

1992年津南地震M4.5調査報告

大木靖衛*・佐藤 修*・青木 滋*・鈴木幸治*・山崎 崇**・渡部直喜*

1992 Tsunan Earthquake of M4.5, Southern Niigata Prefecture

by

Yasue ŌKI, Osamu SATO, Shigeru AOKI, Kouji SUZUKI,
Takashi YAMASAKI and Naoki WATANABE

(Abstract)

A small earthquake of M 4.5 occurred on December 27, 1992 at the southern border of Tsunan Town, the southern Niigata prefecture. The school buildings and gymnasiums at the epicentral area were seriously destructed by the quake. As no serious damages have been reported in recent Japan by the earthquakes of magnitude less than 5, the damages were unusually large due to extremely shallow focal depth of 2 to 3 km. The distribution of the earthquake intensity on the scale of Japan Meteorological Agency is described with behavior of people at earthquake emergency. A historical review of local destructive earthquakes gives a conclusion that at an average interval of every five years local destructive earthquakes have been taken place in the southern Niigata prefecture. A seismo-geological interpretation based on the tectonic deformation of river terraces formed along the Shinano river reveals that the rate of uplifting of the studied area has been increased at 2 mm/year during last 50,000 years forming a dome structure of the Matsunoyama geothermal area. Before the earthquake thermal water anomalies occurred at the epicentral area.

Key words : Earthquake, Intensity of earthquake, Uplifting, Precursor

I 被害の概要

平成4年12月27日午前11時17分「ドンドン」という地鳴りと共に局地的な強い地震が新潟県中魚沼郡津南町南部の上郷地区を襲った(図-1, 写真-1)。地震の規模(マグニチュード)4.6の小規模地震であったが, 深さが地表から2~3kmの浅い地震であったために, 震源直上の逆巻・宮野原地区に大きな被害が出た。中でも町立上郷中学校では鉄筋コンクリート2階建て校舎の2階にある体育館の大部分の窓ガラスが割れ, 体育館の天井が一部落下した(写真-8~13)。上郷小学校では体育館の壁の一部が崩れ落ちた(写真-14・15)。両校の校舎の至る所に亀裂がはいり, 室内の金庫や机, 書棚などが大きく移動し, 棚から物が落ち, 壁の額が落下するなど足の踏み場がないほどの大混乱となった。幸いにも学校は年末年始の休暇にはいっていたので生徒に死傷者はなかった。両校とも次に起きる地震に対し校舎の安全が心配される状況であった。上郷地区約600戸のうち92戸の窓ガラス

*新潟大学積雪地域災害研究センター

**埼玉県立越谷養護学校

が割れ、壁にひび割れが生じ、水道管が破裂するなどの被害があった。本地区を東西に走る国道117号線には宮野原橋から宮野原発電所間の450mに多数の亀裂が生じた。宮野原発電所の機器が破損し津南町宮野原地区および長野県栄村の計1,700戸で1～2時間の停電となった。被害総額は6億円にも達した(表-1)。

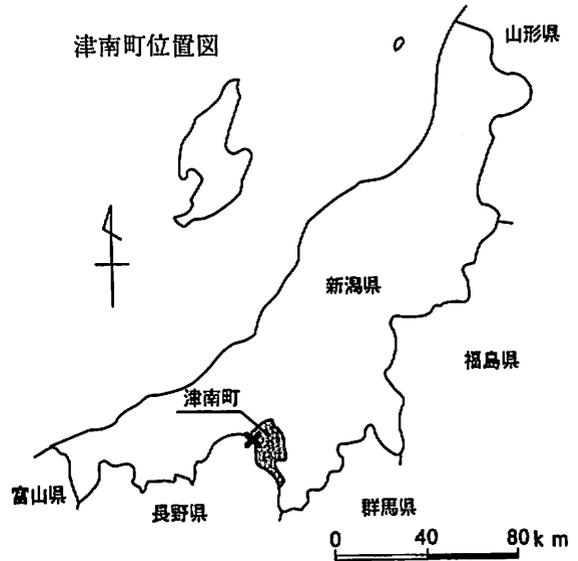


図-1 津南町と1992年津南地震の位置
×：震源



写真-1 震央となった宮野原逆巻地区(昭和60年撮影、西沢喜美さん提供)
地震被害の最も大きかったのは上郷中学校(左)と上郷小学校(右)であった。
宮野原橋(工事中)と水力発電所間450mの国道117号に30ヶ所以上の亀裂が生じた。

II 調査の目的

この調査は津南町の依頼によって、今回の地震の被害や震度分布を調べ、本地域の歴史地震を振り返り、津南地震の実態を明かにして、今後の地震対策の基礎資料とするために行った。長野市から本地域を経て新潟市に向かう信濃川沿岸地域は古くから信濃川地震帯（大森，1921）と呼ばれ、被害地震が繰り返し発生している地域である。地形・地質調査を行い過去数万年間の地殻変動を探り、繰り返す地震活動との関係を探る。宮野原・段野・中津川逆巻の温泉に異常現象が見られた。そこで、津南町の温泉・地下水の性質を調べ地震に関係した変化をはっきりさせ、地震対策の基礎的資料に加えることにした。今回の津南地震では震央付近の温泉や地下水に異常が現れた。本調査では津南町の温泉・地下水の水質について調査を行ったが、紙面の都合により別の報告書に記載する。

III 1992年津南地震

被害地震の正式な命名は気象庁によっておこなわれるが、日本列島にはマグニチュード4.5程度の地震は年間数十は起きるので、いちいち固有名詞を付けることはない。しかし、ここでは記載を簡潔にするために1992年津南地震と呼ぶことにする。

津南地震は1992年（平成4年）12月27日11時17分に発生した。震源地は新潟県南部、震源の深さは浅く2 km、地震のマグニチュードは4.5の小さい地震と発表された。震央となった宮野原逆巻地区で震度V（強震）となり、総額6億円もの被害を生じた。通常この程度の規模の地震では被害は出ない。被害が大きくなった理由は震源の深さが2 kmと浅いことによる（Tsukuda and Ōki, 1994）。

津南地震

気象庁、平成4年12月28日暫定値による	佃（1993）、Tsukuda & Ōki（1994）による
発震時：12月27日11時17分	発震時：12月27日11時17分
緯度：北緯36度58分	緯度：北緯36度58.8分（36.98度）
経度：東経138度37分	経度：東経138度34.5分（138.58度）
深さ：2 km	深さ：2.2 km
マグニチュード：4.5	マグニチュード：4.6

図-2は気象庁松代地震観測所で観測された地震波の記録である。上の地震波は上下動、中は南北動、下は東西動の震動である。この記録によれば本震の直前に小さな地震が発生している。

震源地では6億円もの被害を生じたが（表-1）、高田測候所をはじめ県内3ヶ所の気象庁観測地点ではいずれも震度ゼロであった。「新潟「奇っ怪地震」、震度「ゼロ」で天井落ちた！」（読売）と表現されたように著しく局地的な被害地震であった。新潟大学災害研は震源地の4地点に地震計を設置し臨時観測を行った。震央付近での臨時観測資料が得られた結果と東京大学地震研究所の常時観測資料と合わせることによって余震の正確な震源位置と深度が求った。災害研の地震計は寺石地区の吉祥寺、大井平地区の善福寺、（赤沢地区の大聖寺）、（大割野地区の町役場）、柴村志久見地区の林秀庵、同村塩尻地区の石澤完氏宅に設置させて頂いた（表-2）。括弧でくくった地点は雑音が強く、観測の変更をした地点である。

震源分布と日別頻度

佃（1993）は津南地震を解析してその発生地域をA1（宮野原・雪坪）、A（岡）、A3（山伏山牧場）の3地区に区分した（図-5）。図-3は東京大学地震研究所によって得られた平成3年12月26

日から30日間の地震の日別頻度図である。図-4は新潟大学災害研の観測した平成5年12月31日までの日別頻度である。

地震被害の最も大きかったのは上郷中学校と上郷小学校であった(写真-1)。宮野原橋(工事中)と水力発電所間450mの国道117号に30ヶ所以上の亀裂が生じた。

1992年津南地震の地震波

気象庁地震観測所(長野県松代)

12月27日11時17分

6774 SP 1992 12/27(362) 11:17 11 - 12/27(362) 11:18 50 HZ=10.00 N=985

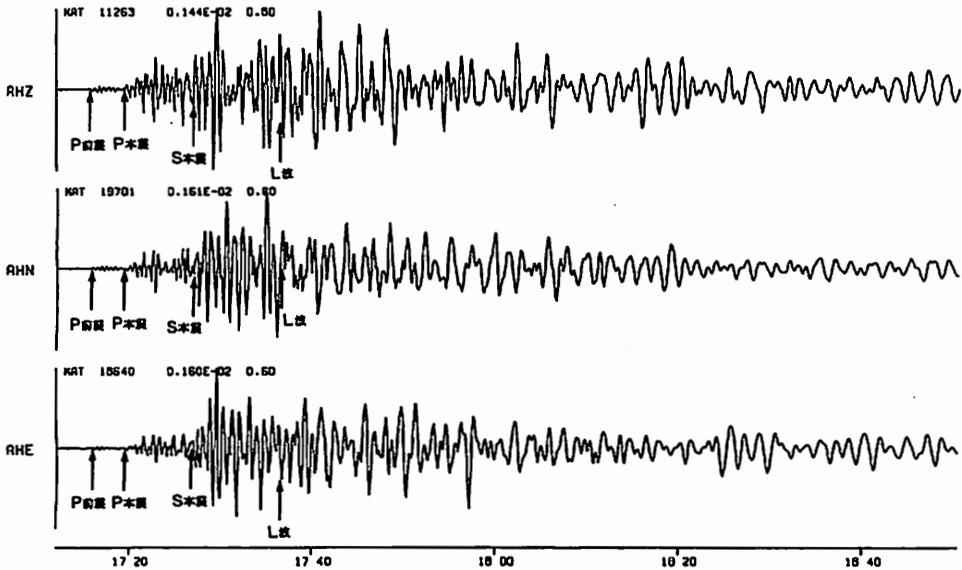


図-2 気象庁松代地震観測所で記録された1992津南地震

AHZ 上下動, AHN 南北動, AHE 東西動
 本震の直前に微小地震(前兆)が発生している。
 P前震:前震のP波, P本震:本震のP波, S:
 本震のS波, L:表面波

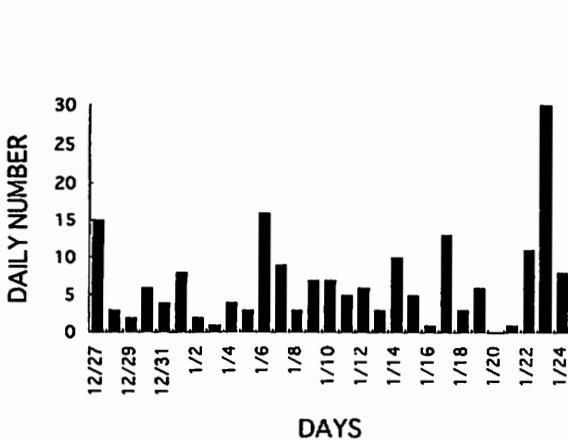


図-3 津南地震日別頻度図
(加, 1993)

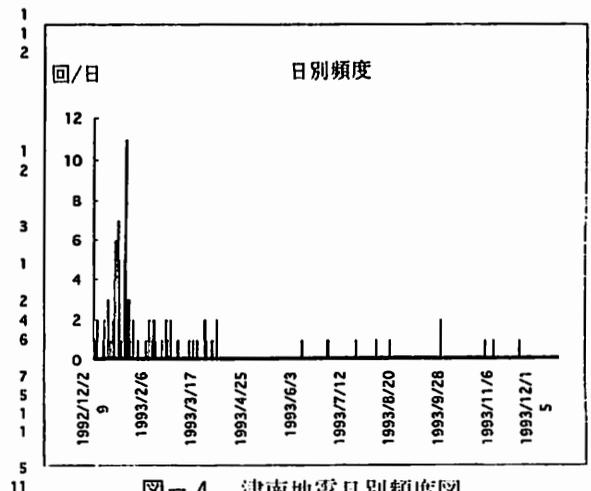


図-4 津南地震日別頻度図
(1993年1月~12月31日, 新潟大学災害研)

表一 津南地震被害状況

(1) 集 落

集 落 名	全 戸 数	被害戸数	被 害 状 況
逆 卷	45	45	窓ガラスの破損、壁のひび割れ・破損、風呂場のタイル破損、商品の破損、家財道具の破損、水道（家中）破損、玄関コンクリートひび割れ、家の造りがくろう、帯戸の破損等
宮 野 原	59	21	
大 井 平	56	1	
亀 岡	32	25	
羽 倉	42	42	
越 手	16	1	
寺 石		1	
朴 木 沢		1	
		137	

(2) 公共施設

施 設 名		
国 道	逆 卷 地 内	アスファルトにひび割れ、亀裂30ヶ所
町 道	羽 倉 地 内	アスファルトにひび割れ、亀裂20ヶ所
消 火 栓	宮野原地内	2ヶ所破損
難水水源パイプ	同 上	パイプの破損
上 郷 中 学 校		窓枠・窓ガラス破損、天井壁一部落下壁のひび割れ・破損、内壁一部落下備品の損傷等
上 郷 小 学 校		
保 育 所		ガス・灯油の配管損傷、備品の損傷

建物被害 141棟 (住宅一部破損137棟、公共施設4棟)

(3) 各部局に関する被害

区 分	被害額(単位千円)	被 害 内 容
民 生 部	2,088	保育所 2,088
商 工 労 働 部	44,600	店舗 35,000, 商品 6,100, 工場 3,500
土 木 部	1,000	国道 1,000
教 育 委 員 会	469,789	中学校 8,300, 小学校 37,000
合 計	517,406	

(4) 被害総額 599,606 内一般住宅 82,200

(5) その他

停 電 上郷地区全域 12月27日午前11時17分～12時40分まで700戸停電

前震と前駆地震

佃 (1993) によれば本震 (被害地震) の12時間前と7時間前にマグニチュード0.5の小地震が発生していた。1993年9月に本地域で8回の微小地震が観測され、その一つの震源が求まり、図-5のA2 (岡) 地区に位置していた。1993年9月頃から地震活動が開始されていたらしい。なお、このような微小地震活動だけから12月27日の津南地震が予知できるわけではなく、地震観測と共に地盤の変位や温泉・地下水の異常などを組み合わせ、多くの失敗の経験を積んだ後に地震の予知ができることになる。現在はまだ前兆現象が認められたことに意義があるという段階である。

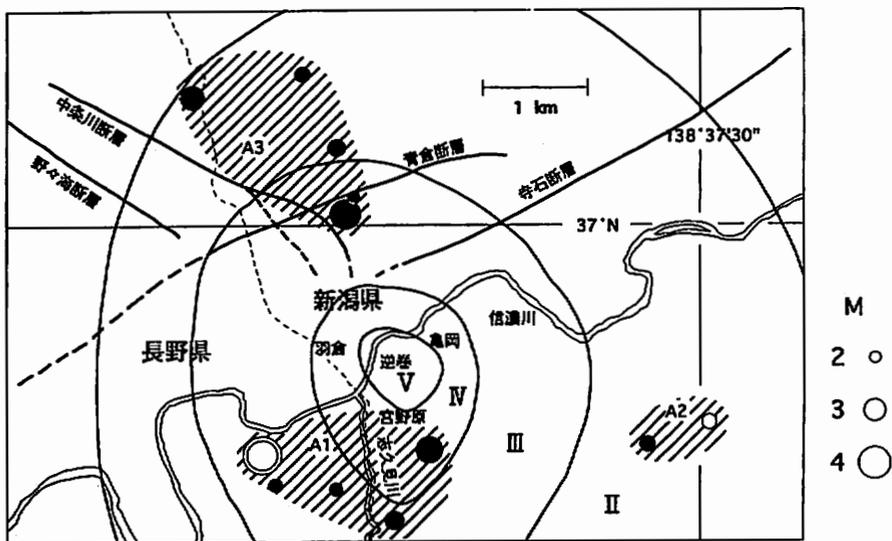


図-5 震源分布図 (Tsukuda & Oki, 1994)
 二重丸は本震, 黒丸は前駆地震と余震, 斜線域
 A 1, A 2, A 3 は余震域
 A 2 域は 9 月の前駆地震の活動した地区

