

新潟県の地震

平成9年8月22日

NEXT 21

6階新潟市民プラザ

主催 97' 防災フェア実行委員会
共催 日本地質学会関東支部
共催 (社)地盤工学会北陸支部
共催 (社)日本技術士会北陸支部
共催 新潟応用地質研究会
後援 新潟県地質調査業協会

「新潟県の地震」

期 日 平成9年8月22(金)
時 間 午後1時から5時まで
場 所 N E X T 2 1 : 6階 新潟市民プラザ
参加費 無料

目 次

13.00 -13.05	あいさつ 実行委員会事務局長 (青木 孝雄 新潟県消防防災課長)	1
講 演		
13.05-13.35	新潟県の地震—新潟県は安全か— (茅原一也 新潟大学名誉教授)	2
13.35-14.05	新潟県の地震津波 (阿部邦昭 日本歯科大学教授)	6
14.05-14.35	新潟平野の地盤と地震 (青木 滋 新潟大学名誉教授)	10
14.35-14.50	----- 休 憩 -----	
14.50-15.20	新潟県の地震活動 (佃 為成 東京大学地震研究所助教授)	14
15.20-15.50	新潟県の活断層 (大木靖衛 新潟大学積雪地域災害研究センター教授)	18
15.50-16.20	地盤の液状化 (大川秀雄 新潟大学工学部教授)	22
16.20-16.50	地震に強い木造家屋 (加藤大介 新潟大学工学部助教授)	24

司 会 地質学会関東支部長 青木 滋

共催 日本地質学会 関東支部
共催 (社)地盤工学会 北陸支部
共催 (社)日本技術士会 北陸支部
共催 新潟応用地質研究会
後援 新潟県地質調査業協会

掲載

「新潟県の地震」開催にあたって

平成9年8月22日

防災フェア'97実行委員会事務局長
新潟県環境生活部消防防災課長

斉木 孝雄

平成7年1月17日に発生した阪神・淡路大震災は死者6,300名以上という戦後最大の被害をもたらしました。その直後の4月1日に、新潟県においても(M6.0)の「新潟県北部の地震」が発生しました。

このことは、災害はいつ襲ってくるかわからないという事実をあらためて私たちに思いおこさせました。

県といたしましても、災害から県民の皆様の生命財産を守るため、様々な防災対策を実施しておりますが、災害を未然に防ぐには県民の皆様の平素からの心掛けが極めて重要であると思われまます。

「防災フェア'97」は防災週間の主な行事のひとつとして開催されるもので、地震や風水害等の災害についての認識を深め、「わが家、わがまち」をみんなで災害から守ることの大切さを理解していただくことを目的として、昭和57年から毎年、全国の主要都市を中心として開催されているものです。本年は新潟県において、8月20日から24日まで、新潟市の新潟三越をメイン会場として「防災フェア'97」を開催しています。

「新潟県の地震」講演会は、この「防災フェア'97」の主要な行事として行うものです。この講演会によりまして、県民のおひとりひとりの防災意識が一層高められ、災害に対する備えが充実できれば幸いに存じます。

新潟県の地震

—新潟県は安全か—

茅原一也（新潟大学名誉教授）

1. 地震予知についての最新の動向

最近（1997年6月27日）、短期間における地震予知（いつ、どこで、大きさ）は不可能であるとの報告が文部省測地審議会から出された。これは、日本の「地震予知計画」の目標を直前予知から基礎研究に方向転換する評価報告といえることができる。

地震予知計画を策定する文部省の測地審議会の下部組織で、地震学者で構成する地震予知特別委員会は、現在の研究レベルでは地震の（短期的）予知は困難として、過去32年間続いた地震予知計画を抜本的に見直す必要性を盛り込んだいわば事故点検書をまとめたのである。

これは地震火山部会をとめて測地審議会に報告されたといわれている。

このようなことになった背景としては、

- (1) 今回の阪神・淡路大震災が全く予知できなかったこと。
- (2) これまでの地震予知計画は、いわゆる地殻変動などの前兆現象の検出や観測に重点を置く経験的手法に基づく研究を主に実施してきた。しかし、明らかに前兆現象と認められる現象は少なく、その現れ方も複雑で、何らかの系統性が見いだせるような信頼できるデータは蓄積されていないこと。
- (3) 地震発生のメカニズムは、かつて想像していたものに比べ、複雑で容易に知り得ないこと。などが背景にある。

報告書は、このような地震予知計画を見直しを、率直に自己批判するとともに、今後の研究課題として、以下のように述べている。

- (1) 地震発生の複雑さの原因である地殻の不均質さや、地殻のひずみを調べる基礎研究と常時地震観測を推進し、長期的な予測情報の精度を高めていくこと。
- (2) 予知の実用化が困難な現状を社会的に伝えることや、研究成果を社会に広く還元する必要性のあること。
- (3) 従って、地震災害の軽減策を検討することが望ましい。

このように、地震の直前予知は現状では不可能である。しかし、中・長期的にはある程度、場所と規模を絞り込む方法はないではない。それが、活断層の研究や空白域の検討である。

2. 新潟の地震はどのようなところで起こるのか

日本海東縁プレート境界地震

内陸型地震—直下型地震

3. 新潟地震（1964）の教訓

新潟地震で死者はなぜ少なかったか

新潟 大地震の特徴—地盤の液状化災害

(1) 津波被害

(2) 地盤及び地殻の変動

(3) 被害概説

新潟地震による震害地の分布およびその被災様式は、地盤の特異性によって支配されている。このことは、今回の新潟地震の著しい特徴の一つである。この観点から、被害分布の詳細を述べるに当たって、まず地形及び地盤区分を行い、これに対応させつつ被害の実態及びその特質を明らかにすることが妥当と考えられる。

被災地のくぶんとして下記の如きものがあげられる。

- 1) 島嶼における地震災害
- 2) 山地における地震災害
- 3) 海岸地における地震災害
- 4) 平野部における地震災害
 - a) 概説—平野部に発生した地盤変動の特性
 - b) 河川沿岸の被害
 - c) 潟周辺地帯の被害
- 5) 砂丘地帯における地震災害

(4) 平野部における地震災害

平野部に発生した地震災害は、被災面積、被害家屋数、農地の被害面積、被損橋梁数、道路の破損、浸水面積などについて、その規模は最も大きく、震害は大部分が平野部に集中したといっても過言ではない。

平野部の被災様式は、地質的には沖積層の浅層地盤ときわめて密接な関係を有している。平野部表層の軟弱地盤は地振動によって特異な変動を生じており、その変動様式が各種の災害を引き起こしたといえることができる。

この特異な地盤変動として次の如き現象をあげることができる。

き裂（地割れ）

不同沈下あるいは隆起現象

水平移動—信濃川及び通船川に向かって地盤が水平移動した。

砂及び地下水の噴出現象

(5) 新潟市街地域の地盤災害

- 1) き裂、砂の噴出・地下水の噴出、信濃川・通船川方向への地盤の側方移動
- 2) 建造物の被害様式及び地域
- 3) 工場建造物、石油タンクなどの被災
- 4) 橋梁の被害—昭和大橋はなぜ落橋したか
- 5) 湾港施設の被災—地盤沈下被害に地震被害が重くなった
- 6) 護岸の被害

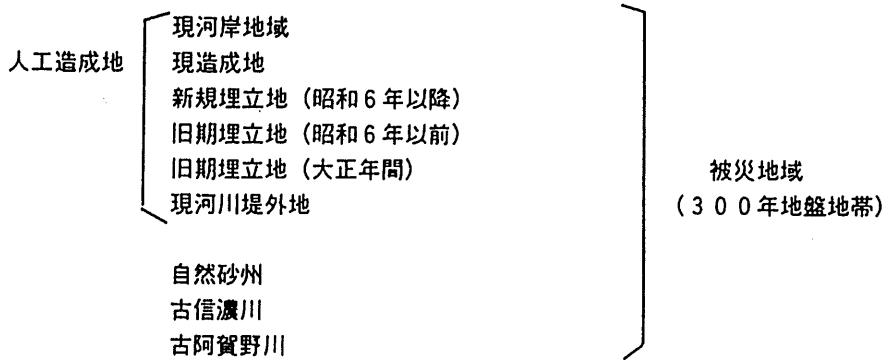
- ・ 信濃川右岸では、气象台より下流の全部にわたって、護岸は断裂、前傾、押し出しによって沈下し、ほとんどが水没した。
- ・ 信濃川左岸でも鋼矢板壁のはらみ出し、頭部コンクリートの前傾、沈下によって全域にわたって水没した。
- ・ 信濃川河中の導流堤は、倒壊または傾斜し一部は水没した。しかし、東突堤及び東導水堤には被害を生じていない。西突堤についてはわずかにクラックを生じたほかは殆ど被害がない。
- ・ 海岸護岸については、西海岸2—3mの陥没をした箇所が2箇所あり、東海岸でも2箇所に被害を生じた。

7) 鉄道関係構造物の被災状況

8) 新潟市地盤災害図の作製—縮尺1/3000の地形図に被害の詳細を記入したものを作製した(図1)。

(6) 要約

総括的に地盤と震害との関連をみると、大体次のような生成時代の新旧に基づく地盤区分と震害程度とを対照させることができる。



4. 阪神・淡路大震災の教訓

地震発生—情報の不備、危機監理の問題点

6000名余の死者はどうして発生したか—弱者を襲った地震

震災の帯(深度7地域)とは何か

動脈災害と静脈災害

液状化災害(主にポートアイランドと六甲アイランド)

