

新潟地震に関する地質学的調査研究の概要

地質調査所新潟地震調査研究グループ*

Outline of the Geological Investigations Concerning the Niigata Earthquake

By the Group for Scientific Study of the Niigata Earthquake,
Geological Survey of Japan, Tokyo

Abstract

The Geological Survey of Japan had carried out a preliminary survey in the Niigata and Yamagata prefectures immediately after the Niigata Earthquake to know the relation between the damage and land deformations caused by the earthquake.

By this survey, it was clarified that the most severe damage by the earthquake in the Niigata area was closely related to the existence of very soft and loose sediments which buried up the past stream bottoms of rivers naturally or artificially. And the necessity of systematic and detailed geological surveys by various methods was emphasized.

Based on this preliminary survey, the Geological Survey carried out further geological surveys of various kinds in the Niigata Earthquake area, such as geotectonical survey in the mountain area Murakami—Tsuruoka, civil engineering geological survey of the Alluvial plain in Niigata City, survey of water-level changes of ground water and hot springs, and geophysical survey on the marine area around the Awashima island (sonic exploration) and the alluvial plain around Shibata City (gravity and levelling survey).

The results of those surveys are stated respectively in the following.

1. まえがき

地質調査所においては新潟地震発生後ただちに新潟地震予察班(2箇班)を新潟市周辺と新発田—村上—鶴岡方面に急行させて、災害と地盤の変動状況について調査させ、当所が今後本格的に調査研究するための必要な資料を入手させた。その成果については、地質調査所編「地質ニュース」(120号, 1964—8)および全国科学技術団体総連合編の新潟地震防災研究総合報告(1965, pp. 88—93)に公表し、さらに詳細な報告は地質調査所の出版物(新潟地震予察報告)として近く公表されるであろう。

予察調査の結果、新潟地震地域において災害のもっと

も著しかったのは、信濃川をはじめ多くの河川の下流域における旧河道筋を自然的あるいは人為的に埋積したごく新期の堆積物の存在している所で、この堆積物の存在が災害に密接な関係をもっていることが指摘されるとともに、山地部における地盤変動(崖崩れなど)や温泉、地下水の湧出状況などの変化についての地質的解釈、および既存の地質構造と新潟地震による地盤変動との地質構造上の関連などを究明することの必要性が指摘された。

よって、地質調査所では、科学技術庁防災科学技術センターによる「新潟地震防災総合調査研究」の一環として、防災に関する地質的基礎資料を得るため、新潟・山形両県下の平野部・山地部および粟島周辺海域におい

* 代表者：須具貫二(工業技術院地質調査所燃料部)

て、構造地質・土质地質・地球物理・水理地質・温泉地質・天然ガス地質・航空写真地質および古生物学などの各分野から調査研究を実施した。

当所の新潟地震調査研究グループ自体としての調査研究は、39年度をもって野外調査をいちおう終了したことになるが、新潟地震の性格を地質学的立場から考究するには、まだ資料も不十分であり、各調査研究成果間のつながりも十分つけられているとはいえない。この調査研

究成果のあるものについては、すでにそれぞれの関係機関誌に掲載されているが、全調査研究項目についての成果は地質調査所の出版物(新潟地震調査研究報告, 1966)として公表されている。

なお、当所としては、今後当所以外の調査研究機関による成果をもとりいれて、それぞれの分野から、さらに調査研究を推進する予定である。

新潟地震地域北東部(村上一鶴岡地区)の地質構造

松野久也*・西村嘉四郎**

On the Geological Structure of the Northeastern Portion (Murakami—Tsuruoka Area) of the Niigata Earthquake District

By K. Matsuno and K. Nishimura

In order to obtain some information relating to deformations of the Awashima island and the bottom of the sea surrounding the island at the time of the occurrence of Niigata Earthquake, the authors have attempted to clarify the geological structure in the Murakami—Tsuruoka area of 1,400km² on the opposite shore of the island. For this purpose, the photogeologic reconnaissance of the whole area and the field survey of three routes traversing the area in the east-west direction were carried out.

Photogeologically, two units have been recognized in the area. The lower complex comprises the Paleozoic sediments, metamorphosed rocks and intrusive masses of granitic rocks. The upper Tertiary formations consist of pyroclastic and terrigenous clastic sediments. These crop out, controlled by folding structures with the NNE—SSW axes and accompanied by the faults of eastward thrusting which divide the area into three blocks of Budo, Yakushidake and Sampōgura, from the west to the east. The longitudinal directions of these blocks are parallel to the shore line, coinciding with the fundamental direction of the structure mentioned above. Each of the blocks has been tilted to the W—WNW. It is considered that such tilting has been continued during the whole period of deposition of the Tertiary formations in the Niigata district.

新潟地震によって粟島付近に生じた地盤変動と地質構造との関係を明らかにするため、村上(新潟県)から鶴岡(山形県)にわたる約1,400km²の山地部の地質構造について、写真地質学的方法をもって予察調査を行なった。その結果はつぎのようである。

(1) この地域は新潟・庄内両油田・ガス田地帯の地質

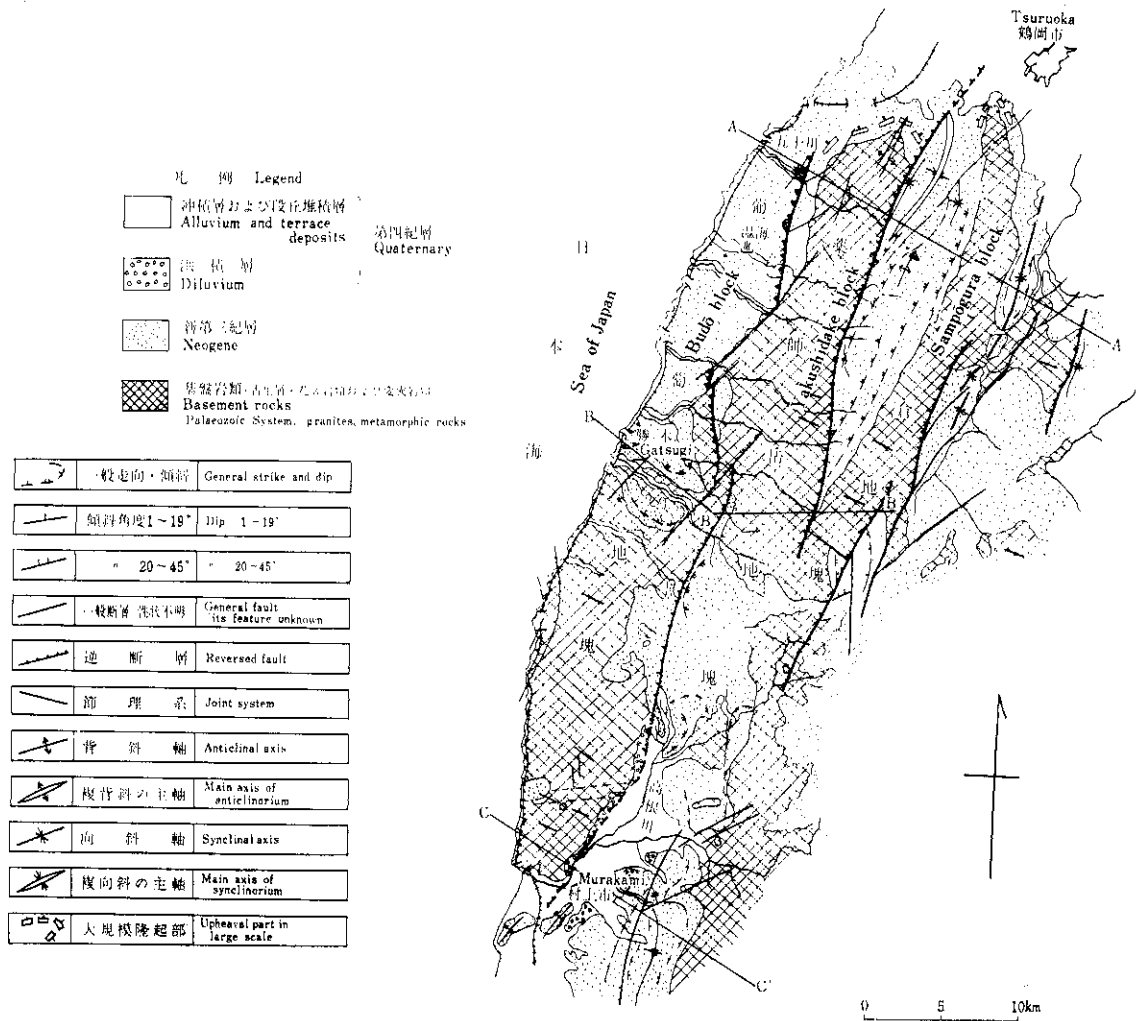
構造に支配された3地塊(西から葡萄・薬師岳・三方倉地塊)に分けられる。

(2) 各地塊はNNE—SSWの延長方向をとり、W—WNWに傾動している。

(3) 葡萄地塊では南半部が、薬師岳地塊では逆に北半部が大きく隆起している。

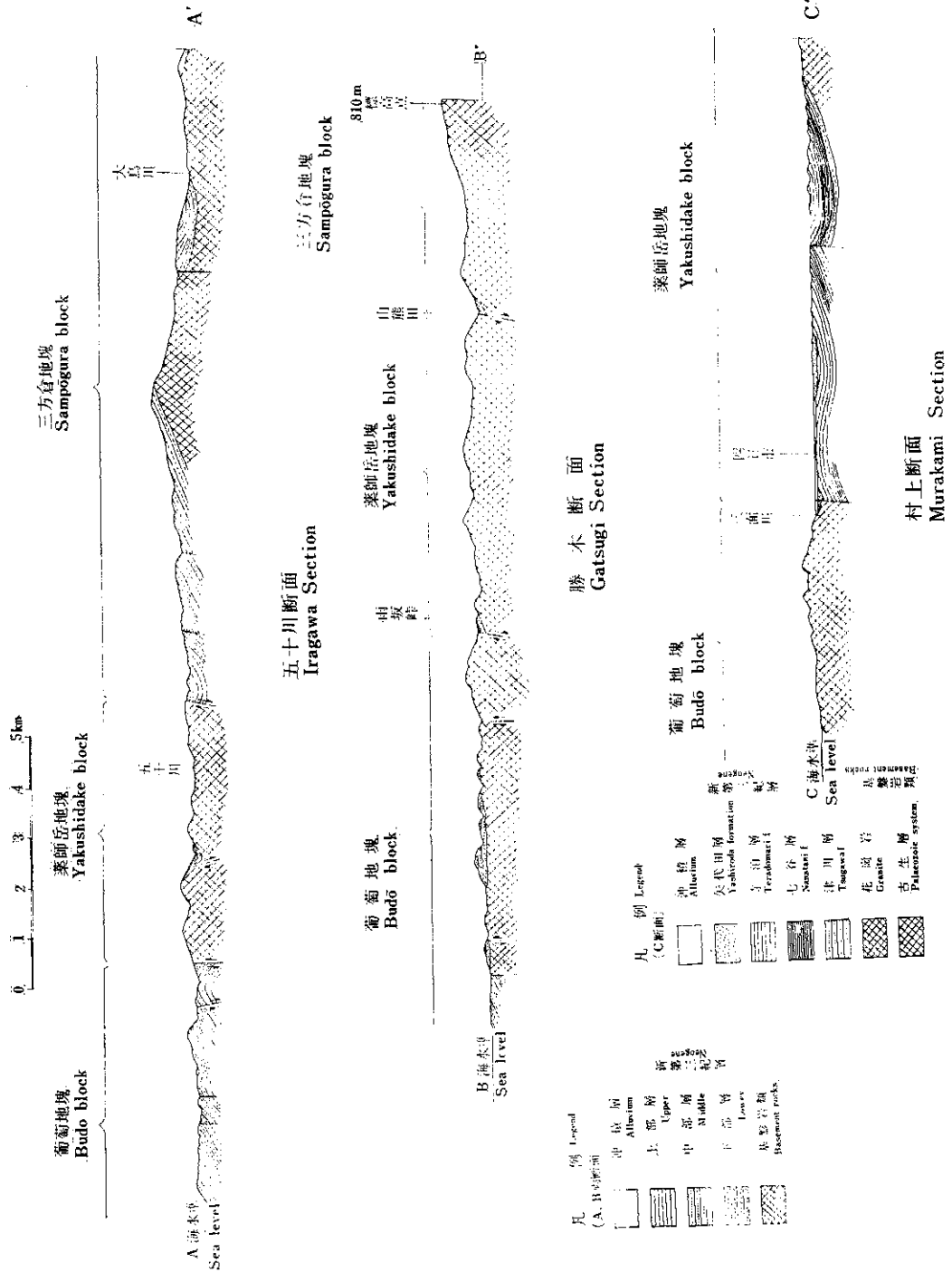
* 応用地理部, ** 技術部

(4) これらの変動は第三系の堆積を支配し、粟島付近で明らかにされた地盤変動と同様な傾向をもつ。



図—1 新潟地震地域北東部(村上—鶴岡地区)地質構造図

Geological structure map of the northeastern part (Murakami--Tsuruoka area) of the Niigata Earthquake district.



図—2 村上—鶴岡地区地質断面図
Geological sections of Murakami—Tsuruoka area.

