

石川県内液状化しやすいマップ



国土交通省北陸地方整備局
公益社団法人 地盤工学会 北陸支部

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)、新潟県中越地震(平成 16 年)、能登半島地震(平成 19 年)、新潟県中越沖地震(平成 19 年)では、家屋、堤防、道路等に多くの液状化被害が発生しました。

そのため、北陸地方整備局では、公益社団法人地盤工学会北陸支部との共同により、過去の液状化発生状況や地形地質等に関する情報等を加えて検討し「液状化しやすさマップ」を作成しました。

「液状化しやすさマップ」は液状化しやすいかどうかを示したものです。住んでいる土地（地盤）の性質を知っていただき、土地利用をする際や防災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」を示したものであり、地震被害想定マップではありません。なお、液状化しにくい地盤でも地震による揺れが大きくなる場合があるので留意ください。
- ②液状化しやすいとされる地形条件と既存の地盤（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。したがって、大まかな傾向を示したものととらえてください。
- 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。本マップは液状化による被害の有無にかかわらずあくまでも地盤の性質として、液状化しやすい傾向を示したものです。

表紙の写真 写真上：能登半島地震の液状化による噴砂現象(珠洲市正院町)

写真中：能登半島地震による液状化で浮き上がった浄化槽(門前町清水)

写真下：能登半島地震の液状化による埋め戻し土の噴砂現象(門前町広瀬)

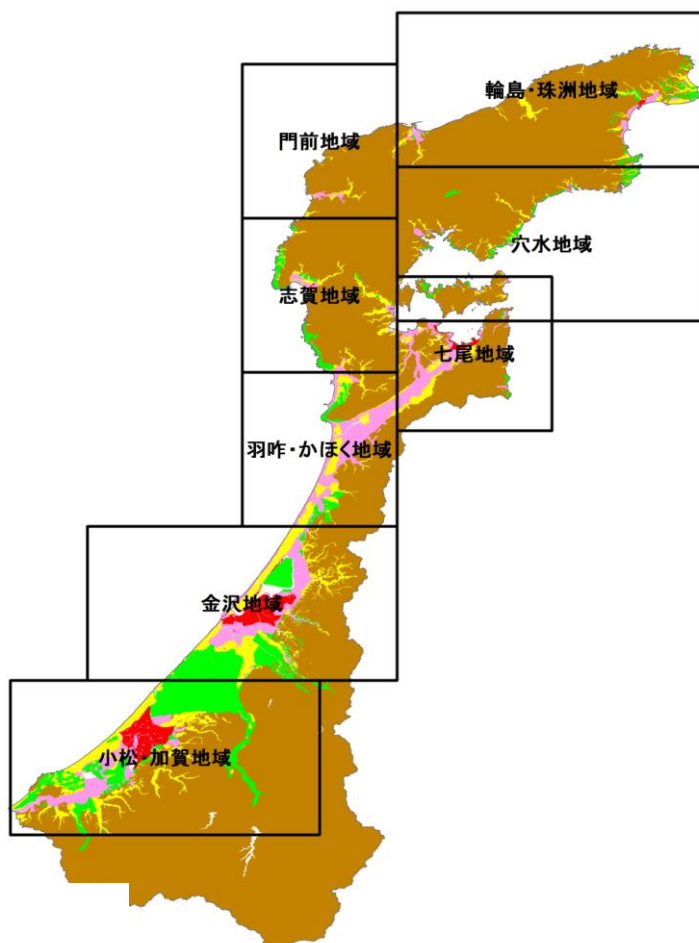
以上、文献 1) より

索引図及び目次

目 次

索引図及び目次

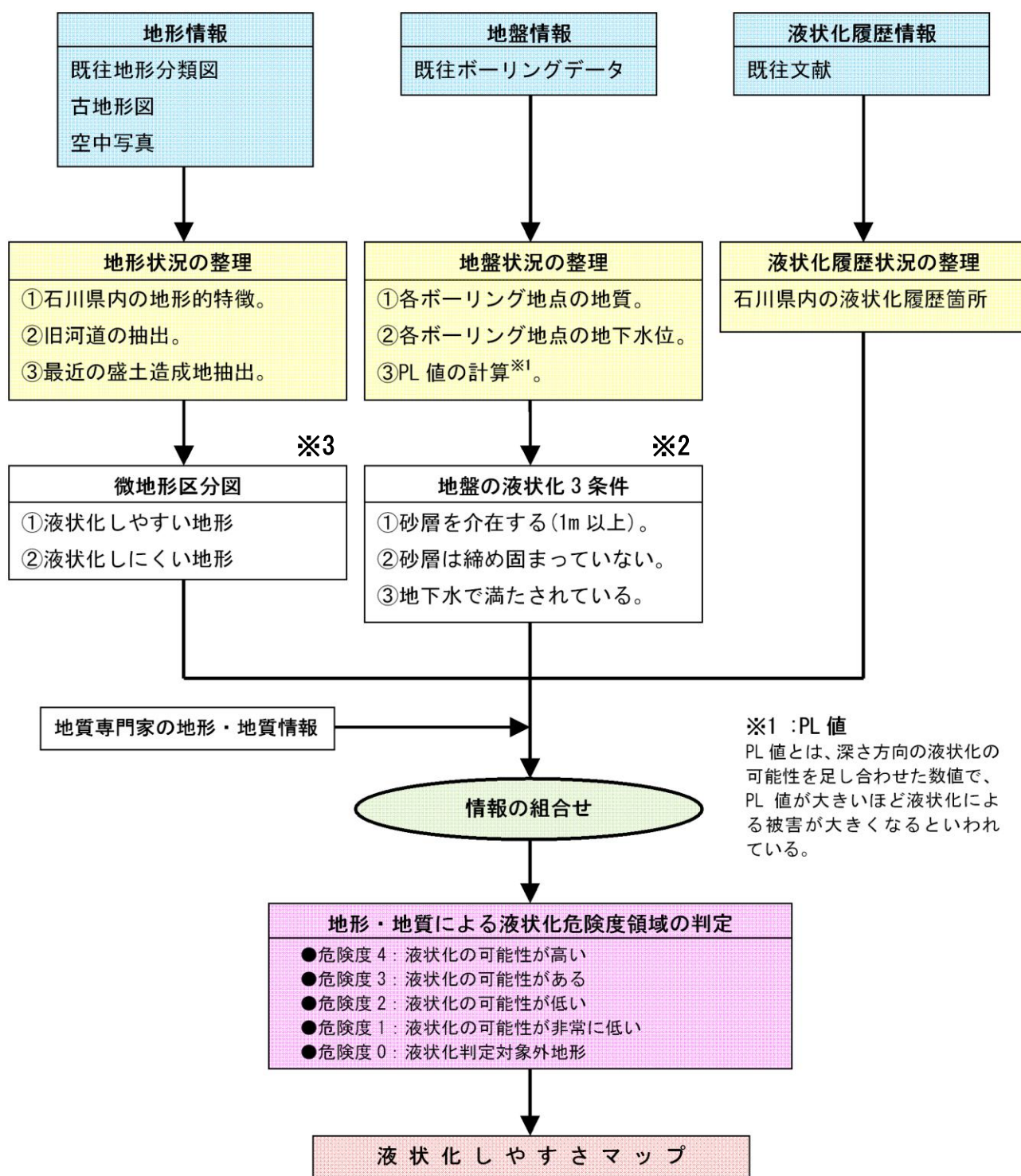
1 章	1
液状化しやすさマップ作成フロー	
2 章	3
液状化しやすさマップ	
3 章	1 5
液状化Q & A	
4 章	1 8
石川県を襲った地震－過去の液状化被害－	
5 章	1 9
石川県の地形・地質	
一口知識	2 1
引用・参考文献	2 5