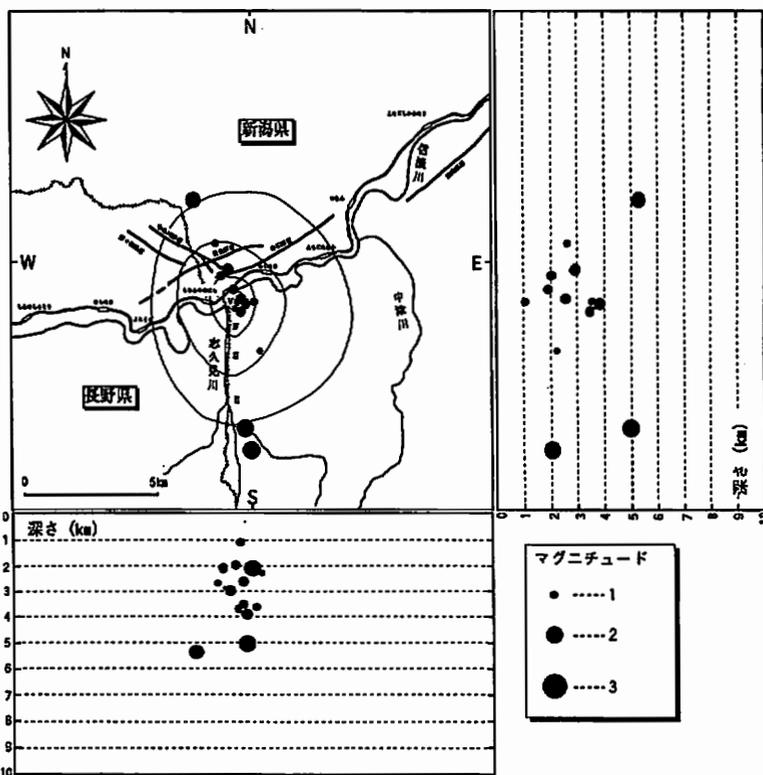


図-6 新潟大学災害研の地震観測により求められた余震の震源分布図
 震源は浅く深さ 2 ~ 5 km に集まっている



写真-2 大割野段丘面上にある上郷中学校と信濃川右岸の段丘崖
段丘崖下の岩盤に亀裂が生じ Ca^{2+} - SO_4 - HCO_3 型地下水が湧出した



写真-3 上郷宮野原橋の下流河床の火砕岩(魚沼層群下部上郷累層)に地震で形成された亀裂



写真-4 写真5の亀裂のクローズアップ。わずかに右横ずれしている



写真-5 震央となった上郷宮野原地区では、国道117号線には30ヶ所余の亀裂が生じた

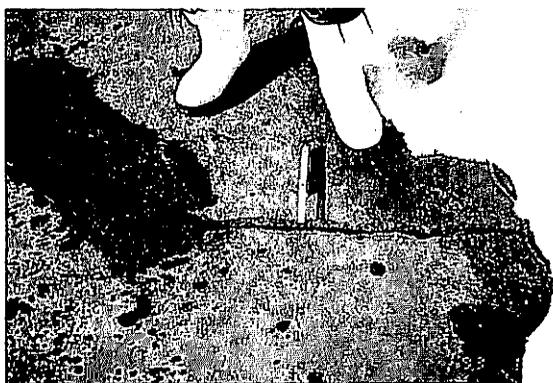


写真-6 宮野原逆巻国道の歩道に生じた亀裂に生じた亀裂

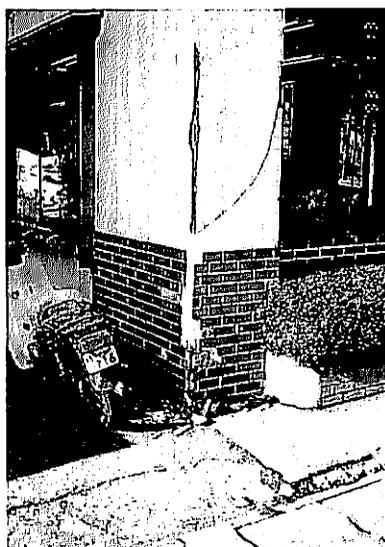


写真-7 宮野原逆巻国道に沿う事務所の壁および舗装路盤に生じた亀裂

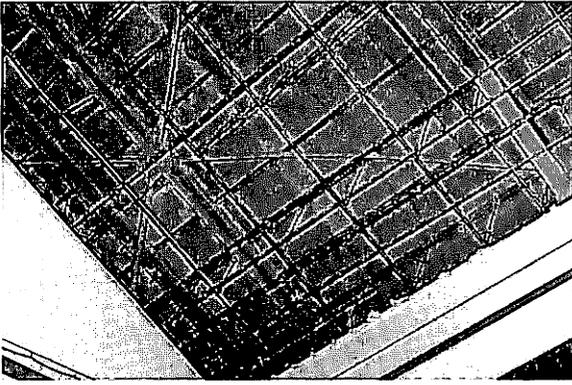


写真-8 被害調査のため天井板をはがした上郷
中学校体育館
屋根鉄骨柱をつなぐ水平筋かいが曲げられている



写真-10 卓球台上に落下した天井棒と板（上郷
中学校体育館）

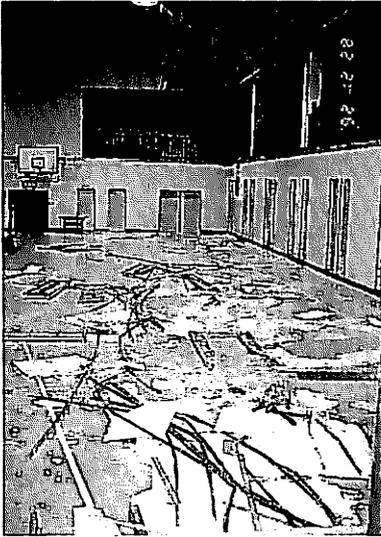


写真-9 上郷中学校体育館天井の
一部が破損落下の状況



写真-11 上郷中学校体育館グラウンド側
に落下した2階のアルミ窓枠

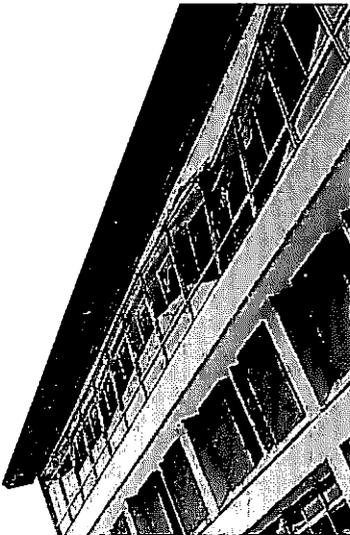


写真-12 上郷中学校体育館（信濃川側）
軒下天井板は落下し、2階の
アルミ窓枠は押し曲げられた



写真-13 上郷中学校2階体育館（信濃川側）。
南北方向の力で押し曲げられた2階の
アルミ枠と雪上に落下した軒下天井板

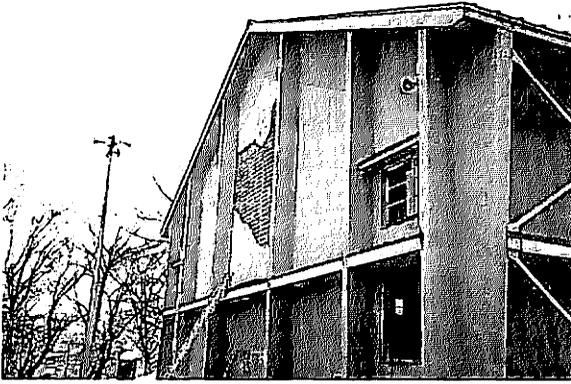


写真-14 体育館のモルタル壁の一部が落下した
上郷小学校

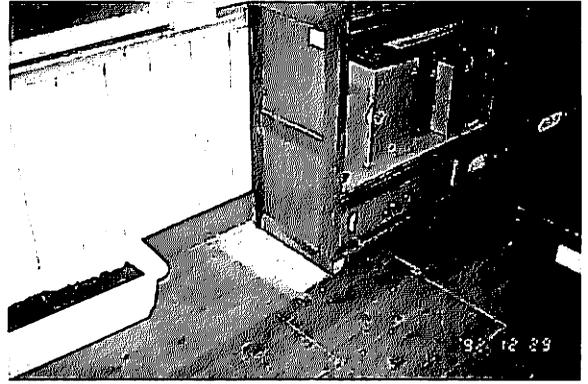
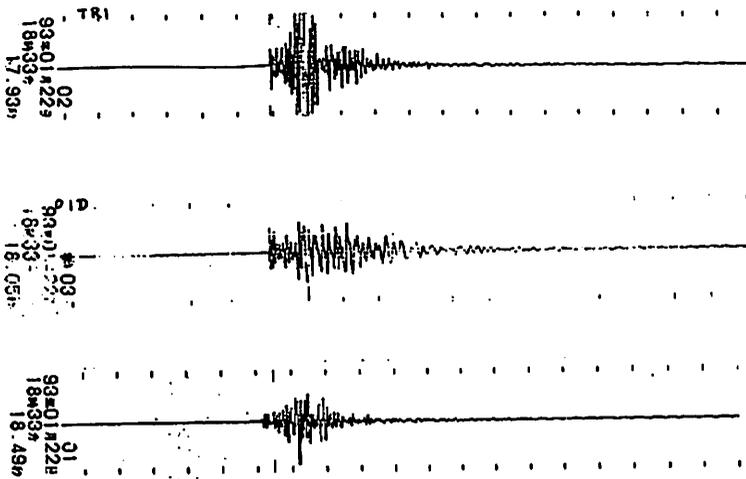


写真-15 上郷小学校理科室の移動した戸棚

余 震

図-4は平成5年12月中に新潟大学災害研によって得られたの初期微動時間3秒以内の地震の日別頻度図である。1月23日15時35分マグニチュード3.9の地震を伴う30回の余地震活動後から急速に地震活動は静穏化した。4月5日に2回の地震後は月に1~3回程度の地震が散発している状況である。災害研の臨時観測は周囲の雑音レベルが高いために地震計の感度を高くすることができなかった。地震研究所の常時観測と比較し(図-3),地震検出能力は3分の1程度であった。図-6は新潟大学災害研の観測のみで求められた余震分布である。多くの余震が深度2~3kmで発生していることがわかる。観測資料が十分でないため図-5(佃,1993)の震源位置と図-6の震源位置とは多少異なっている。



(No.18) 中魚沼郡津南町地震 地震データ読み取り表

場 所	年 月 日	時 分 秒	初動 (P)	最大振幅 (mm)	S-P (sec)	F-P (sec)	備 考
寺 石 (TRI)	93 1 22	18 33 17.93	-	99.00	0.41	9.17	
大井平 (OIO)	93 1 22	18 33 18.01	+	17.50	0.53	10.31	
塩 尻 (SOJ)			
志久見 (SKO)	93 1 22	18 33 18.12	-	15.20	0.69	8.95	

図-7 平成4年1月22日の余震記録(災害研)

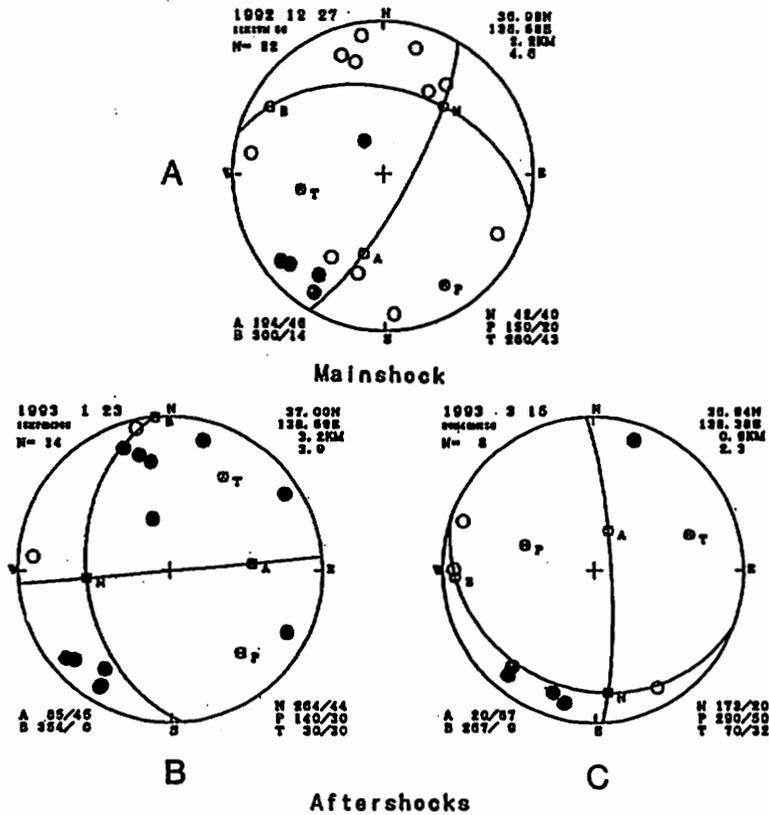


図-8 津南地震の本震および余震の初動分布図 (Tsukuda & Oki, 1994)
○：引き， ●：押し

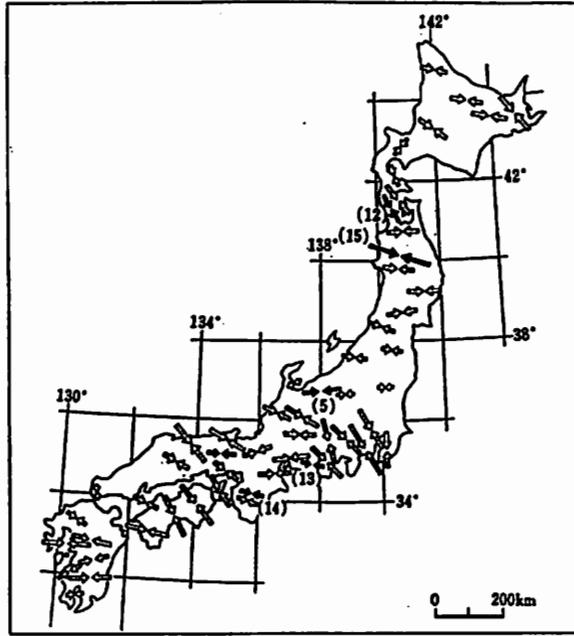
地震の発震機構

震源から観測地点に真っ先に到達する地震波（初動）は、押し波か引き波のいずれかである。震源を取りまくように配置されている多数の地震計の初動記録が押し波か引き波かを調べ、その分布を調べると地震を起こした断層運動の方向（発震機構）がわかる。この押し引き分布を球面投影したものが図-8 (Tsukuda & Oki, 1994) である。図-8 Aは主震の押し引き分布で、○Pが主圧力の方向（北西）を示し、北北東の逆断層あるいは東南東の逆断層の逆断層運動が起きたことがわかる。

図-8 Bは1月23日のマグニチュード3.9の最大余震、図-8 Cは3月16日のマグニチュード2.3の余震の発震機構を示す。中部日本の広域的な力の方向は東西方向であることが分かっている(図-9)。津南地震を起こした力の方向はそれよりかなり北に偏っている。津南地域の地質構造が複雑であることを反映しているためであろう。

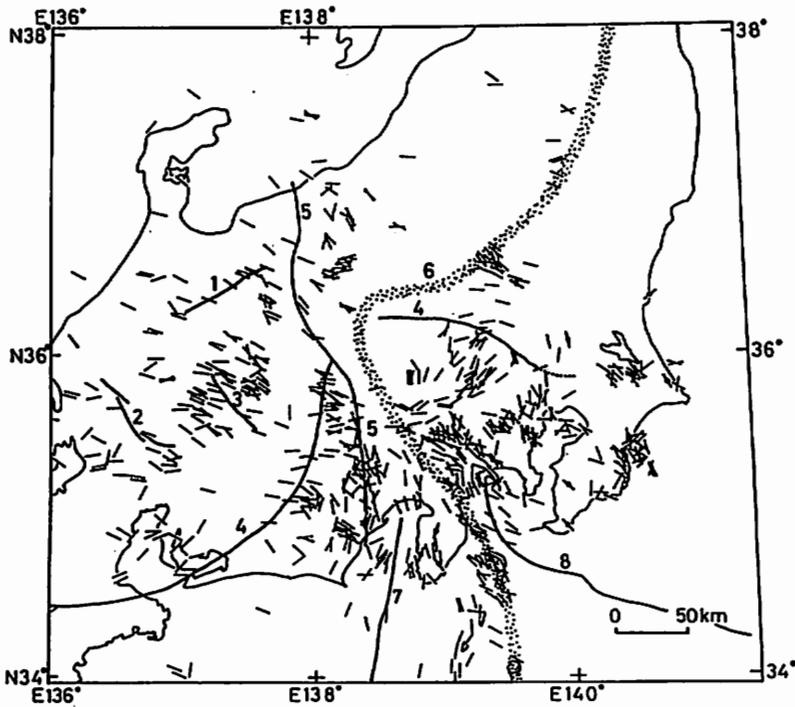
広域的な最大圧縮軸の分布

図-9は日本列島の一等三角点の測量によって求められた広域的な地殻歪みの分布図である(中根, 1973, 伊藤ら, 1976)。本州中部では東西方向に主圧縮軸が並んでいる。図-10はより多くの地点での測定資料を加えて得られた、本州中部の最大圧縮軸分布図である(塚原・池田, 1991)。新潟県南西部～長野県北部では東西性から北西-南東方向に最大圧縮軸が変化している。津南地域は丁度その変曲部に位置していることがわかる。図-10において、南部フォッサマグナに位置する神奈川県西部から伊豆半島一帯が複雑な応力分布を示し、地震活動の活発な地域である。応力分布の複雑さと地震活動の活発さにおいて両者は類似している。