参考文献

松野久也, 西村嘉四郎; 新潟地震地域北東部(村上—鶴岡地区)の地質構造, 地質調査所特別報告, 第3号, 新潟地震調査研究報告(1966)

新潟地震地域の地質構造について

黒田和男*・星野一男**・牧野登喜男**・佐藤茂***

Some Notes on the Geological Structure of the Niigata
Earthquake District

By K. Kuroda, K. Hoshino, T. Makino and S. Sato

After the Niigata Earthquake, the land deformations such as upheavals of ground and earthquake fault, which are considered to have some relation with the earthquake, were found at and around the Awashima island. The writers have started the study to clarify the nature of deformations as relating with geological structure of the Niigata Earthquake district, especially relating to the phenomena observed at the time of the earthquake. It is of great importance, whether the land deformations caused by the tectonic development in the Quaternary Period have the same tendency with those accompanied by the earthquake.

新潟地震が新潟地震地域（主として新潟・山形県下）に発達している地質構造といかなる関係にあるか、とくに第三紀以後の造構運動との関連性を考究するため、いまなお必要な準備（主として編集作業）と考察がすすめられているが、まだ結論を導きだす段階にまで達していない。いずれまともりしたい稿を改めて公表するつもりであるが、研究の主眼点を列記するとつぎのようである。

(1) 地質構造区分を行ない、地質構造の特性を明らかにして規則性をみいだす。

(2) 上記の結果にもとづいて、対象地域の地質構造発達史を考察し、とくに第三紀の構造運動と第四紀のそれとの関連を解明する。

(3) 現在活動中の地殻の変形あるいは変位と、既往の地質構造との関係を明らかにする。

参 考 文 献

黒田和男・星野一男・牧野登喜男・佐藤茂；新潟地震地域の地質構造について、地質調査所特別報告、第3号、新潟地震調査研究報告（1966）

村上—鶴岡間の地域の構造解析

村 井 勇[△]

Tectonic Analysis of the Area between Murakami and Tsuruoka

By I. Murai[△]

In order to clarify the nature of the tectonic movement which occurred in recent geologic times, the writer carried out a statistical survey of fracture systems developed in the Tertiary formations and

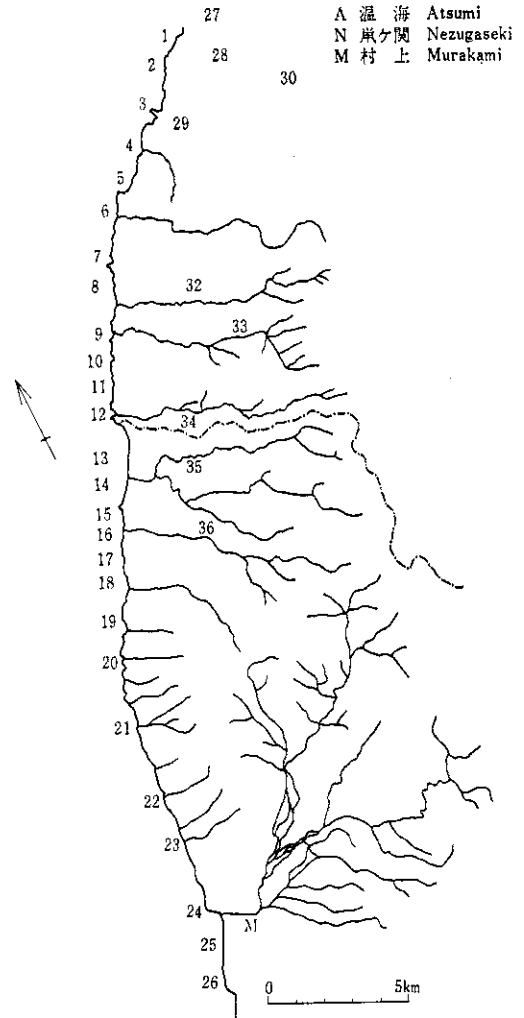
* 応用地質部, ** 燃料部, *** 企画課長（当時地質部）

[△] 調査員（東京大学地震研究所）

granites on the area between Murakami and Tsuruoka as well as on the island of Awashima. The fracture system developed in this area consists of several elements of joints and faults. Each element of fracture shows a definite orientation closely relating with the direction of NNE-SSW, which corresponds with the direction of general strike of strata and that of folding axes. This also coincides with the strike direction of tilting which occurred as a result of the earthquake. It can be interpreted that these elements of fractures were developed under the conditions in which the principal stress axes were situated in the directions of NNE-SSW, WNW-ESE, and the vertical direction. The situations of maximum, intermediate and minimum principal stress axes may have interchanged with each other during the progress of tectonic movement. Among all the elements of fracture systems on this area, the fault system with the strike of NNE-SSW is one of the major structures, and is considered to be most recently active. This may have played an important role in the land deformation by the Niigata Earthquake.

新潟地震のさい広範囲に地変がおこり、その性質が新潟地方およびその周辺地域における最近の地殻変動の傾向と一致し、かつ地質構造とも調和的であることが知れた。したがって、過去の地質時代におこった構造運動の性質をくわしく知り、それが現在の地殻運動や地震活動といかなる関係にあるかを明らかにすれば、今回の地震の性質を理解し、ひいてはこの地域における今後の地震活動を考えるうえでの有力な資料が得られるものと考えられ、その目的で村上—鶴岡間の地域および粟島において地質構造の構造解析を行なった。

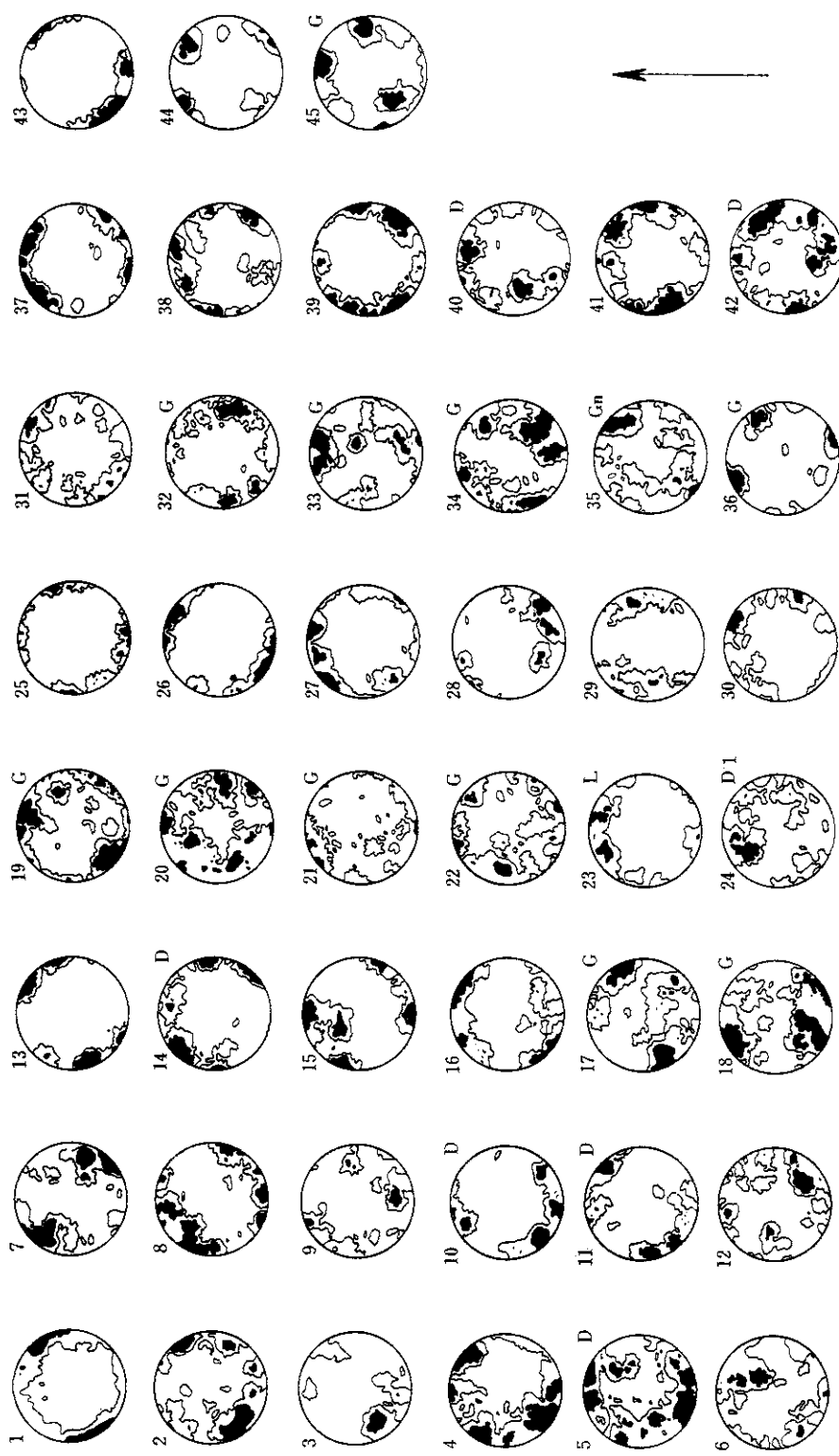
調査の結果、本地域においては構造を支配する主要構造としてNNE—SSWの方向が存在し、この方向を軸とする褶曲構造が発達しており、同時にこの方向とそれに直交するWNW—ESE、および鉛直線の方を主応力軸の3軸とするような応力条件下で形成されたと解釈される節理および断層などのわれめ系の発達認められた。われめ系はいくつかの要素の組合せによって構成されており、NNE—SSEに垂直および平行な直立する節理系、これに斜交し直立する1対の節理系、NNE—SSEの方向に走向をもち高角度に傾斜する1対の断層系、およびWNW—ESEに走向をもち高角度に傾斜する1対の断層系がある。そのおのおのについての形成の応力条件は、前述の主応力軸の3軸の方向は変わらず、各主応力の相対の大きさが変化して形成されたものと解釈される。おそらく、褶曲構造の完成後、造構造帯の全域にわたって隆起運動がおこり、同時に地表部に剝削作用が働き、側方から作用していた変形力は弱まり、埋積物による荷重は減少し、残留応力はしだいに消滅するなどのいろいろな条件のため、応力条件の変化につれて、いくつかのわれめ系の要素が生じたものと考えられる。いずれにせよ、NNE—SSWおよびWNW—ESEの方向は本地域の地質構造の発達を支配してきたもので、微細構造の解析結果も、この方向の重要性を示している。



図—3(A) 村上—鶴岡間われめ系調査箇所

The map showing the localities where the measurements of fractures were carried out, in the area between Murakami and Tsuruoka.

The locality numbers in the map correspond to those of fracture diagrams (Fig.—3(B)).



図—3(B) 村上一鶴岡間の地域におけるわれわれ系の発達状況を示す図系 (断層面, 節理面の極の方向を球面投影であらわし<下半球を使用>, 投影点の集中模様を等集中度曲線をえがいて表現したもの) ①番号は図—3(A)の番号と一致 ②37~45: 栗島のわれめ系 ③G: 花崗岩, Gn: 片麻岩, L: 流紋岩, D: 粗粒玄武岩, DL: 段丘堆積物 ④無記号は第三紀層

Fracture diagrams which represent the state of development of fractures in the area between Murakami and Tsuruoka. The directions of the poles of the fracture and joint planes are plotted on an equal area spherical projection net (using the lower hemisphere), and the state of concentration of plotted points is expressed by drawing contours of equal concentration. The numbers of diagrams correspond to those of localities in Fig. 3(A). The diagrams of nos. 37~45 represent the fracture systems developed on the Awashima Island. G: granite, Gn: gneiss, L: rhyolite, D: dolerite, DL: terrace deposits, unmarked; Tertiary sediments.

新潟地震に伴った変動も、NNE—SSWの方向の断層系の活動に関係するものと考えられ、地震の発震機構も

WNW—ESE方向の圧縮力による dip slip の剪断破壊と解釈されている。

参 考 文 献

村井 勇：村上一鶴岡間の構造解析，地質調査所特別報告，第3号，新潟地震調査研究報告（1966）

村井 勇：粟島に発達する節理と断層，地震研究所彙報 vol.43, pp.611—624, 1965

われめ系からみた粟島の地質構造

垣見 俊弘*・平山 次郎*

Geologic Structure of Awashima Island with Special Reference to the Fracture Systems

By T. Kakimi and J. Hirayama

The Awashima island, which is situated about 10 km northeast of the epicenter of the Niigata Earthquake, 16th June 1964, has been upheaved and tilted northwestwards by 55 seconds. The amount of the upheaval ranges from 0.8 to 1.5 m. The contours of the upheaval are parallel to elongation axis of the island with a general trend of N24°W, which coincides with the trend of several active faults on the sea-bottom around the island, and also with the isopach of the submarine Quaternary deposits.

The Awashima island is composed of the hard shale of middle Miocene time, which is intruded by dolerite, and of the pre-Tertiary granites. The hard shale is micro-folded with fold axes of N 50° E. These fold axes seem to be controlled by a large semi-dome structure whose crest is situated around the granitic basement on the southeast coast or sea-bottom of the island.

The fracture-pattern developed on the island also seems to support the idea of the said doming; especially, the maximum principal stress axes (relative tensional axes) restored from the longitudinal normal-fault set are nearly perpendicular to the elongation axis of the dome, which runs with a general trend of N50°E. We must, therefore, suppose that a directional change from N 50° E to N 25° E has occurred between the folding and doming of post-middle-Miocene time, and that the tilting and faulting were caused by the recent tectonic movement. According to the isopach maps of the Niigata oil-field, this directional change is considered to have occurred in late-Pliocene time.