5. 新潟県下の自治体の地震時危機監理体制はどのようになっているか

新潟県・長岡市を例として

6. 新潟中越地方大地震説の検証

GPS観測結果

深部ボーリング結果

活断層分布・性格などに基づく検証

7. 新潟の地すべり・崖崩れと地震

名立崩れの教訓

善光寺地震の教訓

8. 恐ろしい火山災害—近づく焼山大噴火

ほぼ400年ごとにくり返される火砕流流出を伴う大噴火は西暦2000年前後が危険な時期に当たる

9. 市民それぞれの地震災害予防と応急対策を

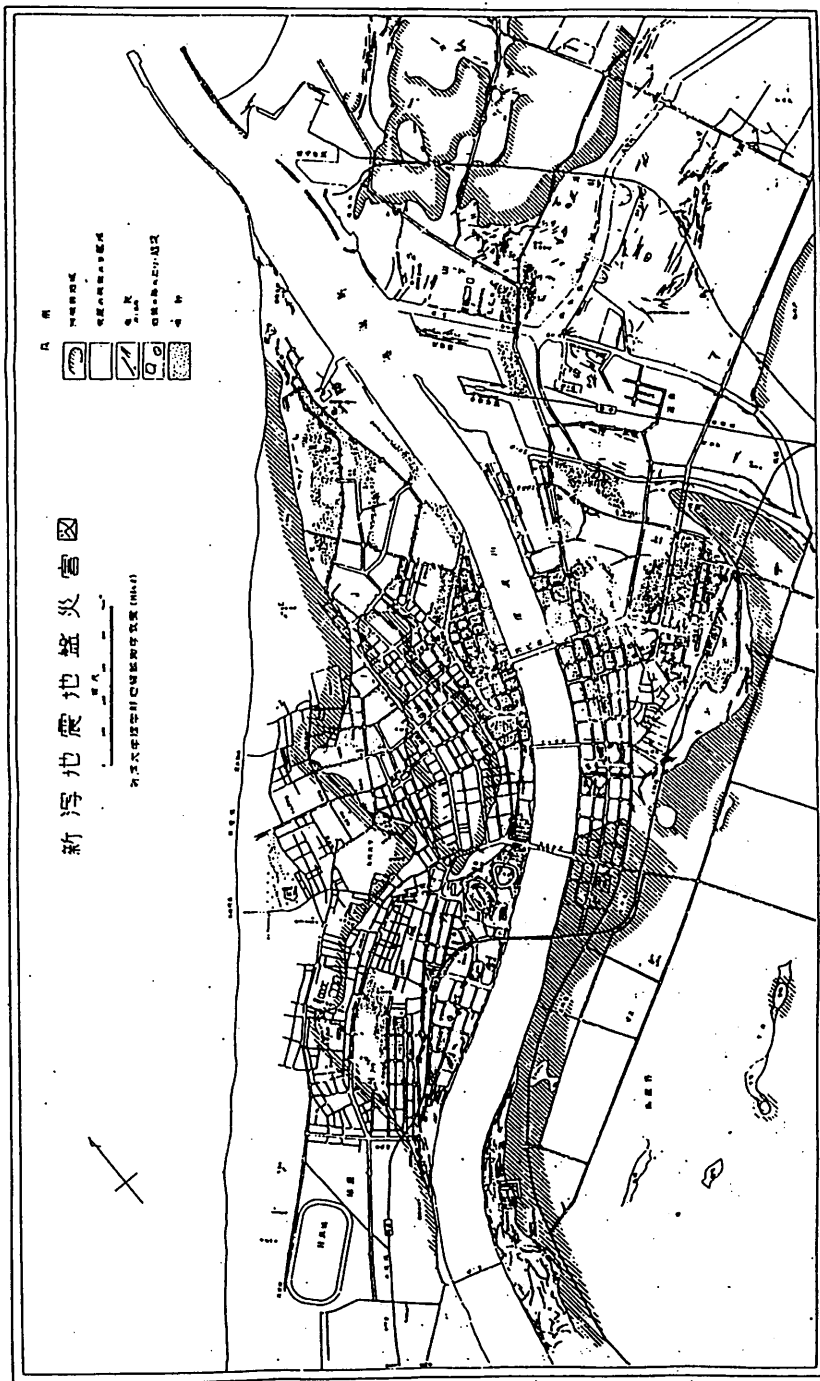


圖 1

新潟県の地震津波

阿部 邦昭

(日本歯科大学新潟短期大学教授)

講演要旨

- (1) 津波の与える心理的・物理的インパクトの強さはどこからくるか
 - ⊗ 見ながら逃げるには速すぎる-津波をみるのは命がけ
 - ⊗ 波は流れをとまなう-巻き込まれたら自由が利かない
 - ⊗ 町を更地に変える力がある
- (2) 津波はどこで起きるか
 - ① 津波とプレートテクトニクス
 - ⊗ マントル対流にとまなう収束と発散がプレートの相互作用を生む
 - ⊗ 環太平洋はほぼ収束帯にあたる
 - ⊗ 収束と反発（地震）の繰り返し
 - ⊗ 海洋プレートは大陸プレートより重い
 - ② 新潟県の津波
 - ⊗ 新潟県の津波は日本海におこる津波である
 - ⊗ 日本海の津波はどこで起こっているか（1図）
 - ⊗ 日本海東縁は新しいプレート境界とみなされている
 - ⊗ 浅い地殻内の小断層の集合が津波の原因
- (3) 津波はどのようにおこるか
 - ① 津波の波源域
 - ⊗ 第1波の起源-波源域-をどう決めるか
 - ⊗ 津波の速度は \sqrt{gh} で表される。gは重力加速度、hは水深
 - ⊗ 波源までの距離＝平均速度×（津波到達時刻-発震時）
 - ⊗ 検潮所ごとに波源までの距離を求める（2図）
 - ② 初動の押し引き分布
 - ⊗ 押し波は隆起、引き波は沈降を表す
 - ③ 地震の断層モデル
 - ⊗ 地震は断層の発生によってできる
 - ⊗ 断層による地表の上下変位は水の上下変位を生む
 - ⊗ 1964年新潟地震の断層モデル
 - ④ 波源の海の深さの影響
 - ⊗ 深い海では津波は速い
 - ⊗ 波源での速さは周期に固定化される
 - ⑤ 風波と津波の違い
 - ⊗ 津波は波長が長いので上から下まで水が動く
 - ⊗ そのため海底の凹凸に反応する
 - ⊗ 凹凸の激しさが波数を増やす

(4) 津波の高まり

①津波の減衰しない方位

- ✧断層の走向に直交する方向
- ✧最大水位は断層の中心の延長上に表れる

②島、半島周辺での屈折

- ✧佐渡島の周りの津波

③湾、川の奥での反射

- ✧1983年日本海地震津波の川への遡上
- ✧湾における津波の振る舞い

(5) 地震と津波の関係

①地震のメカニズム

- ✧縦ずれと横ずれ
- ✧縦ずれは上下変位、横ずれは水平変位を卓越させる
- ✧海で起こる地震は縦ずれが多い-プレートの沈み込みにもなう反発

②マグニチュード

- ✧マグニチュードが大きいほど津波も大きい-例外を「津波地震」と呼んでいる
- ✧この例外は地震のゆれの大きさが断層の大きさに対応しないときに起こる
- ✧津波は断層の大きさ（面積×ずれの大きさ）に対応する

③地震の深さ

- ✧地下浅い地震でないと津波は起こらない
- ✧100 kmより深くなると地表に変位を起こすことができない
- ✧日本海の津波は東縁部海底下の浅い地震によっている

