  
当該地域の川の下流端には、狭められた川  
幅を開削し、川底を掘削して、水を流した  
跡がある  
Cut work for discharge of pooled water  
(11)

裂に囲まれた部分が川側へ移動したことを表わしている。即ち川の両側の 50~100 m の部分が川に向かって移動し、幅 10 m 程あったコンクリートブロックで護岸工を施された川を埋没してしまったものとみられる(写真 4.4.31)。河道は中央部で底が盛り上がり、葦などの堤防周辺に生える植物が水没し、灌木も亦水中に樹っている。大塚一利氏邸前の部分では川は急流をなして流れている(写真 4.4.32)。河道が埋没したため水位の上昇が起こり、これを防ぐためにこの部分で河道を掘り下げて水を流したものとみられ、工事の跡が明瞭に認められる。又この部分で液状化によるとみられる噴砂が広範囲にあり又農業用の配水枡が



写真 4.4.31 今金町豊田の農道の被害(10)  
川幅は狭められ、川底は押し上げられている  
Bottom concrete blocks of the channel  
were heaved up (10)



写真 4.4.33 今金町豊田の農道の被害(12)  
浮き上がった農業用配水枡  
Water distribution device lifted up due  
to liquefaction (12)



浮上していた（写真 4.4.33）。図 4.4.2 の矢印は状況により推測した表層地盤の移動方向である。

庫元利治氏によれば、地震直後の変状はそれほど著しくはなかったが、その後次第に大きく地盤が変状した由であり、同氏の家も亦傾斜が進行中とのことであった。庫元商店で聴取した所によれば、震動は始め縦ゆれで、ついで横揺れとなった。冷蔵庫が倒れ、棚より物品が落下した。又整理箆箆も転倒した。2階のものはすべて倒れた由にて未だ対処していないとのことであった。地震直後は僅かな変状しか示さなかった道路が2~3日した後陥没した。庫元商店の地内には数個の浄化槽が放置してあったが何れも液状化の被害を受

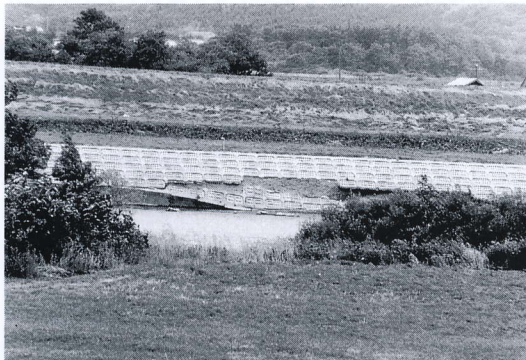


写真 4.4.34 後志利別川右岸堤防の被害（低水敷護岸の崩壊）  
Damage to riparian works (right bank of Shiribeshitoshibetsu river) (1)



写真 4.4.35 後志利別川右岸堤防の被害（緊急の復旧工事）  
Urgent repairing works at the right bank of the river (2)

けて取り替えられたものとみられる。

真栄橋上流約1 km 地点で対岸を望むと低水敷護岸が崩壊しているのが分かる（写真 4.4.34）。又一部には堤頂の緊急工事が施工されていた（写真 4.4.35）。

◎ 今金町の被害の概要と家屋の被害（田村研究室：7/20）

今金町の人口は約7600人で、被害の多いのは農業分野であり、豊田付近では農地に関連して大



写真 4.4.36 宿舎（桜田旅館）(1)  
外部からは被害は殆んどみられないが、内部はかなりの変状があった  
Sakurada inn. The interior was fairly damaged (1)

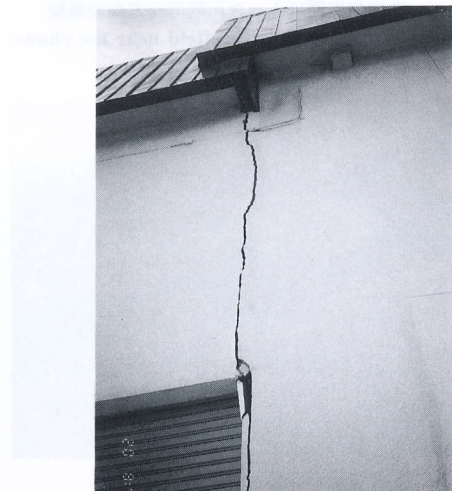


写真 4.4.37 宿舎（桜田旅館）(2)  
モルタル塗外壁に発生した幅3~4 cmの亀裂  
Vertical crack of 3~4 cm in width on the outside wall of the inn (2)



きな被害が発生している。断水は3ヶ所、道道を優先的に修理しているが、町道の被害が多く、現時点で10ヶ所の工事が進行中である。家屋の被害は少ないが、商工団地、神岡地区、北檜山町徳島地区に夫々大きな被害を受けたものがある。

宿舎となった桜田旅館も被害を受けた。正面の状況からは被害は殆んど視認されないが、当該地域は泥炭地を埋め立て造成した地域であって、烈しい地震動があった由であり(写真4.4.36)、部屋の床の傾斜、廊下の傾斜、トイレの壁の亀裂が認められ、旅館の正面に向かって左側のモルタル塗外壁には幅3~4cmに達する亀裂が入っており(写真4.4.37)、集合煙突が倒壊し、旅館の裏側では地盤の沈下が発生していた。旅館の説明によれば部屋の床が盛り上がるなど変形し、テレビは全部倒れ冷蔵庫も倒れ2段重ねの箆筒では上が落下した。又壁に亀裂が入り、2階では鏡台も倒れ、2階の一室はすべての家具が倒れたため、未だそのままに放置してあるとのことである。泥炭地であることを考えて建物の基礎を通常より強く造ったため、無事であったのではと説明していた。旅館の裏の近くの家では大きな被害を受けている由である。

商工団地の北見伸夫氏邸は全体に約15cm沈下した(写真4.4.38)。隣に住む町会長の水野氏



写真 4.4.38 今金町商工団地の被害  
住家は全体に15cm沈下し、排水に支障を生じた  
House settled by 15 cm, resulting in ill drainage (Imakane town)

(40~50才位)より聞いた所では、当該地区は泥炭地を造成したものであり、北見氏邸のみが沈下した。家の周辺を掘って相対的に家屋を引き上げることに成功したが、マンホールに至る勾配が逆になったため、排水がうまく行かない事態が生じている。

水野氏によれば、烈しい揺れで茶箆筒、ストーブが倒れ、屋外に逃れて、街路樹につかまってやっと立っていたとのことであった。町内では4ヶ所で石油タンクが倒れたという。

八東地区にあって大きな被害を受けた山崎政一氏邸はほぼ北々東を向いた長さ約十間の母屋とこれと直交する2棟の納屋からなっていて、地震により母屋が著しい損傷を蒙った。母屋の中央部分は2階建になっており(写真4.4.39)、2階建の部分の両側で、全体として折れる様に変形し、家は全体に南西側に傾き、特に2階建て部分の西側で引き千切られたように破壊している(写真4.4.40-口絵)。

母屋の裏の一部と納屋の床の被害を夫々写真4.4.41と4.4.42に示した。写真4.4.43は母屋内部の破壊状況である。

写真4.4.44の様に、家の周辺地盤には幅約10



写真 4.4.39 著しい被害を受けた山崎氏邸(今金町八東地区)(1)  
現在は宅地に造成されている旧河道の岸の部分にかかって住宅が築造されている  
Severely damaged Yamazaki's house on the land reclaimed from an old river shore (1)

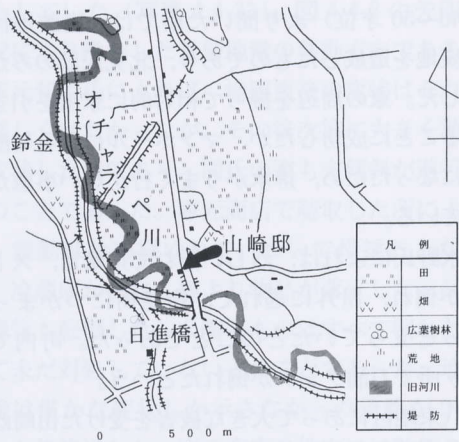


図 4.4.3 被災家屋と旧河川流路 (国縫・今金)  
Location of damaged house and trace of the old river (Hassoku district, Imagane town)



写真 4.4.42 著しい被害を受けた山崎氏邸 (今金町八束地区) (4)  
納屋のたたきに生じた亀裂  
Crack on the floor of warehouse (4)

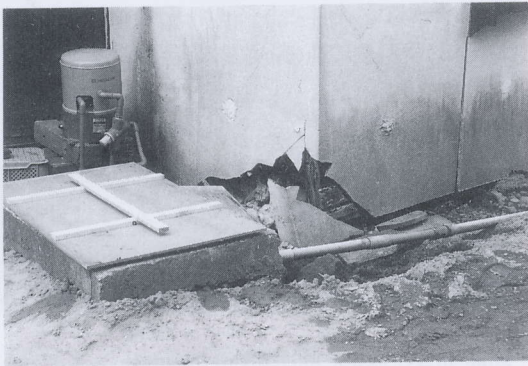


写真 4.4.41 著しい被害を受けた山崎氏邸 (今金町八束地区) (3)  
家屋裏側基礎部の被害  
Backside foundation of Yamazaki's house (See photo. 4.4.39)



写真 4.4.44 著しい被害を受けた山崎氏邸 (今金町八束地区) (6) 家屋周辺地盤 (旧河川側) に入った亀裂と沈下  
Cracks and settlement of the ground around the house (6)

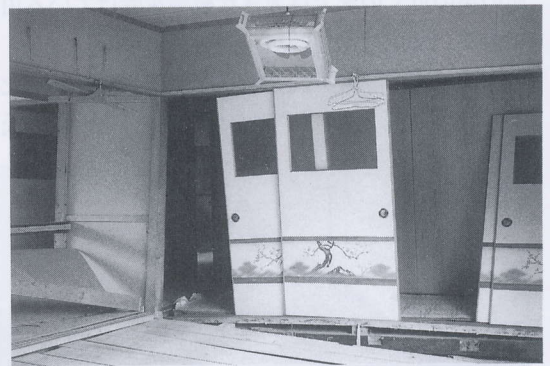


写真 4.4.43 著しい被害を受けた山崎氏邸 (今金町八束地区) (5) 家屋内の変形・破壊状況  
Damage inside of the house (5)





写真 4.4.45 湯浅氏邸の被害（北桧山町徳島真駒内）(1)  
新築1年以内の住宅は大きな被害を受けた  
View of Yuasa's house. Cracks of the  
ground crossed the house longitudinally (1)