粟島は新潟地震の震央付近に位置し、同地震のさい、島の長軸約N5°E方向（「粟島方向」と仮称）を走向として、北西へ約1'隆起・傾動したことがわかり、その後の調査・研究によって、陸上と海底の地形・地質・地球物理の資料は、新第三紀から現在にいたるまで、すべてこの「粟島方向」の構造を支持するとされている。

しかしながら、筆者らが小断層を利用して粟島の新第三系の構造を調査した結果では、「粟島方向」と斜交す

る約N50°E内外（「基盤方向」と仮称）を長軸とする半ドーム状の浮き上がりが推定された。新第三紀の「基盤方向」と現在の「粟島方向」との関係について考察した筆者らの見解はつぎのようである。

(1) 粟島の新第三系の地質構造は、島の南東部を頂部とする半ドーム状の隆起に支配され、波長の小さな褶曲軸と東側上がりの衝上性の断層（山崎断層）によって修飾されている。これらの方向はすべて「基盤方向」をと

* 地質部

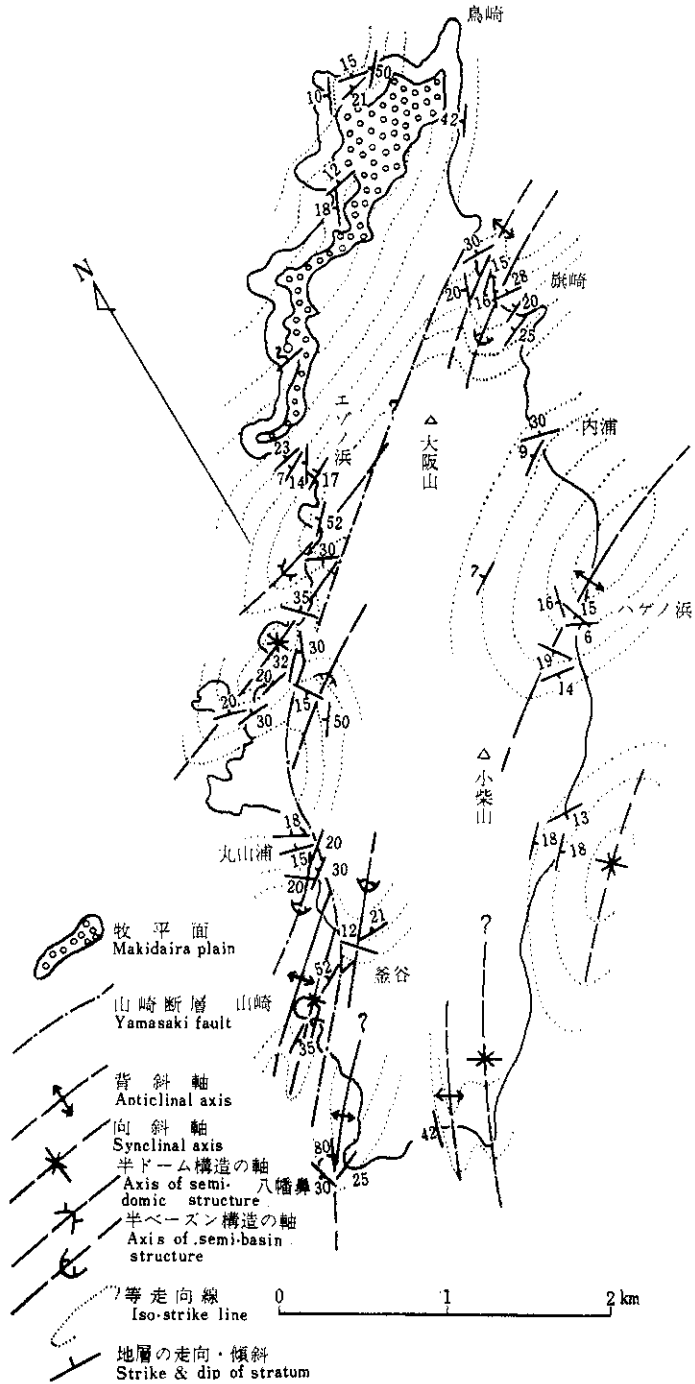
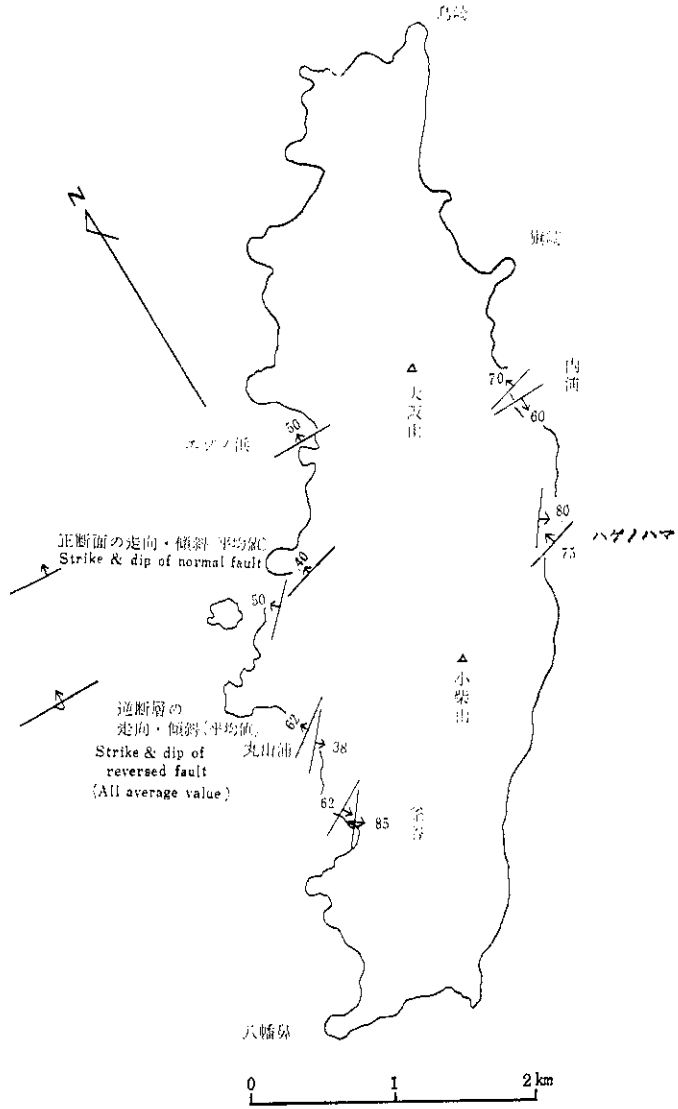


図-4 粟島の地質構造概念図
Ideal geotectonic map of Awashima Island.



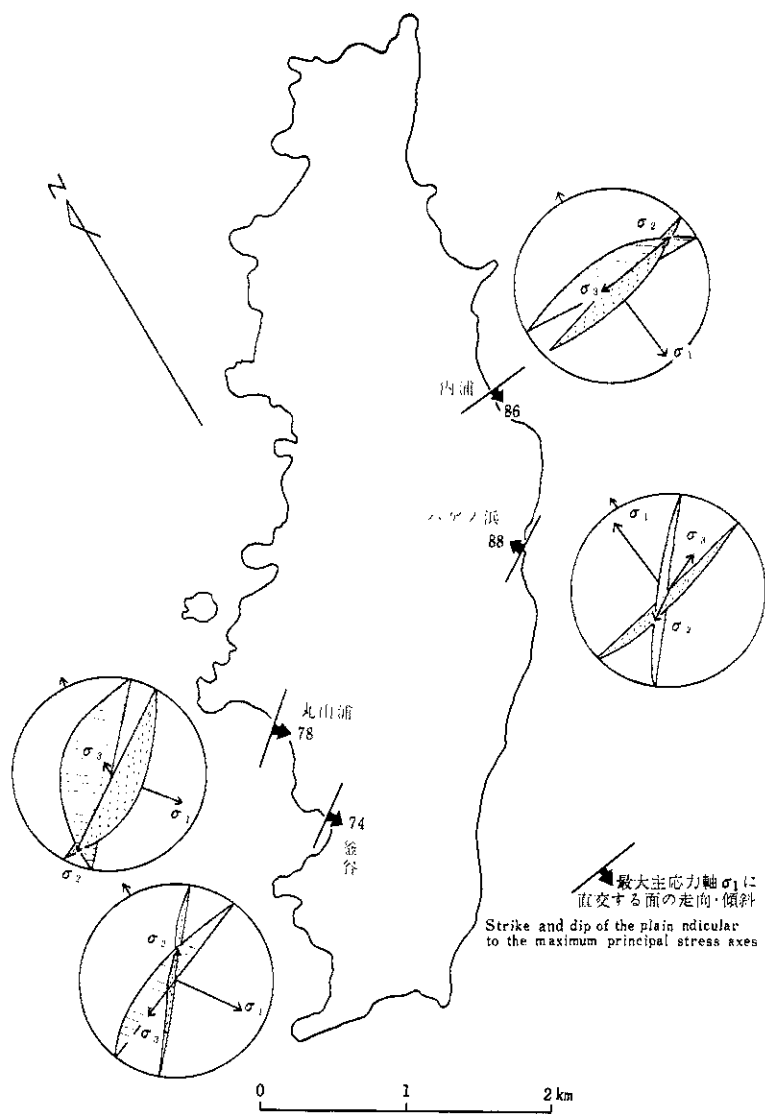
図一5 粟島における小断層分布図 (longitudinalな正断層群)
 Distribution map of small faults (longitudinal group of normal faults) in Awashima Island.

っている。
 (2) 他方、新潟地震による粟島の隆起・傾動の走向(等隆起線)の方向が「粟島方向」を指すことも事実で、海底の地震断層の方向、海底地形、現世堆積物の分布などの方向も「粟島方向」と調和的である。
 (3) したがって、「基盤方向」が中新世中期以後現世までの間に、いつ、どのような様式で「粟島方向」に転

換したかが問題である。收平面や粟島分水嶺の存在、あるいは粟島周辺海域で実施された音波探査(1964)によって発見された新第三紀末～第四紀?の堆積物(鎌田らのV₃層)とそれ以前の 新第三系間の不整合の存在などは、上記両方向の転換時期についての解決の糸口をあてるかもしれない。

参 考 文 献

坑見俊弘・平山次郎：裂縫系からみた粟島の地質構造，地質調査所特別報告，第3号，新潟地震調査研究報告(1966)



図—6 粟島における主応力分布図 (longitudinal な正断層群から作成)
Distribution map of principal stress in Awashima Island.

新潟地震の震央付近海域における音波探査

鎌田清吉*・細野武男*・伊藤公介*・早川正己*

A Study on the Geologic Structures by Sonic Exploration around the Epicenter of the Niigata Earthquake

By S. Kamata, T. Hosono, K. Ito and M. Hayakawa

Sonic exploration was conducted on the Sea of Japan around the epicenter of the Niigata Earthquake, about two months after the occurrence of the earthquake. Results of the present survey are as follows :

(1) The geologic structures are clarified, especially with respect to the faults discovered by the sounding carried out immediately after the earthquake, and the relation between the faults and the earthquake is investigated.

(2) The block overlain by the Awashima Island near the epicenter is located on the axis of an anticline in the Tertiary sediments.

(3) The patterns showing the escape of natural gas from the bottom are recorded along the faults, and thus the geologic structures containing gas or oil may be concealed in the southern part of the surveyed area.