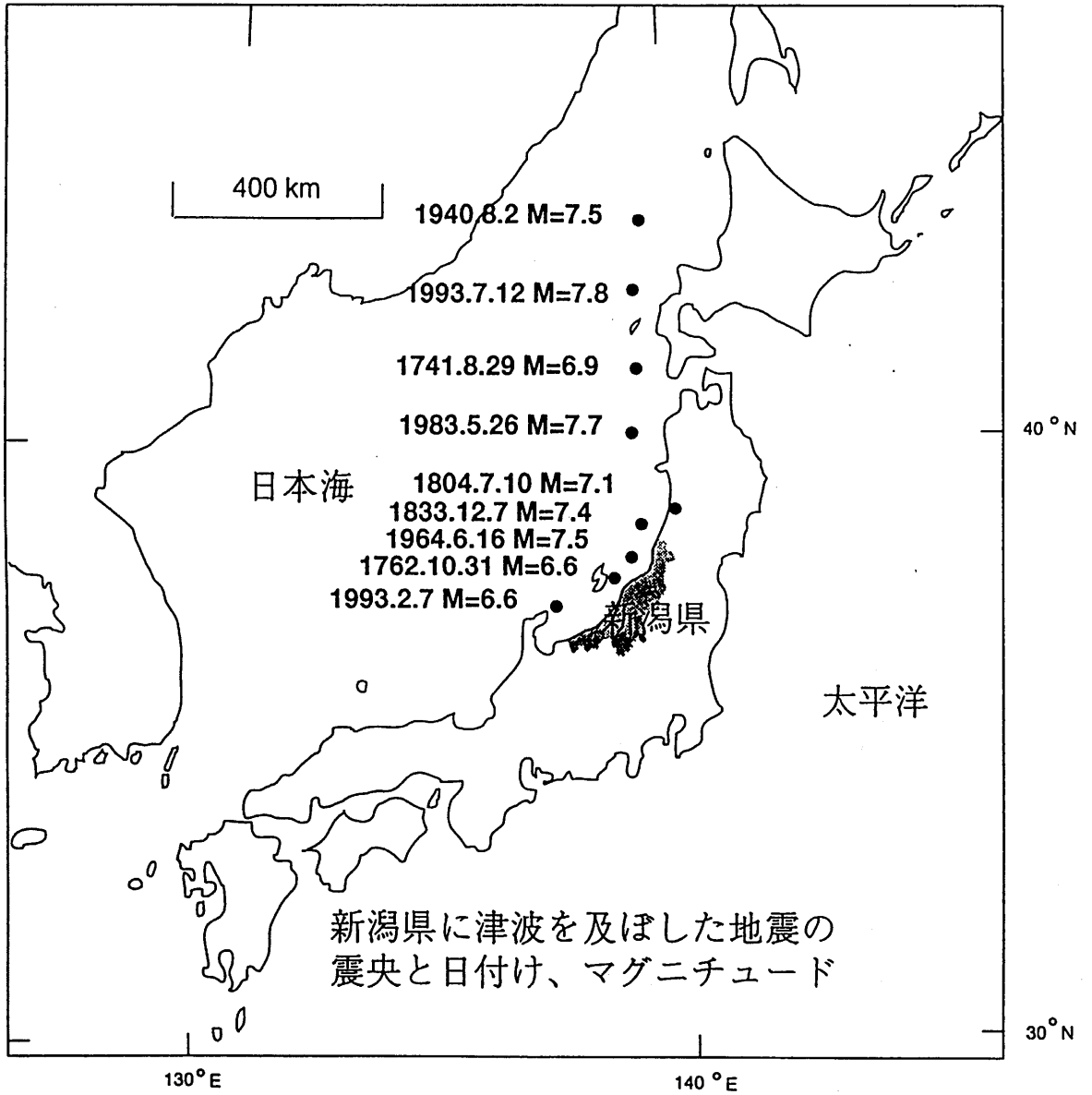
④津波予報

- ✧地震波速度に比べ津波速度は小さい-津波が来る前に予測できる
- ✧震源（位置と深さ）とマグニチュードから津波の大きさを予測する
- ✧完全ではない

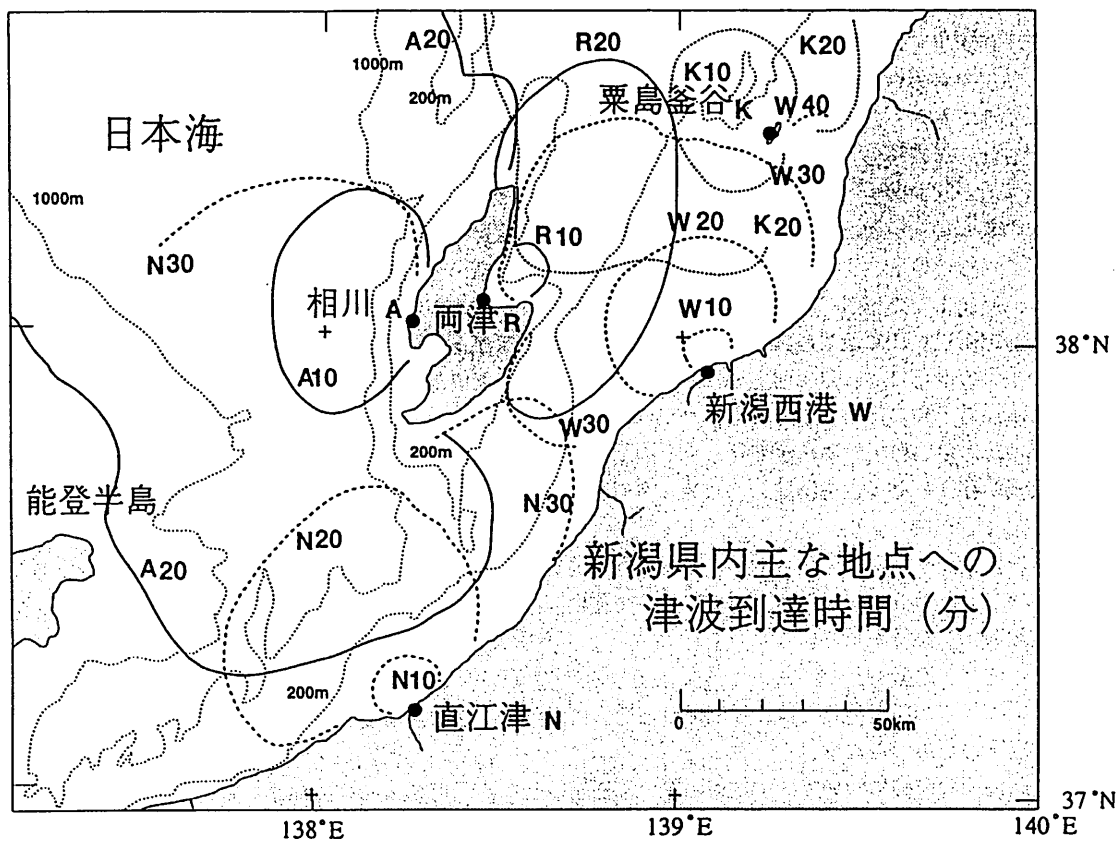
(6) まとめ

過去の津波の教訓と限界

- ✧0m地帯の津波-地震による堤防の損壊が津波災害を拡大する
- ✧川の上流での津波の氾濫
- ✧島への津波の収束
- ✧断層のでき方の多様性
- ✧海岸地形の変化



1 図



2 図

新潟平野の地盤と地震

青木 滋

(新潟大学名誉教授)

1. 新潟平野の地下地質と地盤

新潟平野の地下には、基盤の上に第三紀層・第四紀層が厚く(約 4-5,000 m)堆積し、1つの沈降盆地である。この内、地震災害と関係の深い地下浅層に分布する第四紀層は、下から上へ4層に分けられる(表-1、図-1、2)。地層に含まれる炭素の同位体 C^{14} の測定から分かった年代は、西蒲原層が24,000~26,000年前、白鳥層の基底が20,000年前、白鳥層上位層の基底が9,000年前、黒鳥層の基底付近が約3,200年前である。各層の分布状態は図-3、4、5、6に示した。

これらの地層のうち、海に堆積した地層は白根層中部・上部で、他の層は淡水に堆積した地層である。いままでの第四紀学の研究から、今から約2万年前の第四氷河期には海面が約140m低下し、それ以降現在まで地球の大気の温暖化に伴って海面が上昇したことが知られている。太平洋側各地の平野の地下には、海面上昇にともなって堆積した海成層が分布している。新潟平野では日本海の水面上昇に伴い、平野にも海水が侵入してきたが、今から約8,000年前に流入した暖流によって今の海岸沿いに広い砂州が発達し、そのため、それ以後は平野内部に海水が侵入せず、内陸には大きな潟が存在した(古白根湖)。以後、河川の土砂によって潟が埋められて、広大な新潟平野が形成された(図-7)。

このような生い立ちからできた新潟平野の地盤は図-8、表-2に示すように、白根市付近より北と南で大きく分かれ、これらの上を歴史時代に入ってからいくつかの流路を流れた河川の堆積物(河道堆積物)が分布している。

2. 地震と地盤

昭和39年の新潟地震では、地下地質と地盤に関係した現象として、長周期の震動と地盤の液状化、地震水害があげられる。

長周期の震動については、地層の厚い第三紀層と第四紀層の分布に関係があるとする研究者の指摘がある。地盤の液状化についてどの地層が液状化をしたかを新潟市内でみると、図-9、10のようになる。断面図にⅢ層と示した旧河道堆積物が液状化層であることがわかる。新潟平野でみると、図-11のように液状化が発生しており、河道や流路の変遷をみると、今から約300年前以前の旧河道には発生していない。

新潟地震では、昭和34年頃からはじまった地盤沈下により生じたゼロメートル地帯(図-12)の1部に、津波と破堤により浸水が生じ、地震水害とも呼ばれている。

3. 今後の問題

大正12年の関東大地震で、平野地下の軟弱地盤層の厚いところで木造家屋倒壊率が大きかったことから、地震被害の想定には軟弱層の分布が注目されてきた。しかし、昭和39年の新潟地震では、地震被害の集中したところは軟弱層(黒鳥層)の分布ではなく、旧河道地域であった。

内陸性の地震の場合には、福井地震(昭和23年)兵庫県南部地震(平成7年)、新潟北部地震(平成7年)(図-13)などで軟弱層の分布と被害が必ずしも一致していない。今後の地震に対する被害想定でも、被害が地盤のどの性質と深い関係があるかを、早急に見直すことが必要である。

(参考文献)

青木 滋(1996): 越後平野の地盤環境、第四紀研究、33-3, p.259-270、

青木 滋・小川 正二・大川 秀雄(1995): 福島潟周辺の地盤構造と震害分布について、月刊地球、17, p.743-747

表一 新潟平野の地下の地層

地質時代	地層名
沖積世	黒島層 (Ku)
	白根層
	上部 (Su)
	中部 (Sm)
洪積世	下部 (Sl)
	西蒲原層 (NK)
	埋没段丘陵層 (Btg)

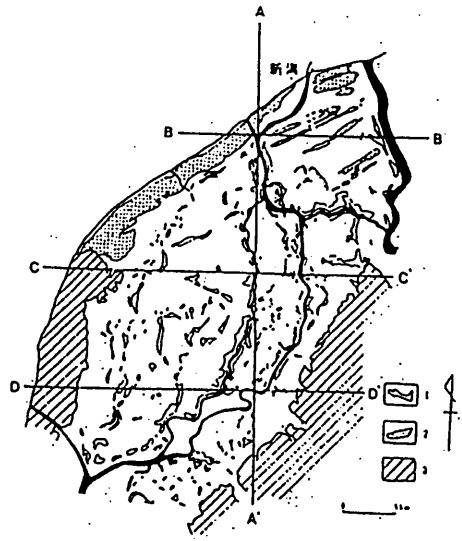


図1 新潟平野微地形区分
1. 自然堤防 2. 砂丘 3. 丘陵地
A-A'~D-D': 地質断面線

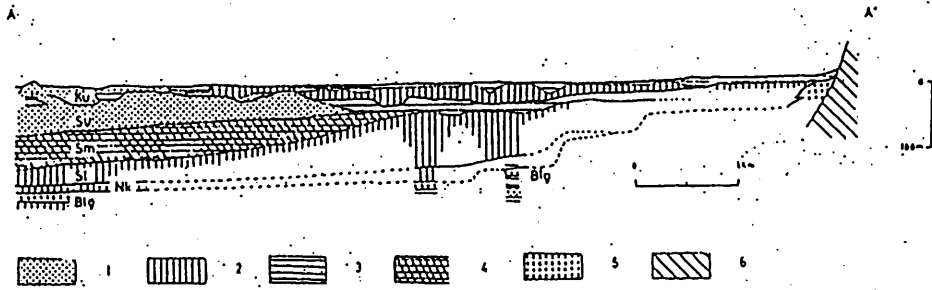


図2 地質断面図 (図-1の A-A'断面図)