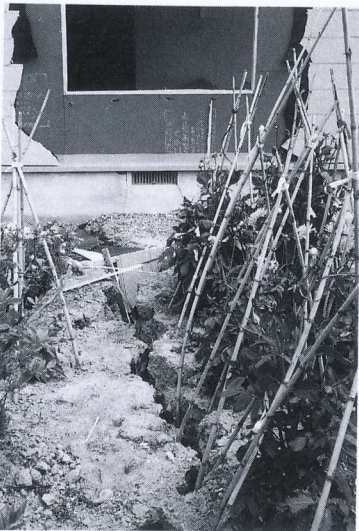


写真 4.4.46 湯浅氏邸の被害（北桧山町徳島真駒内）(2)  
地盤の亀裂が住宅を縦断している  
Cracks of the ground and RC foundation  
of the house (2)

cm 又はそれ以上の亀裂が略々平行して数条走っており、母屋が丁度この地盤変状の上に位置していたため、家屋は著しい変形と沈下を起こすに至ったものであろう。母屋の南西端から約 10 m 程はなれて並木があるが、山崎氏によれば、この並木の先にかけて川が流れていたものであり、現在は埋め立てられている。被害の大きいのはこの



写真 4.4.47 湯浅氏邸の被害（北桧山町徳島真駒内）(3)  
家屋内部は沈下、変形して破壊している  
Damage inside of the house (3)

ためではないかとのことであった。大正6年の地図では蛇行して流れるオチャラッペ川の正に川岸に接した位置に当該家屋が建てられていることが分かり（図4.4.3）、亀裂も河岸にそって発生している。

北桧山町徳島真駒内では湯浅利章氏邸が大きな被害を受けた。新築間もない木造2階建の大きな家である（写真4.4.45）。この家を縦断する様に地割れが走っている（写真4.4.46）。このため家の内部は廊下、床が不陸となり、ずれを生じて破壊した（写真4.4.47）。大正6年の1/50,000の地図と較べると後志利別川の場合にくらべて真駒内川は流路の整備は行なわれていないが、当該地点は現在のはかなり流路が変わっていることが分かる。家屋の被害の発生原因とみられる地割れは、このような河川の古い流路と関係があるのでないかとみられる。外周りのRCの土台は地割れの部分でも僅かな亀裂が入っているのみであり、構造的な面から見るとほとんど被害が無いとみられるから、内部の基礎に大きな被害が生じたものと考えられる。



#### 4.5 北檜山北部丘陵地の町道の被害

(小長井研究室)

北檜山北の広い範囲にわたり、瀬棚層と呼ばれる砂岩、礫岩、泥質砂岩の台地が広がり、この表面を礫、砂を含んだ粘土の段丘堆積物が覆っている。この台地を北から南に真駒内川、ポン目名川が流下し深さ数 10 m の河谷を刻んでいる。この台地を東西に横切る町道が三箇所の盛土崩壊によって寸断された(写真 4.5.1, 4.5.2-口絵, 4.5.3)。寸断された箇所は小さな沢地か台地斜面を道路が通過する箇所で、いずれも南西側に向いた傾斜地に臨んでいる。滑り面の上端背後には蔭やスゲなどが茂り、ここが保水性の高い地盤であることを示している。滑落した斜面を挟んで白樺などの林が迫っているが、滑落した土塊上にはこれらの木立ちはなく、スゲなどの雑草や灌木が載っている。滑り面の露出部には植物の根が入り



写真 4.5.1 北檜山北の町道盛土の被害 (1)  
Damage to road embankment (1) (Kitahiyama town)



写真 4.5.3 北檜山北の町道盛土の被害 (3)  
滑り落ちた土塊にはスゲ、イタドリなどが載っている  
Damage to road embankment (3) (Kitahiyama town)

込んでいる様子はなく光沢を帯びており、盛土があるいは部分的に板状体(草や灌木の根が網の目のように入り込んだ表層部分)を引きずって滑り落ちたものと思われる。この盛り土崩壊の起こった台地の南端部に既に 2 章で述べたように丹羽村共同墓地などがあり、この地域の地震動を考えるうえで参考になる。丹羽村共同墓地では 7 月 16 日の時点でおよそ 26 % ほどの梶石が転倒していた。既述のように地震直後にはこれを上回る梶石の転倒があったものと推定される。

#### 4.6 国縫から今金まで (230 号線)

◎ 国道 230 号線, 国縫・今金間 (7/17)

国道 230 号線の国縫・今金間は、美利河畔を越える山間の国道である。美利河畔の東側は国縫川にそって、西側は後志利別川に沿って、標高数百メートルの山々に挟まれた河谷を縫っている。図 4.6.1 は大日本帝国陸地測量部、大正 9 年発行の 5 万分の 1 の地形図に現在の道路を破線で書き加えたもので、かなりの区間が旧道とは異なる場所に建設されている。図中の●印が路肩の陥没、○印が盛土沈下などによる路面変状箇所を示している。美利河から中里に至る後志利別川沿いの斜面や沢地を渡る盛土部分、扇状地か旧崩壊地跡と思われる箇所を通過する部分に被害が集中している。(小長井研究室)

この区間の通過時は夕刻に達していたため、走



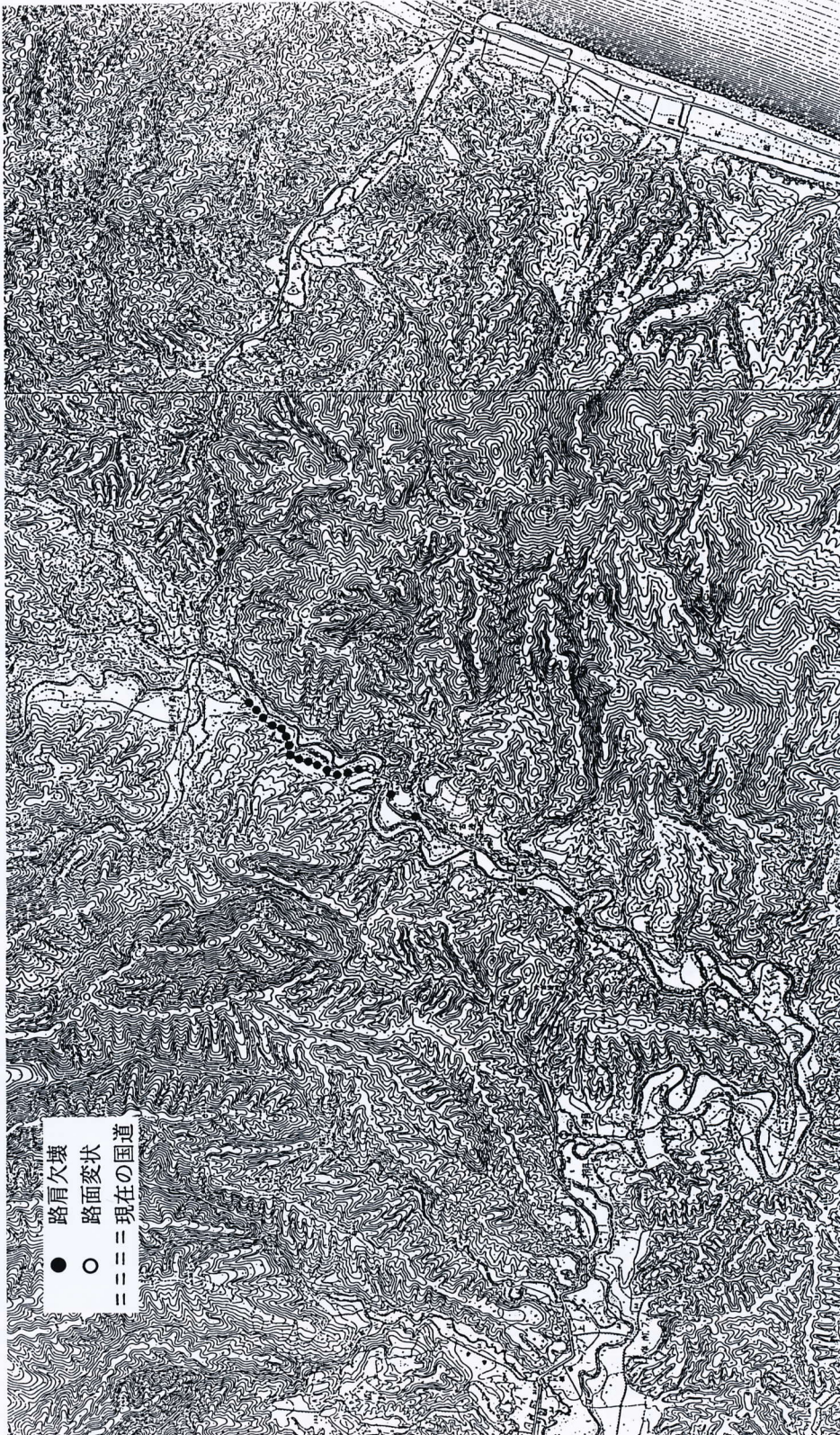


図 4.6.1 国道 230 号線の被害 (国縫・今金間)  
 Distribution of damages to route 230 (between Kunnu and Imagane)



行しつつ、路盤の変状（不等沈下、路肩の状況、法面崩壊、橋梁取付部の沈下）に注目して、被害箇所発見に努めた。被害は、図 4.6.2 に示す通りで、国縫川沿い、更に後志利別川に沿って多くの一部分は短支間である一橋梁が架けられているが、殆んどの場合、取付部の段差が認められている。又路盤の不等沈下、横断クラックもこの区間で少数ではあるが発生している。（田村研究室）

凡 例	
●	橋梁被害 (取付け沈下を含む)
○	路肩崩壊
▲	縦断クラック
△	横断クラック
◎	不等沈下
⊗	陥没
⊙	水道管破裂(新聞参照)
□	その他の土木構造物の被害
○	橋梁被害(鹿島、清水建設、大成建設、神戸大学、東京大学生産技術研究所)

