

平成16年12月14日に留萌支庁南部で発生した地震の現地調査報告 —地質被害・地震動・温泉への影響—

Preliminary observations on the 2004 Rumoi-shichou-nanbu earthquake —Geological damages, Ground motion and the Influence on hot spring well—

田村 慎・川上源太郎・鈴木隆広・岡崎紀俊・岡孝雄
Makoto Tamura, Gentaro Kawakami, Takahiro Suzuki, Noritoshi Okazaki and Takao Oka

キーワード; 地震, 留萌支庁南部, 地質被害, 地震動, 温泉

Key words; earthquake, southern part of Rumoi, geological damage, ground motion, hot spring.

I はじめに

平成16年10月に新潟県中越地震が発生し, 改めて「内陸直下型地震」の恐ろしさ・被害が再認識される中, 12月14日14時56分, 留萌支庁小平町の鬼鹿付近を震源とする「留萌支庁南部の地震」(深さ9 km, 気象庁マグニチュード6.1)が発生した. 本地震は震源が浅く, 北海道北部の浅発地震の多いゾーンで発生している(第1図). また, 震源域には既知の活断層として南北走向の力屋—広富断層が存在している(活断層研究会編, 1991). これらのことから, 今回の地震は典型的な「活断層による内陸直下型地震」と考えられる.

北海道立地質研究所では2004年留萌支庁南部の地震による地質被害, 地震動の特徴, および温泉への影響を把握するために, 2つの調査班(地質被害・地震動調査班, 温泉調査班)により, 発生直後の12月15日~17日に積雪状態の中で現地調査を行った(第2図, 第3図). 地質被害・地震動調査は岡, 田村および川上が担当し, 国道232・233号線に沿って, 北竜町から羽幌町の間で墓石の転倒状況, 建物被害(外周り), 道路亀裂, 地盤液状化, 斜面変動などの調査を行い, 住民からの聞き取りも試みた. 温泉調査は岡崎および鈴木が担当し, 浜益村・滝川市から遠別町にかけて震源から半径約65kmの範囲にある泉源(ボーリング井戸)15井を対象に管理者から地震発生後の湧出状況の変化について聞き取りを行い, 合わせて温泉水の試料採取・水質分析を行った.

II 地震の概要

気象庁によるこの地震の諸元は次のとおりである.

震源時: 平成16年12月14日14時56分頃

震源: 北緯44°4.4', 東経141°42.2', 深さ9 km

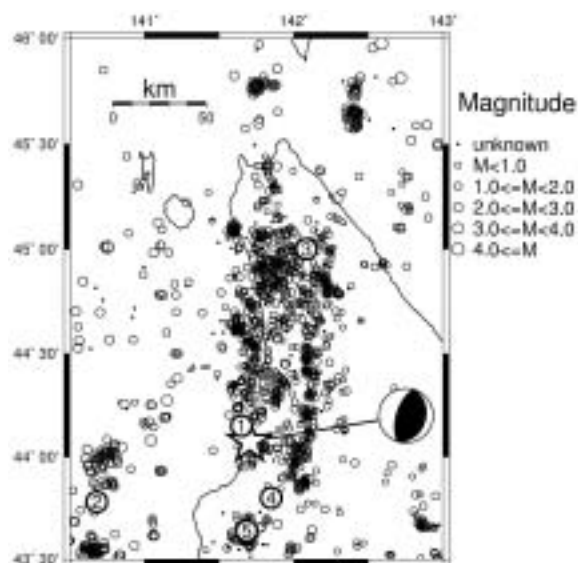
地震の規模: Mj (気象庁マグニチュード)=6.1

各地の震度(震度3以上)

震度5強: 苫前町旭*

震度5弱: 羽幌町南3条

震度4: 初山別村有明, 剣淵町市街地本町*, 秩父



第1図 北海道北部で1997-2002年に発生した浅発地震(深さ50km以浅)の震央分布(気象庁,2004). 星印は今回の地震の震央とメカニズム解(気象庁発表), 丸数字はこの地域で発生した主な地震の震央を示す(III章参照).

Fig. 1 Seismicity of shallow earthquakes (≤ 50 km) in the northern Hokkaido area during 1997 to 2002 (Japan Meteorological Agency, 2004). Star denotes epicenter of the earthquake in this study (JMA) with focal mechanism solution. Numbered circles denote major earthquakes in this region.

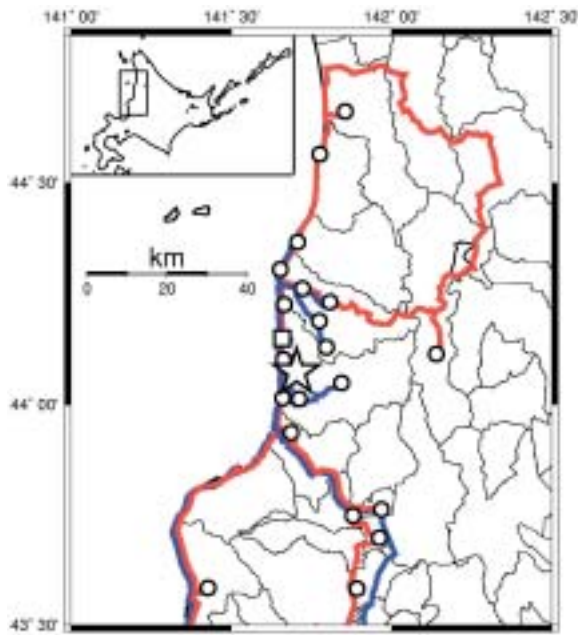
別町役場*, 羽幌町焼尻

震度3: 小樽市勝納町, 妹背牛町妹背牛*, 北竜町竜西, 北竜町和*, 雨竜町フシコウリウ*, 士別町東6条, 名寄市大通り, 風連町西町*, 鷹栖町南1条*, 当麻町3条*, 比布町北町*, 留萌市大町

(*は地方公共団体または独立行政法人防災科学技術研究所の観測点)

また, 小平町鬼鹿字田代に設置されている防災科学技術研究所強震観測網K-netの港町観測点(第3図写真)では, 震度6弱相当の揺れが記録されている.

今回発生した地震のメカニズムであるが, 気象庁による緊急初動発震機構解(札幌管区气象台および北海道大学地震火山研究観測センターの観測データを用い



第2図 本調査のルート。赤線が温泉調査班、青線が地質被害調査班のルートをそれぞれ示す。図内星印は震央、図内丸印は主な調査地点を示す。図内四角印は被害が集中した鬼鹿市街（第3図に拡大図を示す）。

Fig. 2 Survey route of this research. Red and Blue lines are the routes of hot-spring research and geological research groups, respectively. Circles show main observation points. Star is the epicenter. Square indicates the location of Onishika town area (Expanded in Fig.3).

たP波初動押し引き分布による)は、東南東-西北西圧縮の逆断層型を示している(第1図)。また、北海道大学地震火山研究観測センターによる臨時地震観測データを用いた余震震源決定の結果、余震分布は東傾斜の傾向を示している(北大地震火山研究観測センターウェブサイトより)。

本震前後の地震活動であるが、当該地域周辺では本震発生前に目立った地震活動は見られない。一方、本震直後の15時1分には最大震度3(Mj4.7)の余震が発生し、17時54分に最大震度3(Mj4.8)の最大余震が、さらに翌15日の2時29分に最大震度3(Mj4.6)、8時41分に最大震度2(Mj3.5)、17日11時48分にも最大震度2(Mj3.5)の余震が発生し、典型的な本震-余震型の地震活動を示している。しかし、17日以降有感地震は発生せず、地震活動そのものは衰退傾向にある(平成16年12月31日現在)。

第1図に今回の地震の震央とメカニズムおよび1997年から2002年までに北海道北部で発生した浅発地震(深さ50km以浅)の震央分布を示す(気象庁, 2004)。図から、北海道北部では中軸部より西側の内陸部、および日本海側で南北に伸びる地震活動帯が存在し、今



第3図 小平町北部、鬼鹿市街の拡大地図。黒線は主な調査ルートを、丸印は町道被害地点(IV. 1.1参照)をそれぞれしめす。写真は防災科学技術研究所強震観測網K-net港町観測点および国土地理院GPS観測点。国土地理院1/25,000地形図「港町」を使用。

Fig. 3 Expanded map of Onishika town area, northern Obira town. Black line and circle denote main research route and road affected spot, respectively. Photograph is GPS by Geographical Survey Institute (GSI) and Kyoshin-net (K-net) observation point by National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED). Topographic map is part of "Minato-machi" (1: 25,000) of GSI.