1. 砂 2. 砂泥互層 3. 粘土 4. 海成粘土 5. 砂礫 6. 第三系

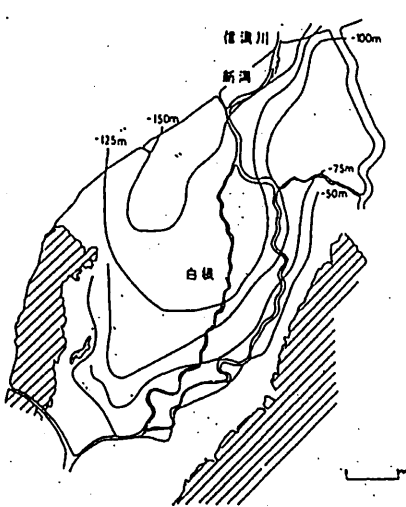


図3 埋没段丘陵層表面の等高線

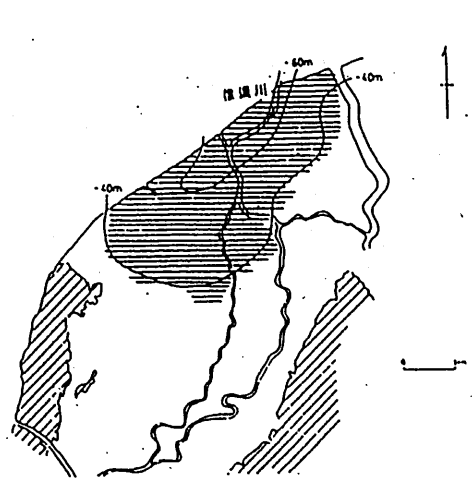


図4 白根層中部の分布 (積線域) と表面の等高線

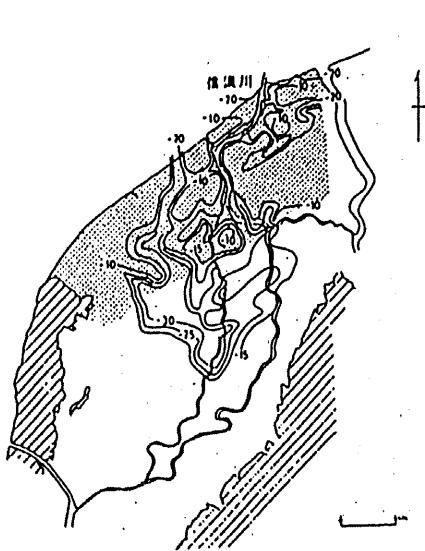


図5 黒鳥層基底の等高線(単位m)と白根層上部の砂層の分布(黒点域)

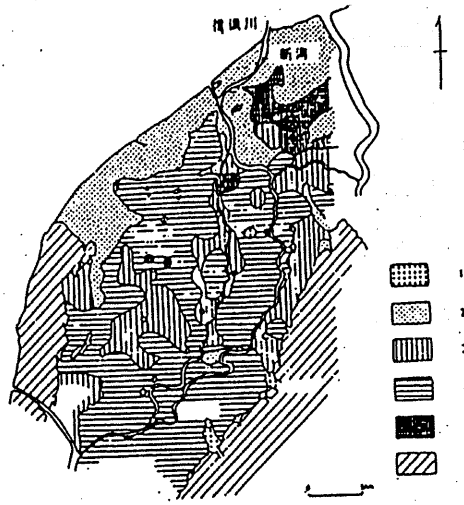


図6 黒鳥層の層相分布図

1. 礫 2. 砂 3. 砂泥互層 4. シルト
5. 泥炭 6. 丘陵

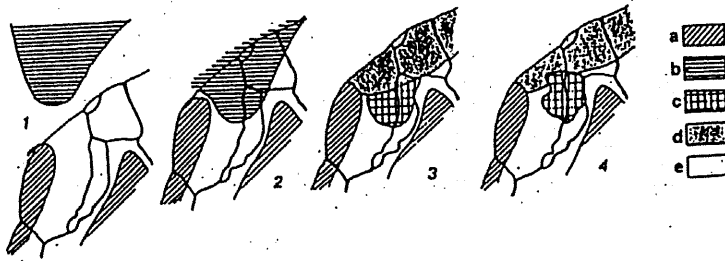


図7 新潟平野の古地図

a: 丘陵地 b: 海域 c: 淡水域 d: 砂州 e: 陸域

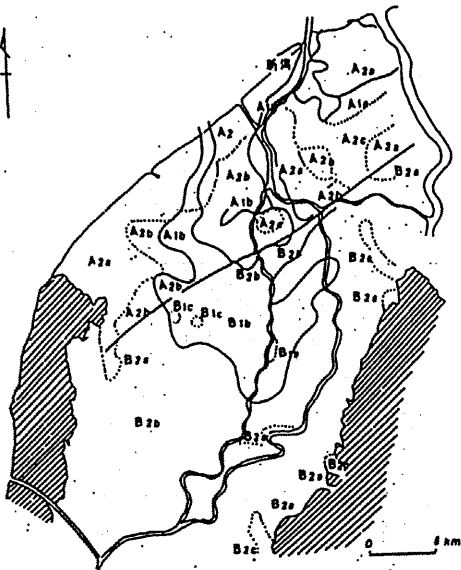


図8 地盤地質型区分図

表2 新潟平野の地盤地質型

地盤地質型	N値30~40の厚い砂層	砂層上の地層	備考
A1a	深さ20~30m	N値10±のゆい砂	地震時の液状化
A1b		N値0~3の粘土	注意
A2a	深さ10~20m	N値10±のゆい砂	
A2b		N値0~3の粘土	
A2c		N値0~3のビー	
	軟弱層の厚さ	軟弱層	
B1a		N値10±のゆい砂	
B1b	20m以上	N値0~3の粘土	ビーを挟む
B1c		N値0~3のビー	
B2a		N値10±のゆい砂	
B2b	20m以下	N値0~3の粘土	ビー、砂を挟む
B2c		N値20~50の礫	

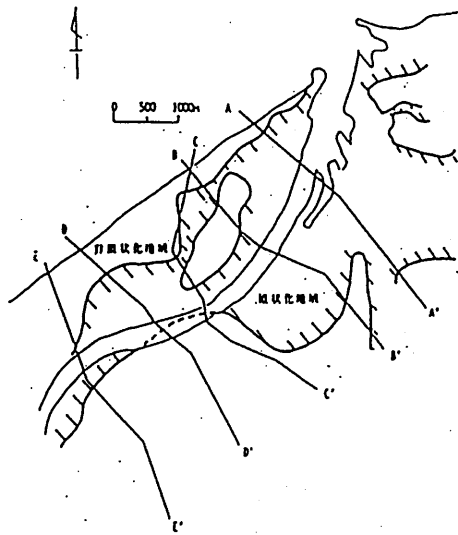


図9 新潟市内の地震による液状化地域と非液状化地域

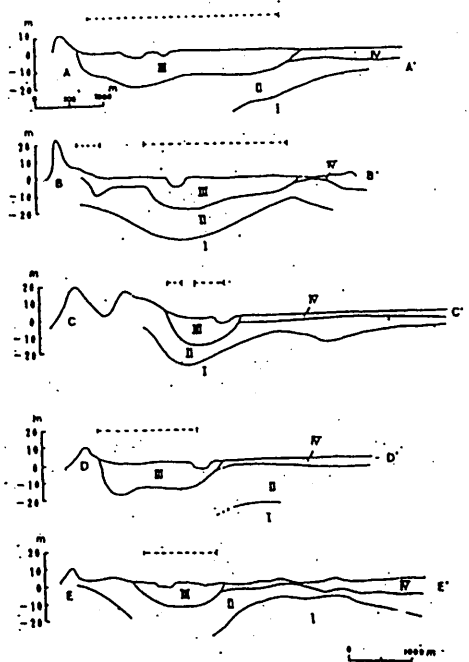


図10 図9の断面線の地下地質断面図
破線：液状化地域

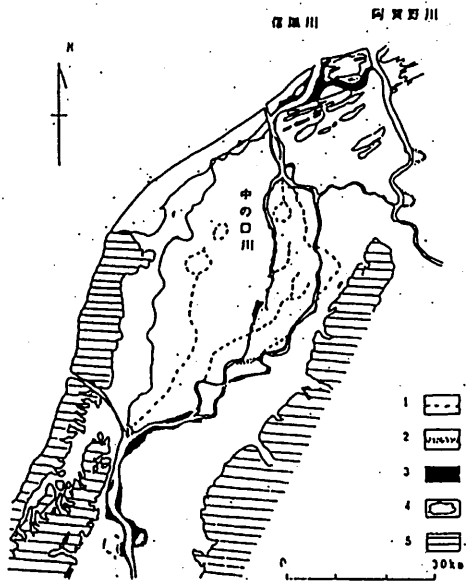


図11 震害分布域と旧河道 (青木・茅原図)