新潟地震の震央付近海域の海底における地層の分布状況と地質構造(とくに断層系)を明らかにするため、海上保安庁水路部の測量船『海洋』の協力のもとに、昭和39年8月下旬から9月上旬にわたって音波探査を実施した。その調査範囲は粟島と震央を含む北緯 $38^{\circ}07'$ ~ $38^{\circ}32'$ 、東経 $139^{\circ}03'$ ~ $139^{\circ}27'$ の海域(陸岸から35km内)で、調査測線はWNW~ESEの方向に11本(北からNo.1, No.2, …… No.11測線と命名)とり、それらの測線長は約300kmである。

調査結果

(1) 観測記録から5つの特徴ある反射層が得られ、上:

位のものから V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 層と名づけた。これらの反射層の構造的特徴と海域下の分布を明かにし得た。

(2) さきに水路部によって発見された粟島南方の S_1, S_2, S_3 3断層の性状が明らかになった。

(3) 震央付近で海底からガス発生記録が得られたが、このガス発生海底部にはNos. 6~8の3測線にみられるように、断層でとりこまれたブロック状構造が存在していることがわかった。

(4) 粟島西方海域の海底部にも断層が存在し、とくに陸棚から海谷への傾斜変換点付近にあるものは、東側落下の逆断層であることが判明した。

参考文献

早川正己・鎌田清吉・細野武男・伊藤公介：新潟地震の震央付近における音波探査，地質調査所編集，地質ニュース，No.129，pp.1~11，1965。

鎌田清吉・細野武男・伊藤公介・佐野凌一・早川正己：音波探査による新潟地震震央付近海域の地質構造，地質調査所特別報告，第3号，新潟地震調査研究報告(1966)

* 物理探査部

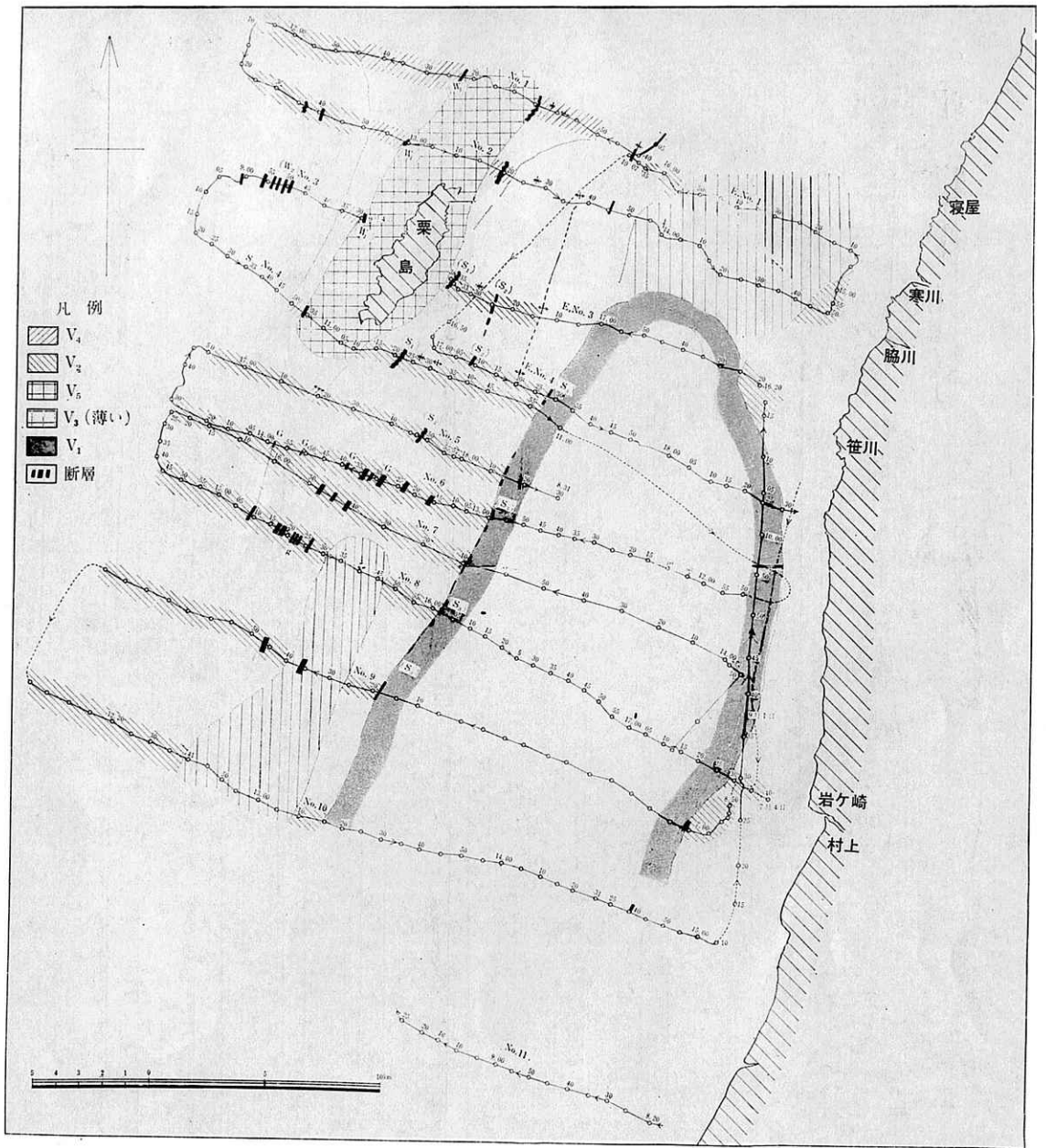
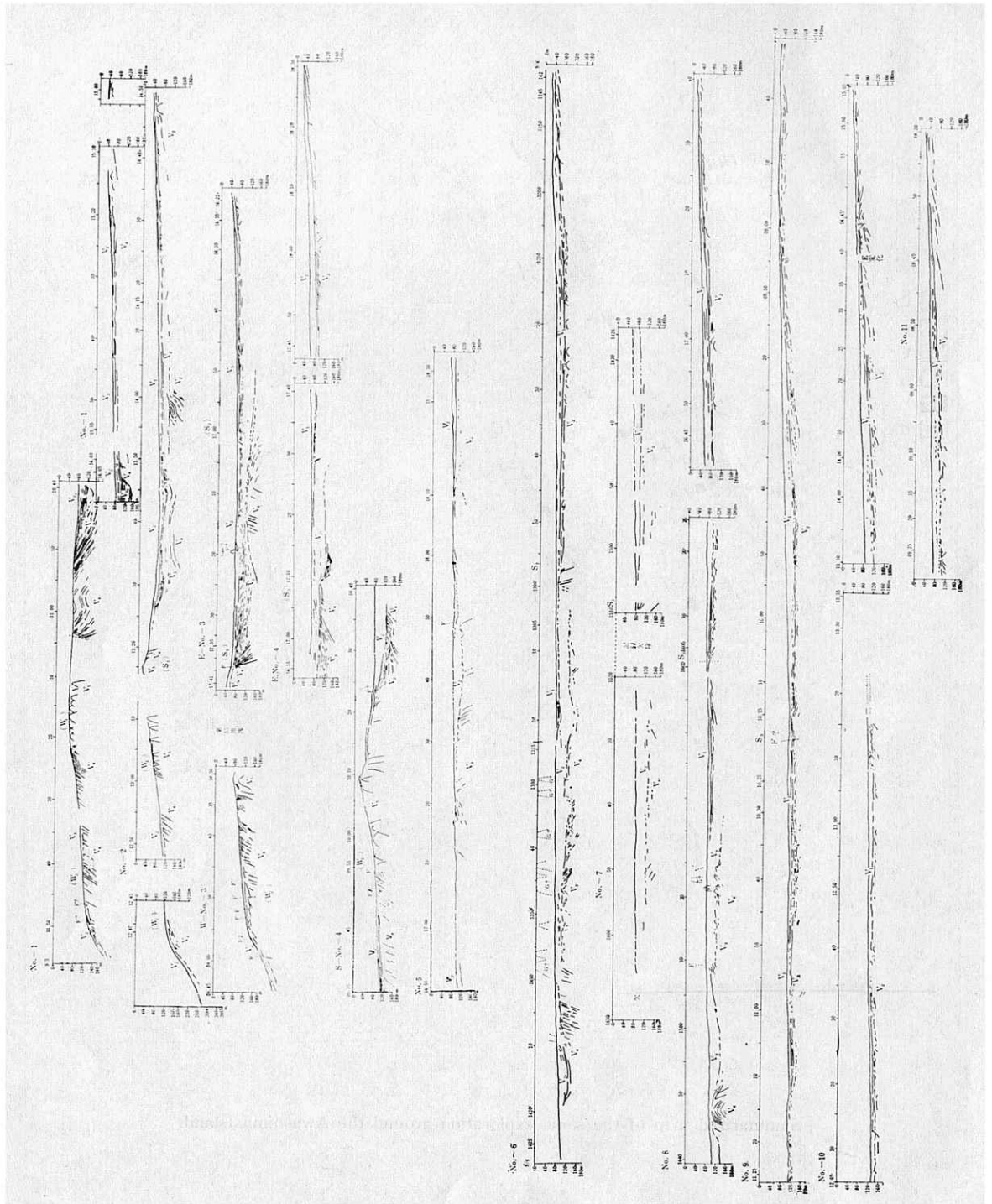


図-7 粟島付近音波探査総括図

Summarized map of the sonic exploration around the Awashima Island.



図—8 粟島付近音波探査解析断面図

Undersea bottom structure obtained by the sonic exploration around the Awashima Island.

新潟震災地区の土木地質

尾原 信彦*・渡辺 和衛*・安藤 高明*・相原 輝雄*
 金井 孝夫*・小鯛 桂一*・川野 昌樹**

Research on the Earthquake Disaster Area in Niigata City, from the Viewpoint of Engineering Geology

By N. Obara, K. Watanabe, T. Ando, T. Aihara
 T. Kanai, K. Kodai and M. Kawano

In the neighbourhood of Niigata City, five cycles of sedimentation are found below the earth surface down to the -200 m depth, the situation of subterranean loose sediments being ascertained. It is confirmed by geochemical treating of certain ions in pore water that the existence of loose sediments correlates to the sedimentary environment which has accumulated methane gas. The critical depth above which the "quick sand" phenomenon has occurred is detected by making a special vector-diagram consisting of pore water pressures, grain sizes and depths; the contour map showing the critical depths shows very well the distribution of localities where the severe disasters by the earthquake have happened. Near the bend of the river Shinano (Kurosaki village), sites of ultra soft ground are disclosed, after the actual state of sedimentation of alluvial plain has been ascertained by means of sounding tests of Swedish style. Boring power of this soft ground is precisely measured by the improved cone-penetrometer of a double-tube style.

新潟震災地区の約70km²の平原地において、G₁層に達する2本の標準試験井(深度120mおよび190m)の作井と18本の間隙水圧測定井を配置し、さらに信濃川曲流部の西側に25本のサウンディング法(深度15m)による地耐力調査を実施した。

成果の概要

(1) 土質試験からみた沈積サイクル

尾原は上記の試験井から採取したコアの土質試験値から粒度加積曲線をつくって、粒径中央値($Md\phi$)と地層緻密度($\frac{1}{1+e} = \frac{100}{Gs \cdot W + 100}$)とを算出し、両者の直交坐標軸をつくった。各点は一直線上にのる($\frac{1}{1+e} = 14.3 \log Md\phi + 72.8$)。

つぎに2地点における地層緻密度($\frac{1}{1+e}$)の垂直分布図を画けば、その極小値を抽出して、深度200mまでの間に、礫→砂→シルト→粘土という5つの沈積サイクルを認め、かつ最上部の第Vサイクルには α 、 β 、 γ の3つのサブサイクルを検出した。このサイクル区分を基準としてこの地域の地下構造図を画くと、各サイクルがほ

ぼ水平に連なることがわかった。なお第Vサイクルの基底が全図的平均値-30m内外に対し、この地域では20mも深いことが明らかになった(図-9)。

(2) 間隙水の地球化学

地表からG₁層までのコア中に含まれる間隙水を地球化学的に研究した渡辺・川野は、間隙水中のHCO₃⁻、SO₄²⁻量が地層区分の指標となることを認め、過剰Naにより汽水環境、Ca/Mg比により海成層か陸成層かを判明した。つぎにイオンの組合せから、陰イオンが過剰の場合は、多く天然ガス生成の場が生じ、地盤が軟弱なことを明らかにし、さらにNa吸着比(SAR)によって、その値の増大と地盤凝集力減退という事実をも明らかにした(図-10)。

(3) 間隙水圧測定と流砂現象の究明

18本の間隙水圧測定井のデータを基にして、金井は東西断面の動水圧分布を画き、中央部(白山—川岸町)に水圧の凹面を認めた。さらに地層の間隙水圧上昇率[U_w]と土質の粒径中央値[Mdφ]との関係を深度順に結んだベクトル図をつくり、急折深度を平面図にプロ

* 応用地質部, **技術部

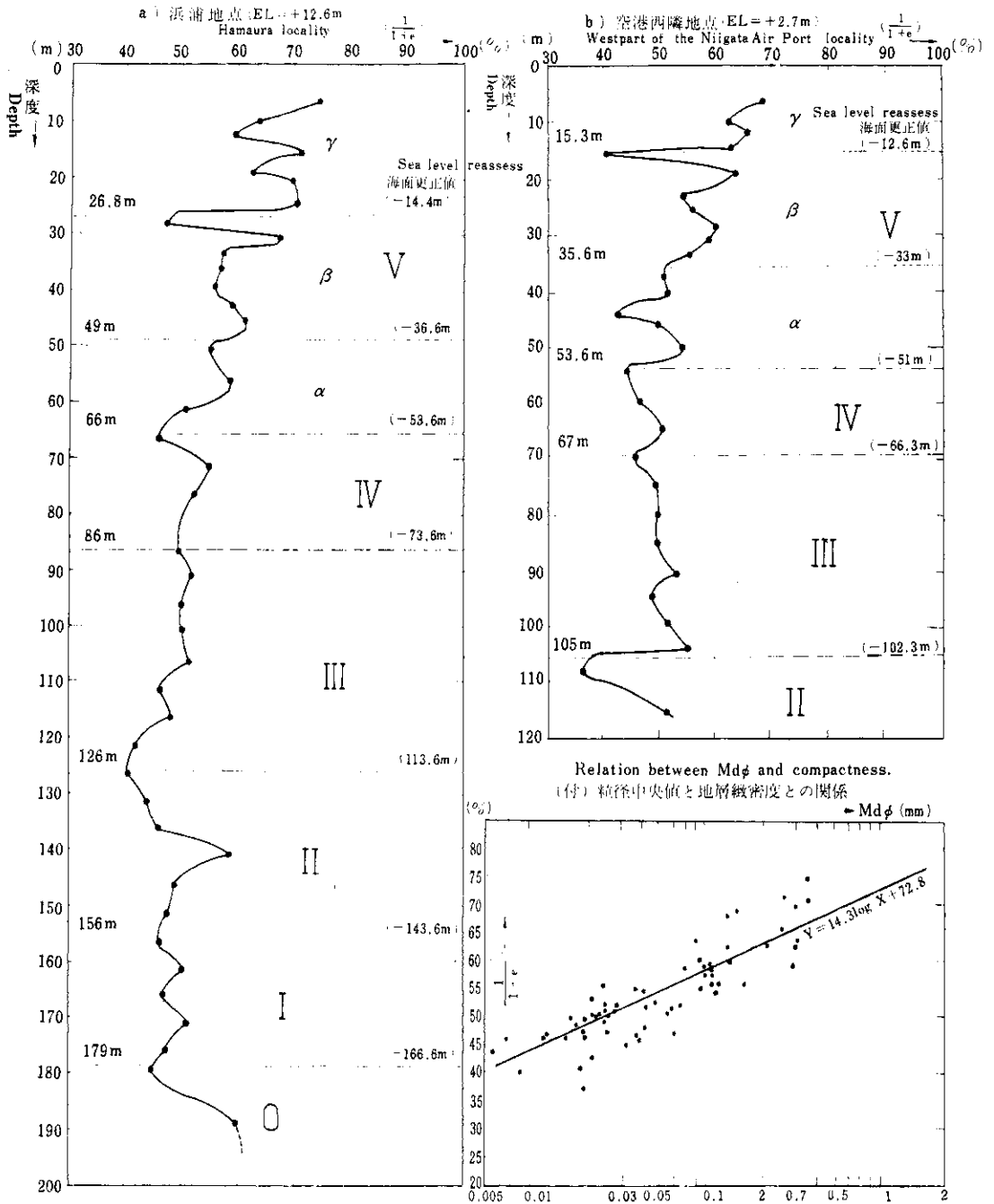


図-9 新潟市標準試験井における地層緻密度ダイアグラム

Compactness diagram of all strata of the standard test wells in Niigata City.