回の地震はその地震帯の南側で発生していることがわかる。また、この地域で発生する浅発地震のメカニズム解は、東西圧縮の広域応力場を反映するものが多いが(田村ほか, 2002)、今回のメカニズム解(南北走向、逆断層型)もこれまで発生した多くの地震と調和的である。

留萌支庁南部周辺で1900年以降に発生した主な被害地震として1910年9月8日北海道北西沖(留萌沖, 第1図①)の地震(M5.3)、1918年5月26日北海道北西沖(留萌沖, 同①)の地震(M5.8)、1947年11月4日北海道西方沖(留萌すぐ沖, 同②)の地震(M6.7)、1968年7月17日留萌支庁中北部(問寒別, 同③)の地震(M4.0)、1986年11月13日空知支庁中部(沼田, 同

④) の地震 (M5.3), 1995年5月23日空知支庁中部 (北竜, 同⑤) の地震 (M5.6) がある (札幌管区気象台, 2000). これらはいずれもプレート内の浅い地震であり, M6を超える地震の頻度は少ないものの, M4~5クラスの地震が数多く発生していることがわかる. 1910年と1918年の2つの地震は今回の地震と地震規模 (マグニチュード) がほぼ同じで, 震央が隣接していることから, 特に注目すべきである. 1910年の地震では鬼鹿, 留萌, 羽幌, 苫前などで震度4を観測し, 鬼鹿村小椴子で家屋破損3件があったほか, 海中の深さ約9mに亀裂が生じている. また, 1918年の地震では鬼鹿で震度5を観測し, 家屋, 土蔵に軽微な被害が生じている (札幌管区気象台, 2000) (田村・岡)

III 被災地域の地形・地質

広域的にとらえると, 本地震の発生域は鮮新世後半以降 (約300万年前以降) におけるユーラシアプレート (アムールプレート) と北米プレート (オホーツクプレート) 間の圧縮運動が活発化したゾーンである「日本海東縁変動帯」(石橋, 1995; 瀬野, 1993; 岡, 1994MS; 1997; 1999; 大竹ほか編, 2002) に属している. 同変動帯はロシア極東のマガダン西方からサハリン島を縦断し, 北海道西部・沿岸を通り本州中部のフォッサマグナに至るものであり, 1964年新潟地震, 1983年日本海中部地震, 1993年北海道南西沖地震, 1995年サハリン北部地震などが同変動帯中で発生している.

北海道付近の海域も含めた活断層の分布は第4図(B)のように示され (活断層研究会編, 1991), ネオテクトニクス (日本では新生代末の地殻変動) 上, 北海道付近は第4図(A)のようにI区からVI区に地体区分できる (岡, 1994MS; 1997; 1999). I区 (西北海道) およびVI区 (北北海道日本海沿岸部) を合わせたものが日本海東縁変動帯に相当するが, 今回の留萌支庁南部の地震に関係するのはVI区である. VI区は神居古潭帯から天売・焼尻・利尻・礼文島列までの範囲で, 中~後期中新世には天塩トラフとその後の天北トラフに示されるように斜め衝突帯の一部であったが, 鮮新世以降に地殻変動が活発となり, 間寒別盆地・天塩平野のように第四紀に形成が進んだ盆地・沈降帯が存在する (岡・五十嵐, 1993; 1997). 地震学的にはI, VI区は浅発地震の多いゾーンであり, 特に北海道北部 (VI区) からサハリン南部にかけては, 笠原ほか (1998), 田村ほか (2002) および田村ほか (2003) などで近年詳しい研究が進められている.

次に, 被災地域である小平町~苫前町の日本海沿岸域における地形・地質の概要を述べる. この地域では新第三系から構成される丘陵~山地が海岸線に接近しており, 沖積低地は羽幌川, 古丹別川や小平蕊川など

の下流・河口域に狭長に分布するのみである. 海成段丘の分布 (小池・町田編, 2001) においても, 古丹別川以北では, 海洋酸素同位体ステージ5e, 7, 9の海成段丘面が内陸 (海岸より10km程度) までひろがるが, 古丹別川以南から小平蕊川にかけては, おもにステージ5eと7の段丘面が海岸線に沿って幅1km以内で狭く分布するに過ぎない. 活断層としては, 第5図に示すように小平町港町付近に北北西~南南東走向で走る広富断層, その5kmほど北の苫前町力昼付近に北北東~南南西走向で走る力昼断層の2つの活断層が認定されている (活断層研究会編, 1991). これらはいずれも確実度I, 活動度はB級とされ, 東落ちの逆引き低断層崖をつくる. また力昼断層はステージ7の海成段丘面を変位させている (活断層研究会編, 1991; 小池・町田編, 2001).

被災地域に露出する新第三系の大部分は, 中部中新統の古丹別層 (砂岩泥岩互層・礫岩) が占め, 地域南西部の大椴子川河口域および北西部の苫前・羽幌市街にかけて, 上位の中・上部中新統~鮮新統のチェボツナイ層 (凝灰質砂岩) ~遠別層 (砂質泥岩) が順次露出する (松野ほか, 1962) (第5図). 古丹別層あるいはその上位層までを切る地質断層として, 三毛別断層, 鬼鹿断層, 真砂トンネル断層 (一豊岡断層) の3条の断層が知られている (対馬ほか, 1954; 1956; 渡辺・吉田, 1995). これらはいずれも北北西~南南東走向で, 数10kmの延長をもつ. 鬼鹿断層は活断層である広富断層の東に1.5kmの間隔をおいて平行して走るが, 変位地形は認められていない (活断層研究会編, 1991). 一方, 褶曲構造は, 活断層である力昼断層の東に隣接し, それに平行な軸を持つ力昼背斜, さらにその東方3kmほどに平行する丸山向斜がある (第5図). 力昼背斜は西急東緩の翼および東傾斜の軸面をもつ一方, 丸山向斜は緩やかに傾斜する両翼をもつ.

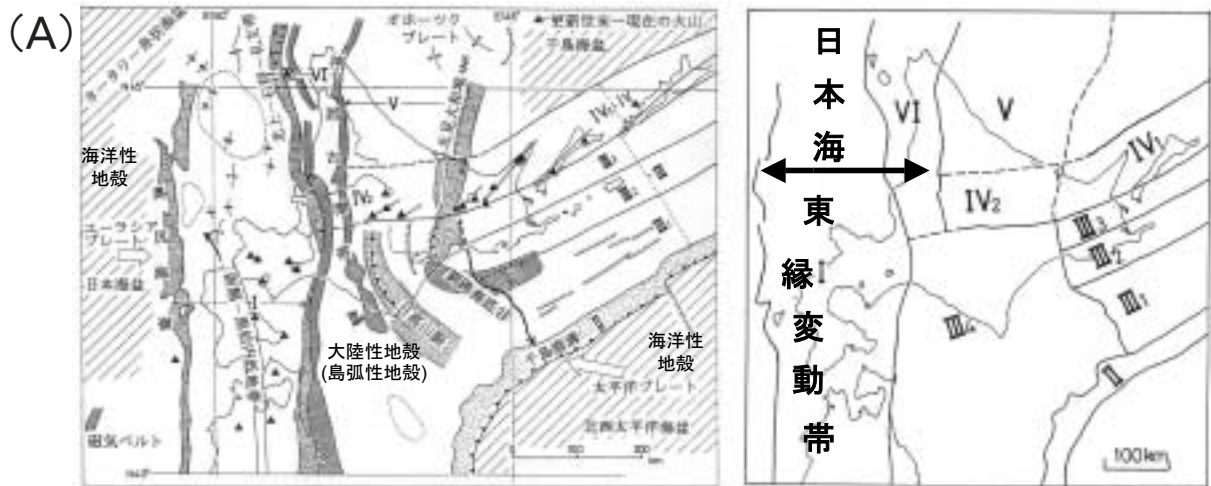
既述のように今回発生した地震のメカニズム解や余震分布は, 活断層とは逆の東傾斜・西落ちの逆断層センスを示している. また力昼背斜に見られる西急東緩の構造は東傾斜逆断層と調和的であり, 力昼断層や広富断層は地表地震断層ではなく, 伏在する東傾斜の主断層系の活動により副次的に生じたものと推定される. すなわち, 主断層の活動により形成された背斜構造の西翼に生じたバックスラストである可能性が高い (田近・大津 私信). (岡・川上)

