

地質調査所特別報告 第4号

新潟地震予察報告

地質調査所

昭和41年10月

550.346 (521.41+521.15) : 550.85

地質調査所特別報告 第4号

所長 佐藤光之助

新潟地震予察報告

通商産業技官	須貝貫二
通商産業技官	佐藤茂
通商産業技官	牧野登喜男

目 次

要 旨	1
I. 緒 言	2
II. 地質調査所以外の調査研究機関による地盤変動調査と成果の概要	3
III. 新潟・山形県下の地形および地質の概要	3
IV. 地質調査所による地盤変動予察結果	7
IV. 1 予察第1班の調査結果（主として新潟市およびその周辺地域）	7
IV. 1.1 新潟市街地	8
IV. 1.2 新潟市東関屋一内野間の内野街道ぞい	10
IV. 1.3 西蒲原郡黒崎村山田一善久付近	11
IV. 1.4 その他の区域	12
IV. 2 予察第2班の調査結果（主として北越，新潟・山形県境および鶴岡地域）	12
IV. 2.1 山形県鶴岡市管内	12
IV. 2.2 羽越線の災害と地盤変動	14
IV. 2.3 鶴岡一村上間の山地における崖崩れ	15
IV. 2.4 新潟県村上市管内	15
IV. 2.5 新潟県岩船郡神林村塩谷	17
IV. 2.6 新潟県北蒲原郡中条町大出・乙および桃崎	17
V. 平野部における地盤変動	19
V. 1 地盤変動の類別	19
V. 1.1 局部的隆起沈降	19
V. 1.2 地割れ	19
V. 1.3 地下水・砂泥の噴出	21
V. 1.4 押し出し	21
V. 2 地盤変動に関する若干の地質学的考察	21
V. 2.1 機 構	21
V. 2.2 地震後における地盤変動	24
V. 2.3 地質的条件	25
VI. 結 語	26
VI. 1 調査研究方針	26
VI. 2 調査研究内容	27
文献および資料	27
Abstract	
Plates 1～95	

新潟地震予察報告

通商産業技官 須 貝 貫 二*

通商産業技官 佐 藤 茂**

通商産業技官 牧 野 登喜男*

要 旨

当地質調査所では、昭和 39 年 6 月 16 日に発生した新潟地震による災害と地盤変動状況、および両者の地質的關係の概ほうを把握し、当所今後の本格的調査研究計画をたてる目的をもって、予察調査班を 2 個班現地に急行させた。

予察第 1 班

調査員 佐藤茂・牧野登喜男・深谷栄治

調査地 新潟市を主とし、同市以西柏崎・直江津方面

期間 昭和 39 年 6 月 17 日 ～ 23 日

その他 シープ使用

予察第 2 班

調査員 須貝貫二・鈴木泰輔

調査地 新潟市以北鶴岡市間の地域

期間 昭和 39 年 6 月 20 日 ～ 24 日

その他 シープ使用

予察調査の結果

- 1) 新潟地震による災害は、主としていわゆる軟弱地盤、すなわち地表からごく浅い箇所に自由地下水位が高く、激しい震動によって流動化し易い堆積物が存在していることに密接な関係のあることがわかった。

新潟市街およびその周辺区域には、いわゆる軟弱地盤の種々の型のものがよく発達しているので、まずここを調査地としてとりあげるのが妥当と考えられる。

- 2) 一方、新潟地震のさい、新潟市およびその周辺の天然ガス採取井や、新潟地盤沈下観測井その他の井戸の水位に変化が生じ、また新潟・山形両県下の温泉のうちにも泉況に変化が生じたものがある。そのほか山崩れや崖崩れも、主として県境付近に生じた。これらの地盤変動状況をよく調査して、新潟地震の性格を考究するための一助とすることが必要であろう。

- 3) また、地盤変動の顕著な現象として、粟島の中央南東海岸で約 1.4 m、同北西海岸でおよそ 1 m 隆起したほか、同島の南西海底部にもかなりの広がりをもった隆起部が出現し、その南縁には南東側落下の断層も生じたことや、粟島対岸の花崗岩から構成されている陸域海岸部は約 0.3 m 沈下し、西方に向かってゆるく傾動したことも、他の調査研究機関によって判明した。

よって、震央に最も近い粟島やその対岸の新潟・山形県境に当る沿岸山地部の地質構造を調査するとともに、粟島周辺海域における物理探査を施行して、海底部の地盤変動の状況をも探査する必要がある。

- 4) 新潟地震による地盤変動と、新潟・庄内両油田・ガス田地帯の新第三系及び第四紀洪積層の地質構造、さらに先第三系のそれと、いかなる地質学的関係にあるかを考察することも肝要と考えられる。
- 5) 新潟平野の北部においては、さいわい新潟地震前に重力探査が行なわれているので、このたびの新潟地震によって、地下深所においていかなる変動が生じたかを知るために、早急に重力探査を実施して、地震前の結果と比較検討することがつよく望まれる。
- 6) 新潟地震に関しては、当所以外の多くの調査研究機関によって、それぞれの立場から考究されるはずなので、これらの調査研究結果のうち、当所の担当業務と密接な関係のあるものについては、これを当所によって得られた調査研究成果と関係づけて地質学的考察を試みる必要がある。さらに、出来れば、さきの福井地震（昭和 23 年 6 月）や長岡地震（昭和 36 年 2 月）との地質的な比較研究を行なうことも有意義なことと考えられる。

I. 緒 言

昭和 39 年 6 月 16 日 13 時 2 分、東経 $139^{\circ}12'$ 、北緯 $48^{\circ}24'$ 、すなわち、新潟・山形県境の沖合いわずか 20 km にある日本海の孤島栗島の南西約 2 km を震央（“震源地”）として、新潟・山形・秋田 3 県にわたる日本海沿岸地帯を強襲した新潟地震（6 月 16 日に気象庁によって命名）による被害状況は、各種の報道機関を通じて、刻々全国に報道された。とくに被害の甚大な新潟市街およびその近郊地域については、災害を大ならしめた 1 つの大きな原因が、いわゆる浅層地盤の軟弱なことにあることが指摘された。

当地質調査所は、予察的調査を行なって、新潟地震による災害と地盤変動の状況、および両者の地質的関係の概貌を把握し、当所今後の調査研究計画をたてる目的をもって、新潟地震勃発の翌 17 日、とりあえず予察第 1 班（佐藤茂・牧野登喜男・深谷栄治 3 技官）を新潟市に派遣して、同市ならびにその周辺地域について調査させるとともに、新潟市以西の柏崎・直江津方面をも調査させた。

他方、新潟市以北の地域については、予察第 2 班（須貝貫二・鈴木泰輔 両技官）を 6 月 20 日に派遣して新発田・中条・村上・温海・鶴岡方面の調査にあたらせた（第 1 表）。

第 1 表 予察班の編成・期間および調査地（ルート）

班 名	調 査 員	所 属 部 課・職 名	期 間	調 査 地（ルート）	備 考
予 察 第 1 班	技官 佐藤 茂	地質部 図幅第 1 課長	39.6.17～ 39.6.23	東京→白根市金巻 →新潟→大形 →寺尾→内野 →黒崎→直江津 →東京	ジープ 運 転
	技官 牧野登喜男	燃料部 石油課第 3 調査研究室長			
	技官 深谷 栄治	庶務課 庶 務 係			
予 察 第 2 班	技官 須貝 貫二	燃料部 石 炭 課 長	39.6.20～ 39.6.24	東京↔(三国峠)↔(新潟) ↔新発田↔中条↔村上 ↔勝木↔鶴岡	ジープ 運 転
	技官 鈴木 泰輔	燃料部 石炭課第 7 調査研究室員			

第 1 班は 6 月 23 日に、第 2 班は同 24 日にそれぞれ帰所し、両班とも、新潟地震による災害は浅層の軟

弱地盤にきわめて密接な関係にあることを確認した。

よって、ここに予察結果を報告し、とくに平野部における地盤変動についての地質的考察を行なって、諸賢の批判を仰ぐとともに当所今後の本格的調査研究を推進するための参考に供する。

本予察調査にあたり、繁忙をきわめていたにもかかわらず、多大の便宜を与えられたうえ貴重な資料を提供された新潟県・新潟市・中条町・村上市および鶴岡市の各災害対策本部、ならびに石油資源開発株式会社長岡鉱業所、帝国石油株式会社新潟鉱業所、東邦天然ガス株式会社に対して深甚の謝意を表する。また、有意義な助言を賜った新潟大学理学部地質学教室の西田彰一教授および津田禾粒助教授に深く感謝の意を表する。

II. 地質調査所以外の調査研究機関による地盤変動調査と成果の概要

新潟地震はさきに言及したように、新潟市をはじめ新潟・山形・秋田3県の日本海沿岸地域に、大なり小なりの災害を与えた。大地震の結果として、地割れ、地盤の陥没と隆起、山崩れ・崖崩れ、地下水位の変化などを生じたが、温泉の泉況にも変化をもたらしたものと推測される。

これらの現象がどうして起ったのか、それがどの程度の規模のものであるのか、新潟市街に生じた建築物の倒壊や地盤の不同沈下はいかなる原因によるのか、といった疑問を解明し、今後の災害対策を講ずるために、気象庁・国立防災科学技術センターをはじめ、関係国立調査研究機関や諸大学の地震・地学部門、および関係学会は、新潟地震勃発後それぞれの立場において、ときをうつさず調査研究活動を開始した。

これらの成果については、いずれ詳しい報告がなされることであろうが、これまでにわかったおもな事項はおおむねつぎのようである。

1) 新潟地震の震央(“震源地”)

東経 $139^{\circ} 12'$ 、北緯 $38^{\circ} 24'$ 、すなわち新潟県岩船郡粟島浦村に属する粟島の南端八幡鼻の南西 $2 \sim 3$ km の海上にあって、震源までの深度は約 40 km である。

2) 新潟地震の特徴

振幅が大きく、周期は長く、水平動が大である。

3) 災害と地盤の地質条件

両者の関係はきわめて密接で、新潟市街については、地盤の地質条件を充分考慮のうちにいれておいたならば、その災害は著しく減少していたであろう。

4) 粟島の隆起

“震源地”にもっとも近接している粟島において、同島の中央南東海岸で 1.4 m、北西海岸で 1.0 m 隆起した。また、同島の南西海底にかなりの広がりをもつ隆起部が現出し、その南東縁には南東側落下の断層も生じているものようである。他方、粟島対岸の花崗岩から構成されている陸域臨海部では、約 30 cm 沈降し、西方に向ってゆるく傾動した。

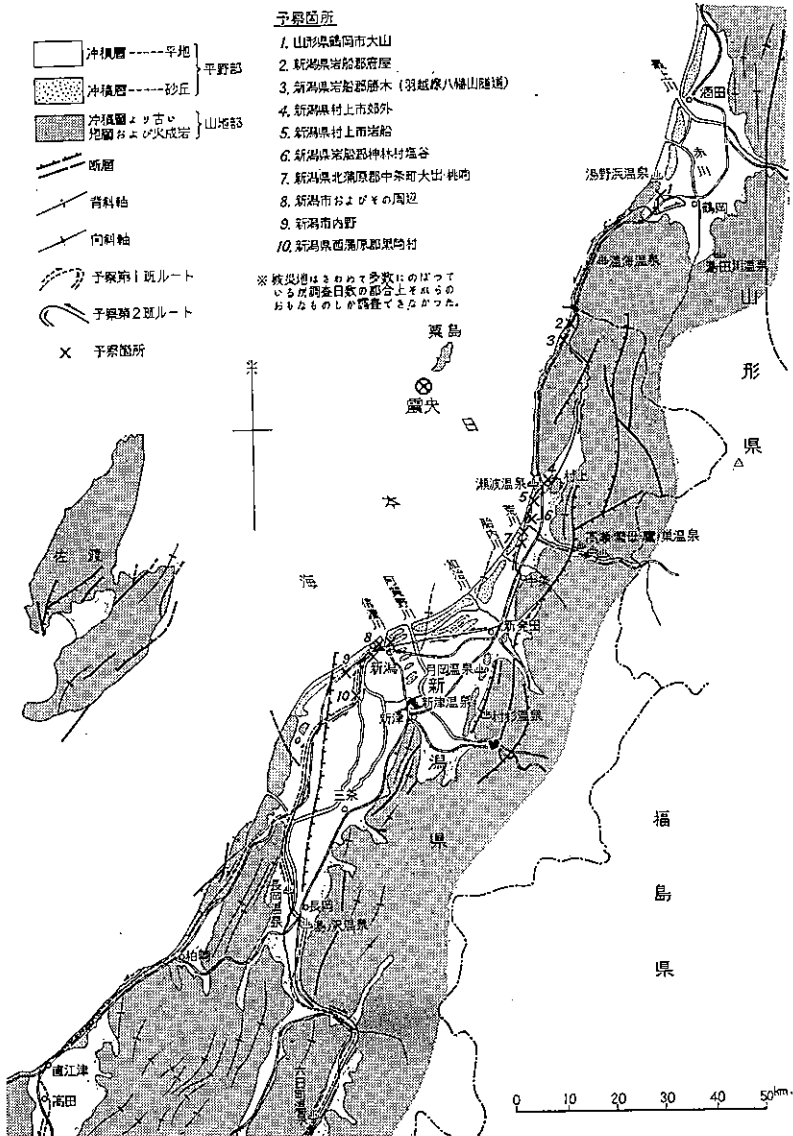
III. 新潟・山形県下の地形および地質の概要

新潟県のほぼ中央部を北東流して新潟で日本海に注ぐわが国最大の信濃川と、その東側を北流する阿賀野川・加治川などによって形成された新潟平野は、西端に近い長岡付近から北端の村上まで延長約 110 km、最大幅員(新潟―新津―五泉)約 30 km の広がりをもって分布している。その西方には柏崎・高田の両平野があり、北方の山形県下には鶴岡・酒田両市を含む庄内平野が分布している(第1図)。

新潟・庄内両平野の海岸沿いには砂丘がよく発達し、とくに信濃川と阿賀野川との間には、海岸線に平行な7列もの砂丘群があり、阿賀野川・加治川(分水)間にも4列の砂丘群がみられる。

砂丘の内側や砂丘と砂丘との間は、普通地下水位の高い水田となっている。かかる箇所はかつて潟を形成しておいたものと推測され、現在では、加治川や胎内川にみられるように、砂丘の内側に沿って旧主流の流路があり、加治川のそれは阿賀野川に、旧胎内川の流路はその東半部が荒川に、西半部は現胎内川にいずれもきわめてゆるい流れで注いでいる。

