新潟大災害研年報，第20号（1998年）
Ann. Rep. Saigai-ken, Niigata Univ., No.20 (1998)

新潟県における歴史地震の液状化跡
—その1—

高濱信行*1・卜部厚志*1・寺崎裕助*2・大塚富男*3・Budi BRAHMANTYO*4・
江口友子*2・中山俊道*5・荒木繁雄*6・川上貞雄*7・田村浩司*8

Liquefactions of Historical Earthquake in the Niigata Prefecture, Japan
- Part 1 -

by
Nobuyuki TAKAHAMA, Atsushi URABE, Yusuke TERASAKI, Tomio OTSUKA,
Budi BRAHMANTYO, Tomoko EGUCHI, Toshimichi NAKAYAMA, Shigeo ARAKI,
Sadao KAWAKAMI and Koji TAMURA

(abstract)

Many liquefaction phenomena caused by historical earthquakes are identified in the trenches of remains in Niigata Prefecture. These liquefaction phenomena are described in detail according to the following features: locality of the remains, age of the remains, mode of occurrence of liquefaction, age of liquefaction, grain size of liquefied material, etc.

In ancient liquefactions, as observed in the trenches of the remains, sand-boiling, sand-dyke, "draw-in" phenomena and deformation of liquefied soil beds were found. The draw-in phenomena can be distinguished from the "intrusion-spout". This draw-in process is followed by the intrusion-spout process during the final stage of liquefaction. In previous studies, the "intrusion-spout of sand" is recognized as an exclusive phenomena of the liquefaction. The recognition of this type of liquefaction in addition to the draw-in phenomena and deformation of liquefied soil beds are important in understanding the whole deformation process of alluvial soil beds, caused by earthquake motions.

Keywords : Liquefaction, Historical Earthquake
キーワード：液状化跡，歴史地震

I はじめに

ある地域における過去の地震被害履歴を明らかにすることは，その地域の近傍での地震発生と災害の予測を行う上で重要である。もし，その地域の地震被害にある発生間隔が認められるならば，将来

*1 新潟大学積雪地域災害研究センター
*2 (財)新潟県埋蔵文化財調査事業団
*3 群馬県・大塚英数学院
*4 インドネシアバンドン工科大学
*5 新潟県笹神村教育委員会
*6 新潟大学教育人間科学部・非常勤講師
*7 新潟県笹神村民族歴史資料館
*8 新潟県三条市教育委員会

の地震発生を予測する重要な鍵となる。

活断層の活動履歴を検討する方法としては，既知の活断層のトレンチ調査や古文書等による歴史地震の復元がある。しかし，既知の活断層のトレンチ調査では，個々の断層の活動履歴は復元できるが，未知の活断層（伏在断層）を含めた活動や断層系全体の活動の復元は容易でない。また，古文書による地震被害の記述は，古い時代の地震ほど不明な点が多くなるうえ，古い時代のものほど被害記述の範囲が狭く，広域的な被害分布を知ることが困難となる。したがって，古い時代の地震を知り，広域的な地震の規模や被害を推定するためには，トレンチ調査や古文書の検討に加えて有効な検討方法が必要となってくる。

近年，全国的に遺跡の発掘に伴って液状化跡が認定されるようになり，その地域に液状化をもたらした地震の発生年代が明らかになってきている。歴史地震による液状化跡は，その液状化を引き起こした地震が近傍で発生したのか，やや遠地で発生したのかを認定することはできないが，その地域がある程度以上の地震動を受けてきた履歴を再現することができる。また，液状化を起こした地震活動が特定できれば，地震活動の再来周期，地震被害の規模，特定の断層系の地震活動履歴などを明らかにすることができる。さらに，遺跡や完新統の地層に認められる液状化跡を認定することは，地震の活動履歴の復元の面のほかに，液状化の発生メカニズム，液状化する物質や再液状化等の問題を解くための非常に有効な事例となる。

新潟地域においても，新潟県教育委員会，(財)新潟県埋蔵文化財調査事業団や県内の市町村教育委員会等による遺跡の発掘調査に伴い多くの液状化跡が認めらている。これらの液状化跡を認定しその履歴を明らかにすることは，地震の被害履歴の復元など多くの検討課題において重要である。ここでは，県内の遺跡において認められた液状化跡について，場所，液状化跡の状況，推定される液状化の年代，液状化している物質等の記載を行ない，新潟県内の液状化跡の分布と年代などの基礎資料の作成を目的とする。なお，本報で記述した遺跡とその発掘担当者を以下に記す。

朝日村奥三面元屋敷遺跡：新潟県朝日村教育委員会・滝沢規朗

朝日村奥三面アチヤ平遺跡：新潟県朝日村教育委員会・富樫秀之

加治川村野中土手付・砂山中道下，紫雲寺町住吉遺跡：(財)新潟県埋蔵文化財調査事業団・鈴木俊成

笹神村腰廻遺跡：笹神村教育委員会・中山俊道

笹神村前田遺跡：笹神村民族歴史資料館・川上貞雄

黒埼町釈迦堂遺跡：(財)新潟県埋蔵文化財調査事業団・江口友子

三条市三条城祉遺跡：三条市教育委員会・田村浩司

和島村下ノ西遺跡：和島村教育委員会・田中　靖

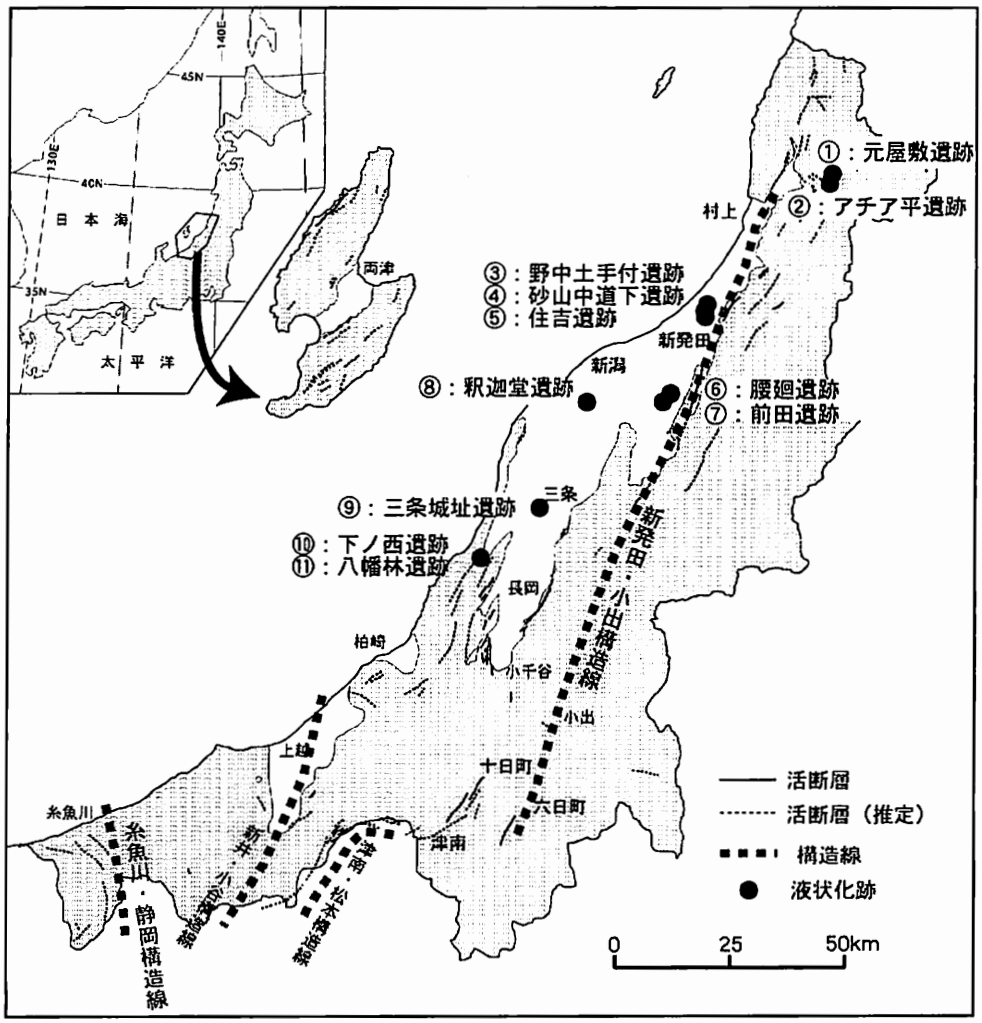
Ⅱ　歴史地震の液状化跡

遺跡でみられる噴砂脈を液状化に伴う噴砂現象と認定したのは，堀口ほか（1985）による埼玉県深谷市における遺跡の検討である。これを先駆として，液状化跡は，全国各地の遺跡で観察されるようになった（寒川，1992など）。遺跡での液状化跡の検討は，遺物包含層が詳細な年代尺度を設定できることから，年代測定に有効な物質を含まない地層やC14年代に対応できない若い時代の地層に対しても液状化跡の年代を推定することができる非常に有効な方法である。