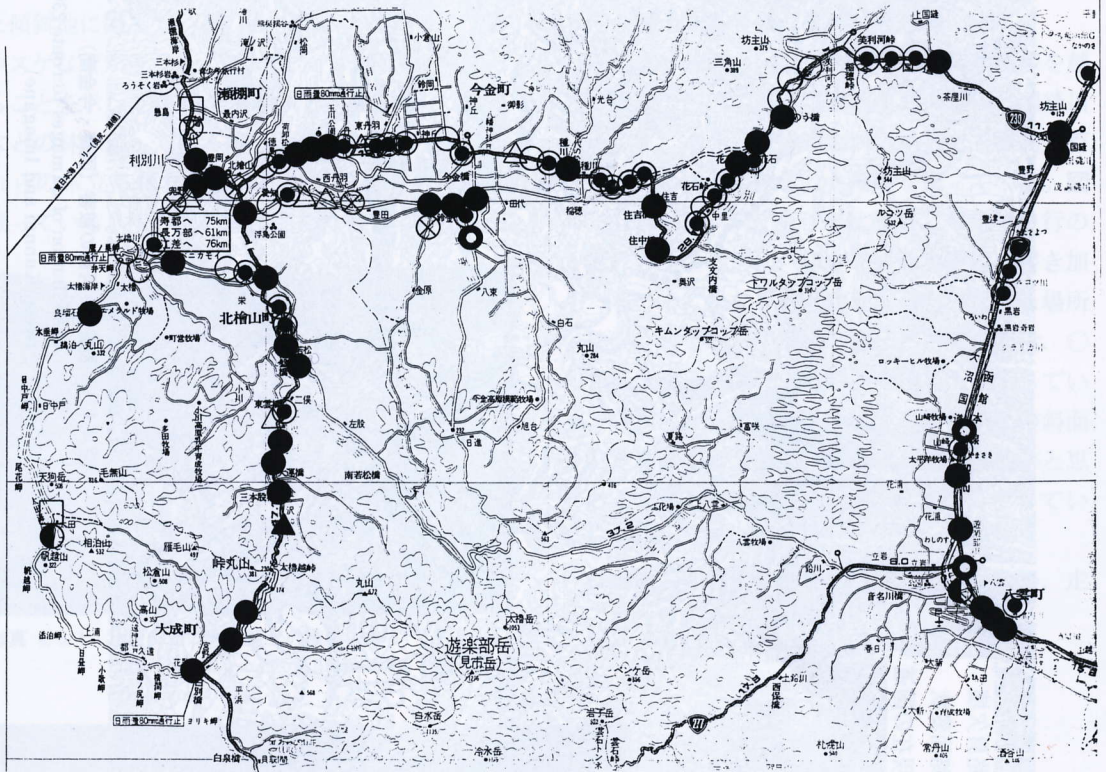


図 4.6.2 国道 230 号線及び 229 号線の道路被害概要  
Damage to routes 230, 229 and 5



## 4.7 230号線沿いの北檜山町の被害

### ◎ 目名橋近辺 (田村研究室: 7/18)

230号線は目名橋で利別目名川を横断する。この橋梁は2スパン単純PC桁橋(4本主桁)で橋長約50mの左約10°の斜橋であって昭和41年11月竣工したものでほぼ東西方向に架かっている。橋の両端では取り付けが沈下すると共に横断クラックが発生していて、東側橋台から約40~50m区間で応急工事が終わっていた。支承と橋梁躯体とのずれから、東側橋台が約5cm、西側橋台が約3cm夫々河心側に動いたことが推測された(写真4.7.1)。橋台を固めるコンクリートブロックの護岸工は河心側に寄って崩壊している。



写真 4.7.1 目名川橋左岸橋台上の支承部  
Cracks and movement of bridge support  
at the left abutment, Mena river bridge



写真 4.7.3 丹羽頭首工の被害  
右岸堤防と制御室を結ぶ桁橋、とそれを支持  
するRC片持梁部分の被害  
Control room of the weir works was  
damaged (2)

この橋の上流約40~50mには、丹羽頭首工が設置されている。この頭首工はローラゲート型式の部分と自動堰型式の部分とが一体として構成されていて(写真4.7.2)、ローラゲートには巻上げ用門型RC構造が作られており、この構造と右岸堤防の堤頂とが鋼桁橋で結ばれている。又この頭首工の制御のため堤内地には制御室が設けられており、制御室と堤頂とは連絡用の通路としての長さ約10mの鋼桁で結ばれている。制御室と堤頂との連絡用鋼桁の端部を支持し固定するため、制御室から張り出しているRCの片持梁は元付で破壊し(写真4.7.3, 4.7.4)、連絡用鋼桁を中間で支持するよう制御室から張り出している可動支持部は損傷を受けず、又堤頂の固定端も殆ど残留

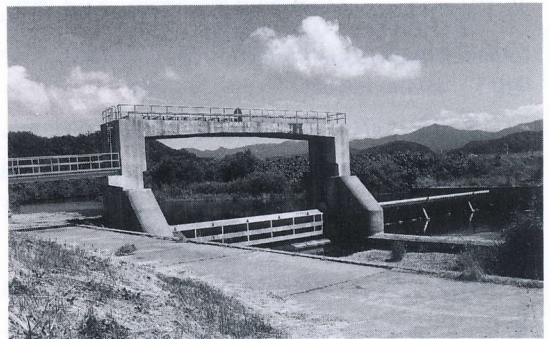


写真 4.7.2 丹羽頭首工の全景(目名川橋より約50m上流)  
The Main Niwa weir was not damaged  
(Mena river)(1)

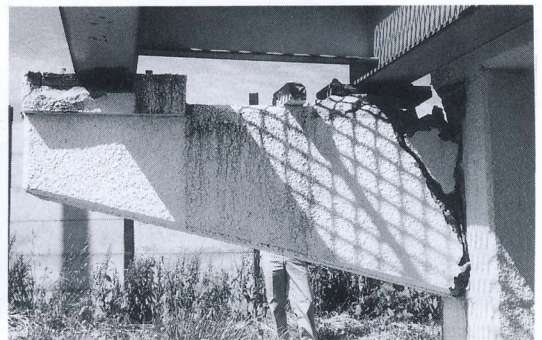


写真 4.7.4 丹羽頭首工の被害  
写真4.7.3に示す片持梁部の破壊状況の近接  
撮影  
Control room of the weir works was  
damaged (3)



変位を残していない。制御室から張り出している固定支持部では主筋φ 25 mm 帯筋φ 13 mm が使用されている。制御室の4本の支柱(RC)と地盤との間には隙間は見出されていない。制御室と鋼桁との相対変位は可動支持部で測定した結果15 cmで、又堤防と鋼桁との相対変位は約4 cmである。従って11 cm以上の相対変位があったことが分かる。このことは堤頂と制御室との間の距離が11 cm以上縮んだことを意味する。この理由は明らかではないが、川を横断して構造的に剛な頭首工が設置されたことにより、河心方向への移動が拘束され、この部分の両河岸の地盤が、他の部位とは異なる動きをして、大きな歪みを生じたのではないかと推測される。頭首工の直ぐ右岸下流ではコンクリートブロック護岸が約10 mの幅で河心側へ、円弧滑りの型式で滑動している。

目名川橋に近い玉川公園近傍で取付部が沈下している長さ6.4 mの小規模の橋梁があった。両橋台が河心側へ寄っていること、東側の取り付け道路には幅約2 cmの横断亀裂が発生していることが分かった。いずれの場合も橋台が河心側に移動していることおよび川の両岸部が河心に向かって移動した可能性のあることを示している。

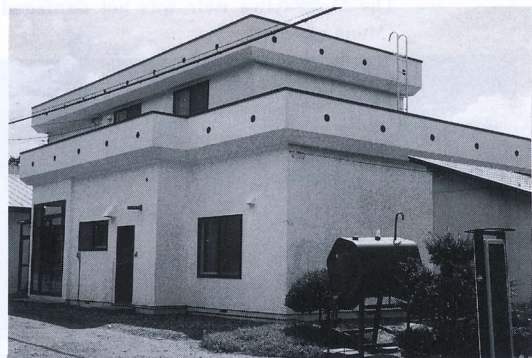


写真 4.7.5 目名川橋近くの民家  
構造的な被害はない  
Residential houses near the Mena river  
bridge (No major damage was found)

この橋より約100 m離れた(西丹羽地区)民家で地震動について得た情報は次の様である。但し、この住家はモルタル塗2階建て木造家屋で建ててから間もないもので正面から見た所、被害は認められなかった(写真4.7.5)。

1. 1階でシャンデリアが落下した。
2. 1階でジュータンの両端にあった棚が動いて互いに近づいたためジュータンが盛り上がる程になった。
3. 1階天井と壁の継目で約5 mm程隙間ができた。
4. 2階ではステレオが動き、箆筒が移動したが倒れなかった。(ジュータンの上にあった)
5. テレビは、1, 2階とも倒れなかった。
6. 家の裏側の外壁で1階に窓の下に2本の略々鉛直の亀裂が入った。

この家の隣は丹羽郵便局で、外見上は被害は認められなかったが棚が倒れた由である。

丹羽の上中村で230号線から分かれ南へ約600 m入った所(図4.6.2)で、4~5 m窪んだ凹地を通過する。この部分で道路に可成りの亀裂が発生している。この凹みの勾配は $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ で3/100~5/100に略々対応する。この凹みの両側で道路並びに丘の斜面に亀裂が生じ、一部には段差が発生

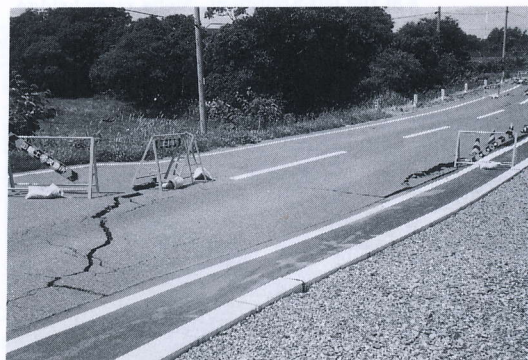


写真 4.7.6 丹羽、上中村の道路被害  
凹地を埋立てて建設されていて、沈下し、両側の傾斜部分に亀裂が入り、中央部へ移動した  
Settlement of road embankment associated with its lateral flow



している(写真4.7.6)。この様に勾配がゆるいにも拘らず斜面に滑動が生じているのは注目される。大正6年の地形図によれば当該点の凹地部分は乾田になっており、その後埋め立てられたことが分かる。丘の斜面に沿って亀裂があること、植生が変わっていることから、この亀裂、滑動には旧地形と地盤条件が強く関連しているものとみられる。

#### 4.8 国道229号線沿いの被害

◎ 国道229号の被害分布(田村研究室:7/20)

北檜山町より229号を南下し、大成町、熊石町、乙部町、江差町、更に227号を東へ進み、厚沢部町、大野町、上磯町を経由して函館まで、被害の分布の概要を知るため、道路に沿って視察により調査したので、誤謬を覚悟で気付いた点を記述する。

橋の取付けの段差をBAS、道路の不等沈下をRUSの記号であらわして表にすると次の様である。詳細は後に発表されるものにまつことにしたい。



写真 4.8.1 大成町の津波の被害(1)  
大破した家は既に取りこわされている  
Totally collapsed and partially damaged houses due to tsunami attack (Taisei town) (1)