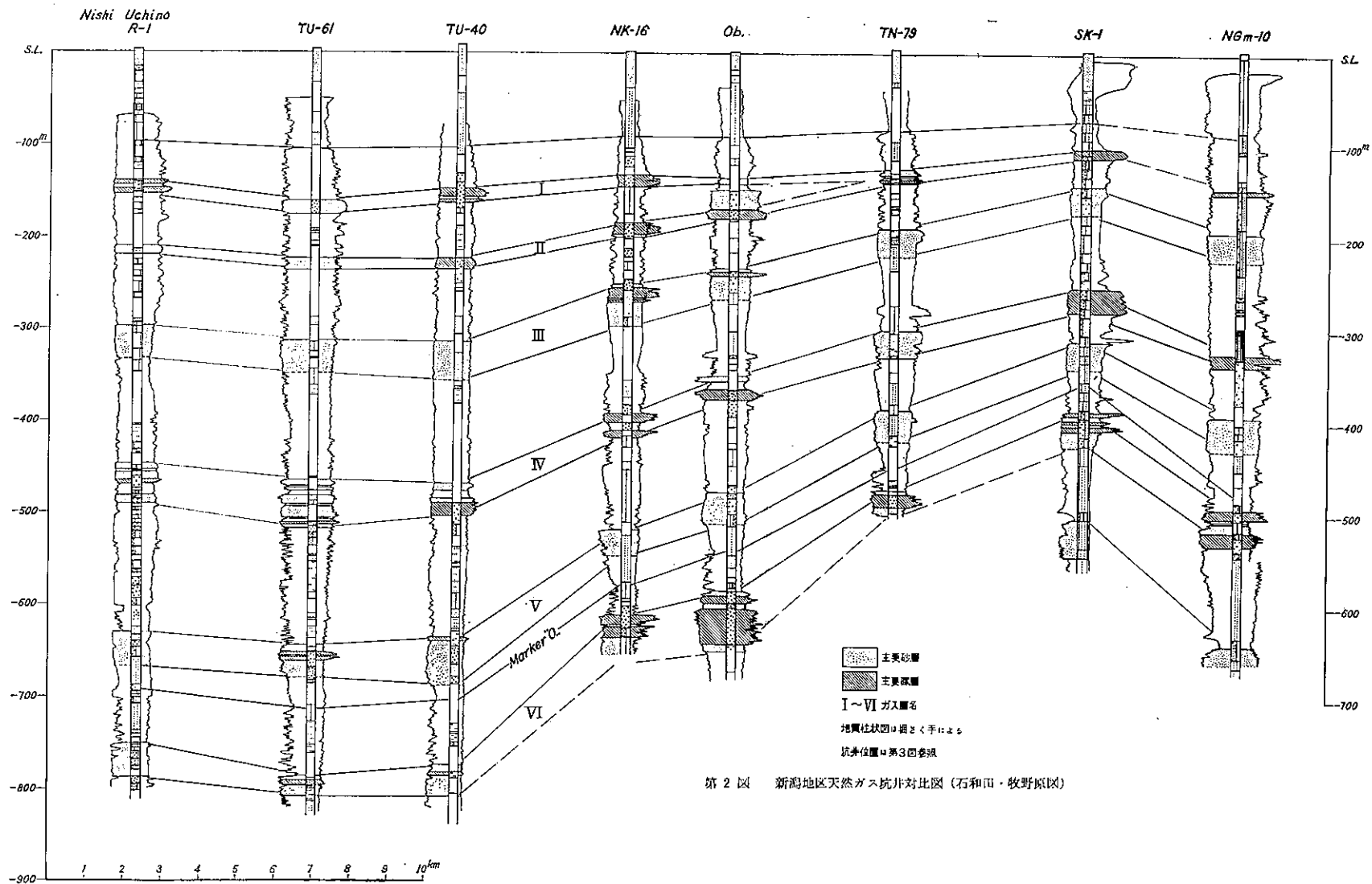
新潟・山形県境と、新潟県と福島・群馬・長野3県との県境地域とには、古生層や花崗岩などから構成されている古期岩層が分布し、山地帯と平野との間の丘陵地帯には、新潟・庄内阿油田地帯をそれぞれ形成し



第1図 新潟地震予震箇所位置図ならびに新潟・山形県下地質略図

ている新第三紀層が発達している。

新潟油田地帯においては、新第三紀層は北東—南西方向の軸をもつ多数の背斜・向斜からなる褶曲構造を



第2図 新潟地区天然ガス坑井対比図 (石和田・牧野原図)

形成し、同方向の多数の断層によって切断されているが、全体として日本海に向かって新しい地層が順次重なっている。

庄内油田地帯においてはほぼ南北方向の褶曲構造と、これを切断している同方向の断層が数条みられる。

このような、新潟・庄内両油田地帯を支配している構造とくに断層系は、新潟地震の発生とまったく無縁であるとは考えがたい。

“震源地”にもっとも近い粟島は、新潟油田地帯を構成している新第三紀層のうちでも比較的下部の地層（玄武岩の岩床を含む七谷層）からおもに構成され、これが北西に向かって傾斜している。

新潟・山形県境の山地は、日本海に迫って海蝕崖を形成し、景勝の地として知られている。主としてその南半部は花崗岩類、北半部は新第三紀層の下部の地層（先津川階）から構成され、後者は一般にかなり急角度で西方に傾斜している。

佐渡ヶ島も新潟油田地帯を構成する新第三紀層のうち、主として下部の地層（相川層群・岩船層群・津川層・七谷層）からなり、北東一南西方向の褶曲構造を示し、おおむね同方向の数条の断層によって切断されている。

新潟地域の平原下地下地質状況については、天然ガス坑井資料によって明らかにされてきたが、とくに第四紀層中に介在する顕著な砂礫層（Ⅰ～Ⅵ層）が主要含ガス層となっており、これらを移行対象として多数の坑井が掘さくされ、第四紀層の地質状況はいっそう明らかになってきた（第2, 3図）。

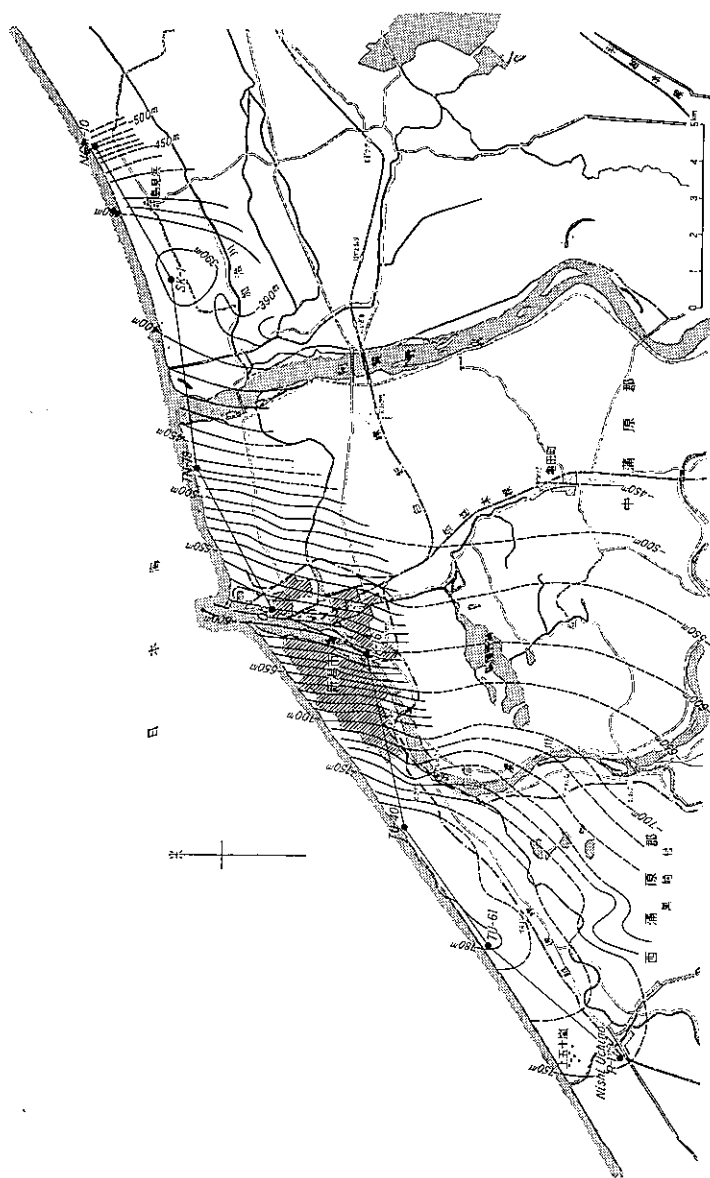
蒲原平野における最深井は、当所の天然ガスグループによって実施された蒲原層序試験井GS-1号井（西蒲原郡吉田町大字佐渡山）において深度 3,703 m まで掘さくされ、椎谷階で掘止めている。また新潟市周辺では東新潟地区には深度 3,000 m 級の坑井が数坑掘さくされており、いずれも椎谷階で掘止められている。これらの坑井地質資料によって、蒲原平野下には新第三紀層がきわめて厚い厚さをもって伏在しているものとみなされる。

新潟市周辺における第四紀層の層厚は、第2, 3図にみられるように、内野地区でもっとも厚くて、800～850 m、東方の東新潟（松浜）地区で 420～450 m である。

また第四紀層中の沖積層（ここではⅡ層の下限をもっていちおう沖積層の基底とみなす）の厚さは、内野地区で 240 m 内外、臨港地区で約 180 m、東新潟地区で 120 m 前後と推定される。

第四紀層の岩相は、地表から 20～40 m の部分は主として灰褐色の中～粗粒軟質砂で、炭質物や貝殻などを含むことがあり、ところによっては粘土を挟有する。これよりⅠ層までの間は、その上半部 40～50 m が青灰色の砂質粘土を主とし、貝殻や炭質物などを含み、下半部は細～中粒砂と粘土との互層からなっている。Ⅰ層は厚さが 10 m 内外の砂礫層 1～2 層からなり、Ⅰ層とⅡ層との間は青灰色の砂質粘土・粘土・砂などで、Ⅱ層は 10～20 m の砂礫層である。一般にⅡ層から上位は岩相の側方変化が著しい。Ⅰ層とⅡ層は阿賀野川の河口西方で 1 層の砂礫層となっており、さきに言及したように、このⅡ層の下限をもって沖積層の基底とみなすのが、現在のところ妥当と考えられる。

洪積層の最上部とみなされるⅡ層とⅢ層間は、比較的厚い青灰色の細～粗粒砂と灰色ないし暗灰色の砂質粘土または粘土との互層で、粘土は炭質物を含むことがある。Ⅲ層はその厚さ 30～40 m あり、粗粒砂を主とし、上部に礫層が介在することがあり、下部は砂質粘土に漸移する。Ⅲ層とⅣ層との間は、上部が砂質粘土ないし粘土を主とする泥質相を示し、下部は砂質粘土ないし粘土と砂との互層である。Ⅳ層は中～粗粒砂および礫層からなる上下の 2 層と、その間の砂質粘土と砂との互層とからなるが、これらは阿賀野付近から東方では 1 層の砂礫層で代表されている。その厚さは西方で約 50 m、東方で 25 m 前後である。Ⅳ層とⅤ層との間は暗灰色の砂質粘土ないしシルトと細～粗粒砂からなり、Ⅴ層は主として灰色ないし青灰色の粗粒砂からなり、上部に礫層を挟有することがある。また本層には浮石粒を多く含んでいる特徴がある。Ⅴ層とⅥ層との間は、Ⅴ層の砂が下位にすすむにつれて泥質となって礫層の 1 つである Marker 0 の泥岩となりさらにその下部では砂層とときに砂礫層が若干発達してⅥ層となる。Ⅵ層は顕著な砂礫層で 30～70 m の層厚を有し、新潟ガス田（水溶性ガス鉱床）でもっとも生産性を誇っている地層である。本層は山ノ下地区でも



第3圖 Iwajima等線圖 (Sea Level 基準) (石和島・牧野原図)

っともよく発達し、かつ礫層の発達が著しい。VI層の下限をもっていちおう洪積層の基底とみなしており、本層以深の新第三紀層は比較的単調な泥質相からなっている。

第四紀層の地質構造は、第2図にみられるように、西方の内野地区を底とする大きな向斜構造と、東方の東新潟（松浜）地区の東新潟背斜とで示される。しかしながら、これらの大構造を截断する断層（一部逆断層）の存在も知られており、かかる断層系の実体は今後の調査の進展につれてしだいに明らかにされるものと考えられる。地層の傾斜は、所によって多少急角度を示すが、巨視的には著しく緩傾斜（数度以下）で、上部ではほとんど水平に近い。

Ⅳ. 地質調査所による地盤変動予察結果

Ⅳ. 1 予察第1班の調査結果（主として新潟市およびその周辺地域）

今回の調査は、関係官庁・会社・大学などにおける情報聴取も含めて現地の調査日数は4日間にすぎなかつたため、個々の現象を詳細に観察したり、あるいは計測したりすることはほとんどできなかつたが、種の地質条件のところの地表における地盤変動の概況をできるだけ広範囲にわたって調査し、地盤変動と地質との関係を概念的にでも把握するように努めた。

第2表 予察第1班の調査行動

年月日	天候	出発地	到着地	記 事	宿泊地	備 考
39. 6. 17 18	曇 快晴	東京 六日町	六日町 新潟	石油資源開発KK長岡鉱業所にて情報聴取 白根市と西蒲原郡黒崎村にまたがる大野大橋付近中ノ口川河岸調査 新潟県庁・新潟大学・東邦天然ガスKKにて情報聴取 東中通・西堀通付近調査 新潟市街一内野間砂丘上および砂丘内低地べっ見	六日町 新潟市 内野	ジープ使用 〃
19	晴			内野一関屋間砂丘南東縁部、沼垂通産省地盤沈下観測井、大形通産省地盤沈下観測井およびそれらの付近調査 帝国石油KK新潟鉱業所にて情報聴取 新潟駅前一万代橋一県庁調査	〃	〃
20	雨			関屋付近一川岸町一総合グラウンド調査 西堀町付近の墓石、燈籠の倒壊状況調査	〃	〃
21	曇 晴			白山駅一県立商業高校一鏡淵小学校、昭和大橋北側一白山公園、万代橋一帝石橋間信濃川南東岸、西蒲原郡黒崎村山田付近調査	〃	〃
22	晴	内野	妙高高原町	黒崎村善久付近の旧信濃川の河道およびその沿岸部調査 大野一直江津間概査	妙高高原町	ジープ使用
23	晴	妙高高原町	東京			

広域にわたる地盤の隆起・沈降あるいは撓曲など水準測量によつてはじめて認められるような変動や、地下水・温泉あるいは物性などのように地表下における変動については今後の調査研究の結果をまたねばならないので、本稿では、地表において観察することのできた地盤変動についてののみ記述する。

新潟市街地およびその周辺を調査して、注意をひいたのは、地震による被災地（火災および水害を除く）とほとんどあるいは全く被害を被っていない区域とが画然と区別されていること、および被災地では局部隆起沈降・地割れ・噴砂などの地盤変動が著しいのに対して、建築物は沈下・傾斜あるいは転倒しているものが多く、折損・崩潰しているものが非常に少ないことであつた。このことは、おそらく、地震の衝撃や振動による直接の被害よりも、地震によつて軟弱な地盤に与えられた2次的な地盤変動による被害の大きかつたことを示すものと考えられる。

以下調査範囲内の被害地の地盤変動の状況を記述し、地盤変動と地形および表層地質との関係について若干の考察を試みた。

なお、ジープあるいは徒歩によつて調査した地域は次のとおりである（第2表）。

- 1) 新潟市街地（北東部の浸水および火災地域を除く）
- 2) 新潟市東関屋一内野町間の内野街道ぞい
- 3) 西蒲原郡黒崎村山田一善久付近
- 4) その他（新潟市大形・白根市大野大橋付近など）

IV. 1. 1 新潟市街地

新潟市街地では、越後線関屋駅付近から北東へ県立商業学校一鏡淵小学校一県庁・白山公園一東中通・西堀通一砦谷小路、関屋駅南方から北東方万代橋までの信濃川北西岸、万代橋から南西方帝石橋までの信濃川南東岸、新潟駅前ビル街および東新潟中学校付近を調査した。

関屋駅付近から北東方西堀通にかけての区域

県庁以西については、海岸砂丘南縁部を車中からべつ見したにすぎないが、県立商業学校から鏡淵小学校付近にかけて建物の不同沈下や道路に平行な地割れが認められ、とくに県立商業学校付近で多量の噴出した砂が積もっていたほかは、部分的に不同沈下や地割れを生じている程度である。

県庁以東では、東中通北側以北、海岸砂丘南縁部までの区域で広く不同沈下を生じ、建築物には幾分傾いたものも認められたが、全体としては、地盤変動は他の被災地域に較べてそれほど顕著でないようである。東中通の北側では、建築物の沈下や振動に伴つて歩道の舗装ブロックが部分的に重なり合い、あたかも北からの横圧を受けたような状態を示している。

東中通南側以南の古町一帯では、建築物の不同沈下や地割れはまれにしかみられず、外見上地盤の変動はほとんど認められない。

白山神社境内では、不同沈下や地割れは認められないが、多くの石燈籠が倒れている。倒れの方向については、約10燈測定した結果、 $N10^{\circ}W$ 、 $N5^{\circ}W$ 、 $N20^{\circ}W$ 、 $N50^{\circ}W$ 、 $N50^{\circ}E \times 2$ 、 $S60^{\circ}E$ 、不明3～4で、測定数が少ないためか、優勢な方向性を得ることができなかった。また、 $N60^{\circ}W$ 方向、長さ約150mの石畳みの参道が図版1でみられるように、参道の方向に1列の敷石について2カ所でそれぞれ17cmと18cm重複し、さらに神社の敷石の部分に参道敷石の末端部が約5cmめり込み、参道全体として見かけ上約40cm短くなっている。これに対して、これと交わるNE方向の石畳の道には変化が認められないのは注目される。

競技場側の白山公園内では、局部的隆起沈降が著しく、県営グラウンドのスタンドは不同沈下によつて内側に傾き、噴水池は $S40^{\circ}W$ に約 2° 傾斜している。地割れも各所に形成されており、県営グラウンドにはスタンドの不同沈下に伴つてこれに平行な半円形の地割れがみられる（図版2, 3）。また砂の噴出も著しい（図版4）。