これまで遺跡において液状化とされてきた現象は，地層を貫く噴砂脈（噴砂現象）であることが多

く，液状化現象としてのイメージが固定されていた（寒川，1992など）。しかし，観察事例の増加にともなって液状化に伴う現象は，地震時の間隙水圧の上昇に伴う砂層の上方への貫入・吹き上げ現象（噴砂）だけでなく，噴砂現象の終了時期に上位層を下方へ引き込む現象（大塚ほか，1997）や，上位の地層を貫くような噴砂現象は起こしていないが，特定の地層内において初生的堆積構造を乱して流動変形している場合も認められ，液状化を含む地震動による地層の変化は，噴砂現象のみではないことが明かとなってきた。また，発掘調査において，これまで“風倒木痕”や“木根跡・抜根跡”とされてきたものの中には，液状化による砂礫の再配列やパイプ状の噴砂脈・噴砂ー引き込み跡などが認められる。

このため，これまでの砂の吹き上げ（噴砂）現象の認定に加えて，引き込み現象や地震動による地層の変形・流動現象を認定を行なうことは，より正確に地震動が引き起こしたさまざま現象を理解するために重要である。また，“風倒木痕”や“木根跡・抜根跡”とされてきたものについても検討が必要な場合もある。これらの観点から，地震動による地層の変形，流動現象をふくめて，最近県内の



図ー1　新潟県内の活断層の分布と確認された液状化跡

活断層の分布は，活断層研究会（1991）による。

遺跡で認められた液状化跡を整理した（図－１，表－１）。

表－１　新潟県内の遺跡にみられる液状化跡の概要

番号	遺跡名	地震動に伴う現象				液状化・流動変形している物質	液状化等の年代
		噴砂	引き込み	流動変形	地割れ・地すべり		
①	元屋敷遺跡	○	○	○		砂	縄文晩期末（約2300年前）
②	アチヤ平遺跡	○	○		○	砂，段丘礫	縄文前期初期（約6000年前）
③	野中土手付遺跡	○		○		粗粒砂	9世紀以後から14～15世紀以前
④	砂山中道下遺跡	○		○		粗粒砂	14～15世紀以後
⑤	住吉遺跡			○		砂・シルト互層	13～16世紀以後に2回
⑥	越廻遺跡	○		○		中～粗粒砂，シルト	8～9世紀以後から11～12世紀以前
⑦	前田遺跡	○	○	○		中～粗粒砂，シルト	9世紀後半
⑧	釈迦堂遺跡	○				極細粒砂，細粒砂	9世紀後半に2回
⑨	三条城址遺跡	○				粗粒砂	19世紀（1828年三条地震）
⑩	下ノ西遺跡			○		粘土質シルト	9世紀
⑪	八幡林遺跡				○		9世紀後半

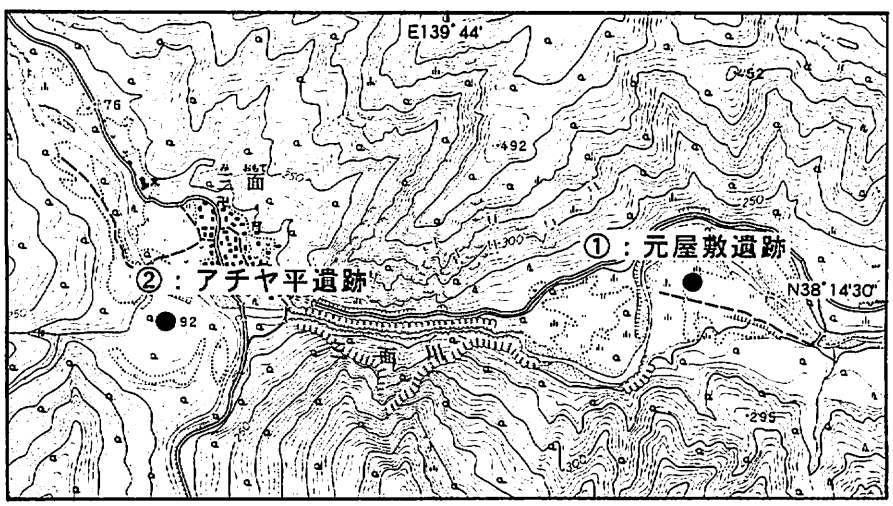
Ⅲ　各遺跡で認められる液状化跡

ここでは，県内各地の遺跡で認められた液状化跡について，場所（図－１），液状化跡の状況，推定される液状化跡の年代，液状化している物質等の記載を行なう。なお，記載のなかで，液状化発生の推定年代については，遺跡の調査が完了した時点で更新・修正される可能性がある。また，液状化の認定については，噴き上げ（噴砂脈）現象，引き込み現象のほかに，地層の変形や層内の流動化も地震動に伴う現象として記載しておく（表－１）。

１．奥三面地域（元屋敷遺跡・アチヤ平遺跡）

(1)　所　在　地

岩船郡朝日村大字三面（図－２）。



図－２　奥三面地域の遺跡位置（国土地理院2.5万分の１地形図「三面」を使用）

(2) 遺跡の立地と現在の地形

奥三面遺跡群は，朝日山地の山間地にあり19の遺跡から構成される。遺跡群は，標高約200mの三面川およびその支流によって形成された河岸段丘平坦地に位置する。このうち，元屋敷遺跡は，三面川の河岸段丘（2段に区分）上に位置する（図－2の①)。この遺跡は1998年秋に縄文時代に河川付け替え，堤防築造などの土木工事が行われていたことが報道され，注目されている遺跡である。アチヤ平遺跡は，三面川と末沢川の合流点付近の河岸段丘（3段に区分）上に位置する（図－2の②)。

(3) 遺跡の年代・層序

元屋敷遺跡は，縄文時代後期前半～晩期末葉（約3500年前～2300年前）の遺跡である。この遺跡の基本層序は，花崗岩類，黒色粘板岩を基盤として下位より花崗岩類巨礫を多く含む段丘礫層，層厚約20～30cmの褐色中～粗粒砂層，層厚約20～30cmの黒褐色土からなる。最上部の黒褐色土層から縄文時代後期後半～晩期の遺物が出土し，下位の砂層・礫層，一部は基盤を削りこんだ多くの遺溝が確認されている。

アチヤ平遺跡は，上・中・下段に区分される。上段は，縄文時代中期末葉～後期前半（約4000年前～3500年前）の集落跡と縄文時代前期（約5000年前～6000年前）の遺跡があり，中段は縄文時代前期（約5000年前～6000年前）の遺跡，下段は縄文時代後期前葉（約3700年前）の遺跡がある。このうち液状化を含む古地震跡が観察されるアチヤ平上段遺跡における基本層序は，中新統の泥岩を基盤として，下位より，層厚約50～150cmの花崗岩類，第三系堆積岩類の大・巨礫を主とする段丘礫層，層厚約40～50cmの褐色中～粗粒砂層，層厚約40cmの黒色土からなる。

(4) 液状化・古地震跡の記載

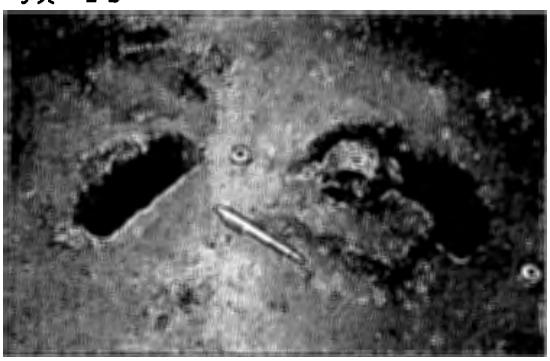
元屋敷遺跡では，縄文時代晩期末の遺物をふくむ黒色土層を貫く噴砂脈と上位の黒土の引き込みが認められる（写真－1，2a，b)。噴砂脈の大きなものは幅70～80cmに達する。

写真－2a，bは，平面形でリングタイプ，断面で斜めにつながるパイプ型の液状化跡を示したもので，外側の砂は下位の砂層からの貫入，内部の黒色土混じりの物質は上から引き込まれたものと解釈している。遺跡の発掘において従来このような現象は漠然と木根痕とみられていたようであるが，根が腐食した後で上から黒土が入りこんだものであれば，下位層起源の砂の存在を説明することが難し

写真－1　元屋敷遺跡にみられる液状化噴砂脈

写真－２ａ

写真－２ｂ



写真－２　元屋敷遺跡にみられるリングタイプの噴砂脈

写真－2aは，２重リングタイプ噴砂脈の水平断面。外側のリングは下位の液状化した砂層。内側のリングは上位の黒土混じり砂質シルト層。写真－2bは2aの垂直断面。斜めに貫入している。このようなタイプの噴砂脈（特にリング径の小さいもの）は，“抜根跡”と類似しており観察時に注意が必要。

い。また，砂の内外，とくに外側がシャープに境されていることは円筒状の砂の貫入（砂脈）を示すもので，液状化跡と判断できる。この写真にある土器は縄文時代晩期末のものである。

このような平面形リングタイプの液状化跡は，これ以外にも奥三面遺跡群のアチヤ平遺跡のほか，小千谷市金塚遺跡，津南町正面ヶ原Ｄ遺跡をはじめ多くの遺跡で確認している。これは，通常上部から平面的にうすく削り進んでいく遺跡の発掘において，液状化跡を認定する有効な識別法とみられる。

アチヤ平遺跡では，縄文時代前期前半の遺物包含層を貫く噴砂脈，礫のマウンド，地割れ跡などが認められる。ここでは，礫のマウンドと地割れについて記述する。写真－3a，ｂ（ａの裏側がｂ）に

