

新潟県内液状化しやすいさマップ



地盤の液状化現象は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した「東北地方太平洋沖地震」でも広範囲にわたって各種施設に多大な被害をもたらし、マスコミ等を通じて広く報道されるなど、大きな関心事になりました。

北陸地方においても新潟地震(昭和 39 年)、中越地震(平成 16 年)や中越沖地震(平成 19 年)において、家屋や堤防等に多くの被害が発生しています。また、新潟県中越地方の信濃川中流域では、近年 50 年足らずの間に震度 6 弱以上の地震が 4 回も発生しており、これからも何年か後には必ず地震が発生すると言われていたことから、液状化に関する情報提供のニーズが高まっています。

このような背景のもと、北陸地方整備局は、北陸地方の地盤情報に関する豊富な知識と人材を有する公益社団法人地盤工学会北陸支部と共同で検討会を組織し、過去の液状化発生状況や地形地質等に関する情報などを加えて「液状化しやすさマップ」を作成しました。

液状化しやすさをキーワードに土地(地盤)の性質を知って頂き、自助・共助・公助に役立ててもらいたいと考えています。

ご利用にあたって

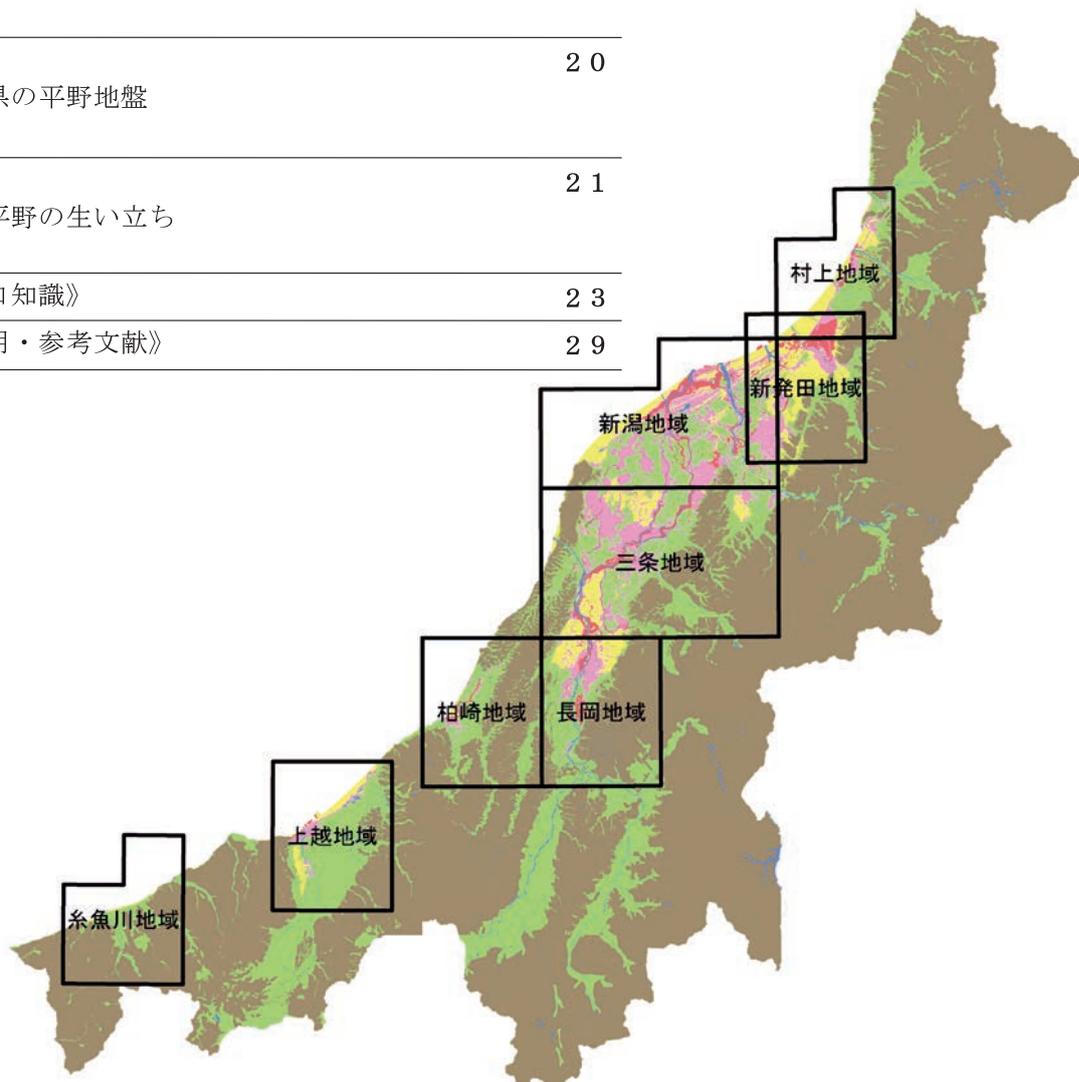
- ①このマップは、地盤の液状化という点にのみ注目し、「液状化しやすさの傾向」を示したものです。地震被害想定マップではありません。
- ②液状化しやすいとされる地形条件に着目し、周辺にある既存の地盤(ボーリング)データを参照しており、多くの推定を含んでいます。
- ③液状化対策が実施された建物など、地盤が液状化しても被害が現れない場合があります。液状化対策の有無を一つ一を区別することはできません。このマップは、あくまでも地盤の性質として、液状化しやすい傾向があるかどうかを示したものです。

表紙の写真 写真左:新潟市南区白根の中ノ口川沿いの畑に出現した噴砂
写真右上:液状化により噴き出した大量の砂で埋まった自動車
写真右下:昭和大橋への取付け道路に生じた地割れ

索引図及び目次

目次

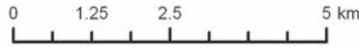
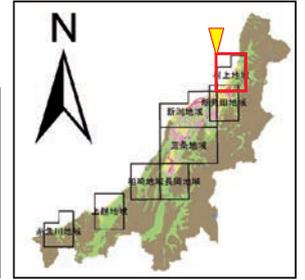
索引図及び目次	
1章 液状化しやすさマップ	1
2章 検討フロー	11
3章 液状化Q&A	13
4章 新潟県を襲った地震 ー過去の液状化被害ー	17
5章 地盤と災害	19
6章 新潟県の平野地盤	20
7章 越後平野の生い立ち	21
《一口知識》	23
《引用・参考文献》	29



1章. 液状化しやすさマップ

村上地域

液状化履歴の「履歴範囲」は広範囲の実績を、「履歴地点」はピンポイントの実績を表しています
「危険度」の凡例は p12「判定」をご覧ください



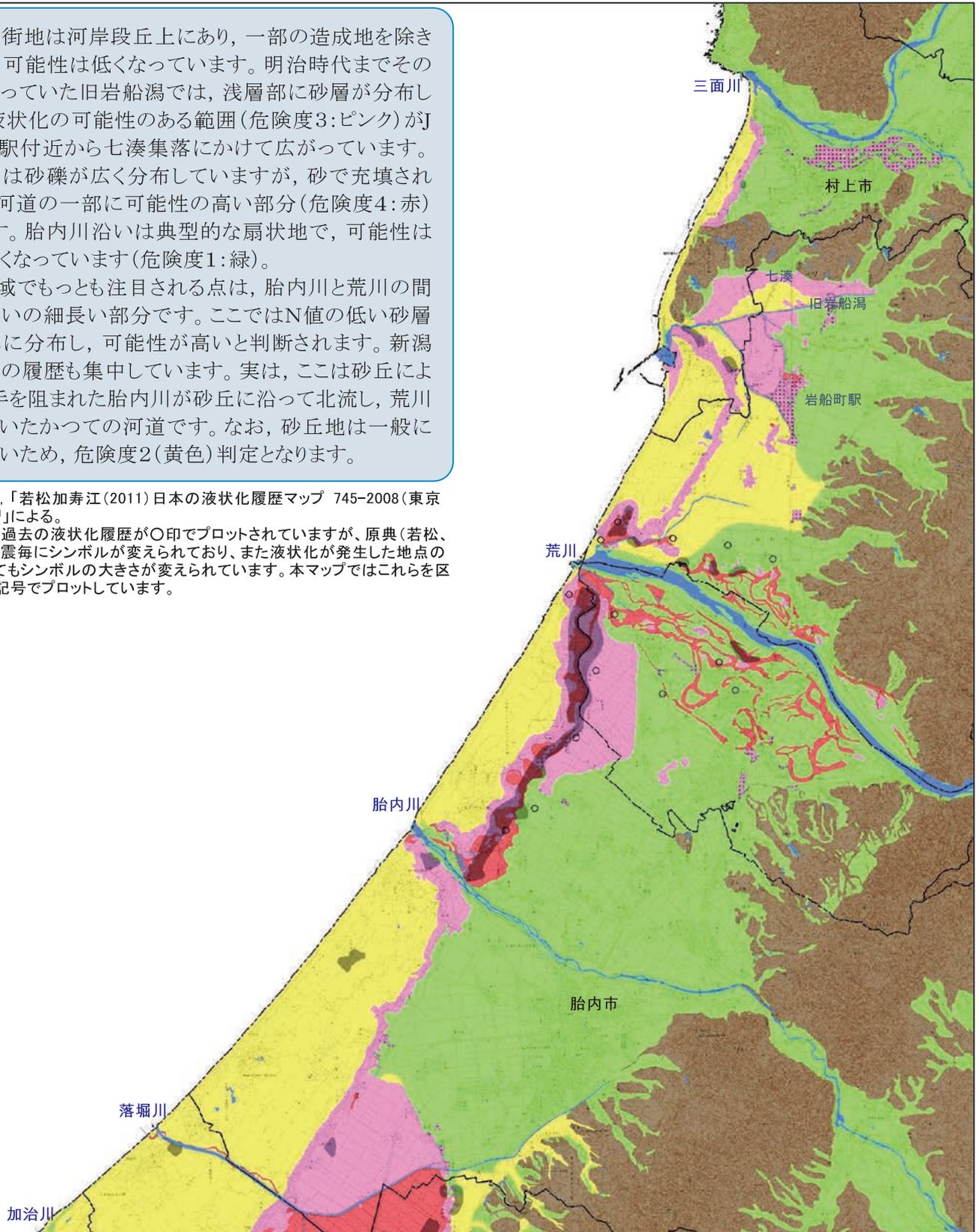
液状化履歴	
履歴範囲	履歴地点(点)

液状化危険度	
危険度 4	危険度 2
危険度 3	危険度 1
危険度 3 (盛土造成地)	危険度 0

村上市街地は河岸段丘上にあり、一部の造成地を除き液状化の可能性は低くなっています。明治時代までその一部が残っていた旧岩船潟では、浅層部に砂層が分布しており、液状化の可能性のある範囲(危険度3:ピンク)がJR岩船町駅付近から七湊集落にかけて広がっています。荒川沿いは砂礫が広く分布していますが、砂で充填されている旧河道の一部に可能性の高い部分(危険度4:赤)があります。胎内川沿いは典型的な扇状地で、可能性は非常に低くなっています(危険度1:緑)。

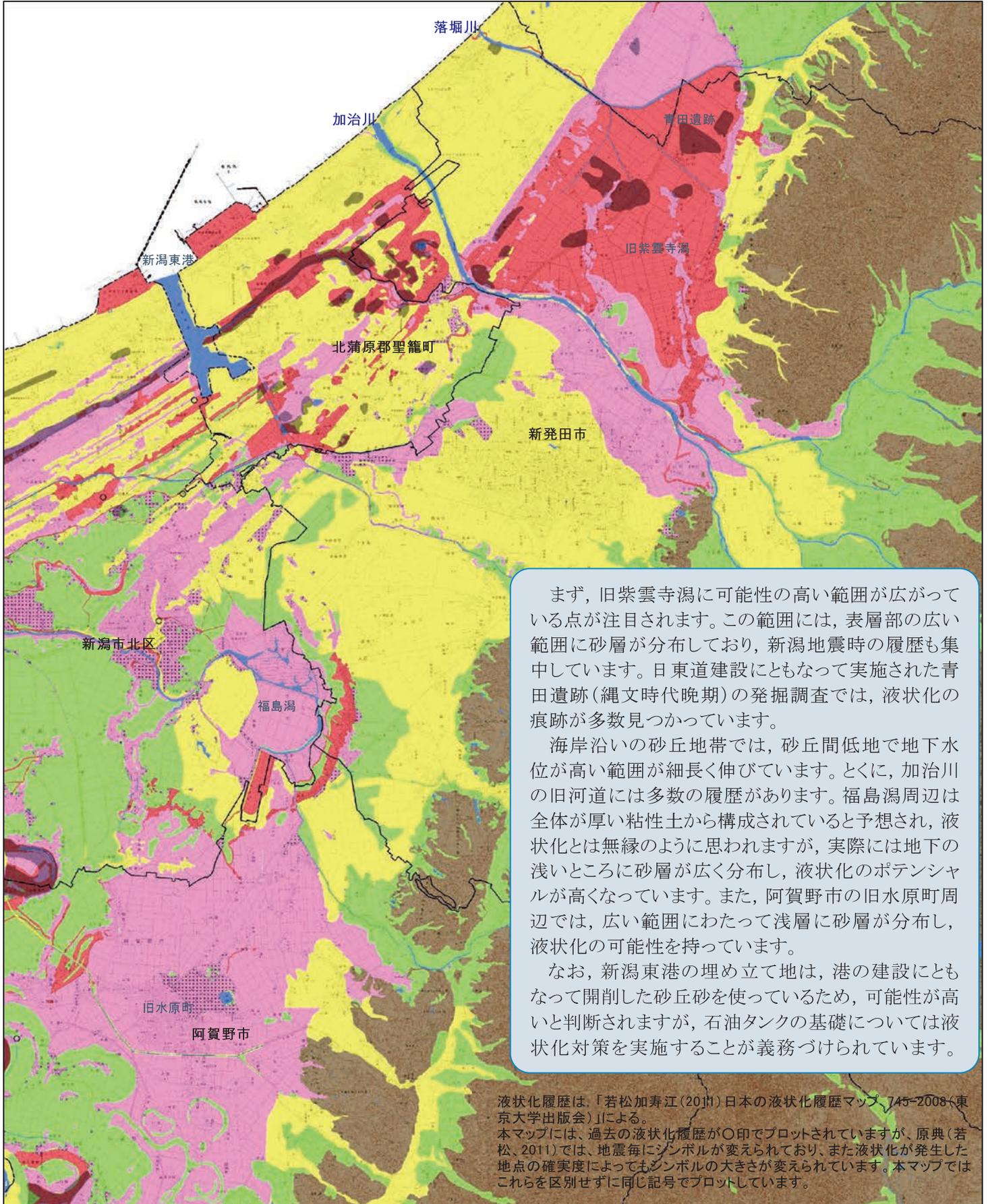
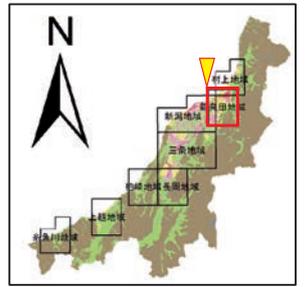
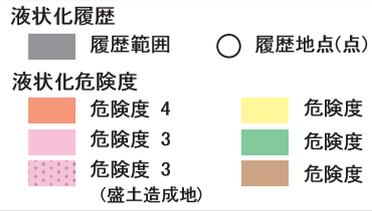
村上地域でもっとも注目される点は、胎内川と荒川間の砂丘沿いの細長い部分です。ここではN値の低い砂層が浅層部に分布し、可能性が高いと判断されます。新潟地震の際の履歴も集中しています。実は、ここは砂丘によって行く手を阻まれた胎内川が砂丘に沿って北流し、荒川に注いでいたかつての河道です。なお、砂丘地は一般に水位が低いため、危険度2(黄色)判定となります。