北檜山町若松		道路工事	大成町	大成町街	が著しい(写真4.8.1,4.8.2-口絵)
"		堤防被害	"	小川橋周辺	
北檜山町下二俣	静橋	BAS	"	潮橋	BAS
"		BAS	"	白泉橋	BAS
"		RUA	"	横潤橋	BAS
"		路盤に横断亀裂	大成町釣の淵		路盤に縦亀裂
北檜山町中二俣		BAS	"		落石
北檜山町賀老	賀老橋	BAS	熊石町鮎川	鮎川橋	BAS
北檜山町上二俣	金ヶ沢橋	BAS	"	鮎川海岸	RUS
北檜山町金ヶ沢	三本股橋	BAS(B)	熊石町黒石泊	冷水橋	BUS
北檜山町久遠沢		斜面破壊	乙部町栄浜		斜面破壊
"		路盤に縦亀裂	" 鳥山		BAS
"		RUS	" 館の岬手前		落石
大成町		道路工事の跡が約1km連続	" 館浦		食堂のテレビ落下
"	丸山橋	BAS	乙部町	姫川橋	BAS
"	青山橋	BAS	乙部町滝瀬		RUS
"	太櫓越橋	BAS	厚沢部町五厘沢		路面横断亀裂
"	大成町街	海岸沿いの民家の津波被害	"		RUS



写真 4.8.3 厚沢部川河口、柳崎橋上流右岸堤防の被害  
堤頂の縦横亀裂が発生している  
Damage to the bank of the Assabe river  
(right-hand side and upstream of the  
Yanagizaki bridge)

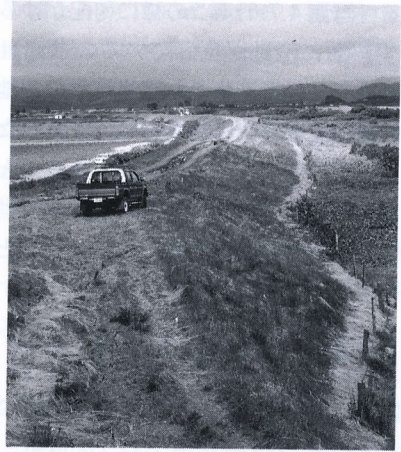


写真 4.8.4 写真 4.8.3 と同じ地点で橋の直上流部の堤防  
の状況で不等沈下が明瞭である  
Uneven settlement of the right bank  
(nearly the same point as shown in  
photo. 4.8.3)

厚沢部町中崎		路面横断亀裂 RUS		目名川に 架る橋	BAS
厚沢部町 鹹川河口	鹹川の橋	BAS  盛土の沈下	富本 栄町		路肩沈下 路面工事 道路陥没
厚沢部町 厚沢部川河口	柳崎橋	BAS 堤防に縦亀裂、堤外側法面 が亀裂沈下 厚沢部川河口付近で液状 化、亀裂、沈下が多発して おり既に応急工事が進んで いる(写真4.8.3, 4.8.4)。 厚沢部川、特にその河口 部(安野呂川が分かれる付 近迄)は昭和20年以降大 規模な改修が行われ、大き く蛇行した川筋はなめらか な曲線に形を変えされてい る。これが被害と関連する のではないかと推測され る。(図4.8.1) 道路陥没	山道  木間内部落 旭丘	渡橋 鶉ダム	比較的平坦な山地を通過し ており被害・変状が認めら れない。また畠地を通過す る部分も多いが被害・変状 なし。 BAS 修理工事の跡 高さ52.2mのこのロック フィルダムは農林水産省の ダムであって、現在堤体工 事はほとんど終わっており、 余水吐の工事が進行中 で来年3月打上げの由で あった。外見では左岸の落 石の他被害はなかったが、 工事担当者の説明によれば 堤体が若干沈下し監査廊は 地震時にうねるように動い



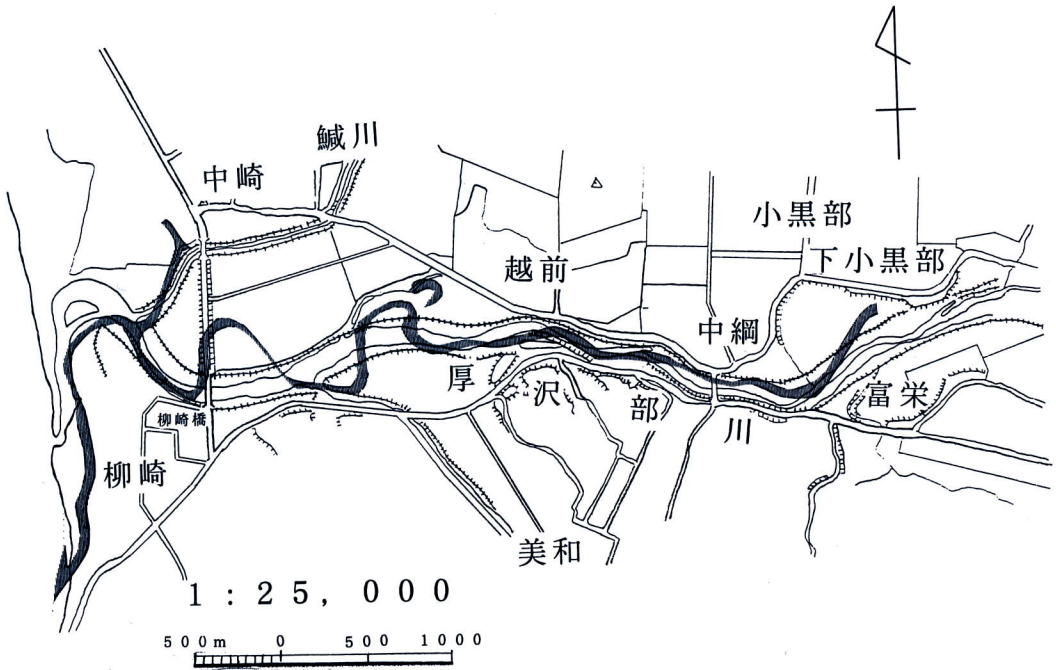


図 4.8.1 厚沢部川下流における現堤防と旧河道  
Present embankment and old river trace  
near the mouth of the Assabe river

	たということであった。沈下計が設置してあるが、未だ調査されていないとのことであった。		中天狗橋	BAS
			下天狗橋	BAS
			天狗橋	無被害 右路肩修理跡
稲蔵石トンネル		下二股橋	下二股橋	無被害 右路肩修理跡
旭橋	RUS 道路工事の跡あり	石川沢	大石橋	BAS
三角沢橋	RUS	村山		工事跡を見出す
中山トンネル(全長740m)		大野川を渡る橋は殆ど石川沢あたりまで段差が発生している。		
中山橋	BAS	修理工事の跡も亦認められる。		
大和橋	BAS	石川沢を過ぎるとその発生が減少する。		
上天狗橋	BAS	本郷、本町では家屋の被害は見出せなかった。		

◎ 風化したシルト岩、砂岩の崩壊（小長井研究室：7/20）

写真 4.8.5 は金ヶ沢地区の国道 229 号線沿いの崩壊箇所である。岩質は定かではないが、滑落崖上部は角礫化の進んだ茶褐色のシルト岩か砂岩、下部はやや白色をおびた層でかなり風化が進んでおり、一部に玉葱状に風化した卵型の岩石が露出している。この崩落面下部はかなり平滑で全体が一気に滑り落ちたと推測される。崩落した土石はコンクリートの擁壁を押し倒し、道路表面に落石痕を残している。国道はこの区間で片側通行となっている。

◎ 基栄橋（厚沢部町） △≒134 km（小長井研究室）

基栄橋は北海道本島厚沢部川河口から約 5 km の位置に架かる橋長 105 m の 7 径間単純鋼鈹桁橋で昭和 45 年に完成している（図 4.8.2、写真 4.8.6）。橋脚は直径約 80 cm の円形断面の張り出し式で河中にあって最も地表部分の長い 4 本の橋脚にひび割れが認められた。このうち北よりの河川敷に最も近い橋脚の被害が大きく、被りコンクリートが剥落し主鉄筋や帯筋が露出した（写真 4.8.7-口絵）。主鉄筋は座屈して橋脚面外方向にはらみだしている。この橋脚の上流側と下流側の両面で被りコンクリートが剥離しており、また剥離面には破碎されたコンクリートの微粉末が付着し



写真 4.8.5 金ヶ沢地区の斜面崩壊  
風化した丘陵斜面が崩落。斜面中ほどに玉葱状に風化した岩が露出  
Landslide at Kanegasawa region

ているので、この橋脚は橋軸直角方向に繰り返し強く揺すられたものと考えられる。この橋脚ではさらに数 10 cm 上部にも水平に橋脚を一周するクラックが認められる。この損傷は昭和 57 年の浦川沖地震の静内橋、そして今年の 1 月 15 日の釧路沖地震での依田橋、初音橋などの橋脚で見られたものと酷似している。浦河地震、釧路沖地震におけるこのような被害はいずれも円形断面橋脚の主鉄筋段落し部に発生している。基栄橋の橋脚上部工と下部工の詳細な図面を入手していないので段落としとの関連は明らかでないが、これを確認するためには特に基礎の形式と地盤の状況の把握が重要である。



写真 4.8.6 基栄橋  
The Motoe bridge



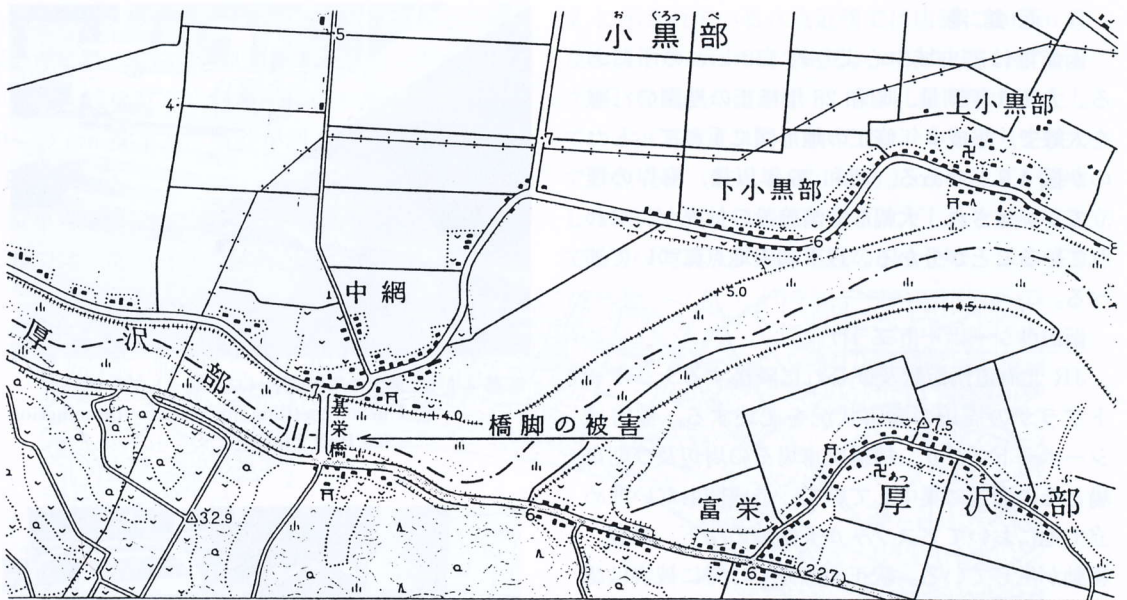


図 4.8.2 基栄橋および周辺地形  
Location of the Motoe bridge

#### 4.9 木古内・函館～森にかけての被害

(田村研究室：7/17)