IV 現地調査結果

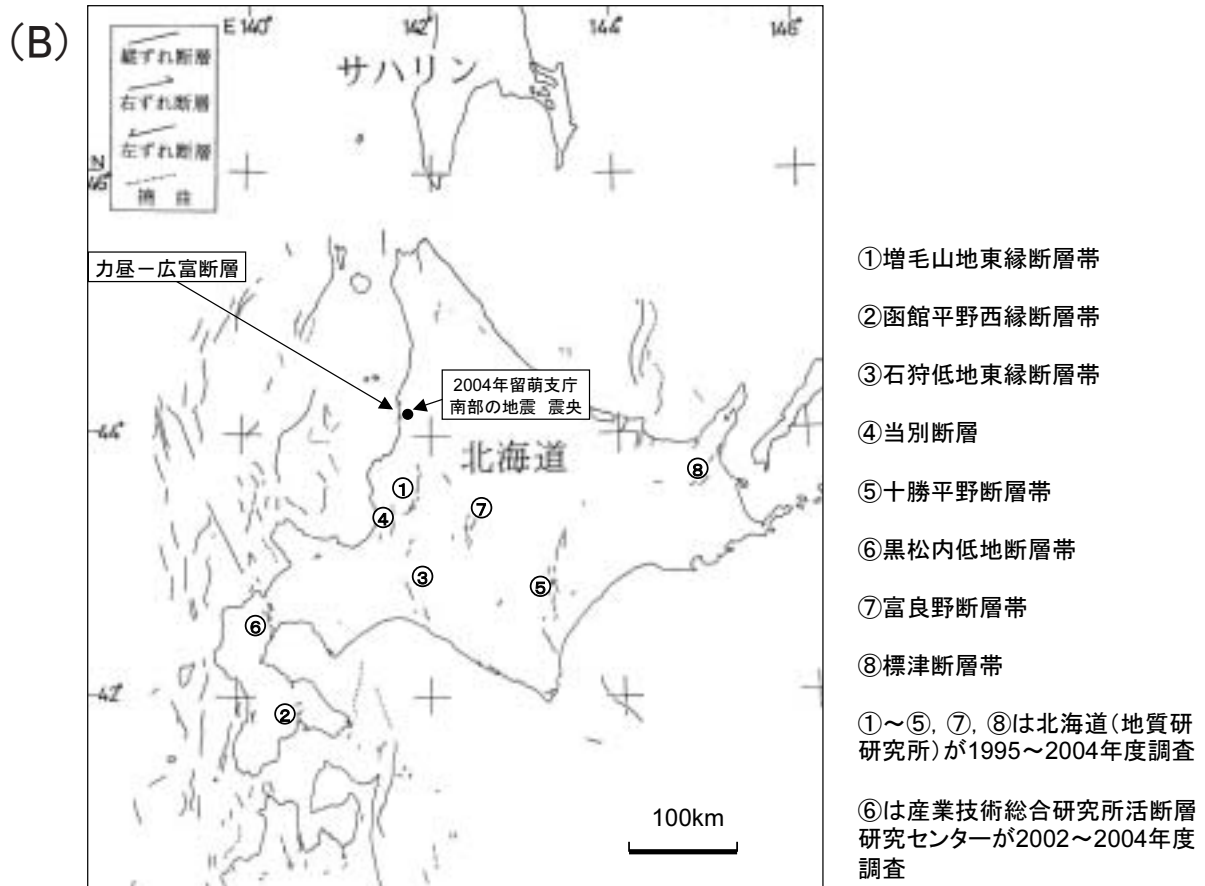
IV. 1 構造物・地盤・斜面の被害調査

IV. 1. 1 道路被害

道路被害のうち通行に支障をきたす大きな被害は, 国道に関しては小平町小椴子川河口にかかる232号線の橋梁付近に限られた. また小平町鬼鹿市街南東の海



I 区: 西北海道 II 区: 千島海溝島弧側斜面域
 III 区: 千島弧外帯と西へ凸の弧状構造帯 (III1区: 釧路-根室沖大陸斜面域, III2区: 釧路-根室先第三系隆起帯, III3区: 千島弧外帯内帯境界堆積盆列, III4区: 西へ凸の弧状隆起・沈降帯群)
 IV 区: 千島弧内帯 (IV1区: 右雁行の火山隆起帯・堆積盆列, IV2区: 北見・十勝山間盆地群)
 V 区: 北見山地北部一紋別沖 VI 区: 北海道日本海沿岸部

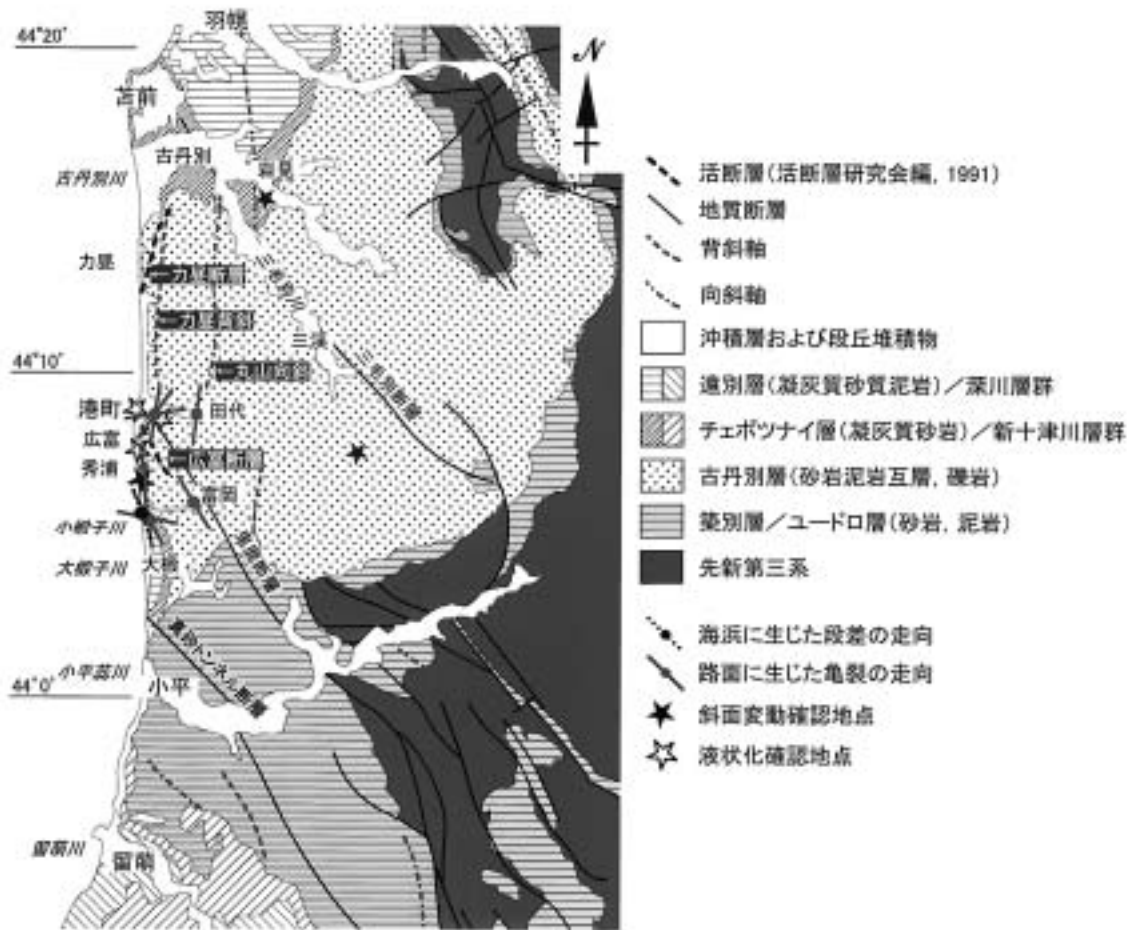


第 4 図 (A)ネオテクトニクス的にみた北海道の地体区分(岡, 1997 原図・加筆)

(B)北海道付近の活断層分布(活断層研究会編, 1991より改編)

Fig. 4 (A) Neotectonic zoning of Hokkaido and its vicinity (Oka,1997)

(B)Distribution of active faults in Hokkaido and its vicinity (modified from the Research Group for Active Fault of Japan ed., 1991).



第5図 被災地域(小平, 苫前)の地質概略図および被害確認地点。地質図は松野ほか(1962), 秦ほか(1974)を簡略化した。

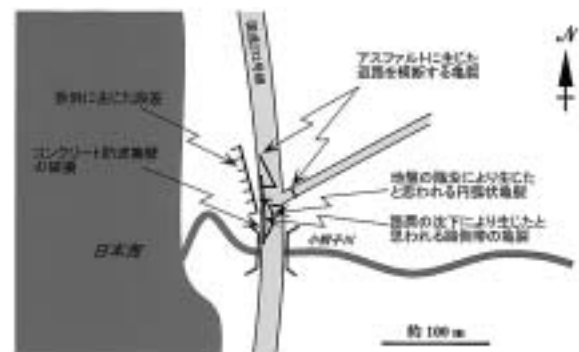
Fig. 5 Geology of the disaster area (Obira and Tomamae) and distribution of damages induced by quake. Geologic map is simplified from Matsuno et al., (1962) and Hata et al., (1974).

成段丘面上を通る町道にも、やや大きな被害が生じた(第3図, 第6図)。

国道232号線：現地入りした12月15日時点で通行止め(午後には片側交互通行)となっていた小椴子川にかかる橋梁付近では、第6図と写真1, 2に示すように橋梁の北側で路面の陥没, 防波擁壁の破損と海側への若干の傾倒, アスファルト舗装の破損(亀裂)などの被害が確認された。現地到着時点では補修作業がかなり進んでおり, 被害直後の状況は観察していない。アスファルト舗装には, 海側の路肩陥没によると思われる円弧状の亀裂, 路側帯の沈下によって生じたと思われる道路の延長方向に走る開口亀裂が認められた(写真1)。また, 北北西-南南東走向で延長数10mにわたる開口亀裂が, 道路を横断して生じていた(第6図)。

国道232号線では小椴子川河口付近から鬼鹿市街までの区間に, 道路地盤の沈下によると思われるアスファルトの開口亀裂や橋梁取付部における段差などが見受けられたが, 通行の障害となるほどのものは無く, またすべてが今回の地震による変状であるかは不明である。

町道など：鬼鹿市街では, 海成段丘面上を通る町道が段丘面を開析する沢の谷頭を横切る箇所で, 道路被害を生じた(位置は第3図)。ここでは道路地盤の谷への沈下・陥没にともなうと推定される円弧状の亀裂が



第6図 小平町小椴子川河口付近における国道232号道路被害および海浜に生じた段差の見取り図。

Fig. 6 Sketch map showing the damage of the Road 232 at the mouth of the Kotodokogawa River and co-occurred very low cliff at the beach.