写真－3a

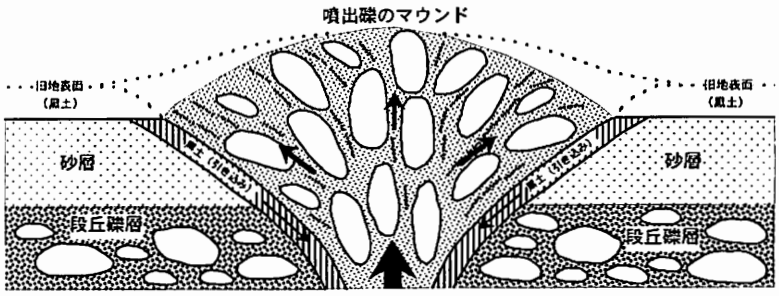
写真－3b

写真－３　アチヤ平遺跡にみられる液状化噴出礫のマウンド

写真－3aは，噴出の中心部で礫が直立している様子。写真－3bは，写真－3aの背面側における縁辺部における礫の倒れ込み。段丘礫層（ほぼ水平に堆積：写真左側）を貫き，貫入部分は上部で放射状（ロート状）に広がる。放射状の形態にそうように礫が配列している。“風倒木”による礫の直立ではない。

礫のマウンドを示した。このマウンドは次の３点の特徴から液状化による噴礫マウンドと解釈した。

すなわち，まず第１に，マウンドの中心部（写真－3a）では長径30cm以上もある花崗岩の巨礫が直立すること。第２にマウンドの外側に向かって，礫が倒れ込むような配列をすること（写真－3b）。第３にマウンド礫の下位に外側から中心部に傾斜する黒土の連続が認められる。この模式的なスケッ



図－3　アチヤ平遺跡にみられる噴礫マウンドの模式図

写真－3a，bにみられるマウンド状の噴礫の構造を模式化した。噴礫は段丘堆積物を貫きマウンド状の構造を示す。内部は礫が直立し放射状に分布する。黒土の引き込みもみられる。風倒木跡と区分できる。

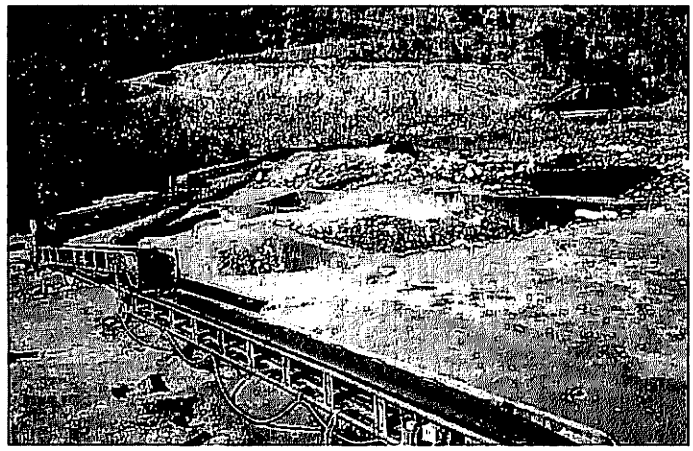
チを図－3に示した。つまり，礫の中心部における直立と外側に向かう倒れ込みは下位からの礫の噴出を示し，噴出礫の下の黒土の存在は引き続く上位からの引き込みを示すもので，液状化に伴う現象と判断できる。なお筆者らは，小千谷市の三仏生(さんぶしょう)遺跡でも基本的にこれと同じ形態の液状化・噴礫マウンドを観察している。

従来，遺跡の発掘現場でこのような礫のマウンドは，風倒木痕（風で倒れた木根の転倒に伴う堆積物の撹乱）として記録されることが一般的であった。しかし，ここで記述した直立から倒れ込む礫の「規則的」再配列を風倒木痕で説明することは容易でない。したがって，風倒木痕と液状化マウンドの識別が今後の課題となる。

また，礫の液状化は，力学的実験等によって理論的に原理が解明されていないが，実際の地震時の事例としてすでに記載されており，地震動によって起こりうる現象である。液状化を粒子の沈降による間隙水圧の増加現象とした場合，礫の液状化現象を礫の沈降と比重1の水との関係で説明しようとすれば，原理的に困難であることはいうまでもない。しかし，この現象を礫の沈降と比重1以上の泥水との関係でとらえるならば，原理的に礫を浮上・噴出させることは可能であると考えられる。つまり，清水での礫の運搬作用ではなく洪水時の土石流での礫の運搬作用のように，比重の高い水（砂礫混じりの泥水）ならば，礫を動かすことが容易であることと同様な原理である。まず，礫をとりまく細粒物質が液状化し，これが比重の高い泥水として機能すれば，礫の液状化は可能であると考えられる。

さらに，この噴礫マウンドから数m離れた段丘面の縁では，長さ10mあまりの半月形のくぼみが3列認められる（写真－4）。このくぼみは次の3点の特徴から古地震による地すべり亀裂と解釈した。

すなわち，まず第1に，この写真で読みとれるように，半月形をしたくぼみを境として段丘面が外側に向かって階段状に落ち込んでいること。第2に，地形的にこの直下のアチヤ平中段段丘の堆積物に多量の地すべり・崩壊物質が含まれること。第3に，くぼみの底から焼土と縄文時代前期前半の土器が出土し，液状化の時期と同じと推測できること。つまりアチヤ平遺跡では，縄文時代前期前半の地震によって，液状化とともに地すべり・崩壊が発生したことが読み取られる。



写真－4　アチヤ平遺跡上段面の古地震による地すべり亀裂

写真中の左奥側に向かって階段状に落ち込んでいる。

(5)　液状化跡の推定年代

元屋敷遺跡では，縄文時代晩期末の遺物包含層を貫く噴砂脈の存在から約2300～2400年前以後の液状化跡，アチヤ平遺跡では縄文時代前期前半の約5500～6000年前頃の液状化跡と推定できる。

(6)　そ　の　他

元屋敷遺跡では上記のほかに，縄文時代前期初頭（約6000年前頃）と後期後半の初め（約3500年前頃）に堆積した河川成の砂層中に，それぞれ噴砂脈と初生的堆積構造の乱れが認められた。これらは液状化による現象の可能性があるが，最終的な確認ができなかったので，今後の検討課題として保留したい。

2．加治川・紫雲寺地域（野中土手付遺跡・砂山中道下遺跡・住吉遺跡）

(1)　所　在　地

野中土手付遺跡は，北蒲原郡加治川村野中の約１km北東（図－4aの③）。砂山中道下遺跡は，北蒲原郡加治川村相馬（そうま）地内（図－4bの④）。住吉遺跡は，北蒲原郡紫雲寺町稲荷岡（いなりおか）地内（図－4bの⑤）。

(2)　遺跡の立地と現在の地形

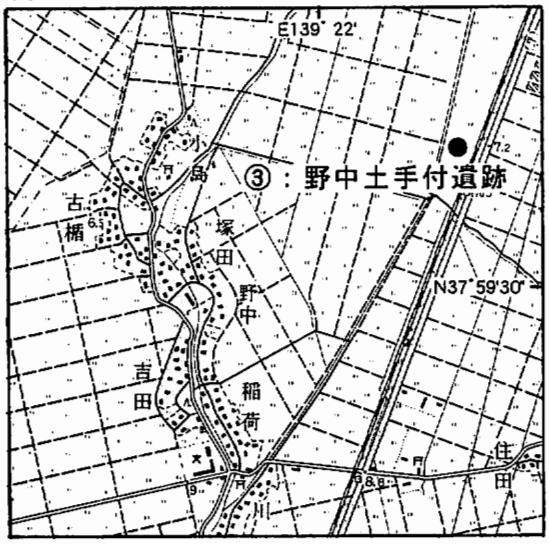
野中土手付遺跡・砂山中道下遺跡・住吉遺跡は，旧紫雲寺潟近傍の低地に立地している。現在の標高はおよそ５～７ｍ程度である。表層部は現在の耕作土や旧紫雲寺潟堆積物であり，遺物包含層は現在の地表面より50～100cm程度下位の層準にある。

このうち住吉遺跡は，鎌倉～室町時代の珠洲焼の破片や室町～江戸時代の宋銭などが出土し，高い身分の武士の屋敷跡であると推定されている。

(3)　遺跡の年代・層序

野中土手付遺跡の基本層序は，下位より灰色粘土質シルト層と細粒砂層の互層，層厚約50cmの炭質物・泥炭質粘土の互層（発掘調査では“ガツボ”呼ばれるもの），層厚約30cm＋のシルト層（現在の耕作土）からなる。炭質物・泥炭質粘土の互層（ガツボ層）と現在の耕作土の境界には粗粒砂の薄層を挟在する。下位の灰色粘土質シルト層と細粒砂層の互層には，平安時代（９世紀後半）と古墳時代前期の遺物包含層がある。その上位の炭質物・泥炭質粘土の互層（ガツボ層）は，14～15世紀の旧紫