海峡線から、江差線を含めて函館に至る区間にかかなりの被害が発生している。車窓よりみた被害は、次の様である。

木古内駅前、トンネルを出た直後木古内川手前の大谷地区でコンクリート高架橋を渡るが、この



写真 4.9.1 江差線木古内川手前の大谷地区で認めた高架橋の橋桁端の圧壊  
Compressive failure at the end of beam of elevated bridge, Esashi railway line, near the Kikonai river

上り線で橋桁端部に圧壊と考えられる損傷が連続して生じているのが認められた(写真4.9.1)。木古内川右岸では護岸の崩壊が発生していた(写真4.9.2)。木古内駅に至る間、片線のみで5本の送電柱の傾斜、損壊、修理跡が認められ、軌道の盛り替えは殆ど連続的に実施されていた。この部分で軌道の沈下、法肩崩壊、線形狂いを生じ電柱の傾斜、損壊が多発している。



写真 4.9.2 木古内川右岸堤防の護岸の被害  
Damage to riparian works, right bank of Kikonai river



## ◎ 函館港

函館港は震央域中心より約 150 km の所にある。大正 4 年測量、昭和 26 年修正の地図の汀線を太線で、平成 2 年修正の地形図に重ねて示したのが図 4.9.1 である。昭和 26 年以後、海岸の埋立てが実施され、大幅な港湾施設の拡充が行なわれていることが分かる。以下調査地点について述べる。

### 函館港シーポートプラザ

JR 北海道函館駅及びこれに隣接するシーポートプラザの周辺の地震状況を記述する。被害はシーポートプラザ、棧橋駐車場その周辺及び朝市場とその周辺に集中していて、造成間もない埋め立て地においてアスファルト舗装の沈下、亀裂、移動が生じている。駅正面部分では特に被害は認められないが、駅前の拓銀ビル前及び第一勧銀前の煉瓦張の路面に亀裂が入り、松風町サンボシ銀座付近の RC 建物(4 階と思われる)の最上階で外壁の煉瓦に削落が生じているなど、軽微な被害が発生している。

駅及びシーポートプラザ周辺の概略を図 4.8.2 に示す。

シーポートプラザでは地盤沈下が一帯に発生し、道路は不陸になり、亀裂が走り、液状化による噴砂が所々にたまっている。

ピアマーケットの周辺は掘削工事が進行中で破損した埋設管の取り替えが実施されていた(写真 4.9.3-口絵, 4.9.4-口絵)。

ピアマーケットビルの裏側には入ることができなかったが、地盤が不等沈下しかなりの噴砂が生じているのが分かった。駅からシーポートプラザに至る路面には亀裂が入り、不等沈下を生じ(写真 4.9.5)、建物との間で相対変位がみられ、引き込み線には噴砂が認められた。

シーポートプラザ前の棧橋駐車場ではアスファルト舗装に数条の亀裂が入り不等沈下していて、所々に亀裂から噴出したとみられる細砂がある。棧橋駐車場は 1968 年以降に造成(埋立)された



写真 4.9.5 地盤の不等沈下(シーポートプラザ)  
Uneven settlement due to liquefaction  
(Sea Port Plaza)



写真 4.9.6 地盤の不等沈下と亀裂(シーポートプラザ)  
Cracks of pavement and uneven settlement  
(Sea Port Plaza)



写真 4.9.7 棧橋駐車場護岸の不等沈下の液状化による噴砂  
Fine sand spouted out by liquefaction  
and settled retaining structure(Sea Port  
plaza)



ものである。シーポート道路と棧橋駐車場との境界の柵に沿って陥没、沈下があり、サンドコーンがある。棧橋駐車場の護岸は折れ曲がり、最大30~40 cm 沈下し、噴砂が溜まっていた（写真4.9.6, 4.9.7）。

駐車場に隣接して建てられているステーションビルでは一部の外壁の削落が生じていた。図4.9.

2 に示されているA点近傍では店舗に30 cm に及ぶ沈下があった由である。コンクリートブロック塀、発電機基礎が沈下、傾斜し、噴砂が発生している（写真4.9.8）。朝市では、中央通りを挟んで鮮魚売場（駐車場側）は約1 m の沈下が発生した由で、電柱は鉛直のまま沈下したということであり（写真4.9.9）、電柱の引き上げ、床の盛り



図 4.9.1 函館港の施設状況  
太線は大正4年陸地測量部の地形図に示されたもの  
Hakodate Port. Thick line shows coast line in 1913

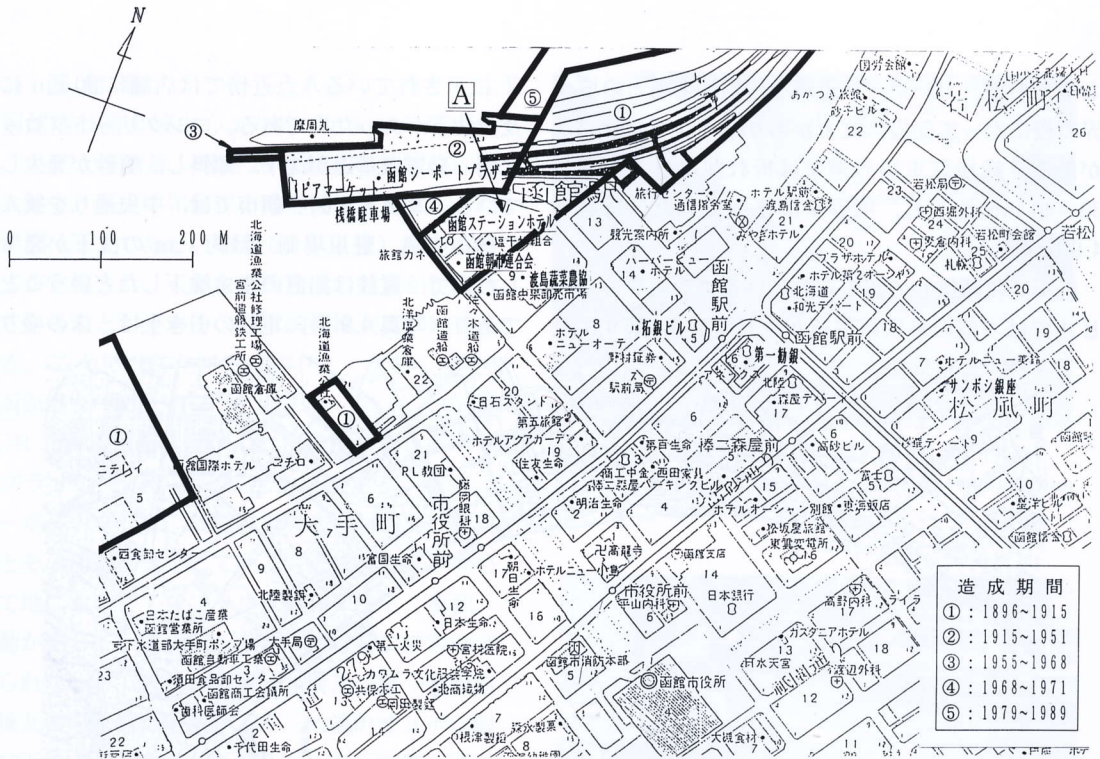


図 4.9.2 シーポートプラザ周辺地区の海岸埋立状況（東京工業大学時松助教授の好意による）  
Process of reclamation around Sea Port Plaza

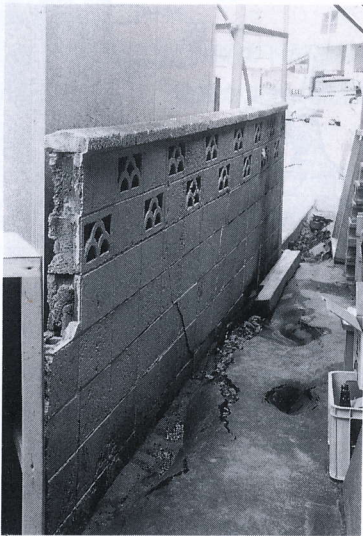


写真 4.9.8 図 4.9.2 の A 点におけるブロック塀の被害  
地盤の不等沈下などが多発している  
Broken concrete-block fence (Sea Port Plaza)



写真 4.9.9 正午の朝市  
写真の左側が約 1 m 沈下し電柱が沈下した。  
その後埋立て修復された。左側部の埋立時期  
が相対的に新しい  
“Asaichi” market near Sea Port Plaza.  
Left side of road has sunken by about 1  
meter. This part is the latest reclaimed  
land among the others.





写真 4.9.10 函館港北埠頭の被害  
岩壁背後の埋立部の液状化  
Liquefaction of reclaimed land behind  
quay wall, Kita-Futo, Hakodate port

上げ跡がこの区域全体で認められた。他方、この道路の反対側の蔬菜市場ではこれと対照的に、それ程烈しい変状は生じていない。住民によれば、「同じ埋立地域ではあるが、魚市場は未だ新しい造成地であるため蔬菜市場の被害と差があるではないか」とのことであった。

前述の様に棧橋駐車場を除いてステーションホテル、ならびに、朝市の鮮魚売場を含んだ台形の地域は1896年から1915年（大正4年）の間に造成されたものであり、経過年数の長さ按比例して地盤震害が減少していることが注目される。

この一角が特に著しい震害を受けているのは、埋立地盤で発生した液状化が強く関係しているものと考えられるが、地震動の強さと関連させて、その程度の差を生じた要因をつめる必要がある。

#### 中央埠頭

中央埠頭は、シーポートプラザの北々東約1.1



写真 4.9.12 北埠頭における上屋と地盤の沈下  
Warehouse and uneven settlement of  
the ground, Kita-Futo

kmの所にある幅約160m西北西方向に突出している埠頭で、函館埠頭倉庫、港湾合同庁舎、日本セメントなどがある。ここでは岸壁に沿って極めて僅かの隙間の開口が認められた外は被害らしき状況は見当たらない。埠頭倉庫の北側の入り口で柱に縦亀裂が入り又、窓の変形が生じている箇所があったが、地震によるものかどうか不明である。中央埠頭は昭和26年の地形図には現状の埠頭全体ではないが既に記されていて相対的に古いものである。