アスファルトに生じたほか、路側帯には圧縮によるアスファルトの盛り上がり（写真3）も見られた。また鬼鹿市街東方2 kmに位置する田代集落では、東西に伸びる町道を横断する北北東-南南西の亀裂がアスファルトに生じた（第5図）。このほか小椴子川流域に位置する富岡集落の町道にも、道路の延長に直交する北北西-南南東走向の亀裂がアスファルトに生じていた（第5図）。田代および富岡集落で認められたアスファルトの亀裂は幅数cm以下で開口するが、落差はほとんど生じておらず、道路地盤に沈下や陥没などの変状は推定されない。いずれの箇所においても、亀裂は畑などの地表面には延長しない。

小平町秀浦^{ひでうら}では、国道232号線の東に併走する旧鉄道路線跡の盛土上に、路肩の沈下にとまなう幅10cm程度の開口亀裂が認められた。

IV. 1. 2 建物被害

全般に家屋等の建物自体の被害は軽微であったと見受けられ、震度6弱相当の揺れを記録した鬼鹿市街で、壁面の剥落や集合煙突の倒壊（写真4）などが確認できた程度である。国指定重要文化財である旧花田家番屋（位置は第3図）では壁面剥落のほか、マスコミ報道によれば、建物内部において調理場のかまどの損傷、梁の崩落などが生じた。

IV. 1. 3 液状化被害

マスコミ報道でも伝えられたように、液状化による地盤変状や噴砂現象が鬼鹿漁港で確認された。漁港敷地のうち未舗装の区域内で、径40-50cmの円形の陥没（噴砂口）と、その周囲に幅1-2mの範囲に広がって堆積した細粒砂が観察された（写真5）。砂は広い範囲に薄く堆積しており、堆積物表面には水流の痕が残るなど、噴出物が水を多く含み流動性に富んでいたことを示唆する。また舗装区域や建造物の周囲で、不等沈下によって生じた軽微な起伏や舗装面の亀裂が確認された。

一方、鬼鹿市街とその周辺でもマンホールの抜け上がり（最大10cm程度）、旧花田家番屋に隣接する「道の駅」の公衆トイレ浄化槽の抜け上がり、電柱の傾倒および浄化槽周囲にできた水溜りが観察された。また道路被害を生じた鬼鹿市街の海成段丘面上に立地する養護施設「おにしか更生園」でも、浄化槽の抜け上がりとその周囲の埋め戻し土の陥没（写真6）が生じるなど、道路被害・建物被害が確認された地点で造成地盤の液状化被害があわせて確認された。なお震度6弱の揺れを観測したK-net観測機器の設置場所は、「おにしか更生園」に隣接している。

IV. 1. 4 地表面変状, 斜面変動

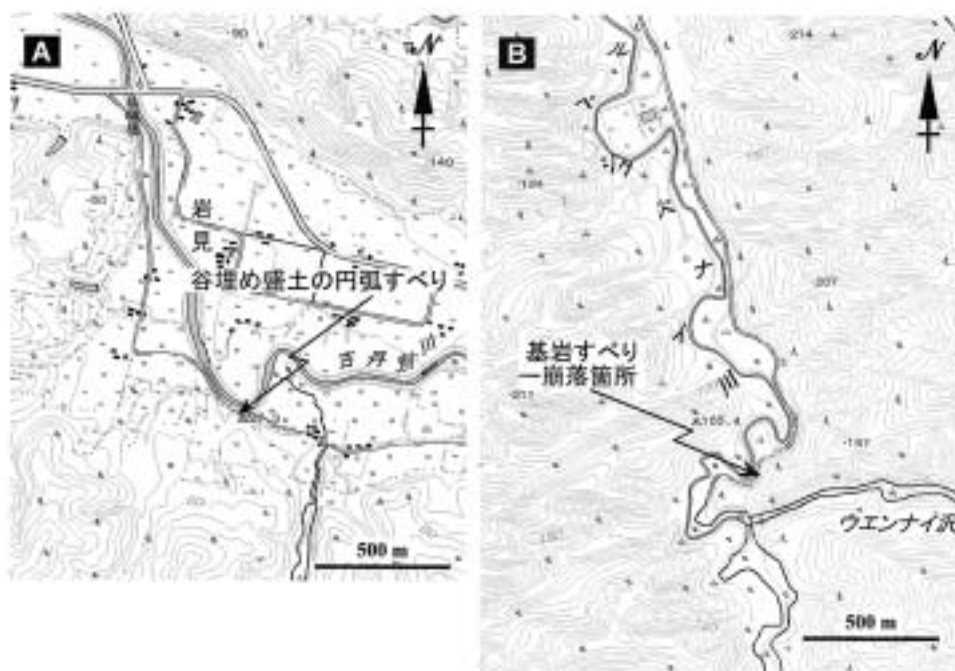
調査中の降雪のため、今回の地震により生じた地表

面・斜面変状と既存の変状とを明確に識別することは困難であった。また山間部への立ち入りがほとんど不可能であったことなどにより、必ずしも十分な調査は行えなかったが、以下の4地点で変状を確認・観察することができた。

海浜に生じた段差：第6図に示したように、国道232号線に大きな被害が生じた小平町小椴子川河口付近では、海岸の砂浜に浜崖に似た明瞭な段差が生じていた（写真7）。段差は北北西-南南東走向で、延長は30m程度、落差は最大で30cmを越え、海側（西側）が落ちる。段差部分は開口せず、また逆に圧縮性の変形も示さない。段差の南東端は国道側面のコンクリート防波擁壁まで達しており、交差部のやや南側で防波擁壁の破損と、若干の擁壁の海側への傾倒が確認される（第6図）。北東延長では落差が次第に小さくなり段差は消失する。しかし観察時点において段差は碎波帯に達しておらず、波によって浸食・平滑化されている様子はなかった。スコップとねじり鎌で砂浜堆積物を整形し、段差部分直下を横断する断面を出して観察したところ、段差から連続してほぼ垂直な面構造が不明瞭ながら形成されており、その両側の砂浜堆積物は密着して接していることが確認された。なお陥没や開口亀裂の形成、噴砂など、他の変状は段差周辺の地表面には認められなかったが、降雪の影響もあり詳細は不明である。

苦前町岩見の谷埋め盛土の円弧すべり：古丹別川左岸の河成段丘面（～山麓緩傾斜面）の段丘崖下を町道が通っており、道路に面する比高10m、川へ30°程度で緩やかに傾斜する斜面が、幅15-20mにわたって崩壊しているのが確認された（第7図-A, 写真8, 9）。崩壊箇所は古丹別川河道の攻撃斜面にあっており、また国土地理院の1977年撮影空中写真から判断すると、段丘崖を開析するごく小規模な谷頭に位置する。最新の1/25,000地形図「苦前」および現地調査から判断すると、崩壊斜面は上述の沢地形を埋めた盛土からなる人工斜面と推定される。段丘面上は牧草地または畑地であり、滑落崖は段丘面に対し比較的高角である（写真10）。滑落崖の高さは2-3mであり、盛土と思われる粘土分に富む砂を基質とした細礫～中礫層および礫混じり砂が露出する。斜面の植生は樹木が疎らで笹を主体としているため、樹木の傾倒による移動体の運動様式の推定は困難であるが、側方崖に近い部分では後方への樹木の傾倒が認められた。斜面下の道路上に押し出した土塊はすでに撤去され、移動土塊末端の性状は不明である。斜面上には崩土が多く残り、副次崖により階段状に分かれてずり落ちている（写真10）。移動体上部における滑落崖・副次崖の発達や樹木の傾倒などから、谷埋め盛土に発生した円弧すべりと推定される。

苦前町三溪^{さんけい}の基岩すべり-崩落：三毛別川支流ルペシュペナイ沢と、さらにその支流のウエンナイ沢の合流点



第7図 斜面変動発生箇所。

(A) 苫前町岩見における河成段丘の縁の盛土崩壊箇所。

(B) 苫前町ルベシュペナイ川右岸斜面に生じた基岩すべり一崩落箇所。地形図は国土地理院発行1/25000地形図「苫前」「三溪」「ルベシュペナイ川」の一部を使用。

Fig. 7 Locality map of the slope movement.

(A) Locality of the failure of man-made fill at the fringe of the fluvial terrace, Iwami, Tomamae.

(B) Locality of bedrock sliding and fall on the right bank of the Rupeshupenai-gawa River, Tomamae. Topographic maps are part of 'Tomamae', 'Sankei', and 'Rupeshupenai-gawa' (1:25,000) by the Geographical Survey Institute.