新潟地震に関する地質学的調査研究の概要—地質調査所

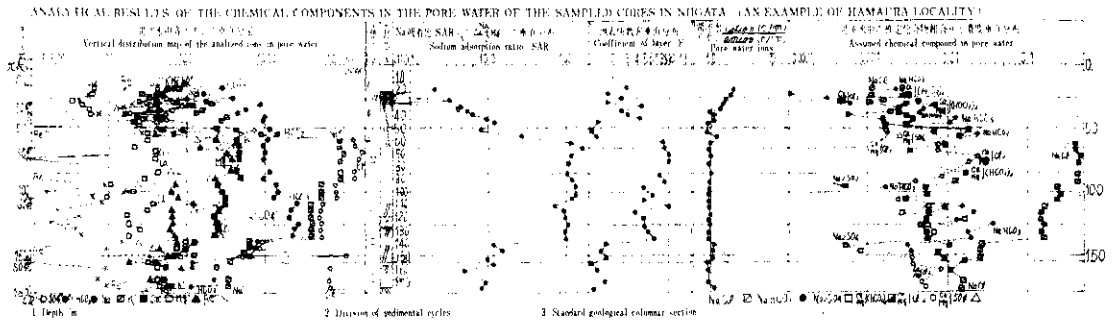


図-10 新潟地区ボーリングコア間隙水質分析成果の解析(浜浦地点の実例)

Analytical results of the chemical components in the pore water of the sampled cores in Niigata district (an example of Hamaura locality).

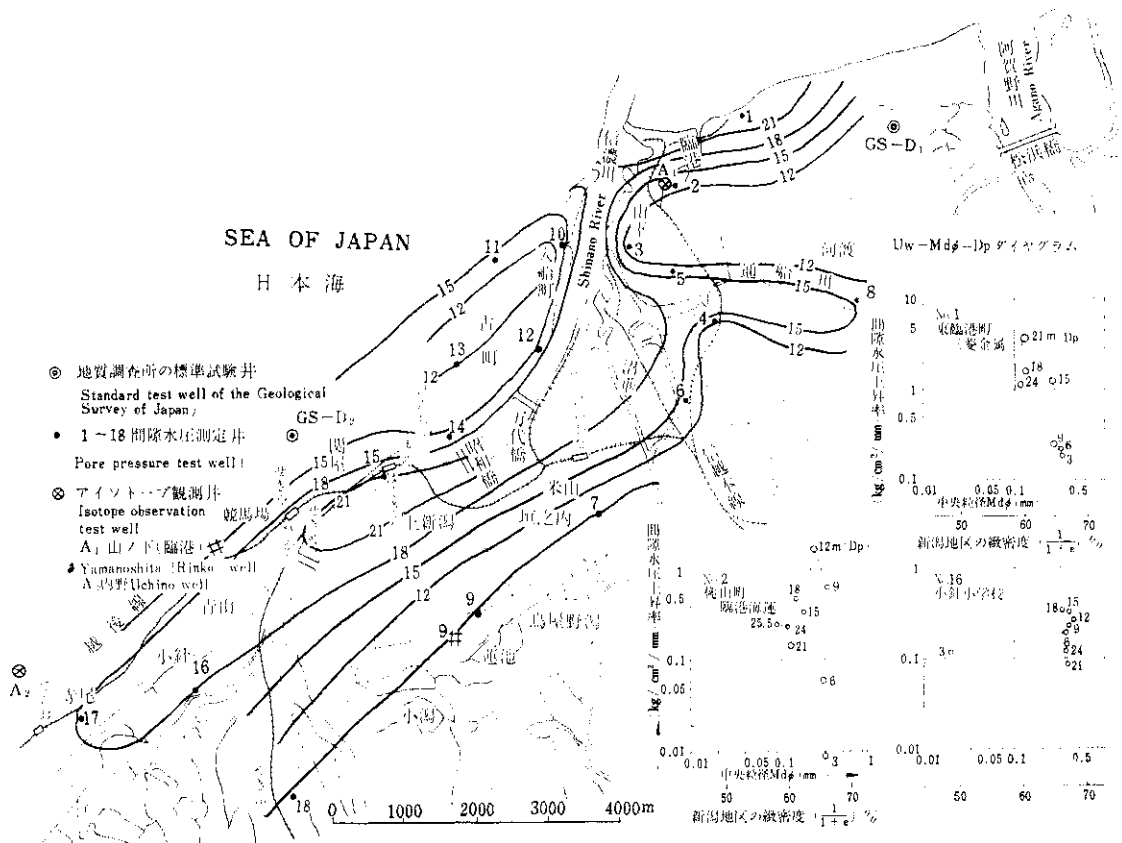
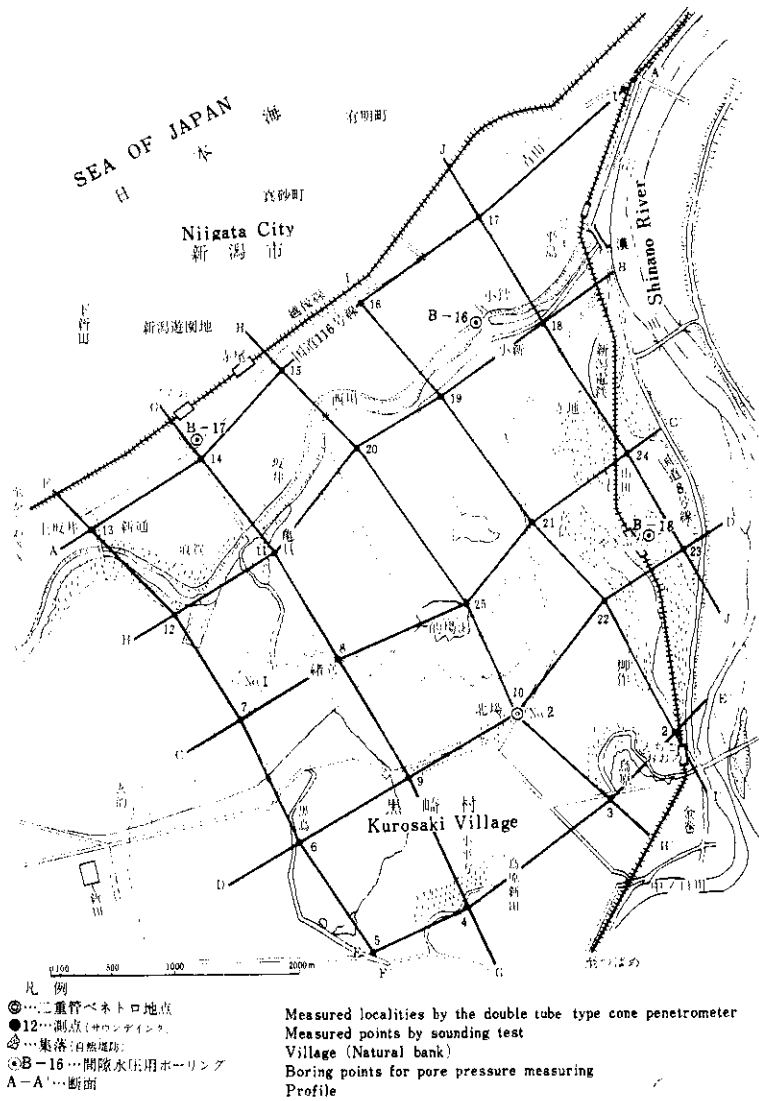
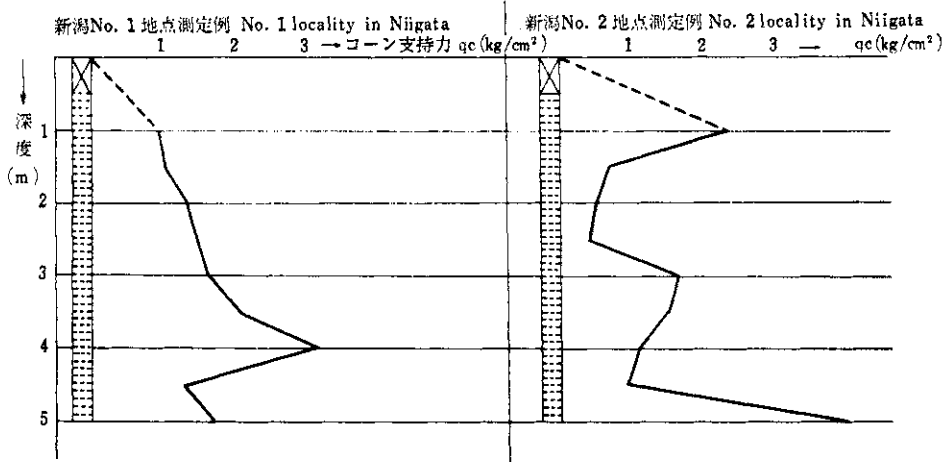
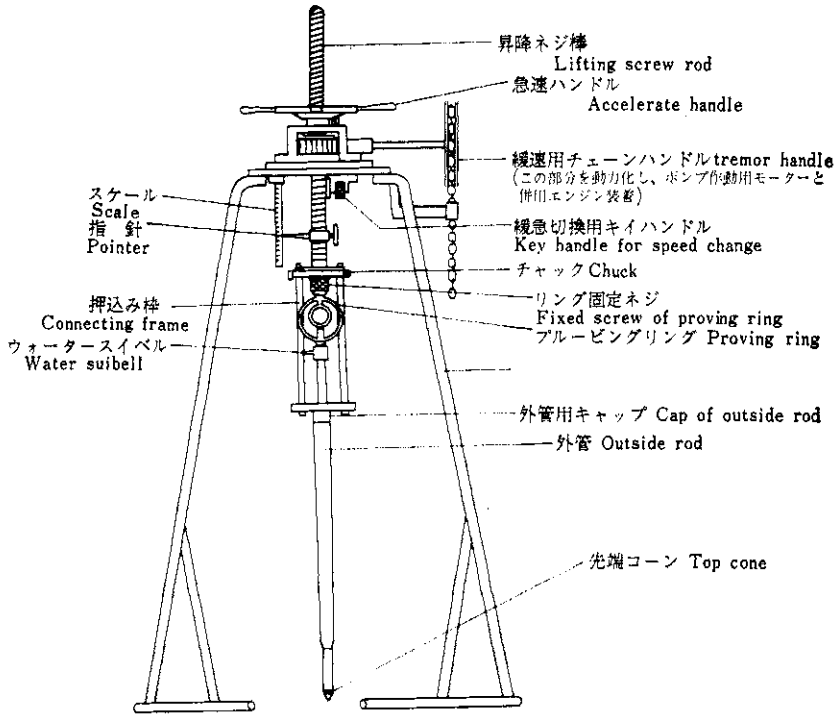


図-11 地層破壊面等深度図(単位m)

Isohypses of the underground layer destroyed by the shock of the Niigata Earthquake (depths in m).



図—12 スウェーデン式サウンディング試験の位置および測線
Localities and measured patterns of the Swedish type sounding test.



図—13 二重管式コーンペネトrometerおよび測定例

Double-tube type cone penetrometer and its measuring results.