西堀通にはNNE—SSW方向に20数軒の寺があり、約1.2kmにわたつて墓地となつている。このう

ち4軒の寺とその墓地进行した限りでは、墓石の倒れたものは6~7で、全墓石数の1%にも満たない。墓石の柱面の向きは大部分がN60~70°WおよびN20~30°Eを示し、倒れの方向はS30°W、N20°E、S60°E、N50°W(3コ)で、いずれも墓石の断面のほぼ短辺の方向に倒れている。石燈籠の倒れたものは3で、倒れの方向はいずれもN5~10°Wである。これら石燈籠の断面は円形に近い(図版5)。

関屋駅南方から万代橋までの信濃川北西岸

鉄橋以西は大部分最近の埋立地であり、鉄橋以东はおもに最新の信濃川河道堆積物からなる。

この区域には川岸町の県営アパートを除いては鉄筋建築物が比較的少なく木造家屋が多い。県営アパートは8棟が1団をなしているが、1棟は完全に倒れ、他はすべて3~20°傾斜し、0.5~2m沈下している(図版6,7)。倒れの方向は、完全に倒れたものを含めて4棟が南方(信濃川側)に、他の4棟が北方に傾いている。しかし、建築物そのものはいずれも破損していない。この区域の他の建築物も不同沈下や地割れによつて傾倒したり撓んだりしているものが多い(図版8,9)。

国道18号線にかけられた越後線の陸橋付近では、鉄道の盛土が沈下すると同時にE-W~ENE-WSW方向の亀裂を伴つて崩壊し、線路の路盤は2m以上下つている(図版10,11)。この付近では家屋の破壊も著しい(図版12)。この陸橋南側の広場ではENE-WSW方向に延びた局部的沈降部があり、その縁辺部には図版13に示すようなENE方向の地割れ群を伴っている。

この区域には信濃川に平行な地割れ(E-W~NE-SW)がきわめて顕著に発達する。とくに信濃川べりの補装道路には10条前後の地割れ(幅10~30cm)が道路にそつて電光型に走り、路面は全体として信濃川に向かって傾くと同時に同方向に押し出されている(図版14,15) 信濃川近くでは、これとほぼ直角をなす道路上にも信濃川方向の地割れが発達するところが多い。

越後線の信濃川鉄橋と白山駅との間の鉄道の盛土は崩壊し、鉄橋付近では路盤が1m以上下がっている(図版16)。また、鉄橋の北西とりつけ付近の盛土方向の道路上には、これに平行なNE-S E方向の地割れも発達し、信濃川方向のものとともに網状の地割れを示す(図版17)。

地下水や砂泥の噴出は、信濃川の河岸近くではきわめて少ないが、河岸から約100m以上離れるときわめて顕著である(図版18)。

昭和大橋は落ち、北側の盛土部は、顕著な地割れを生じ、擁壁は両側に開き、大破している(図版19~23)。

万代橋から帝石橋までの信濃川南東岸

流作場付近の建築物は鉄筋と木造とが入り混っている。鉄筋建物は不同沈下(一般には沈下量が1.5m以下)しているものが多く、その隣に木造家屋がある場合には、鉄筋建築物の不同沈下の影響で木造家屋はしばしば鉄筋に寄るように傾いている。また、道路や木造家屋の前に高さ1m以上に積み上げた砂の山は地震に伴う地下水や砂の噴出の著しかつたことを物語る。とくに、沈下した鉄筋建築物に隣接している木造家屋内には、ところによりきわめて多量の地下水と砂が噴出し、1m以上も砂が積もつたといわれる(図版24)。

流作場付近以外のこの区域については、旧新潟駅のすぐ北側の道路を信濃川ぞいに車中から概観したにすぎないが、昭和大橋南方付近では不同沈下、地割れ、電柱の傾倒および地下水や砂の噴出の跡が多く認められる。しかし、昭和大橋以西の道路ぞいには被害はほとんど認められない。

帝石橋の北側にほとんど接して敷設された天然ガス輸送パイプ橋はその中央部あたりが帝石橋側に倒れて破損している(図版25)。

新潟駅前ビル街

旧信濃川河道内の湿地を最近砂で埋め立て、ビル街として建設された所であるが、新潟地震によつて甚大な被害をおもつている。鉄筋建築物は程度の差こそあれ不同沈下したり、傾斜しているものが多い。沈下量は一般には0.5~1.5m程度で、建物が傾斜している場合には、倒れた方の側の沈下量は2~3mに達するものもある(図版26~28)。建物の傾斜は20°以下で傾斜の方向は一定していない。このように沈下傾

倒しているにもかかわらず、建物そのものは、亀裂・折損・崩壊などによる被害をこおむつていないものが多い。

道路については、建築物の沈下・振動によつて生じた地割れ・引きずりあるいは押し上げなどによつて歩道は相当破壊されているが、車道は 1~2 本の道路に平行な地割れが形成されている程度で、見かけ上あまり変動を受けていない（図版 29）。また、沈下量の大きい建築物の周辺には建物の輪郭に平行な地割れを生じていることが多く、ホテル新潟のそばでは、同ホテルの沈下と同時に浄化槽が約 1.8 m あがつている（図版 30）。

沈下した建築物の周辺の地割れにそつて地下水や砂の顕著な噴出跡が認められる。

東新潟中学校付近

同中学校の校庭を観察したにすぎない。校庭南東隅に設置されている通産省地盤沈下観測井が約 17 cm 抜け上がつていること、校庭全体とくに校庭の西半部は排水されにくくなつていることから、校庭は全体として沈降しているものと推定される。校庭には多くの地割れや砂泥噴出の跡が残されているが、その方向性はあまり明瞭でない。すなわち、校庭の北東部では、N-S と N50°E との 2 方向が優勢で、割目にそつて地表が土手状に数 cm 盛り上がつており、校庭の東部中央付近では N 25°~40°W 方向に噴砂孔が並ぶ。また、校庭の南東部では N 60°E 方向の小規模な地割れ群が顕著である。校庭の西半部にも地割れや噴砂孔が発達しているが、泥水に覆われているため、それらの規模や方向性を明らかにすることができなかった。

IV. 1. 2 新潟市東関屋一内野間の内野街道ぞい

この街道は、最高標高約 38 m、一般には標高 20~30 m の海岸砂丘の南縁を NE-SW 方向に走る。

上坂井の南西方では、新川にかけられた県道のコンクリート橋のほぼ中央部がわずかに沈下撓曲しているほかは、部分的に電柱が傾いたり、小規模な地割れが認められる程度で被害は軽微である。

これに対して上坂井以東関屋付近までの約 6 km の間は地盤変動がはげしく、著しい被害をこおむつている。この区域の建築物はほとんどすべて 1~2 階建ての木造家屋で、その大部分が道路北西側の砂丘南縁部に建てられている。鉄筋建築物はほとんど認められない。この区域は、全体として、砂丘から道路に向かつての押し出し、局部的隆起沈降が顕著で、これに伴う地割れや砂泥の噴出も認められる。木造建築物はほとんどすべてこのような地盤変動に左右され、傾倒・破壊などの被害を大なり小なりこおむつている。

坂井輪中学校西方部落では、背後の砂丘からの砂の押し出しが著しく、土蔵の 1 つは約 50° 傾き、2 m 以上砂中にめりこんでおり、人家も床が砂に埋もれ破壊されている（図版 31）。その家の人の話では、地震開始後間もなく細粒砂からなる地盤は約 80 cm 盛り上がつて緩く波打ち、土蔵は傾きながら沈下した。また、家の内外では地下水と砂を噴き出し、床はその砂で埋もれ破壊されたという。NW-SE 方向（砂丘の延びの方向にほぼ直角）に長いある家では、家の後半部（砂丘側）は砂の押し出しによつて脚部を払われて柱は後方に倒れ、家の前半部は押し出した砂のたまりとなつて柱は前方に傾き、全体として、柱の下方を束ねたような異様な状態を呈している（図版 32）。

坂井輪中学校付近の道路南側の畑地では、コンクリート杭が約 15 cm 抜け上がり、噴出した砂が認められる程度で、道路北側ほど顕著な地盤変動は認められないが、土地の人の話では、地震時には道路の南側でも地面は波打ち、それと同時に各所から地下水と砂が高さ 20 cm ほど噴き出したという。

寺尾駅の北東方約 1 km の砂丘南東側の緩傾斜地では、図版 33 に示すような顕著な砂の押し出しがみられる。この押し出しは、砂丘の傾斜方向（南東方向）数 10 m の間に、南東側落ちの階段状断層（個々の落差 1 m 以下）を伴つており、押し出された砂は内野街道の北側に高さ約 3 m の砂の山を築きあげ（図版 34, 35）、さらに、これと同時に厚さ 25 cm のコンクリートを敷いた道路は道路方向に長軸（約 25 m）をもつドーム状に約 3 m 隆起している（図版 36）。

寺尾駅の北東方約 2 km の十字路口付近の道路北側では局部隆起沈降が激しく、地表は緩く波打ち、木造家屋は波打つた地表に順応して、北西あるいは南東に傾き、またある場合は波の峯の部分に乗つて地震前の位

置から 2 m 以上も上昇しているものもある (図版 37)。

青山付近は車中からべつ見したにすぎないが、この付近では押し出しによると思われる家屋倒壊が著しく調査当時 (6 月 19 日) は倒壊家屋の整理中であつた。

建築物の倒れの方向については、この区域全体を通じて、内野街道の北縁部が押し出しの末端部として砂が集積したり、局部隆起している場合が多いため、道路に接している道路北側の家屋の多くは道路側に倒れている。しかし道路からやや離れた道路北側の緩傾斜地では、緩く被状をなす地表面に順応して種々の方向に傾斜している。

IV. 1. 3 西蒲原郡黒崎村山田一善久付近

帝石橋の西端のやや北方から新潟電鉄にそつて南下し、同電鉄越後大野駅の東方中ノ口川西岸に至る帯状の地域で、被害をこおむつている範囲は新潟電鉄西側の寺地一立仏一柳作を通じる道路と同電鉄東側の山田を通る南北方向の道路とに挟まれた幅約 350 m の区域であるが、上記の両道路はほとんど被害をこおむつていない。この被災地帯は約 70 年前までは信濃川本流の河道およびその岸の部分であつた。

この区域の中央部には水田が多く、その両側はおもに畑地や宅地となつている。新潟電鉄はほぼ田地の東縁部を走る。

今回は、この被災地帯のうち、山田付近、および善久から中ノ口川にかけての区域を予察したにすぎないが、この地帯の地盤変動はきわめて大規模な地割れと水田に対する押し出しによつて特徴づけられる。

観察された限りでは、地震前田地の面より 1 m 前後高かつた電鉄の路盤は、地盤の振動によつて盛土の部分が沈下すると同時に崩れ広がつて、田地の面とほとんど同一面となり、また、下位から田地・畑地および電鉄路盤と 3 段 (地震前の全高高低差 1.5 m 前後) となつている場合にも、地震後はほとんど同一面となつている部分がしばしばみられる。このようなところでは線路は著しく蛇行している (図版 38)。

田地両側の畑地および宅地にはほぼ N—S 方向 (旧信濃川に平行) に顕著な地割れが地溝状あるいは地壘状をなして幾条も走り、田地に近い部分ではさらに田地側への押し出しを伴つて地盤は沈下している。地割れは一般に数条が雁行して地割れ群をなし、さらに地割れ群が不規則に雁行して、山田—新川向を通つて南北に走る地割れ帯と、善久付近を通つて南北に走る地割れ帯との 2 地割れ帯を形成している。個々の地割れの幅は一般には 20~50 cm であるが、1~3 m のものもしばしば認められる。部落の人の話では地割れの幅が 5 m に達するものもあるという。これらの地割れの多くは地割れから噴出した砂 (ときに泥を混える) によつて埋められている (図版 39, 40) 注 1)。

N—S 性の地割れは、調査範囲内では、善久部落付近でもつとも著しく、同部落の全戸数約 90 戸のうち 9 戸は地割れによつてほとんど全壊し、70 戸前後は傾いたといわれる。地割れが家屋内を通るときは床がひき裂かれて崩壊し、畑地を通るときは落差 (1 m 以下) を伴う多数の地割れによつて崩壊すると同時に、これに伴つて噴出した多量の地下水や砂泥のため大きな被害を受けている (図版 41~43)。地割れから噴出した地下水は田地に向かつて流出し、そのため田地ぎわでは一時数 10 cm の水深となつたといわれる。

越後大野駅の北北西約 300 m の畑地には 0.5 ~ 1 m おきに E—W 方向の地割れ (幅 25 cm 以下、深さ 1.5 m 以上) がきわめて多く発達しているが、地下水や砂泥の噴出は認められない。この畑地は周辺部の田地よりやや高く、厚さ 1.5 m 以上の腐植土質表土で覆われており、家屋はほとんど被害をこおむつていないのが注目される。

田地内にも著しい噴砂を伴つて N—S 方向の地割れが認められる。田地内の地割れは、時計方向の横ずれ (数 10 cm 程度) を伴つており、上記の田地両側の地割れが割れ口を開こうとする傾向が強く、田地への

注 1) 善久部落において、幅 3 m と 2.4 m の 2 条の地割れによつて、土台が 5.4 m 開いて全壊した家の主人の語では、「地震開始後 1~2 分経つて地割れを生ずるとともに地下水と砂とを噴き出し、地震動が終つたときは、大きい方の地割れの幅は約 2 m であつた。地震は約 5 分間続いた。地下水と砂の噴出は地震後も 3 分間ほど続いてとまつた。地割れは地震後も徐々に幅を広げ、1 日後に 3 m になつて動きをほぼ停止した」という。

注 2) ある青年の話では、地震時田地の面が波打つのが明瞭に認められ、波の高さは 80 cm 位と思つた、という。

地盤の押し出しを伴っているのに対して、むしろ圧縮的な傾向をもっているようである（図版 44）。

田地や畑地は全体として緩く波打ち、木造家屋はこの波の表面の形状に応じて傾き、異様な状態を呈している（図版 45）註2）。田地内では局部的隆起部は水がひあがり、沈降部は水没している（図版 46）。また田地には振幅の大きい長時間（約5分間という）の振動によつて浮き上がったと推定される流木や泥炭塊が諸所にみられる（図版 47）。

この被災地帯が国道18号線を横切るところでは、国道は少なくとも2 m は沈下し、東方に幾分押し出されている（図版 48）。さらに、その南方の信濃川の堤防を横切る部分でも、堤防は2~3 m 沈下すると同時に信濃川に向かって1~2 m 押し出されている。信濃川べりでは信濃川に平行な数条の地割れを生じ、地表は信濃川に向かって傾斜し、著しく押し出されている。

IV. 1. 4 その他の区域

上記各区域以外に新潟市大形付近および大野大橋付近の中ノロ川南岸をそれぞれ短時間調査した。

大形付近

白新線大形駅の西方約2 km 付近の寺山橋付近では、新発田街道（新潟—新発田間）方向（ほぼE—W）の顕著な地割れが道路上に認められた。この付近は旧阿賀野川河道にあたる。情報によると、旧阿賀野川河道内は地盤変動が激しく、大形小学校などは甚大な被害をこおむつているという。

大形駅北西方約4.2 km の通産省大形地盤沈下観測井（2本）は狭い砂丘間低地南側の砂丘の北斜面にあるが、この付近には、10~20 条からなる顕著な地割れ群がN70~75°E（砂丘の延びの方向）に走る。個々の地割れの幅は30~40 cm のものが多く、地割れ群はある部分では地溝状をなし、ある部分では地壘状をなす。この地割れ群に接する北方低地（畑地）内には小規模ながら砂の噴出孔が畝と畝との間にほぼN—S方向に排列しているのがみられる。

上記観測井は2本とも地割れ群の地溝状をなす部分に位置し、いずれも約30 cm 抜け上がっている（図版 49）。

大野大橋付近の中ノロ川南岸部

白根市の北縁部にあたり、新潟市街の南方約8 km に位置する。おそらく中ノロ川の新时期堆積層と思われる。N70°E~N70°W方向の地割れが、分岐・屈曲は著しいが、中ノロ川にほぼ平行に発達する。地割れの幅は1.5 m 以下で、多くの場合著しい地下水と砂の噴出を伴う。地割れは多少横ずれを伴っており分離の方向がいずれもN30~35°Wを示すことは興味深い。