日本列島の一等三角点の再測量による地殻ひずみ(中根, 1973)と地山応力の比較(伊藤ら, 1976) ⇨: 三角点改測による定常ひずみ速度(地震による影響をとり除いてある)。⇨: 地山応力主応力の方向, 数字は測定例の番号。(5) 新高湖川, (12) 青函, (13) 奥矢作, (14) 奥吉野, (15) 小坂。図 4.31 と比較してみよ。

図-9 日本列島の地殻歪み分布図(中根, 1973, 伊藤ら, 1976)



S_{max} 方位と地質構造線, 火山フロント, 地震断層。1: 勝津川断層, 2: 巖尾谷断層群, 3: 阿寺断層, 4: 中央構造線, 5: 糸魚川-静岡構造線, 6: 火山フロント, 7: 駿河トラフ, 8: 相模トラフ。

図-10 本州中部地域の最大圧縮軸の方位分布図(塚原・池田, 1991)

地震被害

津南町役場および十日町警察署の調べによると上郷地区約600戸の内92戸の窓ガラスが割れ、壁にひびがはいり（写真-7）、水道管が破裂した。同地区を通る国道117号線は距離450 mに渡り多数のひび割れが入った。震央である羽倉地区の町道にも多数のひび割れが生じた。逆巻地区にある東北電力宮野原発電所で事故が発生し、津南町および隣の長野県栄村で約2時間の停電となった。幸いにも、この地震によるけが人は一人もなかった。被害の概要は表1に示した。

道路の亀裂

本地震によって国道117号線に多数の亀裂が生じた（写真-5）。この亀裂による変異は小さく、最大で1～2 cm程度の上下、横ずれ、開口変位が生じた（写真-6）。図-11は117号線に生じた亀裂の分布図である。亀裂の方位は北西～南東である。道路亀裂は宮野原橋から宮野原発電所間450 m間に集中的に発生し、道路補修ヶ所は30余りとなった。津南町の調査によれば、羽倉地区の町道にも20ヶ所にひび割れが生じた。マグニチュード4.6の地震でこれほどの被害が生ずることはまれである。

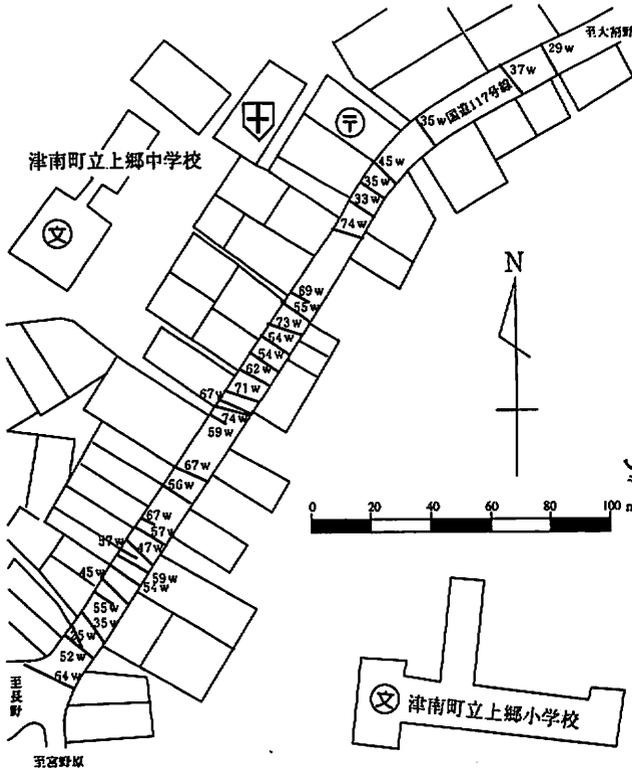


図-11 国道の亀裂分布図

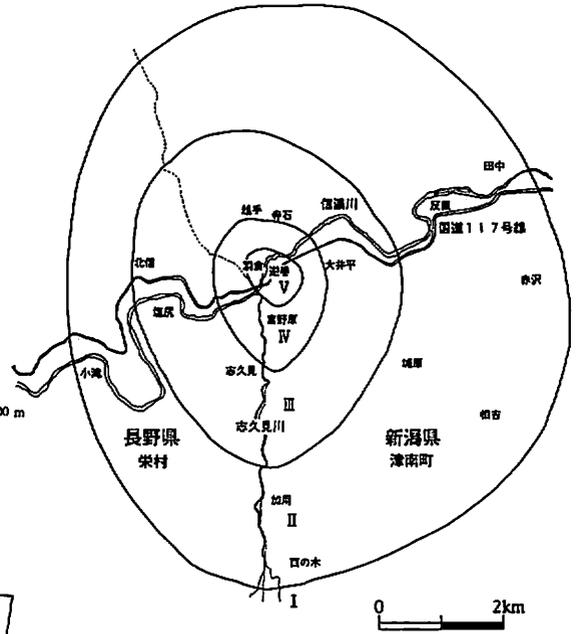


図-12 震度分布図

震度分布

新潟大学災害研では地震直後に現地にはいり、被害調査を実施した。震度分布を求めるために墓石の変異を調べた。津南町役場および消防署は地震直後被害に関するアンケート調査を実施した。これらの調査を基にして震度分布図を描いた（図-12）。

飯川・新潟地震グループ（1993）は津南町教育委員会および長野県栄村教育委員会の協力をうけて児童・生徒を対象に広範囲な地位域にわたり、震度区分は河角の震度階を用いて、震度調査を行った。

飯川らは、南から北に流れ信濃川に合流する志久見川、中津川、清津川などの河川が震度分布の境界になっていることを指摘し、各河川は地形的な境界であるとともに、構造地質的な意味をもつ断層であると述べている。

われわれの調査の震度目盛は気象庁の震度階に従った(表-3)。気象庁震度階に基づいて東京都が人間に与える影響、木造家屋、戸・障子・窓ガラス、屋内の収容物、火器使用器具、屋外の構造物、墓石など様々な状況にたいしての震度階表を公表している(表-4)。アンケート調査の震度項目を東京都方式の震度階に読み替え、各項目震度の平均値を算出してアンケート調査地点の震度とした。図-12はこのようにして求めた震度分布図である。

震度V(強震)は強い震動で窓枠がはずれ、ガラスが割れ、壁に亀裂がはいり、テレビが倒れ、家具が移動し、棚から物が落ちるなど激しい変化に恐怖を感じる地震である。震度Vの地域は上郷逆巻・宮野原の広さ0.7×0.9km地区で、ことに上郷中学校・同小学校の被害がすさまじいものであった。この地区を横断する国道117号線には多数の亀裂が生じた(写真-5・6)。県境宮野原橋の下流の右岸河床岩盤に多数の亀裂が生じた(写真-3・4)。割れ目の一部から地下水が湧出し、湧出割れ目に水酸化鉄の赤褐色沈殿が生じていた。

12月25~26日に40cmの積雪があり、27日は朝から屋根の雪下ろしをしていた人がかなりいた。雪下ろしの作業中にこの強い地震を体験した人によれば、余りの強い地震で屋根から滑り落ちないようにと非常に緊張した。

上郷中学校の入り口の仕出し料理店を営んでいる西沢喜美さんは二階の屋根の雪下ろしをしてこの地震にあい、心臓が止まりそうな体験を次のように述べた。

「ドドンというものすごい爆発音とともに体が沈むのを感じた。国道を挟んだ崖上の上郷小学校がある。その学校下の崖の雪に亀裂が入り雪が崩れるのが見えた。後ろを振り向くと上郷中学校の体育館が、窓枠の柱と共にふくれ上がり、続いて窓枠がはじけ飛ぶように落下した。激しい上下震動で、屋根から落ちるのではないかと恐ろしかった。上郷中学校体育館の屋根は雪が落ちやすいように造られていて雪はなかった。体育館は風船がふくらむように膨張し、沢山の窓枠がはじけ飛んだ。揺れている時間は短かった。震動がおさまると、家の中にもどると、壁にひびがはいり、障子の紙は縦に裂かれ、額は落ちていた。一階の店内ではウイスキーや日本酒の瓶が棚から落下して全滅、カラオケ装置やテレビが倒れ、新潟地震の時よりひどい被害であった。」

町立上郷中学校・小学校の被害

本地震によって上郷小・中学校の校舎が大被害を受けた(写真-8~15)。地震に強いと考えられている上郷中学校の鉄筋コンクリート校舎の大被害は予想外であった。町の要請を受けて、新潟大学工学部建設学科の川瀬清孝教授・加藤大介助教授によって行われた。

最も被害の大きかった校舎は2階建てよりなり、1階が教室、2階が体育館である。1階と2階の下部が鉄筋コンクリート構造、2階上部は鉄骨構造よりなる複合構造である。2階が鉄骨造りとなっているのは、体育館が柱のない広い空間を必要とし、上部の重量を小さくするために鉄骨構造となっている。2階上部は直線の鉄骨をネジ止めして造った鉄柱(ラーメン構造)を梁でつなぎ、その間を筋かいで結んだ骨組みである(写真-8)。校舎の短辺となっている両側壁はラーメン構造の骨組を含んだ強い全面鉄筋コンクリート壁である(写真-13)。両側の強い鉄筋コンクリート壁に挟まれた校舎は、地震による両壁の複雑な動きで、押しつぶされたり引き延ばされたりした結果、2階上部の

鉄骨ラーメン構造や筋かいが耐えきれなくなり、曲がったり折れたりして建物が変形し、アルミサッシの窓枠がはずれ、天井が垂れ下がり一部が落下したことが明らかになった（写真-10～13）。校舎両端の鉄筋コンクリート壁には多数の亀裂が生じた。鉄筋コンクリート壁は鉄骨ラーメン構造より強固で変形しにくいので、両者間の構造的不均一性が被害を大きくした。すでに大きく変形している鉄骨ラーメン・筋かい構造は次ぎの強い地震に対し抵抗できないので、至急に復旧対策が必要であると指摘した。

町立上郷中・小学校の地盤調査

津南町では上郷中・小両学校の大被害を重視し、地震に強い校舎建設のために地盤の地質調査ボーリングを実施した（図-13）。今回のボーリング調査結果に道路消雪用地下水井戸のボーリング資料を加えて、上郷中学校を通る国道117号と平行なA-A'（大割野面）と上郷小学校を通る志久見川と平行なB-B'断面（正面面）を図-14と図-15に示した。図-16・17は調査孔の地質柱状図とN値分布である。

図-14・16の上郷中学校断面（大割野面）では基盤の魚沼層群の上に載る大割野段丘礫層の厚さは約10mである。この段丘礫層では、予想に反し、深さ7～11mにN値が10以下の泥層があり、建築基礎の造成に特別な注意が必要となっている。

図-15・17の上郷小学校断面（正面面）では基盤の魚沼層群の上に載る正面段丘礫層の厚さは10～15mである。この段丘礫層でも予想に反し、段丘礫層中にN値が10以下の泥層が2層挟まれている。両段丘共に浸食段丘で、巨礫を含む薄い段丘礫層のみとを考えていたが、事実はそのようではなく、著しく軟弱な泥層が挟まれている。宮野原地区の段丘礫層堆積時にときたま水流の弱い湖状態があり、泥が

表-2 観測地点リスト（+地震観測点、#温泉観測点）

津南地震観測地点リスト					
地区名	観測地点名称	記号	北緯	東経	標高(m)
寺石	吉祥寺	TRI	36.99569	138.59445	290
			36° 59'44.48"	138° 35'40.02"	
大井平	善福寺	OID	36.98605	138.60796	295
			36° 58'29.78"	138° 36'28.66"	
志久見	林秀庵	SKM	36.97494	138.58718	310
			36° 59'00.31"	138° 34'29.42"	
塩尻	石原完	SOJ	36.98342	138.57484	259
			36° 59'00.31"	138° 34'29.42"	
(赤沢)	(大聖寺)	AKZ	36.98549	138.63333	444
			37° 59'07.76"	138° 37'59.99"	
(大野割)	(町役場)	OWN	37.02823	138.65576	242
			37° 01'41.63"	138° 39'20.74"	
出浦	出浦分校	IDU	36.93861	138.59417	459
			36° 56'19"	138° 35'39"	
鱒石川ダム	県事務所	SAV	37.17382	138.61391	129
			37° 10'25.75"	138° 36'50.08"	
津南地震温泉観測地点リスト					
段野	段野	DNN	37.0066	138.6479	238
			37° 00'23.75"	138° 8'52.43"	
中津川	中津川逆巻	SKS	36.9305	138.65595	533
			36° 55'49.79"	138° 39'21.81"	
中津川	中津川穴礫	KKT	36.94606	138.66484	437
			36° 56'45.81"	138° 39'53.44"	
松之山	越地すべり	MSN	37.05101	138.58865	515
			37° 03'03.62"	138° 35'19.15"	

堆積した。信濃川の流れが地すべりや大型土石流によって閉塞されたものと推定される。

1637年津南外丸地震で、外丸の沢から地すべりが発生し、信濃川がせき止められ、水害となったが、それと同様な事件が過去に幾度か発生していたことをこの泥層は示唆している。地震によって地すべりが発生し、河川がせき止められ大水害が発生した例は幾つもある。1847年善光寺地震で千曲川の支流である犀川に、地すべりによる大せき止め湖が生じ、地震後20日目にそれが決壊して下流地域に大被害をもたらした。

震度Ⅵ（中震）では人々は地震に驚き、座っている人は思わず立ち上がる。窓ガラスには割れるものもあり、すわりの悪い花瓶や人形が倒れ、棚から物が落ちることもある。火を消さなければならぬと緊張する。震度Ⅴ地帯を取り囲む径1.7×2.3kmの範囲で、羽倉・寺石・子種・亀岡・宮野原、長野県栄村雪坪地区が含まれる。

震度Ⅲ（弱震）では戸や窓がガタガタ音を立て、ほとんどの人が地震を感じるが、恐怖を感じることはない程度の地震である。越手・寺石・足滝・今井・大井平・朴木沢・志久見・柳在家・塩尻・森などの地区が含まれる。

震度Ⅱ（軽震）は戸・窓が僅かに震動し、地震であることがわかる程度の震動である。上郷上田・上野・田中・反里・穴山・灰雨・赤沢・谷内・岡・立石・相吉・城原・中子・加用・長瀬・小滝・青倉などの集落が震度2の地域である。

震度Ⅰ（微震）は地震に敏感な人が感じる程度の地震である。津南町の市街地はほとんど地震を感じなかった。

表-3 気象庁震度階級

気象庁震度階級		参 考 事 項
階級	説 明	
0	無感、人体に感じないで地震計に記録される程度	吊り下げ物のわずかにゆれるのが目視されたり、カタカタと音が聞こえても、体にゆれを感じなければ無感である。
I	微震、静止している人や、特に地震に注意深い人だけに感ずる程度の地震	静かにしている場合にはゆれをわずかに感じ、その時間も長くない。立っただけでは感じない場合が多い。
II	軽震、大勢の人に感ずる程度の物で、戸障子がわずかに動くのがわかる程度の地震	吊り下げ物の動くのがわかり、たっているてもゆれをわずかに感じるが、動いている場合にはほとんど感じない。眠っていても目をさますことがある。
III	弱震、家屋がゆれ、戸障子がガタガタと鳴動し、電灯のような吊り下げ物は相当ゆれ、器内の水面が動くのがわかる程度の地震	ちょっと驚くほどに感じ、眠っている人も目をさますが、戸外に飛び出すまでもないし、恐怖感はない。戸外にいる人もかなり多くの人に感じるが、歩いている場合感じない人も入る。
IV	中震、家屋の動揺が激しく、すわりの悪い花瓶などは倒れ、器内の水はあふれでる。また、歩いている人にも感じられ、多くの人は戸外へ飛び出す程度の地震	眠っている人は飛び起き、恐怖感を覚える。電柱・立木などのゆれるのがわかる。一般の家屋の瓦がずれるのがあっても、まだ被害らしいものではない。軽いめまいを覚える。
V	強震、壁に割れ目が入り、墓石・石どうろうが倒れたり、煙突・石垣などが破損する程度の地震	立っていることはかなり難しい。一般家屋に軽微な被害が出はじめる。軟弱な地盤では割れたりくずれたりする。すわりの悪い家具は倒れる。
VI	烈震、家屋の倒壊は30%以下で山くずれが起き、地割れを生じ、多くの人が立っていることができない程度の地震	歩行はむずかしく、はわないと動けない。
VII	激震、家屋の倒壊が30%以上に及び、山くずれ、地割れ、崩壊などを生じる。	