- 1. 1660年以前の旧河道
- 2. 1660年以後の旧河道
- 3. 震害分布域
- 4. 砂丘
- 5. 山地・丘陵地

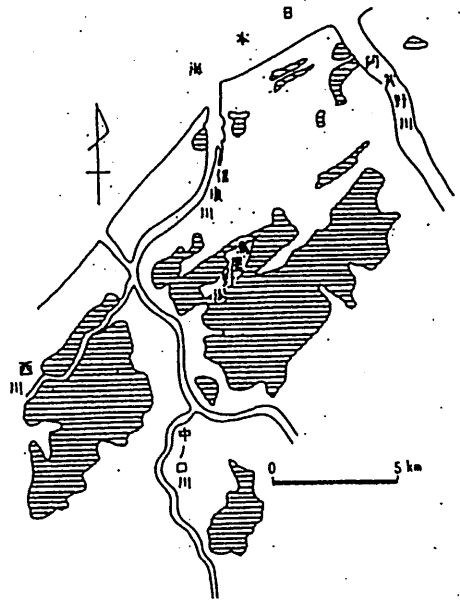


図12 新潟平野のゼロメートル地帯 (横線部分)

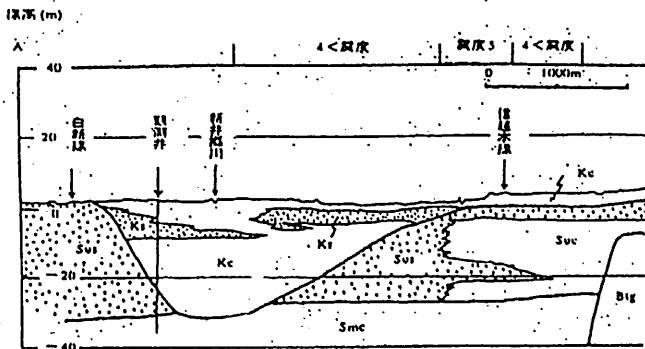


図13 新潟平野周辺の地質断面図 (同)

新潟県の地震活動

佃 為成

(東京大学地震研究所助教授)

日本列島付近には世界の10分の1の地震が発生する。その多くは北海道や東北、関東の太平洋側の海域に震源がある。太平洋プレートやフィリピン海プレートが潜り込んでいる。プレートの境界付近に地震が多発するわけである。一方、日本海側には、太平洋側のようなはっきりしたプレート境界はないが、地震活動帯は存在する。

新潟県地域もその活動帯に属し、生活圏の直下で発生する地震が多い。非常に震源が浅いので中型の地震でも大きな被害を伴う。

なぜそのようなタイプの地震が発生するかを考えるには、日本海の過去、現在の知識が必要である。今から2500万年ほど昔、アジア大陸東縁に裂け目が生じ、1500万年ごろまでには、現在の大きさまで日本海が広がった。その後、大陸の縁にあった大地に、プレート運動で運ばれてきた地塊がくっつき、弧状列島が誕生する。日本海の東縁地域、つまり、日本列島の日本海側沿岸や沖合の地域は、特異な変動地形や地質構造をもつ。それは、日本海が拡大してきた歴史を刻んでいるからである。

地震活動帯での地震の同期的発生と活動期

新潟県地域における地震の過去の起こり方を見ると、地震が起きる時期と起きない時期が認められる(表1参照)。活動期には地震回数が多い。もっと狭い地域に注目すると、この場合も或る時期に集中して発生している。例えば、佐渡島付近の大地震は、18世紀後半から19世紀初頭の40年間の2回しか記録がない。六日町付近では、M6の地震が6年の間をおいて続けて2回発生した。

このような地震が同じ時期に続いて発生する性質(同期性)は、狭い地域だけでなく、広域でも認められる。日本海沿いの地帯でも、同期的な地震活動がある。1964年新潟地震(M7.5)のときは1964年男鹿半島沖地震(M6.9)、1980年頃から現在に到る活動期(表1参照)に対しては、1983年日本海中部地震(M7.7)や1993年能登半島沖地震(M6.6)、1993年北海道南西沖地震(M7.8)などが対応している。

潜在的な大地震の巣 - 活断層 -

北海道沖から能登半島に至る日本海沿岸に沿った地域は、一続きの地震活動帯であるが、100~200kmの幅で海底及び陸上の地形が起伏に富み、活褶曲や活断層も多い。このような地帯を変動帯と呼び、日本海東縁変動帯と名付けられている。ユーラシアプレートあるいはアムールプレートと東北日本が属するプレートとの境界が形成されつつあると考えられている。

新潟県では、海岸線に沿って信越ないし羽越活褶曲地帯が走り、隆起・沈降に伴う丘陵や盆地が交互に形成されている。この活褶曲を生成した応力場のもと、新潟県地方は変動帯に直交する方向(北西-南東方向)に圧縮を受けている。

この圧縮場の中で活断層が発達した。越後平野東縁、越後山地山麓の地形のリアメント(線状の形)は、新発田-小出構造線と呼ばれ、付近には、月岡断層や

村松断層、悠久山断層が並ぶ。一方、越後平野西縁には鳥越断層や上富岡断層、片貝断層などが連なる。

若い堆積層に覆われた沖積平野では、活断層が地表では見えない場合がある。越後平野には活断層の地形は確認されていないが、東頸城丘陵地域に見られる活断層の延長が新潟平野に達している可能性が高い。

活断層が存在して最近大地震が起きていない地域は、いわゆる地震空白域であり、将来の大地震発生場所の候補となる。酒田沖の地域もその一つである。信濃川に沿った地帯は信濃川地震帯と昔から言われてきたが、1847年の善光寺地震（M7.4）の震源域であった長野～飯山と、1964年の新潟地震（M7.5）の震源域、粟島～新潟とに挟まれた信濃川流域付近も大地震の空白域と言える。その中で越後平野地域は、活断層または伏在断層が存在し、M7を超える大地震を発生させる能力（ポテンシャル）があるのに、長い間そのような地震が発生していない。

活断層は大きな地震の巣であるが、近年の観測から明らかになってきた微小地震の分布には、佐渡海峡に存在する線状配列した微小地震分布のように、活断層に関係ない地震分布が見られる（図1、図2参照）。

日本海形成過程のなごりを刻む地質構造の帯状分布や中生代から第三紀にかけての火山・深成活動による断裂帯（“古傷”）を応力解放場の弱線として利用した微小地震活動のようである。

ゲリラ的な破壊地震 - 中小の浅発地震 -

1992年の暮れも押し詰まって、新潟県南部の小さな町を強震が襲った。場所は長野県境に接した中魚沼郡津南町、12月27日11時17分のことである。地震の規模はM4.5で、気象庁の観測網では震度0（無感）の小さい地震だったにもかかわらず、小学校や中学校の建物などに6億5千万円を超える大きな被害を生じた。M3～5の地震を小地震と呼ぶが、これだけの被害を与えた小地震は日本では非常に珍しい。

震源の深さは2kmで、地震は上部地殻の土台を構成している花崗岩質の層ではなく、その上に厚く堆積した第三紀層で発生した。これも珍しい。小地震以上の規模の地震活動の主要破壊領域が第三紀層であったことを確認した最初の例であろう。

このような浅い直下地震として、1961年2月2日の長岡の地震（M5.2）がある。当時の地震観測体制では震源の深さの正確な値は不明だが、地震前と後に行われた水準測量の結果、大きな地表変動が認められているので、非常に浅かった（数km）と思われる。新潟から津南にかけての信濃川流域一帯にはこのような浅い地震があると思わなければならない。笹神村などを襲った1995年新潟県北部の地震（M5.5）も震源が浅く、深さ5km前後であった。

最近の地震活動

刈羽郡小国町では、1994年4月頃から群発地震が始まった。顕著になったのは、10月13日からである。最大の地震はM3.7であった。一方、豊栄市や笹神村付近でも、同年10月から群発地震がはじまった。11月には収まったかに見えたが、12月からまた活動が顕著になり、ついに1995年4月1日のM5.5（最初の発表ではM6.0）の地震が発生して笹神村を中心に家屋が倒壊するなどの多大の被害が出た。

1994年から、新潟県でも地震活動が活発になってきたことを一般の人々も感じ

るようになった。その周囲でも、福島県の田島付近では1994年12月18日にM5.5の地震が発生した。1996年8月には、秋田県と宮城県の県境付近で、M5.9の地震があった。このように、周辺の活動も高まってきた。

大きな地震ばかりでなく、小さい地震も多くなっている。東京大学地震研究所の微小地震の震源データによると、小さな地震（M2.5以上）の回数を勘定すると、地震活動は1988年頃から目立ってレベルが高くなってきているのがわかった。1990年12月7日には、M5.4の地震が柏崎市と高柳町の境界付近で発生し、1992年12月27日には県南部の津南町でM4.5の地震があった。1988年ごろからの活発化した地震活動は、1993～1994年頃小休止があり、1994年後半から再び活発になっている。

地震活動の最近の高まりが何を意味するのかは、現在研究続行中である。

表1 新潟県地域の主な地震（西暦400年-1996年）。点線は活動期の区分。顕著な津波を伴った地震には*を付けた。

年月日	マグニチュード	地域または地震名	津波
1502. 1. 28	M6.8	直江津	

1666. 2. 1	M6.8	高田	
1670. 6. 22	M6.8	村上	

1738. 1. 3	M5.5	津南付近	
1751. 5. 21	M7.2	高田	
1762. 10. 31	M7.0	佐渡	*

1802. 12. 9	M6.8	佐渡（小木）	

1828. 12. 18	M6.9	越後三条	
1833. 12. 7	M7.5	庄内沖	*
1847. 5. 13	M6.5	越後頸城郡	

1898. 5. 26	M6.1	六日町付近	
1904. 5. 8	M6.1	六日町付近	

1927. 10. 27	M5.2	関原地震	
1933. 10. 4	M6.1	小千谷付近	

1961. 2. 2	M5.2	長岡地震	
1964. 6. 16	M7.5	新潟地震	*
1971. 2. 26	M5.5	安塚町付近	

1983. 10. 16	M5.1	能生付近	
1987. 3. 24	M5.9	糸魚川沖	
1990. 12. 7	M5.4	柏崎市・高柳町境界付近	
1992. 12. 27	M4.5	長野・新潟県境（津南）	
1995. 4. 1	M5.5	笹神村・豊栄市付近	