液状化履歴は、「若松加寿江(2011)日本の液状化履歴マップ 745-2008(東京大学出版会)」による。本マップには、過去の液状化履歴が○印でプロットされていますが、原典(若松、2011)では、地震毎にシンボルが変えられており、また液状化が発生した地点の確実度によってもシンボルの大きさが変えられています。本マップではこれらを区別せずに同じ記号でプロットしています。



新発田地域

液状化履歴の「履歴範囲」は広範囲の実績を、「履歴地点」はピンポイントの実績を表しています
「危険度」の凡例は p12「判定」をご覧ください



まず、旧紫雲寺湯に可能性の高い範囲が広がっている点が注目されます。この範囲には、表層部の広い範囲に砂層が分布しており、新潟地震時の履歴も集中しています。日東道建設にともなって実施された青田遺跡(縄文時代晩期)の発掘調査では、液状化の痕跡が多数見つかっています。

海岸沿いの砂丘地帯では、砂丘間低地で地下水位が高い範囲が細長く伸びています。とくに、加治川の旧河道には多数の履歴があります。福島周辺は全体が厚い粘性土から構成されていると予想され、液状化とは無縁のように思われますが、実際には地下の浅いところに砂層が広く分布し、液状化のポテンシャルが高くなっています。また、阿賀野市の旧水原町周辺では、広い範囲にわたって浅層に砂層が分布し、液状化の可能性を持っています。

なお、新潟東港の埋め立て地は、港の建設にともなって開削した砂丘砂を使っているため、可能性が高いと判断されますが、石油タンクの基礎については液状化対策を実施することが義務づけられています。

液状化履歴は、「若松加寿江(2011)日本の液状化履歴マップ、745-2008(東京大学出版会)」による。
本マップには、過去の液状化履歴が○印でプロットされていますが、原典(若松、2011)では、地震毎にシンボルが変えられており、また液状化が発生した地点の確実度によってシンボルの大きさが変えられています。本マップではこれらを区別せずに同じ記号でプロットしています。

新潟地域

新潟市街地でもっとも注目される点は、信濃川河口付近と通船川(1731年に日本海に分流する前の阿賀野川の本流の一部を開削して作られた人工河川)沿いに、可能性の高い範囲が広く分布していることです。この領域は、ほぼ新潟地震の際に見られた液状化範囲と重なっています。また、この範囲は、信濃川、阿賀野川の旧河道にほぼ一致しています。

また、通船川の北側の砂丘地は、標高が高いものの、砂丘列のうねりによって形成された凹地が細長く分布し、じゅんさい池などの湧水に涵養された池沼があつて地下水位が高いと考えられるため、可能性がある範囲に含めています。信濃川以西の砂丘地は標高が高く、地下水位は非常に低いため、可能性は低いと判断されます。

古町地区は新潟地震の際にはほぼ無被害でしたが、地盤構成の点では要因が強いため、可能性がある(危険度3:ピンク)となります。新潟地震よりも大きな地震に見舞われた場合には、液状化する可能性があります。

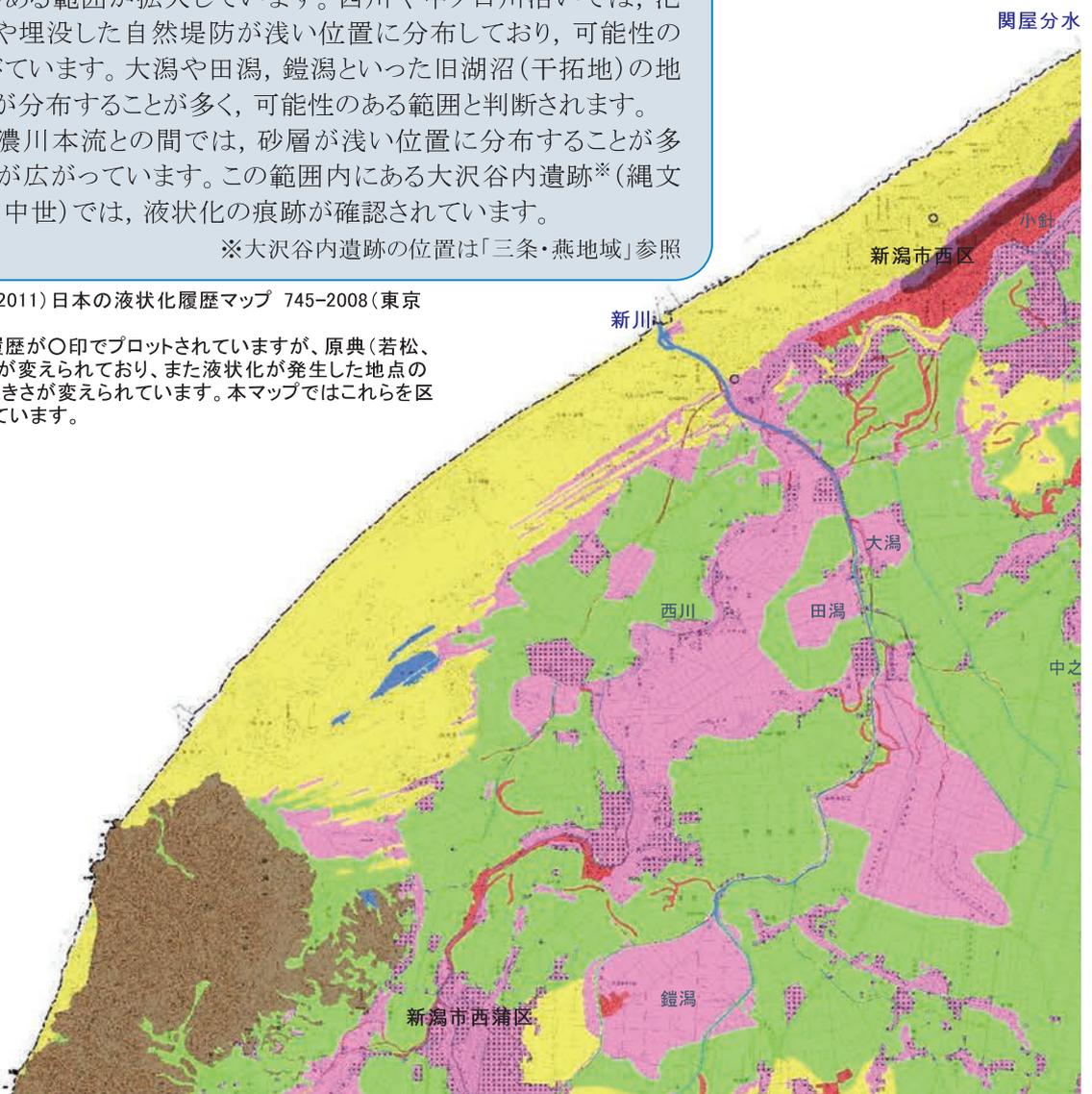
阿賀野川右岸の可能性の高い部分は河川の蛇行部です。また、西川下流左岸の可能性の高い部分は、砂丘縁辺部の地下水位の高い部分です。

旧黒埼町や小新、小針方面、および鳥屋野潟や旧亀田町周辺では宅地造成地が広がり、可能性のある範囲が拡大しています。西川や中ノ口川沿いでは、氾濫時に堆積した砂層や埋没した自然堤防が浅い位置に分布しており、可能性のある範囲が細長く伸びています。大潟や田潟、鎧潟といった旧湖沼(干拓地)の地下浅い部分には砂層が分布することが多く、可能性のある範囲と判断されます。

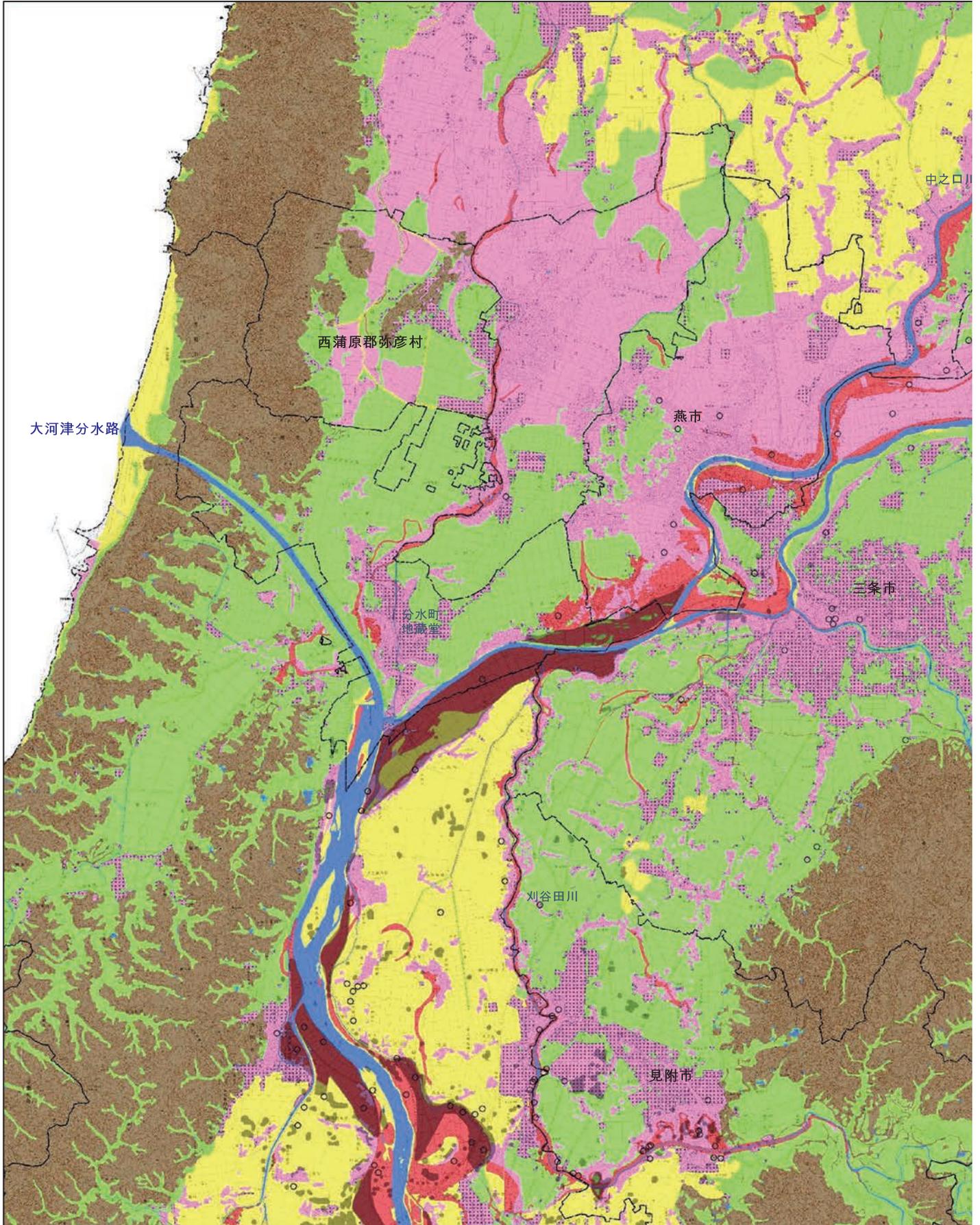
また、新津丘陵と信濃川本流との間では、砂層が浅い位置に分布することが多く、可能性のある範囲が広がっています。この範囲内にある大沢谷内遺跡※(縄文時代晩期および古代・中世)では、液状化の痕跡が確認されています。

※大沢谷内遺跡の位置は「三条・燕地域」参照

液状化履歴は、「若松加寿江(2011)日本の液状化履歴マップ 745-2008(東京大学出版会)」による。本マップには、過去の液状化履歴が○印でプロットされていますが、原典(若松、2011)では、地震毎にシンボルが変更されており、また液状化が発生した地点の確実度によってもシンボルの大きさが変更されています。本マップではこれらを区別せずに同じ記号でプロットしています。