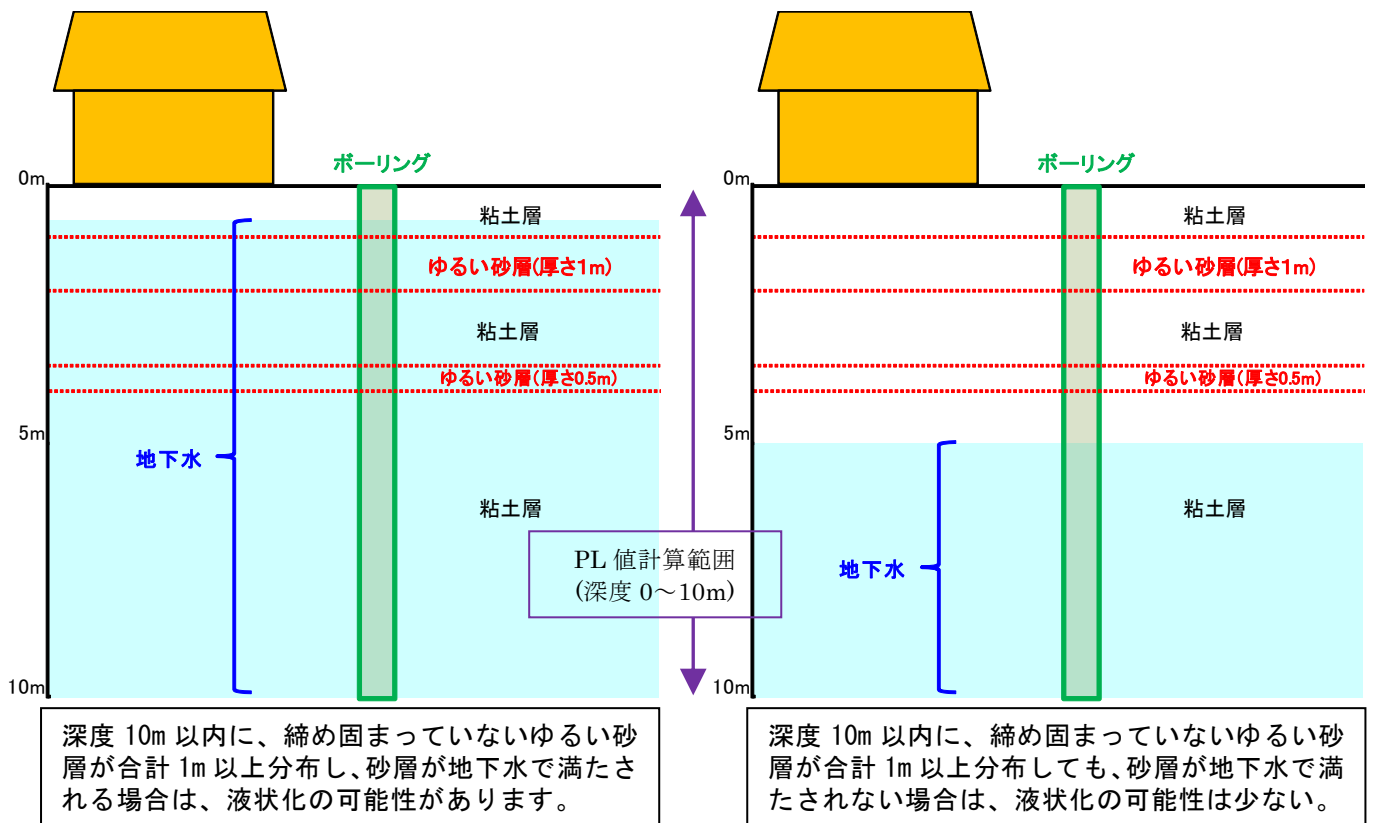
1章. 液状化しやすさマップ作成フロー

【概要】

- 地盤の液状化に関連する地形、地質及び液状化履歴についての資料を収集・整理してそれらの情報を組合せて液状化危険度を評価し、各危険度領域をマップとして表現しています。なお本マップでは、特定の震源による地震を想定せず、石川県内一律のゆれ（震度5強程度）を想定しています。
- 地形情報では、各種既往地形分類図を重ね合わせて微地形区分図を作成し、液状化しやすい地形及び液状化しにくい地形の分布を確認しました。また旧河道、最近の盛土造成地を古い地形図と空中写真を用いて抽出し、微地形区分図を補完しました。
- 地盤情報では、既往のボーリングデータを収集・整理して各ボーリング地点の地質と地下水位を整理し、液状化しやすい状況か否か（地盤の液状化3条件）を確認しました。