#### 北埠頭

中央埠頭の略々北約1.4kmにあり幅約200m、約150m突出していて、昭和26年の地形図には記されていない。この埠頭では著しい液状化が発生している。略々西の方向に突出している本埠頭は広い後背地（埋め立て地と考えられる）があり、埠頭先端より約200mの範囲で舗装の亀裂、沈下が多発し、噴出した細砂が広く堆積している。液状化は先端に行くに従って、烈しくなるが、岩壁そのものの変状は一部の岩壁の脊部で法線に沿って細い縦亀裂はあるものの、法線は直線を保っていてとくに損傷は認められず、岩壁の脊後の埋立土の液状化が被害の主な要因をなしているものと考えられる（写真4.9.10、4.9.11-口絵）。写真4.9.12は上屋の周辺の地盤の沈下を示している。

東日本フェリーターミナル

本ターミナルは調査した埠頭の内最も大きな被害を蒙っている。幅約 200 m, 西南西に向いて突出した埠頭で岸壁の傾斜, せり出し, 亀裂, 脊後の埋め立て地の沈下などである。埋立土の液状化が主なる原因であろう。

概略の平面図は図 4.9.3 に示してある。図中の番号は写真と対応している。

写真 4.9.13 は北側の護岸の被害を示す。全般に沈下し前傾しており一部のブロックが特に海側へ動いているのが分かる。他の部分と対比してこの部分が沈下し, 変形していることが認められる。

写真 4.9.14-口絵は北側の栈橋の車両のための道路の脇の部分である。著しいクラック, 陥没, 噴砂がみられ, 全般に沈下している。

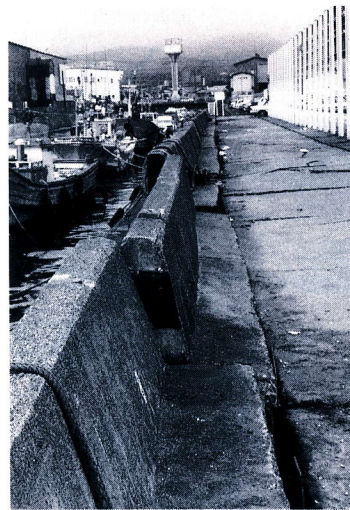


写真 4.9.13 東日本フェリーターミナルの被害 (1)  
東護岸の被災状況  
(写真番号(13)は図 4.9.3 の⑬に対応している。以下⑳まで同様である)  
Retaining wall thrust out toward the sea (Higashi Nihon Ferry Terminal (hereinafter abbreviated to H.N.F.T)) (1)

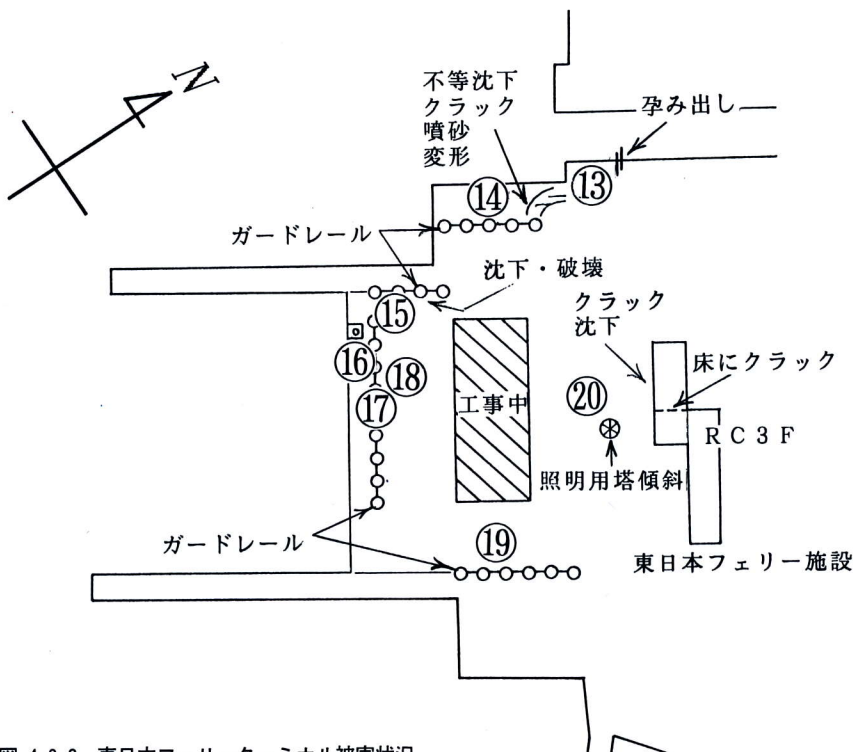


図 4.9.3 東日本フェリーターミナル被害状況  
Damage to installation at Higashi Nihon Ferry Terminal





写真 4.9.15 東日本フェリーターミナルの被害 (3)  
 栈橋アプローチ部分の破壊  
 Settlement and cracks of pavement  
 near the approach to jetty (H.N.F.T) (3)



写真 4.9.16 東日本フェリーターミナルの被害 (4)  
 前面護岸の背後の状況 (1)  
 Uneven settlement of pavement  
 (H.N.F.T) (4)



写真 4.9.17 東日本フェリーターミナルの被害 (5)  
 前面護岸の背後の状況 (2)  
 Settlement of backfill behind quay wall  
 (H.N.F.T) (5)

写真 4.9.15 に示す栈橋のアプローチ部分は、上り勾配になっているが、この部分が壊れ著しく変形した。

写真 4.9.16, 4.9.17 に示す様にこの護岸は前傾し、舗盤と護岸との間は大きく開口し、埋め土部のアスファルト舗装には亀裂が入り不等沈下を生じた。

写真 4.9.18 は、護岸の法線にそって設けられた柵のための鋼管杭の列である。13本の杭の間隔は杭頭で 24.03 m、杭の根本で 24.16 mであり、両端の杭の傾斜よりみて杭の基盤部が、この間に 13 cm 伸びていることが推測される。このような地盤の伸びは、この反対側にある南側の栈

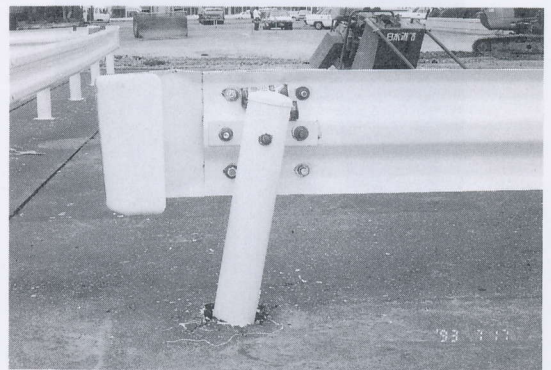


写真 4.9.18 東日本フェリーターミナルの被害 (6)  
 前面護岸の長さの延伸によって生じたと思われる柵の変形  
 Fence pole bent by deformed ground  
 (H.N.F.T) (6)

橋にも影響を及ぼしている。

写真 4.9.19 は南側の栈橋の元付部の柵にずれていることを示す。

写真 4.9.20 は埠頭の中程にある照明灯である。僅かに傾いているのが分かる。

東日本フェリーの建物では周辺の地盤が沈下し、内部では横断する様に床に亀裂が発生していた。

以上シーポートプラザ、中央埠頭、北埠頭、東日本フェリーターミナルを調べた。昭和 26 年以前に造成された地域は、シーポートプラザの一部を除けば殆んど被害が発生していない。昭和 43 年十勝沖地震の際には、昭和 30 年から昭和 43 年の間に築造された部分は大きな被害があった。昭和 26 年以降に建設された部分、構造物は液状化により大きな被害が発生している。万代埠頭、函館ドック、緑の島、西埠頭、豊川埠頭、若松埠頭、有川埠頭等にも大きな被害があった模様である<sup>9),10)</sup>。何れも建設後 40 年以上は経過していない。



写真 4.9.19 東日本フェリーターミナルの被害(7)  
地盤の変形によるとみられる柵のずれ  
Deformation of reclaimed land (H.N.F.T) (7)



写真 4.9.20 東日本フェリーターミナルの被害(8)  
照明灯の傾斜  
Tilted light pole (H.N.F.T) (8)

#### ◎ 函館～(5号線)～森町姫川町～八雲町

函館から車窓より視察しつつ5号線を北上する。

家屋はトタン屋根でモルタル塗2階建がほとんどであり、家畜舎はトタン葺き蒲鉾型が一般的であって、家屋の被害は見出すことができなかった。森町姫川町までの間は大沼公園赤井川地点で道路に不等沈下が生じているのを視認したが、概して被害が少ないと見てよいのではないかとと思われる。

更に北上して森町清澄町では舗装に横断亀裂が入っているのが見出された。

森町鳥崎町では路肩の亀裂が認められ、同町驚の木町ではモルタル塗2階建住宅の外壁の窓の隅角部に亀裂の入っているのが分かった。

八雲町に入ると橋梁の取付部の沈下が多発する様になる。



奥津内川，ポン奥津内川，鷺の巣跨線橋，早瀬川，山崎川等の各橋梁取付部の段差が相次いで発生するようになる。又，三杉町－浜松一区では路盤の不等沈下が発生し，黒岩では，モルタル塗り民家の外壁に亀裂が入っているのが分かった。

このあたりより家屋，橋梁取付部の段差が続発するようになる。

#### 4.10 国縫・長万部・黒松内地区

( $\Delta \approx 100$  km) の被害

##### ◎ 旧長万部川沿い (小長井研究室)

長万部駅から海岸よりの地区では，水道管やガス管などに多くの被害が発生した。またこの地区では多くの液状化の痕跡が見られた。海岸砂丘上に幅員 22 m の学園海岸通りが建設中であったが，そのほぼ全長にわたって沈下が生じマンホールが 70 cm 程度突き出していた (写真 4.10.1－口絵)。この砂丘の内陸よりに砂丘に沿って地盤に亀裂が走り (写真 4.10.2)，所々に噴砂口が認められた。これらの亀裂が建築物を横切るところでは基礎の破損，不同沈下が随所に見られる。このあたりは旧長万部川の河道あるいは砂丘の後背湿地とみられ，これに沿う地域に被害が集中していると考えられる。図 4.10.1 は長万部町平成 4 年発行の都市計画図に，大日本帝国陸地測量部大正 9 年発行の地形図にある旧河道を書き込んだも