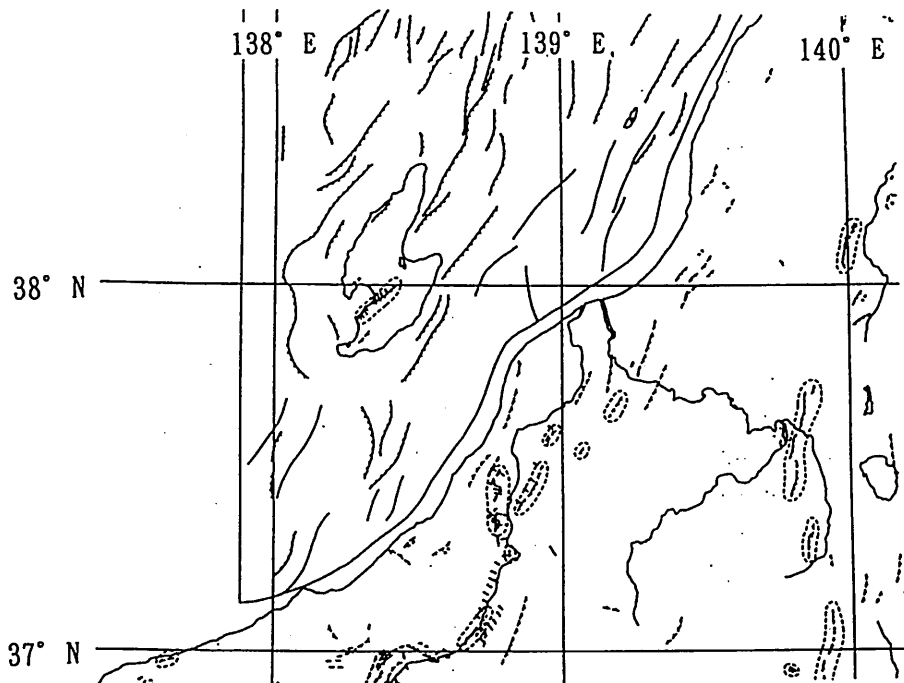


図1 活断層分布。海域は枠で囲った部分だけ。

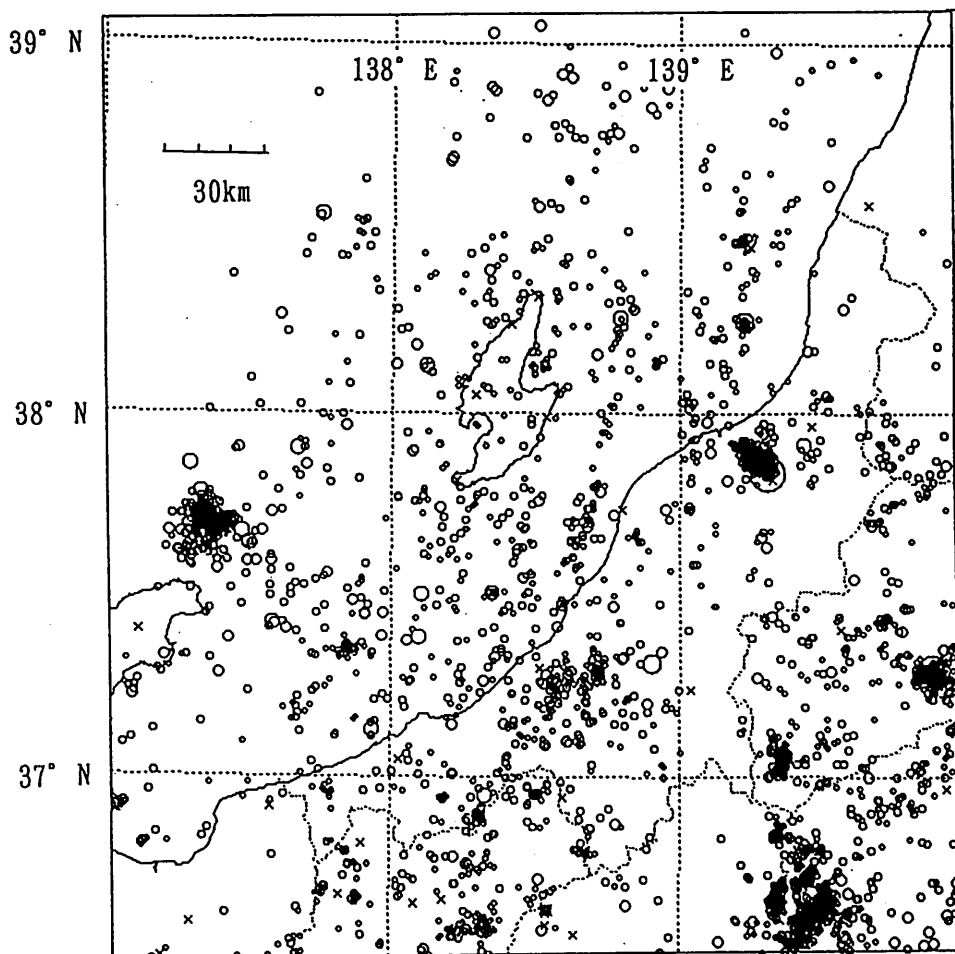


図2 最近の微小地震分布（1994～1996年）。

新潟県の活断層

大木 靖衛 (新潟大学積雪地域災害研究センター教授)

1. 活断層とは

地震は地下の断層運動で発生する。マグニチュード7以上の地震では地震を起こした断層が地表に現れる。活断層とは、今後も活動すると判断される断層を指す。今後も活動すると判断する根拠は、最近の地質時代に繰り返し活動している断層である。過去100万年より現在までを最近の地質時代と考える研究者が多い。繰り返し断層運動が行われ地震が発生すると、地盤のくい違いが断層地形として区別できるようになる。大部分の活断層は山地・丘陵の断層地形によって識別されている。断層の活動度はその変位速度からAA級、A級、B級、C級に分類されている。

表1 断層の活動度の区分

活動度	AA	A	B	C
千年当り	10m以上	10~1m	1~0.1m	0.1~0.01m

2. 新潟県の活断層

日本列島の活断層は、「新編日本の活断層」東大出版会として公表されている。新潟県には115もの活断層が識別されている。大きな断層は主要な地質構造線に沿って走っている。

3. 歴史被害大地震

新潟県の歴史被害大地震は新潟平野と高田平野で発生している。どうした訳か、被害大地震は活断層マップに記載されている活断層で発生していない。

大地震は平野の下に隠れている伏在活断層で発生しているらしい。

新潟平野	1670	西蒲原地震 (M6 ³ / ₄)
	1826	三条地震 (M6 ³ / ₄)
	1933	小千谷地震 (M6.1)
	1995	県北部地震 (M6.0)
高田平野	1502	高田地震 (M6.9)
	1666	(M6.4)
	1751	(M7.0)
	1847	(M6.5)
	1914	(M5.7)

4. 地震空白域

新潟平野は信濃川地震帯に属する。信濃川地震帯は日本海東縁部のプレート境界の一部に当たり、大地震が繰り返し発生していたことがわかってきた。新潟市付近が地震の空白域であると指摘されている。 図1 日本海東縁部のプレート境界 (Ohtake, 1996)

図2 日本海東縁部の歴史被害大地震の活動状況 (石川、1994)

5. 1995年新潟県北部の地震の教訓

指摘されていた空白地域の東縁部で新潟県北部地震が発生した。

図3 1995新潟県北部地震の震度分布図 (大木他5、1996)

6. ジオプレッシャー熱水

図4 ジオプレッシャー熱水の噴出モデル (大木・徐、1997)

7. 消雪井戸水を用いた伏在活断層探査

図5 県内の平野の伏在活断層の調査図 (大木・徐、1997)

8. 活断層の活動度

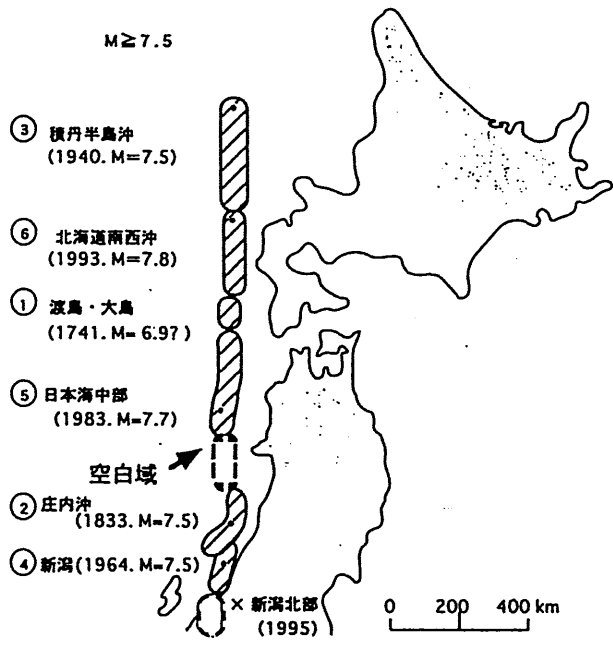


図1 日本海東縁部の大地震と空白域の分布 (大竹、1996)