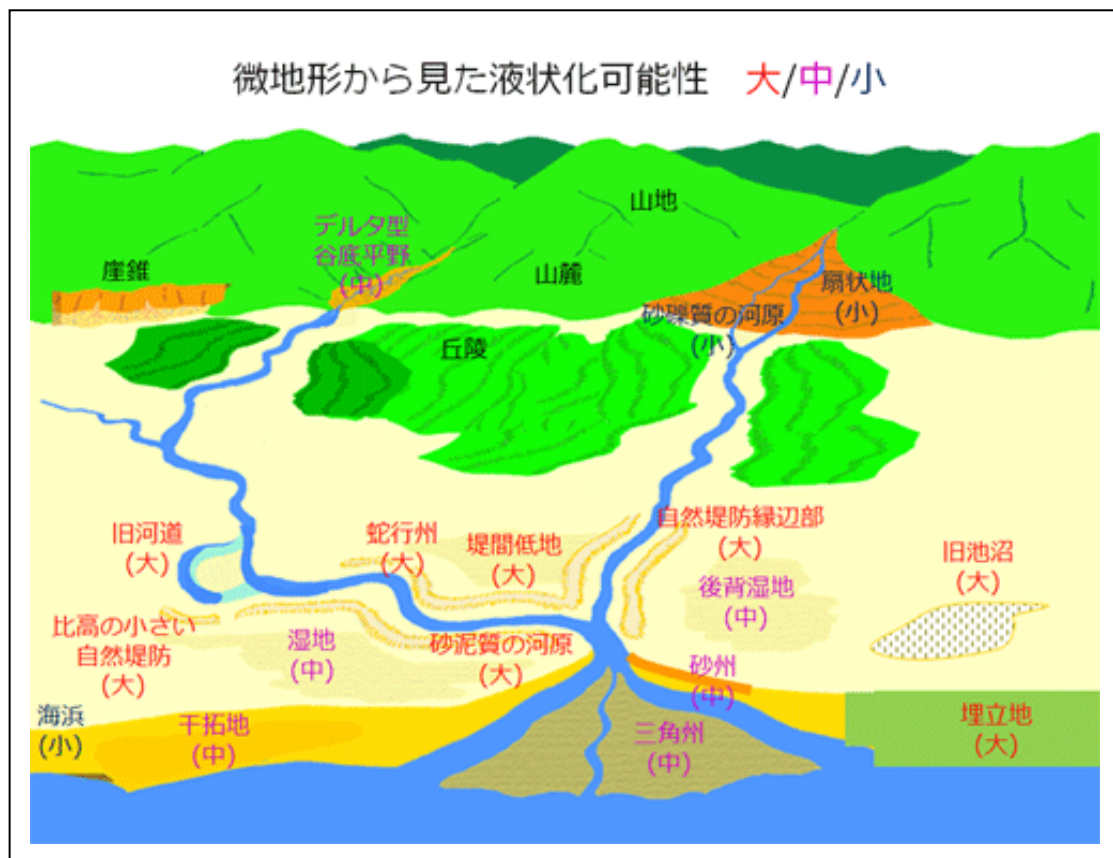


※2【既存ボーリングデータの地質状況による液状化の可能性参考図】



※文献 2)を参考に作成

※3【微地形による液状化の可能性参考図】



※文献 3)より転載

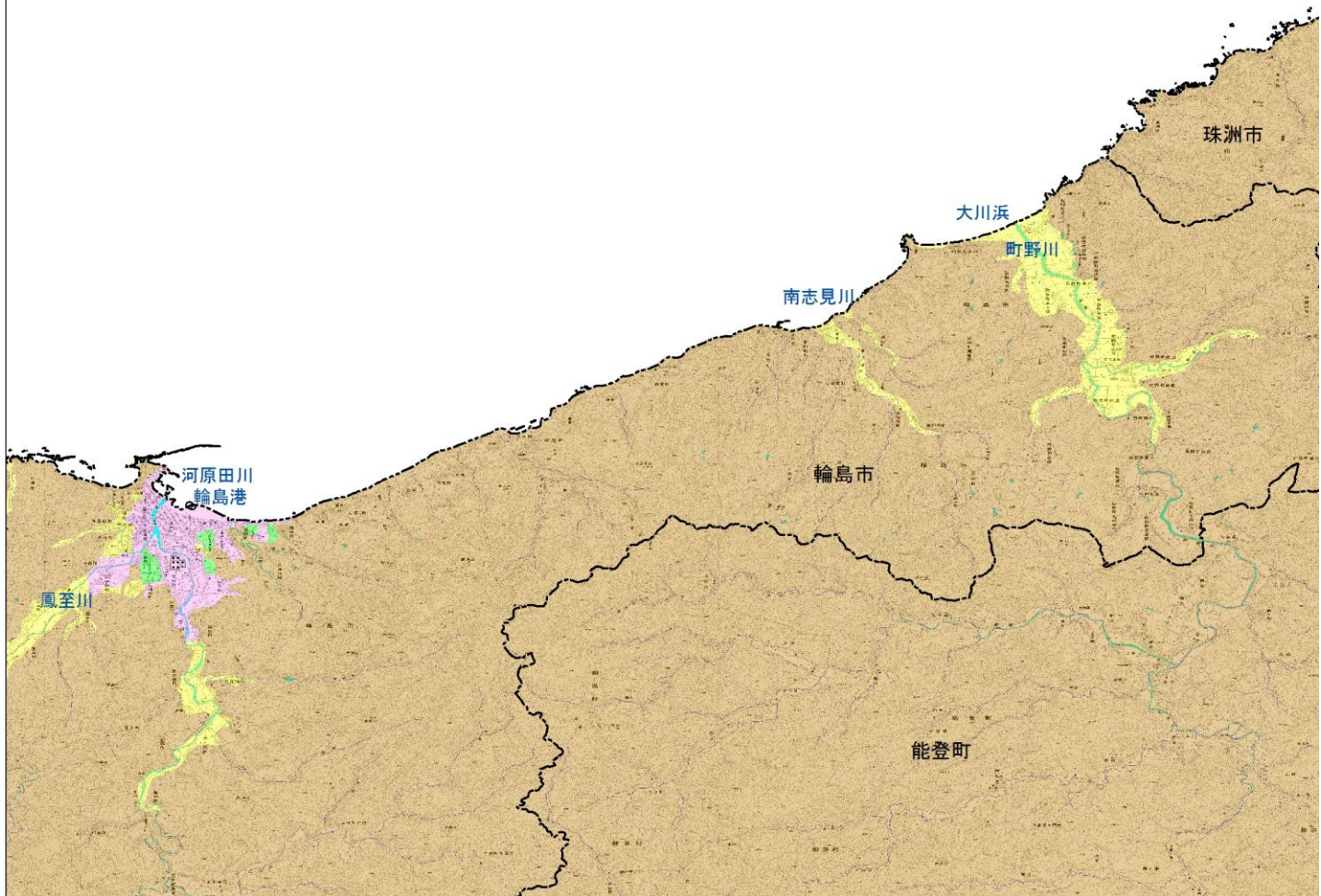
2章. 液状化しやすいさマップ

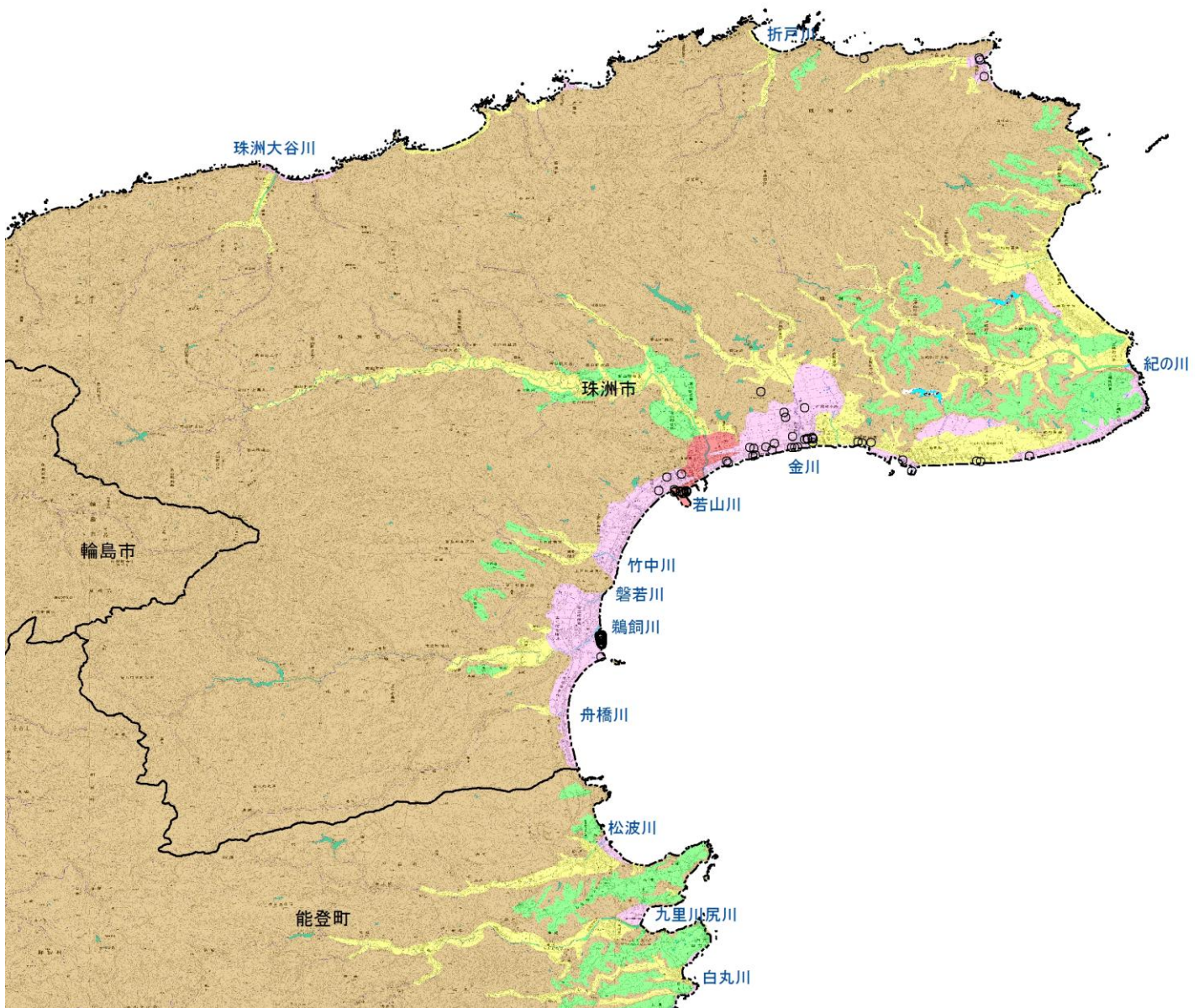
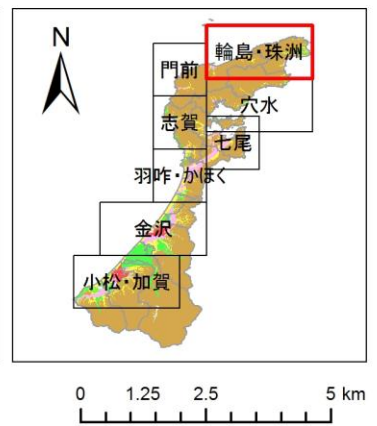
輪島・珠洲地域

本地域は能登半島の北部～北東部に位置します。地形は主に山地と丘陵地からなり、低地は小規模なものが多くなっています。北部の外浦海岸沿いは岩盤で構成される急斜面が発達し、局所的に大川浜を代表とする砂浜が分布しています。また輪島市街地を流れる河原田川と鳳至川下流には幅の広い谷底平野と海岸平野が分布し、締め固まっていない砂層と粘土層で構成されているため液状化の可能性のある範囲と想定されます。