写真 4.10.2 長万部小学校校庭の亀裂  
Cracks crossing the Oshamanbe elementary school grounds

のである。調査した範囲ではこれに沿う地域の他，その延長上の砂丘後背地にも家屋基礎，埋設管等の被害が認められる。

##### ◎ 国道 5 号線沿い (中の沢地区，他) (小長井研究室：7/18)

中の沢地区を中心として，国道 5 号線沿いには数多くの液状化による被害が見られる。中の沢小学校では校庭に多くの噴砂の跡 (写真 4.10.3) が



写真 4.10.3 中ノ沢小学校校庭の噴砂口  
Sand volcanos spotting the Nakanosawa elementary school grounds

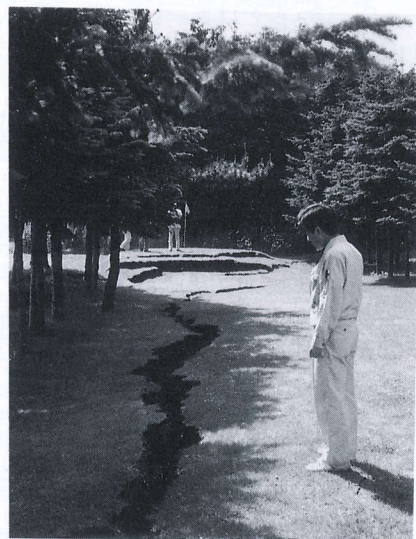
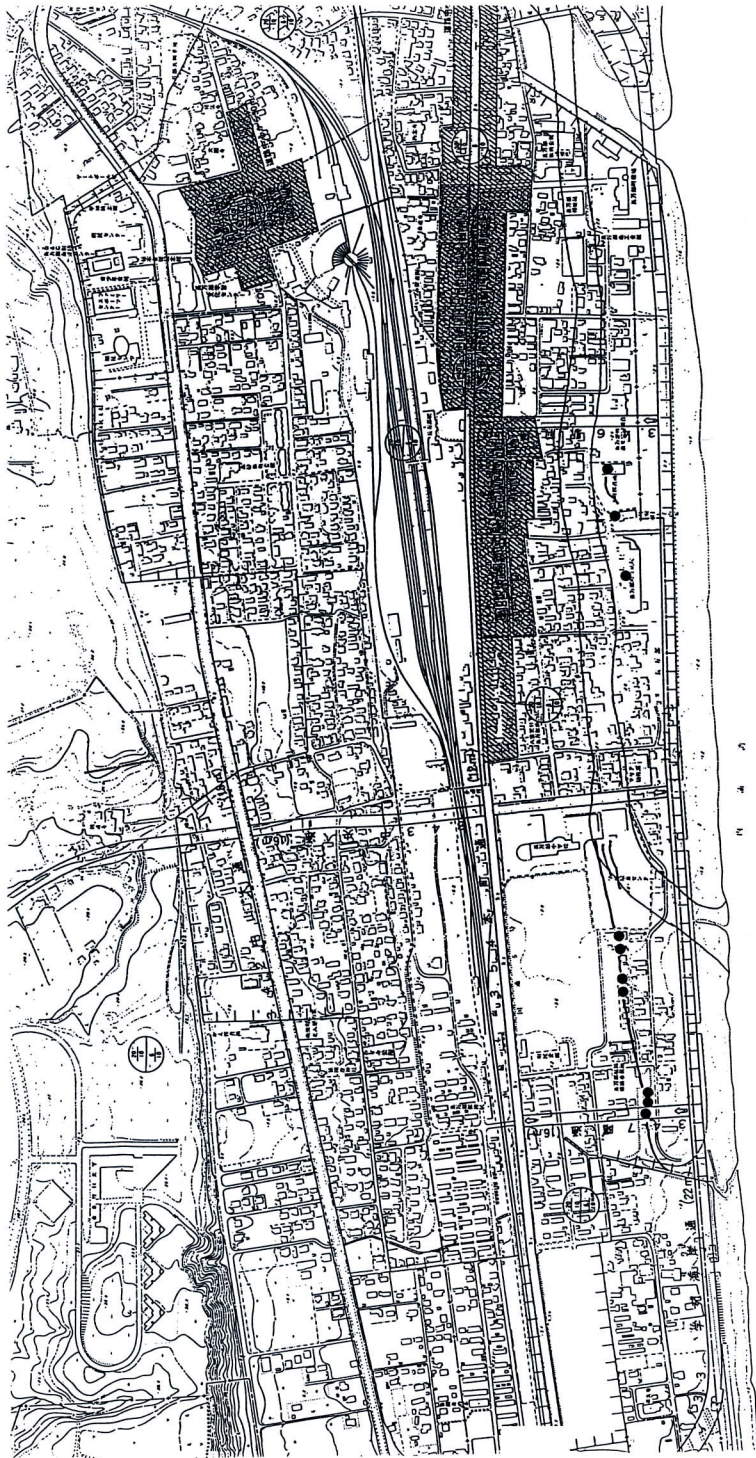


写真 4.10.4 中ノ沢小学校校庭北辺の亀裂  
Cracks along the north edge of the Nakanosawa elementary school grounds





● 家屋、基礎の被害 (当研究室調べ)  
 —— 地盤の亀裂 (当研究室調べ)



図 4.10.1 地盤の液状化による旧長万部川沿いの被害箇所  
 Locations of damages due to liquefaction (along the Oshamanbe river)



見られた他、校舎周辺の地盤亀裂(写真4.10.4)や基礎杭頭部の破壊も見られた。町役場での情報によれば、国縫から中の沢にかけては昭和37年ごろまで砂鉄の採掘が行われていて、その後、海砂を埋め戻した造成地上に小学校が建設されたと思われる。噴砂口の内側は、茶色のシルト質粘土が被膜状に付着しており、噴砂口の外側には灰-白褐色の砂の堆積物の上に細砂鉄が広がり放射状の筋を描いている。図4.10.2は、噴砂口の内側および外側から採取した砂の粒度試験結果である。均等係数は口内、口外でそれぞれ4.08, 1.61であり、またここで採取した砂には重量比で10%程度の砂鉄が含まれており、そのため土粒子比重は約3と幾分大きい。

◎ 洪積台地縁辺部の亀裂(小長井研究室)

長万部町街の北側の洪積台地(東京理科大学構内)の縁辺に沿って100mほどの亀裂が発生した(写真4.10.5)。市の調査では亀裂の深さは70cmほどである。この台地の斜面は35°~45°の傾斜で笹や灌木に覆われている。斜面の下部(切り取り部)はブロック積みと思われる擁壁で支え

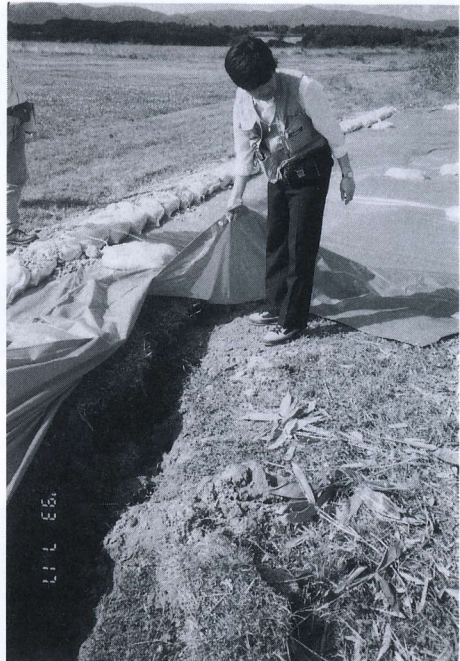


写真 4.10.5 洪積台地縁辺部に沿って走る亀裂(長万部)  
Opened crack along the rim of the diluvial terrace

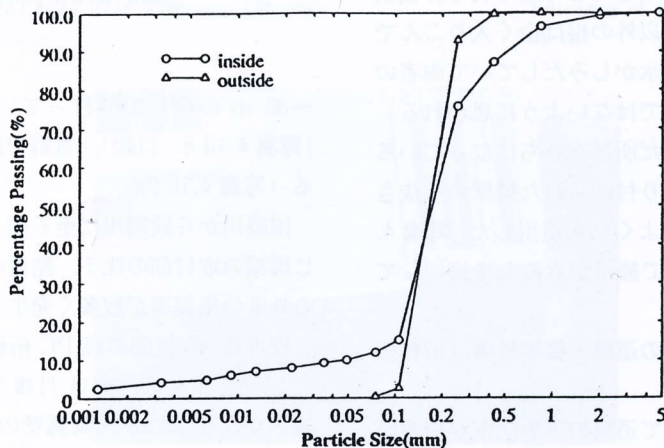


図 4.10.2 採取した噴砂の粒径加積曲線(中ノ沢小学校)  
Particle size accumulation curve(Nakano-sawa elementary school)

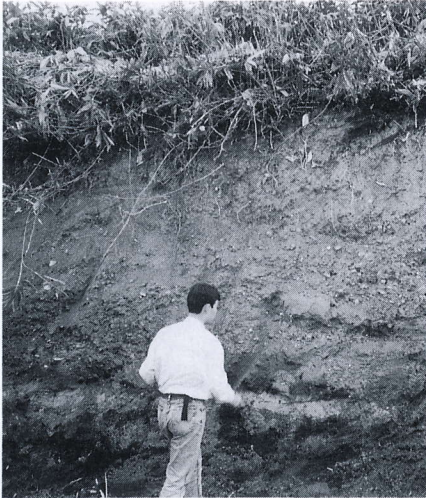


写真 4.10.6 洪積台地切通部 (長万部)  
Cut slope of diluvial terrace (Oshamanbe town)

られている。近くの切り通し部 (写真 4.10.6) から泥岩の台地表面には、直径数 mm~1 cm 前後の丸みをおびた軽石、石英などを最下層に表面に向かうにつれて細粒分、シルト分の増す数 10 cm の厚さの表層が堆積している。この表層は笹や灌木の根で板状体となっていて、亀裂はこの板状体を引き裂く形で発生したと考えられる。板状体下部の泥岩には毛根以外の根は全く入りこんでおらず、境界面からは水がしみだしていて両者の結びつきはあまり強固ではないように思われる。境界面が沢状にくぼんだ所は水みちになっている模様である。水栓の取り付けられた擁壁の水抜き孔の栓を開けると勢いよく水が噴出した (写真 4.10.7) ので、この箇所では擁壁が水みちを横切っていると思われる。

◎ 長万部町~国縫の道路・橋梁被害 (田村研究室)

豊津から豊野にかけて道路の不等沈下が相次いで発生している。道路盛土の高さは数 10 cm 程度で、平坦な地盤上 (泥炭地) に築造されているが、路盤は長くて 400~500 m に亘り起伏し約 25



写真 4.10.7 洪積台地縁辺の擁壁の水抜き孔 (長万部)  
Water outlet on retaining wall (Oshamanbe town)



写真 4.10.9 電柱の傾斜 (豊野)  
Tilted electric poles (Toyono)