中ノロ川に平行な地割れにそう噴砂孔列のほか、国道18号線の盛土の近くでは、これに平行なN—S方向にも噴砂孔が明瞭に配列している（図版 50）。

中ノロ川の北岸には顕著な地盤変動は認められない。

大野大橋南たもとの国道18号線の盛土の部分も顕著な地割れと陥没によつて大きな被害をうけたが、6月18日の通過時には路面はすでに応急修理が完了されており、盛土のへのうねりと擁壁の亀裂とが残されているのみであつた（図版 51）。

IV. 2 予察第2班の調査結果（主として北越、新潟・山形県境および鶴岡地域）

予察第2班の調査行程は第3表に示したとおりである。筆者ら（須貝・鈴木）が予察した箇所は、調査日数の都合上、被害箇所のうちで比較的地盤変動の著しいとみなされるものに限られた。

IV. 2. 1 山形県鶴岡市管内

庄内平野の南部に位している鶴岡市街およびその周辺（鶴岡市管内）の被災状況については、同市内の京田幼稚園の建物の崩壊によって、園児の死傷が報道された以外は、あまり詳しいことは報道されず、状況未詳で

あった。しかしながら鶴岡市災害対策本部の資料(第4表)によれば、その被害にはかなり著しいものがある。

筆者らは、同市の滞在がわずかに2～3時間しかなかったため、上記対策本部において被災の概況を聴取し、地震直後に撮影した現場写真の提供をうけた後、鶴岡市街の西方約5kmの大山町およびその南西にほとんど直線的に分布している栃屋・下興屋・下小中・追分などの被災状況をべつ見するにとどまった。

予察した上記の箇所の災害は、主として家屋の倒壊・破損であるが、鶴岡市災害対策本部の資料によれば諸所に地割れや崖崩れなどの地盤の変動がおこっているほか、鶴岡市背後の山際の田面に、かなり広範囲にわたって起伏が生じたとのことである(第4図、図版52～56)。

これらの災害地は、そのほとんどが鶴岡市街の東側を北流する赤川水系の旧河道または同水系の改修のさいに埋め立てた地区に関連したものようである。たとえば、上記の予察箇所は大山川(赤川新川の河口付

第3表 予察第2班の調査行動

年月日	天候	出発地	到着地	記 事	宿泊地
39.6.20	晴	東 京	新潟県 六日町	旅行(ジープ使用、高崎・沼田・三国峠・越後湯沢経由)	六日町
21	晴	六日町	新 潟 新潟県 中条町	新潟県白根市黒崎村境の大野橋付近の1級国道18号線道路および川沿いの氾濫原における地割れと沈下、ならびに付近の田面の隆起と沈下現象観察。国道18号線、17号線を北上。 新潟県商工労働部企業振興課百武松児技師より新潟市および県内の災害状況を聴取した後、同技師の案内にて新潟市内の災害状況視察。 新潟大学理学部地質学教室津田禾粒助教授より、地震に伴って生じた地盤の変動状況について聴取。 国道8号線を北上し、ジープ上より新潟、新発田間の被災状況および羽越線金塚駅プラットフォームなどの破損状況展望。	中条町
22	晴	中 条 村 上	村 上 山形県 温海	中条町役場にて町内および隣接町村の被災状況聴取。 同町商工課長の案内にて、同町大出・乙・桃崎、および神林村塩谷、村上市岩船・瀬波付近調査。 村上市役所(村上市災害対策本部)にて市内の災害状況を聴取し、市内の災害写真の提供をうけた後、同市四日市付近調査。 1級国道8号線沿いに、ジープ上より塩野町・葡萄峠・勝木・府屋・鼠ヶ関付近の被災状況展望。 羽越線温海駅にて、村上一酒田駅間の鉄道の被災状況聴取。	温 海
23	晴	温 海 鶴 岡 府 屋 勝 木	鶴 岡 府 屋 勝 木 新発田	鶴岡市役所(鶴岡市災害対策本部)にて市内の災害状況を聴取し、市内の災害写真の提供をうけた後、同市大山付近の災害地調査。 1級国道8号線沿いに、ジープ上より三瀬・五十川・温海付近の被災状況展望。 府屋部落の崖崩れ、および舗装道路(国道8号線)の亀裂調査。 羽越線勝木駅北方約300mにあたる八幡山隧道北口の崖崩れ(羽越線の災害中最大)調査。 国道8号線を南下、村上・中条・新発田付近の災害状況をジープ上より展望。中条・新発田間には災害は前記金塚駅を除いて認められない。	新発田
24	晴	新発田		国道8号線、18号線および17号線を一路南下(新潟・三条・長岡・六日町・三国峠・沼田・高崎経由)。	

近でこれに合流)の支流である八沢川の川岸にあたっており、八沢川が自然的にその流路を変えたために埋没された旧河床およびその氾濫原か、あるいは八沢川の改修工事によって埋め立てられた所とみなされ、いわゆる地盤としてはあまり適当な所ではないように思われる。

なお、さきに言及した鶴岡市街の背後の山際におこったという田面の起伏現象については、現地を予察する時間的余裕がなかったため、その地質的な原因は不明であるが、今後の調査によって明らかにする必要がある。

IV. 2. 2. 羽越線の災害と地盤変動

6月22日の夜、羽越線温海駅にて村上・酒田両保線区に村上・酒田間の同線の被害状況を問い合わせたところ、同日現在までに下記の被害がおきている。ただし、同日までには、後述する勝木駅近くの八幡山隧道北口の崖崩れ以外はほとんどすべて修復し、羽越線は勝木―小岩川両駅間を除いて運行していた。

1. 酒田駅付近

酒田駅―東酒田駅間(複線)(第5図①)

約450mにわたって、750~1000mmの“とおりくるい”

酒田駅―本楯駅間

およそ30mの間が400mm沈下

2. 鶴岡駅付近

羽前水沢駅―三瀬駅間(第5図②A)

約250mの間で、3カ所に150~180mmの沈下

三瀬駅付近

同駅東方約370mの小鉄橋の橋脚破損

(第5図②B)

同駅の構内約50mの間に、200~450mmの沈下(第5図②C)

3. 温海駅付近

温海駅―五十川駅間(第5図③A)

約300mにわたって150mm沈下

温海駅―小岩川駅間(第5図③B)

約700mにわたって200~300mmの“とおりくるい”

鼠ヶ関駅の北方約1kmの2隧道(第5図③C)

隧道コンクリート壁のひび割れ

4. 勝木駅付近(第5図④)

八幡山隧道北口の崖崩れ

(後述)

5. 金塚駅構内(第5図⑤)

プラットホーム破損

八幡山隧道北口の崖崩れ(第6図、図版57, 58)

勝木駅(新潟県岩船郡山北村勝木)の北約300mにある八幡山隧道北口東側の崖崩れで、羽越線の災害のうちでもっとも被害が大きく、このため同線は6月19日の10時まで完通できなかった。

上記の崖を構成している地層は、庄内油田地帯の新第三紀層(新潟油田地帯における津川層該当層)の泥岩層(細粒砂岩の薄層を挟有し、層理明瞭、若干凝灰質)で、西方の日本海に向かって、15°内外のゆるい角度で傾斜している。

6月16日の地震によって、上記の泥岩からなる崖に、鉄道線にほぼ平行な2~3条の亀裂が生じ、その後の降雨のために泥岩とくに亀裂ぎわのものが粘土化し、日時の経過とともに、泥岩層はじわじわとした

第4表 鶴岡市における建物被災状況

(鶴岡市新潟地震対策本部提供資料)

地区別	破損別	全 壊			半 壊		
		住 家	非 住 家	計	住 家	非 住 家	計
齋		—	1	1	1	17	18
黄	金	—	1	1	—	3	3
湯	田	—	—	—	1	—	1
大	泉	3	1	4	4	3	7
京	田	3	6	9	24	52	76
	栄	18	13	31	33	52	85
田	川	—	—	—	1	3	4
上	郷	29	5	34	52	32	84
豊	浦	4	10	14	51	45	96
加	茂	—	—	—	—	—	—
大	山	111	80	191	228	168	396
西	郷	61	39	100	91	83	174
鶴	岡	2	—	2	5	17	22
合	計	231	156	387	491	475	966

(39.6.20 現在)

いに崩れだして鉄道線を埋没した。この崖は過去にも崩壊したことがあり、かなり堅固な擁壁を構築して崖崩れを防止していたが、このたびの激震によってこの石垣もその大半が倒壊した。調査当時、路床上の崩落土を府屋駅から無蓋貨車を出して搬出していたが、さきに言及したように同月の19日によりやく開通した（その後の豪雨によって再度崖崩れがあって一時また不通となった）。

なお、この崖崩れ箇所の北方約50mの小鉄橋の橋げたが若干破損したほか、付近の土蔵の壁に相当亀裂を生じた（図版59, 60）。

IV. 2. 3 鶴岡一村上間の山地における崖崩れ

上述した羽越線八幡山隧道北口の崖崩れのほかに、鶴岡一村上間の山地には、新潟地震に伴って生じたといわれる生々しい崖崩れが、国道8号線（目下建設中）を走るジープ上から散見されたが、時間的余裕がなかったため、次記府屋部落のものを除いて、下車して調査することを割愛した。

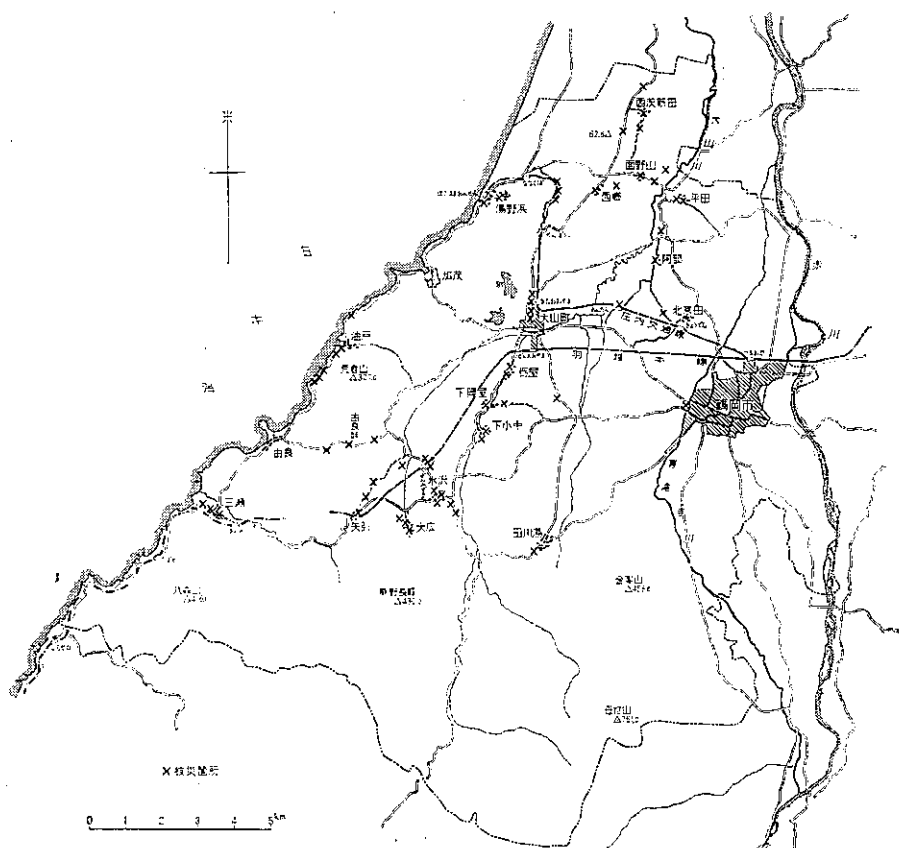
府屋の崖崩れ

府屋（新潟県岩船郡山北村）は上記勝木の北方約3kmにある海岸沿いの部落で、海岸線にほぼ平行な舗装道路東側の人家の中には、地震によって生じた背後の崖崩れのために、半ば埋没したものがある。この崖は高さ10m内外の低いもので、その下半部は新第三紀層の最下部に近い安山岩質の集塊岩層（岩船層の一員）で、その上にさらさらしたごく新しい時代の砂層（砂丘砂？）が、わずかに海岸に向かって傾いてのつている。崩落したのはこの砂層で、激震とほとんど同時に、岩盤との境界面に沿って崩れ落ちたものである（図版61）。なお府屋の街の中を縦走している国道7号線上に若干亀裂を生じた（図版62）。

IV. 2. 4 新潟県村上市管内

新潟平野の北端部に位置している村上市街およびその周辺部には、激震の勃発とともに諸所に地割れや崖崩れが生じ、家屋の倒壊・破損・埋没（半埋没）のほかに、火葬炉の破損、水道管の破裂、ガスホルダーの破損などの災害が多数生じ、その損害はかなり大きいものと思われる（第7図）。

村上市災害対策本部の6月17日限の調査によれば、家屋の災害をこおむった同市管内の被災地は村上



第4図 新潟市内被災箇所位置図（新潟市災害対策本部提供資料。39. 6. 23）

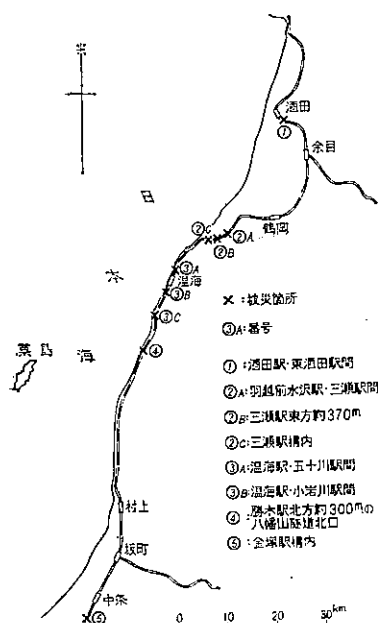
・日下・山辺里・下山田・四日市・西興屋・滝ノ前・瀬波・三日市・岩船・八日市などで、小・中学校の被害は12校、住宅の全壊46棟、半壊35棟、工場および住宅付属建物の全壊29棟、半壊7棟に及んでおり、農業施設や田畑もかなり損害をこおむっている（図版63～77）。

村上市は震央からわずか30kmの近距離にあって、裏日本の主要都市としてはもっとも震央に近い。しかも同市は、さきに述べたように、新潟平野の末端部に位し、その北背には花崗岩からなる山地があり、南側には新第三紀層の七谷層と石英粗面岩からなる2丘陵が分布し、西側には砂丘が発達している。このように、地理的および地形・地質的な自然条件下にある村上市に、激震に伴って上記のような災害が生ずることは背首し得るところであろう。

他方、激震がおけるとともに、海岸一帯に高さおよそ4mの津波が襲来し、そのため岩船港や瀬波港に繫留中の漁船がほとんどすべて陸岸に打ちつけられて大破（5～20トン級14隻、5トン未満14隻）した。とくに岩船港では20トン級の漁船が岩船・三日市間を結ぶ明神橋に折重なって打ちつけられ、橋梁を破損したほか石川をもせきとめ、そのため付近一帯は床上まで浸水するところとなった（図版78）。

筆者らは調査予定日数の都合上これらの災害状況を詳しく調査する時間的余裕がなく、岩船町八日市、明神橋付近、村上市街北方の四日市の3カ所を概査したにとどまった。

八日市は石川と荒川との間に分布している砂丘の北東端にあたり、その自然条件は次に述べる塩谷部落の場合とほとんど同様である。



第5図 羽越線被災箇所位置図(国鉄酒田・村上阿保線の情報による。39. 6. 22)

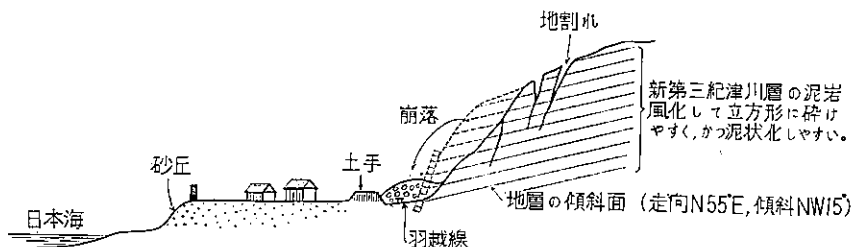
いないが、地震勃発後、日のたつにしがたって、きわめてわずかずつではあるが東方に傾く傾向があるという。

四日市の場合は、三面川の支流が埋め立てられたとみられる箇所にあっており、いわゆる軟弱地盤の上に造成されているものようである。

明神橋付近の災害は上述したとおりで、調査当時もなお 10 ～ 20 トン級の漁船が数隻橋下に打ちつけられたままとなっており、また石川の堤防をのりこえて畑の中に放置されているものも数隻みうけられた(図版79)。