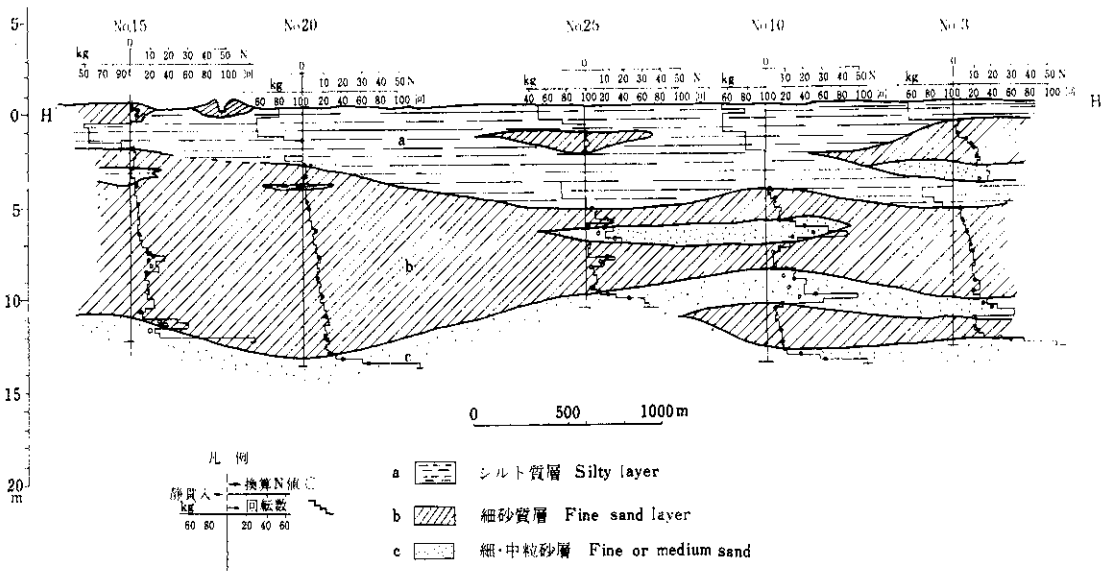


図-14 H-H' 断面
H-H' Section.

ットして等深度線を描き、地層破壊面図(図-11)を得た。この破壊面以浅は流砂現象がおこったと推定され、しかもこの図は被害の激甚度ときわめてよく一致している。

(4) スウェーデン式サウンディング法による軟弱層の探究。

信濃川と海岸砂丘にはさまれた黒崎村三角地帯で、安藤はこの地耐力調査を実施した(図-12)。この調査によって、超軟弱層の厚さから古い潟湖の形態を復元するこ

参考文献

尾原信彦・渡辺和衛・安藤高明・相原輝雄・金井孝夫・川野昌樹：新潟震災地の土质地質，地質調査所特別報告，第3号，新潟地震調査研究報告，(1966)

とができ、さらに地下地盤の立体図を作成し、被害と地盤との関係を明らかにした(図-14)。

(5) 超軟弱地盤の地耐力測定法の改良

超軟弱地盤の地耐力を精密に測定するため、相原・小鯛はオランダで開発された二重管式コーンペネトロメーターを動力化し、測定速度の促進と、ポンプ圧力の安定を企図して設計替えを目論み、試作完成後、これを上記(4)の地域において測定を実施し、所期の目的を達することができた(図-13)。

新潟市に施行した標準試験井の坑井地質

福田 理*・阿久津 純**・徳永 重元*

Geological Study of Two Test-Wells (GS-D₁ and GS-D₂)
in Niigata City

By O. Fukuda, J. Akutsu and S. Tokunaga

After the Niigata Earthquake, two test-wells (GS-D₁ and GS-D₂) were drilled in Niigata City to know the characters of the sediments of Holocene and Later Pleistocene in age. The GS-D₁ well is situated on the right side of the Shinano river, and the GS-D₂ well on the left side. The former is 120m deep, and the latter 190 m, both being situated on the sand dune along the shore line.

The lithic characters of the sediments of the two test-wells and the geological correlation between them are shown in Fig. 15. The base of the alluvium lies 92 m deep below sea-level in GS-D₁ well, and 143 m in GS-D₂ well. Main parts of the alluvium in this area are shallow marine sediments.

新潟震災地域の浅層部の状況を知るため、G₁層に達する試験井2本(GS-D₁井およびGS-D₂井)を信濃川河口の両岸の海岸砂丘上に実施した(図-11参照)。両者の坑井地質はつぎのようである(図-15)。

GS-D₁井 信濃川右岸の飛行場西隣り、深度120m

A層 0~30.3m 主として細粒砂からなり、3層に細分される。

B層 30.3~約59m 主として砂質ローム(上部)とシルト(中・下部)からなり、2層に分けられる。

C層 約59~95.0m かなりしまった灰~暗灰色の貝殻まじりシルト質粘土からおもになる。

D層 95.0~107.0m 主としてよくしまった暗灰色の砂質ロームからなり、粘土質ローム・シルト質ロームなどを夾有する。

E層 107.0~120.0m しばしば礫を含む細~粗粒砂から主としてなり、5層に細分される。

GS-D₂井 信濃川左岸浜浦小学校裏の深度190m、標高12.38m

A'層 0~44.5m 主として中粒砂からなり、3層に細分される。

B'層 44.5~79.0m かなりしまった灰色の砂質ロームからおもになり、55m以深は貝殻まじりである。

C層 79.0~約115m 上部と下部はシルト質粘土ロ

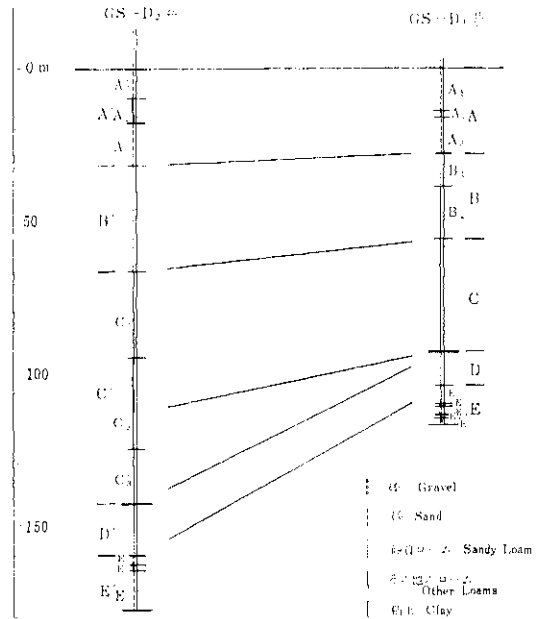


図-15 新潟地区において地質調査所が昭和39年度に施行した標準試験井の坑井地質柱状対比図

Geological correlation of the standard test wells carried out by the Geological Survey of Japan in the Niigata area in 1964~1965.

* 燃料部, **調査員(宇部宮大学)

ーム, また中部は粘土からなり, 3層に細分される。

E層 約155~172.0m よくしまつた暗灰色のシルト質粘土ローム(上部)とシルト質~砂質ローム(下部)からなる。

D層 172.0~190.0m 礫・砂などの粗粒堆積物が卓越している部分で, 3層に細分される。

両試験井の地層対比

岩質と化石内容から, G₁-D₁, G₁-D₂ 両井の地質関係は図-15のようで, D₂井のC層の下半部がD₁井では欠如しており, 両井のD層とE層との間に不整合が

参考文献

福田理・阿久津純・徳永重元: 試験井の坑井地質 地質調査所特別報告, 第3号, 新潟地震調査研究報告(1966)

存在するとみなされる。また, 両井のE層はいずれも新潟油田ガス田地帯のG₁層(ガス層)にほかならないが, 両井ともG₂層の下限には達していない。なお, 両井のB層とC層は海成層であるが, D層とE層は陸成層とみなされる。

沖積層の基本底

氷河の後退による海面上昇開始(約2万年前)後の堆積物を沖積層とすると, 両井の沖積層の基底はいずれもC層の下限となる。この地方のガス井の電気検層の記録には, 一般にこの境界はきわめて明瞭に示されており, これを1つの対比線として明示した報告もある。

通産省アイソトープ地盤沈下観測井に認められた新潟地震の影響

佐野 浚 一*・金谷 弘*

The Influence of the Niigata Earthquake upon the Radioisotope Landsubsidence Observation Wells

By S. Sano and H. Kanaya

In order to study the partial shrinkage of strata, two observation wells utilizing radioisotope as the depth mark of stratum were constructed, and the observation has been made annually. At the Uchino observation well which is located to the west of Niigata city, no remarkable influence of the Niigata Earthquake was observed. At the Yamanoshita (Rinkō) observation well which is located in the harbour area of the city, the inclination was noticed to be up to 9°30' in angle at the upper part of the casing pipe.

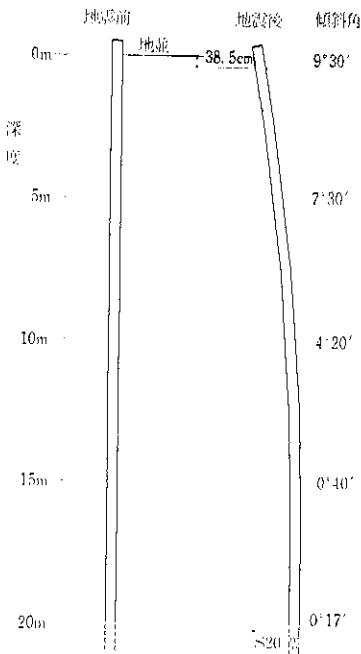
Measurements for the lifting-up height and the inclination of the casing pipe, and for the distribution of partial shrinkage of strata were carried out, and as the result, the shrinkage of the surface layer less than 15 m thick is estimated at 38.5 cm. The casing pipe is supposed to be deformed by the local block movement of the shallow layer surrounding the well.

新潟市の地盤沈下を研究するため, 山ノ下(臨港)地区と内野地区にアイソトープ地盤沈下観測井を設けて, 地層収縮量の深度分布の測定を行ってきた(図-11参照)。これらの観測井では, ケーシングに20mおきに放射線源をとりつけ, また周囲の地層に40mの深度間隔で放射線源を打込んである。約1年ごとに, これらの放射

線源の変位を特殊な放射線検出器によって測定して, 収縮量の分布を求めてきた。

2つの観測井のうち, 内野地区の観測井には地震の影響がみられなかったが, 山ノ下(臨港)地区の観測井では著しい変動があった。すなわち, 周囲の地盤が不同沈下し, 深度128mでセメント止めされている最上部のケ

* 物理探査部



図—16 通産省山ノ下(臨港)アイソトープ地盤沈下観測井のケーシング・パイプの変形

Deformation of the casing pipe of the Yamano-shita (Rinkō) landsubside observation well utilizing radioisotope.

ケーシングと、深度20mまで投込まれているコンダクタが抜上り、S30°Wの方向に最大9°30'傾斜した(図-16)。

ケーシングの傾斜は深度が増すとともにしだいに減少し、著しい傾斜変化は深度15mぐらいまでである。ケーシングの周囲の地層に打込まれた放射線源の変位を、とりあえず±10cm程度の精度で測定した結果、地震前の昭和39年5月にくらべて、深度20mの2つの線源のうち、1つが約65cm上昇した以外は変位を認めなかった。したがって、深度15m以下の地層は著しい変動をうけなかったが、深度20mの放射線源の1つは、掘さくで乱された部分に止まっていたため、地震時のコンダクタの運動の影響によって上昇したと考えられる。

地表地盤に埋められた水準点とケーシングの上端との上下関係の変化から、ケーシングの下端が変動しない地盤に固定されていたとすれば、深度約15m以浅の表層地盤が38.5cm沈下したと考えられる。

同様な著しい孔井の傾斜変動は八千代橋付近のガス孔井にもみられたが、それらの近くで変動をうけないものもあり、局所的な現象である。かかる孔井ケーシングの変形は浅い地層の部分がブロックをなして動いたために、力をうけて生じたと考えられる。

参考文献

佐野浚一・金谷弘・鎌田清吉・高木慎一郎：通産省アイソトープ地盤沈下観測井に認められた新潟地震の影響 地質調査所特別報告、第3号、新潟地震調査研究報告(1966)

新潟地震地域の重力および水準測量

瀬谷 清*・小川 健三*・橋本 尚幸**

Gravity and Levelling Survey in the Area Damaged by the Niigata Earthquake

By K. Seya, K. Ogawa and N. Hashimoto

The revision of the gravity survey, as well as the precise levelling survey at the Shibata city and its environs was carried out immediately after the Niigata Earthquake, late in June 1964, and secondary in March 1965. The surveyed area is located about 50 km south from the epicenter.

The difference between the results of the gravity surveys before and after the earthquake is generally

* 物理探査部, ** 技術部

less than ± 0.2 mgal, and thus, it is insignificant in the consideration of the accuracy of the previous measurement. The variation of gravity was observed during a short period including an aftershock. After the earthquake, the slight depression of the ground was widely revealed by the precise levelling survey.