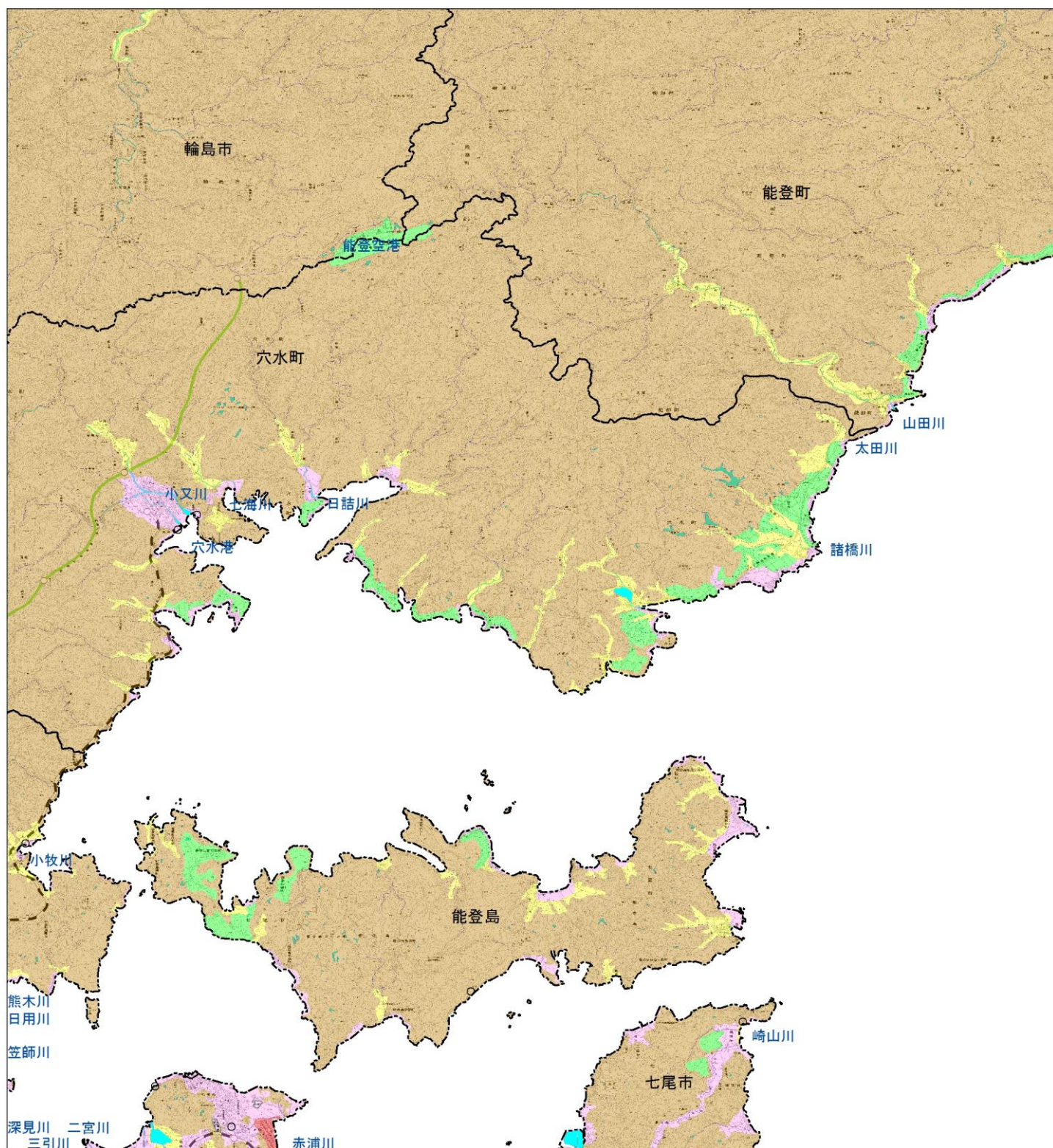
東部の内浦海岸では海岸沿いに砂丘が発達し、その背後に海岸平野が位置します。海岸平野は締め固まっていない砂層と軟弱な粘土層から構成され、1993年に発生した能登半島沖地震による液状化履歴も認められることから、液状化の可能性のある範囲と想定されます。

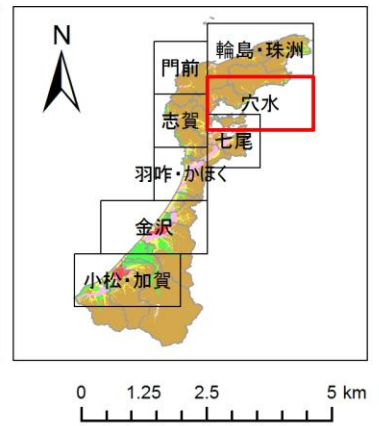
液状化履歴は、「若松加寿江(2011)日本の液状化履歴マップ 745-2008(東京大学出版会)」によります。本マップには過去の液状化履歴が○印でプロットされていますが、原典(若松、2011)では地震毎にシンボルが変えられており、また液状化が発生した地点の確実度によってもシンボルの大きさが変えられています。本マップではこれらを区別せずに関し記号でプロットしています。





穴水地域



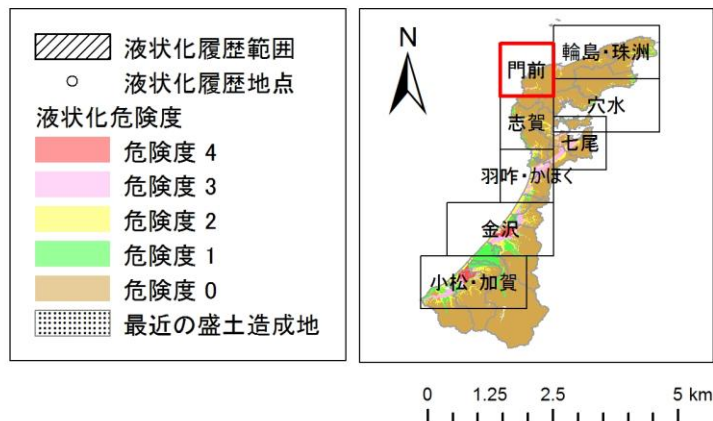


本地域は能登半島の東部で、内浦海岸の中央部に位置します。地形は能登島を含み主に山地と海岸段丘の発達した丘陵地からなり、広がりを持った低地は少なくなっています。

宇出津港と穴水港に注いでいる太平洋と小又川下流では、比較的広がりを持った海岸平野が分布し、締め固まっていない砂層と軟弱な粘土層で構成されているため、液状化の可能性がある範囲と想定されます。なお、その他の海岸平野分布域も液状化の可能性がある範囲と想定されます。

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)」によります。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。