IV. 2. 5 新潟県岩船郡神林村塩谷

塩谷部落はさきに言及した荒川と石川との間に延長約 4 km、幅員およそ 1.2 km、標高 10 ～ 27m の砂丘の南端部に位し、人家は海岸線にほぼ平行な北東—南西方向の舗装道路の両側に立並んでいる(第7図)。災害はこの道路東側の排水溝から南東に約 60° の角度でゆるく傾斜している砂丘の縁辺部におこっており、とくに延長およそ 70 m の区域においては、上記の舗装道路にほぼ平行に走る多数の小断層を伴う地盤の起伏がみられる(第8図、図版 80)。この区域内の人家はほとんどすべて倒壊ないし半倒壊しており(図版 81, 82)、この区域外の人家で外見破損していないようなものも、その内部は相当に破損し(図版 83)にみられるような地盤の亀裂(小断層)が生じているものもある。道路西側の人家はほとんど災害をこおむつて



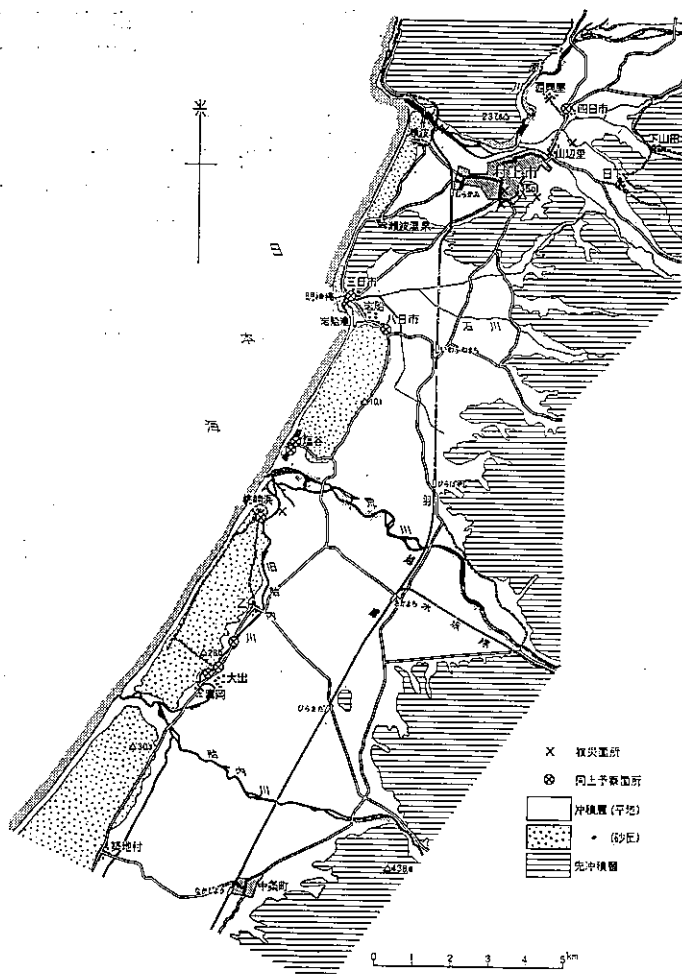
第6図 羽越線勝木駅北側 八幡山隧道北口に生じた崖崩れの見取図(隧道北口より北方を望む)

部落民の語るところによれば、地震とほとんど同時に、荒川の流路と砂丘との間にある凹地(5万分の1地形図村上に図示してある)から、多量の泥水がしかもものすごい勢いで噴出し、これと同時に上述した被災人家の井戸水はほとんどすべて枯渇したとのことである。筆者らが現地を訪れた6月22日には、泥水の噴出はみられなかったが、明らかに泥水の噴出を想わせる形跡をうかがうことができ、また筆者らが調査した井戸も、まったく枯渇しており、井戸枠付近に多数の亀裂を生じているのが観察できた。

塩谷部落の災害および地盤の変動は、単位面積当りにすれば、新潟市以北中ももっとも著しいように思われる。

IV. 2. 6 新潟県北蒲原郡中条町大出・乙および桃崎

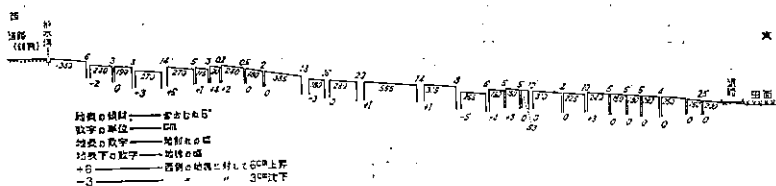
新潟平野が北に向かってしだいに幅狭くなっているところに、胎内川と荒川とが西流して日本海に注いで



第 7 図 新潟県村上一中条地域主要被災箇所位置図(村上市・中条町阿災害対策本部の資料による。39. 6. 22)

おり、この両河川の間には、海岸沿いに延長約 5 km、幅員約 1.3 km、標高 10~28 m の砂丘が分布し、上述した塩谷の砂丘と対峙している。

災害(家屋・橋梁・農業施設等の破損、田面の起伏など)のおこったのは、上記砂丘の南東側に接している平地部と、塩谷でみられるように砂丘の縁辺部とである。筆者らが調査したのは、多くの災害地のうち、比較的被害が大きいと思われる大出・乙・桃崎の3部落で、前2者は砂丘南東側の平地部に、後者は砂丘縁辺部に位している。



第 8 図 新潟県岩船郡神林村塩谷における地盤変動

この区域でもっとも被害が大きいとみなされるものは大出小学校（改築したばかり）とこれに隣接している醤油工場である。これらの建物（木造）は倒壊こそしなかったが、多数の亀裂が生じているほか、不同沈下によって諸方向に傾き、ほとんど使用にたえないほど破損している。大出小学校の教諭の語るところによれば、激震とほとんど同時に校庭に多数の地割れが生じ、時をうつさずこれらの地割れから泥水が噴出したとのことである。筆者らが調査した6月22日でも、校庭の亀裂はまだそのまま残っており、その方向はほぼN80°Eである。同様の地割れは校舎の床下にも多数生じており、校舎の破損は主としてこの地割れによるものと思われる（図版84, 85）。

なお、この校舎と、その北西約100mの砂丘との間には旧胎内川の流路がある。ここには地下水が湧きでており、あたかも旧胎内川の水源をなしているように見え、その半ばが北東に、他の半ばは南西にきわめてゆるく流れている。

大出小学校およびこれに隣接している醤油工場は、いずれも旧胎内川（第7図）の氾濫原が、きわめて新しい時期に自然的に土砂によって埋設され、一部はその後人為的に埋め立て整地した箇所に建てられたものとみなされる。大出小学校の北方約300mにある中学校は砂丘上に建てられており、地震のさいほとんど災害をこおむっていないことから、小学校の災害はいわゆる軟弱地盤に起因していると考えられる。

第7図に示すように、砂丘の内側には砂丘ぎわに旧胎内川の流路がいまなお残存しており、かつては次に述べる桃崎部落で荒川に注いでおったものと推測される。この旧胎内川沿いの区域は水位が高く、随所に湧水しており、深さ5～6mの井戸を掘れば、清水が多量に自然湧水している。興味あることは、さきに言及したように、旧胎内川はその東半部は荒川に、西半部は現胎内川に、いずれもきわめてゆるい流れで注いでいることである。

桃崎部落の災害は、さきに述べた塩谷部落のものほど著しくはないが、亀裂の発生状況と酷似している。ここで注意を要することは、地割れの方がおおむねN45°Eで、砂丘の延びの方向と斜交していることである（図版86）。なお、大出と北の乙との間には田面の陥没（図版87）や家屋の破損（図版88）が諸所にみられた。

以上で、予察第1・第2両班によって知り得た災害と地質についての結果を述べたが、これを取りまとめで表示すると第5表のようである。

V. 平野部における地盤変動

V. 1 地盤変動の類別

前章では地域ごとに地盤変動の状況を述べたが、調査全域を通じて、沖積層の地表にみられる地盤変動としては、局部的隆起沈降、地割れ、地下水や砂泥の噴出および表層部の押し出しの4現象が認められる。次に各現象の性状について簡単に記述する。

V. 1. 1 局部的隆起沈降

局部的隆起部や沈降部個々の広がりや、一般に数m平方から数10m平方程度の小規模のものが多く、高低差はほとんど3m以下である。田畑の表面はしばしば緩く波状を呈している（図版45）。波長は、20～50m、振幅は1m前後のものが多いようである。

また、このような軟弱な地盤に不安定な状態で乗っている鉄筋建築物や盛土など重い構築物の多くは一般に0.5～1.5m沈下し、その周辺部では浄化槽などの軽い構築物の浮き上がりや木造家屋の沈下構築物側への傾倒がしばしばみられる（図版9, 30）。

V. 1. 2 地割れ

新潟市街地およびその周辺の被害地には地割れがきわめて顕著に発達する。とくに現信濃川や旧信濃川河

第5表 新潟地震予察災害地概況

災害地の 地形区分	災害観察地	主要災害状況	表層変化状況	備考
平野部に 生じた 災害	新潟市 東中通り—青山—寺尾—内野	家屋倒壊・破損 畑地破損・鉄道不通 橋梁破損・道路破損	亀裂・地すべり 局部隆起沈降 噴砂泥・噴水	添布 第1図 ⑥—⑦
	〃 大 形	家屋破損	亀裂・噴砂泥・噴水	同 上 ⑥
	新潟県北蒲原郡中条町 大出, 乙, 桃崎	家屋倒壊破損 水田破損 道路破損	亀裂・噴砂泥・噴水 田面起伏	同 上 ⑤
	〃 岩船郡神林村 塩 谷	家屋倒壊・破損 井戸水涸渇 水田・道路破損	亀裂・小断層・ 局部隆起沈降	同 上 ④
	〃 村上市岩船	家屋倒壊破損・ガス 管破損 道路・橋梁破損 堤防破損・市街浸水 港湾破損・漁船破損	高潮・亀裂	同 上 ④の北方
	新第三紀層丘 陵の内側平野 部に生じたもの	山形県 鶴岡市 大山—下興屋	家屋倒壊・破損 道路破損	亀裂(局所的) 同 上 ①
	旧河道および その河縁りに 生じたもの	新潟県西蒲原郡 黒崎村金巻	家屋倒壊破損 田畑破損 鉄道不通	亀裂・局部隆起沈降 噴砂泥・噴水 土砂押し出し 同 上 ⑧
	現河道縁りに 生じたもの	新潟市内	家屋の沈下・傾倒 道路破損	亀裂・局部隆起沈降 噴砂泥・噴水 同 上 ⑥
		新潟県西蒲原郡黒崎村金巻	道路破損・橋梁破損	亀裂 同 上 ⑧
	埋立地に生じ たもの	新潟市 新潟駅前 〃 関屋・白山阿駅南方河岸	家屋とくにビルデ ングの沈下・倒壊・破 損・鉄道不通	亀裂 局部隆起沈降 噴砂泥・噴水 同 上 ⑥
山地に災 害	新潟県岩船郡 勝木付近	鉄道不通	崖崩れ(新第三紀の 泥岩および集塊岩)	同 上 ③
	〃 〃 府 屋	家屋半埋没 道路破損 水田灌漑溝破損	集塊岩上の新期砂層 すべり落ち・亀裂	同 上 ②

岸部においてもっとも顕著であり(図版 15), 補装道路, 河岸堤防・道路・鉄道などの盛土, 鉄筋建築物・盛土などの重い構築物の周辺部にもよく発達する(図版 89)。地割れは, 道路や現・旧河道ぞいおよび砂丘縁部ではこれらに平行な方向が優勢で, これにほぼ直角をなすものも相当形成されている。また沈下した構築物のまわりには構築物の断面にほぼ平行な地割れを生じている(新潟県陸上競技場のスタンド内側, 川岸町県営アパートなど)。地割れの方向性はあまり明瞭でないが, E—W—NE—SW がやや優勢のようである。地割れの方向性やこれと震央に対する方位との関係, さらに先第四系の基盤構造との関係などについては空中写真などによる地盤変動の解析などによって明らかにされることが期待される。

個々の地割れの幅は一般には 50 cm 以下であるが, 黒崎村の山田・善久付近では 1~3 m のものも多くみられ, 最大のものは 5 m に達する。個々の長さは数 m から数 10 m のものが多いが, たがいに不規則に雁行する数条ないし数 10 条が地割れ群をなしている。さらに, 黒崎村でみられるように, 地割れ群が雁行して全体として地割れ帯をつくっていることもある。地割れの落差は一般には 30 cm 以下であるが, 1 m 近くに達するものもある(図版 90)。

現信濃川や旧信濃川の河岸部では、全体として河道に向かって階段状に落下する傾向がある。また、平地部の地割れ群は地溝状やときに地塁状をなし、1 m以上落ちこんでいる所もある（図版 40）。局部的沈降部では沈降の中心に向かって深け上がりの地割れ群を伴っているものもある（図版 3）。

低地の地割れは多くの場合噴砂現象を伴っている（図版 91）。

V. 1. 3 地下水・砂泥の噴出

一般には噴砂現象と呼ばれている。

新潟市街地およびその周辺被害地の低地などでは市街地・田地・畑地を問わず、いたるところで地下水とともに噴出した多量の細粒砂ときに泥が堆積している。噴砂現象は鉄筋建築物や盛土のような重い建造物の周辺部、砂丘縁辺部の平地でとくに著しい。また、田畑やグラウンドなど低地がやや広域にわたって沈下している場合には、沈降部全般にわたって広く噴砂現象が認められる。

地下水とともに砂泥を噴出した孔すなわち噴砂孔は漏斗状をなし、出口の部分は大きいもので直径 50 cm 程度の円形をなし、地割れにそって線状に排列しているものが多い。噴出した砂は地表上に堆積している場合は、高さ 50 cm 以下の偏平な円錐状をなす（図版 92, 93）。

噴砂孔には地割れにそって連結しているものや、地割れが認められず不規則に点在するものもある（図版 94, 95）。

V. 1. 4 押し出し

これまで述べた局部的沈降・地割れおよび砂泥の噴出の激しい所では、表層部が河道や旧河道に向かってしばしば移動し、移動量の大きいものは数 m に達する（図版 15）。黒崎村善久付近の旧信濃川と現信濃川との合流点では顕著な押し出しがみられる。

また、海岸砂丘南縁部の被害地では、全般的に南東に向かう押し出しが発達し、中には砂丘の南側緩斜面に数 10 段の階段状“断層”を伴って大規模に押し出されている所もある（図版 33）。

V. 2 地盤変動に関する若干の地質学的考察

V. 2. 1 機 構

第 4 章で述べた被災地域は地形のうえから次の 3 つの型にまとめることができる。

- 1) 旧河道およびその河岸部
- 2) 砂丘の縁辺部
- 3) 埋立地

1) には、新潟市街地の低地被災地の大部分、西蒲原郡黒崎村山田一善久、新潟市大形の新発田街道寺山橋付近などが属する。これらのうち、新潟市街地の焼島潟付近と寺山橋付近が旧阿賀野川の河道堆積地であるほかはすべて旧信濃川およびその河岸部に含まれる。なお新潟県北部の中条町大出・乙付近、および山形県鶴岡市大山付近などもこれに属する。

2) には、白新線寺尾駅の南西方上坂井付近から北東方信濃川河口付近までの海岸砂丘の南東縁部被災地が属するほか、中条町桃崎、神林村塩谷の被災地などもこれに属する。

3) には、白新線の信濃川鉄橋以西関屋駅付近までの信濃川北岸部および新潟駅付近が属する。両地域とも旧信濃川河道堆積地として 1) にも属するが土地造成に地震災害との関係を重くみて、ここでは“埋立地”として別に区分することとした。