気象庁震度階級(1949)

表-4 東京都震度階級

震度階	人間への影響	戸、障子、ガラス	家具	置物など	吊り下げ物	地変、河川湖水など
0 無感	人体には感じない 地震計で知る。					
1 微震	建物上階にいる人、 静座、横臥している 人で、特に敏感な 人が地震かなと感 じる。					
2 軽震	屋内で静止した多 くの人が感じる。	戸、障子がわずか に振動する。			わずかに揺れる。	
3 弱震	ほとんどの人が感 じる。	戸、障子がガタガ タと音をたてて振 動する。	食器棚の食器がふ れあい音をたてる。	花瓶やすわりの悪 い物はガタガタ揺 れ動いたりする。 金魚鉢などの器の 水が揺れる。	やや大きく揺れる。	池などの水面が少 し揺れる。
4 中震	歩いている人も感 じる。かなりの人 が驚き、屋外へ逃 げ出すものもある。 座っている人の多 くが立ち上がる。	戸、窓が開閉する。 ビルのスチールサ ッシのはめ殺し窓 で、パテ止めのガ ラスは割れて落ち ることがある。	かなり振動する。 瀬戸物、ガラス器 で、壊れるものも ある。	激しく揺れ、花瓶 などすわりの悪い 物は倒れる。 金魚鉢など、水の いっぱいはいった 器の水がこぼれる。	激しく動く。 吊り下がった物ど うしがぶつかる。	造成地などの盛り 土にひび割れが生 ずる場合がある。 産地で崖崩れを稀 に引き起こす。 池の水が濁ること がある。
5 強震	弱) 多くの人が屋 外へ走り出そうと し、その場で立ち すくむものもある。	パテ止めのガラス は割れて落ちるも のがかなりある。 木製の戸ははずれ ることもある。	机やロッカーが移 動することがある。 細長い家具やテレ ビなどで倒れたり、 ずれたりするもの がある。 机や家具の引き出 しが飛び出すこと がある。	弱) 安定な花瓶も 倒れることがある。 人形ケースなど固 定の悪い物は落下 する。	取り付けの悪い蛍 光灯の玉が落下す る。 チェーン吊りの蛍 光灯で落ちる物 がある。	山地や崖で落石を 生じることがある。 造成地の盛り土や 傾斜地にやや大き な亀裂を生じること がある。 池、河川等が波立 ち岸に波の跡が残 る。
	強) ほとんどの 人が恐怖を感じる。 直立困難の状況に なり、物につかま らなさと歩けない。 物にぶつかって、 動けない。	開き戸等は変形し、 開かなくなるもの がある。 窓ガラスは枠ごと はずれることがあ る。 ビルのスチールサ ッシのはめ殺し窓 で、パテ止めのガ ラスはかなり多く 破損する。	重い家具も移動し 倒れるものもある。 細長い家具やテレ ビなど倒れるもの が多くなる。	強) 多くのものが 倒れたり、ずれ動 き、家具などの上 の物は落ちる。	シャンデリアや、 チェーン吊りの蛍 光灯は激しく揺れ 天井にぶつかるな どしてかなり落ち る。	平らな地面にも亀 裂を生じることが ある。 山地では落石、山 崩れが多く起こる。 池などの実自我大 きくあふれでる。 井戸の水位の変化 が多い。
6 烈震	茫然自失の状態と なり、ほとんどの 人が生命の危険を 感じる。 歩行不可能で、這 ってしか移動でき ない。	戸、障子が吹っ飛 ぶ。 ゴムパッキンを使 用した窓や、はめ 殺し以外の物でも かなりのガラスが 落下する。	非常にすわりのい いものでも倒れる。	ほとんどの物が倒 れたり、大きくず れ動く。	吊り下げ物はほと んど落下する。	地面に無数の亀裂 が生じる。 河川は崩落した土 砂により、流水が ふさがれ湖などが できることがある。
7 激震		ビルの窓ガラスは ほとんど破損落下 する。				地形が変わるほど の地変が生ずるこ ともある。 河川は土砂により 各所に湖を生じる。

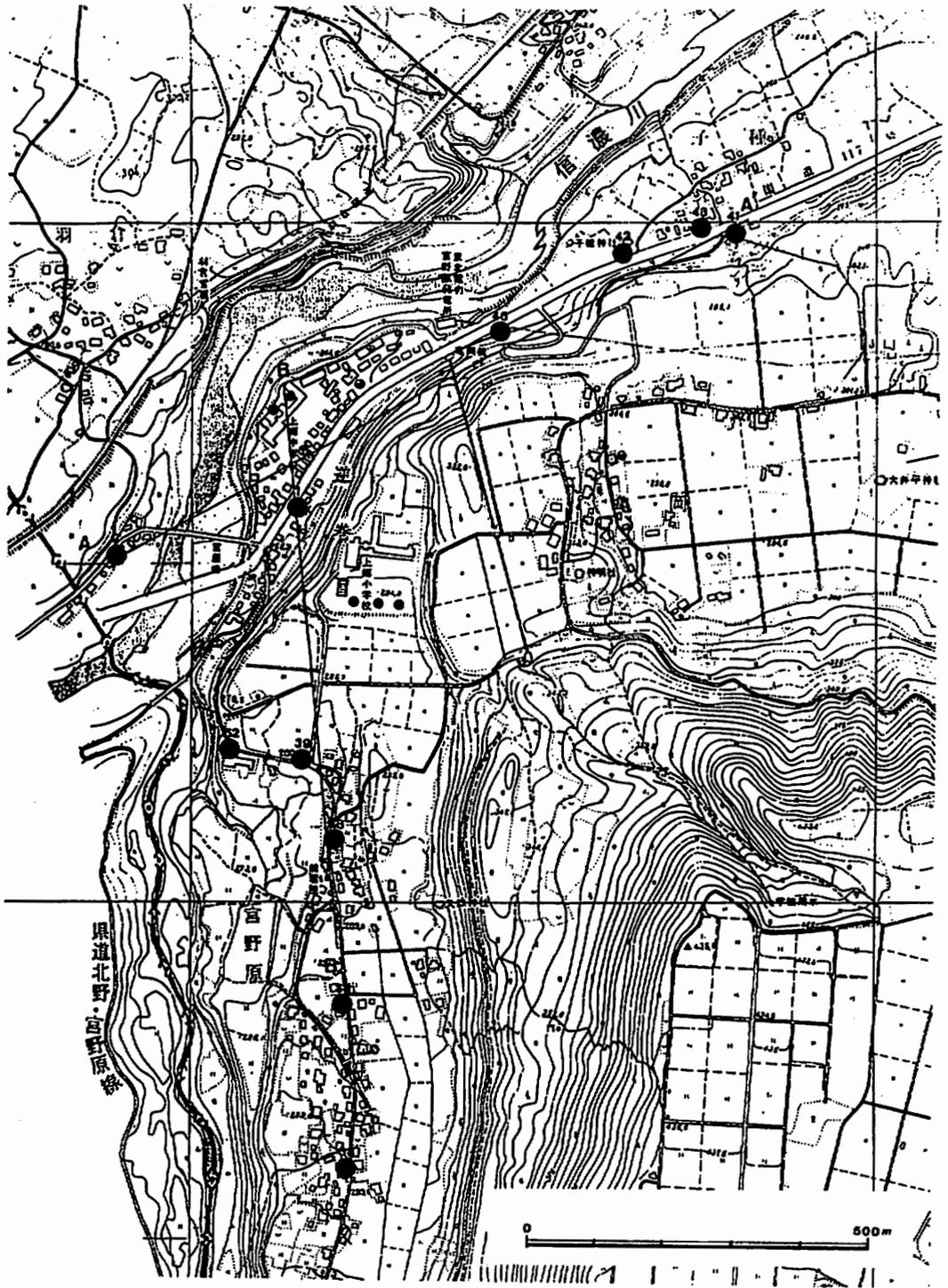


図-13 ホーリング資料分布図 (消雪用水井戸)

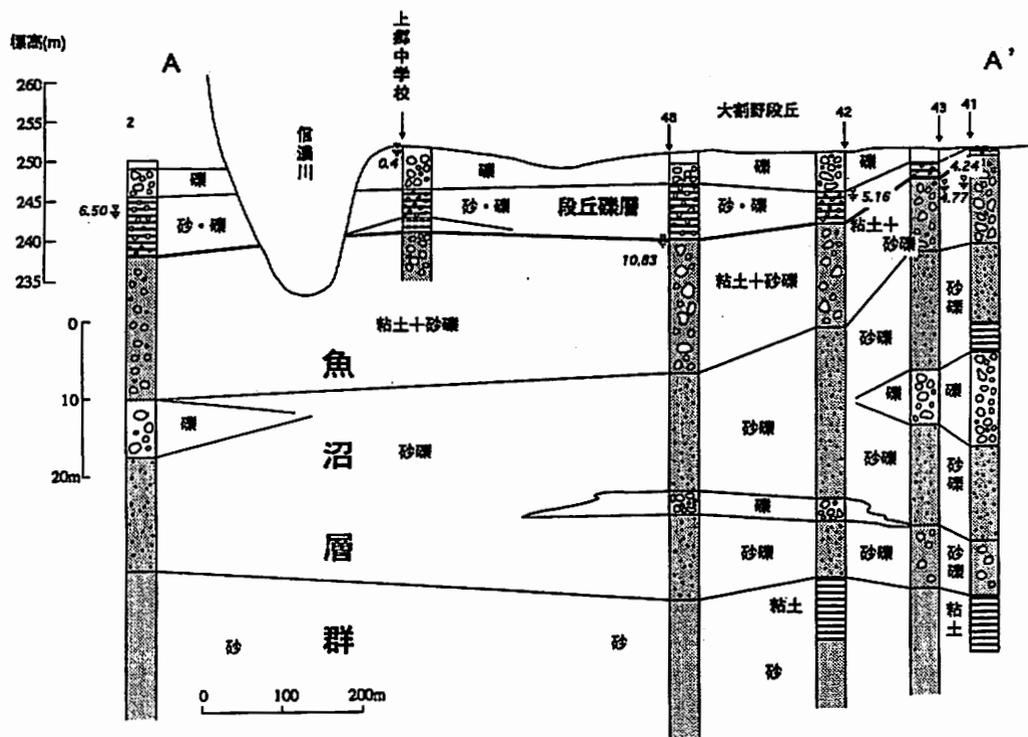


図-14 上郷地区A-A' (信濃川に平行する大野段丘) の地質断面図

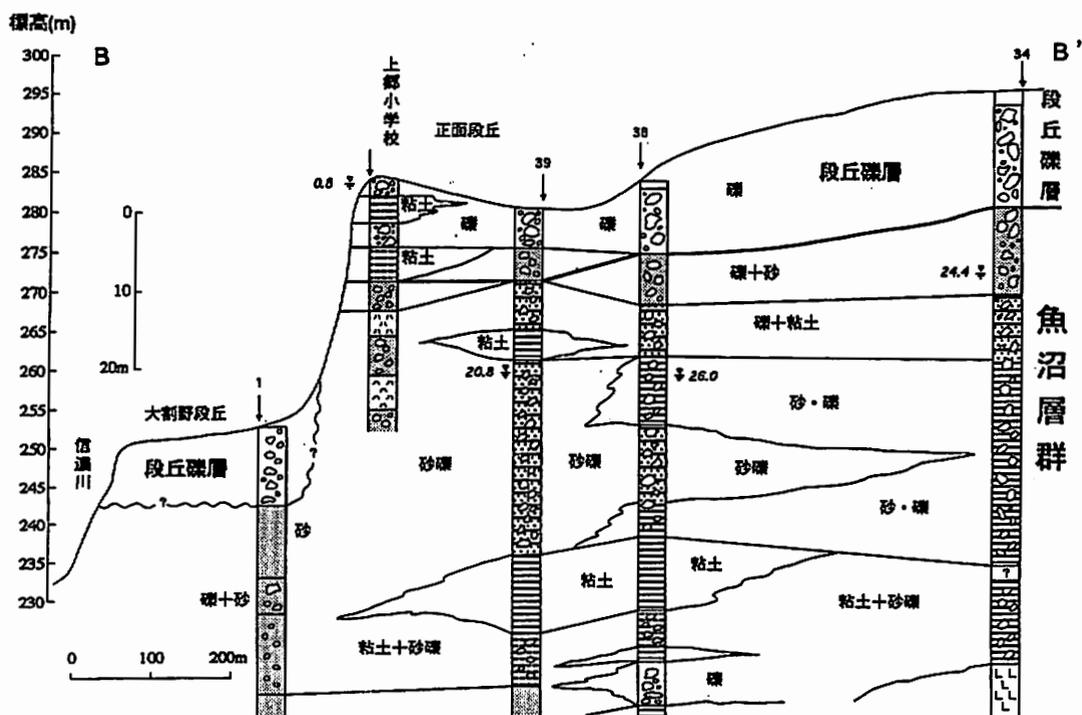


図-15 上郷地区B-B' 逆巻-宮野原 (志久見川に平行する) 地質断面図

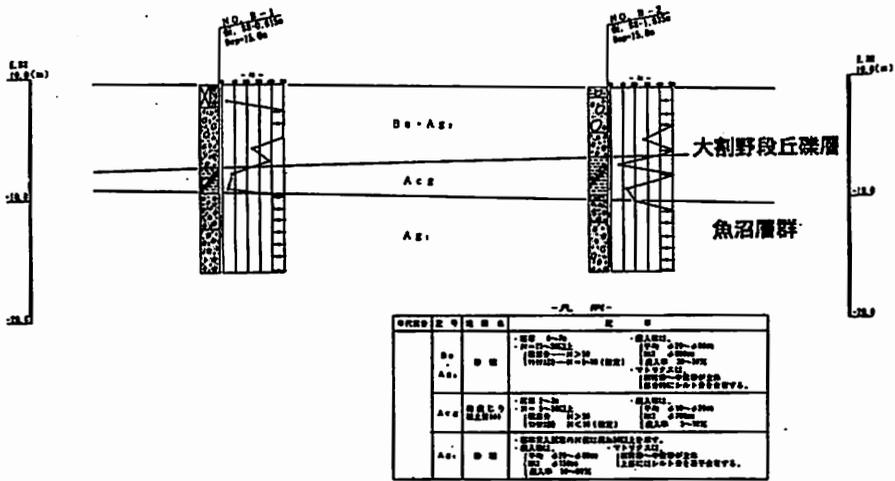


図-16 上郷中学校ボーリング柱状図とN値

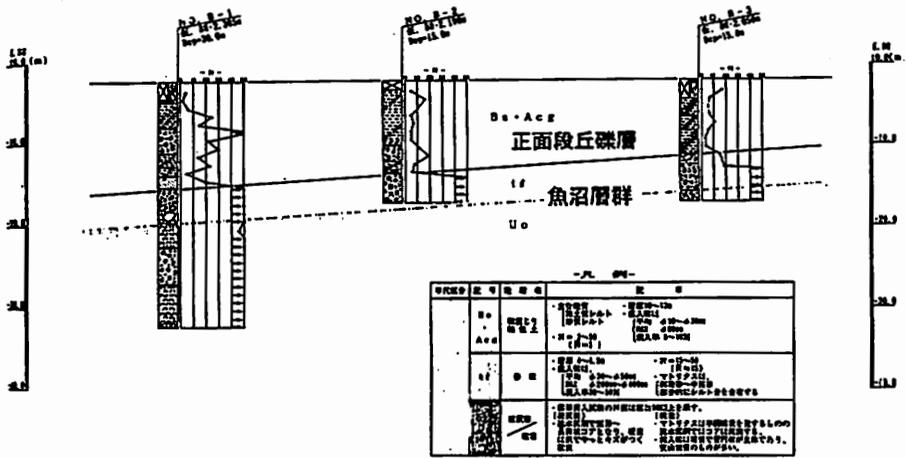


図-17 上郷小学校ボーリング柱状図とN値

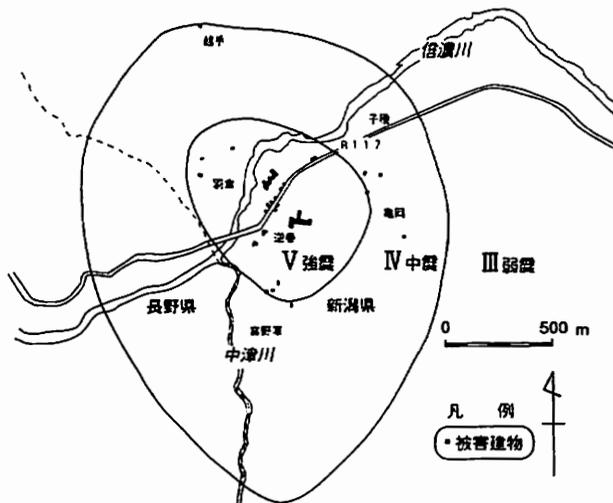


図-18 窓ガラス被害分布図

窓ガラス破損分布

図-18はアンケート調査を基にした窓ガラス破損の分布図である。震度Vおよびそれに隣接する震度IVの地帯で窓ガラスの破損が発生した。

地震と消火

地震発生と同時に石油ストーブや台所のガス器具の消火を迅速に行った人が多かった。アンケート調査によって消火の様子を調べてみよう。図-19はアンケート調査による各集落の平均震度と消火意志の関係図である。震度が強くなるに応じ火を消さなければと考える行動する人が急激に多くなることがわかる。震度III～IVの地域で消火意志が高い。それは中震程度までは冷静な判断ができることを示している。震度Vの強震になると平常心を失い火を消し忘れるのではないかと推察される。