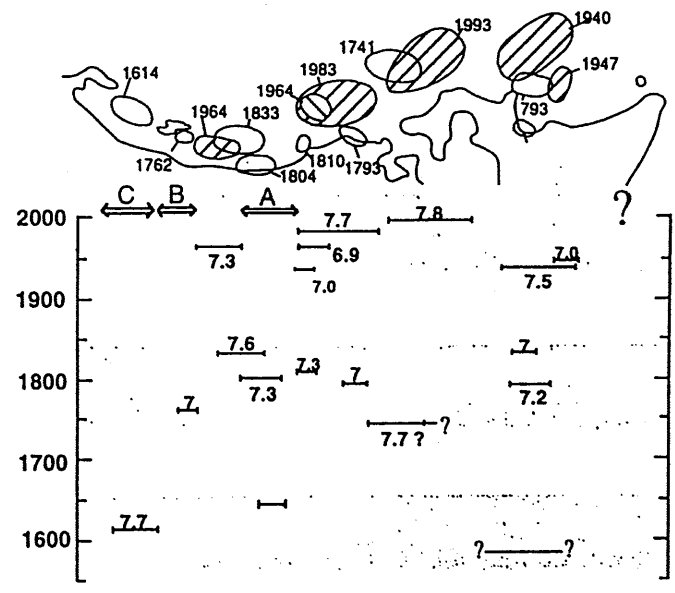


図2 日本海東縁部の大地震分布 (石川、1993)

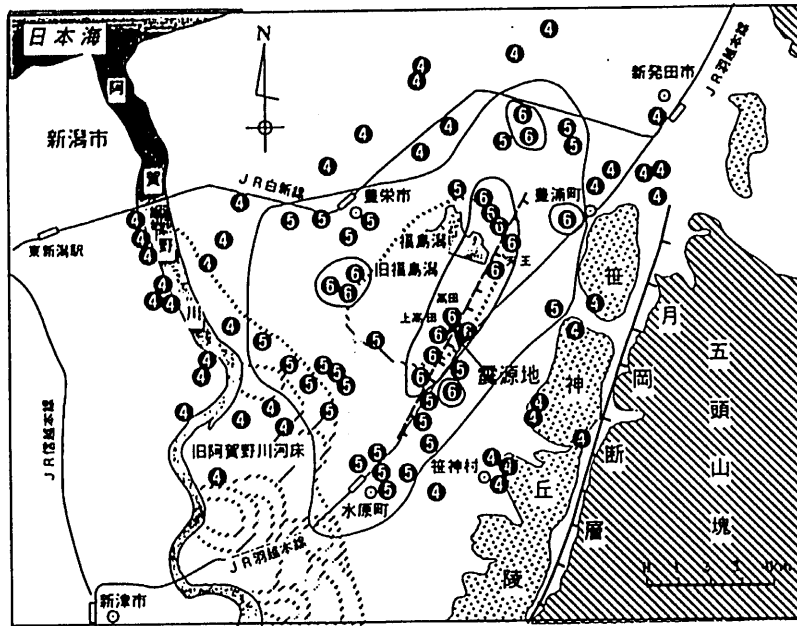


図3 1995年新潟県北部地震の震度分布図 (大木他6,1996)

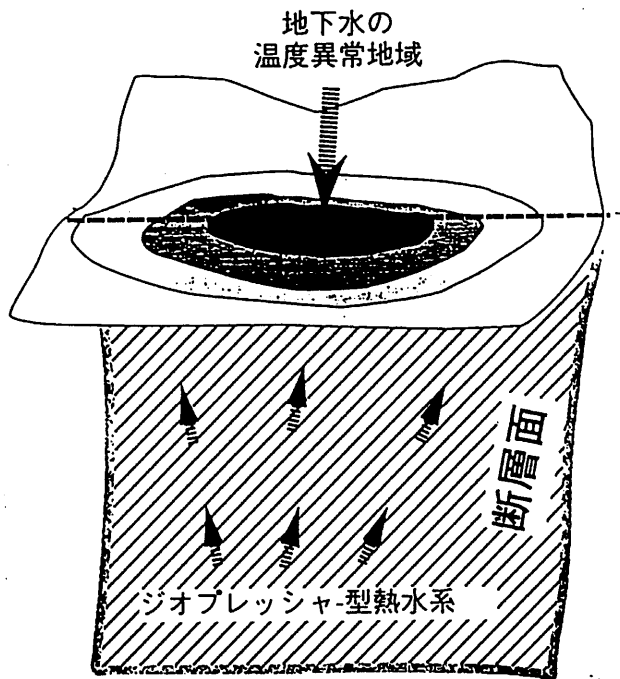


図4 ジオプレッシャー熱水が断層に沿って地表に湧出し温度異常域を形成する

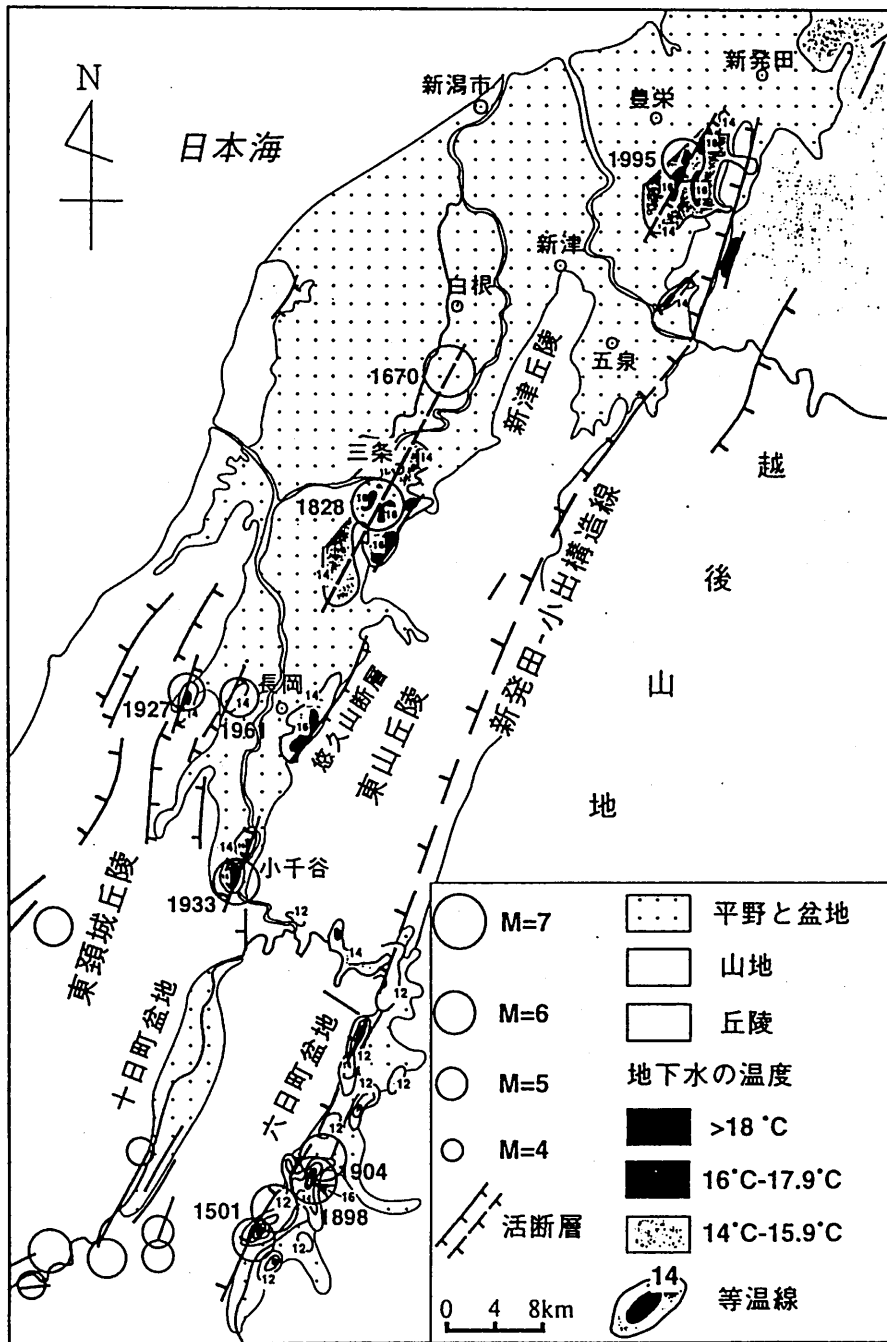


図5 新潟平野の温度異常分布域と歴史被害地震の震央分布図
(大木・徐、1997)

地盤の液状化

－液状化との接し方－

大川秀雄（新潟大学工学部教授）

1. はじめに

大規模な液状化現象で注目を浴びた新潟地震(1964)から33年が経た。それ以来、液状化に関する研究が世界中で精力的に行われ、多くの知見が得られた。それらは、液状化発生危険度の判定や各種の液状化対策工法の開発等で社会に大きく寄与してきた。しかし、最近の数年間だけでも、能登半島沖地震、釧路沖地震、北海道南西沖地震、北海道東方沖地震、そして兵庫県南部地震と大きな地震に見舞われる度に液状化による被害が発生し、マスコミで大きく取り上げられてきた。とりわけ、2年前の兵庫県南部地震では、ポートアイランド、六甲アイランドを中心に液状化による被害は甚大であり、改めて人々に強烈な印象を与えることとなった。これらの被害を経験して、もはや「液状化」は一般用語化し誰でも知るところとなり、混迷する政界を揶揄して「液状化」とする用法までが出現するまでになっている。

ところで、兵庫県南部地震で見られた液状化関連の現象の一部は、専門家の予測外、想像外の現象であったとの報道を記憶されている方もおられるであろう。講演では液状化がどのようにして発生するのか、すなわち発生メカニズムについて簡単に触れ、次に、どのような現象が派生するのか、そして対処はどうすればよいのか等について考えてみたい。