新潟地震発生後の6月下旬、新潟県新発田市を中心とする約250km²の平野部において、約1週間にわたって重力および水準測量を行ない、さらに翌40年の3月にふたたび同様の測定を実施した(図-17)。この測定のねらいは、新潟地震発生当時、帝国石油株式会社が新潟県の依頼によって、上記の地域において重力探査を実施中であったので、この探査結果と地震後の筆者らの測定結果とを比較検討することによって、新潟地震が地下深所に対して及ぼした影響を推察することにある。

筆者らの前後2回にわたる測定の結果、地震前と地震直後の重力値の変化は、大体において ± 0.2 mgal以下で

あり、また地震直後の値と翌年の3月の値との差もほぼ ± 0.2 mgal以下で、これらの変化は有意のものとは認められなかった。地震直後の測定においては、上記帝国石油K.K.所有の重力計を借用することができたので、調査のかたわら2日間にわたって15分ごとの連続観測を行なった。そのさい、比較的大きな余震(M=4.9)が発生し、その前後の重力の変動を記録することができた。その変動量は約+0.1mgalできわめて小さいが、静置観測であるため変動の有意性は明瞭である。

重力測定と併行して行なわれた水準測量では、地震前の測量成果がわずかであったため、比較は主として地震

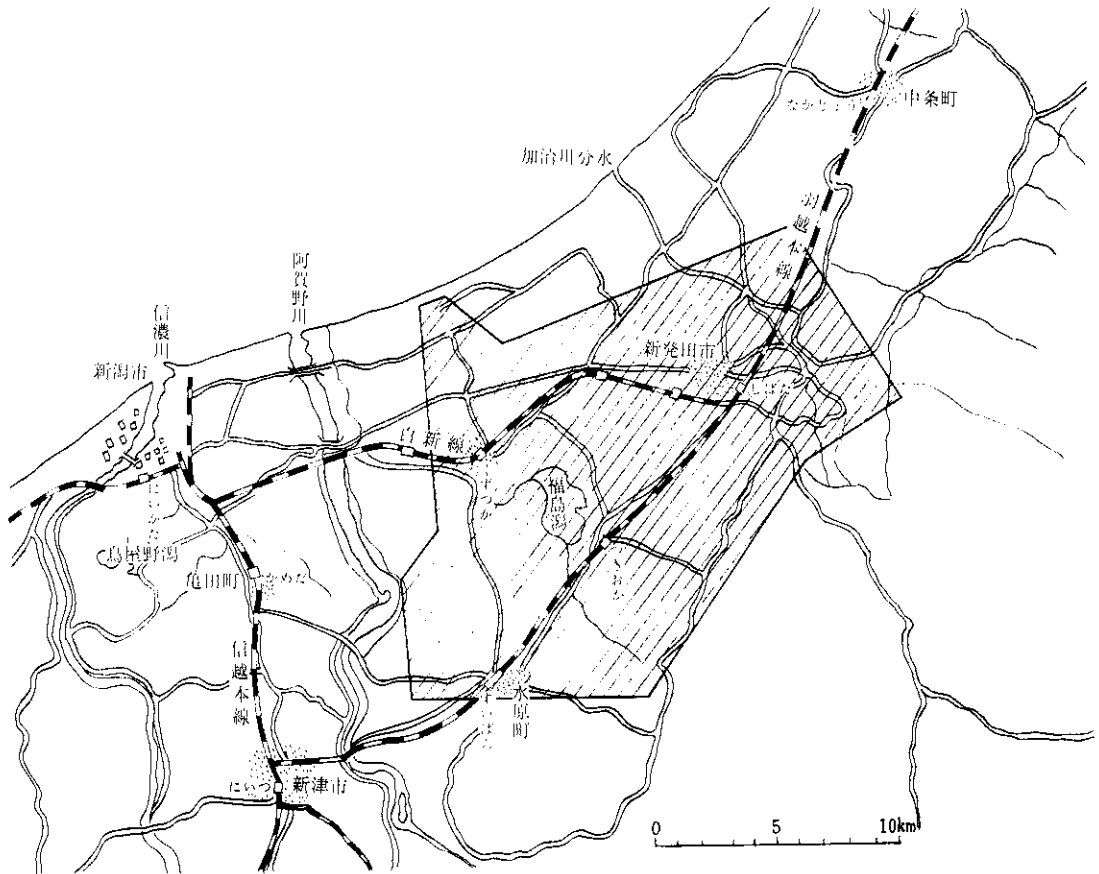


図-17 重力および水準測量実施区域図

Surveyed area of gravity and levelling around Shibata City, Niigata Prefecture.

後に行なわれた前後2回の測定結果の間でなされた。その結果、有意の顕著な変化は認められなかったが、測定

参考文献

瀬谷清・小川健三・橋本尚幸：新潟地震地域の重力および水準測量，地質調査所特別報告，第3号，新潟地震調査研究報告（1966）

新潟地震前後における温泉の変動状況について

黒田和男*・鈴木孝*・川野昌樹**・阿部喜久男**

On the Changes in Hot Springs caused by the Niigata Earthquake

By K. Kuroda, T. Suzuki, M. Kawano and K. Abe

It was reported that the changes of temperature, amount of flow or pumping, chemical composition, etc. were observed after the earthquake. To clarify the factors which affected these changes, the authors have studied several hot springs which are situated at small distances from the epicenter of the Niigata Earthquake. It was ascertained from the results that there are two types of hot springs geologically, i. e. aquiferous type and fissure type. The former type hot springs have been more severely affected by the earthquake than the latter ones, in general. It is concluded that the changes of temperature, amount and chemical composition are caused by the modification of fissures in the basement of granite at the time of the earthquake, through which thermal water ascended.

新潟地震によって湧出状態に影響をうけた温泉は表-1のように報告されているが、これらのうちで、震央に近い新潟県北部の瀬波・湯沢・高瀬・雲母・鷹ノ巣の5温泉，および山形県南西部の温海・湯田川・湯野浜の3温泉について、地震前後の温泉の変動状況をしらべ、主として温泉の化学分析の結果（表-2）にもとづいて変動理由を考察した（図-18）。

瀬波温泉 自噴の停止した1源泉のほかは大きな影響があらわれていない。この温泉は新第三系の背斜部にこれを貫いて地下に伏在している石英粗面岩に関係をもつものとされており、化学成分上の著しい変化も認められないので、岩盤中のわずかな割れ目の状態が地震動によって変化し、自噴の停止をもたらしたものと考えられる。

湯沢温泉 今回調査した8つの温泉源泉のうち、岩盤をくりぬいて、自然に湧出する温泉をその中にためて浴用に供している唯一の例である。この温泉では、地震後

2～3日の間、湧出経路が変化して河原の岩盤に温泉が湧出し、浴槽中には全然湯がたまらなくなったという。4号源泉も坑井内の水位が回復しなかったが、現地調査当時は地震前と比較して若干湯量が増加したものである。成分上から、この変化は上層の水が若干混入したことによるものと考えられる。

高瀬・雲母温泉 この両温泉は基盤の花崗岩中の割れ目から湧出する温泉を、坑井によって地表に導いて利用しているものである。両者とも地震によってかなりの影響をおこしたが、化学成分と温度の関係から、地中における地下深所からの熱水および地表付近の水との混合比が変化し、全体としては熱水の湧水量が減少している。

鷹ノ巣温泉 地震のさいに坑井の水位が著しく低下したが、翌日には回復したとのことであり、含有成分量からも地震による影響はほとんど認められない。

温海温泉 地震の発生と同時に急激な水位低下があ

* 応用地質部，** 技術部

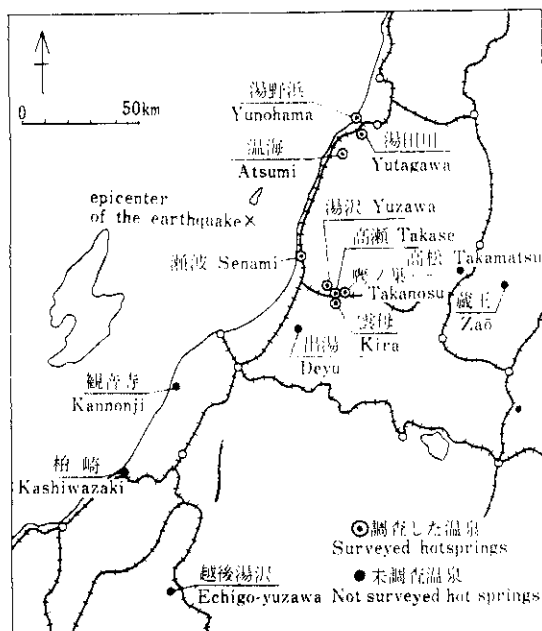


図-18 新潟地震で変動した温泉位置図

Location map of hot springs changed by the Niigata Earthquake.

り、その後徐々に温度・湯量ともに回復し、2号井と3号井では地震前よりも湧出量が増加した。この温泉は新第三系中に介在する安山岩中に層状に賦存するものとさ

参 考 文 献

黒田和男・鈴木孝・川野昌樹・阿部喜久男：新潟地震前後における温泉の変動状況について，地質調査所特別報告，第3号，新潟地震調査研究報告，(1966)

表-1 新潟地震前後における温泉の変動状況一覽表 (A)

Changes of hot springs before and after the Niigata Earthquake.

県名	Name of hot spring 温 泉 名	Name of well 源 泉 名	地震直後の状況 Changes observed just after the earthquake
新潟県	Deyu 温泉	泉	温度変化なく 湧出量 130 ℓ/min が 198 ℓ/minに増加
	Kashiwazaki 温泉	2号井	温度3°C上昇 湧出量 20%増加
	Kannonji 温泉	泉	温度変化なく 湧出量 若干増加
	Senami 温泉	大洋2号井	地震直後水位が低下し、自噴しなくなった
	Yuzawa 温泉	増福	温度2°C上昇 湧出量若干増加
	Yuzawa 温泉	元湯	温度10°C上昇 湧出量は若干増加したが正確に測定出来ず、7~10 ℓ/minの増加と思われる
	Takase 温泉	(不明)	温度 2°C上昇 湧出量若干増加
	Takase 温泉	1号井	水位 4 m低下し、湯量1/5の36 ℓ/minに減少
	Takase 温泉	2号井	水位 4 m低下し、湯量1/2の180 ℓ/minに減少
	Kira 温泉	1号井	水位低下し、自噴しなくなった
新潟県	Kira 温泉	2号井	水位低下し、湯量1/2に減少した
	Echigo-Yuzawa 温泉	3号井	水位が 4 m低下した
	Echigo-Yuzawa 温泉	泉	源泉が多数あるが、温度、湧出量とも若干の変化が報告されている 詳細省略

れているが、地震後、今回の化学分析結果らどから考察すると、その時期は不明で、はたして地震の影響か否か判定はできないが、熱水に以前よりも地下水が混入する割合が増加している。

湯田川温泉 地震後自噴するようになり、湧出量も増加した。しかしながら、溶存成分量に比較すると温度の影響が少なく、地下における熱水の経路が開いたものと考えられる。

湯野浜温泉 基盤の花崗岩の割れ目から湧出した温泉が、いったんその上の地層中に貯留されているもので、坑井には花崗岩に達しているものとしからざるものの2種類がある。地震によって湧出量その他に強い影響があらわれているのは、花崗岩中の割れ目に達している坑井で、おそらく温泉の湧出経路となっている割れ目が地震によって変化したものであろう。

上述した諸温泉では、地下深部から上昇してくる熱水と、地表からくる水とが地中で混合して地表に導かれるのが普通であるが、新潟地震でとくに花崗岩の割れ目から直接坑井に導いている源泉に強い影響がみられたことは注目してよい。

調査した温泉の大部分が動力揚湯によるもので、地震の発生と同時に停電したため、地震直後の情報に乏しいことは残念であり、地震直前のいわゆる前兆についても確実な情報が得られなかった。

新潟地震に関する地質学的調査研究の概要—地質調査所

山形県 Yamagata Pref.	温海 Atsumi 温泉	地震直後湯温停止した。湯湯量は回復したが温度は低下した
	湯野 Yunohama 温泉	一時的に約10m水位低下
	〃	水位若干低下
	〃	水位約10m低下
	〃	動水位が約1m低下
	〃	湯が余震ごとに白濁し、白濁は5分位で消えた
	〃	泉、温度ともに増加した
	〃	湧出量の減退した源泉1カ所あり
	〃	湯温停止した源泉1カ所あり
	〃	自噴するようになった

表一 新潟地震前後における温泉の変動状況一覧表 (B)
Changes of hot springs before and after the Niigata Earthquake.

番号	Name of hot spring 温泉名	Name of well 源泉名称	Depth 深度	Before the earthquake 地震前			After the earthquake 地震後			Chemical Composition 成分 ⁴⁾		
				温度 °C	湧出状態	湧出量 資料	温度 ³⁾ °C	湧出状態	湧出量 資料	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
1	瀬波 Senami	大洋1号	170	100	自噴(f)	540	100.5	自噴(f)	785	2006.8	227.6	62.5
2	〃	大洋2号	170	100	自噴(f)	151		AL		2013.9	232.5	83.9
3	〃	元湯	253.8	86	AL	362	96.0	AL	260	2084.8	235.4	32.0
4	〃	増福	300	80	AL	124	82.0	AL	36	1985.8	184.8	47.3
5	〃	すずきが池1号	230	78	AL	288	79.0	AL	54	1957.1	99.6	59.5
6	〃	すずきが池2号	255		AL		55.0	AL	75	1833.1	44.1	119.0
7	湯沢 Yuzawa	湯沢2号	—		自然湧出(S)	1	44.0	自然湧出(S)	2	317.3	390.5	117.4
8	〃	湯沢3号(元湯)	—	50	自然湧出(S)	1	43.5	自然湧出(S)	2	332.4	410.7	125.1
9	〃	湯沢4号	43.8	52	T	290	48.0	T	290	328.0	403.7	114.4
10	高瀬 Takase	高瀬1号	130.0	75	動	180	74.0	T	36	929.9	332.1	149.5
11	〃	高瀬2号	130.0	71	自噴(f)	360	71.0	T	180	914.8	451.0	163.2
12	雲母 Kira	雲母1号	120.0	79	自噴(f)	300	80.5	T	300	955.5	465.0	149.5
13	〃	雲母2号	156.0	90	動	94	84.5	AL	94	963.5	439.1	189.1
14	〃	雲母3号	145.0	63	自噴(f)	145	54	T	144	945.8	437.0	167.8
15	鷹ノ巣 Atsumi	鷹ノ巣源泉	96	55	動	63	52.5	動	63	602.7	406.2	88.5
16	〃	1号	19.09	77.0	動	231	75.2	動	5	881.1	374.4	64.0
17	〃	2号	11.21	72.0	自噴(f)		70.0	動	5	786.3	349.9	58.5
18	〃	3号	55		自噴(f)	240	66.0	動	5	778.3	337.2	65.6
19	〃	川中の湯							5	488.4	208.6	47.2
20	湯田川 Yudagawa	正面の湯	28.78	44.5	動	1,000	44.5	自噴(f)	1,200	56.7	752.2	3.6
21	〃	未利用源泉		38	自噴(f)	12	43.5	自噴(f)	8	44.3	1392.1	4.8
22	湯野浜 Yunohama	亀屋	124.2	48.3	動	198.0	47.0	動	98.2	3022.9	364.1	28.6
23	〃	岩本	80.3	49.4	〃	63.8	46.5	〃	54.0	3962.6	490.9	21.9
24	〃	都屋	47.7	49.1	〃	46.8	48.5	〃	54.0	3959.1	469.1	16.4
25	〃	市管	200.2	51.4	〃	201.4	51.5	〃	180	3173.6	368.9	14.6
26	〃	扇屋	48.2	44.7	〃	46.8		〃		1869.6	224.4	31.1
27	〃	組合1号	212.0	56.4	〃	230.4	60.0	〃	73.3	3271.1	378.1	4.2
28	〃	宝湯1号	157.6	61.8	〃	147.6	60.0	〃	162	3344.7	376.3	7.9
29	〃	宝湯2号	217.5	59.8	〃	284.4	60.5	〃	155	3341.2	374.2	5.1
30	〃	竜の湯1号	229.0	42.7	〃	41.4		〃		68.2	20.5	57.9
31	〃	竜の湯2号	330.0		〃			〃		3155.9	355.9	12.2
32	〃	湯元館	219.9	44.2	〃	147.6	44.0	〃	73.3	233.1	71.4	51.8