震度V（強震）の逆巻地区では44%の人が火を消さなければならぬと思い、行動した。震度IV

（中震）である大井平地区56%、亀岡地区31%、宮野原地区32%、羽倉地区34%、寺石地区44%の人が火を消したかあるいは消そうとした。火を消すほどの地震では無いと判断したので火を消そうと思わなかったという人もいた。震度III（弱震）地帯では危険を感じないので火を消す意志は少なく35%以下、震度II（軽震）地帯では更に消火の必要を感じなくなっている。多年にわたる地震防災の積み重ねによって「地震が起きたら先ず火を消す」という習慣が多くの人の身に付いていることがわかる。

石油ストーブの自動消火装置

石油ストーブの自動消火装置が作動した地帯は震度Vから震度IVの一部にわたっている。強い地震を感じると自動的に消火する石油ストーブの自動消火装置は一種の震度計とみなすことができる。各集落の平均震度を横軸にとり、縦軸に自動装置の作動率をとると、震度が大きくなれば自動消火が作動することが予想される（図-20）。震度V（強震）地帯では40～60%の石油ストーブの消火装置が作動した。震度IV（中震）地帯では20～10%の消火装置が作動した。最近の石油ストーブの自動装置がかなりの確率で作動していることがわかった。震度III（弱震）地帯では消火装置の30%前後が作動し、震度II（軽震）地帯でも作動するストーブもあった。かなりの自動消火装置が正常に作動しているが、しかし、1件でも火が発生すると予期せぬ災害に発展する可能性があるため、装置の改良や日頃の手入れが常に必要であろう。

図-21は自動消火装置の作動率と消火の意志の関係を示している。自動消火装置が作動することはその地点の震動が強かったためである。作動率が大きくなれば当然消火の気持ちは強くなるはずである。震央地区の逆巻・子種地区の作動率が60%を越しているのに消火の意志がそれほど強くなかった理由は、余りにも強い震度のために驚いて消火に配慮する余裕がなかったものと解釈できる。

消火の意志 %

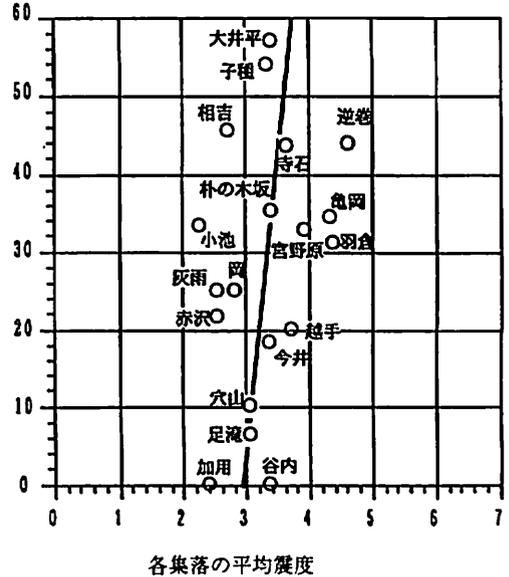
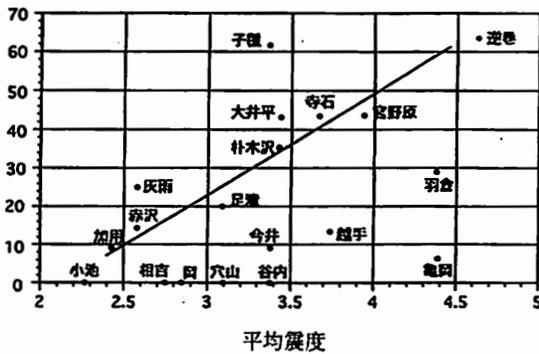


図-19 各集落の震度と消火の意志の関係

自動消火装置作動率%



消火の意志%

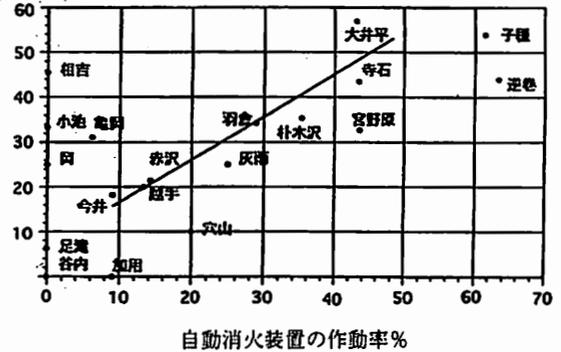


図-20 平均震度にたいする石油ストーブの自動消火装置の作動率 図-21 自動消火装置の作動率と消火意志との関係

地震防災の準備は9%程度で余り良好とはいえない。津南町では近年強い有感地震がなかったことがこのような低い地震対策状況をもたらしたものと説明できる。

地震に伴った異常現象

本地震に関して信濃川と中津川の合流点付近の段野にある町営温泉（段野温泉、深度600 m）に異常が現れた。本温泉は自噴で毎分50 l 湧出するが、温泉供給のために水中モーターポンプによって毎分100 l の揚湯を行っている。平成4年12月24日、クリスマスイブに温泉利用者から「温泉が止まってしまった。蛇口をいくら開けても駄目」と苦情が入った。何軒もの利用者からの連絡であった。いままでこんな苦情は無かった。急いで源泉を調べたところ貯湯タンクの温泉レベルが異常に低下していた。利用者の皆さんに「無駄な利用をしないで下さい、温泉は大切に利用して下さい」とお願いするより他に道はなかった。

12月27日11時17分津南地震が起きた。地震とともに温泉の湧出量が倍増し、自噴で100 l 程度、ポンプ揚湯では毎分200 l 以上（流量計の最高値で、これ以上は計測不可）となった。これまでに経験したことのない大きな湧出量であるため、貯湯タンクから余った温泉が溢れ出た。この源泉の湧出量が年間を通してどの程度の範囲で湧出しているのか計量されていないので正確には分からないが、貯湯タンクが空になったり、溢れ出たりすることは大きな異常と言わざるを得ない。

図-22は年末から2月末までの段野温泉の湧出量（自噴とポンプ揚湯）・泉温の測定である。気圧変化に応じて湧出量変動するので、図-23に気圧に対する自噴量の関係を示す。余震活動が静穏化した2月の基底湧出量を平常値とみなして平常自噴量直線を算出した（図-23の点線）。本震直後から1月4日までの湧出量は平常値をはるかに越えた変化である。強い余震の後に湧出量が増し、その地震の前に湧出量が低下している例があるが、観測期間が余りにも短いので信頼出きる規則性であるかどうかは今のところ分からない。

宮野原地区宝山荘の温泉が地震前後に異常を示したとのことである。本源泉はポンプ揚湯を断続的に行っているため、異常をキャッチするための観測を行うのは難しい。本源泉から200 m離れた信濃川右岸河床の岩盤に新たな割れ目が生じ、重炭酸に富む鉱泉が湧出し河床に水酸化鉄の赤褐色沈殿が析出した（写真-2）。宝山荘からこの河床の割れ目湧泉を結ぶ地帯を横断するように走る国道117号線には地震により多数の亀裂が生じた。

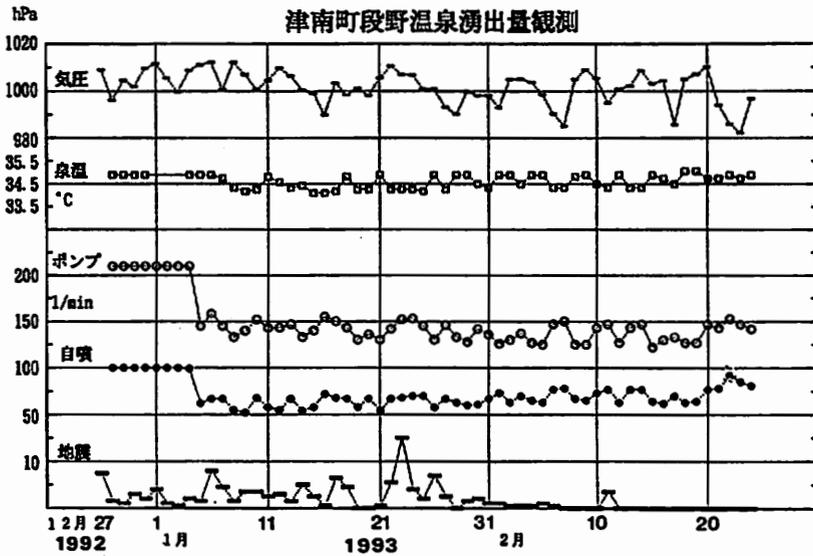


図-22 町営段野温泉の湧出量・泉温（午後4時測定）および日別地震頻度図
 気圧（午後4時）は十日町地域消防本部の観測資料による。

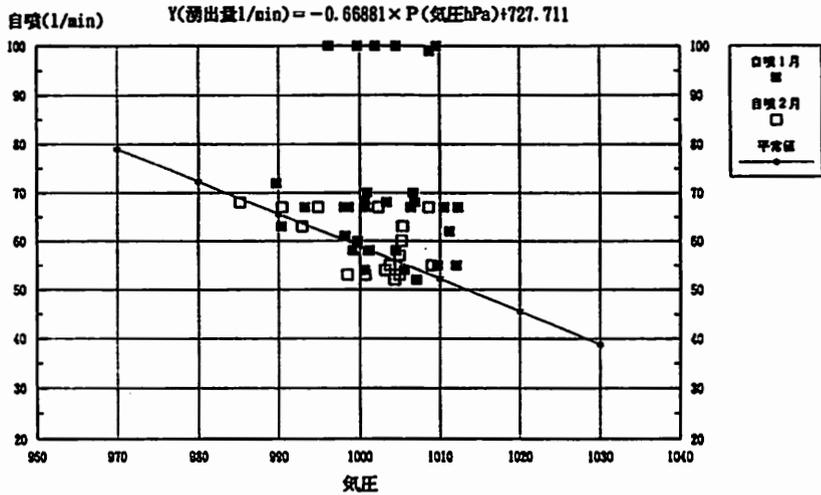


図-23 町営段野温泉の自噴量と気圧の関係図
 平成4年12月27日～平成5年2月24日の資料

中津川逆巻温泉（川津屋）温泉は岩盤の割れ目から自噴している温泉である。この温泉が地震前に湧出量が増加し、泉温が高かったと報道された。地震後本源泉に温度計を設置し、連続観測を行っている。付近で発生した余震の前後に泉温変化が観測され、正確な観測を続ければ地震前兆をキャッチすることが可能であることが分かった。

地震前兆の壺

地下数kmの深部からジオプレッシャー型熱水が割れ目を通して今でも湧出しているところが北部フォッサマグナの地すべり地帯である(大木他2, 1992)。連続観測していると地下深部からの地震前兆信号をキャッチできるに違いない。そう考えて松之山の越地すべりの観測井戸に平成4年12月より水温計を挿入し、連続観測を開始した。この観測点は津南地震の震源から8 km北に位置する。

偶然であったが、この年の12月27日にM4.6の津南地震が発生した。図-24は松之山越地すべりでの水温観測の結果である。12月27日の本震3日前クリスマスに水温変化が認められた。0.1℃スパイク状に低下し、つづいて0.2℃上昇しこの異常は1月8日まで続いた。震源地から1 km離れたところにある町営段野温泉に地震前後にわたり大きな異常が現れたことはすでに述べたとうりである(図-22・23)。段野温泉の異常と松之山越地すべりの泉温変化の時期がよく一致していることが注目される。

越地すべり観測井の水温は2月2日にスパイク状に泉温が0.4℃上昇した。2月7日22時27分能登半島沖地震(M6.6)が発生した。地震と同時に泉温は0.5℃上昇し3月2日まで続いた。能登半島沖の震源までの距離は140kmあるが、水温変化としてこの地震の前兆が現れていたのではないかと考えている。

図-25は中津川逆巻温泉川津屋旅館の源泉温度観測結果である。平成5年7月24日に発生した津南地区の小地震(M2)の発生11日から泉温の上昇が始まり、2℃上昇した。地震は泉温が低下し始め1日後に発生した。より小さな地震では泉温変化は観測されていない。

津南町中津川の穴藤の休止源泉で泉温・湧出量・電気伝導度などの観測を開始しているが、観測が始まったばかりで報告すべき成果はまだ得られていない。

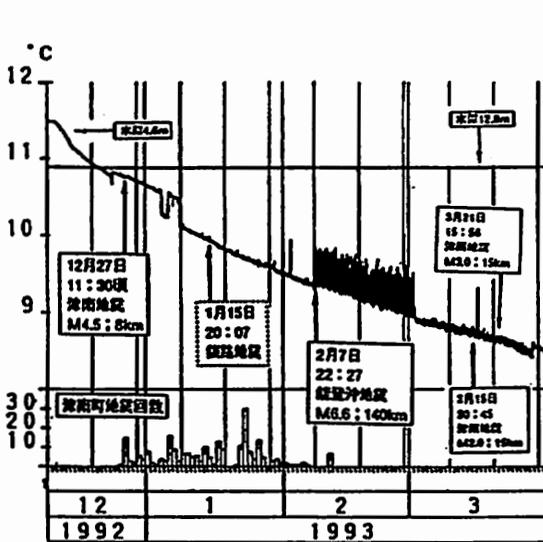


図-24 津南地震と能登半島沖地震の前兆異常が現れた松之山越地すべり観測井の水温変化

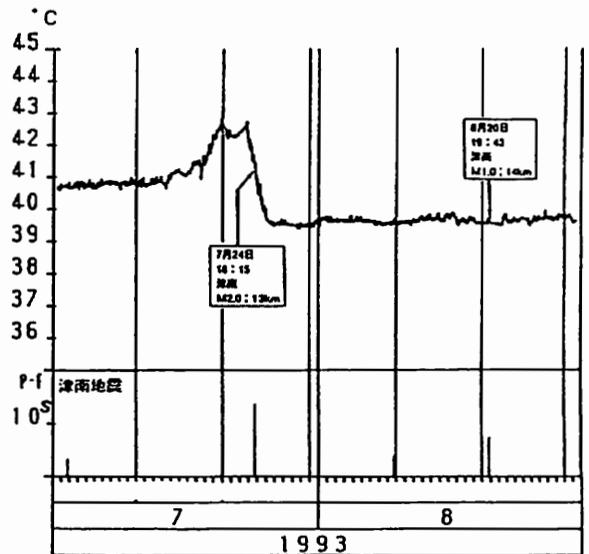


図-25 逆巻温泉の泉温異常と地震活動

ジオプレッシャー型熱水系は地下深部の「歪み」状況を鋭敏に反映し、地震前兆の出現しやすい「壺」の役割を果たしていると考えられる。東頸城・魚沼地域に分布する大規模地すべり地帯は地震前兆が現れやすい特異点、つまり「壺」となっている。地震前兆の現れ易い「壺」での詳しい観測と研究がドンドン行われるようになって欲しいものである。