2. 液状化の発生の条件

ある地盤が地震によって液状化するためには、一般的には、次の条件が揃うことが必要である。

- ①ゆるい砂や礫質の地盤であること
- ②地下水位が高いこと
- ③震度が大きいこと

すなわち、このような地盤が地震による大きな震動を受けると、地下水位以下にある地盤の砂や礫の粒と粒とが接触を失い、地下水の中にそれぞれの一粒一粒が分散する状態となってしまう。これが液状化である。こうなってしまうと地盤はもはや固体ではなく、砂や礫の粒々と水とが混合した液体と見なすことができる。この混合液体は水の約2倍近い密度を持つ。したがって液状化中は、地盤上の建物や建造物は液体の上に置かれたこととなり傾いたり沈下したりし、地中の軽い物、例えば、マンホールや地下タンクなどは、たとえ全体としての比重が1を越えていても、浮力を受けて浮き上がってしまうこととなる。この様な現象（被害）が顕著に見られたのが、新潟地震が初めてのことであった。

3. 液状化に伴う現象

液状化によって引き起こされる現象がいくつか知られている。前項での、

- ①構造物の地中への沈み込み
 - ②埋設構造物の浮き上がり
- に加え、
- ③大規模な盛土のすべり出し
 - ④砂や泥混じりの水の地盤からの噴出（噴砂現象）

⑤地盤の沈下

⑥擁壁、護岸、橋台などの押出し転倒

⑦地盤の移動

などがあり、大きな物的被害を引き起こす。これらの現象は個別のものではなく、それぞれが密接に関連している。

4. 液状化発生メカニズムと現象

液状化によって引き起こされる種々の現象を、大局的、統一的に理解するために必要な考え方の基本は何であろうか。それは、液状化の再定義にもつながる「土粒子の水中での沈降と再堆積」の考え方と、もう一つ「地盤の不均一性」の視点である。

5. 地盤の安全性と再液状化

今住んでいる地盤が液状化するのかもしれないのか、新潟地震で液状化した地盤はどうか、そして、液状化が起きたらどのような危険性があるのか大変気になる問題である。

6. 液状化被害の特徴

液状化による地盤や構造物の被害は甚大であるが、新潟地震での川岸町アパートの転倒や昭和大橋の落橋事例に見るように、人的被害が意外と少なかった。液状化地盤のクッション効果について考えてみよう。

7. 液状化に対する接し方

どの程度の規模の地震が発生し、どの程度の揺れが起きるかによって、液状化がもたらす効果が異なってくる。兵庫県南部地震での芦屋浜の住宅街の事例で考えてみよう。

地震に強い木造家屋

加藤 大介

(新潟大学工学部助教授)

1. はじめに

新潟県内での大地震発生が危惧されているなかで、建物の地震対策はどのようにすれば良いでしょうか。本講演では木造建物について、以下のような内容を予定しています。

2. 日本の木造建物はどのような考え方で建てられているか

日本で用いられている木造建物は、軸組構法(図1)、枠組み壁構法(図2)およびパネル構法(図3)の3種類が代表的です。これらの建物は建築基準法を順守して建てなければなりません、どのような決まりがあるのでしょうか。

3. 日本の木造建物は地震に強いのか

結論からいうと、木はその重さに対する強度やねばりが大きい、非常に優れた材料です。一方で、過去の地震で大きな被害を受けてきた事実もあります。これをどう解釈すればよいのでしょうか。

4. 我が家の耐震性能はどうしたらわかるのか、そして、耐震対策は

最終的には専門家の判断が必要です。しかしながら、専門家に相談するための目安にしておこうという意図から、いくつかの自治体等から簡単にできる耐震診断法が示されています。次ページは日本建築学会から出されている例です。

引用文献

- [1] 日本建築学会：構造用教材
- [2] 日本建築学会：わが家の耐震

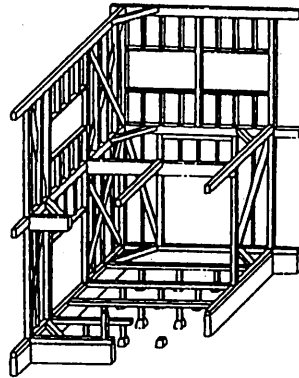


図1 木造軸組構法の軸組 [1]

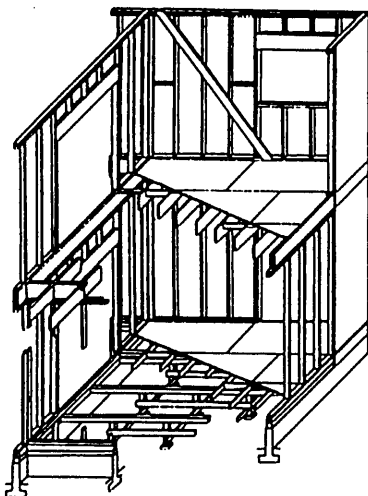


図2 木造枠組み壁構法の軸組 [1]

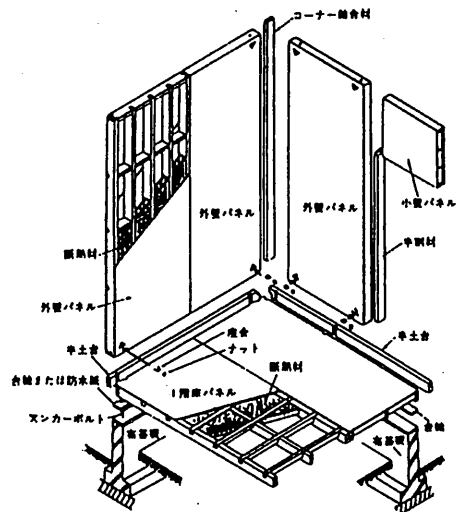


図3 横パネル構法の1階パネル [1]

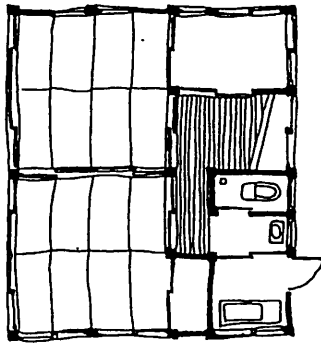
耐震性の低い補強対策

「2. すまいの耐震診断」で耐震性が十分でない
と判定されたときは、以下の各項目と「7. 地
震に強いすまい作りのチエツクポイント」を参
考にして専門家に相談し、補強対策を立てて
下さい。特に増設策のときが補強対策のよい
チャンスです。

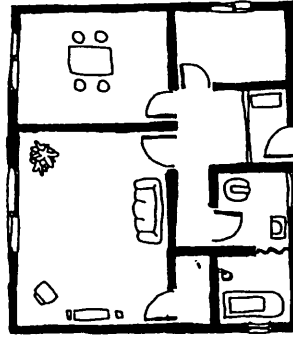
- (1) 基礎が布基礎でないとき
鉄筋コンクリート造の布基礎にします。
- (2) 壁の量が不足しているとき
新たに壁を増設します。壁には筋かいが入っ
ているかあるいは構造用合板などが釘打ちさ
れていることが必要です。
壁の増設ができないときは、既存の壁に構
造用合板等を貼って補強します。
- (3) 壁の配置が著しく偏っているとき
つりあいがよくなるように壁を増設します。

- (4) 腐朽などが著しいとき
その部分を除去し、新しいものに取り換え
ます。なお、防腐・防蟻処理を忘れないでく
ださい。

(5) モルタルやタイルが下地から離れていたり
亀裂の著しいとき
その部分を取り除き、下地がいたんでいる
場合は、その部分をきめ補強します。
なお、この補強工事費用の一部については
住宅金融公庫(電話03-3812-1111)の融資が
受けられる場合があります。



●窓・入口の多い住宅



●窓・入口の少ない住宅

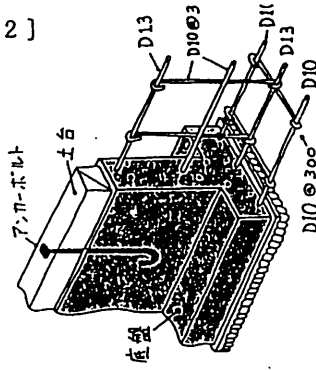
耐震性の低い補強診断

耐震性を高めようと思う住宅について、次
の各項目に答え、総計点を求めてください。

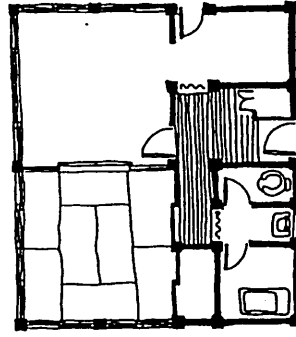
地域は？	10
1. 高い地震(東北関東等) ¹⁾	1
2. 上記以外の高い地震	5
3. 昭和35年以前	1
4. 昭和35年以降	2
5. 昭和36年以降	1
基礎は？	10
1. 五石・切石やブロック	10
2. コンクリートの布基礎 ²⁾	2
3. 鉄筋コンクリートの布基礎 ²⁾	1
4. 土間(白土瓦葺・カキ置など)	2
5. 石積み(石積み)	2
6. 石積み(石積み)	2
7. 2階建て	2
8. 1階建て	1
筋かいは？	5
1. はいっている	5
2. はいっていない	1
外壁は？	2
1. 土間の下を貫通し	2
2. モルタル塗りのシート貼り	1
3. 腐食(生か育える菌)が多い	2
4. 大壁(生か育える菌が少ない)	1
5. 比較的少ない(石壁等)	2
6. 比較的少ない	1
7. 大きい窓(12畳以上)がある	2
8. 比較的少ない	1
窓の数は？	2
1. 小窓・障子など	2
2. 障子	1
3. 多用住宅	2
4. 専用住宅	1
5. 1階建て	2
6. 2階建て	1
7. 2階建て	2
8. 2階建て	1

総計点と耐震性の関係は次のとおりです。
この結果を参考に、補強対策の目安にし
て下さい。

25以上	耐震性に大きな不安がありません。
16-24	耐震性に多少不安があります。
15以下	耐震上大きな不安があります。



●布基礎の設計例



●壁の配置が偏った住宅