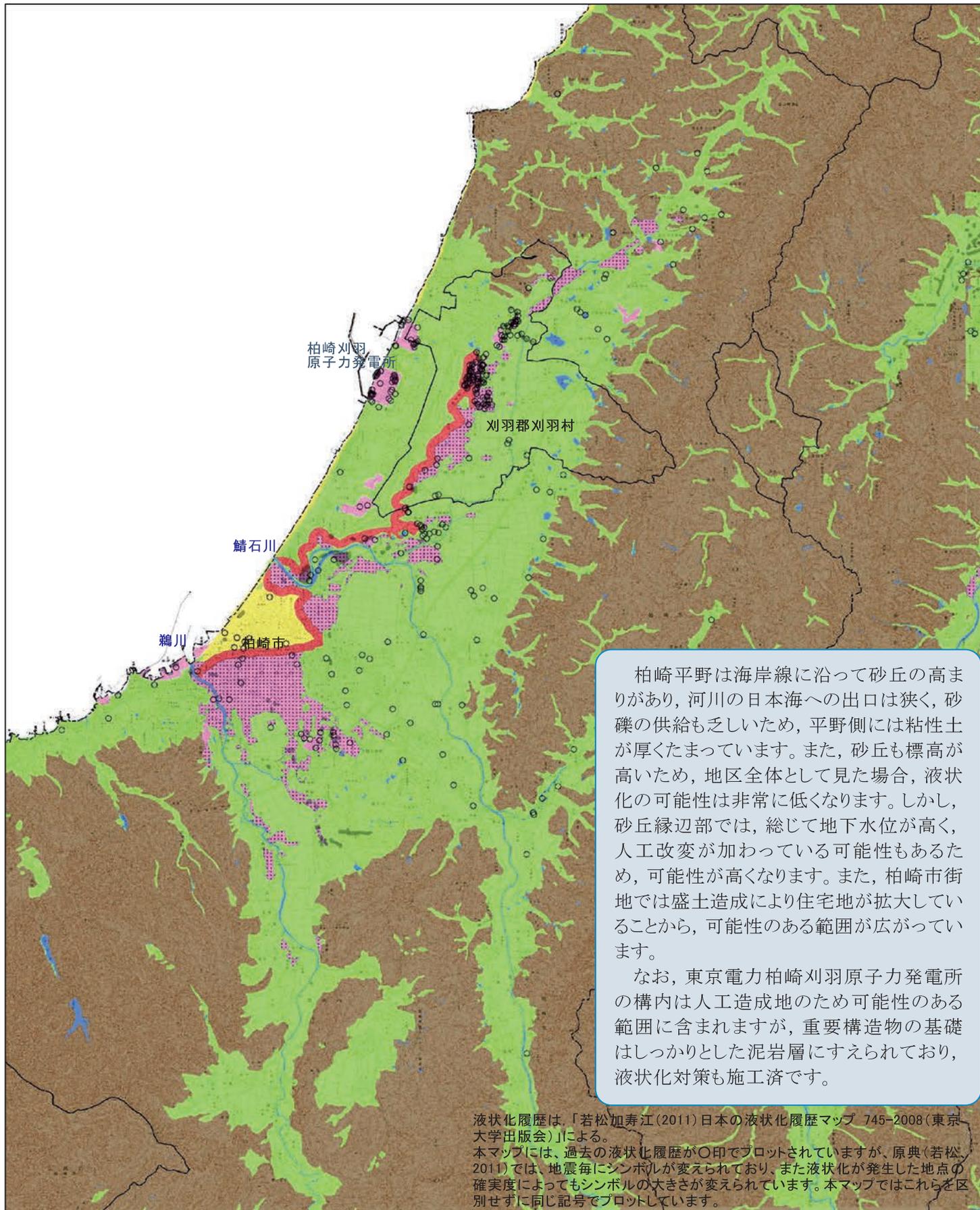
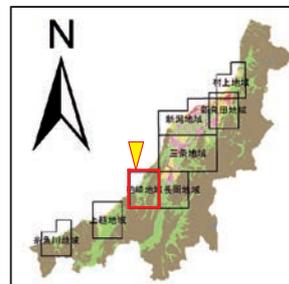
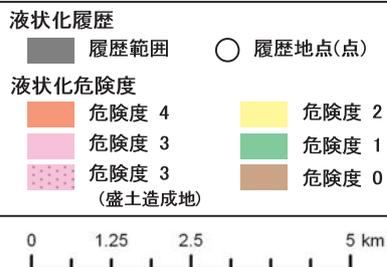


三条・燕地域



柏崎地域

液状化履歴の「履歴範囲」は広範囲の実績を、「履歴地点」はピンポイントの実績を表しています
「危険度」の凡例は p12「判定」をご覧ください



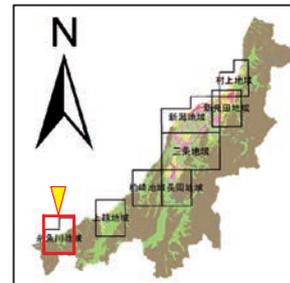
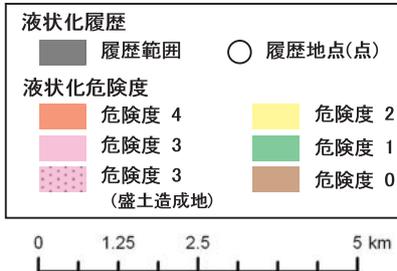
柏崎平野は海岸線に沿って砂丘の高まりがあり、河川の日本海への出口は狭く、砂礫の供給も乏しいため、平野側には粘性土が厚くたまっています。また、砂丘も標高が高いため、地区全体として見た場合、液状化の可能性は非常に低くなります。しかし、砂丘縁辺部では、総じて地下水位が高く、人工改変が加わっている可能性もあるため、可能性が高くなります。また、柏崎市街地では盛土造成により住宅地が拡大していることから、可能性のある範囲が広がっています。

なお、東京電力柏崎刈羽原子力発電所の構内は人工造成地のため可能性のある範囲に含まれますが、重要構造物の基礎はしっかりとした泥岩層にすえられており、液状化対策も施工済です。

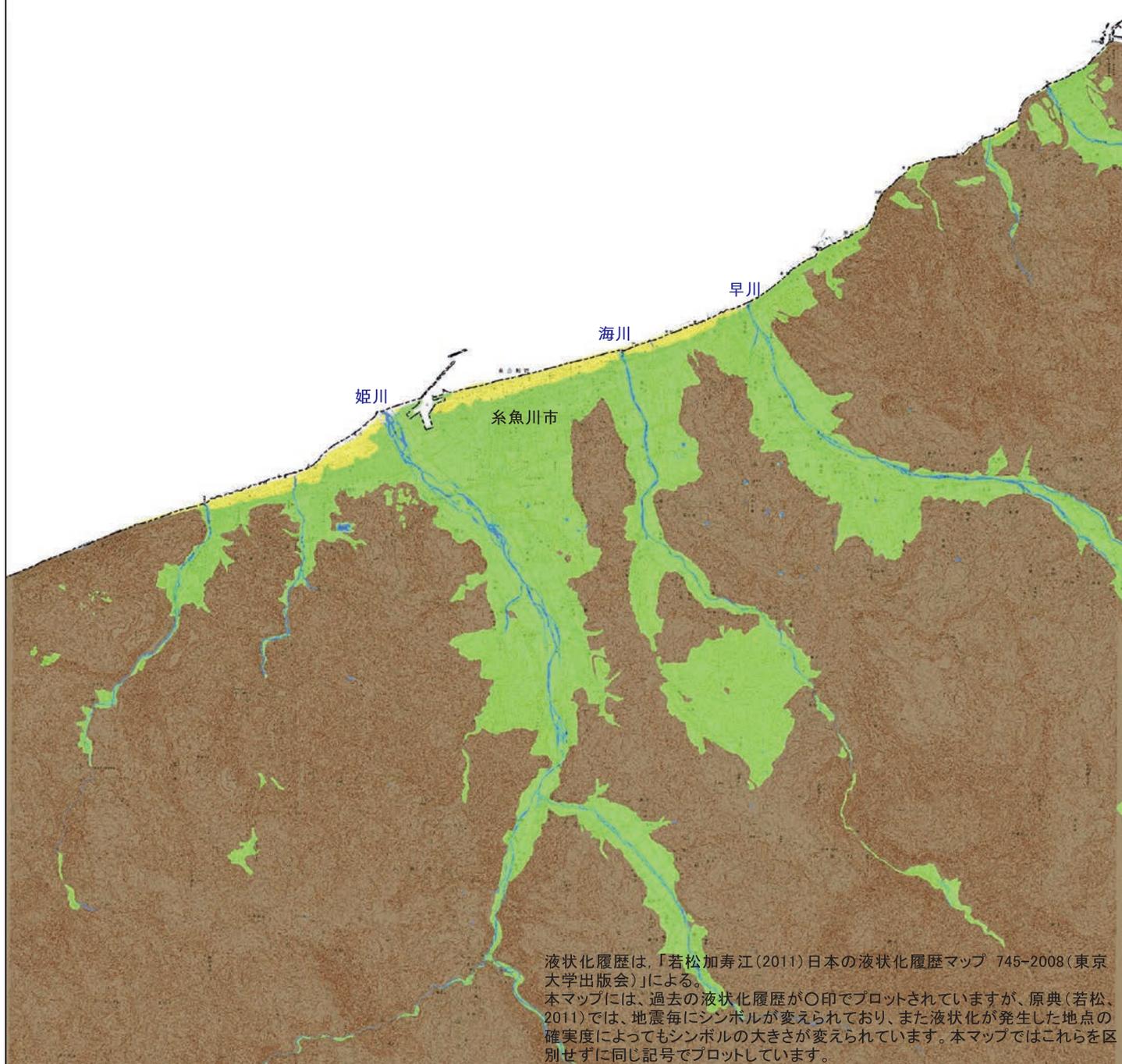
液状化履歴は、「若松加寿江(2011)日本の液状化履歴マップ 745-2008(東京大学出版会)」による。
本マップには、過去の液状化履歴が○印でプロットされていますが、原典(若松、2011)では、地震毎にシンボルが変えられており、また液状化が発生した地点の確実度によってもシンボルの大きさが変えられています。本マップではこれらを区別せずに同じ記号でプロットしています。

糸魚川地域

液状化履歴の「履歴範囲」は広範囲の実績を、「履歴地点」はピンポイントの実績を表しています
「危険度」の凡例は p12「判定」をご覧ください



姫川流域はほぼ全域が砂礫地盤からなり、液状化の可能性はほとんどありません。海岸沿いの細長い黄色(危険度2)は、被覆砂丘又は砂浜です。



液状化履歴は、「若松加寿江(2011)日本の液状化履歴マップ 745-2008(東京大学出版会)」による。
本マップには、過去の液状化履歴が○印でプロットされていますが、原典(若松、2011)では、地震毎にシンボルが変更されており、また液状化が発生した地点の確実度によってもシンボルの大きさが変更されています。本マップではこれらを区別せずに同じ記号でプロットしています。

2章. 検討フロー

1. 液状化発生面積率からみた地形要素の抽出

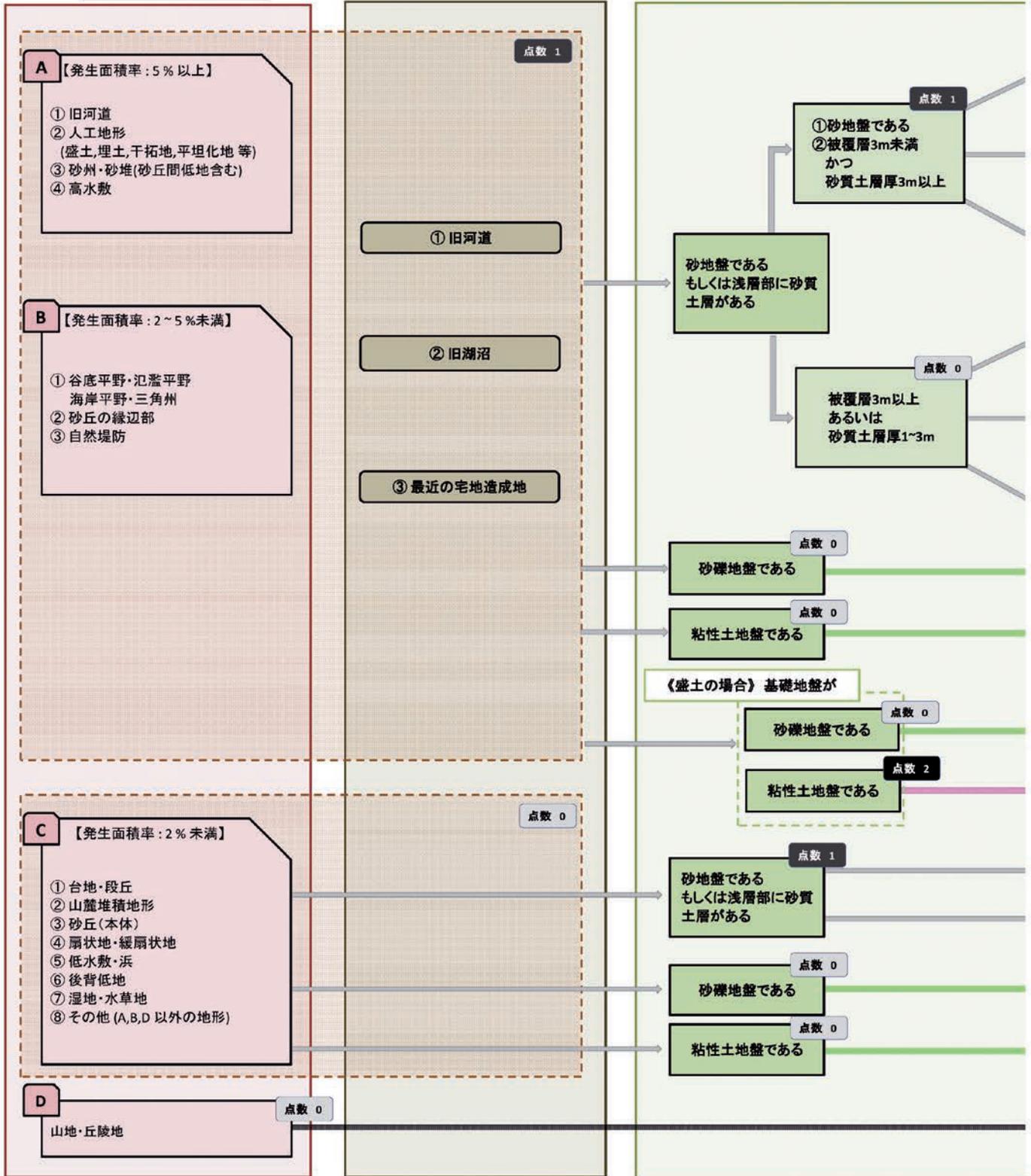
資料 土地条件図 1/2.5万
地形分類図 1/5万,1/20万
液状化履歴マップ
新潟地震地盤災害図

2. 古地図・空中写真・治水地形分類図による補完

資料 古地図(M44,M23)
空中写真(米軍,国土交通省撮影)
治水地形分類図

3. 地盤構成の検討

資料 ほくりく地盤情報システム
新潟県地盤図
直轄河川縦断面図



4. 地下水位のチェック

資料 ほくりく地盤情報システム
新潟県地盤図
直轄河川縦断面図



判定

「液状化3条件」
① 砂地盤であること
② N値が低くルーズであること
(締まりの程度が緩い)
③ 地下水位に満たされていること

液状化危険度 4

液状化の可能性が高い

「液状化3条件」を満たす、可能性の高い範囲

液状化危険度 3

液状化の可能性がある

非常に強い地震に見舞われたり、地震時に地下水位が一時的に上昇していた場合のように、条件次第では「液状化3条件」を満たすと考えられる範囲

液状化危険度 2

液状化の可能性が低い

全体に液状化の可能性は低いと考えられるが、部分的に「液状化3条件」を満たす地点を含む可能性のある範囲

液状化危険度 1

液状化の可能性が非常に低い

通常では液状化の可能性はほとんどないと考えられる範囲

液状化危険度 0

液状化判定の対象外

山地や丘陵など、液状化するとは考えられない範囲

3章. 液状化Q & A

1. “液状化”とはなにか？

東日本大震災で、液状化被害のことが大きく報道されましたので、映像をご覧になった方も多いと思います。黒い水が割れ目から噴き上がる様子が目に焼き付いています。噴水が収まると、後には砂が残されます。これらの砂は、水が噴き出る際に一緒に出てきたものです。このように、液状化とは、水分を多く含んだ（地下水に満たされている）砂の層が液体のように流動化する現象で、水圧の上があった地下水が砂といっしょに噴き上がる現象を噴砂（現象）といいます。