日本海沿岸地域の被害地震

日本海沿岸は、太平洋沿岸に次ぐ地震多発地帯である(図-26)。太平洋沿岸部では太平洋プレートやフィリピン海プレートが日本列島の下に沈み込むことによって岩盤の破壊が起こり巨大地震が発生する。マグニチュード8クラスの巨大地震は70年~200年の周期で発生している。日本海沿岸部では日本海プレートが本州プレートの下に沈み込みを開始したことによる地震が20~50年周期で発生している。太平洋沿岸の地震に較べてそのマグニチュードは7クラスの大規模地震である。これらの大規模地震はプレート境界で発生し、プレート内部ではより小規模の地震が発生している。太平洋プレートは日本海溝から沈み込みを開始するため、日本列島直下では、地震が多発するプレート境界面は深さ数十kmより深くなり、規模の大きな地震でも被害が軽くなる傾向である。それに対し、日本海沿岸部のプレート境界型地震の震源は浅く、したがって津南地震のようにマグニチュードが4.6程度でも被害を生じることになる。

歴史地震

新潟県南部は、本州を横断する大断層フォッサマグナの北部に位置し、地殻変動の活発なところである。信濃川に沿う東頸城丘陵・魚沼丘陵は古くから信濃川地震帯と呼ばれて地震の多発する地域である。1847年善光寺地震(M7.4)、1965松代群発地震などは信濃川地震帯の代表的被害地震である。津南地震のような局地的な地震は過去にも頻繁に繰り返し発生していたものと考えられる。新編日本被害地震総覧(宇佐美, 1987)や津南町史を初め近隣の郷土史の中に記載されている被害地震を選び出した(表-5)。1992年津南地震のような局地被害地震が数年ないし十数年毎に繰り返し発生しているがわかる。図-27は新潟県南部の歴史被害地分布図である。

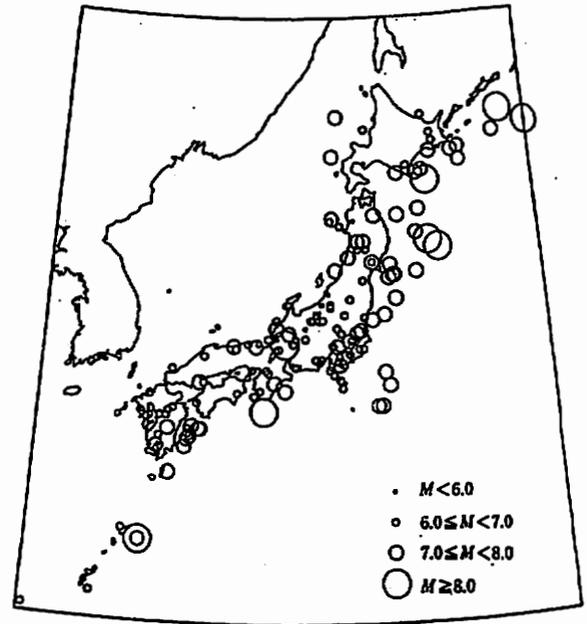


図-26 日本付近の被害地震(理科年表)

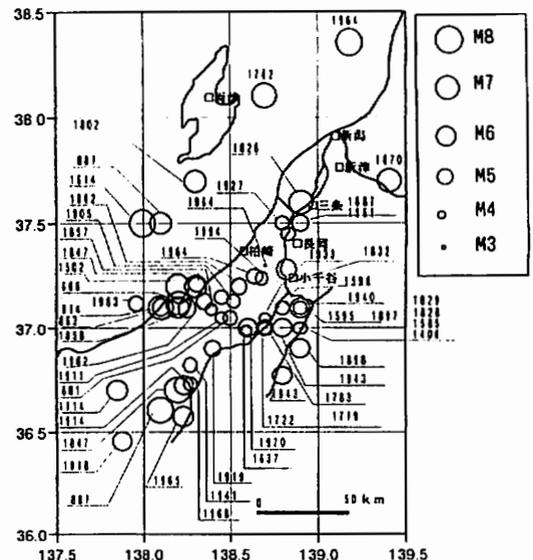


図-27 新潟県南部および日本海沿岸部の被害地震分布図

表-5 日本海沿岸の被害地震

場所	西暦	年月日	M	東経	北緯	被害地震	津南	松之山	中里	塩沢	安塚	高野	備考
越中・越後	863	貞観5/6/17	7	138.1	37.1	*						*	
越後	887	仁和3/7/6	6.5	138.1	37.5	*							
信濃北部	887	仁和4/8/26	7.4	138.1	36.6	*							
塩沢	1406	応永13/8/26	5	138.9	37.0					*			
塩沢	1501	文亀1/4/10	6	138.8	37.0					*	*		
塩沢	1502	文亀1/12/10	6.9	138.2	37.2	*							
塩沢	1585	天正13/11/29~2/1	5	138.9	37.0					*			
塩沢	1595	文禄4/7	5	138.9	37.1					*			
塩沢	1595	慶長1/6/6	5	138.8	37.1					*			
塩高	1614	慶長19/10/25	7.5	138.0	37.5	*		*				*	
津南町外丸	1637	寛永14/11/6	6	138.6	37.0	・修正	*		*	*			
高田	1666	寛文5/12/27	6.4	138.2	37.1	*	*	*	*	*		*	
新発田	1670	寛文10/5/5	6.8	139.4	37.7	*				*			
信濃小谷村	1714	正徳4/3/15	6.4	137.9	36.7	*							
新潟牧村	1719	享保4/3/18	6	138.3	37.1							*	
中里	1722	享保13/7/7	5	138.7	37.0				*				
能登, 佐渡	1729	享保14/7/7	7	137.1	37.4	*							
津南	1738	元文2/11/13	5.5	138.7	37.0	*							
高田	1751	寛延4/4/26	7	138.2	37.1	*			*				
佐渡	1762	宝暦12/9/15	7	138.7	38.1	*						*	
中里	1779	安永8/11/10	5	138.7	37.0				*				
佐渡	1802	12月9日	6.6	138.3	37.7	*							
塩沢	1828	文政11/8/25	5	138.9	37.0					*			
三糸	1828	文政11/11/12	6.9	138.9	37.6	*	*		*	*			
塩沢	1829	文政12/1/11	5	138.9	37.0					*			
中里	1832	天保3/11/26	4.5	138.7	37.1				*				
高田	1847	弘化4/1/1	6.5	138.3	37.2	*							
善光寺	1847	弘化4/3/24	7.4	138.2	36.7	*	*	*	*	*	*	*	
頸城	1847	弘化4/3/29	6.5	138.3	37.2	*							
新潟県神谷	1857	安政4/	5	138.4	37.1							*	
頸城	1858	安政5/2/25	5.5	138.3	37.2								* 2
北信	1886	明治19/7/23	5.3	138.5	37.1	*							
古志	1887	明治20/7/22	5.7	138.9	37.5	*							
塩沢	1895	明治28/1/18	5	138.9	37.1					*			
六日町	1898	明治31/5/26	6.1	138.9	36.9	*							
六日町	1904	明治37/5/8	6.1	138.9	37.1	*							
安塚	1905	明治38/7/23	5.2	138.5	37.2	*					*	*	
新潟県神谷	1911	明治44/11/21	5	138.5	37.1							*	
高田	1914	大正3/11/15	5.7	138.1	37.1	*							
大町地震	1918	大正7/11/11	6.1	137.9	36.5	*							
長野県北部	1919	大正8/3/29	5.4	138.4	36.9	*							
関原	1927	昭和2/10/27	5.2	138.8	37.5	*							
小千谷	1933	昭和8/10/4	6.1	138.8	37.3	*							
中野	1941	昭和16/3/7	5.1	138.3	36.7	*							
長野	1941	昭和16/7/15	6.1	138.2	36.7	*							
長野県古間村	1943	昭和18/10/13	5.9	138.8	36.8	*							
新潟県南部	1951	昭和26/8/2	5	138.5	37.1	*							
長岡	1961	昭和36/2/2	5.2	138.8	37.5	*							
東頸城	1962	昭和37/7/11	5.5	138.6	37.2								* 1
東頸城	1964	昭和39/2/13	5	138.7	37.2								* 1
新潟	1964	昭和39/6/16	7.5	139.2	38.4	*	*	*				*	
松代	1965	昭和40/8/3	6.4	138.2	36.6	*							
長野県北部	1968	昭和43/9/21	5.3	138.3	36.8	*							
東頸城	1971	昭和46/2/26	5.5	138.4	37.1	*							
能生	1983	昭和58/9/21	5.3	138.0	37.1	*							
東頸城	1990	平成2/12/7	5.4	138.6	37.2								* 2
津南	1992	平成4/12/27	4.6	138.6	37.0								* 2
小園	1994	平成6/11/10	3.3	138.7	37.3								* 3

宇佐美龍夫(1987)日本被害地震総覧
高野：高野秀夫(1983)斜面と防災

津南, 松之山, 中里, 中里, 塩沢, 安塚は町史・村史

- * 1：柏崎市より県への陳情書
- * 2：気象庁発表資料
- * 3：被害地震ではない

新編日本地震総覧に記載されている新潟・長野両県の被害地震と町史等に記載されている局地震を合わせて表-5に記載した。なお、表中には地震発生日が同じであるが、年数が1年違いとなっている地震は記録上の間違いとしてみなし、同一の地震とした。

津南町史の年表にある1637年の津南町外丸で起こった地震は、付近の町史などにも記録が無く、津南町史にのみ記載されている。この記録には地震によって外丸付近でゆるんだ地盤が崩れ、崩れた土塊が信濃川をせき止め水害を誘発したと書かれている。

1637年津南外丸地震と同様に、隣接する町村史にも記録のない地震として、中里村史に1722年、1779年、1832年、1854年の計4回、松之山町史に1771年の1回がそれぞれ年表に記載されている。これらの地震はみな局地的な地震であり、今回の津南地震のような地震はこの付近では過去何度も起こっていたことがわかる。

この表の地震の中で震源位置、マグニチュードのわかっているものが図-27である。本地域の北側にある東頸城丘陵においてかなり頻繁に地震が発生していることがわかる。

地 形

津南町は西を東頸城丘陵-関田山地、東を魚沼丘陵で挟まれた長さ35km、幅5kmの十日町盆地の南端に位置する(図-28)。長軸に沿って信濃川が南西から北東に流れ、10段もの河岸段丘が形成されている。長野盆地を経て北北東に流れる千曲川はさらに東に向きを変えて十日町盆地にはいる。千曲川は長野・新潟県境をなす志久見川が合流すると、信濃川と名を代える。志久見川は十日町盆地の南端の境となっている。信濃川は津南町東部で再び北東に方向を変え、十日町盆地を縦断して新潟平野に向かう。本地域の北部では千曲川-信濃川と平行して関田山地も強く湾曲して走り、長野盆地西縁の山地と東頸城丘陵とを結ぶ。北北東に延びる魚沼丘陵の西翼緩斜面と信濃川の間に幅数kmの広い河岸段丘が形成されている。津南町付近では毛無・苗場火山群から発する志久見川・中津川・清津川が信濃川に合流している。

地 質

津南町を中心にして、新潟県南部の地形を区分すると、西から東に向かい東頸城丘陵、十日町盆地(信濃川低地)、魚沼丘陵、六日町盆地(魚野川低地)、越後山地がある。本地域は本州を東西に二分する大断裂フォッサマグナの北部を占め、フォッサマグナには中新世の海底堆積物が数千mの厚さで堆積している。新第三系の堆積物は東西方向の圧縮力によって褶曲し、褶曲背斜部が山稜に、向斜部が低地や盆地になっている。信濃川左岸に当たる東頸城丘陵には背斜構造をなす新第三系中新世の堆積岩が広く分布し、その厚さは数千mに達する。この新第三系の地層は越後山地に露出し、東頸城丘陵

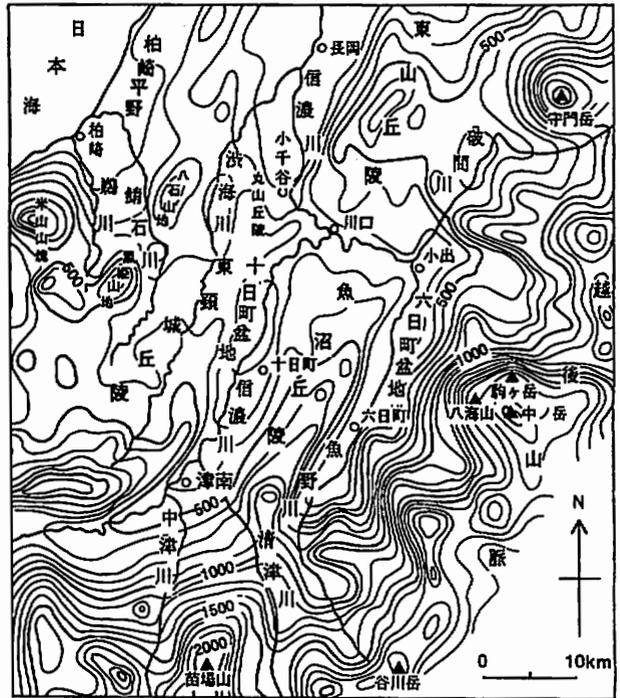
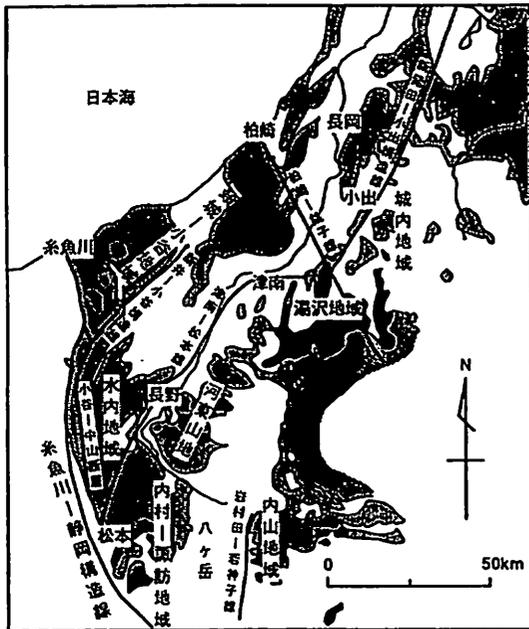


図-28 新潟県南部の切峰面図(内藤, 1960)

と越後山地に挟まれる魚沼丘陵は新第三系の向斜部に堆積した鮮新世－更新世の堆積物である。東頸城丘陵松之山地区では新第三系がドーム状構造をなして露出している。

越後山地と新潟油田地域の境界をなす新発田－小出構造線は柏崎－銚子構造線によって切断されるが、その南の延長は津南－松本線につながると考えられている（小坂，1985）。

新発田－小出構造線の西側に新潟油田・ガス田を形成する新第三系・第四系が分布し、その東側には中・古生界の花崗岩・超塩基性岩・変成岩などが分布する。新発田－小出構造線の南の延長は津南－松本構造線となって長野盆地および松本盆地を貫き糸魚川－静岡構造線に収れんしている（図－29）。本州を東西に分断しているフォッサマグナ断裂帯は長野県北部・新潟県南部で東に屈曲し、日本海沿岸を北東に向かう（図－30）。津南地域はその屈曲部に位置していて、地殻変動、したがって地震活動が活発な地域である。



■ 新第三紀の堆積岩・火山岩類 ■ 新第三紀の半深成岩・深成岩類

図－29 フォッサマグナ北部の地質区分
(吉村，1988原図)

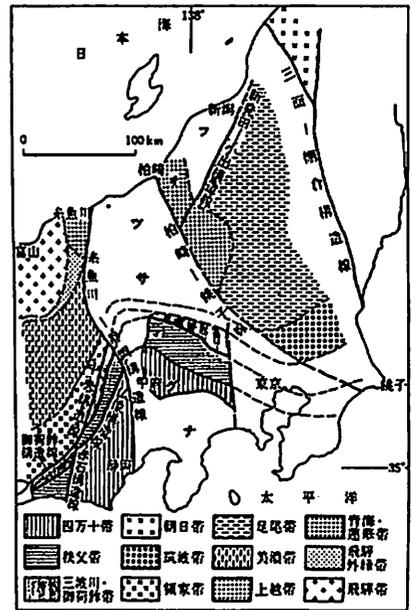


図 1.2 中央日本のおもな地質構造帯と地質区 (図見・河田，1968；山下，1970；吉田ほか，1976；小松ほか，1985をもとに横村作成)

図－30 本州を分断するフォッサマグナ大断裂帯

津南地区はフォッサマグナが東に折れ曲がる部分に位置している。

河岸段丘

志久見川合流点から下流の信濃川右岸には大規模な河岸段丘が形成され、津南町付近では10段の段丘が識別されている（信濃川段丘グループ，1968；新潟火山灰グループ，1981）。これらの研究を基礎にして、空中写真と現地調査によって、図－31に示すように本地域では、上位から下位に向かい、谷上段丘・米原段丘・卯ノ木段丘・朴ノ木段丘・貝坂段丘・正面段丘・大割野段丘の7段の段丘を区分した。