上記各型の地盤変動について変動の特徴を述べ、今後の調査研究に対して問題を提起する意味から、それらの生成機構について 2・3 私見を述べる。

旧河道およびその河岸部

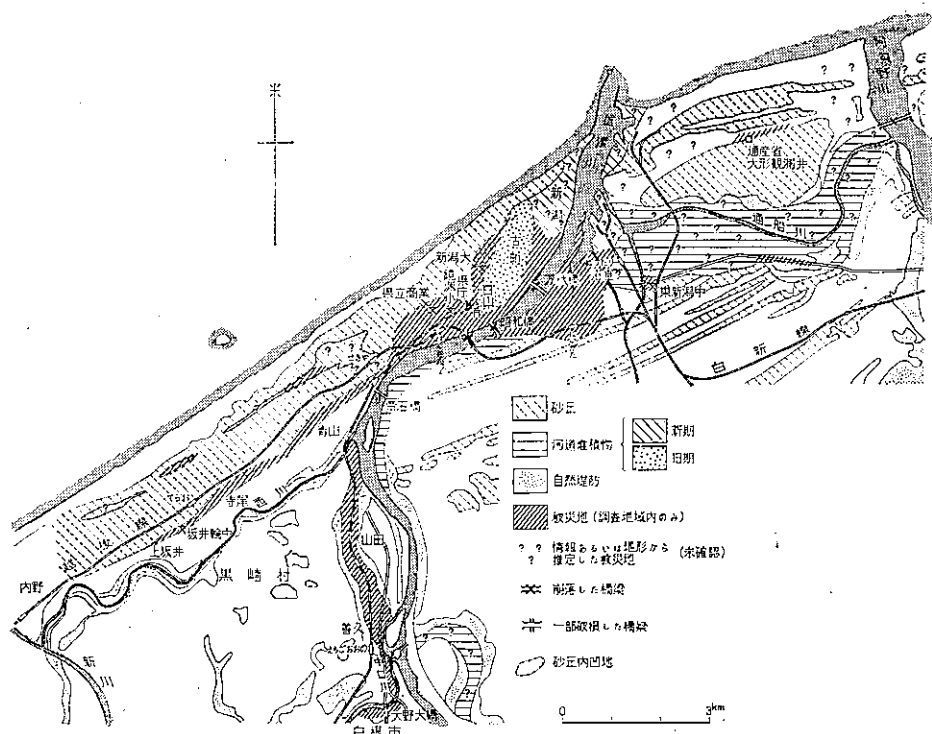
河道に平行な地割れがきわめて顕著に発達し、現河道や新しい旧河道への押し出しを伴うことが多い。地下水や砂泥の噴出もきわめて顕著であるが、現河岸近くでは少ない。局部的隆起沈降は、現河岸部や黒崎村の旧河道内の田地などで著しく、波状を呈する部分も少なくない（図版45、46）。これらの被害地はいずれも過去約 300 年以降に陸地となった地域である。第 9 図において、河道堆積物を新期と旧期とに区分している地域では、被害の大部分が新期の部分に集中している。

旧河道被害地は、一般に地表から深度 15~20 m までは砂層を主とし、これに泥層やときに泥炭を挟むきわめて軟弱な地層からなり、その下位は地盤として良好な砂層となっている。自由地下水面は、被害地では一般に地表下 0.5~1.5 m に位置する。

第 10 図は西蒲原郡黒崎村善久付近における旧信濃川の概念的横断面図である。実際には河道堆積層は河道の移動などによって複雑な堆積状態を示すものと思われるが、同図ではこれを極端に単純化してある。

このような地形および地質のところが、地震動によってどのような過程を経て前述のような地盤変動を生じたかを解明することは困難な問題ではあるが今回の予察調査の結果からはいちおう次のように推定した。

前述した幅の広い地割れ、個々の広がり狭い割りに高低差の大きい局部的隆起および沈降、浅層部からと思われる被圧地下水および砂泥の大量の噴出、これらに伴う押し出しなどは、地下水面下比較的浅所（お

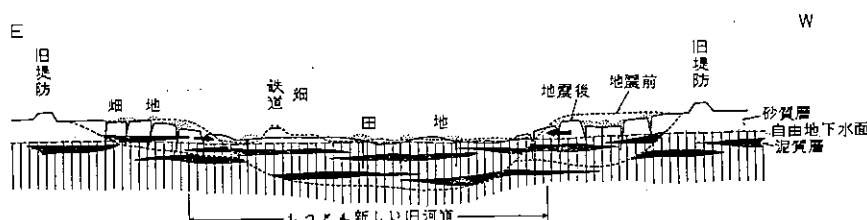


第 9 図 新井市およびその周辺地域における地表区分と被災地との関係（地形区分図は地質部黒田和男技官の作成した未公表資料を簡略化し、一部加筆したものである）

そらく地表下約 20 m 以浅）のゆるい砂層が地震動に伴って流動性を帯びる注3）ようになったために発生

注3）中川恭次・大崎順彦（科学朝日、1964年8月号）によると、水で飽和されている砂に振動や衝撃を与えると、砂の間隙水圧が増して砂の支持力が著しく減少し、砂が流動化することがある。この流動化は、ゆるく堆積している砂ほど起しやすく、砂粒が小さいほど、また砂粒が円いほど起しやすいといわれる。

した現象と考えるのがもっとも妥当と思われる。すなわち、現在、おもに田地となっている旧河道内のもっとも新しい軟弱な地層（おそらく砂を主とする砂泥互層）は、大部分が地下水で飽和されており、地震動によって砂層が流動化すると同時に、たらいの中の液体のように振とうしたものと考えられ、盛土などは沈下崩壊する一方、埋没していた樹幹などは浮き上がった。また、旧河道の田面より 1~2 m 高い河岸部の表層（おそらく流動化した砂層およびその上位の地層）はもっとも軟弱な堆積物で埋められた旧河道内に向かっ



第 10 図 旧河道およびその沿岸部の地盤変動推定模式断面図（西蒲原郡黒崎村山田付近）

て動き始めるとほぼ同時に、局部的沈降や旧河道にほぼ平行な多くの地割れを生じ、流動化によって水圧を増した砂層から地下水とともに多量の砂（ときに泥炭など泥質物を混える）を噴出したものと考えられる。

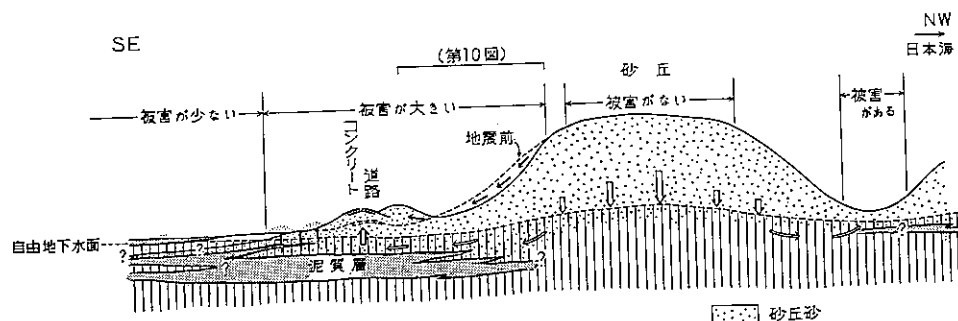
現河道沿岸部については、第 2 図の旧河道を現河道に置きかえたものに相当し、その変動の過程も上記とほぼ等しいと思われる。現河道の近くでは、地割れが著しく発達しているのに噴砂現象がほとんど認められないのは、流動化した砂層の間隙水圧が現河道内に開放されたためと推定される（図版 15）。

砂丘の縁辺部

海岸砂丘の南東側縁辺部に顕著な地盤変動が生じているばかりでなく、新潟競馬場の南西部や大形付近などのように、海岸砂丘内の低地でも地下水面が地表下浅所にあると思われる所では被害を生じている部分があることは注目される。

一般に、地割れや地下水・砂泥の噴出は旧河川堆積地のものほど顕著ではないが、南東方への押し出しや砂丘南西側斜面の地すべり現象は所によりかなり著しい。

第 11 図はこの型の被災地の模式的地質断面図で、寺尾付近の南北方向の断面について概念化して示したものである。海岸砂丘の下位の地質状況については不明な点が多く、したがって砂丘砂と平野表層部の堆積層との層位上の関係はまだ明らかにされていない。しかし、いずれにしても、砂丘内では、自由地下水面は平野部のそれよりも幾分上昇しており、地下水面の砂層が地震動とともに流動化する可能性が強い。したがって、流動化した砂層にかけられた砂丘の圧力は、流動化した砂層が地表に近づいた部分、すなわち砂丘の縁辺部に圧力のはけ口を求めようとするため、その部分に地割れ、地下水や砂泥の噴出および押し出しなどの現象を生じたものと推定される。



第 11 図 砂丘縁辺部地盤変動推定模式断面図（新潟市寺尾付近）

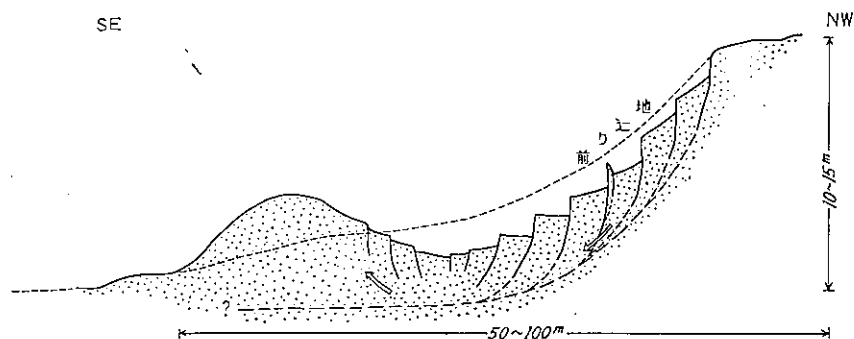
また、砂丘南西斜面の地すべりは第 12 図に示すような状態で斜面の表層部（多くの場合水分をほとんど含まない）がすべったもので、流動化した砂層による押し出しとは性状を異にするものであろう。

埋立地

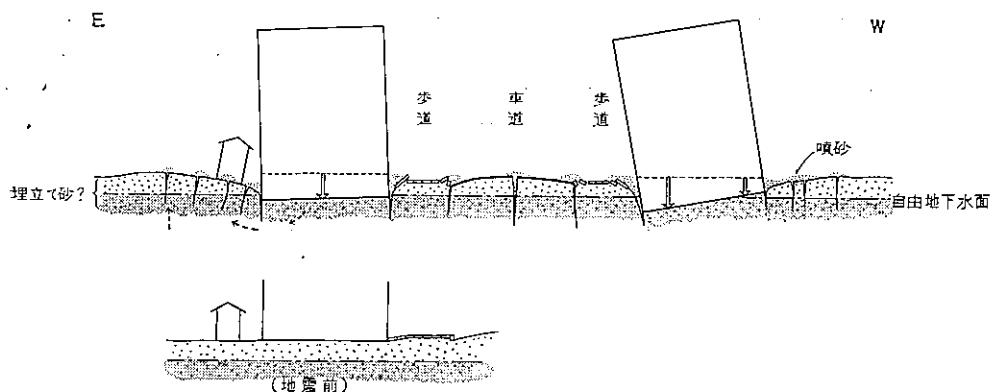
埋立地は、信濃川の沿岸部や旧信濃川堆積物からなる湿地に造成されているものが多く、地盤の性質はさきに述べた新期の旧河川堆積層に近似しているものと思われる。しかし、埋立地には鉄筋建造物が多いためその不同沈下や傾倒が非常に目立つ。

第 13 図は重い建造物が不同沈下している軟弱地盤の変動状態を示す模式断面図である。新潟駅前のビル街では、自由地下水面は地表下 0.5～2 m 前後と推定される。この地下水面直下の砂層（埋立て砂のことも自然堆積砂のこともある）が振動とほぼ同時に流動化しはじめ、重量建造物は振動でゆすられながらしだいに砂中に沈下したものであろう。沈下の過程で建造物が一度傾斜し出すと、平衡がくずれ、振動とともに同一方向に傾斜の角度を増してゆく。

沈下した建築物の周辺部にみられる地割れや、軽い木造建築物などの沈下建築物側への傾倒は沈下に伴う



第 12 図 砂丘の斜面の地すべり推定模式断面図



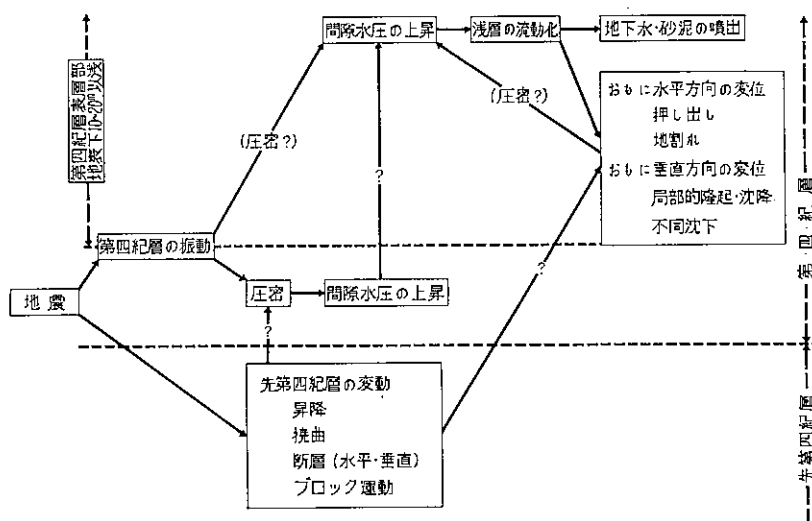
第 13 図 新潟駅前ビル街地盤変動推定模式断面図（建築物の地表下の部分はすべて省略）

引きずりによるものであり、また、比較的浮力の大きい浄化槽の上昇（図版 30）、局部的隆起や噴砂は重量建築物が沈下するさいに、流動化した砂層に与える圧力におもに起因するものと考えられる。

V. 2. 2 地震後における地盤変動

上記の地盤変動は6月16日の地震動が止まってからも相当時間継続して活動したことが多くの目撃者から報ぜられており注4)、興味ある問題の1つとして注目されている。このことは流動化現象が地震発生後も続いていたことを意味するとみてよいであろう。おそらく、地割れによってブロック化した表層部が、地震後も沈下の傾向を続けることによって地下水面を押し、含水砂層の支持力がこれを覆う表層部の圧力と平衡になるまで流動化現象を続けたものと推定される。さらに、流動化した砂層下位の第四紀層の地震動による圧密や、それに伴う地下水圧の上昇が、浅層部の流動化やその地震後における継続性に対してどのような影響を与えているかについても、慎重に検討する必要がある。

第14図は、新潟地震によって生じた第四紀層表層部の地盤変動と、これに関連する可能性があると思わ



第14図 新潟地震における地盤変動関係図(推定)

れるより深部の変動との関係を示したものである。

V. 2. 3 地質的条件

新潟地震による新潟市街およびその周辺、ならびに他の平地部における地盤変動は、前述したように、おもに、地表下浅所における砂層の流動化に起因しているものと推定される。しかし、どのような性質の砂(粒度分布・粒形・比重など)が、地表下どの位の深さに、どのような状態(砂層の厚さ・形状・しまり方あるいは上下盤の性質など)にある場合に流動化しやすいかなどについては不明の点が多いが、今回の調査結果からは、地表下浅所で流動化するための地質的必要条件として、少なくとも次の2点があげられる。

1) 人工堆積物と自然堆積物とを問わず、膠結度のゆるい堆積物であること、つまり一般にはきわめて新しい堆積層であること。旧河道堆積層では、大きな地盤変動はほぼ300年前以降に堆積した地域に生じている。

2) 自由地下水面が地下浅所にあること。

一般に砂の流動化については、水で飽和されている砂層に生じやすいことが認められている。したがって

注4) 各説で述べた西蒲原郡黒崎村並久部落の人の話では、地震開始後1～2分たってから、地割れがはじまり、その後間もなくその地割れにそって地下水と砂とを猛烈に噴き出した。地震動が止まってからも、噴砂は2～3分間継続し、地割れは数時間にわたってその幅を徐々に増したもので、ある例では、地震直後幅2mだった地割れが、約20時間後にはその幅が3mにまで発達していたといわれる。また、新潟県庁付近の河道堆積地では、地震後高さ約50cmの噴砂現象が約15分間続いたところがあるという。このように地震後にも変動を継続した例はほかにも数多く聞かれた。

2) は流動化現象が地下浅所で生ずるための必要条件となる。

実際に顕著な地盤変動は、自由地下水面が地表下ほぼ 1.5 m 以浅の地域に生じているようである。

さらに、流動化した砂層を覆う地層の厚さ、性質あるいは形状によって、変動の程度および状態は異なるものと思われる。一般に、流動化した砂層の上位に、直接あるいは適当な被覆層（新潟の場合は 0.5～2 m 前後）をへだてて砂丘や人工の重量物（鉄筋建造物や盛土）が不安定な状態で乗っている場合には、その周辺部に顕著な地盤変動を生ずると同時に大きな被害が発生している。