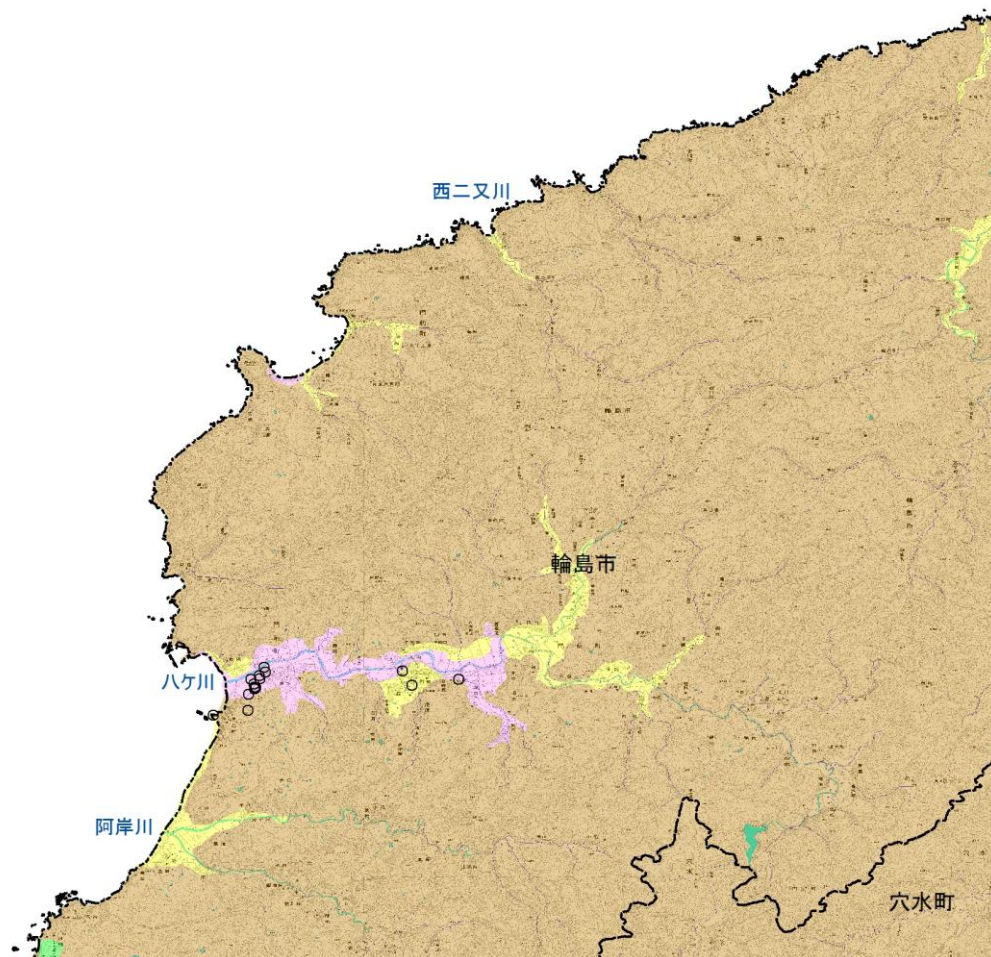
門前地域



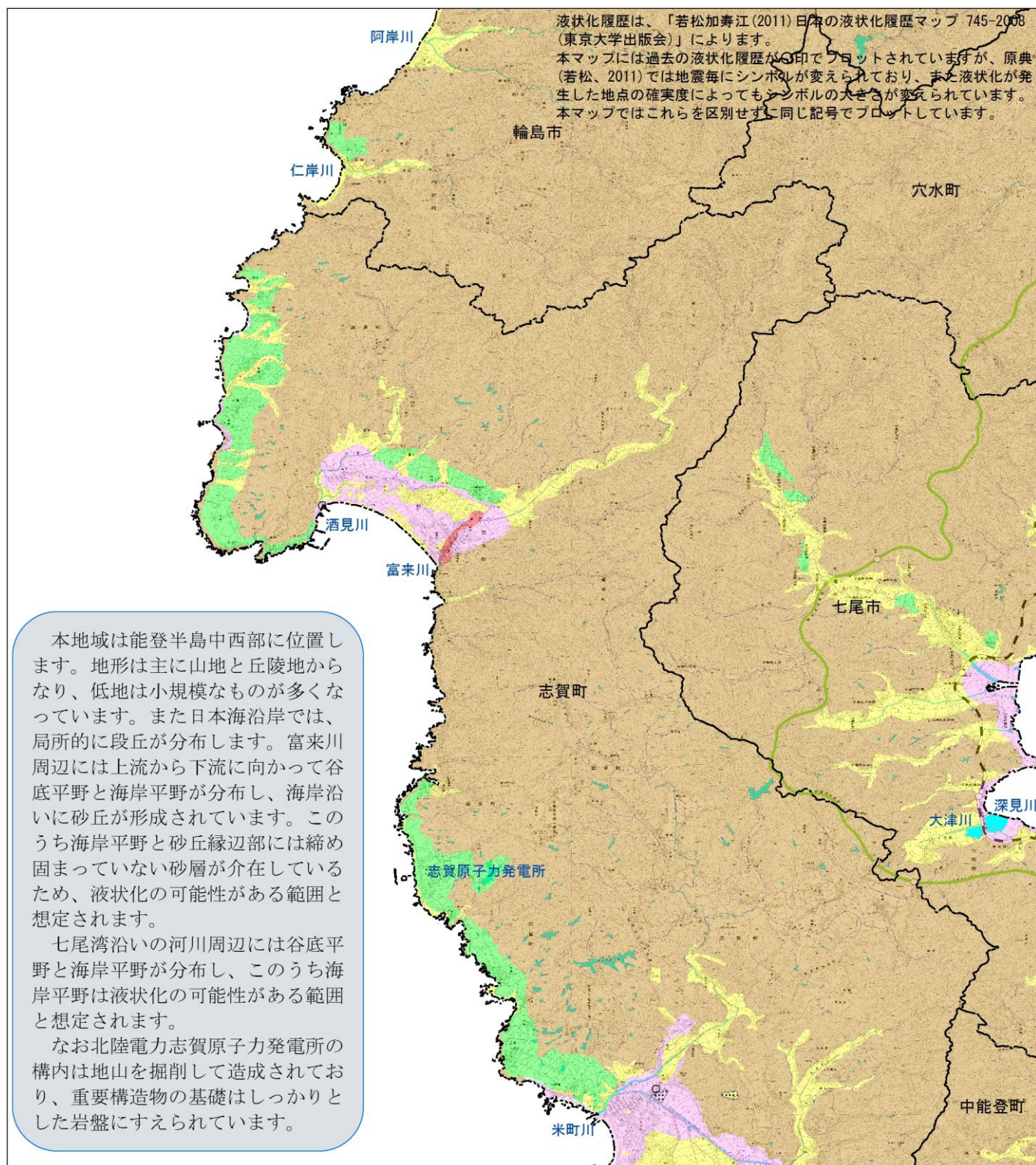
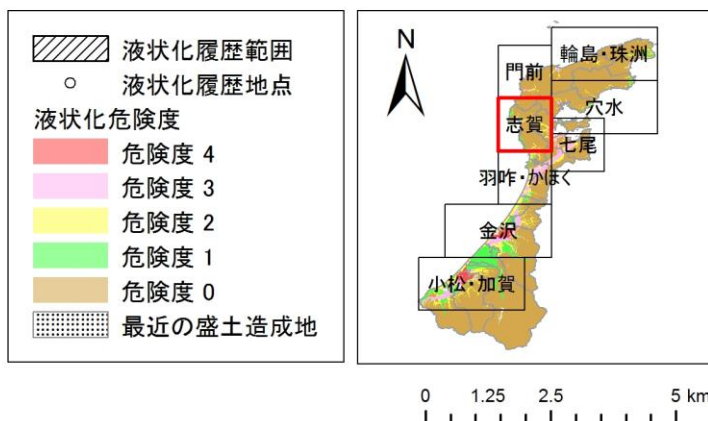
本地域は能登半島北西部に位置します。地形は主に山地と丘陵地からなり、低地は小規模なものが多くなっています。門前町を流れる八ヶ川沿いには比較的幅を持った谷底平野が広がっており、2007年の能登半島地震(震度6強)では明確な液状化現象がありました。