において、高さ約20m、幅約50mの岩盤崩壊を確認した(第7図-B, 写真11)。既存文献(対馬ほか, 1958)から、斜面構成層は古丹別層の砂岩泥岩互層であり、20-30度で谷側に傾斜する流れ盤をなしていると判断される。崩壊斜面は、東西方向に突出した幅150mほどのやせ尾根地形の北側面にあたり(第7図-B), 斜面頂部と河床との比高は40~50mである。林道は河床からの高さ10m付近の斜面下部を通っている。崩壊源の状況が積雪により明確ではないが、尾根頂部よりやや下方に位置する部分が崩壊したように見え、砂岩泥岩互層と思われる露岩が確認される(写真11)。移動体は樹木を多く巻き込んでおらず、急崖をつくる露岩が崩壊したと推定される。崩落したブロックは層理面とそれに高角な節理面により分離しており、最大長径2mほどの方形をなす。剥離面には黄褐色を呈するものがあるが、それらはごく表層に限られ、崩落時の破断面と思われる部分は新鮮であった。崩落ブロックの大部分は、林道上方の斜面がステップ状に緩傾斜となった部分に堆積していたが、直下では林道自体も谷側に崩壊・滑落していた。田近・石丸(1995)の分類に従えば、基岩すべり一崩落に相当すると思われるが、詳細な再調査が必要である。

海食崖の表層滑落: 小平町秀浦のやや南方で、国道

232号線に面する海食崖に高さ5m、幅7mほどの小規模な斜面変状が認められた(札幌管区気象台からの情報による)。移動土塊は表土~風化岩屑とそれを覆う植生からなり、細片化せずにもとの連続性をほぼ保ったまま斜面基部に移動・堆積しているようである。移動域には海側へ高角で傾斜する平坦面が露出し、移動土塊は層理面上を滑落したと推定される。田近・石丸(1995)の分類に従えば、表層滑落に相当する。

(川上・岡・田村)

IV. 2 地震動に関する調査

今回の地震による被害には、小平町鬼鹿港町における巖島神社(写真12)および苫前町九重の九重神社における鳥居の損壊、小平町鬼鹿元浜の興聖寺(写真13)や同鬼鹿田代の天応寺でみられた墓石転倒被害などが確認されている。これらの被害や、地震の揺れに関する現地の方々の証言の中に、揺れの大きさや方向について地域ごとの特徴がみられた。ここでは、聞き取り調査および墓石変動調査の結果から、今回の地震動の特徴についてまとめる。

なお、これまで北海道内では、1952年十勝沖地震の調査をはじめとする数多くの被害地震に対して同様の調査が行われ、当所でも1993年釧路沖地震(北海道立

地下資源調査所, 1994), 1994年北海道東方沖地震(北海道立地下資源調査所, 1996), 1995年北海道空知支庁中部の地震(田近・広田, 1995)で調査を行っている。以下に今回の調査結果について述べる。

IV. 2. 1 聞き取り調査による地震動の地域性

調査の際に現地の方々地震発生時の状況(揺れの大きさ, 方向, 音・鳴動の有無等)を聞くことができた。その結果, 大きく感じた揺れについて「東西方向」, 「南北方向」および「方向不明」の3つに分類することができた。以下にそれぞれの回答例を挙げる。また, 第8図に回答者が地震を体験した場所を示す。

A: 東西方向

小平町鬼鹿市街をはじめとする震源付近で多く聞かれた。

小平町富岡(第8図-1:震央の北西, 距離5km): 東西に大きく揺れた。音はよくわからなかった。

小平町鬼鹿千松(第8図-2:震央の北北西, 距離12km): 真下からバーンとした音とともに揺れた。その後海側(注: およそ西北西-東南東方向)に大きく揺れた。

小平町鬼鹿元浜(第8図-3:震央の北北西, 距離10km): トラックがぶつかった感じで, 下からドンときた。東西にゆすられた。家のふすまが開き, 網戸が吹っ飛んだ。

小平町達布(第8図-4:震央の東南東, 距離12km): 川に沿って(注: およそ東西方向)に揺れた感じがした。

苫前町三溪(第8図-5:震央の北東, 距離14km): 東西に大きく揺れた, ドーンと音がした。土盛りした家の被害が大きかった。

B: 南北方向

震源地の北側では南北に揺れたという意見が多かった。

苫前町古丹別(第8図-6:震央の北, 距離21km): 商品ケースが南北向きの扉だけ開いて中の商品が飛び出した。東西向きのケースで扉が開くことはなかった。

苫前町力屋(第8図-7:震央の北北西, 距離17km): 南北に揺れ, タンスやテレビが落ちた。

苫前町市街, 大林寺(第8図-8:震央の北, 距離26km): 家の家具は南北方向を向いたものだけが倒れていた。

C: 方向不明

震源の南側にあたる小平町市街で聞かれた。

小平町市街(第8図-9:震央の南西, 距離7km): 下から突き上げられる感じ。ドーンという音がした。

その後大きく揺れたが, 方向は覚えていない。

小平町富里(第8図-10:震央の南, 距離7km): 最初

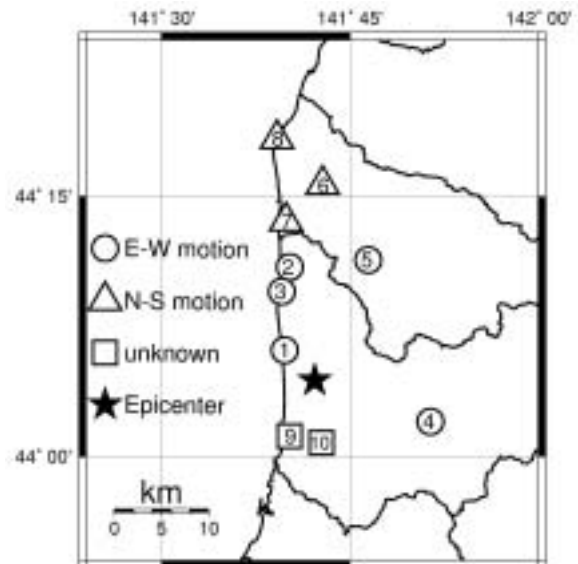
にドーンと下から突き上げられた。揺れの方向はわからなかった。

以上のように, 体験者が感じた大きな揺れの方向は地域によって異なることがわかる。大きな揺れを主要動と仮定した場合, 震源域付近では主要動の卓越方向は東西であるが, 北側では南北方向, 南側では卓越した地震動が無かったことが推定される。

また, かなりの人が地震発生時にドーンといった音(鳴動?)を聞いていた。音の原因は不明であるが, 1995年空知支庁中部の地震においても同様の証言があり(田近・広田, 1995), 内陸地震における震源近傍の現象として, 地震のメカニズム・地震波伝播との関連があるものと思われる。

IV. 2. 2 墓石変動調査

今回, 小平町を中心に苫前町, 北竜町の13箇所の墓地で墓石の転倒状況の調査を行った。従来の墓石変動調査では, 花台などのついていない一定の形状をした墓石を対象に, 転倒率, 転倒方向, 転倒した墓石のサイズの測定を行い, 最大加速度や最大地震動の大きさ・方向の推定を行っている。しかし, 近年では墓の耐震対策が進んでいるため, 今回の調査による転倒率や墓石のサイズを既存の調査結果と対比し, 地震動を評価することは困難である。このため, 本調査では各地域での墓石の転倒状況の違いと, 墓石および灯籠の主な



第8図 聞き取り調査の対象者が地震時にいた場所と, 感じた揺れの方向。○: 東西方向, △: 南北方向, □: 方向不明。★は震央位置。

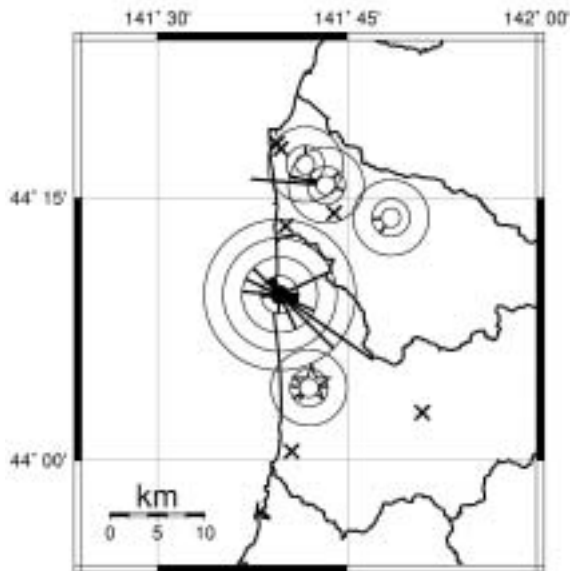
Fig. 8 The interview point for this earthquake and reply about the direction of main quake motion. ○: east-west motion, △: north-south motion, □: unknown. ★: Epicenter.

転倒方向について確認することに主眼をおいた。調査にあたっては、震央を中心とした広範囲の墓地を選択し、墓石の形状にかかわらず転倒（修復の跡も含む）の有無を確かめ、移動・転倒したすべての墓石・灯籠の転倒方向の測定を行った。

第9図に墓地の被害状況、および墓石の転倒または移動の方向を示す。調査地点は以下の通りである。

- …小平町鬼鹿元浜興聖寺，同鬼鹿田代天応寺
- #両寺は隣接しているため，第9図ではまとめて表記
- …小平町大椋共同墓地，苫前町東川共同墓地，同古丹別共同墓地，同長島善勝寺
- ×…小平町市街共同墓地，同達布智榮光寺，苫前町力屋共同墓地，同九重恵嶺寺，苫前町市街共同墓地，同大林寺，北竜町共同墓地（第9図範囲外）

墓石転倒被害が見られたのは、小平町鬼鹿市街の墓地のみであった。ここでの墓石転倒方向は、西北西-東南東方向に集中し、北東-南西方向に転倒した墓はほとんど見られなかった。墓地は鬼鹿市街地の北側、段丘崖南向き斜面に立地している。興聖寺では全体の6割ほどの墓に転倒・ずれの跡が見られたが、すでに修復が始まっていたため正確な値は不明である。天応寺では、花台のない一般的な墓石の20%が転倒していた。



第9図 地震による墓石転倒、移動方向。●：墓石の転倒があった墓地，○：墓石移動・回転，灯籠等の転倒があった墓地，×：変動のみられなかった墓地，☆：震央

Fig. 9 Movements of tombstone induced by the earthquake. ●：The cemetery where the tombstone overturned by the earthquake. ○：The cemetery with moved or rotated tombstone, and/or toppled garden lantern. ×：The cemetery without damages. ☆：Epicenter.