2. 液状化は昔からあったのか？

液状化という現象が初めて世界から注目されたのは1964年6月16日に発生した新潟地震です。実は、同じ年の3月28日にアラスカでマグニチュード9.2というすさまじく大きな地震が発生し、液状化現象が報告されていました。しかし、過疎地よりも都市部で発生した新潟地震の方がインパクトが大きく、新潟市は一躍有名となり、これを契機に液状化の研究が本格的に開始されました。しかし、液状化現象そのものは当然発生していたわけで、新潟地震が初めてというわけではありません。江戸時代の三条地震でも液状化現象を示す記録がありますし、考古学の発掘現場からも続々と報告されており、液状化という言葉は知らなくても、縄文人もその現象には気づいていたに違いありません。



3. どうして液状化するのか？

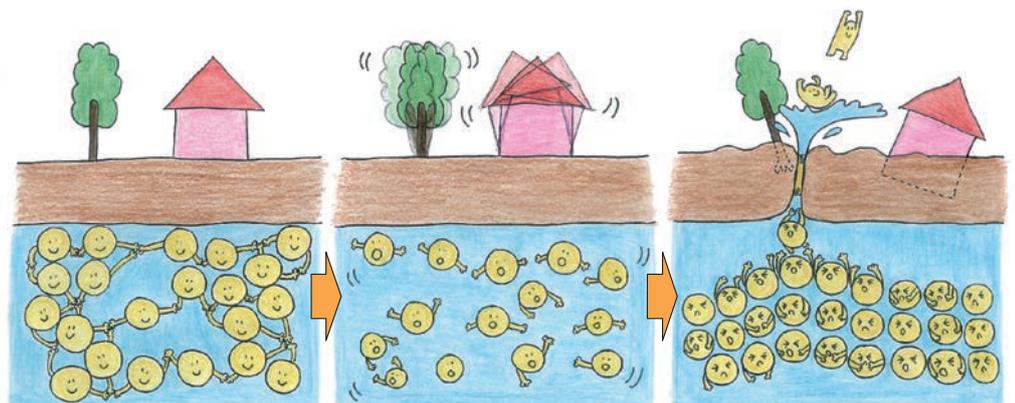
液状化現象の研究により、液状化しやすい条件として3つあることがわかりました。一つは、砂地盤であること（少なくとも地下2～3mの浅い位置に砂層が存在すること）、二つ目は、砂がふんわりとたまっていて締めかたまっていないこと（N値が低いこと）、3つ目はこうした緩い砂の層が地下水に満たされていることです。これを、仮に「液状化3条件」と呼びましょう。

この3条件がそろった場所で、大きな地震が発生し激しく揺れると、砂粒が移動します。砂粒が一方にぎゅっと集まることによって砂粒の回りにあった地下水の水圧が急に上昇し、弱いところ（裂け目）を見つけて地上に噴き上がります。この時、水といっしょに砂も上がってくるのです。



4. 液状化はどこでもおこるのか？

先に述べた「液状化3条件」がそろっているところで発生します。したがって、粘性土地盤や砂礫地盤では起こりにくいと言えます。また、地下水位が低い標高の高い砂丘地や硬い地層のところでは発生しません。液状化の発生しやすいところは、海岸沿いの浚渫土を使った埋め立て地や旧河道、砂丘の縁、沼や湿地を埋め立てて盛土した宅地造成地などです。



5. 液状化すると何が困るのか？

液状化の特徴は、①構造物(建物など)を支えていた砂地盤が、液体状になることによって支える力を失ってしまうことと、②地下の砂が地表に噴き出したことによって凹みができてしまう(沈下する)ことです。いずれにしても、建物の沈下がおこります。重いものが沈下する一方、中空のマンホールなどは浮力によって浮き上がります。また、沈む際には片方に傾くことが普通で、これを不同沈下と呼びます。たとえ1/100程度のわずかな傾斜でも平衡感覚がおかしくなり、そのまま住み続けることむずかしいとされます。



6. 地震が起きると必ず液状化するのか？

「液状化 3 条件」がそろっていても、ある程度強く揺れなければ発生しません。おおよその目安は震度 5 以上です。また、揺れの強さとともに継続時間も重要です。揺れ時間が短い場合は発生しません。「液状化 3 条件」に加えて、ある程度大きな地震の揺れが一定時間続くことが必要です。



図-3.2 液状化で浮き上がったマンホール(新潟市中央区川岸町)

7. 同じところで何回も液状化するのか？

土砂災害の 1 つである地すべりは、一度発生するとしばらくは安定するといわれます。これを免疫性と呼びます。果たして液状化にも免疫性はあるのでしょうか。答えはノーです。新潟県では中越地震と中越沖地震という 2 つの大きな地震が短い間隔で発生しましたが、2 回とも液状化による被害を受けたというお宅があります。液状化すると振動によって締めかたまって強度が増すようにも考えられるのですが、実際は、地下水の中でふんわりとゆる詰まりの状態でも再堆積するようで、締めかたまるというわけではなさそうです。

過去におこった地震で液状化した痕跡を調べることを液状化履歴調査といいます。履歴のあるところは、液状化しやすい条件を備えていることが証明されたところでもあるため、履歴の有無は、防災上重要な手がかりになります。履歴研究の意義は、まさにこの点にあります。

8. 液状化で命が助かるというのはほんとうか？

新潟地震は大きな被害をもたらしましたが、死者の数は 26 名で、地震の規模の割には少なかったのです。有名な川岸町の 4 階建ての県営アパートは、横倒しになりながらも中にいた人は無事だったのです。液状化したことによって強い揺れが吸収され、破壊されなかった。しかも、ゆっくりと傾いた。これに比べ、阪神大震災では、潰れた家やビルの下敷きになった犠牲者が非常に多かったのです。このように、新潟地震では、液状化したことによって、倒壊を免れた家も多かったはずで、液状化にはこうした意外なプラス面もあるのです。しかし、新潟地震の際には、新潟市の青山で、運悪く噴砂孔に転落して亡くなられた方がおられるので、噴水場所に近づくことは禁物です。



図-3.3 基礎部が現れた県営アパート(新潟市中央区川岸町)

9. 液状化で火災が減るといのはほんとうか？

新潟地震が発生した時間は午後 1 時 2 分。ちょうどお昼時で、火を使っていた家や店は多かったはずで、まだコンロを使っていた家庭も多かったと思います。その上、臨港町の工場地帯では精油所から火災が発生し、激しく燃え上がりました。関東大震災や阪神大震災では、火災により多数の死者が出ています。とくに関東大震災では 10 万人を超え

る犠牲者の大半は火災によるものでした。しかし、新潟市では、市街地から火の手はほとんど上がりませんでした。その理由の一つは、液状化にともなう噴水が消火に役だったのではないかと考えられています。これも、液状化現象の意外な一面と言えます。

10. 古い埋立地なら安心できるのか？

「君が代」の一節に「さざれ石のいわお(巖)となりて」というのがあります。小石が集まってやがて大きな岩になる長い長い時間のことをたとえたもの、と考えられます。地質学の目で見ると、砂や泥がかたまって堆積岩になることを連想してしまいます。堆積物には年代効果というものがあり、時間が経つと次第にかたまってきます。続成(ぞくせい)作用ともいいます。液状化という視点で考えた場合、液状化の被害を逃れるまで締めかたまるのにどのくらいの時間を必要とするのでしょうか。

新潟地震の際、古町地区は同じ砂地盤であっても被害はほとんどありませんでした。信濃川沿いの埋め立てが昭和の初めに大々的に行われたのに対し、古町地区は江戸時代以前から中州であったところに、江戸時代の初期(1655年)に移転して形成されたところ²⁾。したがって、中州が形成されてから新潟地震の発生まで、少なくとも300年以上経っていたことがわかります³⁾。こうしたことから、たとえ緩くたまった砂層でも、300年以上経てば液状化に対する抵抗力がついてくると言えそうです。300年というのが1つの目安になると思われます。

11. 自宅が危険ゾーンに入っていた! どうしたらいい?

このマップは、地形条件と公表された近隣のボーリング資料をもとに、その地点を含む地形の分布範囲内の地盤が、液状化しやすい性質を持っているかどうか、その傾向を示したものです。したがって、赤やピンクに入っていたとしても、必ず液状化するというわけではありません。

実際、新潟地震、中越地震、中越沖地震で液状化した範囲(面積)を、地形ごとに発生面積率を求めて見ると、もっとも高い旧河道で約30%、盛土地で10%強、自然堤防や干拓地では5%前後でした。また、扇状地や段丘(台地)では、0~0.4%でした。

液状化するしないの判断は、あくまでもその地点での地質調査(ボーリング)資料によらなければなりません。このマップで自宅が危険ゾーンに入っていたら、次にはその地盤がどういうできかたをしたのか調べてみましょう。それでもどうしても不安に思ったなら、地質調査の専門家に相談したら良いでしょう。その段階で解決する場合もあると思います。詳しく調べたい場合は、地耐力を調べるだけのサウンディング調査(先のとがった金属の棒を押し込んで地盤の固さを調べる)では不足で、ボーリング調査が必要です。

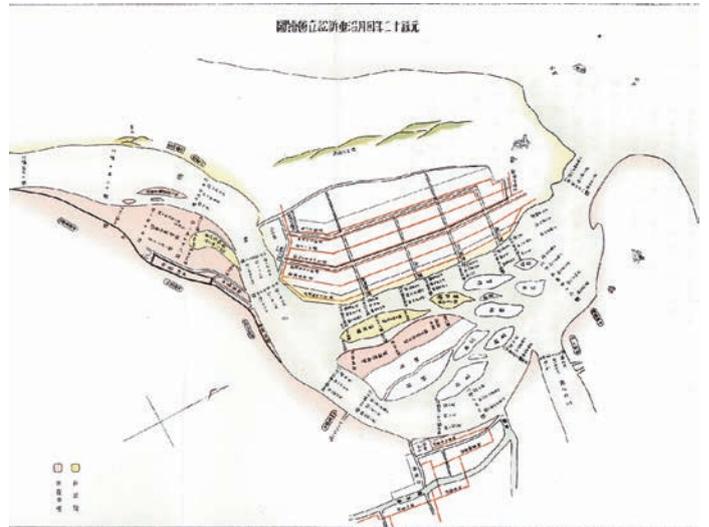


図-3.4 元禄12年(1699年)の新潟町²⁾

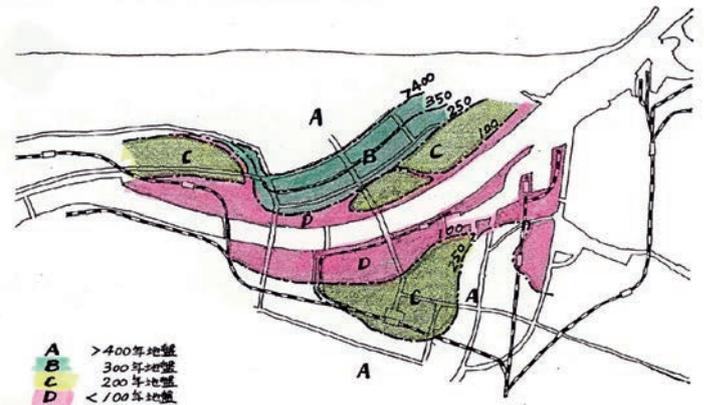


図-3.5 地震被害と地盤の形成年代の関係図(文献3)に着色)

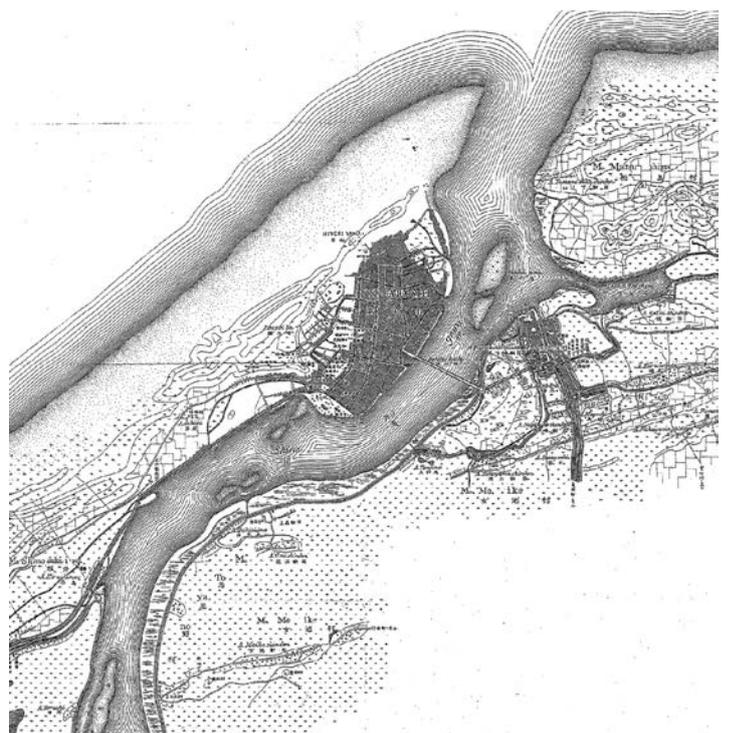


図-3.6 古地図の例(明治23年の新潟町と沼垂町, 陸地測量部)

12. 液状化を防ぐにはどうすればよいのか？

要は「液状化 3 条件」を除けば良いのですが、他に、液状化しても家が傾かないようにするというものも含まれます。後者の例としては、しっかりと安定した地層に杭を打ち込んで建物を支える(杭基礎)というのがあります。しかし、この場合、周りが液状化して沈下すると段差が出来て、ガス管や上下水道管は破断して使えなくなるといった心配があります。

さて、本題の「液状化 3 条件」の排除ですが、緩いことと砂地盤(層)であるという性質に対しては、セメントなどの固化剤を入れて固めること(地盤改良)や砂の杭を押し込んだり、地盤におもりを落としたりして締め固めることが行われます。

また、地下水に満たされているという点については、地下水を排水して水位を低下させたり水圧を下げる排水工が行われます。実際、中越地震の後に排水工を実施した家で、中越沖地震時に液状化被害を免れたという例があります。また、中越沖地震の後、柏崎市の山本地区では排水工法が施行されました。この工法には、穴を開けたパイプを地下に差し込んで水を抜くタイプや垂直に円柱形の細長い穴を開けて碎石を入れるタイプ、透水性の高い不織布を入れるタイプ、水抜き管を地下にはわせて排水する方法などがあります。