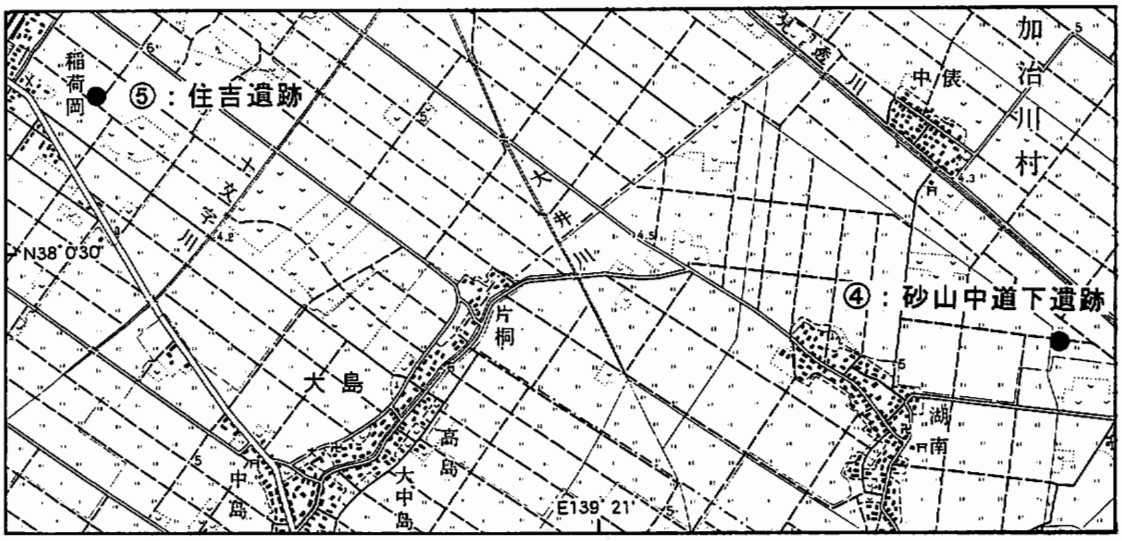
図－4 a

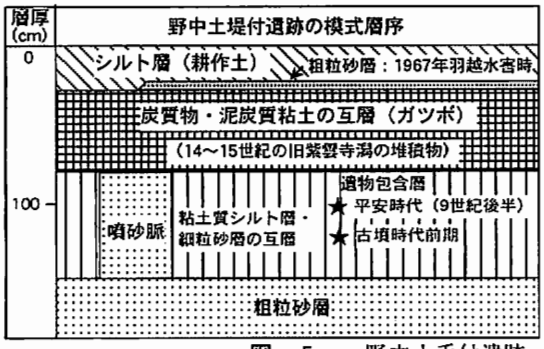


図－4　加治川・紫雲寺地域の遺跡位置

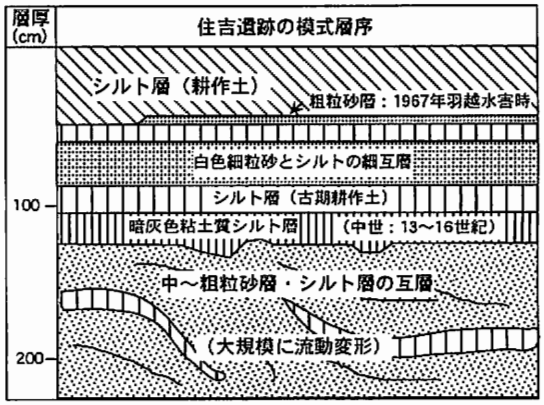
（国土地理院2.5万分の1
地形図「新発田(4a)，稲荷岡(4b)」を使用）

図－4 b





図－5 a　野中土手付遺跡



図－5 b　住吉遺跡

図－5　野中土手付遺跡・住吉遺跡の模式層序

雲寺潟の堆積物と考えられる。また，現在の耕作土直下の粗粒砂の薄層は，1967年羽越水害時の堆積物の可能性がある（図－5a）。

住吉遺跡の基本層序は，下位より層厚約70～80cm＋の中～粗粒砂層・シルト層の互層，層厚約15～20cmの暗灰色粘土質シルト層，層厚約20～30cmのシルト層（古期耕作土），層厚約10～30cmの白色細粒砂とシルトの細互層（リップル葉理，クライミングリップル葉理有り），層厚約10～20cmの茶褐色シルト層，粗粒砂の薄層，層厚約50cmのシルト層（耕作土）からなる（図－5b）。

最下位の中～粗粒砂層・シルト層の互層は大規模に流動変形している。また，白色細粒砂とシルトの細互層は，リップル葉理等が発達することから洪水時のあふれだし堆積物であるが，リップル葉理等が流動変形しているところもある。

住吉遺跡の遺物包含層は，暗灰色粘土質シルト層であり中世（13～16世紀）遺物が出土する。また，現在の耕作土直下の粗粒砂の薄層は1967年の羽越水害時の堆積物の可能性がある（図－5b）。

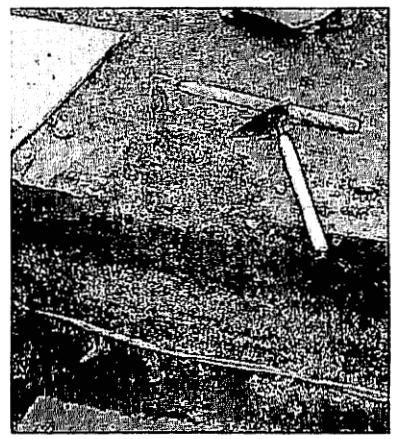
砂山中道下遺跡では，基本層序を詳細に検討していないので記載を省略する。

(4) 液状化・古地震跡の記載

野中土手付遺跡では，平安時代の遺物を含む灰色粘土質シルト層を貫き，上位層に覆われる噴砂脈が認められる（図－5a，写真－5a，b）。噴砂脈は粗粒砂からなり，脈の幅は約50～70cmである（写真－5a）。長さ１ｍの検土丈をもちいて噴砂脈の垂直分布を確認した結果，噴砂脈は自然堤防状の小規模なマウンド構造ではなく，約70～90cm下位の砂層がほぼ垂直に灰色粘土質シルト層を貫いたものであることが確認できた。また，平安時代遺構面の直下の極細粒～細粒砂層が初生的堆積構造を残さず流動変形しているところもある。

写真－５ａ

写真－５ｂ



写真－５　野中土手付遺跡にみられる噴砂脈

写真－5aの噴砂脈は幅70～80cm。ほぼ垂直方向に貫いている。写真－5bは，写真3aと別地点における粗粒～極粗粒砂の噴砂脈。

砂山中道下遺跡では，中世の遺物包含層を貫く噴砂脈が確認できる（写真－６）。

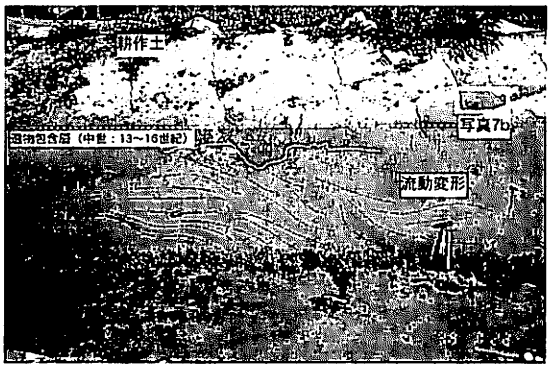
住吉遺跡では，下位の中～粗粒砂層・シルト層の互層が大規模に流動変形しており，上位の暗灰色粘土質シルト層（中世の遺物包含層）の下底面も変形させている（図－5b，写真－7a）。また，上位のリップル葉理等が発達する白色細粒砂とシルトの細互層も流動変形している（写真－7b）。

このような地層の流動変形は，一般に地層の圧密（荷重）や地震動による間隙水圧の増加に伴って

写真－6　砂山中道下遺跡にみられる噴砂脈

写真中の足もとの地層は中世（14～15世紀）の遺物包含層。噴砂脈は比較的と淘汰のよい中～粗粒砂。

写真－7 a



写真－7 b

写真－7　住吉遺跡にみられる流動変形

写真－7aは，下位の中～粗粒砂層・シルト層の互層の大規模な流動変形。その上位の暗灰色粘土質シルト層（中世の遺物包含層）の下底面を変形させていることに注目。写真－7bは，リップル葉理等が発達する白色細粒砂とシルトの細互層の流動変形。

形成されるが，遺跡等の場合は地表面に近く上位層の荷重による効果は少ないものと考えられ，地震動による影響の可能性が高いものと考えられる。このような地層の流動変形は，噴砂脈という“狭義の液状化”とは異なる定義のものであるが，地震動による間隙水圧の上昇という点では共通した現象であり，“噴砂脈”という定義にだけにとらわれず“広義の液状化”として記載する。

(5)　液状化跡の推定年代

野中土手付遺跡で認められる噴砂脈は，平安時代（9世紀）の遺物包含層を貫き，14～15世紀の旧紫雲寺潟の堆積物とされる炭質物・泥炭質粘土の互層（ガツボ）に覆われることから，9世紀以後から14～15世紀の間に形成されたものと考えられる。

砂山中道下遺跡では，中世（14～15世紀）の遺物包含層を貫く噴砂脈が確認できる（写真－6）。

住吉遺跡の下位層準の大規模な流動変形は，中世（13～16世紀）遺物包含層も変形させていることから，13～16世紀以後に形成されたことがわかる。また，上位のリップル葉理等が発達する白色細粒砂とシルトの細互層の流動変形は，層序から13～16世紀以後（下位の大規模な変形以後）から現在