墓石転倒は鬼鹿市街以外では見られず、震源近傍の大椋地区および震源北側の苫前町古丹別地区周辺のいくつかの墓地で、わずかに灯籠の転倒、墓石の移動があった。主な移動・転倒方向は、古丹別地区の共同墓地では東西方向であるが、他の墓地でははっきりとした傾向は認められない。これらの墓地の地形、地質状況に違いは見られない。

被害が見られなかった墓地は、苫前町市街、小平町達布など震源から若干離れた地域に多い。だが、震源のすぐ南方にある（距離7km）小平町市街や、被害のみられた鬼鹿市街と古丹別地区の中間に位置する苫前町力屋でも被害はまったく見られなかった。

以上のことから、今回の地震では墓石を転倒させる大きな揺れは鬼鹿市街に限られ、その方向は西北西-東南東方向が卓越していること、鬼鹿市街以外では北側の苫前町でやや強く揺れたのみであると推察される。
(田村・岡・川上)

IV. 3. 温泉に関する調査

地震に伴った温泉の湧出状況変化を把握するため、聞き取り調査および温泉水の試料採取を行った。聞き取り調査は、震源から半径約65kmの範囲にあるボーリング井戸を対象に行い、温泉の温度、湧出状況（地下水位や自噴量）、付随ガス量やガス圧の地震発生後の変化について、泉源管理者に対して行った。また、温泉水の試料採取は、溶存化学成分の変化を比較的把握しやすい連続動力揚湯井や自噴井を対象に行った。

IV. 3. 1 聞き取り調査

第10図と第1表に聞き取り調査を行った泉源とその結果をそれぞれ示した。聞き取り調査では、苫前町泉源、遠別町の旭E6号井および旭E7号井においてガス圧上昇の変化がみられた。「変化が無い」と回答している羽幌町泉源は、実際にはガス圧上昇の変化が起こっていると推定されるが、ガス圧を連続モニタリングしていないため、実態は把握できていない。また、遠別町の旭E1号井および旭E3号井はガスを付随するが、ガス圧上昇の変化は起きていない。

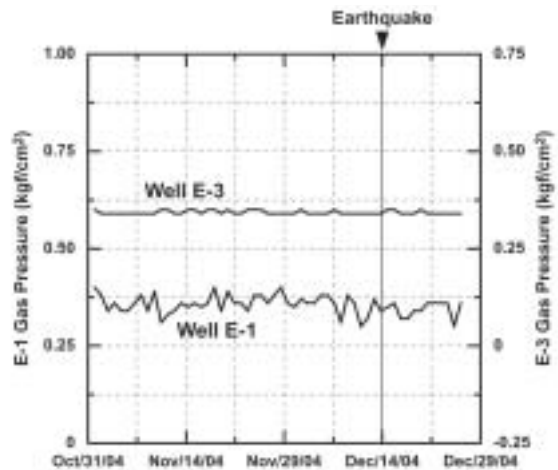
苫前町泉源および旭泉源群では、ガス圧のデータを連続観測しており、それらの提供データをもとに作成したガス圧の時系列変化を第11図、第12図、および第13図にそれぞれ示した。第11図に示した旭E1号井と旭E3号井は、地震発生（12月14日）後に圧力上昇は起きておらず、おおむね0.35kgf/cm²で推移している。一方、第12図に示した旭E6号井と旭E7号井は、地震発生（12月14日）後に約0.5kgf/m²（E6号）および約0.1kgf/m²（E7号）の圧力上昇が起きている。また、第13図に示した苫前町泉源の最大ガス圧および平均ガス圧も、地震発生（12月14日）後に約0.8kgf/m²（最大）および約0.5kgf/m²（平均）の圧力上昇

第1表 調査した泉源の諸元と, 地震後の変化
Table 1 State of investigated wells and change after earthquake.

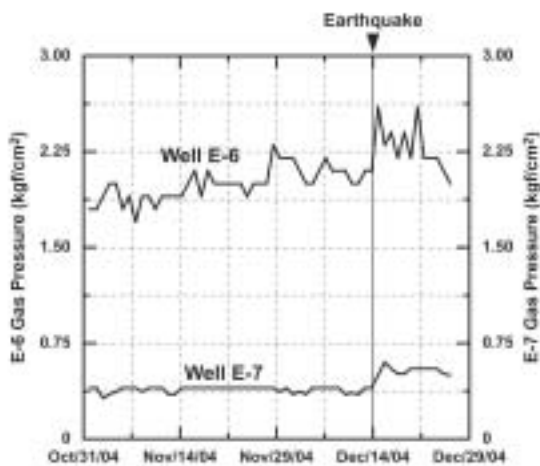
市町村名	泉源名	井戸深度 (m)	掘削年	泉質タイプ	利用状況	利用施設名	地震後の変化 (聞き取り)	分析試料採取
滝川市	市泉源	1001.5	1993	Na-Cl・HCO ₃	連続揚湯	滝川ふれあいの里	特に変化無い	○
妹背牛町	町泉源1号井	1501.4	1990	Na-Cl・HCO ₃	自噴	妹背牛温泉ベベル	特に変化無い	
妹背牛町	町泉源2号井	1500.0	1995	Na-Cl	連続揚湯		特に変化無い	○
北竜町	町泉源	1202.5	1990	Na-Cl	断続揚湯	サンフラワーパーク北竜温泉	特に変化無い	
秩父別町	町泉源	1303.0	1988	Na-Cl	断続揚湯	秩父別温泉ちっぶゆう&ゆ	特に変化無い	
初山別村	村泉源	1500.5	1999	Na-Cl	断続揚湯	岬センターCosmic-inn	特に変化無い	
遠別町	旭E-1	260.7	1964	Na-Cl	自噴	旭温泉	特に変化無い	
遠別町	旭E-3	301.2	1965	Na-Cl	自噴		特に変化無い	
遠別町	旭E-6	370.5	1975	Na-Cl	自噴		付随ガスの圧力上昇	○
遠別町	旭E-7	350.0	1980	Na-Cl	自噴		付随ガスの圧力上昇	
幌加内町	三頭の湯	20.0	1994	Na-Cl	自噴	せいわ温泉ルオント	特に変化無い	
羽幌町	町泉源	1043.0	1992	Na-Cl	自噴	サンセットプラザはぼろ	特に変化無い	○
苫前町	町泉源	1400.0	1998	Na-Cl	自噴	とままえ温泉ふわっと	付随ガスの圧力上昇	○
留萌市	神居岩温泉	1200.0	1980	Na-Cl	断続揚湯	ホテル神居岩	わからない	
浜益村	村泉源	1200.0	1984	Ca・Na-Cl	連続揚湯	浜益村保養センター	特に変化無い	



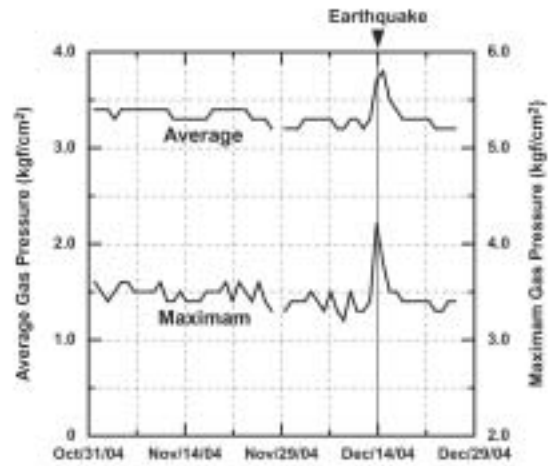
第10図 調査泉源位置図
Fig. 10 Location of investigated wells.



第11図 旭E 1号井と旭E 3号井のガス圧力の推移
Fig. 11 Gas pressure transition of well E1 and E3, Asahi.



第12図 旭E 6号井と旭E 7号井のガス圧力の推移
Fig. 12 Gas pressure transition of well E6 and well E7, Asahi.



第13図 苫前町泉源のガス圧力の推移
Fig. 13 Gas pressure transition of Tomamae town well.

第2表 温泉水の化学組成

Table 2 Chemical compositions of thermal water.