いずれにせよ、「液状化 3 条件」対策は、家を建てる前にあらかじめ実施することが前提となります。家が建った後で実施しようとする、採用できる工法は限られ、費用も格段に増えます。また、被害が生じた後に復旧しようとする場合も同様です。

13. これから家を建てるとしたら、どんな土地を選べばよいのか？

日本は災害列島と呼ばれるほど自然災害が多い国です。真っ先に思い浮かぶのが地震、津波、そして台風や梅雨期の集中豪雨、豪雪、これらによって引き起こされる洪水や土砂災害、さらには火山災害や竜巻。その原因は、①東アジアのモンスーン地帯に位置し年間降水量が多いこと、②4つのプレートがせめぎ合い、地殻変動が激しく地質構造が複雑である(地質の種類が多く、割れ目が多い)こと、③山地が多く河川が急勾配なため侵食が盛んで土砂生産量が多いこと、④比較的軟らかい地盤から構成され、水に浸かりやすい沖積海岸平野に人口が集中していること、などが挙げられます。

こうした自然現象にともなって発生する災害は天災とも呼ばれますが、人の行為が被害を拡大させている面も否定できません。災害を防ぐことを防災といいます。最近では、災害の発生自体を押さえようとするのではなく、できるだけ被害を軽減させようとする減災という考え方が重要視されるようになってきました。

災害を回避するためにもっとも有効な手段は何か。それは危ないところに近づかないことです。そのためには、何が危険で、どう振る舞えば良いかを知っておくことです。まさに「君子危うきに近寄らず(論語)」、「敵を知り、己を知れば、百戦危うからず(孫子)」です。防災・減災の場合、己を知るということは、自分の住んでいる土地の自然条件、とりわけ地盤の性質とその生い立ち(出来かた)を知ることです。そして、その上で、その特徴に応じた土地利用をすること、それが一番だと思います。



4章. 新潟県を襲った地震 ―過去の液状化被害―

1. 平成 19 年新潟県中越沖地震 (2007 年 7 月 16 日発生, M=6.8, 最大震度 6 強, 死者 15, 全壊 1,331)

中越沖地震発生の約 4 ヶ月前に能登半島地震(2007 年 3 月 25 日発生, M=6.9, 最大震度 6 強, 死者 1, 全壊 686)が発生しました。この 2 つの地震とも、震源断層が海底にありましたが、津波の規模は小さく、能登半島地震の場合、金沢と珠洲でそれぞれ 20 cm, 中越沖地震では、柏崎で 35 cm でした。

中越沖地震では、砂丘地の緩い起伏を盛土により平坦化したり、砂丘地の縁を削って平坦化した人工的な改変地に被害が集中し、激しい揺れにより古い木造家屋の倒壊が目立ちました。また、砂丘地縁辺の地下水位の高い場所では液状化現象が多く見られました。



図-4.1 液状化による荒浜駅ホームの陥没



図-4.2 液状化により倒れた電柱と噴砂丘

中越沖地震で特筆される点は、原子力発電所が初めて地震により被災したことで国際的にも注目され、原子力発電所の耐震基準の見直しのきっかけとなったことです。さらに、海底に縄文時代を中心とした年代を示す古木が大量に出現するという不思議な現象が現れたことでも世間の話題を集めました。海底に埋もれていた古木が地震で揺さぶられ、浮き上がってきたものと推定されます。



図-4.3 海底から引き上げられ防波堤に仮置きされた古木



図-4.4 古木の様子(角が取れて丸味を帯びたものが多い)

2. 平成 16 年新潟県中越地震 (2004 年 10 月 23 日発生, M=6.8, 最大震度 6 強, 死者 68, 全壊 3,175)

中越地震で特徴的なことは、山間地で斜面崩壊や地すべりが多く発生したことです。とくに、道路盛土など、人工地盤のもろさが露呈されました。このため、道路が寸断されて多数の孤立集落ができてしまいました。また、川沿いに発生した大きな地すべりが川をせき止め、天然ダムを形成したことも大きく報道されました。さらに、余震が長引いたために大勢の人が避

難所や自家用車の中で生活し、体調を崩す人が相次ぎ、エコミー症候群や震災関連死という用語に注目が集まりました。

中越地震では、震央(震源の真上)が山間地にあり、平地の地盤も礫が優勢であったため、液状化被害は目立ちませんでした。しかし、下水管の敷設の際に砂で埋め戻されたところや、段丘礫層を目当てに砂利採取が行われ、砂で埋め戻されたところで多数の噴砂現象が起きました。このように、中越地震では、本来液状化するような地盤ではないところで、人の手によって液状化する原因が作られ、液状化現象が発生してしまったところが多いという特徴がありました。



図-4.5 液状化により沈下した河川堤防



図-4.6 樋門付近の液状化(噴砂)

3. 新潟地震(昭和 39 年, 1964 年 6 月 16 日発生, M=7.5, 震度 5, 死者 26, 全壊 1,960)

新潟地震で象徴的なのは、その年の 6 月 6 日から 11 日にかけて新潟国体が開催され、閉会式が終了して 5 日後に発生したことです。開会式の会場となった陸上競技場は激しい液状化により使い物にならなくなったのです。まさに、地震は突然、前触れもなくやってくることを国民に見せつけました。

新潟地震の特徴は、①液状化現象による激しい地盤災害、②石油タンクの炎上による1ヶ月にも及ぶ火災、③地震津波によるゼロメートル地帯の浸水(地震水害)、に代表されるように、臨海海岸平野に発達する近代都市の防災面での弱点、地盤と災害の重要な関係性でした。とりわけ、液状化現象(当時は流動化と呼んでいました)は世界から注目され、新潟地震を契機に液状化現象の研究が本格的に開始されるようになりました。

4. 三条地震(文政 11 年, 1828 年 12 月 18 日(西暦)発生, M=6.9, 全潰 9,808, 焼失 1204, 死者 1,443 以上)

信濃川流域に激震をもたらした直下型の地震で、三条を中心に与板、見附、今町に大きな被害をもたらしました。当時数えて 71 才になった晩年の良寛さんが三条町を訪れ、その惨状を詩に詠み、知り合いに見舞いの手紙を送っています。

三条地震に関しては、比較的多くの記録が残されており、被害の実態を知ることができます。とくに、見附市今町に住んでいた画家の小泉其明(きめい)という人が残した「懲震毖鑑(ちょうしんひかん)」という画帳と、「懲震毖録(ちょうしんひろく)」という詳細な記録は貴重です。これらの記録から、現在でいう液状化被害が多く発生していたことがわかります。



際に大量の黒い水が噴き出し、2 m 近くも飛び上がってあたり一面が水浸しとなり、しかもその水はお湯のように温かかったといえます。また、井戸から水があふれ出たという記録もあります。現在でいう液状化現象が広く現れたことがわかります。

信濃川と新津丘陵の間に位置する新潟市秋葉区の大沢谷内遺跡(おおさわやちいせき)では、発掘にともなって、図-4.7 に示すような噴砂痕が見つかりました。古代・中世の水田面を割って吹き上げていることや遺跡の位置から考えると、三条地震の際に起こった液状化によって形成されたものではないかと推定されます。



図-4.7 大沢谷内遺跡に現れた噴砂痕(写真:新潟市文化財センター)

5章. 地盤と災害

1964年の新潟地震では、同じ砂地盤から出来ているにもかかわらず、場所によって被害に大きな違いが見られました(図-5.1)。信濃川沿いや新潟駅周辺で、地割れや噴砂がいたるところで発生し、傾いたビルが多く出現したのに対し、古町地区や標高の高い砂丘の上ではほとんど被害があらわれなかったのです。

被害が大きかったところは、どこも埋め立て地や中州になってからあまり時間が経っていないところでした。とくに、大河津分水が通水して信濃川の河幅が半分以下になったため、昭和の初めに埋め立てられたところの被害が甚大でした。現在の新潟県庁のある新光町や美咲町(旧名は網川原)、JR白山駅周辺の白山浦や川岸町、それに万代シティ周辺や入船町などです。また、新潟駅前から万代にかけての一带は、江戸時代の初めころには信濃川が大きく蛇行していたところで、江戸時代の半ばころに中州となったところでした^{2),3)}。

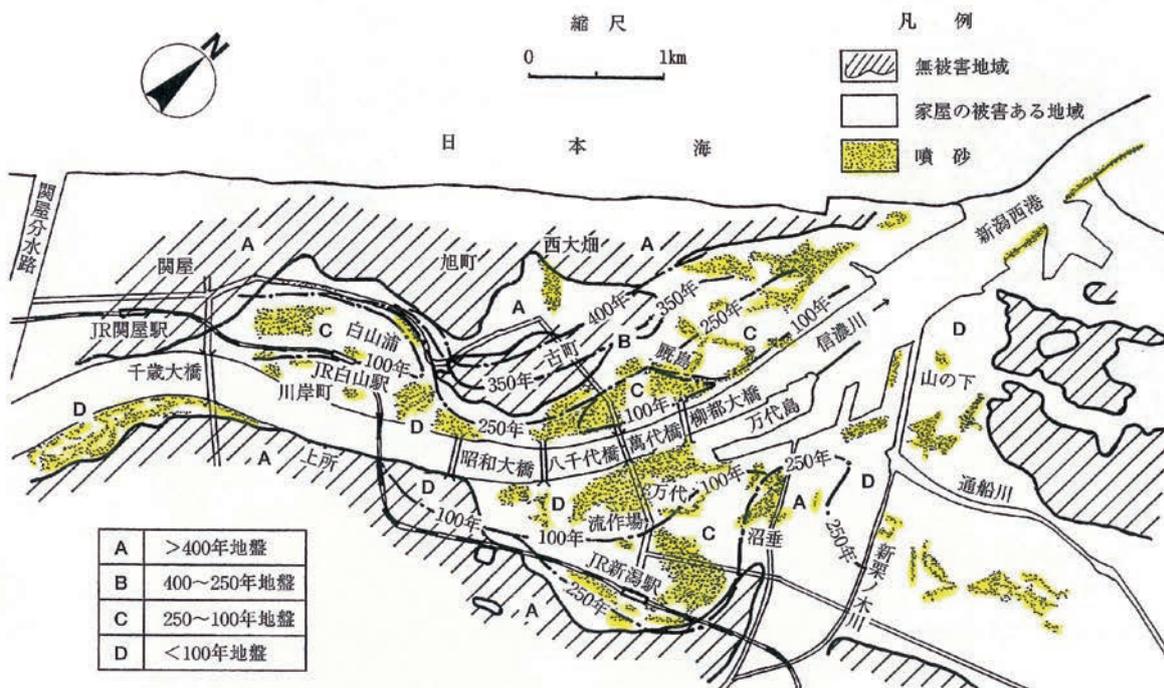
このように、地震による被害は、地盤の性質と大きく関係しています。この点は非常に重要で、中越地震や中越沖地震の場合も同じことで、どの地震に対しても共通していることです。したがって、地震による被害を小さくするための一番の近道は、地震に強い地盤の上で生活することと言えます。

それでは良い地盤、安全なところとは、具体的にはどんなところでしょうか。対象とする災害の種類によって少し異なるので一概には言えませんが、地震の揺れに対しては、古い時代に形成された十分に硬い地盤(岩)が露出しているところ*、および台地(段丘)**。平野の場合は砂礫地盤、十分に締まった砂地盤などです。

* 山地や丘陵がこれにあたりますが、揺れには強いものの、今度は崩壊や地すべりの危険性が増しますので、必ずしもより安全な場所であるとは言えません。

** 台地(段丘)の場合、縁は逆に危険です。

地盤の性質は、その地盤がどんな場所(地形的な配置のもと)で、どのようにして形成されたのかによって決まります。逆に言えば、地盤のできかたがわかれば地盤の良し悪しについておおよその見当をつけることができます。自分の住んでいる土地の性質を理解して、それに合わせた土地利用をはかることが、これからの防災・減災を考える上で、もっとも重要な視点であると言えます。



* 形成年代の起点は1964年(新潟地震発生時)

図-5.1 新潟地震での新潟市中心部における被害分布図⁴⁾(黄色く着色された部分が液状化による噴砂)

6章. 新潟県の平野地盤

現在、新潟県民の多くは平地に暮らしています。平地は新しい地質時代に形成された場所で、まだよく締めかたまっていないので、地震の揺れが大きく表れます。したがって、地盤の性質を知ることは、防災・減災をすすめる上できわめて重要です。ここでは、新潟県内の主な平野をつくる地盤について、その特徴を紹介します。

なお、新潟県の地質全般については、新潟県が発行している「20万分の1 新潟県地質図⁵⁾(2000年版)」(解説書付)で概要を知ることができます。また、平野部の地盤に関しては、(社)新潟県地質調査業協会が発行している「新潟県地盤図⁶⁾(2002)」(解説書付)に、多数の地質断面図とともに詳しい解説があります(図-6.1)。

1. 越後平野

越後平野は日本海側最大の平野で、面積は2,070 km²(207,000 ha)もあります。越後平野の形(大きさ)は、海岸沿いに発達した砂丘が決めたといって良く、極端に言うと、砂丘でふさがれてできた内湾(潟)が信濃川や阿賀野川によって運ばれた土砂によって埋められて形成されたものです。内湾(潟)は上流側から次第に埋め立てられてゆき、下流側には池沼が最後まで残ります。上流側には初め砂礫がたまり、次第に砂に変わっていきます。池沼には泥がたまり、浅くなると湿地になり泥炭が堆積します。信濃川沿いでは、長岡付近が砂礫、燕付近は砂が多く、白根付近からは泥が中心になります。新潟市街地は砂丘が何列も発達したところですので、砂丘砂層とその下の浅海砂層、および砂丘と砂丘の間の凹地(鳥屋野潟など)にたまった泥や泥炭などからなります。

一方、阿賀野川沿いでは、砂礫が優勢ですが、下流になるにしたがって砂が多くなります。越後平野北部の荒川や胎内川では、扇状地が砂丘にぶつかっています。また、村上丘陵と荒川、胎内川と加治川、加治川と阿賀野川の間にそれぞれ形成された凹みには、岩船潟、紫雲寺潟、福島潟が形成され、表層には泥がたまりました。しかし、これらの潟に共通した特徴として、地下5 mよりも浅い位置に砂層が広く分布しており、液状化しやすい地質構成を持っているという点です。