本マップで想定している震度5強程度の地震動では液状化の可能性は低いといえますが、より大きな地震動に対しては液状化の可能性のある範囲と想定されます。

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)」によります。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。



志賀地域

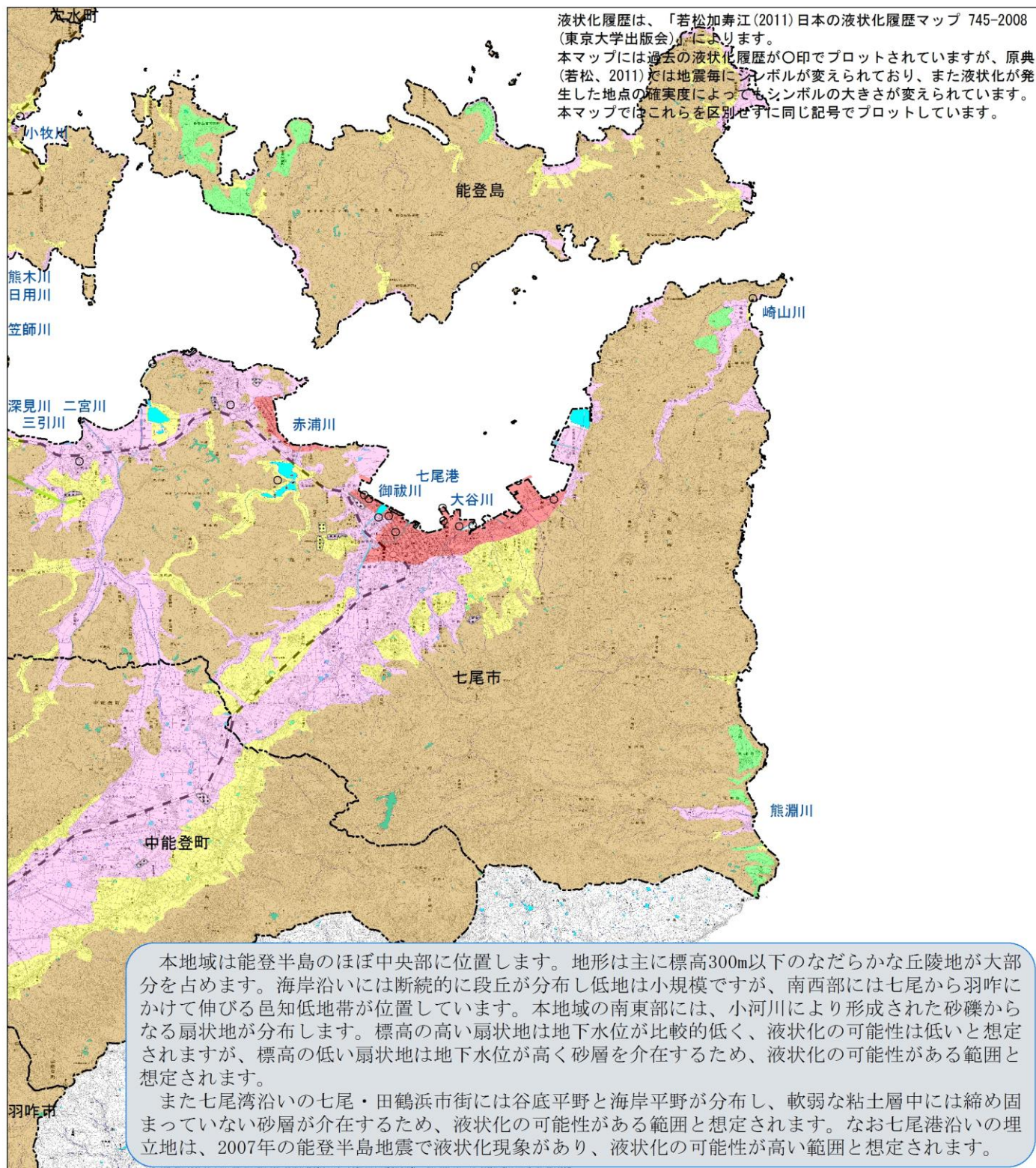
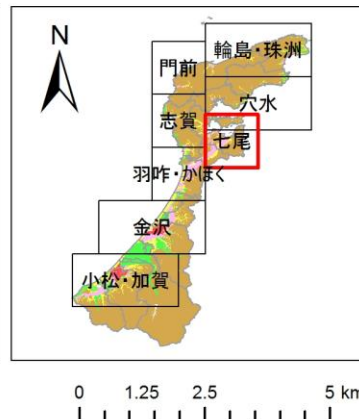
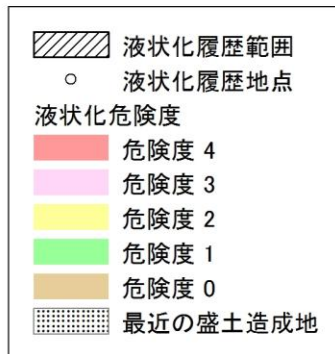