源名	温泉水採取年月日	EC (S/m)	pH	R-pH	Na ⁺ (mg/kg)	K ⁺ (mg/kg)	Mg ²⁺ (mg/kg)	Ca ²⁺ (mg/kg)	Cl ⁻ (mg/kg)	Br ⁻ (mg/kg)	I ⁻ (mg/kg)	SO ₄ ²⁻ (mg/kg)	HCO ₃ ⁻ (mg/kg)	FreeCO ₂ (mg/kg)
滝川市泉源	Sep/01/2004	0.194	7.33	7.22	289.9	13.1	19.4	60.1	462.6	1.2	—	13.7	286.8	10.1
	Dec/15/2004	0.198	7.14	7.21	297.6	15.6	20.3	63.3	467.7	1.4	n.d.	14.2	284.3	11.9
妹背牛町2号井	Jul/03/2002	0.607	—	7.38	1315	52.7	17.2	26.2	1835	—	—	n.d.	702.9	29.5
	Dec/15/2004	0.663	6.88	7.11	1378	71.3	20.1	35.1	1850	7.0	n.d.	13.0	690.7	29.0
遠別町旭E6号	Aug/30/2004	2.72	7.14	7.13	5550	38.0	27.7	663.4	9950	24.4	21.3	n.d.	197.7	101.7
	Dec/16/2004	2.72	7.19	7.08	5530	56.0	29.7	642.0	9842	25.5	24.7	n.d.	194.0	61.2
羽幌町泉源	Aug/30/2004	2.93	7.15	7.28	5810	104.2	176.3	805.0	11015	28.6	15.5	n.d.	128.1	42.2
	Dec/16/2004	2.91	7.37	7.16	5883	105.5	173.5	794.7	11077	30.5	21.5	n.d.	128.1	30.4
苫前町泉源	Aug/30/2004	4.69	7.00	7.13	10210	60.0	77.1	605.2	16770	32.9	26.9	n.d.	278.2	78.8
	Dec/17/2004	4.43	7.02	7.17	10277	78.5	78.3	610.5	17210	42.0	27.0	n.d.	227.0	41.8

が起きている。なお、第13図には反映されていないが、聞き取り調査によって、地震直後には約6 kgf/m²までガス圧が上昇したことを確認している。

IV. 3. 2 化学組成の変化

温泉水は第10図に示した泉源のうち、滝川市泉源、妹背牛町泉源2号井、旭E6号井、羽幌町泉源、苫前町泉源の5泉源で試料を採取した。試料採取時には、温度、電気伝導度（EC）、pHを測定し、水質分析は後日実験室で行った。主成分イオン（Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、Cl⁻、Br⁻、I⁻、SO₄²⁻）の分析は、イオンクロマトグラフ（横河アナリティカルシステム社製IC7000S）を用いて行った。炭酸濃度（HCO₃⁻、遊離CO₂）は滴定法により行った。

第2表に採取した温泉水のEC、pH、および化学組成を示した。分析の結果、地震前後の温泉水の化学組成は、ほとんど変化していないことが明らかになった。（鈴木・岡崎）

V. 考察

V. 1. 現地調査と地震動の関係

聞き取り調査および墓石転倒調査の結果、地震動について以下の特徴が明らかになった。

a) 墓石の転倒は震源の北北西約10kmにある小平町鬼鹿市街の墓地でのみ確認された。墓石の転倒方向および聞き取り調査から、鬼鹿市街での主要動は西北西-東南東方向であると推定される。

b) 聞き取り調査の結果、震源の北側では南北方向の揺れが報告された。主要動が南北方向であった可能性があるが、同じ北側の苫前町古丹別共同墓地における墓石の移動・転倒方向は東西方向が主であった。

c) 墓石の被害は、鬼鹿市街を始めとして震源近傍の小平町大楨地区、苫前町古丹別地区といった震央の西から北東にかけて震央距離30kmまでの範囲に集中する。これは路面亀裂や斜面崩壊、建物被害、液状化現象がみられた地域と一致している。

d) 上記以外の地域、特に震源の南側～南東側では被害は少なく、墓石、灯籠の転倒も見られなくなる。このように被害が局所的に大きくなるという現象は、1995年空知支庁中部の地震においても報告されている（田近・広田, 1995）。

これらの結果について防災科学技術研究所の強震観測点のデータを用いて検証する。なお、強震記録は同研究所ウェブサイト (<http://www.k-net.bosai.go.jp>) から取得した。

揺れの大きかった小平町鬼鹿市街であるが、震度6弱の揺れを観測したK-net港町観測点では、南北成分が最大536galであるのに対し、東西成分が最大1127galと二倍以上の大きさを記録している。これは今回の観測結果とよく一致する。震源の北側には羽幌町にK-net南町観測点があるが、南北成分が最大160gal、東西189galと両者に大きな差は見られない。この地域では墓石は東西向きに移動したものが多く見られ、聞き取りでは南北に大きく揺れたという証言が得られたが、最大加速度値からはどちらともいえない。

被害は無かったものの東西方向の揺れについての証言が得られた小平町達布では、K-net達布観測点で東西成分が最大273gal, 南北成分が最大184galと若干東西の揺れが大きい記録が得られ、証言を裏付けている。さらに、震源の南側にあるK-net留萌観測点では、東西成分が最大44gal, 南北成分が最大57galであり、他の観測点と比較して値は小さい。これは羽幌、苫前で震度5を記録したのに対して留萌では震度3であったことと調和的である。

今回、墓石調査や聞き取り調査の結果と強震観測点の観測結果を比較したところ、特に揺れの大きな鬼鹿市街において両者が調和的であった。また、震源の南側での揺れの小ささについてもある程度の相関が得られている。しかし震源の北側では、聞き取り、墓石転倒方向、波形が一致しなかった。(田村)

V. 2 被害と地形地質との関係

既述のように、被災地域には西傾斜・東落ちを示す力昼断層と広富断層の2つの活断層が認定されている。しかし今回調査では、力昼断層および広富断層と国道232号線との交差部付近や、断層を横切るいくつかのルート(小河川とそれに沿う舗装・未舗装路)において構造物・地表面ともに大きな変状は認められず、これらの活断層に今回の地震による変位をとまなう活動は想定されない。

地震被害は強い揺れが観測された鬼鹿市街とその周辺に集中し(第3図, 第5図など)、液状化被害や道路地盤の谷側への沈下など地震動を主要因としたものである。震度6弱を観測したK-net地震計が設置されている段丘面上では、町道にアスファルト路面の圧縮による盛り上がりも認められている。また小平町田代・富岡集落の町道アスファルト舗装面に形成された開口亀裂のように、道路地盤の変状に直接関係しないと考えられるものについても、亀裂の走向が墓石転倒調査などに示された振動方向と直交することから、地震時の強い振動により形成されたものと考えられる。一方、調査地域北部の苫前市街や南部の小平市街など、本震の震央から北方および南方へ離れると被害は急激に少なくなっていく。このように各地の被害は、墓石調査・聞き取り調査が示す地震動の地域的な強弱と対応しており、北竜町で震度5を観測した1995年空知支庁中部地震の被害分布状況(田近・広田, 1995)などともよく類似する。

地表変状の中で砂浜に直線的な段差を生じた小椴子川河口域では、国道232号線の橋梁にもやや大きな被害を生じた。道路地盤の陥没箇所や擁壁の破損部は砂浜に生じた段差の沈下側に位置し、またアスファルトに生じた亀裂の走向が段差の走向と調和的であるなど、道路地盤の変状は自然地盤の変状と一体のものと推定される。砂浜の段差は開口などの引張変形、あるいは

逆の圧縮変形をとともに示さないことから、海側の地盤が相対的に沈下したことにより形成されたものであるが、その主要因は現段階では明確ではない。海側の地盤の沈下を考えた場合、移動量がきわめて小さいまま停止した円弧すべりの可能性が考えられるが、液状化層や間隙水の流失による沈下の可能性も指摘される。逆に陸側の地盤の上昇を想定した場合、擁壁など人工構造物の垂直変位を反映している可能性がある。

斜面変動に関しては、国道232号線に面して連続する海食崖には大きな変状は確認されず、小平町秀浦付近に小規模な表層滑落が認められたのみである。一方、道路被害など構造物の被害がほとんど確認されなかった苫前町岩見および三溪で斜面崩壊が確認された。岩見では河成段丘崖の肩に位置する谷埋め盛土に円弧すべりが生じたと推定され、地震時に被害が発生しやすい地盤条件(田近・石丸, 1995)を反映していると考えられる。三溪ではやせ尾根状の地形突出部に発生した基岩すべり一崩落であり、やはり地形的な突出部で増大した地震動による斜面変動(田近・石丸, 1995; 雨宮・田近, 1999)であると考えられる。(川上・岡)

V. 3 温泉に与えた影響

調査の結果から、地震によって温泉付随ガスの圧力は上昇したが、温泉水そのものには変化が無いことが明らかになった。このことは、地下の温泉胚胎層にある温泉水が振動によって揺すられることで、溶存ガスの発泡が起これ、その結果、ガス量が増加して圧力上昇が起きているが、温泉水の供給経路自体には影響が及んでいないためと考えられる。(鈴木)

VI まとめ

2004年12月14日に発生した留萌支庁南部の地震について、地質被害、地震動の特徴および温泉への影響についての緊急現地調査を行った。その結果は次のようにまとめられる。

1) 被害は震央の西から北東にかけての北側半径30km程度の範囲でみられ、特にK-net観測点で震度6弱相当の揺れを記録した鬼鹿市街に多くみられた。被害は道路被害(国道232号線の小椴子川河口付近・海成段丘上の町道など)、建物被害(壁面の剥落・集合煙突の倒壊など)、液状化被害(鬼鹿漁港・旧花田番屋・おにしか厚生園・市街マンホール)および墓石転倒・鳥居の損壊などで、強い地震動によるものである。

2) 地表変状および斜面変動については降雪のため調査が十分に行えなかったが、海浜に生じた段差(国道232号線被害箇所)、河成段丘肩の谷埋め盛土の円弧すべり(苫前町岩見)、古丹別層砂岩泥岩互層の基岩すべり一崩落(苫前町三溪)、海食崖の表層滑落(小平町秀浦)が確認された。いずれの箇所も地形・地質

的に地震時の斜面変動が発生しやすい条件を有する。

3) 地震動そのものの把握は、聞き取り調査と墓石変動調査により行った。地震発生時状況の聞き取りから、大きく感じた揺れの方向を「東西方向」、「南北方向」および「方向不明」の3つに分類できた。大きな揺れを主要動と仮定した場合、震源域付近では主要動の卓越方向は東西であるが、北側では南北方向、南側では卓越した地震動が無かったことが推定される。