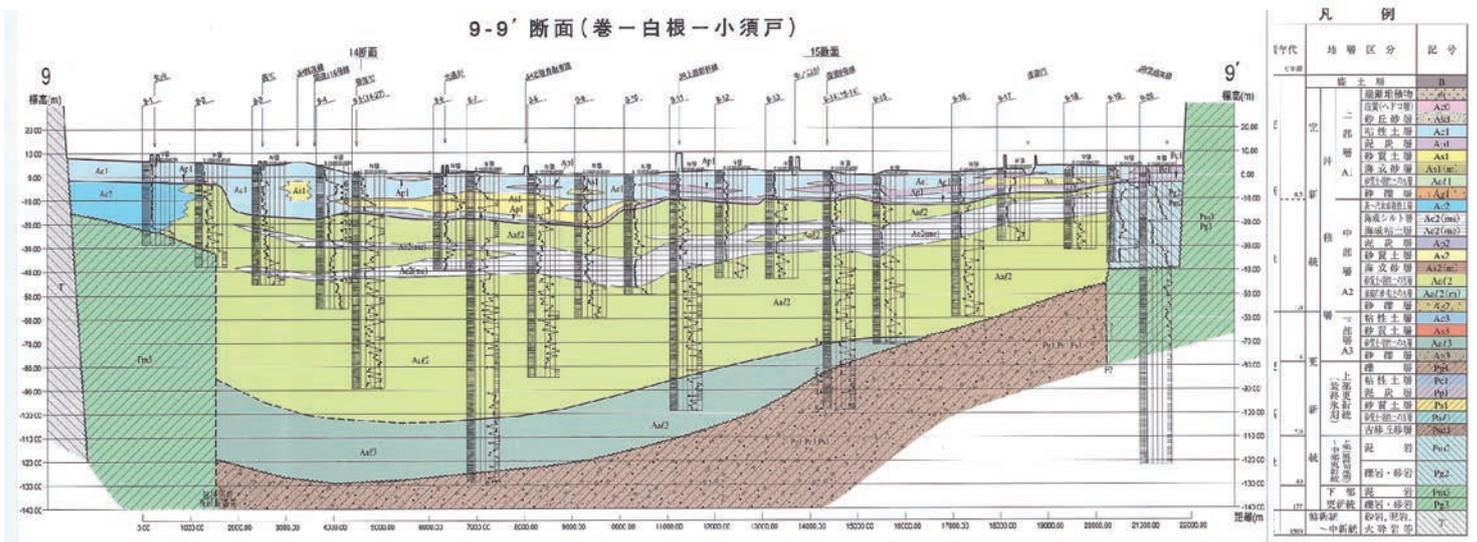


図-6.1 角田山地と新津丘陵北部を結んだ、ほぼ東西方向の表層地質断面図(縦を50倍に誇張している点に注意)⁶⁾

2. 柏崎平野と高田平野

この2つの平野は、ほぼ共通した形成過程、地下構造を持っています。海岸沿いに細長く発達した砂丘と、その内側に形成された、かつて存在した大きな潟。この潟が自然の堆積作用で埋められてできたのが現在の柏崎平野と高田平野です。半島状に砂丘が発達していたため、平野と日本海との出入り口は狭く、日本海の波浪の影響を受けない穏やかな条件のもとで泥が厚くたまりました。このように、柏崎平野と高田平野は粘性土を主体とした地盤から構成されているため、一般的に液状化する条件に乏しいと言えます。

7章. 越後平野の生い立ち

越後平野は日本海側最大の面積を有する沖積平野で、その大部分の範囲は最終氷期の最大海水準低下期(約 2 万年前)以後の海面上昇によって形成された溺れ谷が埋め立てられてできたものです。越後平野の生い立ちについては、『新潟県地盤図』の地質断面図とその周辺のボーリング資料を参考にして、越後平野の移りかわりが、6枚の古地理図で復元されています⁷⁾。この6枚の図からは、なぜそこに粘土が、砂が、砂礫がたまったのか、その理由を見つけることができます。

そして、地盤の良し悪しにはそれなりの理由のあることが理解されることと思います。以下に、簡単に解説します。

【図-7.1】最終氷期には、海岸線は現在よりもはるか沖合いにありました。古信濃川は平野の西側に沿って直線状に北流していました。

【図-7.2】現在の新砂丘 I-1 付近にバリアーが形成され、内側の潟湖には海成～汽水成の粘性土層が堆積しました。縄文海進高頂期の海域は、吉田～燕付近にまで及んでいました。

【図-7.3】約 6 000 年前ころに海水準が安定すると、潟湖の埋積が急速に進行し、約 5 000 年前ころには内陸部はほぼ堆積物によって埋め尽くされ、泥炭が堆積するような湿原環境に変わりました。この時期、阿賀野川は砂丘を破って日本海に直接注ぎ、デルタを拡げていたと見られます。

【図-7.4】約 3 000 年前になると現在の鳥屋野潟付近まで海岸線が前進して砂丘地が広がり、砂丘間低地の一部は潟となりました(鳥屋野潟の成立)。また、沈降により内陸側の古い砂丘ほど沈む傾向が鮮明になってきた。平野北東部の水域は縮小し、紫雲寺(塩津)潟はほぼ消滅した。加治川は砂丘に行く手を阻まれ、砂丘の内側の縁に沿って南流し、阿賀野川と合流していました。

【図-7.5】約 2 000 年前になると海岸線はさらに沖合いに移動し、現在の海岸線に近くなりました。この時期は弥生の小海退期にあたり、内陸部では泥炭地が大きく拡大しました。一方、信濃川は、依然として新川付近で日本海に注いでいました。

【図-7.6】古墳時代以降、新砂丘Ⅲが新砂丘Ⅱをおおって大きく成長しました。このため阿賀野川の流路がふさがれ、堤間凹地(現在の通船川)に沿って西流し、信濃川に合流するようになりました。阿賀野川の排水が不良となったため、下流域では湛水域が拡大しました。このころの大きな変化は、長い間新川河口付近にあった信濃川の河口が、北東方向へ移動し、現在の位置に落ち着いたことです。

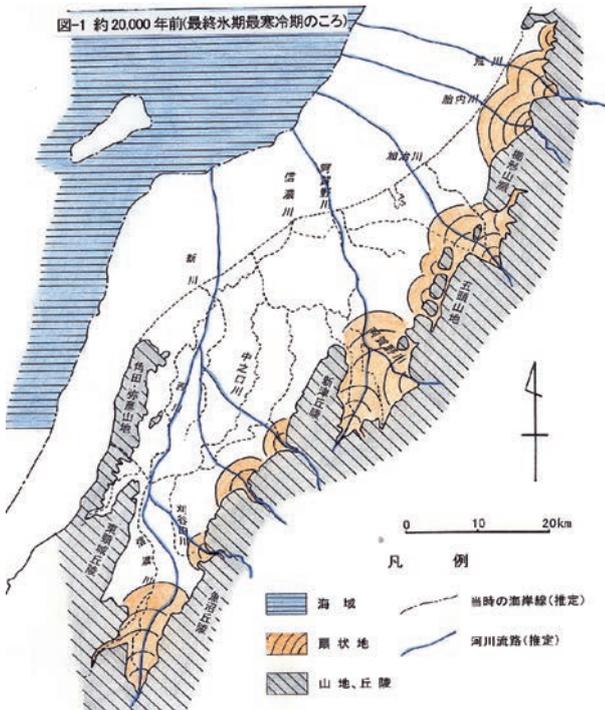


図-7.1 約 20000 年前(最終氷河最寒冷期のころ)

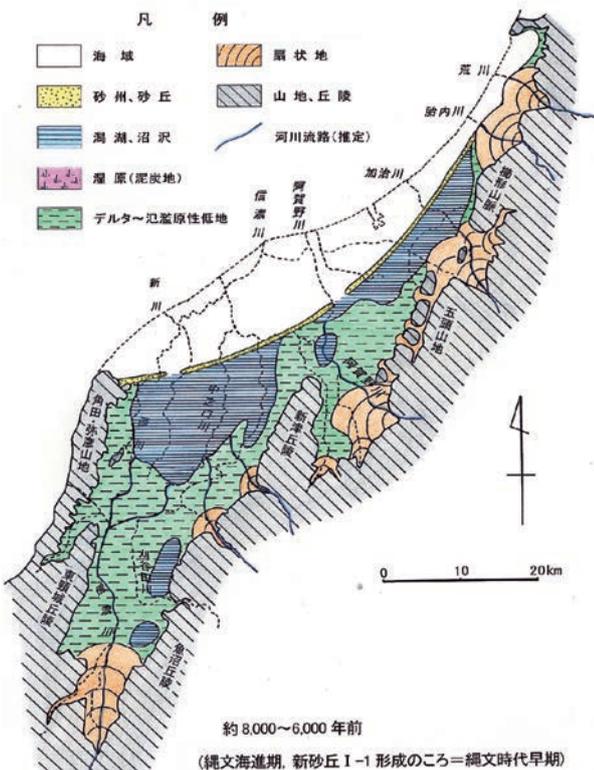


図-7.2 約 8000~6000 年前(縄文海進期, 新砂丘 I-1 形成のころ)

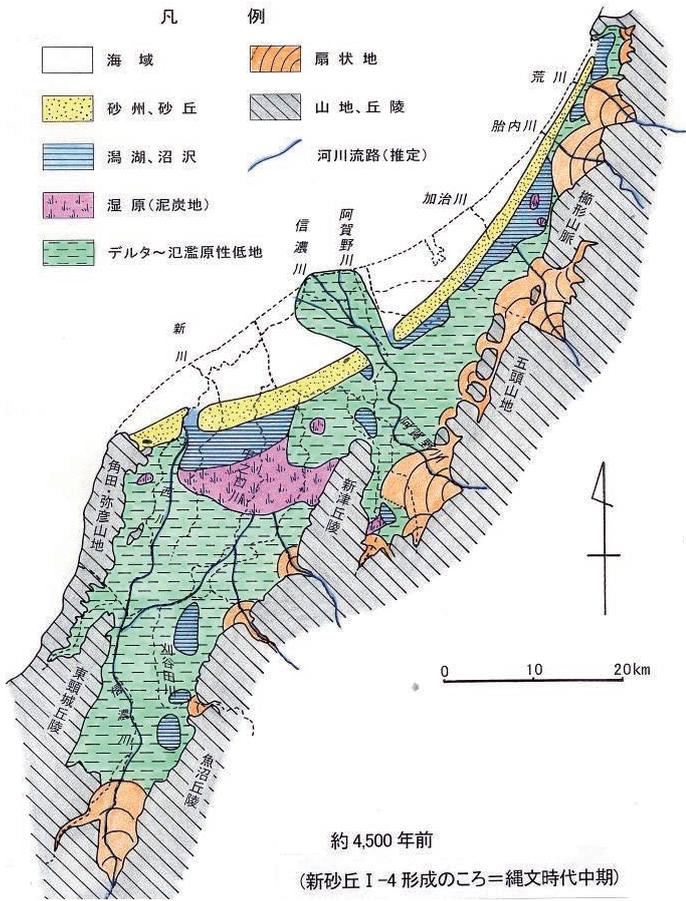


図-7.3 約 4500 年前(新砂丘 I-4 形成のころ)

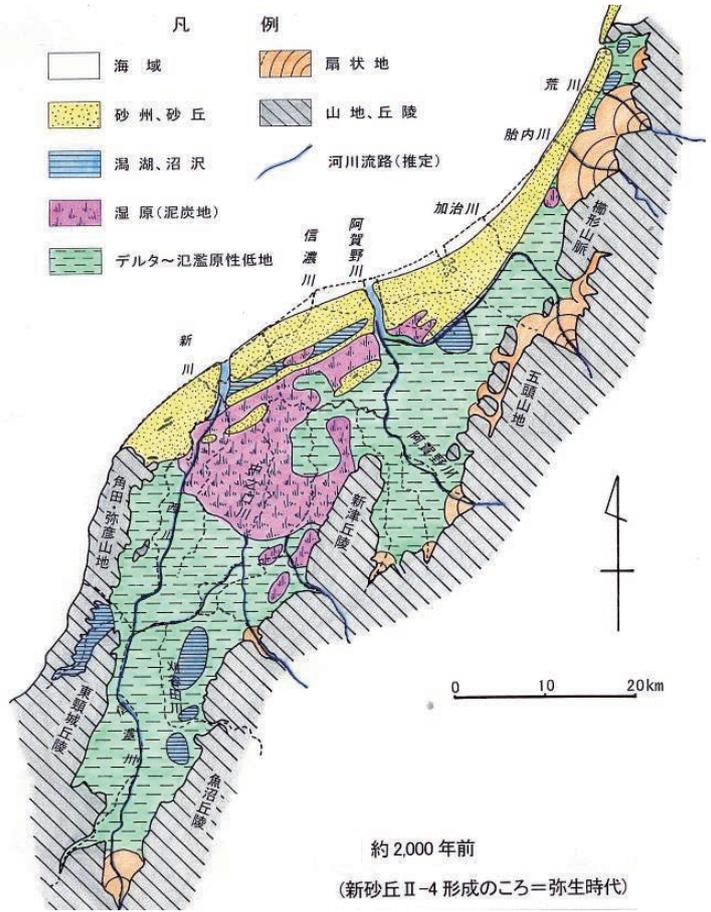


図-7.5 約 2000 年前(新砂丘 II-4 形成のころ)

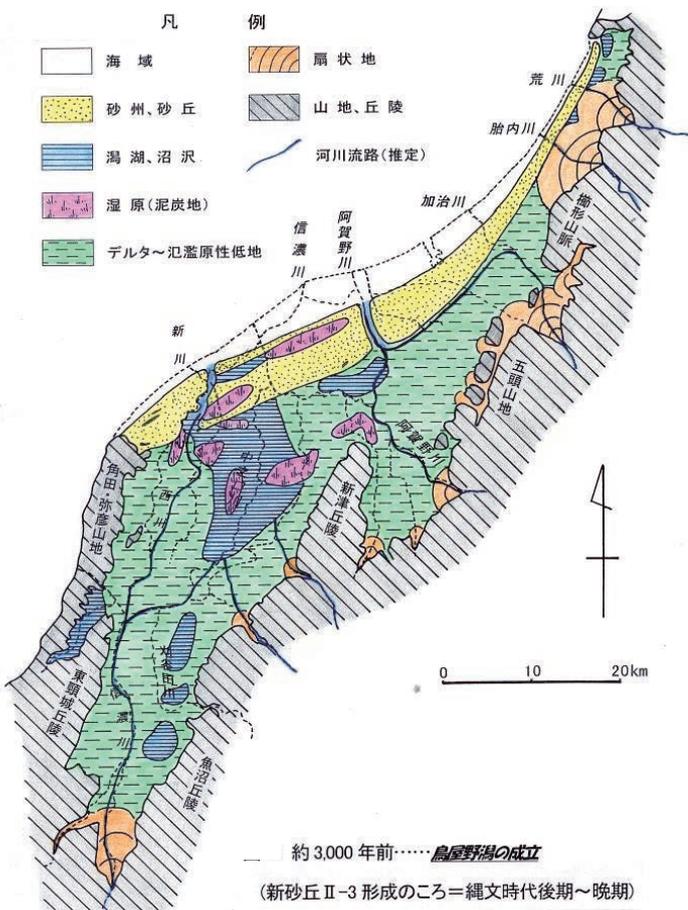


図-7.4 約 3000 年前(新砂丘 II-3 形成のころ)