~30 m の波長で波打っているのが認められる (写真 4.10.8-口絵)。豊野では電柱が傾斜している (写真 4.10.9)。

国縫川から紋別川に至る間、中の沢、平里を通じ橋梁の取付部の沈下、路肩の亀裂、沈下、家屋の外壁の亀裂等が数多く発生している。

紋別橋 (3 径間単純 PC 桁橋、5 本主桁、支間約 25 m、昭和 35 年 11 月竣工) 上部工には殆ど被害がなかったが、両翼壁の周辺の盛土が 4~5 cm 沈下し、又南側橋台付近の河川敷には亀裂が発生し、褐黄色のシルトに近い細砂が噴出しているのが認められた (写真 4.10.10, 4.10.11)。



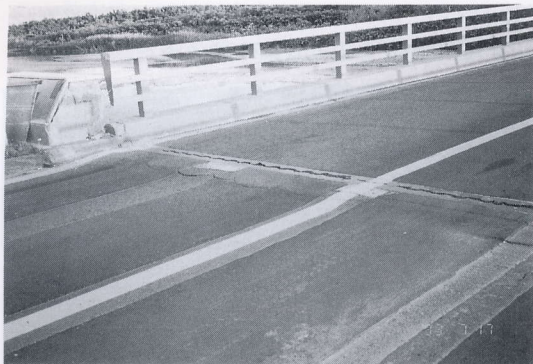


写真 4.10.10 紋別橋（内浦湾沿い、国縫北）の取付部の沈下  
Settlement of approach of the Monbetsu bridge



写真 4.10.12 紋別橋直ぐ北のドライブインの被害(1)  
盛土上に築造されていて、傾斜、変形した  
Distorted restaurant on earth-fill (1)



写真 4.10.11 紋別橋左岸橋台付近河川敷に発生した液状化と噴砂  
Spouted sand near abutment (Monbetsu bridge)



写真 4.10.13 紋別橋直ぐ北のドライブインの被害(2)  
入口部は浮き上がっている  
Entrance of the restaurant was lifted up (2)



写真 4.10.14 レストラン建物の端部が変形し浮き上がっている  
Distortion of the restaurant gave a lift to its right corner. (3)

この橋と平行して架かる鉄道橋（紋別川橋梁，6 径間単純鋼桁橋，支間 12.9 m）には変状はみられなかった。

紋別川よりすぐ北にドライブイン大阪屋がある。このレストランは約 4~5 m の盛土上に築造されていて，玄関口は浮き上がり，向かって左に傾き，そのため右側の土台柱と家屋ははなれ，かつずれていた（写真 4.10.12~4.10.14）。又，家屋の裏側の盛土部には，20~25 cm の幅の亀裂数条発生しているのが認められた。盛土の下は平場で果樹園であり左手には川が流れている。

又このドライブインに略々向い合って建つ 2 階建のレストランも亦著しい被害を受けている。RC の土台には多くの亀裂が発生し，家屋は傾き外壁には亀裂が走っている。又その隣の家屋も同様な著しい被害を蒙っている。家屋の周辺の地盤には亀裂が走り不等沈下しているのが認められた。之等 3 ヶ所の家屋は何れも無人の状態になっていた。

国縫から西に向って 230 号線が分岐すると，すぐ函館本線を跨える。この跨線橋は荒地に建設された門型ラーメン橋で，取付部の築堤高は約 7 m，法勾配は約 2 割である。この地震により盛土部に沈下，亀裂が発生し法肩は崩壊した。この跨線橋は昭和 28 年以降に建設されたものである（写真 4.10.15）。



写真 4.10.15 函館本線を越える国道230号線の跨線橋の取付（盛土）は著しく沈下，破壊した。緊急修理してある  
Severely damaged approach road to overbridge  
Urgent repair works has been completed (National road No. 230)

#### ◎ 国道 5 号線双葉 - 蕨岱間の盛土崩壊（小長井研究室）

国道 5 号線の双葉 - 蕨岱間で盛土部が沈下し，通行中の車両 3 台（トラック 2 台，タクシー 1 台）が難にあった。またこれと並行する函館本線の盛土も沈下した。調査で訪れた 7 月 18 日の時点で，最も沈下の激しかったおよそ 70 m の区間の盛り土を撤去し，2 箇所標準貫入試験が行われていた。このうち低地よりの場所では 18 m の深さに至っても N 値が出ない様子で，採取された資料からピート，泥炭，シルト質粘土などが厚く堆積している様子が窺えた。崩壊した盛土が知来川の谷地と丘陵部が接する箇所であったことから，谷地の堆積物の厚さが急激に増加しているものと考えられる。盛り土は約 10 m 以上側方に押し出し，JR 函館本線にほぼ到達している。のり尻部には水がしみだしている。（写真 4.10.16 - 口絵，4.10.17）

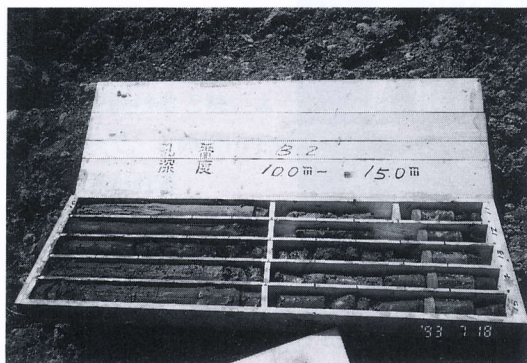


写真 4.10.17 深さ 10~15 m の地盤状況  
Sampled core (-10~15 m)



◎函館空港（田村研究室）

函館空港は函館駅の東約 6 km の所にあり、ロームの洪積地盤に建設されている。この地震による機能への影響はなかったが、鉄骨柱 RC 床版 2 階建一部 3 階建の空港ターミナルビルは軽度の被害を蒙った。

このビルはほぼ南東方向の長さ 100 m を超える建築で南東方向に 2 度に亘って延長増築して完成したものである。1 階部分では壁には部分的に亀裂が入り、トイレのタイルが剥落し、2 階に通ずる鉄製階段の取付や出発ロビーに通ずる階段の手摺に亀裂が生じた。2 階では、待合せ室にある 3 台のテレビの内 1 台が倒れ、事務所の 2 段重ねの本箱は上段が落下し（北東方向）、天井に取り付けた隔壁板がはずれて落ち、建物の北西端の壁には水平の亀裂が発生した。又 3 階では窓ガラスが割れている。

これ等の被害から当該地点では比較的高い振動数を多く含む強い地震動があったことが推測され、ロームの洪積地盤に造られていることに関連があるものと考えらる。

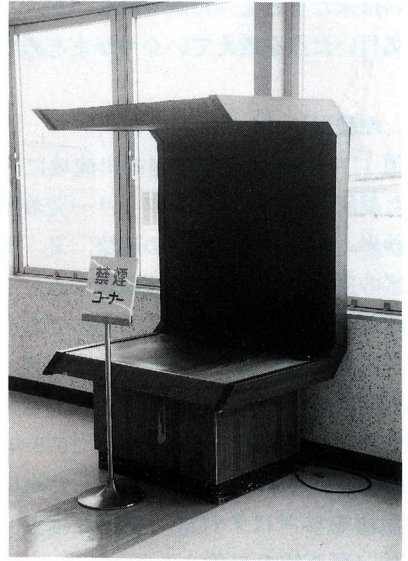


写真 4.10.19 函館空港 2 階待合室のテレビ台 3 台のテレビの内 1 台が倒れた Television on the pedestal toppled down, (Hakodate air port)

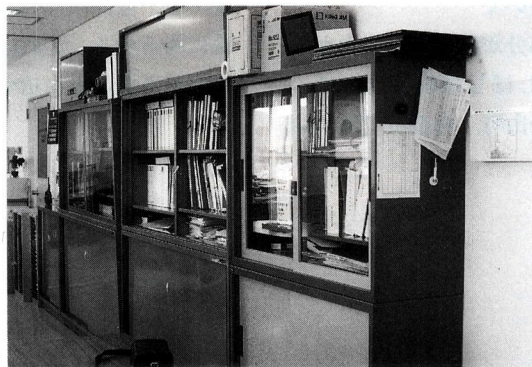


写真 4.10.18 函館空港ターミナルビル2階事務所では、2 段重ねの本棚は上段が全部倒れた（積み直したもので歪んでいるのが分かる） All upper bookcases in the management office on the 2nd floor fell down (Hakodate air port, epicentral distance is about 150 km)

# まとめ

資料は未だまとまった訳ではないが、本調査で特に気付いた点を敢えていくつかまとめてみる。

## 1) 地震動について

道道 1170 号奥尻島線の幌内川流域における風化した凝灰岩の崩落状況、フェリー発着所後脊斜面(砂岩、凝灰岩の互層)の崩壊、又、奥尻町青苗地区の墓石の倒壊状態は震源域にあって非常に強い地震動のあったことを示すものである。

これに対する渡島半島西海岸、水垂岬～島歌の急崖で発生している急斜面の崩壊状況も又強い地震動のあったことを示している。1978 年伊豆大島近海地震における断層を中心とした海岸線の斜面の崩落を参考にすれば、良好な地盤で 0.3～0.35 G (墓石等の転倒より推定した値) 程度の加速度に達しているものと推定される。

江差～函館の国道 227 号線に沿う道路、橋梁の被災状況の変化、震央域中心部から約 150 km はなれた函館港の被害、函館空港ターミナルビル の状況よりみて、函館市に於いて普通の地盤で 0.15 G 程度又はそれ以上の加速度に達し震度 V の状況にあったものと推測される。

## 2) 表層地盤の移動について

軟弱地盤の場合、表層部分が移動したことが大地震で強い震動の地域でしばしば報告されている。後志利別川沿いの北松山町、今金町で河川の

両岸部の河心側への移動、向斜面の滑動が何れも僅かな段差、下り傾斜角がある部位に生じている。

## 3) 旧河川跡の被害について

後志利別川では河口より今金町に至る区間、長万部町、厚沢部川河口付近では何れも、改修されて川筋が新しく整備された結果、旧河川が埋立てられた部分がある。この部位で沈下、液状化が発生したり、亀裂、移動がみられた箇所が多い。今迄このことは報告されていたが、特に今回目立っている。

## 4) 民家の耐震性について

釧路地震の際に指摘された様に、一般民家は高い耐震性をもっていることが確認された。気温に対する二重構造の壁、凍上を考慮して深く設置した堅硬な土台、更に雪荷重、強風を想定した家の造りによるものであろう。

## 5) 民家の津波の被害について

被災家屋の内、海に面した位置にあった家屋は津波により甚しい被害を蒙っている。木片の様に碎かれているのが分かった。一方同様に浸水した家でも、前面にない場合は構造的な被害は少ない様にみられる。これは津波の前面に大きな衝撃的な力があることを示すものと推測される。