4) 墓石転倒被害が見られたのは小平町鬼鹿市街の墓地のみで、その方向は北西-南東方向に卓越していた。これは強震観測データや聞き取り調査の結果と調和的である。また、苫前町古丹別では墓石の移動が見られ、その方向は同じく東西方向に卓越しているが、この結果は聞き取り調査の結果などと一致しない。

その他の墓地では墓石被害はほとんど見られず、被害は1995年空知支庁中部の地震などと同じく局所的なものであった。

5) 地震に伴った温泉の湧出状況変化を把握するために泉源15井を対象に、聞き取り調査 (特にガス圧変化)、温泉水の試料採取・現場測定と持ち帰り水質分析を行った。その結果、地震によって温泉付随ガスの圧力は上昇したが、温泉水そのものに変化が無いことが明らかになった。これは地下での温泉水の供給経路自体に影響が及んでいないためと考えられる。

謝 辞

検証にあたって防災科学技術研究所K-netの記録を使用させていただきました。一部の図の作成についてはGMTを用いました。また、本調査は小平町・苫前町を始めとする地元市町村と現地のみなさま、北海道大学地震火山観測研究センター、札幌管区気象台および関係各位にご協力いただきました。心よりの感謝の意を表します

文 献

雨宮和夫・田近 淳 (1999)：北海道三大地震による斜面変動-地震による変動斜面の特徴。地すべり, 35, 4, 26-33.
 北海道立地下資源調査所 (1994)：1993年釧路沖地震による地盤現象と災害。地下資源調査所調査研究報告, 23, 105p.
 北海道立地下資源調査所 (1996)：1994年北海道東方沖地震による地盤災害。地下資源調査所調査研究報告, 25, 107p.
 石橋克彦 (1995)：「アムールプレート東縁変動帯」における1995年兵庫県南部地震と広域地震活動 (予報)。地質ニュース, 490, 14-21.
 岩崎敏男・川島一彦 (1982)：1978年伊豆半島近海地震被害調査報告, 第1編。土木研究所報告, 158, 2-24.

活断層研究会編 (1991)：新編, 日本の活断層一分布図と資料一。東京大学出版会, 437p.
 気象庁 (2004)：平成14年地震年報 (CD-ROM)
 小池一之・町田 洋編 (2001)：日本の海成段丘アトラス (付図2葉, 付CDR2枚)。東京大学出版会, 105p.
 松野久也・田中啓策・山口昇一・秦 光男 (1962)：20万分の1地質図幅「羽幌」。地質調査所。
 岡 孝雄 (1994MS)：北海道の平野・盆地の成立過程。北海道大学理学研究科博士論文, 227p.
 岡 孝雄 (1997)：北海道とその周辺海域のネオテクトニクスに関する諸問題一付, 札幌付近での活断層の存在と地震発生についての考察一。加藤誠教授退官記念論文集, 427-449.
 岡 孝雄 (1999)：北海道付近のネオテクトニクス像一特にネオテクトニクスの地域区分と特徴一。月刊地球, 21, 549-556.
 岡 孝雄・五十嵐八枝子 (1993)：北海道北部・間寒別構造盆地の鮮新-更新統一とくに堆積相および花粉層序について一。地質学雑誌, 99, 365-389.
 岡 孝雄・五十嵐八枝子 (1997)：北海道・天塩平野北部の上部新生界一特に勇知層・更別層の堆積相と花粉層序について一。加藤誠教授退官記念論文集, 341-365.
 大村 猛・森谷武男・大塚 健・本谷義信・勝俣 啓・一柳昌義・岡山宗夫・高田真秀・鈴木淳志・浅井康広・笠原 稔 (1997)：1995年5月23日北海道新十津川町の地震 (M5.7) の余震観測。北海道大学地球物理学研究報告, 60, 45-60.
 大竹政和・平 朝彦・太田陽子編 (2002)：日本海東縁の活断層と地震テクトニクス。東京大学出版会, 201p.
 札幌管区気象台 (2000)：北海道の地震活動 (第2版)。p310.
 瀬野徹三 (1993)：日本付近のプレート運動と地震, 科学, 63, 711-719.
 田近 淳・広田知保 (1995)：1995年5月23日北海道空知地方で発生した地震：被害分布の概要とその構造地質的背景。地下資源調査所報告, 67, 147-155.
 田近 淳・石丸 聡 (1995)：1993年釧路沖地震に伴う斜面の変動。地すべり学会, 兵庫県南部地震等に伴う地すべり・斜面崩壊研究報告書, 171-190.
 田村 慎・一柳昌義・笠原 稔・Kim Choon Ung・Sen Rak Se (2002)：サハリン南部における浅発地震活動。北海道大学地球物理学研究報告, 65, 127-142.
 田村 慎・笠原 稔・森谷武男 (2003)：臨時地震観測による北海道北部地域の微小地震活動と地殻構造。地震第2輯, 55, 337-350.
 対馬坤六・松野久也・山口昇一 (1954)：5万分の1地質図幅「苫前」および同説明書。地質調査所, 23p.
 対馬坤六・松野久也・山口昇一 (1956)：5万分の1地質図幅「鬼鹿」および同説明書。地質調査所, 22p.
 対馬坤六・田中啓策・松野久也・山口昇一 (1958)：5万分の1地質図幅「達布」および同説明書。地質調査所, 74p.
 渡辺真人・吉田史郎 (1995)：恵比島地域の地質, 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅および同説明書)。地質調査所, 61p.



写真1 国道232号線小楸子川の北側における、路側帯の沈下による舗装面の亀裂。

Photo 1 Cracking of asphalt pavement due to collapse along shoulder of the Road 232.



写真2 国道232号線, 小楸子川河口における防波擁壁の破損, 海側へのわずかな傾倒。

Photo 2 Damaged and slightly tilted concrete seawall (retaining wall) of the Road 232 at the mouth of Kotodokko-gawa River.



写真3 小平町鬼鹿市街南東の海成段丘面上に敷設されている道路舗装面に観察された, 圧縮による盛り上がり(点線はリッジ)。

Photo 3 Buckled asphalt pavement due to compression at the road on the marine terrace, SE area of the Onishika, Obira. Dashed line showing the ridge.



写真4 小平町広富の人家に見られた煙突の倒壊。

Photo 4 Collapse of chimney, Hirotoimi, Obira.

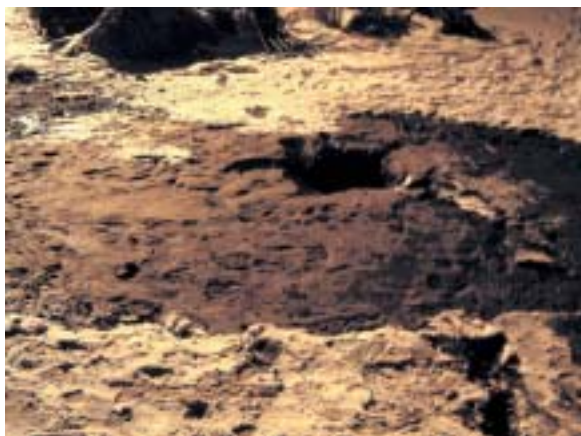


写真5 小平町鬼鹿市街の鬼鹿漁港で観察された噴砂現象。

Photo 5 Sand boils at the Onishika Port, Obira.



写真6 小平町鬼鹿市街のおにしか更生園浄化槽の抜け上がり。

Photo 6 Uplifted septic tank, Onishika Kousei-en, Onishika, Obira.



写真7 小平町小椴子川河口の海浜に出現した浜崖様の段差(矢印)。段差が防波擁壁と交差する付近のすぐ南側で擁壁が破損。

Photo 7 Very low cliff (arrows), like beach scarp, occurred at the beach near the mouth of Kotodokko-gawa River. Concrete seawall was damaged at the southward of intersection between the cliff and wall.



写真8 苫前町岩見, 谷埋め盛土に発生した円弧すべり。
Photo 8 Rotational slide of the man-made fill, Iwami, Tomamae.



写真9 同上。路面に移動土塊末端が堆積した痕跡が残るが、すでに撤去済みであった。

Photo 9 Ditto. Trace on the road shows that the foot of sliding body deposited there, although it had been already removed.



写真10 苫前町岩見, 谷埋め盛土に発生した円弧すべり. 滑落崖と斜面上に定置した移動土塊の状況. 矢印は移動土塊に発達する副次崖.

Photo 10 Rotational slide of the man-made fill, Iwami, Tomamae. Photo shows head scarp and landslide body settled on the slope. Arrows show minor scarps.



写真11 苫前町三溪南方のルペシュペナイ川右岸に発生した古丹別層砂岩泥岩互層の岩盤崩壊 (基岩すべり一崩落).

Photo 11 Bedrock sliding and fall on the right bank of the Rupeshupenai-gawa River, south of Sankei, Tomamae.



写真12 小平町鬼鹿市街, 巖島神社における鳥居頂部の崩落被害.

Photo 12 Collapse damage of the top of sacred arch, Itsukushima shrine, Onishika, Obira.



写真13 小平町鬼鹿市街, 興聖寺における墓地被害.

Photo 13 Damage of tombstone, Kouseiji-temple, Onishika, Obira.