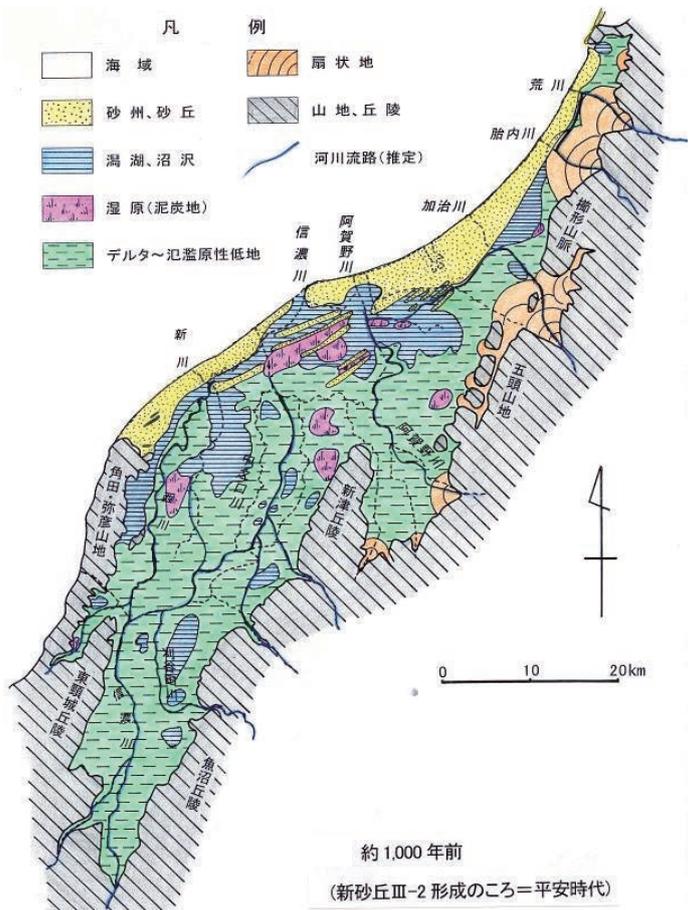


図-7.6 約 1000 年前(中世, 平安時代)

《一口知識》

◆ボーリング調査

目で直接見ることができない地下の地質情報を得るために、もっとも普通に行われているのがボーリング調査です。みなさんは、道路端やビルなどの建設前の空き地で、三脚やぐらを建てて、カンカン音を立てている作業現場を見かけたことはないでしょうか。これは、先端に硬い突起やダイヤモンドの小さな粒を埋め込んだビットと呼ばれる刃先を付けた金属管を回転させながら押し込み、筒の中に土の試料を入れて引き上げ、地下の地質構成を知ろうとするものです。取り上げられた筒状の試料をボーリングコアといいます。平野地盤の調査では、ほとんどの場合、1 m ごとに標準貫入試験が実施されますが、しばしばコアの採取が省略されることがあります。



図-1 標準貫入試験

◆標準貫入試験とN値

標準貫入試験は、地質調査においてももっとも基本的かつ重要な試験です。これによって得られるN値（えぬち）は、地盤の硬さを示す指標で、さまざまに利用される便利なものです。標準貫入試験は、重さ 63.5 kg のハンマー（ドライブハンマー）を 76 cm の高さから自由落下させて、金属製の筒をたたき、30 cm 沈ませるのに必要な回数を求める簡単なもので、その回数をN値と言います。N値が高ければ地盤は硬く、低ければ軟らかいということになり、相対的な地盤の硬さ（荷重に対する地盤の抵抗力）を知ることができます。



図-2 ドライブハンマー

◆地質(ボーリング)柱状図

ボーリング調査によって、深さごとの地盤の種類がわかると、それらを柱状の模式図にします。その図の横にN値や観察記事、地下水位、掘削状況などの情報を書き入れたものを地質柱状図といいます。地質柱状図は、ボーリング情報の全体を1枚にまとめたもので、もっとも基本的な情報です。

◆地質断面図

地質柱状図を、地盤高にしたがってボーリング地点間の距離に応じて並べ、同じ種類の地層同士を境界線で横につなげたものが地質断面図です。地質断面図は、地質調査結果の全体を一目で表したものであり、調査担当者の考え（結果に対する解釈）を示したものであり、非常に重要です。良く作られた地質断面図からは、その地盤のできかた（形成史）を読み解くことができます。



図-3 標準貫入試験試料

◆沖積地盤と沖積層(ちゅうせきそう)

沖積地盤とは、沖積層から形成された地盤という意味で、沖積層が地形面を形成している平野が沖積平野です。さて、その沖積層ですが、「約2万年前の最終氷期のもっとも寒冷な時期から、氷期が終わって次第に温暖化していく過程で、海水面が上昇し、それにとまって形成された“おぼれ谷”を埋めて堆積した、まだよく固まっていない砂や泥からなる軟らかい地層のこと」をいいます。なお、ここから先は少し専門的になりますが、混同を避けるために、沖積層の堆積した地質時代について定義しておきます。「沖積層＝完新統^{*}」では

なく、「沖積層＝完新統＋最上部更新統」となります。また、沖積世、洪積世という用語は、現在では使用されません。

※ 完新世に堆積した地層を完新統といいます。完新世は、11,700年前から現在にいたるもっとも新しい地質時代をいいます。更新世（統）は完新世の1つ前の地質時代（地層）です。

◆盛土・埋土・干拓地

文字通り土を盛り上げて高くすることが盛土、凹みに土を入れて平にすることが埋め土ですが、丘陵地の造成地で谷を埋めて平にすることも盛土と呼ばれます。当然、堤防は盛土、平地の宅地造成地でもふつう盛土がなされます。これに対し干拓地とは、浅い水域を締め切った上で排水し、干上がらせたところで、主に農地として利用されます。軟らかい地盤の上に盛土すると沈下などの現象を引き起こし、トラブルの原因となります。

◆人工地形と人工地盤

自然の地形を切り取ったり（切土）、盛土したりして、改変された地形が人工地形、そのようにして作られた地盤が人工地盤です。丘陵部の造成では、切土と盛土が組み合わされて平坦地が作られます。人工地盤は災害に弱く、災害が起きるたびに人工地盤のもろさが指摘されます。雛壇状の造成地が地震により大規模な地すべりを引き起こしたことで一躍有名になったのが、1978年の宮城県沖地震（震度5、M=7.4）時の仙台市緑ヶ丘団地でした。中越地震でも盛土の災害が際立ち、道路盛土が崩れ、多数の孤立集落が生じたのです。新潟地震でも、被害は信濃川の埋め立て盛土地に集中しました。

◆扇状地・緩扇状地

山地では大雨が降るとしばしば土石流（鉄砲水）が発生します。土石流が山地から平野に出ると、河川勾配が急に小さくなるため流速が落ち、運搬力が弱まって、抱えてきた土砂（砂礫）を置いていきます。また、左右が開けているため、低いところを探すようにして自由に流路を変えながら流れます。このため、土石流が何十回とくり返されると、やがて扇形に広がった緩やかな勾配をもった斜面が形成されます。これを扇状地と呼んでいます。扇の要にあたる位置（山地と平野の境目）を扇頂、末端部を扇端、中央部を扇央と呼んでいます。扇状地内は地下水位が低いのですが、扇端では湧水が見られることが多く（胎内川では“どっこん水”と呼ばれています）、集落が発達しています。また、斜面の傾斜が3°以下のきわめて緩いものを緩扇状地として区別する場合があります。扇状地は砂礫からなり地盤は良いのですが、その成因からみて当然のことながら、土石流の危険性があります。

◆自然堤防

河川の水量は、大雨のあと驚くほど増えます。大水が出ると、泥や砂を含んで茶色く濁った水がしばしば河道からあふれ出ます。その際、河道の近くでは粗粒の物質（砂など）が多くたまり、遠ざかるにつれて細粒の物質（泥）に変わって、量も少なくなります。洪水や氾濫がくり返されると、河道の縁に、下流に向かって細長く伸びた高まりが形成されます。これを自然堤防といいます。平野にあって、自然堤防は周辺よりも一段高く、水はけも良いので、早くから集落が発達し、畑などに利用されてきました。



図-4 氾濫原平野の微地形区分(模式図)

◆後背低地(湿地)

平野では自然堤防が細長い微高地を形成します。平野を幾筋にも分かれて流れる河川と河川の間、つまり、隣り合う河川同士の自然堤防に挟まれた部分は相対的に低くなるため、水はけが悪くなります。洪水で自然堤防を超えた氾濫水はこの凹みにたまり、沼や湿地を形成します。これを後背低地(湿地)と呼んでいます。氾濫水は細粒の泥を多く含んでいるので、そこには泥や泥炭がたまることとなります。地盤が悪いために水田などに利用されるのがふつうですが、市街地では盛土造成されてどんどん住宅地になってきています。

◆旧河道

かつて河道だったところという意味です。自然の川は直線状に流れることはまずありません。わずかな傾斜の違いなどによって生じた小さな揺らぎが増幅され、右に左に流路が動きます。一旦曲がり始めると水流が側部を攻撃し、さらに湾曲を大きくして、S字をくり返すようにくねくねとしたカーブが連続するようになります。これを蛇行といいます。カーブが大きくなりすぎると、やがて根元でつながって、ショートカットされてしまいます。すると湾曲部分には水が流れなくなり、取り残されて、やがて三日月湖(河跡湖)になります。また、河道そのものが移動する場合があります。旧河道は、泥がたまりやすいところですが、盛土造成されることも多いため、液状化に関してはもっとも可能性の高い地形です。

◆古地図

古い地図全般のことをさし、とくに定義はされていないようです。江戸時代以前の見取り図的なものは古絵図とも呼ばれます。現在では、人工改変が著しく進んだために、都市部では自然のままの地形がほとんどわからなくなっています。したがって、自然の地形がまだ多く残っていた戦後の高度成長時代以前の地形図は、地盤の性状を推定する際の有力な手がかりになります。とりわけ明治43年以降に作られた、緯度・経度の入った2万5千分の1と5万分の1の地形図は有用です。緯度・経度が入られていることで、GIS上で重ね合わせて比べることが可能になります。

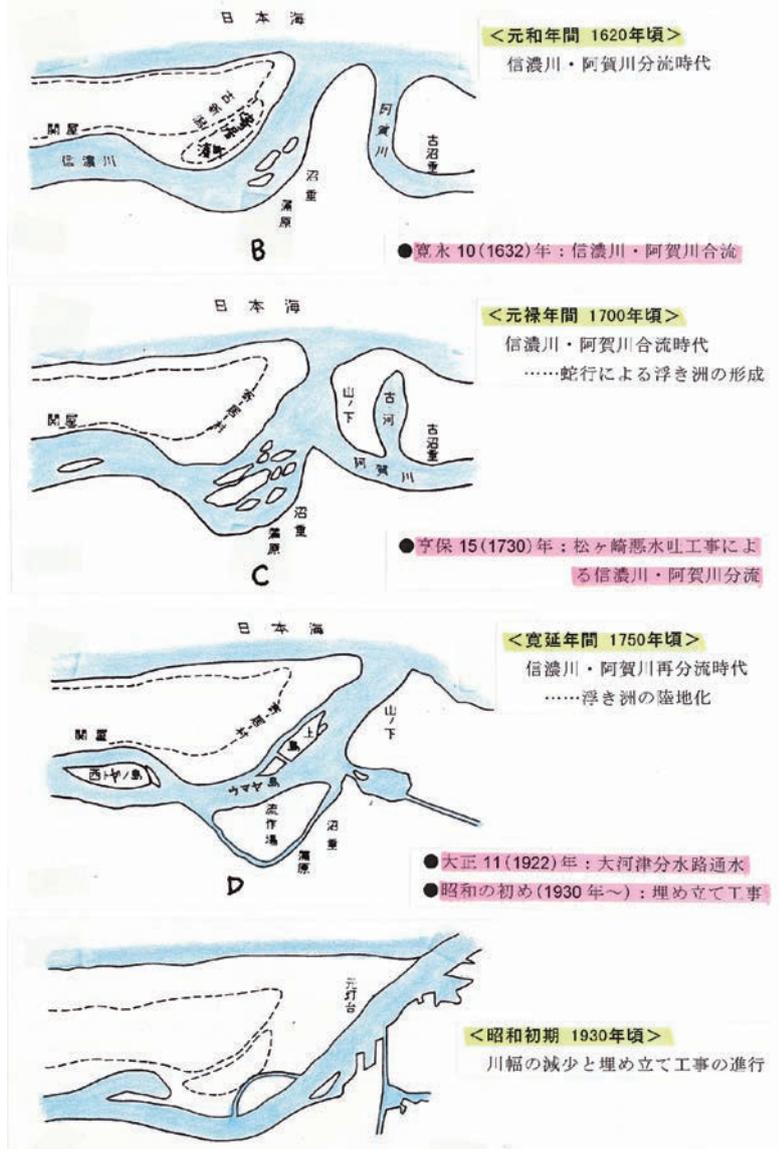


図-5 新潟市街地における河道の変遷(文献3)をもとに作成)

◆海岸平野と三角州

海岸平野は、本来海面の低下や地盤の隆起によって陸地となった低地のことを指しますが、広い意味で海岸に面した平地全般に対しても使われます。海岸に面した沖積平野という意味で沖積海岸平野とも呼ばれます。

三角州は、その形がギリシャ文字の大文字のΔに似ていることからデルタともいいますが、河口に形成された堆積地形です。ともに泥や砂から構成され、地盤は一般に軟弱です。新潟県内の平野では、谷底平野・氾濫平野とも形態や地盤構成が似ており、区別がむずかしいため、本マップではこれらと同じグループとしました。

◆砂(礫)堆(さたい、れきたい)・州(す)

水面上に表れた砂の高まりのことをいい、主に礫からなるものが礫堆。海岸に形成されたものを砂州といいます。河口から流出した砂が沿岸流によって集められて、海岸線に平行に細長く伸びる。湾口が砂州によって閉じられると内側に潟ができます。越後平野の場合はこれにあてはまります(「第7章 越後平野の生い立ち」参照)。砂州の上に風成の砂が堆積したものが、次項で紹介する砂丘です。