（1967年以前）までの間に形成されたものと考えられる。

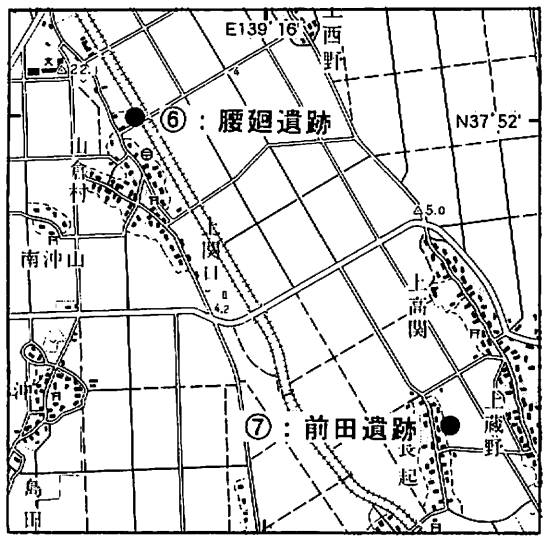
(6) そ の 他

加治川・紫雲寺地域の遺跡では，上述のように９世紀以後から16世紀の間に１回ないしは２回，13～16世紀以後から現在（1967年以前）までの間に１回の液状化を伴うような地震動を記録していることが明かとなった。これらの地震活動については，現在のところ特定できない。

３．笹神地域（腰廻遺跡・前田遺跡）

(1) 所 在 地

北蒲原郡笹神村大字山倉村地内（図－６）。



図－６ 笹神地域の遺跡位置（国土地理院2.5万分の1地形図「天王」を使用）

(2) 遺跡の立地と現在の地形

腰廻遺跡・前田遺跡は，笹神村を流れる折居川近傍の沖積低地に位置する（図－６の⑥，⑦）。現在の地表面の標高は約４ｍ前後であり，遺物包含層は地表下約70～100cmの層準にある

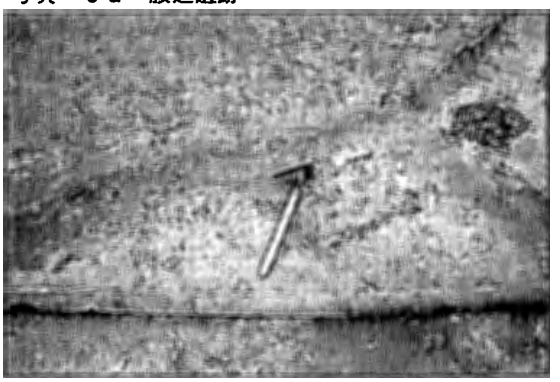
(3) 遺跡の年代・層序

腰廻遺跡の基本層序は，下位より灰～灰褐色のやや砂質なシルト層（下底不明），層厚約20cmの褐色シルト層，層厚約50cmのシルト層（現在の耕作土）からなる。最下位の灰～灰褐色の砂質シルト層からは８～９世紀，その上位の褐色シルト層から11～12世紀の年代の遺物が出土する。

(4) 液状化・古地震跡の記載

腰廻遺跡では液状化跡として，下位の灰～灰褐色の砂質なシルト層を貫く噴砂脈やマウンド状の砂堆が認められる。噴砂脈は，幅１～３cm程度の中～粗粒砂であり雁行しながら地割れ状に分布する（写真－8a)。マウンド状の砂堆は幅約70～100cmで，下底面は直線的であるが上面は高さ５～７cm程度のマウンド状の形態を示しており，古地表面を覆うものと推定される（写真－8b)。近傍には小規模な古河川流路があるが，マウンド状の砂堆の分布は流路跡と調和的でなく流路方向に向かって厚層化・粗粒化が認められないことから，河川の溢れ出しによる砂堆ではないものと考えられる。噴砂脈

写真－８ａ　腰廻遺跡



写真－８ｂ　前田遺跡

写真－８　腰廻遺跡にみられる噴砂脈

写真－8aの噴砂脈は，幅１～３cm程度の中～粗粒砂であり雁行しながら地割れ状に分布する。写真－8bの砂堆は，幅約70～100cmで，下底面は直線的であるが上面は高さ５～７cm程度のマウンド状の形態を示しており，古地表面を覆う。

写真－９　腰廻遺跡にみられる流動変形

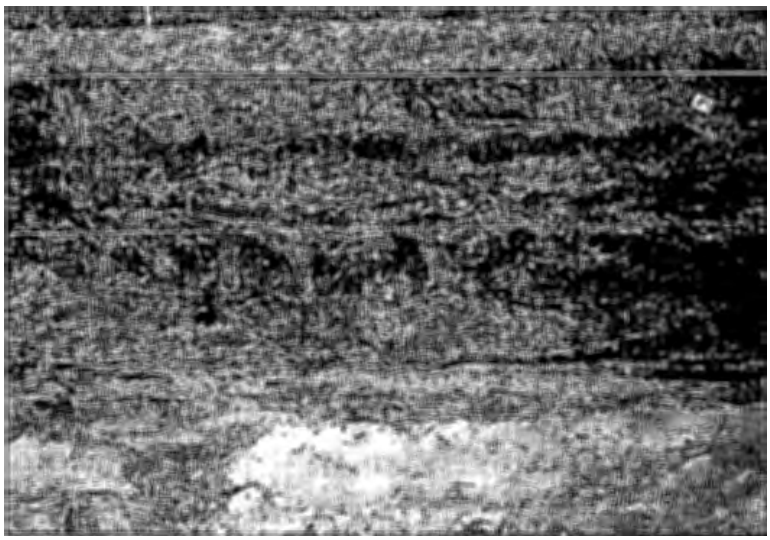
灰白色の粘土層と褐色の粘土質シルト層の流動変形。

やマウンド状の砂堆の方向は，南北ないしは北北西－南南東方向である。

また，噴砂脈やマウンド状の砂堆の近傍の灰白色の灰～灰褐色の砂質なシルト層の上面では，シルト層が流動変形し平面的に不規則な分布形態を示している（写真－９）。この流動変形は，現在の地表面から50～70cm程度下位に認められる現象であることから，上位層の荷重による変形ではなく地震動による間隙水圧の上昇に伴った変形現象であると考えられる。

(5)　液状化跡の推定年代

腰廻遺跡の噴砂脈や地層の流動変形の形成年代は，遺物包含層との層序関係から８～９世紀以後から11～12世紀以前の年代が推定できる。また，腰廻遺跡近傍の前田遺跡では，９世紀後半と見積もられる噴砂や地層の流動変形が認められる（写真－10）。



写真－10　前田遺跡にみられる液状化跡

写真中央部の砂層が液状化している。地層も全体的に流動変形している。

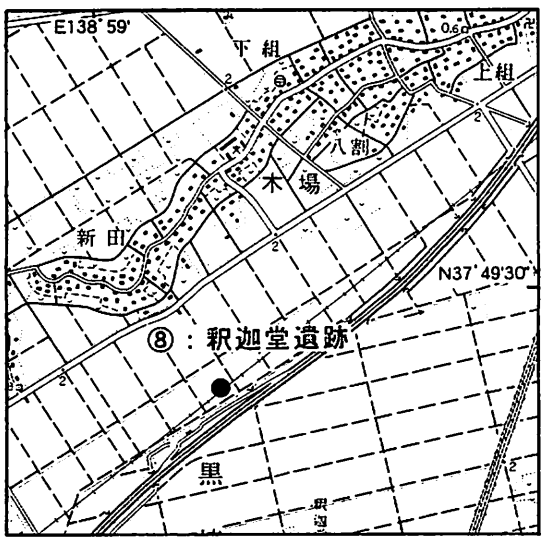
(6) そ　の　他

新潟地域の平安時代（8～9世紀）における被害地震は，歴史資料により複数の活動が知られている。このなかで笹神地域に被害を及ぼすような地震の特定は現在のところできていない。

4．黒埼地域（釈迦堂遺跡）

(1) 所　在　地

西蒲原郡黒埼町大字木場字大南地内（図－7の⑧）。



図－7　黒埼地域の遺跡位置（国土地理院2.5万分の1地形図「巻」を使用）

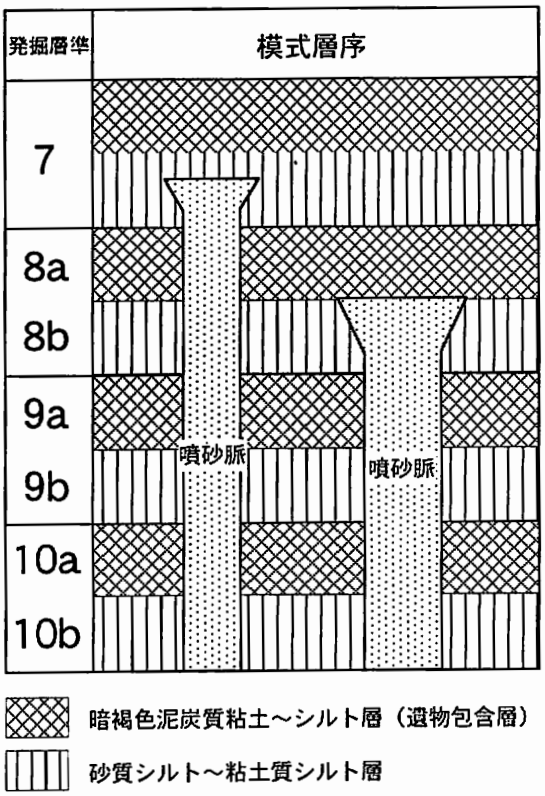
(2) 遺跡の立地と現在の地形

釈迦堂遺跡は，信濃川支流中ノ口川の左岸の後背低湿地に位置する。遺跡の立地する現況は標高約0.6mの水田であり，遺跡面の高度は標高－1m前後である。1972年の北陸自動車道建設に伴う調査では，遺跡の一部が発掘されている。この発掘での出土は，大半が中世（15世紀）のもので平安時代の須恵器は少量であった。釈迦堂遺跡の約4km北方には，平安時代の官衙関連遺跡である緒立（おなて）遺跡と的場（まとば）遺跡がある。1997～1998年の発掘では，平安時代の9世紀後半～末と一部8世紀代の土師器や須恵器などが出土し，火葬灰埋積土坑などが検出されている。