なお、地盤変動の著しかった地域の中には、地震動に対してもっとも弱いといわれる泥質層（泥炭質をさむ）が、地表あるいは地表下浅所に伏在している所のあることが知られているが、一方表層部に泥質層が知られていないところで同程度の地盤変動を生じている所もあり、現在のところ、泥質層の地盤変動に対する影響については未詳で、今後の調査研究にまたなければならない。

次に地盤変動をまったくあるいはほとんど生じていない地域についてふれると、地下水面が旧河道堆積地のそれと同様に浅い地域でも、比較的長く（少なくとも数 100 年前）陸化した平坦な地域（たとえば新潟市古町付近）はほとんど顕著な地盤変動は生じていない。また、地下水面が地表下相当深い砂丘上ではまったくといってよいほど変動を認めることができない。

このような箇所では、砂層の流動化は行なわれなかったのだろうか、それとも、流動化は行なわれたが、前者では、被覆層が、その上の建造物を支えることができるほど強かったために、また、後者では、流動化した砂層が、水分をほとんど含まない厚い砂層に覆われているために、この砂層が応力を吸収することによって、地盤変動が地表に出現するまでにいたらなかったのか、今後に残された問題であろう。このような問題は、2.1 に示した型 1 つ 1 つについてもしばしば認められるが、その起因について考究する必要がある。

そのほかに、第 6 表に示したように、流動化した砂層下位の第四紀層の振動による圧密と、間隙水圧上昇と流動化との関連の問題、すなわち数 100 m の層厚をもつ第四紀層では、はたして、先第四紀層の地質構造や地震による先第四紀層の変動が、第四紀層地表部の変動と無関係であるかどうかについても検討の余地があるように思われる。

以上すべて新潟地震を対象として述べてきたが、振動の強さや性質によって、同一の地質条件のところでも、変動の程度や状況が異なることはいうまでもない。

VI. 結 語

VI. 1 調 査 研 究 方 針

新潟地震による災害は、上述したように、主としていわゆる軟弱地盤、すなわち地表からごく浅い箇所では自由地下水位が高く、激しい震動によって流動化し易い堆積物の存在に大きく支配されていることが判明した。

したがって、まず

1) 被災箇所と非被災箇所とで、はたして上に述べたような地質的条件に差異が認められるか否かを検討する必要がある。新潟市およびその周辺地域には、いわゆる軟弱地盤の種々の型のものがよく発達しているので、調査研究の主対象地域としては、上記の地域をまずとりあげるのが妥当と考えられる。

2) また、今回の新潟地震と、新潟・庄内両油田地帯の地質構造を支配している含油新第三系中にみられる褶曲構造、とくに断層系統との関係を比較研究することも、当所としては必要なことと思われる。

3) さらに、新潟地震に伴って生じた温泉の泉況変化、地すべり・山崩れ・崖崩れ、深井地下水位の液面変化などについても調査し、これらの資料にもとづいて、新潟地震の性格を考究することも、当所として大いに意義のあることと考えられる。

4) 一方、重力探査を施行して、平野下深所における地盤変動を知ること、また震央付近の海域にスパーカーによる探査を実施して、海底の地盤変動を探査することも肝要であろう。

5) また、新潟地震に関して、他の関係調査研究機関によって得られる資料のうち、当所に関係の深いものについては、当所の調査研究によって得られる資料と総合して、これに地質的解釈を試みることも必要である。さらに福井地震（昭和 23 年 6 月）および長岡地震（昭和 36 年 2 月）との地質的比較研究もまた有意義なことと考えられる。

VI. 2. 調査研究内容

上述した観点にたつて、当所が今後可及的速かに実施する必要があると考えられる調査研究項目はつぎのようである。

A. 平野部における表層（浅層）地質調査研究……新潟市およびその周辺地域

- 1) 航空写真による地質判読
- 2) 地質調査研究（浅尺試錐・電気探査併用）
- 3) 試錐（深度 150 m 内外 3 本）調査ならびに試錐コアの試験研究

（注）2）においては、砂丘縁辺部および旧河道下の軟弱層の実態把握に重点をおいて実施する。

B. 平野部における深部地下構造の調査研究

重力探査……信濃川・加治川間

C. 山地部における地質構造の調査研究

主として断層・裂力系……新潟・山形県境山地、粟島

D. 海底地盤変動の調査研究音波探査（スパーカー）……粟島周辺海域

E. 地下水・温泉の変化状況による地下変動調査研究

地下水……新潟平野北半部、庄内・柏崎・高田平野、佐渡低地帯

温泉……主として新潟・山形県下の諸温泉

F. 観測井による地下変動の調査研究

新潟市およびその周辺

G. 総括的考察

- 1) 関係調査研究機関による諸資料の地質的解釈
新潟・山形県下
- 2) 福井・長岡両地震との地質的比較

文献および資料

- 日本学術会議福井地震調査研究特別委員会（1949）：昭和 23 年福井地震調査研究速報
 西田彰一・茅原一也（1956）：弥彦・角田山塊の生い立ちと最近の地史，新潟県文化財年報，第 1 集
 新潟県商工労働部企業振興課（1962）：20万分の 1 新潟県地質図，および同説明書
 山形県商工労働部鉱業課（1960）：20万分の 1 山形県地質図
 工業技術院地質調査所（1961）：新潟地区地盤沈下調査報告書浅層地質篇第 2 次報告
 茅原一也：西田川炭田地質図（5 万分の 1）（新潟大学地質鉱物学教室未公表資料）
 新潟県地震水害対策本部（1964. 7. 25）：新潟地震の状況
 新潟県北蒲原郡中条町災害対策本部（1964. 6. 24）：新潟地震中条町災害状況
 新潟県村上市災害対策本部（1964. 6. 22）：新潟地震村上市災害状況
 山形県災害対策本部（1964. 8. 25）：6.16 地震被害状況
 山形県鶴岡市災害対策本部（1964. 6. 22）：新潟地震鶴岡市災害状況
 須貝貫二・佐藤茂・牧野登喜男（1964. 8）：新潟地震を予察して，地質調査所編地質ニュース，

No. 120

須貝貫二 (1964. 8) : 地質調査所の新潟地震予察報告一とくに平野部における地盤変動について一,
国立防災科学技術センター・全国科学技術団体総連合主催新潟地震防災研究総合報告会講演要旨
(1964 年 8 月 31 日脱稿)

Report of a Preliminary Survey on the Niigata Earthquake

By

Kanji SUGAI, Shigeru SATO & Tokio MAKINO

Abstract

The writers planned to carry out a preliminary survey on damage and land deformation which were caused by the Niigata Earthquake on June 16, 1964. In order to obtain some available information for further minute researches on the nature of the Earthquake, two parties on jeeps were sent to damaged areas in Niigata and Yamagata Pref., one to the area between Shibata and Tsuruoka and the other to the town of Niigata City. The Earthquake caused serious damage on a wide area, especially on the land consisting of soft ground where the surface of ground water lies on shallow level. It was considered that so-called "quick-sand" phenomena took place in loosely packed subsoil by the violent shocks of the Earthquake, resulting in subsidence and collapse of land surface as well as of constructions on it. The remarkable change of water level was recognized by the survey in gas wells, oil wells and also in hot spring wells in every area. Rock falls and land slides occurred in the mountainous areas, especially in the coastal area near the epicenter. From these results obtained by the preliminary survey, further minute researches as to the special aspects of structural geology, geodesy, crustal deformation, and of ground water were planned.

P L A T E S
A N D
E X P L A N A T I O N S

(With 95 Plates)



図版 1 白山神社参道 (N60°W) の敷石のまくれ上がり
全体で約40cm重複している。



図版 2 県庁から信濃川方向を望む
スタンドは不同沈下して内側に傾斜し、煙突や信濃川沿岸部のビルディングも傾斜している。スタンドの不同沈下に伴って、グラウンドに弧状の地割れが生じている。この付近は噴砂も著しく、右下には噴砂孔がみられる。



図版 3 泉管グラウンド入口の路面の地割れと凹凸
スタンドが著しく挑曲沈下している。



図版 4 白山公園入口付近で噴砂に埋められた三輪車



図版 5 N20°W 方向に倒れた白山公園内の石燈籠



図版 6 傾倒した川岸町の県営アパート



図版 7 1 m 以上沈下した川岸町の県営アパート
南側（手前）に少し傾いている。



図版 8 信濃川北西岸地城礎町通りの木造家屋の不同沈下
道路は噴出した砂で覆われている。



図版 9 不同沈下で扭曲した木造家屋
左下の下水槽が浮き上がっている。
(信濃川北西岸地域) (図版 14 参照)



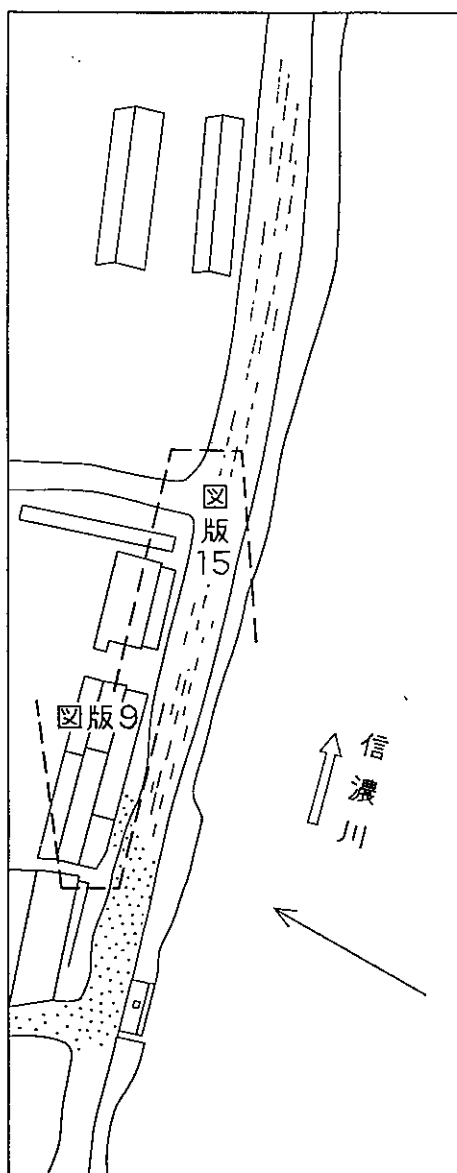
図版 10 越後線盛土路盤の地割れと崩壊路盤
2 m 以上下がっている。
(関屋・白山両駅のはほぼ中間、国道 18 号線陸橋の東側近く)

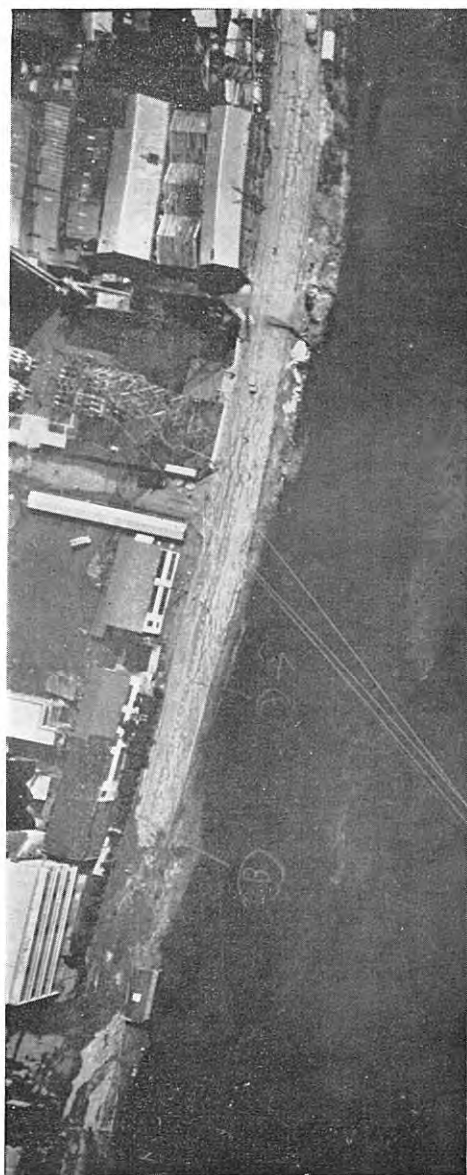


図版 11 越後線白山駅西方約 500 m 付近の路盤の沈下と擁壁の破壊



図版 12 図版 11 と同地点擁壁の傾倒と盛土ぞいの破壊された家屋





図版 14 山口県南東方信濃川北岸（新沼市川岸町）
（空中写真）（防衛庁 38.6.7 撮影）



図版 13 越後線白山駅西方約 750 m 付近の同線南側広場の局部的沈降部と地割れ群 (N 6~7° E で鉄道に平行)
沈降部では砂を噴出している。地割れの落ちの側が沈降側と反対になっていること、家屋や塀もわずかながら傾いていることに注意。



図版 15 信濃川北岸の地割れ
河道に向かって傾斜沈下すると同時に押し出している。噴出した砂はみられない。
(越後線信濃川鉄橋西方, 図版 14 参照)



図版 16 越後線信濃川鉄橋北岸付近の盛土崩壊と地割れ
信濃川方向（手前の道路に平行）の地割れがそれとほぼ直角方向の道路
上にも発達している。



図版 17 越後線に平行な道路の地割れ
道路に直角な方向（信濃川の方）の地割れと道路方向の地割れとが発達する。
（図版 16 の左手の道路に連続する）



図版 18 万代橋北側の信濃川方向の通りの砂
噴出した砂のほか津波によって搬入された砂も混っているかも知れない



図版 19 昭和大橋付近（空中写真）
（防衛庁 39.6.17 撮影）



図版 20 昭和大橋
手前の堤防（信濃川の北岸）が押し出しを伴って破壊されている。
（図版 19 参照）



図版 21 昭和大橋北岸とりつけ部の盛土の地割れ
地割れの落差は約 60 cm。（図版 19 参照）



図版 22 昭和大橋北岸とりつけ部の盛土擁壁の破壊



図版 23 昭和大橋北端のとりつけ部の分離
両者は 60 cm 開き、盛土の部分が 50 cm 前後下がっている。(図版 19 参照)



図版 24 新潟駅前付近の民家の床を押し上げて噴出した砂を屋外に積み上げる



図版 25 帝石橋と並走している天然ガス輸送管の脚の倒壊



図版 26 駅前のビルディングの沈下傾倒



図版 27 駅前ビルディングの沈下傾倒



図版 28 駅前ビルディングの沈下傾倒（約18°）
歩道の縁の部分まくれ上がっている。



図版 29 図版 28 の沈下傾倒したビルディング前の歩道のみだれ
引きずりと同時に押し上げられている部分もみられる。



図版 30 沈下した新潟ホテルと、沈下に伴って約1.8m上昇した浄化槽



図版 31 内野街道砂丘の縁辺部で不同沈下により倒れた土蔵



図版 32 砂丘縁辺部の押し出し
家の前半が押し出しの溜まりとなって前に傾き、後半が脚部をすくわれて後方に傾く。(越後線寺尾駅の南西約 750 m, 内野街道前の北側)



図版 33 砂丘縁辺部の階段状押し出し(地すべり)
1段の高さは一般に 30~100 cm (越後線赤尾駅の東北東約 1 km, 内野街道北側, 第 3, 4 図参照)



図版 34 図版 33 の溜まりの部分
中央にコンクリート道路（内野街道）の顕著な局部的隆起部がみられる。この隆起部の隆起量約 3 m。溜まりを切り開いて臨時の道路としている。（第 3 図参照）



図版 35 図版 34 の右側の部分
押し出し（地すべり）前縁の部分
前の家は建物の部分だけ土台をはなれて前に押し出され、後の家は脚部をすくわれて後方に傾く。



図版 36 内野街道中の局部的隆起
高さ約 3 m, 長さ約 25 m
(図版 34 と同一地点)



図版 37 砂丘縁辺部の押し出しを伴う波状うねり
左の家は地震前にくらべて約 2 m 上昇し、右の家は道路側に著しく傾いている。杭の列も上昇によって扇形に開いている。
(越後線寺尾駅の南東約 2 km)



図版 38 黒崎村旧信濃川河道内の鉄道（新潟電鉄）と民家の破壊
鉄路は彎曲し、鉄道盛り土は崩壊沈下している。（写真中央部）



図版 39 黒崎村普久の畑中の地割れ群（ほぼN-S）
地割れは砂泥の噴出で埋められている。



図版 40 黒崎村善久旧信濃川河道内の地溝状地割れ群



図版 41 地割れによって、ひきさかれた新築の木造家屋
噴砂を伴う地割れ群がほぼN-Sに走る。



図版 42 図版 41 の内部
砂の盛り上がりで破壊された床板



図版 43 地割れによって完全に倒壊した家屋の土台
地割れの幅約 3m。手押し車の付近が地割れのほぼ中心。
(黒崎村善久, 松田氏宅)