◆砂丘

風で運ばれた砂によって形成された丘をいい、海岸に形成されたものが海岸砂丘です。新潟砂丘や柏崎砂丘、潟町砂丘(高田平野)はみな海岸砂丘です。新潟砂丘では、沿岸に形成された砂州や一部三角州の上に発達していますが、砂丘と呼ばれるものの中には風成でないものも含まれています。新潟砂丘の場合には、風成でない砂層からなる地形的な高まりも含めて砂丘と呼んでいます。柏崎砂丘や潟町砂丘は、古砂丘(1万年よりも古い時代に形成された砂丘)の上に発達したのですが、新潟砂丘は、約8,000年前から約6,000年前にかけて形成された砂堆の上に最初に形成され、次第に海側に発達し、現在見られるような浜堤列平野に発達したものです(「第7章 越後平野の生い立ち」参照)。標高が高く水位も低いので、液状化の可能性は小さいと言えます。

◆砂丘間低地(凹地)

越後平野では、何列もの砂丘列が海岸線に沿って並んだ横列砂丘を形成しています。砂丘列と砂丘列の間の細長くくぼ地を砂丘間低地(凹地)といいます。このくぼ地は池沼ができやすく、加治川のように河川の流路になることがあり、泥などがたまりやすい環境にあります。また、湿地が形成されて泥炭が堆積することもあります。鳥屋野潟や佐潟は砂丘間凹地に形成されたものです。旧河道に似た性質を持ち、液状化しやすい地盤条件を備えています。

◆砂丘の縁辺部

砂丘は液状化しにくい条件を持っていますが、周辺部では水位が高く、表層部にゆるみが生じて液状化3条件を満たす部分があります。実際、新潟地震や中越沖地震では液状化現象が起きているので要注意です。そのため、本マップでは、砂丘の縁辺部を砂丘本体とは切り離して、危険度の高い範囲として区別しました。

◆台地・段丘

沖積平野より高い位置に広がる平坦面を台地といいます。日本では段丘面とほぼ同じ意味で使われます。東京で山手といわれるところが台地(段丘)です。階段状に発達することが多く、一般に形成年代が古いものほど高い位置にあります。新潟県では信濃川の上流の十日町や津南に見事なものがありますが、全体的には沖積平野に比べ、面積は広くはありません。水位は低く、砂礫が主体なので、液状化の心配はほとんどありません。なお、河川沿いに発達したものを河岸段丘、海岸に発達したものを海岸段丘として区別しています。

◆低水敷と高水敷

河道の両側にある堤防の川寄りの部分を堤外地といいます。そのうち水が少ない時期に川が流れている部分を低水敷と呼んでいます。これに対して、一段高いところにある、野球場やテニスコート、畑などに利用されている平坦面を高水敷と呼んで区別しています。高水敷は洪水時に河道になります。高水敷も低水敷も、砂から構成されている場合は、普段から水位が高く、締めかたまっはいたないため、液状化の可能性は大きいとみられます。

◆震度とマグニチュード

この二つは混同されがちです。震度は地震による被害の程度を示し、マグニチュードは地震そのものの大きさ(放出するエネルギー)を示すものです。震度は、人の感じる揺れの程度や家具の揺れ具合、家の倒壊率などによって震度0から7まで10段階(気象庁震度階)に分られますが、現在は震度計によって決められるのが普通です。それは、鉄筋コンクリートの建物が増えたり建築基準が改定されて家の強度が増してきたため、実態と合わなくなったためです。ちなみに、日本で震度計によって初めて最大ランクの震度7を記録したのが中越地震でした。一方、マグニチュードは、震央(震源の真上)からの距離と地震波形の最大振幅から、計算式によって求められるもので、いくつかの計算式があります。日本では気象庁方式を採用しています。マグニチュードは1つ増えるとエネルギーは約32倍、2つ増えると約1000倍になります。

◆地震と地盤

阪神淡路大震災では、ある特定の地域に被害が集中し、「震災の帯(おび)」という表現が使われました。関東大震災でも、下町(低地)の被害に比べ山手(台地)の被害は軽かったのです。新潟地震でも、信濃川下流の埋立地を中心に液状化被害が集中しました。このように、建物の強度を大きくしても、それを支える地盤が破壊されてしまえば元も子もありません。さらに、最近では震源から遠く離れた場所の高層ビルが大きく揺れるなど、共振現象が注目されるようになりました。地盤の固有周期と建物の固有周期が、一致すると大きな揺れを作り出します。私たちは、地盤についてもっとよく知る必要があります。

◆地震と断層

地震が起きると断層が出現します。しかし、地下で断層が動いたことによって地震は発生するわけで、断層は地震の原因でもあり結果でもあり、いわば卵とニワトリのような関係にあります。地下の岩盤に力が加わって歪みがたまり耐えきれなくなると破壊しますが、このとき破壊面(割れ目)に沿って生じるずれを断層といいます。地下深くに発生した断層は、地表に現れることがあり、これを地震断層といいます。また、地震を引き起こした地下深くに発生した断層を震源断層と呼んでいます。断層によるずれの量(断層の面積と移動量)が大きいほど大きな地震を引き起こします。海底で大規模に岩盤がずれると、ずれ上がった海底が海水を激しく突き上げるため、大きな津波が発生します。過去に発生した地震の記録は断層(地形)という形で残されています。新しい地震は地形によく残っていますが、古い断層は侵食作用によって削られ、わかりにくくなります。断層のうち、最近の地質時代(過去数万年~数十万年)にくり返し発生し、将来も活動する可能性が高いと見られる断層を「活断層」といいます。日本列島には多数の活断層が確認されており、活断層研究で有名な地質学者の藤田和夫先生は、その様子を「傷だらけの日本列島」と表現されました。アメリカでは、活断層の位置は公表され、活断層とその近くの土地利用は法律できびしく制限されていますが、日本では、事業者の判断にゆだねられているのが現状です。

◆地震の本震と余震

大きな地震が発生すると、多くの場合、その後も地震が続き、落ち着きません。東日本大震災では、関東地方の広い範囲で液状化被害が発生しましたが、その発生は、本震の後の大きな余震の際に発生したことが指摘されており、油断はできません。また、大きな地震の前にその前触れともなるような小さな地震が起こることがありますが、これを前震といいます。地震予知の一つに前震をとらえようというものがありますが、それが前震かどうかは、本震がおこった後でないとわからない場合が多いのです。中越地震では、本震のあと立て続けに震度6以上の余震が3回も発生し、その後も約2ヶ月間にわたって余震が続き、なかなか収まりませんでした。余震の数や頻度、継続時間は、その地震の発生メカニズムの特徴を示す意味で重要です。

◆地震とナマズ

地震の原因について、中国では龍が起こすものと考えられていました。悪い政治を懲らしめるために起きるとも考えられていました。古代・中世の日本もこの考えを受け入れていたのですが、いつからかナマズがこれに取って代わりました。その最初の記録は豊臣秀吉の手紙にあるといわれています。地震鯰説は江戸時代になって普及し、すっかり定着しま

した。たくさんの錦絵が残されています。ナマズには地震を予知する能力があるとも考えられており、実際に研究室でナマズを飼っていた地震学者もいたほどです。地震の前に動物が何らかの予兆を感じ取って異常行動を起こしたという記録はたくさん報告されています。中国では動物の異常行動をとらえて地震を予知しようという研究がさかんです。

◆地震予知

地震に周期性のあることは古くから知られていました。大正時代の関東大地震の直前、今村明恒博士による警告が大きな社会問題になったことは有名です。また、新潟地震直後の1964年7月には、河角広博士により関東地震69年周期説が発表され、大きく取り上げられました。太平洋側のプレート型の地震に関しては、100～150年に1回、内陸直下型の地震については約1,000年に1回の割合でおこっているという傾向があるようです。この点に注目し、断層の発掘調査や空白域の発見、古文書の分析により地震の周期を明らかにして予知に役立てようとする研究(歴史地震研究)が進められています。一方、地震の兆候(地殻変動などの前兆現象)をいち早く発見して、直前に予知しようという研究も同時に進められています。地震予知に関しては、「危険な地域」や「規模」についてはある程度予測できるものの、肝腎の「いつ起こるか」がわからないというのが現状です。



◆地震と津波

津波の恐ろしさについて、私たちは、東北地方太平洋沖地震の際に撮影された多くの映像によって思い知らされました。災害に関する伝承の重要性が再認識され、これまでの津波対策の見直しがせまられることにもなりました。津波のことは英語でもTsunamiといいますが、この言葉を海外に広めることになったきっかけは、1897年に発表された小泉八雲(ラフカディオ・ハーン)の著作集『仏の島の落ち穂集(Gleaming in Buddha-Fields)』に収録された「生神様(A Living God)」であるとされます(この話のヒントになった逸話は、「稲むらの火」としてあまりにも有名です)。一方、大日本地名辞書を著したことで有名な、新潟県生まれの地理学者吉田東伍は、1906年に発表した論文で、すでに日本三大実録に記録のある貞観地震による大津波が陸奥国の国府があった多賀城の城下にまで達している点を指摘しました(しかし、末の松山は越さなかった)。この時の浸水域が東日本大震災のそれとほぼ同規模であったことがわかり、改めてその先見性が注目されました。地震の発生メカニズムから考えると、太平洋側に比べ日本海側では津波の規模が小さい傾向があります。実際、新潟地震では1～2mでしたが、江戸時代の新発田藩の記録に2丈余り(約6m)というのがあります。また、1983年に発生した日本海中部地震(M=7.7)では、震源が近く到達時間が短かったこともあって多くの犠牲者が出てしまったという前例がありますので、決して楽観はできません。



図一六 地震津波による浸水。新潟県の海岸には砂丘が発達しているため、津波は河川遡上型になります(新潟市中央区礎町)

◆地震と防災

昔から「地震、雷、火事、おやじ※」といい、地震は怖いものの筆頭にあげられてきました。突然襲ってくる地震は恐ろしい存在です。ヨーロッパなど安定した大陸にすむ人は、地震を経験することなく一生を過ごす可能性があります。しかし、世界中で発生するマグニチュード6以上の地震のうち実に約20%が日本列島周辺でおきるといわれる日本でくらす限り、一生のうちに何度か地震に遭遇するはずで、私たちは地震の発生を止めることはできませんが、起きた地震による被害を防いだり減らしたりすること(防災・減災)は可能です。防災というと、これまでは河川の堤防を高くしたり、大きなダムを造ったり、巨大な防潮堤を築いたり、力づくで押さえる方向に目が向いていました。しかし、最近では、過去の災

害事例に学んですみやかに避難することや、耐震補強によって建物の強度を増したり、土地条件に合わせた土地利用を行うなど、被害を受けても軽微なものにとどめるといった減災がクローズアップされてきました。

※おやじについて、ある人は、「それは地主のことだ」と、子供の頃に小学校の先生から聞いた憶えがあるといいます。また、瀬戸内地方では台風のことをおやじと言うそうです(大山風(おおやまじ)→おやまじ→おやじ)。いずれにせよ、小作制度がなくなり、家長としての父親の権威が失われた現代では、台風の方がふさわしいのかも知れません。地震、雷、火事、台風。

◆防災教育

「災害は忘れたころにやってくる」という、有名な言葉があります。東日本大震災でも、津波の恐ろしさや命を守るための知恵といった体験の伝承が風化していたことが被害を大きくしたとの指摘もあります。また、関東地方で液状化被害が目立った地点は、昔は沼地であった所を埋め立てたり、干潟を海底の砂で埋め立てたような「人工地盤」が多かったのです。都市化が進むにつれて、土地利用が変化し、人工地盤がどんどん増えてきました。その結果、地震被害を受けやすい環境に変わってきました。自然が多く残っていた時代は、人々は地盤の安定した場所を選んで住んでいましたが、土地利用が進むにつれて元の地形がわかりにくくなり、そこが災害を受けやすい地盤であることに気がつかないで済むことが多くなってしまったのです。地盤の特徴を知り、その特性に応じた土地利用をすれば、災害は大きく減らせるはずで。その意味で、昔の地名がどんどん失われ、新しい町名に置き換えられていくことは非常に残念なことです。

防災教育というと、多くの人はすぐに「避難・誘導」の事を思い浮かべるとと思いますが、過去の災害事例を学び、その経験を生かす事や、その土地の成り立ちを学び地盤特性を知る事は、もう一つの防災教育としてとても大切な事です。

《引用・参考文献》

- 1) 若松加寿江(2011)日本の液状化履歴マップ 745-2008, 東京大学出版会.
- 2) 新潟市編(1973)新潟市史 上巻(昭和9年発行の復刊), 1161p., 名著出版.
- 3) 横尾義貫(1976)新潟震害の歴史的背景(17世紀以降の新潟付近の地形発達史), 京大防災研年報, 第19号B, pp.91-104.
- 4) 鴨井幸彦(2005)新潟県平野部の地盤特性一特に越後平野の生い立ちと液状化被害分布の特徴一, 基礎工, Vol.33, No.3, pp.19-23.
- 5) 新潟県地質図改訂委員会編(2000)20万分の1新潟県地質図及び説明書(2000年版), A0判図面2枚, 200p., 新潟県
- 6) 新潟県地盤図編集委員会編(2002)新潟県地盤図及び説明書, A0判図面4枚, 66p., (社)新潟県地質調査業協会
- 7) 鴨井幸彦・安井 賢(2004)古地理図でたどる越後平野の生い立ち, 土と基礎, Vol.52, No.11, pp.8-10.

《問い合わせについて》

このパンフレットの内容についてご質問やご意見等がおありの場合は、下記あてメールでお送りください。なお、個人のお宅のことなど、個別の内容には応じかねますので、あらかじめご了承ください。

北陸地方整備局 企画部 企画課 e-mail : kikaku@hrr.mlit.go.jp

公益社団法人 地盤工学会 北陸支部 e-mail : jibanhokuriku@piano.ocn.ne.jp

※ホームページ: 北陸地方整備局 (<http://www.hrr.mlit.go.jp/ekijoka/index.html>)

写真提供: 北陸地方整備局、地盤工学会北陸支部、新潟応用地質研究会

この冊子で使用している地図の一部は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図200000(地図画像)、数値地図25000(地図画像)、数値地図25000(空間データ基盤)、数値地図25000(土地条件)を使用しています。(承認番号 平23 情使 第816号、第817号)
また、地図の一部には新潟県行の5万分の1土地分類基本調査(地形分類図)、柏崎・柿崎・高田東部・高田西部・糸魚川、1971~1986を使用しています。

発 行 日 2012年7月

企画・編集・発行 国土交通省北陸地方整備局企画部

〒950-8801 新潟市中央区美咲町1-1-1

公益社団法人 地盤工学会北陸支部

〒新潟市中央区新光町10番地3技術士センタービルⅡ7F

印 刷 株式会社 新潟印刷

無断複写・複製・転載を禁じます