資料 1) 新潟県：温泉現況一覧表 2) 村上保健所による地震直後の調査資料による 3) 温度は昭和40年2月測定 4) 昭和40年2月採取
分析者 1~15: 川野昌樹, 16~32: 阿部喜久男 5) 山形県衛生部調べによる S: spring, f: flowing well, others: pumping well.

新潟地震による胎内川下流域の災害および地下水位の変動

村下敏夫*・野間泰二*

The Damage to Ground Surface and the Fluctuation of Ground-Water Level, Caused by the Niigata Earthquake

By T. Murashita and Y. Noma

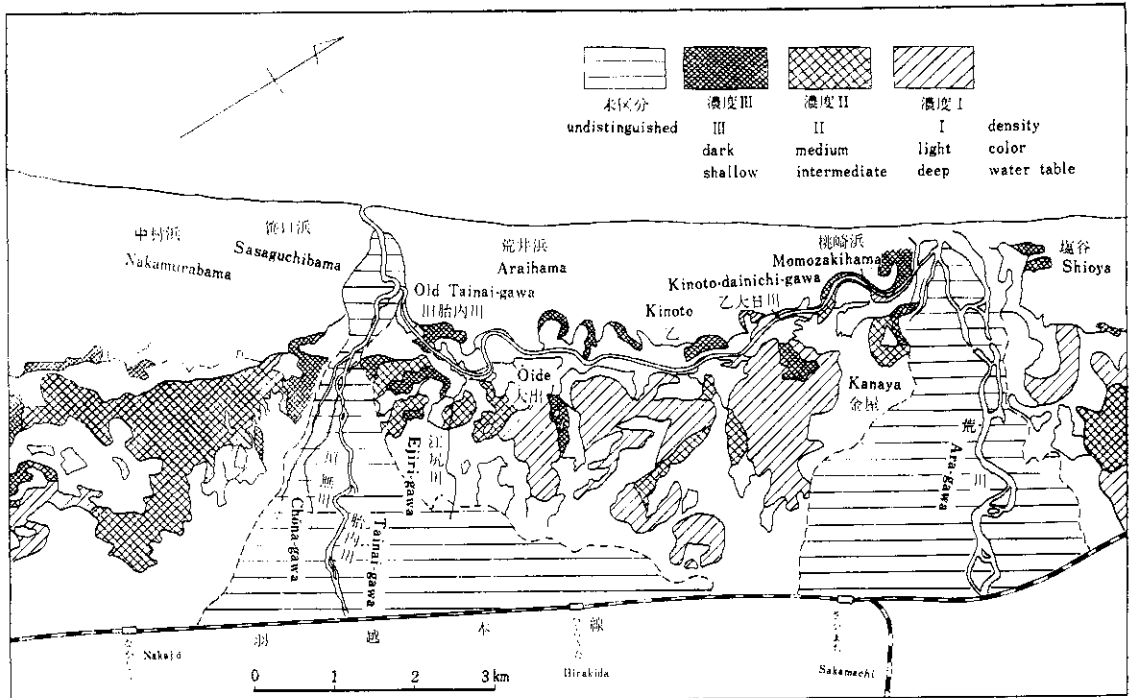
Nakajō town was severely damaged by the Niigata Earthquake. The damage, that is, abnormal sinking of the constructions and buildings, break of flowing artesian-well casing, local landslides, cracks of ground and local land-subsidence occurred along the older river-bed of the Tainai river.

The zone of heavy damage has the worst ground conditions, namely, the ground-water level is very high and the uppermost layer is composed of loose muddy deposits.

The earthquake vibration gave rather good effects on some artesian wells. On the hard ground, the discharge rate of flowing wells increased and the water level of pumping wells recovered, and such effects continued over several months.

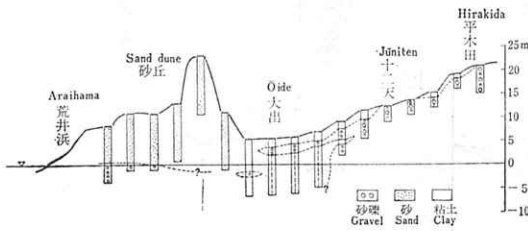
新潟地震による被害は新潟県中条町にも発生し、とくに海岸沿いの砂丘内側をきわめてゆるく流れている旧胎内川(乙大目川)沿いで、新潟市などにみられるような家屋・橋梁などの不同沈下、自噴井の破損、旧河道の沈

下・押し出し・地割れ・噴砂などのほかに、地下水位の変動をおこした。かかる箇所は地下水位が著しく高く、地盤が軟弱で厚い泥質層からなる低地(富岡・大出部落など)である。乙大目川の旧河道の沈下量が上流側で少



図—19 空中写真の判読による濃度区分図(濃度が高いほど地下水面が浅い)(黒田和男技官による)
Map showing the grade of photo-density.

* 応用地質部



図—20 荒井浜・平木田間の表層地質断面

Geological profile of the Quaternary sediments between Araihamma and Hirakida.

なく、下流側で多くかつ広範囲に及んでいるのは、泥質層の厚さとその広がりに関係があるものと考えられる。

他方、噴砂・押し出し・地割れなどの現象は地下水と関係がある。噴砂は地下水を伴うもので、乙大日川沿いでは旧河道の水田にみられ、砂層が泥質層に移化する付近に発生している。地割れは泥層の収縮と地下水の噴出による容積変化によって発生したものであろう。砂丘の内側斜面にみられる地割れや押し出しは、地下水面が数m以内の浅所にある所、もしくは砂丘からの湧水があった所で多く発生している。乙大日川の旧河道でみられる沈下

参 考 文 献

村下敏夫・野間泰二：新潟地震による胎内川下流域の被害および地下水位の変動，地質調査所特別報告，第3号，新潟地震調査研究報告，1966。

は、地震動をうけた粘土質土層が急性の収縮をおこしたことによるものであろう。

井戸の被害は砂丘地では砂による管内の埋没程度であるが、低地では竹管のような横圧力に対して弱いものに大きい。竹管の自噴井のなかに地震動後自噴しなくなったものがあるが、これは泥層と砂礫層との境界付近で竹管が破損し、地表面まで噴出するだけの力をもたなくなったためであらう。

胎内川下流の新胎内橋近くに設置してある深度28mの水位観測井では、地震直後に約30cmの水柱で自噴したが、数時間後には2~3cmの水柱となり、さらに翌17日の正午前には管頭すれすれにまで低下してしまった。もっとも、その後6月22日、7月8日、同23日の3回にわたって断続的に自噴をみたとのことである。自噴井の水頭上昇は自噴量の増加となってあらわれた。地震発生直前の自噴量は108m³/dであったが、地震直後には158m³/dと増量し、その後若干減量して同月の20日には147m³/dを示した。自噴量が増加したのは、近くに破損した井戸が生じたため水位干渉が少なくなったことのほかに、ストレーナーの目づまりが地震動によって機械的に掃除されたためであらう。

新潟地区における天然ガス坑井の水位変化

牧野登喜男*

The Change of Water-Level of the Natural Gas Wells in the Niigata District by the Niigata Earthquake

By T. Makino

Comparison of the water-level of the wells in the district after the Niigata Earthquake with that before the earthquake has shown some rise in all wells. The maximum value of rise is found at G₃ bed in the Nishi-Kambara area estimated to be 13.35 m in average. The mathematical average values of the change of the water level are shown in fig. 21 as to each area and each bed.

The rise of the water level is considered to be controlled by both the subsurface geological environments and the conditions of an individual well.

* 燃料部

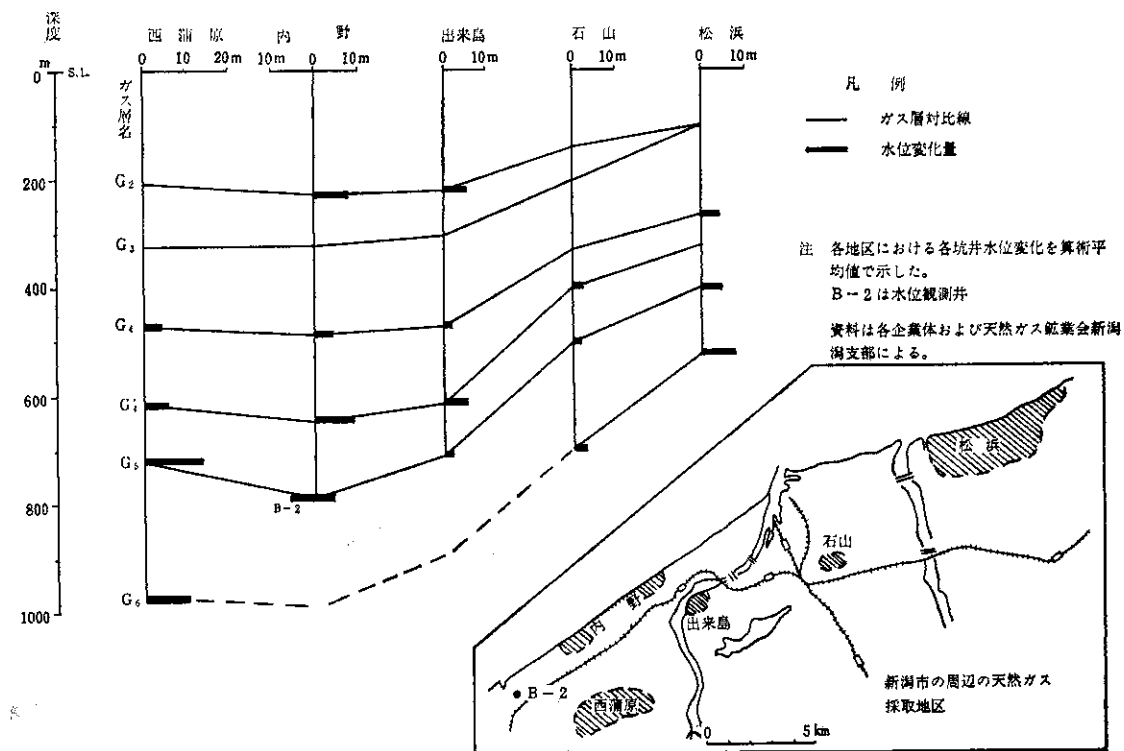


図-21 新潟地震によって新潟市周辺の天然ガス坑井にみられた水位変化

Change of water-level of the natural gas wells around Niigata city by the Niigata Earthquake.

天然ガス坑井は新潟市街地周辺に多数分布し、一定坑井について定期的に水位が観測されている。地震前の5月末日に測定された結果と、地震後の6月20日から7月初旬の測定結果とを比較すると、いずれの坑井でも水位上昇が認められ、もっとも大きな値を示したのは西蒲原地区のG₅層で、平均13.35mの上昇を示した。

各地区別の水位上昇の算術平均値を図-21に示した。この図でみると、西蒲原・松浜地区で第四紀層中のガス層については、深部に存在するガス層ほど水位上昇が大きな値を示すようにみうけられる。また、内陸部にある

参考文献

牧野登喜男：新潟地区における天然ガス坑井の水位変化，地質調査所特別報告，第3号，新潟地震調査研究報告（1966）

農林省地盤沈下観測井（白根地区）の水位も、地震前と地震2～3日後とを比較すると、それぞれ2～3mの水位上昇を示している。

これらの水位上昇は地下の地質状況（地層の物理的性質など）に関連し、また坑井状況によって異なるものと考えられる。また、水位上昇は地震直後から8～9月頃まで上昇の一途をたどっているが、これはガス井が地震のため揚水を停止した影響を反映するものと推察される。