図版 44 旧河道内の田の中の地割れ
畔道が地割れによってずれている。白くみえるのは噴き出した砂。



図版 45 旧信濃川河道内の波状をなす畑地の面に順応して傾いた家屋
画面のほぼ中央の家が図版 41。(黒崎村善久, 旧信濃川河道)



図版 46 局部的沈降によって浸水した田
(黒崎村善久, 旧信濃川河道)



図版 47 振動によって浮き上がった泥炭塊と樹幹 (黒崎村善久, 旧信濃川河道)



図版 48 旧信濃川河道の部分で 2 m 以上沈下した国道 18 号線



図版 49 通産省地盤沈下大形観測井の抜け上がり（約 30 cm）



図版 50 大野大橋南側盛土に平行して噴出した砂（ほぼN—S方向）
（白根市中ノロ川南岸）



図版 51 大野大橋南側盛土のうねりと擁壁の亀裂
（白根市中ノロ川南岸）



図版 52 鶴岡市京田幼稚園校舎の倒壊
(鶴岡市災害対策本部提供)



図版 53 鶴岡市大山における家屋の倒壊
(鶴岡市災害対策本部提供)



図版 54 鶴岡市西郷小学校校舎内の地割れ
(鶴岡市災害対策本部提供)



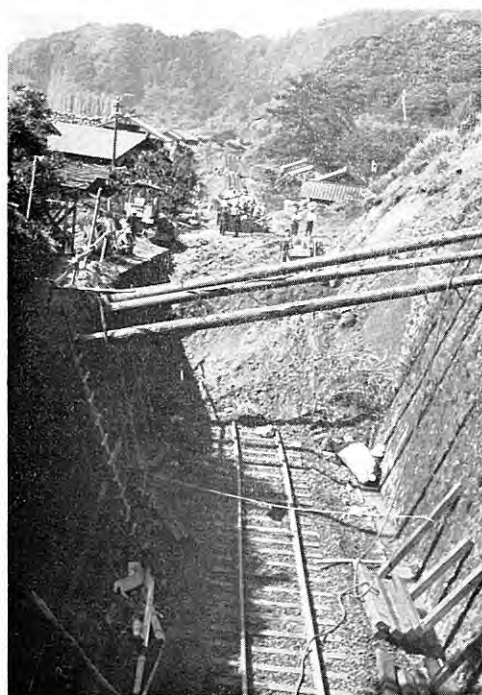
図版 55 鶴岡市湯野浜における石垣の水平ずれ
(鶴岡市災害対策本部提供)



図版 56 鶴岡市内青竜寺川の岸壁破損
(鶴岡市災害対策本部提供)



図版 57 羽越線勝木駅北方八幡山隧道北口の崖崩れ (1)
北側から八幡山隧道を望む。(鈴木泰輔撮影)



図版 58 羽越線八幡山隧道北口の崖崩れ(2)

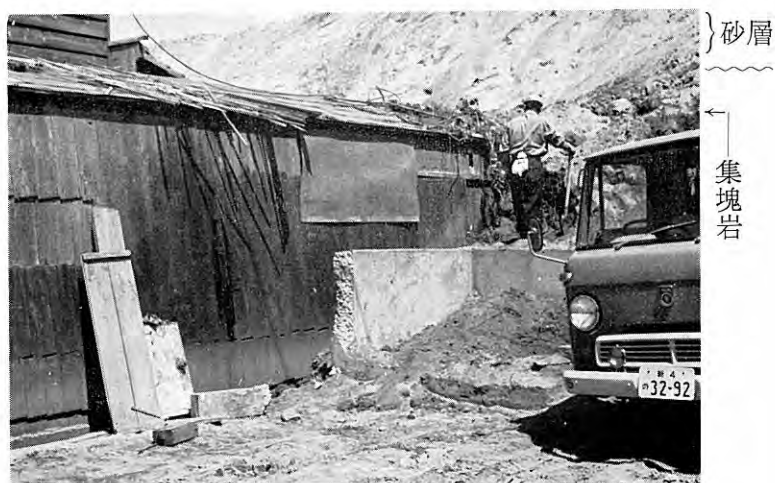
八幡山隧道北口より北方を望む。
地質が軟弱なため震動によって
大量の泥岩(新第三紀津川層の
泥岩)が崩壊。崩れた崖の地層
の走向は $N 55^{\circ} E, NW$ (日本
海側)に 15° 傾斜している。
(鈴木泰輔撮影)



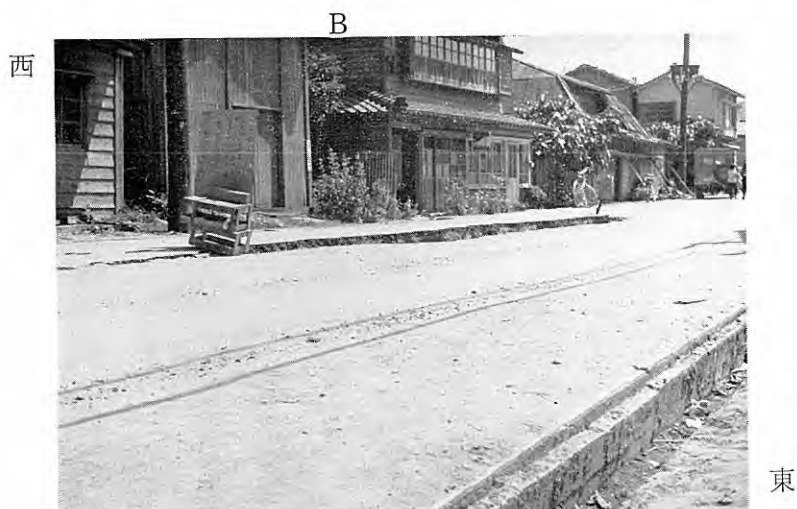
図版 59 羽越線勝木駅北方
約 400 m の小鉄橋橋脚
破損
(鈴木泰輔撮影)



図版 60 羽越線勝木駅北方八幡山隧道北口付近の土蔵に生じた亀裂
(鈴木泰輔撮影)



図版 61 新潟県岩船郡山北村府屋
(新潟・山形県境付近) の災害
津川層中の集塊岩層上に重なるさらさらした新期砂層(砂丘堆積物?)
が崩落し、崖下の民家を半埋没している。(鈴木泰輔撮影)



図版 62 府屋の街中を貫走している国道7号線（アスファルト舗装）上に生じた亀裂。
手前の排水溝も25 cmほど上下にくいちがいを生じている。
（鈴木泰輔撮影）



図版 63 村上市日下の崖崩れ
（村上市災害対策本部提供）



図版 64 村上市日下の地割れ
(村上市災害対策本部提供)



図版 65 村上市山辺里における消防井の浮きあがり
(村上市災害対策本部提供)



図版 66 村上市四日市における家屋の倒壊
(村上市災害対策本部提供)



図版 67 村上市四日市・西興屋間における道路面の地割れ
(村上市災害対策本部提供)



図版 68 村上市滝ノ前・瀬波間の橋梁（羽下ヶ滝橋）の破損（6月23日倒壊）
（村上市災害対策本部提供）



図版 69 村上市滝ノ前の崖崩れ（1）
（村上市災害対策本部提供）



図版 70 村上市滝ノ前の崖崩れ (2)
(村上市災害対策本部提供)



図版 71 村上市瀬波における道路面の地割れ
(村上市災害対策本部提供)



図版 72 村上市岩船市街の工場内の床上に生じた亀裂
(村上市災害対策本部提供)



図版 73 村上市岩船における都市ガス輸送管の破損
(村上市災害対策本部提供)



図版 74 村上市八日市における家屋の倒壊 (1)
(村上市災害対策本部提供)



図版 75 村上市八日市における家屋の倒壊 (2)
(村上市災害対策本部提供)



図版 76 村上市八日市の道路面に生じた地割れ
（村上市災害対策本部提供）



図版 77 村上市岩船明神橋上流左岸の破損
（鈴木泰輔撮影）

下流



上流

図版 78 村上市岩船・三日市間の橋梁（明神橋）下における津波の災害
津波によって上流に押しあげられた漁船。このため下流の濁水が堤防をこえて市街に浸入した。（村上市災害対策本部提供）



図版 79 村上市岩船郊外（石川川口左岸）
津波によって漁船が田面におしあげられたままとっている。
（村上市災害対策本部提供）



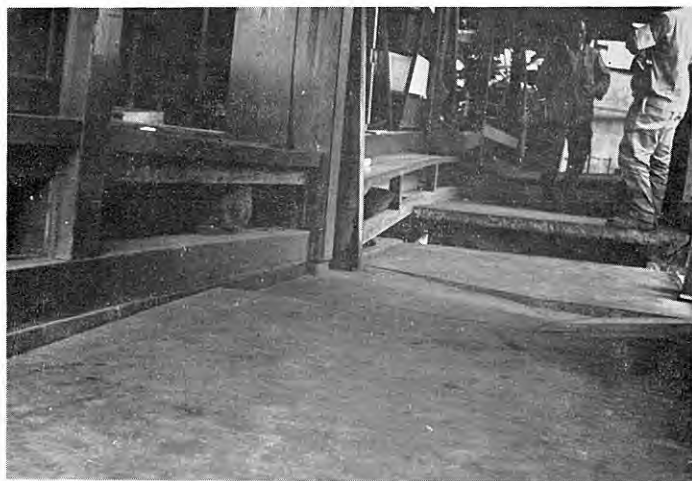
図版 80 新潟県岩船郡神林村塩谷部落 (1)
地盤の陥没状況を示す。手前の空地は倒壊家屋整理跡。
北より南を望む。(鈴木泰輔撮影)



図版 81 新潟県岩船郡神林村塩谷部落 (2)
神社の鳥居が傾いている。手前の民家は半壊整理中
T字路付近より北を望む (鈴木泰輔撮影)



図版 82 新潟県岩船郡神林村塩谷部落 (3)
被災地整理跡。ほとんどの民家が全壊した。
T字路付近より南を望む。(鈴木泰輔撮影)



図版 83 新潟県岩船郡神林村塩谷部落 (4)
民家の内部。外見無被害のようにみえる家屋も、一歩内部に入れば破
損がはなはだしい。床下に地割れが大小4条生じている。

東



西

図版 84 新潟県北蒲原郡中条町 (1)
大田小学校校庭に生じた地割れ。
校庭の北西部は若干沈下して排水不良となり、調査当時 (39.6.22)
水溜りが生じていた。(鈴木泰輔撮影)



図版 85 新潟県北蒲原郡中条町 (2)
大田小学校校舎に生じた亀裂
建物は建築後3年ほどしかたっていないが、基礎から最大30 cmも
移動している。(鈴木泰輔撮影)



南

北

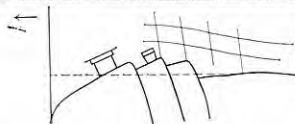
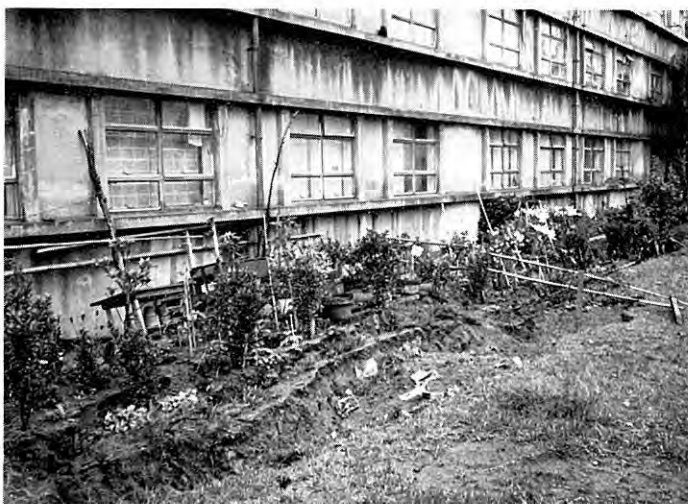
図版 86 新潟県北蒲原郡中条町 (3)
桃崎の砂丘東縁部に生じた地割れと陥没 (方向はおよそ $N 45^{\circ} E$) この
東 50~60 m の所を旧胎内川がゆるく北流している。(鈴木泰輔撮影)



図版 87 新潟県北蒲原郡中条町 (4)
大出部落北方における田面の陥没 (水没) 大出側から北を望む。
(鈴木泰輔撮影)



図版 88 新潟県北蒲原郡中条町 (5)
役場乙支所 (乙・大出両部落間) の破損。敷地内には多数の小規模な亀裂がみられる。
(鈴木泰輔撮影)



図版 89 沈下した鉄筋建築物周辺の地割れ
(新潟市川岸町県営アパート)



図版 90 地割れ
幅約 25 cm, E-W 方向, 分離の方向 N 70 W。幅の広い（一般に 3 m 以下）主地割れは N-S であるのに対して, 所により, E-W 方向の幅 25 cm 以下の地割れが 0.5~1 m おきに多数発達する。噴砂を伴っていない。
（黒崎村善久）



図版 91 幅約 3 m の地割れを埋めた顕著な砂の噴出
（黒崎村善久）



図版 92 地下水や砂を噴き出した孔の列 (ほぼN-S)
(黒崎村国道18号線の東側)



図版 93 噴き出した砂の堆積
噴出孔はきれいな漏斗状をなす。(白根市大野大橋付近信濃川南岸)



図版 94 ほとんど連結している噴砂孔
(県庁うら)



図版 95 泥質のものを相当含む噴出砂泥
泥質のため日割れが著しい。黒いシミ状のものは泥炭質植物片。
(黒崎村国道18号線東側旧信濃川河道)

地質調査所特別報告

第 1 号

門倉三能, 大橋敏男, 伊原敬之助, 木村六郎, 佐藤戈止, 赤木健 : 関東地震調査報告 第 1, 1925

第 2 号

門倉三能, 小倉勉, 清野信雄 : 関東地震調査報告 第 2, 1925

第 3 号

新潟地震調査研究グループ : 新潟地震調査研究報告, 1966

SPECIAL REPORT, GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

No. 1

KADOKURA, M., OHASHI, T., IHARA, K., KIMURA, R., SATO, H. & AKAGI, T. : Reports on the Kwantō Earthquake, September 1923, Part I, 1925 (in Japanese)

No. 2

KADOKURA, M., OGURA, T. & KIYONO, N. : Reports on the Kwantō Earthquake, September 1923, Part II, 1925 (in Japanese)

No. 3

Research Group of Niigata Earthquake : Report of the Geological Survey on the Niigata Earthquake, 1966 (in Japanese)

新潟地震予察報告

須貝貫二・佐藤茂・牧野登喜男

地質調査所特別報告第4号, 新潟地震予察報告, p. 1~28, 1966

14 illus., 95 pl., 5 tab.

当所は, 新潟地震による災害と地盤の変動状況を調査して, 当所今後の調査研究を推進するための資料を入手するべく, 予察第1班 (佐藤茂・牧野登喜男・深谷栄治; 39. 6. 17—39. 6. 23) を新潟市に, 同第2班 (須貝貫二・鈴木泰輔; 39. 6. 20—39. 6. 24) を新発田一村上一鶴岡方面に派遣し, いずれもジープを駆使して現地調査に当らせた。この予察調査の結果, 災害のもっとも著しかった箇所は, 地表下ごく浅い所に, 地下水位の高い軟弱な堆積物が分布している所 (主として旧河道筋) であることがわかったほか, 崖崩れや温泉井その他の井戸の災害状況をも知ることができ, 当所今後の本格的調査研究計画の立案に大いに役立った。

550.346 (521.41+521.15) : 550.85

Sugai, K.
Satō, S.
Makino, T.

昭和 41 年 10 月 5 日 印刷

昭和 41 年 10 月 10 日 発行

工業技術院地質調査所

印刷者 小 林 銀 二

印刷所 泰成印刷株式会社

SPECIAL REPORT No.4
GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Konosuke SATO, Director

**REPORT OF A PRELIMINARY SURVEY
ON THE NIIGATA EARTHQUAKE**

By

Kanji SUGAI, Shigeru SATO & Tokio MAKINO

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Hisamoto-chō, Kawasaki-shi, Japan

1966

地質調査特報
Spec. Rept. Geol.
Surv. J. No. 4, 1966