(3) 遺跡の年代・層序

1998年6～7月の調査時では，標高－2～－2.5m程度まで掘り下げられいくつかの遺物包含層と遺物を含まない層の繰り返しが確認できた（図－8）。各層は，層厚10～30cm程度で，下位より10b，10a，9b，9a，8b，8a，7層に区分されている（地層番号は，発掘調査による区分）。このうち，10a，9a，8a，7層上部から遺物が出土する。遺物包含層は，やや土壌化した暗褐色な泥炭質粘土～シルト層からなり初生的堆積構造を残していない。10b，9b，8b，7層下部は，明褐色の塊状でやや砂質なシルト～粘土質シルト層からなる。これらは，洪水時の氾濫原堆積物と考えられるが，堆積様式や堆積環境を特定できる初生的堆積構造は残っていない。

10b層から7層までの年代は，包含される遺物から平安時代の8世紀末～9世紀後半と見積られている。各遺物包含層の詳細な年代は今後検討される予定である。



図－8　釈迦堂遺跡の模式層序

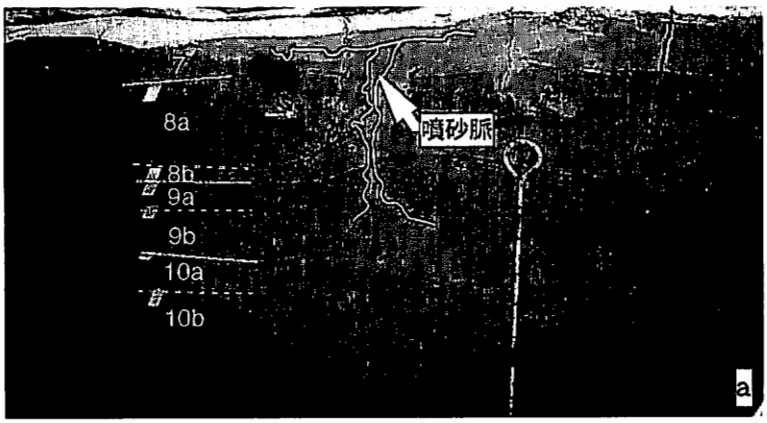
(4) 液状化・古地震跡の記載

ここでの液状化跡は，噴砂脈として発掘地内の数カ所で確認される。液状化している噴砂の粒度は，ややシルト質な極細粒砂や細粒砂であり，噴砂脈の幅は数cmから100cm程度のものが確認される。水平方向での観察では，噴砂脈は南北ないしは北東－南西方向の複数の地割れとして認められる。観察される噴砂脈と遺物包含層の層序的関係を整理すると，噴砂脈は8a層を貫かずに覆われるものと7層上部を貫かずに覆われるもの2つに区分できる（図－8，写真－11a, b）。

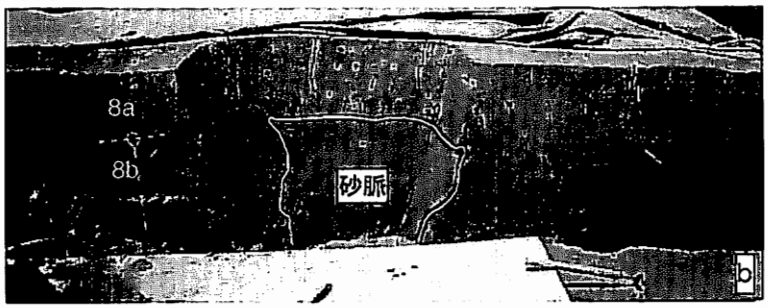
(5) 液状化跡の推定年代

遺物包含層と噴砂脈の層序的関係から，少なくとも2つの異なる時期の地震によって液状化したことが確認できた。先に述べたように，噴砂脈を覆う遺物包含層（8a層や7層上部）の年代値の詳細は現在検討されている途中ではあるが，8a層や7層上部を含めて10a層から7層上部までの年代が平安時代の8世紀末～9世紀後半と推定されていることから，2回の地震による液状化の時期も平安時代

写真－11 a



写真－11 b



写真－11　釈迦堂遺跡にみられる２回の液状化跡

写真－11aの噴砂脈は７層上部削剥される。写真－11bの噴砂脈は，8a層に削剥される。７層中と8b層堆積時の２回液状化している。図中の７～10は発掘層準の番号。8a，9a，10aは遺物包含層。

の８世紀末～９世紀後半までの短い期間に限定できる。

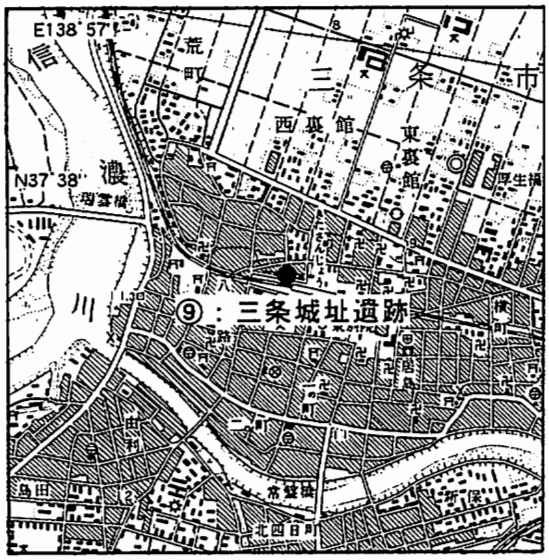
(6) そ の 他

この地域に少なくとも２回の液状化をもたらした平安時代の８世紀末～９世紀後半の地震活動としては，貞観５（863）年の越中越後の地震が知られており，これに加えて，仁和３（887）年の越後の地震（信憑性が低い）が知られている（宇佐美，1996など）。また，新潟市周辺地域の古文書にみられる災害をまとめた南憲一氏（新潟市市史編纂室）の私信によるとこの年代にさらに複数の地震災害の記録が認められる。いずれの地震についても震源や地震規模は不明である。遺跡に認められた２回の液状化を伴う地震について，現在は特定できないが，今後，遺物包含層の年代が整理された後に特定できる可能性もある。

5．三条地域（三条城址遺跡）

(1) 所　在　地

三条市元町地内（図－９）。



図－９　三条地域の遺跡位置（国土地理院2.5万分の１地形図「三条」を使用）。

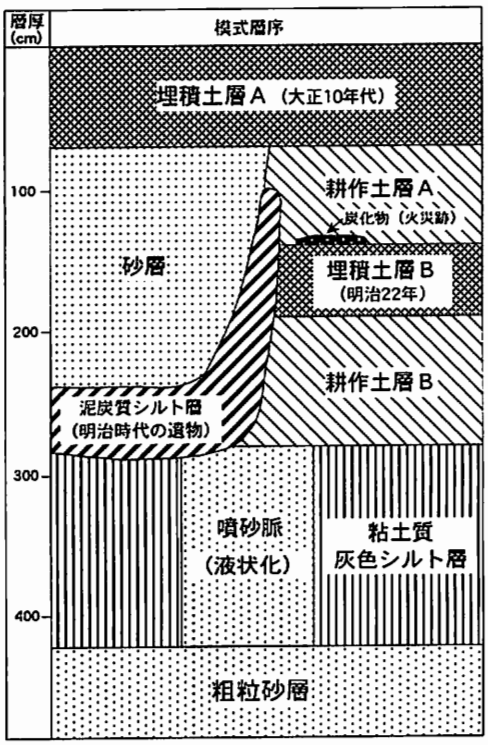
(2) 遺跡の立地と現在の地形

三条城（江戸時代）は，元和２（1616）年に市橋長勝によって築城され，その後稲垣重綱が城主となり，元和９（1623）年には幕府直轄として長岡藩主牧野氏によって管理され，寛永19（1642）年に幕府によって取り壊された城である。約26年間のみ機能した三条城の様子は，江戸時代中期や明治初期の絵図面に残されている。

1998年度の発掘調査地点は，絵図面から推定すると城の北側の外堀部分にあたる（図－９の⑨）。

(3) 遺跡の年代・層序

遺跡の発掘地点における層序の概要は，以下のようである（図－10）。下位より層厚約600cm+の砂層（ボーリング調査で確認），層厚約100cmの灰色粘土質シルト層，層厚約70cmのシルト層（耕作土層Ｂ），層厚約30cmの不淘汰なシルト層（埋積土層Ｂ），層厚約50cmのシルト層（耕作土層Ａ），層厚約50cmの不淘汰なシルト層（埋積土層Ａ）からなる。埋積土層Ｂと耕作土層Ａの境界には，火災跡が認められる。