写真－16と写真－17は信濃川左岸マウントパーク上空から信濃川および中津川に沿って形成された河岸段丘の写真である。谷上段丘および米原段丘は信濃川に沿う広い河岸段丘であるが、朴の木坂段

丘以下の段丘面は中津川流路の影響を強く受けた分布を示している。写真-17で米原面の背後の台地は苗場火山の溶岩原面である。

谷上段丘（谷上面）

本地域で最も古い段丘面で、米原軽石グループ及び、美穂軽石層、谷上スコリア層をのせている。本段丘は顕著な傾動が認められる段丘面である。谷上面は堂平、美穂、源内山など中津川右岸域に分布し、信濃川左岸域には分布しない。



写真-16 マウントパーク上空より見た河岸段丘



写真-17 マウントパーク上空より見た信濃川沿いの河岸段丘

米原段丘（米原面）

米原段丘はその高さから米原Ⅰ段丘と米原Ⅱ段丘に2分されているが、ここでは米原Ⅰ・Ⅱ段丘をまとめて米原面とした。早津・新井（1981）によれば、低位である米原面Ⅱは米原軽石グループのテフラMG-bまで、高位の段丘面である米原面Ⅰは米原軽石グループの全テフラ層をのせる。本地域でもっとも大きな広がりを持つのがこの米原面であり、信濃川右岸で中子から芦ヶ崎にかけてと中深見から原町にかけての地域と信濃川左岸の上野地区に分布している。

志久見川と中津川に挟まれ7×3kmの広がりをなす米原面は10万年～30万年前と推定されている（早津・新井，1981）。現在ほど信濃川・志久見川・中津川の下刻が進まなかった時代の志久見川系・中津川系および苗場溶岩流台地から発した河川系などの流路が浅い谷（凹地）としてこの平坦面に刻みこまれている（図-32）。米原段丘は隆起を始めた魚沼丘陵西翼に形成された複合扇状地群である。

志久見川系の凹地は米原面西側の北北東-南南西に連なる。中子ダム・城原西のダムや子種新田ダムなどはこの流系凹地を利用して造られている。米原面中央部には苗場溶岩流台地からの水系が南北方向に配列し、城原ダム・岡ダム・立石ダムはこの水系に属する。全国名水100選として指定された竜ヶ窪の湧泉は苗場溶岩流の末端から豊富に湧出する清冽な地下水である。米原面東部の芦ヶ崎地区では石坂から芦ヶ崎に向かう北北西-南南東方向の流路系があり、古い中津川の扇状地であることを物語っている。

志久見川と中津川に挟まれる地域の米原段丘はでは、志久見川沿いの朴ノ木沢や大井平、赤沢付近では段丘礫の礫種がほとんど安山岩質であるのに対し、東側の中津川沿いの石坂や芦ヶ崎付近では石英閃緑岩や、珪質岩などを含んでいる。各河川系の後背地の地質の違いが段丘礫の種類に現れている。

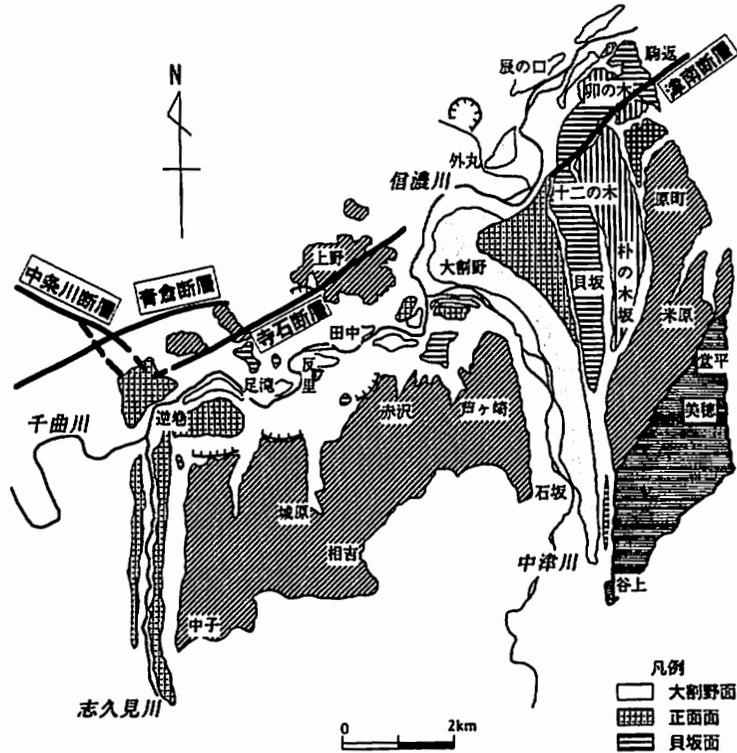


図-31 津南町地域の河岸段丘分布および断層

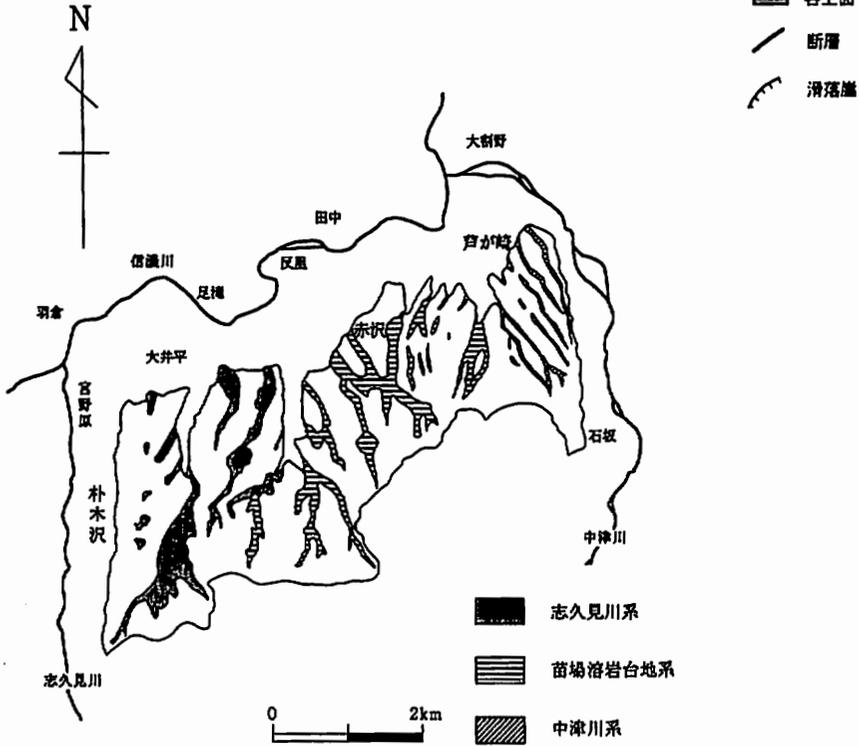


図-32 志久見川—中津川に挟まれる米原段丘面に刻み込まれている志久見川系・中津川系・苗場溶岩台地系の流路網分布図

卯ノ木段丘（卯ノ木面）

卯ノ木面上には相吉スコリア層以上をのせていることは確認されているが、その下はよくわかっていない。しかし、上下の段丘の關係から朴ノ木坂スコリア層をのせていると思われる。米原軽石グループとの關係は不明である。津南町では中里村との境に近い卯ノ木近辺にだけ分布している。

朴ノ木坂段丘（朴ノ木坂面）

朴ノ木坂面上には3.5～4 mのテフラ層が確認されており、段丘礫層の数十cm上位には朴ノ木坂スコリア層が産出している。中津川右岸地域にみられ、朴ノ木坂から十二ノ木および、卯ノ木周辺に分布している。朴ノ木坂面は国道117号線に沿う卯ノ木―十二ノ木間でより若い貝坂面によって切断され、その国道北西側は隆起し、中津川扇状地に対して逆傾斜している（写真-17）。貝坂段丘形成後の急速な地殻変動の現れである。

貝坂段丘（貝坂面）

貝坂段丘面上には1.5 mのテフラ層が確認されており、そのほぼ真ん中の層順に貝坂スコリア層はさまれている。また、段丘礫層直上の褐色風化火山灰層からは大山倉吉軽石層（DKP, 4.5～4.7 万年前）を特徴付ける紫蘇輝石や角閃石が多量に検出されている。中津川から信濃川にかけての船山から上段を経て、駒返にわたり広く分布し、穴山、芦ヶ崎付近に小さく分布している。

正面段丘（正面面）

正面段丘の面上には褐色風化火山灰層が重なり、そのなかに始良Tn火山灰層（2.2～2.5万年前）が含まれる。正面付近、羽倉周辺、大井平、志久見側の右岸に分布している。始良Tnテフラとは2.2～2.5万年前に、鹿児島湾北部にあった径20kmの始良カルデラ大噴火により日本列島全体に散布された軽石質火山灰層を指し、地質時計の役割を果たしている。

大割野段丘（大割野面）

大割野面はその高さからさらに2つに区分されるが、そのどちらも面上に褐色風化火山灰層をのせていない。信濃川段丘グループ（1968）は完新世に形成されたと考えている。中津川に沿って割野から反里口にかけて広く分布するほか、信濃川沿いに点々と分布している。

段丘の変位

津南町に分布する段丘の変位は早くから研究されており、本地域の南東が隆起し、北西方向へ傾斜していくことが指摘されている（町田・池田：1969、島津・立石：1992）。特に中津川流域において、段丘は中津川の右岸にのみ広がり、中津川を挟んで卯ノ木段丘以下の新しい段丘が著しく非対称の分布をなしている。この段丘の非対称分布は、卯ノ木段丘以後現在に到る時代に、魚沼丘陵当間山（1017 m）を中心にした隆起運動によって中津川が西へ西へと流路を変遷させられた結果であろう。

写真-18は信濃川右岸芦ヶ崎から対岸にある田中および上郷上野の段丘を見た写真である。写真左が上流である。信濃川河床から比高200 mの段丘面は米原面である。田中の集落がある面は一番低い大割野面である。ここで注目すべきは米原面が上流に向かって傾斜していることである。河岸段丘は現河床と平行して下流に向かい傾斜するのが普通である。上流に向かい標高が低下する原因は地殻運動によって下流川が隆起をしていることによる。

同様な河岸段丘の変位は、芦ヶ崎から下流の津南町正面原方向を望む写真-19にも示されている。信濃川に右から合流する中津川の扇状地が朴ノ木坂面、貝坂面、正面面、大割野面の段丘地形を形成している。これらの段丘面は中津川の上流（写真右）から下流（左）に傾斜するのが普通であるが、

写真中央部の台地（朴ノ木坂面）は左から右に傾き、米原段丘形成後の急激な隆起運動があることを示唆している。

信濃川に沿い森宮野原駅から割野に到る区間の各段丘の変位を検討する。図-33は森宮野原駅から震央逆巻を経て芦ヶ崎にいたる信濃川沿いの各段丘面の標高曲線である。各段丘面において、信濃川沿いの浸食や崖崩れなどの影響が及んでいないと推定される段丘面標高をとった。大割野面は信濃川の河川勾配とほとんど同じ傾向を示すのに対し、正面面、貝坂面、米原面は、足滝付近から信濃川の河川勾配から離れ、反里（そり）付近では上流に向かって傾斜している。段丘の隆起量は古い段丘ほど大きくなり、米原面では数十mもの隆起になっている。



写真-18 信濃川右岸芦ヶ崎（米原面）より見た信濃川左岸の上郷上野付近の河岸段丘
米原面は上流（左）に向かい傾いている。



写真-19 信濃川右岸芦ヶ崎（米原面）より見た津南町中央部
写真中央部で朴ノ木坂面は中津川上流（右）に向かい傾斜している。

段丘の形成年代

各段丘の形成年代は、段丘の上ののっているテフラの層序および放射年代などをもとに多くの研究がなされているが、広域テフラに注目しながら最近の放射年代資料の検討を行っている早津・新井（1980, 1981）、町田（1982）の年代を採用した。表-6に段丘とテフラの関係をまとめた。

各段丘の形成年代はテフラとの関係から、谷上面は美穂スコリアグループの年代から35~30万年前、米原面は米原ローム層の一部を乗せており、このローム層の噴出起源である長野県高社火山の活動していた時代を示す30~20万年前、卯ノ木面が上下の段丘面との関係から20万年前前後、朴ノ木坂面が米原軽石グループをのせず上樽KTをのせていることから、これら間で20~14万年前、貝坂面は大山倉吉軽石層（DKP）をのせていることから5万年前、正面面が始良Tn火山灰層（AT）をのせていることから3~2.5万年前、大割野面が始良Tn火山灰層（AT）堆積以降に形成された段丘面であることから2.3万年以降に、それぞれ形成したものとする。

図-34は横軸に段丘の年代をとり、縦軸に信濃川からの段丘の平均比高（図-33より）をとり、直線で結んだ。なお、隆起段丘面は点としてプロットしてある。図-34より、津南地域南部の段丘を用いて、地殻の上昇がもっとも活発に起こっていた時代を推定してみる。35万年~15万年前が年平均1mmの上昇をし、15万年前から上昇速度は低下し年0.3mmとなった。5万年前から隆起速度が年平均2mmとなり、最近の5万年間が最も隆起速度が大きくなっている。現在、本地域の地震活動の活発になっていることが段丘の変位からも裏打ちされた。

表-6

略称	名 称	大野	割	正面	貝坂	朴ノ木坂	卯ノ木	米原	谷上	年代 (万年)	対比(M妙高)	文 献	給源火山
AT	始良Tn			*	*	*	*	*	*	2.2	始良Tn(AT)	早津・新井1981	始良カルデラ
KS	貝坂スコリア層				*	*	*	*	*	3	関山SY M	早津・新井1981	妙高火山
DKP	大山倉吉軽石層			*	*	*	*	*	*	4.6	大山倉吉DKP	早津・新井1981	大倉倉吉火山
DH	堂平スコリア層				*	*	*	*	*	6	EPm 土橋DBM	早津・新井1980	立山火山
JH	城原スコリア層				*	*	*	*	*	7	M		
AS	赤沢軽石層				*	*	*	*	*	12	花房HBM	町田1987	妙高火山
AYa	相吉				*	*	*	*	*		大鹿OSM		妙高火山
AYb	相吉				*	*	*	*	*		大鹿OSM		妙高火山
NG	中子軽石層				*	*	*	*	*	14	上樽KTM	早津・新井1982	飯縄火山
HK	朴ノ木坂スコリア層				*	*	*	*	*		濁川NKM		黒姫火山
MGa	米原軽石グループ						<*>	*	*		野沢温泉NPa~i		高社火山
MGb	米原軽石グループ							*	*		野沢温泉NPa~i		高社火山
MGc	米原軽石グループ							*	*		野沢温泉NPa~i		高社火山
MGd	米原軽石グループ							*	*		野沢温泉NPa~i		高社火山
MGe	米原軽石グループ							*	*		野沢温泉NPa~i		高社火山
MGf	米原軽石グループ							*	*		野沢温泉NPa~i		高社火山
MGg	米原軽石グループ							*	*		野沢温泉NPa~i		高社火山
MGh	米原軽石グループ							*	*		野沢温泉NPa~i		高社火山
MGi	米原軽石グループ							*	*		野沢温泉NPa~i		高社火山
MGj	米原軽石グループ							*	*		野沢温泉NPa~i		高社火山
MGk	米原軽石グループ							*	*		野沢温泉NPa~i		高社火山
MGl	米原軽石グループ							*	*		野沢温泉NPa~i		高社火山
MGm	米原軽石グループ							*	*		野沢温泉NPa~i		高社火山
MHa	美穂軽石層							*	*	30~	桶海OKM	早津・新井1980	高社火山
MHb	美穂軽石層							*	*	35	桶海OKM		高社火山
TN	谷上スコリア層							*	*				

対比 (M妙高)：妙高テフラ(M)との対比の意味
 <*>：存在する可能性がある

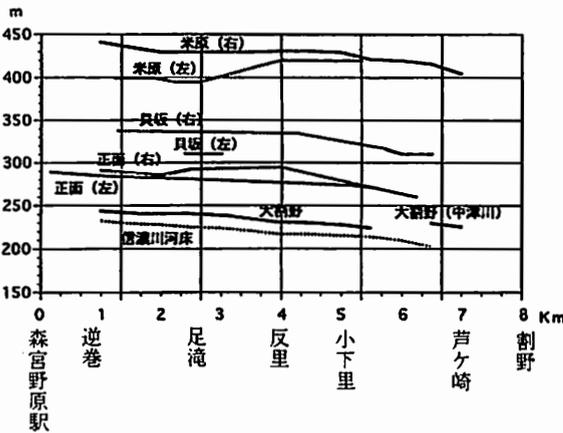


図-33 信濃川に沿う森宮野原から芦ヶ崎間の各河岸段丘の標高曲線

信濃川左岸の米原面、右岸の正面面の隆起が顕著である。信濃川の河床勾配と比較すると、各段丘面の傾斜が小さい。

信濃川からの比高 (平均)