図－10　三条城址遺跡の1998年発掘調査地点の模式層序

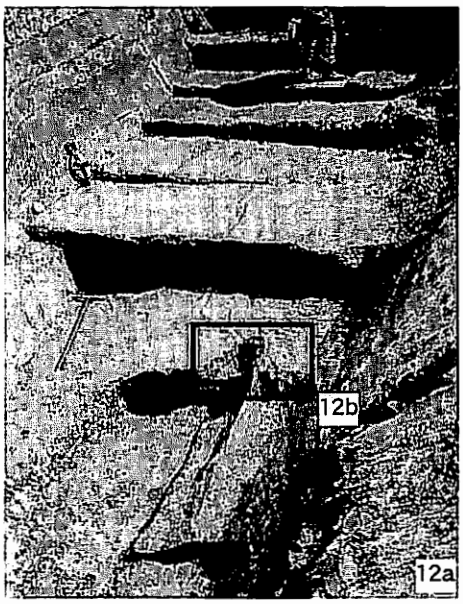
また，耕作土層Ｂ，埋積土層Ｂ，耕作土層Ａは，側方で層厚約30～50cmの泥炭質シルト層（下位），層厚約０～90cmの砂層（上位）に変化する。

遺物や歴史資料から，下位の灰色粘土質シルト層は，江戸時代の三条城の外堀を埋積したものと推定される。また，埋積土層Ｂは明治22年の郡役所造成時，埋積土層Ａは大正14年開通のＪＲ弥彦線造成時の埋積土と推定される。耕作土層Ｂ，埋積土層Ｂ，耕作土層Ａの側方の泥炭質シルト層からは，明治時代の遺物が出土する（図－10）。

(4) 液状化・古地震跡の記載

液状化跡は，外堀を埋め立てた下位の粘土質灰色シルト層を突き抜く地割れ状の噴砂脈としてあらわれている。地割れ状の噴砂脈の幅は５～７cm程度で，南北方向に10m以上確認できる（写真－12a）。噴砂の粒度は粗粒砂であり，地割れ状の噴砂脈は分岐しているところもある（写真－12b）。この噴砂脈は，耕作土層Ｂと側方の泥炭質シルト層に覆われれている（図－９）。

写真－12ａ



写真－12ｂ

写真－12　三条城址遺跡における液状化による地割れ状の噴砂脈

写真12aは全景。写真12bは噴砂脈部分の拡大。

(5) 液状化跡の推定年代

液状化跡を示す噴砂脈は，外堀を埋め立てた粘土質灰色シルト層を貫き，耕作土層Ｂに覆われる。外堀は，元和２（1616）年に三条城が築城されていることから，ほぼ同じ年代に開削され，その後放棄されたものである。耕作土層Ｂの年代は遺物が認められないが，直上の埋積土層Ｂの年代が明治22年と推定されることから，明治初頭ないしは江戸時代末期と推定され，耕作土層Ｂの側方の泥炭質シルト層からは，明治時代の遺物が出土する。このことから，液状化による噴砂脈の年代は，外堀成立後（1640年代）から明治初頭の間と推定される。

(6) そ の 他

この液状化を起こした地震については，外堀の成立後から明治初頭の間に限定される。1640年代以降の三条地域における被害地震は，宝暦12（1762）年と文政11（1828）年の地震である（宇佐美，1996；総理府地震調査研究推進本部地震調査委員会，1997など）。宝暦12（1762）年の地震は，三条より北方の現在の味方村付近を震源としたものでり，文政11（1828）年は三条付近を震源としたものである。このうち文政11（1828）年の地震は三条地震と呼ばれ，古文書によると三条に多くの死傷者と家屋の倒壊ならびに地割れから泥水が噴出した（液状化）記録があることから，今回認められた噴砂脈は，文政11（1828）年の三条地震による液状化の可能性が高い。

6．和島地域（下ノ西遺跡）

(1) 所 在 地

三島郡和島村大字小島谷字下ノ西地内（図－11）。

図－11 和島地域の遺跡位置（国土地理院2.5万分の１地形図「与板」を使用）

(2) 遺跡の立地と現在の地形

下ノ西遺跡は，島崎川低地の中の微高地上に立地し，島崎川と小島谷川・梅田川・保内川の合流点の近傍に位置する（図－11の⑩）。現在の地形は，標高1.5m前後の沖積地である。遺跡は，古志郡の官衙遺跡である八幡林遺跡と島崎川を挟んで相対している。1996～1998年の調査により，下ノ西遺跡

は，大型の掘立柱建物遺構や8世紀前半から9世紀代にかけての遺物（木簡を含む）が出土しており，「館院」をもつ重要な郡衙遺跡と考えられている。

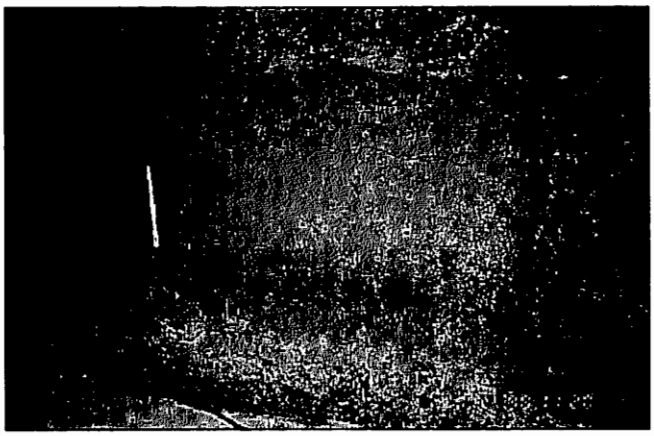
(3) 遺跡の年代・層序

遺跡での遺物・遺構を含む層序は，現在の水田耕作面より70～100cm程度下位にあり，暗灰色のやや泥炭質粘土層，灰色粘土層，灰白色粘土層などからなる。年代は，木簡資料などから8世紀前半から9世紀代とされる。

(4) 液状化・古地震跡の記載

現在の水田耕作面より70～80cm程度下位の層位では，灰白色粘土層とその上位の層厚約10～15cmの灰色粘土層，層厚約10～15cmの暗灰色粘土層の地層境界が波状に変形している（写真－13a)。これらの境界を詳細に観察すると，境界面は単なる波状の変形ではなく，下位層が上位層下底に注入・流動変形しており，それぞれの単層内も初生的堆積構造を残さず流動変形している（写真－13b)。また，暗灰色粘土層をはぎ取り，暗灰色粘土層と下位の灰色粘土層の境界付近を平面的に観察すると，直径

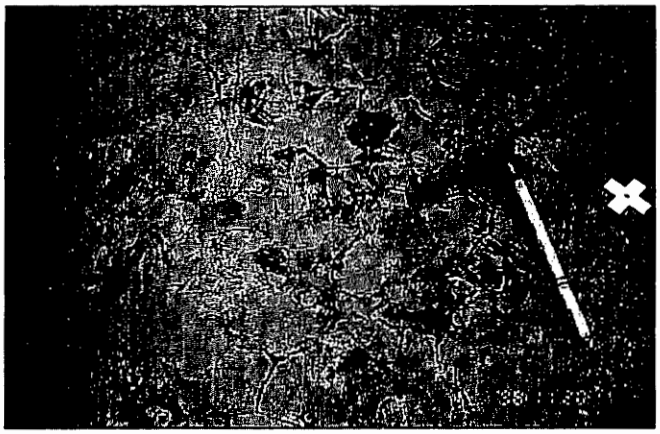
写真－13a



写真－13b

写真－13 下ノ西遺跡にみられる粘土層の流動変形

写真－13aは全体。写真－13bは，変形部分の拡大。



写真－14　下ノ西遺跡にみられる粘土層の流動変形（水平面）

約10cm程度の半円弧状ないしは三日月状の注入やクラック状の不規則な注入が認めれる（写真－14)。これらの半円弧状ないしはクラック状の注入変形は，上位層，下位層ともにが流動変形を起こし，一種の水抜け構造ないしはコンボリューション構造を形成するプロセスと同様な過程が作用して形成されたものと考えられる。

一般に水抜け構造やコンボリューション構造は，地層の圧密（荷重）や地震動による間隙水圧の上昇によって起こる。ここでは，暗灰色粘土層自体も流動変形を起こしているにも関わらず，暗灰色粘土層の上位の粘土質シルト層との境界では上位層に対して変形作用を与えていないことから，現在の地表面まで地層の堆積が終了したのちの変形ではなく，暗灰色粘土層が当時の地表面であったときに変形作用が起こったことを示している。よって，ここで認められる流動変形は，地層の圧密による作用ではなく，暗灰色粘土層堆積時以降の地震による間隙水圧の上昇によって引き起された可能性が高い。

(5)　液状化跡の推定年代

下ノ西遺跡での流動変形の形成年代の詳細は不明であるが，遺跡全体の年代が8世紀前半から9世紀代であり層序関係からおよそ9世紀代と推定される。

下ノ西遺跡から約1km程度離れた八幡林遺跡（図－11の⑪）では，地震に伴う地割れや小規模な断層（地すべり的）が認められ，建物への被害が認められている。この被害地震の年代は，遺物の年代から9世紀後半の年代が推定されている。