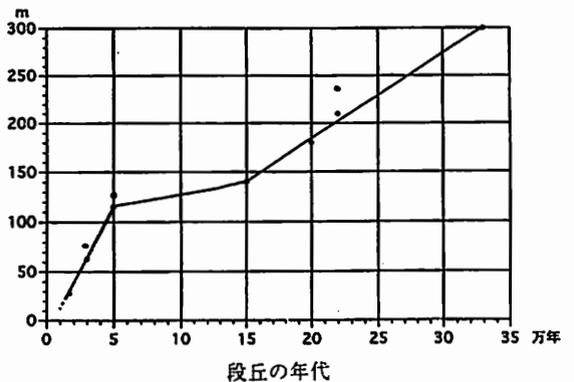


図-34 信濃川に沿う各段丘の隆起速度

町立上郷中学校校舎の被害診断

本地震によって大被害を受けた上郷中学校校舎の被害調査が、町の要請を受けて、新潟大学工学部建設学科の川瀬清孝教授・加藤大介助教授によって行われた。最も被害の大きかった校舎は2階建てよりなり、1階が教室、2階が体育館である。1階と2階の下部が鉄筋コンクリート構造、2階上部

は鉄骨構造よりなる複合構造である。2階が鉄骨造りとなっているのは、体育館が柱のない広い空間を必要とし、上部の重量を小さくするために鉄骨構造となっている。2階上部は直線的鉄骨をネジ止めして造った鉄柱（ラーメン構造）を梁でつなぎ、その間を筋かいで結んだ骨組みである。校舎の短辺となっている両側壁はラーメン構造の骨組を含んだ強い全面鉄筋コンクリート壁である。両側の強い鉄筋コンクリート壁に挟まれた校舎は、地震による両壁の複雑な動きで、押しつぶされたり引き延ばされたりした結果、2階上部の鉄骨ラーメン構造や筋かいが耐えきれなくなり、曲がったり折れたりして建物が変形し、アルミサッシの窓枠がはずれ、天井が垂れ下がり一部が落下したことが明らかになった。校舎両端の鉄筋コンクリート壁には多数の亀裂が生じた。鉄筋コンクリート壁は鉄骨ラーメン構造より強固で変形しにくいので、両者間の構造的不均一性が被害を大きくした。すでに大きく変形している鉄骨ラーメン・筋かい構造は次ぎの強い地震に対し抵抗できないので、至急に復旧対策が必要であると指摘した。

町立上郷中・小学校の地盤調査

津南町では上郷中・小両学校の大被害を重視し、地震に強い校舎建設のために地盤の地質調査ボーリングを実施した。今回のボーリング調査結果に道路消雪用地下水井戸のボーリング資料を加えて、上郷中学校を通る国道117号と平行なA-A'（大割野面）と上郷小学校を通る志久見川と平行なB-B'断面（正面面）を図-14と図-15に示した。

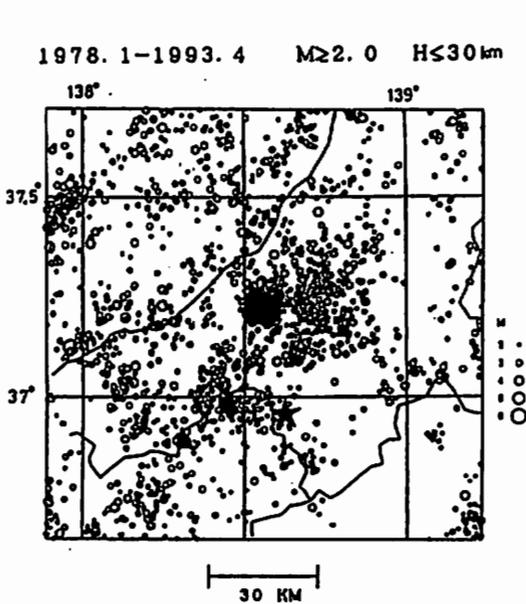


図-35 微小地震分布

東大信越観測所のルーチングデータ
星印が1992年12月の津南の地震（個，1993）

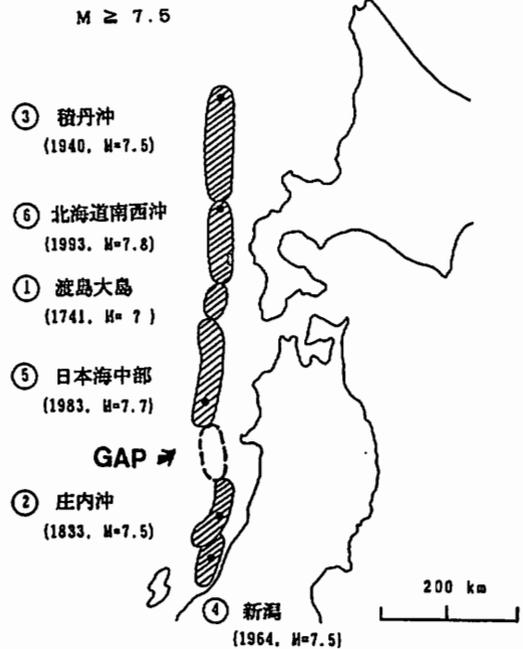


図-36 大竹(1993)による日本海東縁部の地震空白域

図-14の上郷中学校断面（大割野面）では、予想に反し、深さ7～11mにN値が10以下の泥層があり、建築基礎の造成に特別な注意が必要となっている。図-15の上郷小学校断面（正面面）では、これも予想に反し、10～17mの段丘礫層中にN値が10以下の泥層が2層挟まれている。両段丘共に浸食段丘で、巨礫を含む薄い段丘礫層のみと考えていたが、事実はそうではなく、著しく軟弱な泥層が挟まれている。宮野原地区の段丘礫層堆積時にときたま水流の弱い湖状態があり、泥が堆積した。

信濃川の流れが地すべりや大型土石流によって閉塞されたものと推定される。1637年津南外丸地震で、外丸の沢から地すべりが発生し、信濃川がせき止められ、水害となったが、それと同様な事件が過去に幾度か発生していたことをこの泥層は示唆している。地震によって地すべりが発生し、河川がせき止められ大水害が発生した例は幾つもある。1847年善光寺地震で千曲川の支流である犀川に、地すべりによる大せき止め湖が生じ、地震後20日目にそれが決壊して下流地域に大被害をもたらした。

IV お わ り に

津南地域が地殻変動の激しい北部フォッサマグナの複雑な地質構造地帯に位置していることを詳しく述べた。最近の5万年は地盤の上昇速度が大きくなり、東頸城丘陵の松之山ドームや魚沼丘陵の当間山ドームの隆起運動が河岸段丘の変位として地形に表現されている。本地域の深部熱水は石油・天然ガスと密接なつながりをもつ高圧のジオプレッシャー型熱水である。この熱水が断層の割れ目を通して地表に湧出し、地震活動を鋭敏に反映している。佃(1993)による1978~1993年の北部フォッサマグナ地域の地震分布図(図-35)は東頸城丘陵や魚沼丘陵の地震活動が活発であることを示している。最近東北大学の竹政和(1993)は日本海沿岸の被害地震を再検討し、大陸のユーラシアプレートと北米プレートの新しい境界が図-36に示すように、新潟市から内陸部にはいり、信濃川にそって十日町盆地や長野盆地を経て松本盆地に向かう構造線として誕生しつつあるとする新学説を提唱した。

石川(1994)は日本海東縁部の地震活動を総括し、ほぼ100年の周期で地震活動期と静穏期が繰り返していることを明らかにし、1964年頃から現在の地震活動期に入っていると指摘した。さらに1985~1989年の震央分布図で新潟県中部に地震空白域が生じていることを指摘している。

古くから信濃川地震帯として地震活動の活発な地帯の性格が次第に明らかになってきた。1637年の津南外丸地震のように、局地的な地震であるが、震源が浅いため、地すべりを発生させ、河川がせき止められる被害は今後も発生する可能性がある。津南地域は温泉に恵まれ、その温泉は松之山~野沢温泉系の非火山性温泉である。地震・地すべり・温泉・石油・天然ガスが複雑にからみ合っている。今回の津南地震は、大きな被害を与えたが、このような自然の神秘さを教えてくれた。

謝 辞

本調査にあたり東京大学地震研究所の佃為成助教授から津南地震の震源位置や規模などについての資料を頂いた。同研究所の山科健一郎助教授から国道の亀裂についての踏査図を頂き、大久保修平助教授からは地球潮汐と水位変化についての助言を頂いた。気象庁松代地震観測所檜皮久義氏から津南地震の波形記録を提供して頂き、本地震の貴重な記念とすることが出来た。新潟大学工学部建設学科の川瀬照雄教授・加藤大介助教授からは上郷中学校・小学校の地震被害について教えて頂いた。北海道大学工学部建設工学教室の岡田成幸助教授から震度階調査に際して貴重な研究資料と助言を頂いた。

(株)日さく新潟支店水谷宣明氏からは水位観測の整理について助言を頂いた。津南町小林三喜男町長・滝沢秀雄助役・村山繁教育長は調査が円滑に進むよう暖かいご支援を頂いた。同町根津紘総務課長、丸山昌宏教育委員会学校教育課長、藤ノ木一郎建設課長、藤ノ木剛ふるさと開発室長には観測装置の設置、町の調査資料をはじめ津南町史やボーリング掘さく資料、空中写真などを提供して頂いた。同町総務課小林博明係長からは町営段野温泉の観測資料や地震前後の温泉異常について貴重な情報を頂き、建設課柳沢康義氏は消雪井戸の調査にご協力くださった。地震計の設置では上郷寺石吉祥寺島

田哲宏氏, 上郷大井平善福寺小酒井周海氏, 赤沢大聖寺柳沢義諦氏, 龍ヶ窪ポンプ場井上正夫氏, 栄村塩尻石沢完氏, また温泉観測では(株)新川屋会長坂田領氏, 中津川逆巻川津屋吉野徹氏からご協力をいただいた。十日町地域消防本部から午後4時の気圧の観測資料を提供して頂いた。宮野原逆巻の西沢喜美さんおよび宮野原温泉宝山荘からは貴重な地震体験と共に空中写真を提供していただいた。以上の方々に厚く感謝の意を表したい。

文 献

- 石川有三(1994):残された空白域, 月刊海洋号外No.7, 102-107.
- 早津賢二・新井房夫(1980):妙高火山群テフラ地域の第四紀テフラ層—示標テフラの記載および火山活動との関係一, 地質学雑誌, **86**, 243-263.
- 早津賢二・新井房夫(1981):信濃川中流域におけるテフラ層と段丘形成年代, 地質学雑誌, **87**, 791-805.
- 早津賢二・新井房夫(1982):妙高火山群テフラ地域の最新世テフラ層—示標テフラ層の記載とそれに関した2, 3の問題, 第四紀研究, **21**, 1-13.
- 早津賢二・新井房夫・白井 享(1982):新潟県高田平野の中位段丘と古砂丘—形成年代についての火山灰編年学的考察一, 地学雑誌, **91**, 1-16.
- 北海道大学工学部(1988):北海道地区自然災害科学資料センター報告, Vol. 2.
- 北海道大学工学部建築工学研究室(1990):耐震工学研究室論文集No.4.
- 服部修一(1990)鍋立山トンネルの施行について, 新潟応用地質研究会誌, **35**, 2-24.
- 飯川健勝・新潟地震グループ(1993):新潟県津南町上郷地区に発生した局地地震(1992.12.27)の震度分布と地形について, 第3回環境地質学シンポジウム講演論文集, 日本地質学会, 環境地質研究委員会, 343-348.
- 池田 宏・町田 貞・鈴木隆介・白井哲之・太田陽子(1965):信濃川中流沿岸の河岸段丘と地殻運動(要旨), 地理学評論, **38**, 379-380.
- 金子隆之・清水 智・板谷徹丸(1989):K-A r年代から見た信越高原地域の火山活動, 岩鉱, **84**, 211-225.
- 活断層研究会(1991):新編日本の活断層, 東京大学出版会.
- 風岡 修・立石雅昭・小林巖雄(1986):新潟県魚沼地域の魚沼層群の層序と層相, 地質学雑誌, **92**, 829-853.
- 町田 貞・池田 宏(1969):信濃川中流地域における段丘面の変位, 地理学評論, **42**, 623-630.
- 町田 洋(1987):火山・テフラ・大崩壊, 第四紀学会編「日本第四紀地図 解説」, 東京大学出版会, 11-16.
- 町田 洋・新井房夫(1992):火山灰アトラス(日本列島とその周辺), 東京大学出版会.
- 松之山町(1992):松之山町史.
- 中村一明(1989):火山とプレートテクトニクス, 東大出版会.
- 中里村(1990):中里村史.
- 内藤博夫(1965):新潟県十日町市付近の地形—魚沼地方の地形発達史についての若干の考察, 地理学評論, **38**, 613-629.
- 新潟火山灰グループ(1981):新潟県下のローム層について その1—信濃川ローム層について—, 地球科学, **35**, 294-311.
- 新潟火山灰グループ(1983):魚沼層群中の火山性堆積物, 地研専報26「魚沼層群」23-31.
- 新潟県(1977)新潟県地質図, 同説明書.
- 大木靖衛・佐藤 修・青木 滋(1992):北部フォッサマグナのジオプレッシャー熱水系に起因する地震と地す

- べり, 月刊地球/号外No. 5, 121-125.
- 大木靖衛・鈴木孝治・伊東 博・青木 滋(1990): 1990年東頸城群発地震について, 新潟大学災害研年報, 12号, 15-23.
- 太田陽子・町田 貞・白井哲之・鈴木隆介・池田 宏(1965): 信濃川中・下流部の河岸段丘と地殻運動—十日町・長岡間の段丘の変位を中心として(要旨), 地理学評論, 38, 380.
- 大竹政和(1994): 日本海東縁の地震空白域の再検討, 日本地質学会講演予稿集, No. 2, 37.
- 志久見川団体研究グループ(1991): 新潟—長野県境の魚沼層群の層序と火山活動, 地球科学, 45, 345-362.
- 島津光夫・五十嵐聡・喜多孝行・門馬直一・滝沢松雄(1983): 千曲川及び中津川流域の鮮新—更新世火山岩類, 地団研専報26「魚沼層群」45-56.
- 島津光夫・立石雅昭(1992): 苗場山地域の地質, 地域地質研究報告, 5万分の1図幅, 地質調査所.
- 信濃川段丘研究グループ(1968): 新潟県津南地域の第四系—新潟の第四系そのIX—, 新潟大学教育学部高田分校研究紀要 No.13, 175-202.
- 消防科学センター(財団法人)(1984): 東京都震度階級, 地域防災データ総覧.
- 杉村 新(1987): グローバルテクトニクス, 地球変動学, 東京大学出版会.
- 鈴木毅彦・早川由紀夫(1989): 中期更新世に噴火した大町APmテフラ群の層位と年代, 第四紀研究, 29, 105-120.
- 十日町地域消防本部(1993): 大揺れの恐怖—平成4年津南町上郷地震体験者の記録, 十日町地域広域事務組合.
- 塚原弘昭・池田隆司(1991): 本州中部の地殻応力方位分布—応力区とその成因—, 地質学雑誌, 97, 461-474.
- 佃 為成(1993): 奇妙な小地震, 地震ジャーナル, 16, 24-30.
- Tsukuda, T. and Ōki, Y. (1994): A destructive shallow small earthquake—The 1992 Tsunan earthquake of M 4.5 in Southern Niigata Prefecture, central Japan—, Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo. 69, 19-38.
- 津南町史編さん委員会(1985): 津南町史通史編(上下巻), 津南町役場
- 津南町(1986) 津南町町史(通史編, 資料編全4冊)
- 富樫茂子・赤羽貞幸(1991): 長野県高社火山の地質—安山岩質小火山の形成と浸食—, 地質調査所月報, 42, 409-420.
- 植村 武・山田哲雄編(1988): 中部地方I, 共立出版
- 魚沼丘陵団体研究グループ(1983): 魚沼層群の地質, 地団研専報26「魚沼層群」5-23.
- 宇佐美龍夫(1987): 新編日本被害地震総覧, 東京大学出版会.
- 山崎 崇(1994): 1992年津南地震と段丘の変位の地震地質学的研究, 新潟大学理学部地質鉱物学科卒論(手記).