(6)　そ　の　他

9世紀後半の地震活動には，貞観5（863）年の越中越後の地震が知られている。しかし，前述の釈迦堂遺跡の項で述べたように9世紀後半には複数の被害地震の記録があり，今後古文書等から各地震の被害範囲を特定し，その中で和島地域に液状化をもたらした地震を特定していく必要がある。

Ⅲ　液状化についての諸問題

新潟県内の遺跡に認められる歴史地震の液状化跡を記載し整理した（1998年現在）。以下に液状化の認定や歴史地震との関係，液状化する物質，再液状化などの問題点を整理する。

1．液状化の認定

遺跡に認められる歴史地震の液状化跡を検討して，地域における地震活動や地震災害履歴を復元することは，近年全国的な広がりをみせている。しかし，これまでの検討では，液状化跡の概念として“噴砂脈”のみが着目され認定されている傾向がある（寒川，1992など）。

ここでは，液状化現象として認識されている噴砂脈（狭義の液状化）のみにとらわれず，噴砂後の引き込み状現象（大塚ほか，1997）や地層の流動変形も“地震動に伴う地層の間隙水圧の上昇と減衰過程における現象（広義の液状化）”としてとらえ記載を行なった。この結果，噴砂現象が認められない地点において地層の流動変形等から歴史地震の活動が推定できる事例もあり，従来の噴砂現象に加えて噴砂後の引き込み状現象や地層の流動変形を検討していくことは，それぞれの地域における地震動による被害履歴を詳細かつ正確に復元していく上で非常に有効であることが明かとなった。

2．歴史地震と液状化跡

新潟県内の遺跡に認められる液状化跡と歴史地震との関係を整理する。なお，ここで記載した年代は，現在，出土した遺物等により遺物包含層の年代が詳細に検討されている段階であり，あくまで発掘調査時の概略的な年代である。

遺跡での液状化跡の年代をみると，新潟平野内の複数の遺跡に共通して認められるものがある。例えば，8／9世紀以後～11/12世紀以前の年代の液状化跡は，平野部の腰廻遺跡，前田遺跡，釈迦堂遺跡，下ノ西遺跡，八幡林遺跡などの複数の遺跡において確認することができる。また，加治川・紫雲寺地域の複数の遺跡では，9世紀以後から16世紀以前の年代に液状化を伴うような地震があったことが推定できる。これらは，現在のところ年代に幅があるため，それぞれの年代において，これらの液状化跡がすべて同一の地震によるものなのか断定はできないが，近隣の地域に限定してみると，同一の地震によるものである可能性もある。これについては，古文書等で被害地震の年代と被害範囲の検討を含めて詳細に検討する余地がある。

液状化跡の年代がほぼ特定できたものとしては，三条城址遺跡で認められた液状化による噴砂脈がある。ここでは噴砂脈と遺物包含層との層序関係から，液状化跡の年代を文政11（1828）年の三条地震によるものと推定することができた。

3．液状化する物質と再液状化問題

(1)　液状化する物質

液状化を再認識した1964年の新潟地震の液状化災害以後，急速に液状化についての工学的検討が進められ，主に液状化する物質は，砂であるとされてきた。その後のいくたびかの地震（日本海中部地震，十勝沖地震，北海道東方沖地震，兵庫県南部地震など）の際も液状化による被害がおこっており，地震動の規模や継続時間によっては，砂はもちろんのことこれまで想定されていなかった大粒径（礫）の液状化も報告されている。また，全国の遺跡等では，段丘礫の液状化（堀口，1992など），ローム層の液状化（上本ほか，1993，1994：服部ほか，1996など）埋没スコリア層の液状化（藤田・鈴木，1984），土石流堆積物の液状化（寒川，1995など）などが報告されている。

新潟県内の遺跡に認められる液状化においても，均質な砂だけが液状化しているわけではなく，や

や細粒の泥質な物質から直径数十cmある礫層までが液状化している（表－１）。遺跡等におけるさまざまな粒径の物質の液状化は，液状化する物質の問題に対して重要な研究事例となりうるものである。例えば，これまでの埋立地や盛土は，均質な砂が液状化しやすいという論理に基づき，砂礫を混入した埋積土・盛土をもちいて造成している場合が多い。しかし，地震動の条件（地震動の特徴と振動継続時間等）によっては，様々な粒径の物質（土・砂・礫）が液状化するため，埋立て等に用いる埋積土の粒径を再検討するとともに，液状化防止の対策方法に関しても再検討しなければならない。また，様々な粒径の物質の液状化発生メカニズムをさぐる上でも重要な事例となりうる。

(2) 地盤の再液状化

地盤の再液状化は，過去の地震によって液状化した地盤が再来した地震によってふたたび液状化する可能性があるかという問題であり，液状化災害に対する被害予測を検討する上でも重要である。

過去に液状化した地盤の再液状化について，大川（1997）は，液状化を粒子の水中での沈降として捉えると，数回の液状化では地盤全体の液状化強度がほとんど上昇しないとしている。一般的に自然地盤の場合は，粒子の沈降と地震動の継続時間との関係から，地盤が完全に圧密段階に至る前に１回の地震動が終了してしまうものが多いと考えられ，再液状化がおこりうるものと思われる。

こうした問題を考える上で，遺跡等での再液状化について具体例をみる。上述の釈迦堂遺跡では，２回の時期に液状化した噴砂脈が認められ，２回の時期の噴砂脈は同一の砂層を起源としている。このことは，遺物包含層の年代から推定すると少なくとも数十年の間を隔てた２回の地震により同一地域の地盤（砂層）が液状化していることになる。つまり，１回の地震動では，地盤（砂層）の液状化ポテンシャルが低下していなかったことを示している。このように再液状化の問題についても遺跡等にみられる過去の液状化現象を事例として検討することができる。

この再液状化の問題や液状化する物質の検討は，地盤の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に対しても重要な課題である。

Ⅳ　ま　　と　　め

遺跡に認められる液状化を検討することは，特定の地域の地震災害履歴を復元するとともに，地震の再来間隔，規模，断層系としての地震活動などの復元に対して，重要な検討方法のひとつである。また，液状化の発生メカニズムを含め，液状化する物質の粒径の検討，再液状化の問題に対しても多くの事例を提示することのできる課題であり，今後も継続して検討していく予定である。

謝辞　各遺跡の液状化跡を検討するあたり，新潟県教育委員会文化行政課埋蔵文化財係，㈶新潟県埋蔵文化財調査事業団ならびに関係市町村の教育委員会には，遺跡を観察する機会を与えて頂いた。また，現地調査に際して関係各位には，遺跡の層序や年代などをご教示頂き，また多数の資史料を頂いた。とくに朝日村教育委員会奥三面遺跡調査室の北村　亮（当時）・高橋保雄・富樫秀之・滝沢規朗氏をはじめ調査室の各位からは親身のお世話を頂き，和島村教育委員会の田中　靖氏には下ノ西遺跡についてのご教示，新潟市市史編纂室の南　憲一氏からは新潟市周辺地域の古文書からまとめた災害史の提供をうけた。新潟大学大学院Tad James Choi氏には英文要旨をみていただいた。ここに，以上の関係機関と各位に深く謝意を表するとともに，今後ともご協力をお願いする次第である。

文　　献

藤田至則・鈴木幸治（1984）：昭和59年長野県西部地震による地震災害ー液状化による斜面崩壊．新潟大学積雪地域災害研究センター年報，6，111－116.

服部　仁・福嶋宗人・上条朝宏（1996）：多摩ニュータウンにおけるローム質噴砂脈．地質学雑誌，102，391－403.

堀口萬吉（1992）：利根川中流域における古代地震（9世紀）の液状化跡．地質学雑誌，102，vii-viii.

堀口萬吉・角田史雄・町田明夫・昼間　明（1985）：埼玉県深谷バイパス遺跡で発見された古代の“噴砂”について．埼玉大学紀要（自然科学編），21，243－325.

活断層研究会（1991）：新編日本の活断層．412p，東京大学出版会.

大川秀雄（1997）：液状化の発生メカニズムを考える．土木学会論文集，No.568／Ⅲ－39，13－2.

大塚富男・高浜信行・中里裕臣・野村　哲（1997）：群馬県烏川中流域のテフラ層中にみられる液状化とその意義．第四紀研究，36(2)，123－136.

寒川　旭（1992）：地震考古学．中央公論社，251p.

寒川　旭（1995）：考古学の資料から古地震を探る．太田陽子・島崎邦彦編，古地震を探る，107－124，古今書院.

総理府地震調査研究推進本部地震調査委員会（1997）：日本の地震活動．地震予知総合研究振興会，391p.

上本進二・上杉　陽・由井将雄（1993）：立川・武蔵野ローム層中の地震の痕跡．慶応義塾藤沢校地理埋蔵文化財調査室編，湘南藤沢キャンパス内遺跡－1，266－271.

上本進二・上杉　陽・桜井準也（1994）：南鍛冶山遺跡のテフラとパミスダイク―東京パミスと三浦パミスの液状化と古墳時代前期～中期頃の地すべり―．藤沢市教育委員会編，南鍛冶山遺跡発掘調査報告書－1，218－226.

宇佐美龍夫（1996）：新編日本被害地震総覧．増補改訂版，東京大学出版会.