本地域は能登半島中西部に位置します。地形は主に山地と丘陵地からなり、低地は小規模なものが多くなっています。また日本海沿岸では、局所的に段丘が分布します。富来川周辺には上流から下流に向かって谷底平野と海岸平野が分布し、海岸沿いに砂丘が形成されています。このうち海岸平野と砂丘縁辺部には締め固まっていない砂層が介在しているため、液状化の可能性がある範囲と想定されます。

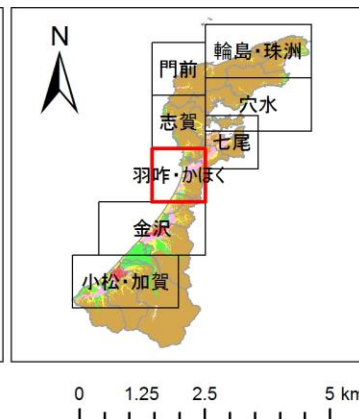
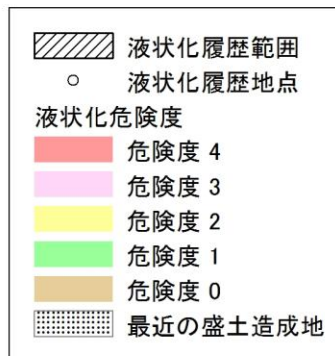
七尾湾沿いの河川周辺には谷底平野と海岸平野が分布し、このうち海岸平野は液状化の可能性がある範囲と想定されます。

なお北陸電力志賀原子力発電所の構内は地山を掘削して造成されており、重要構造物の基礎はしっかりとした岩盤にすえられています。

七尾地域



羽咋・かほく地域

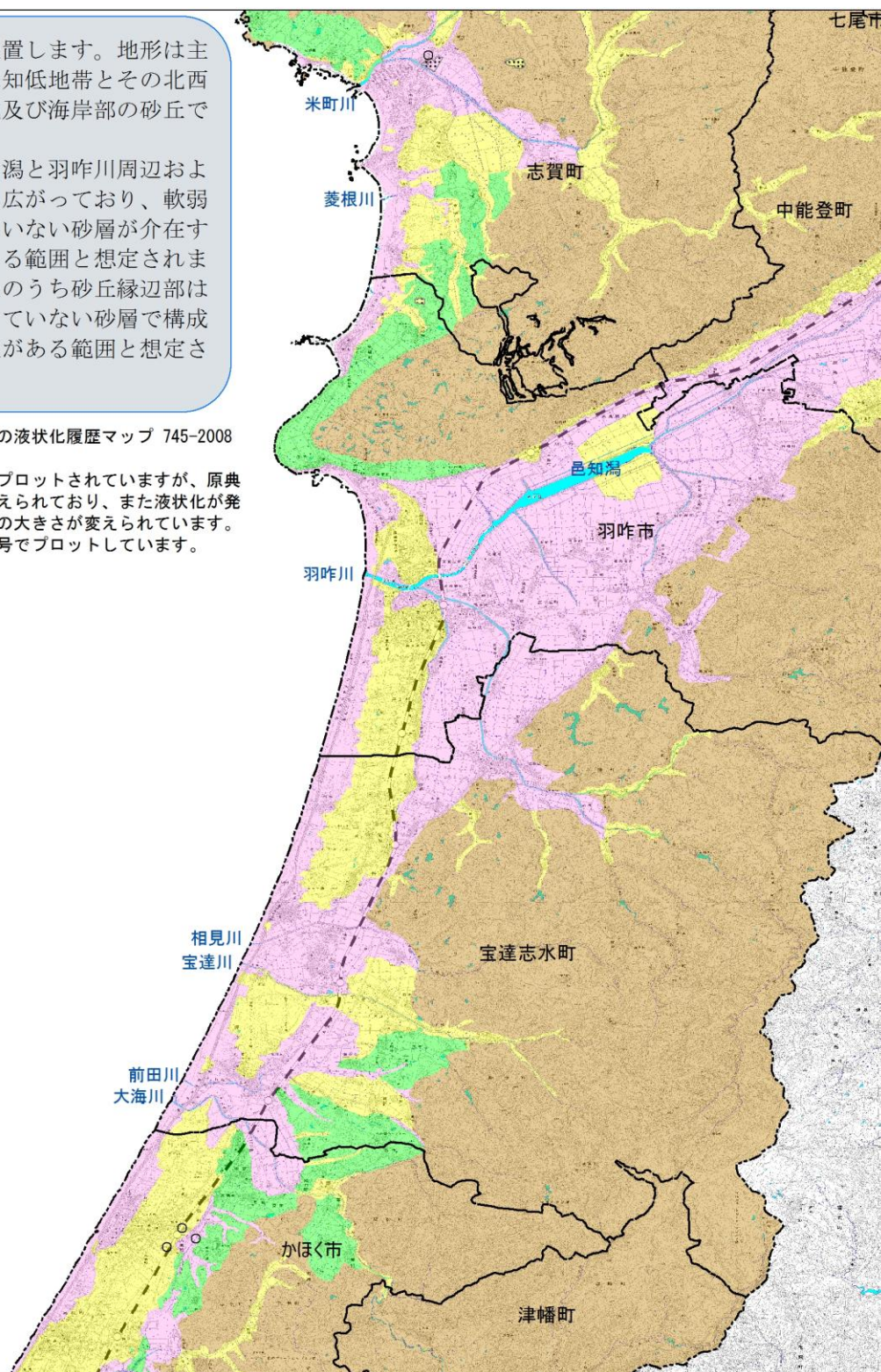


本地域は能登半島頸部に位置します。地形は主に北東～南西方向に伸びる呂知低地帯とその北西側及び南東側の山地・丘陵地及び海岸部の砂丘で構成されています。

呂知低地帯に位置する呂知潟と羽咋川周辺および宝達志水町には海岸平野が広がっており、軟弱な粘土層中には締め固まっていない砂層が介在するため、液状化の可能性がある範囲と想定されます。また海岸沿いの羽咋砂丘のうち砂丘縁辺部は地下水位が高く、締め固まっていない砂層で構成されるため、液状化の可能性がある範囲と想定されます。

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)」によります。

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。



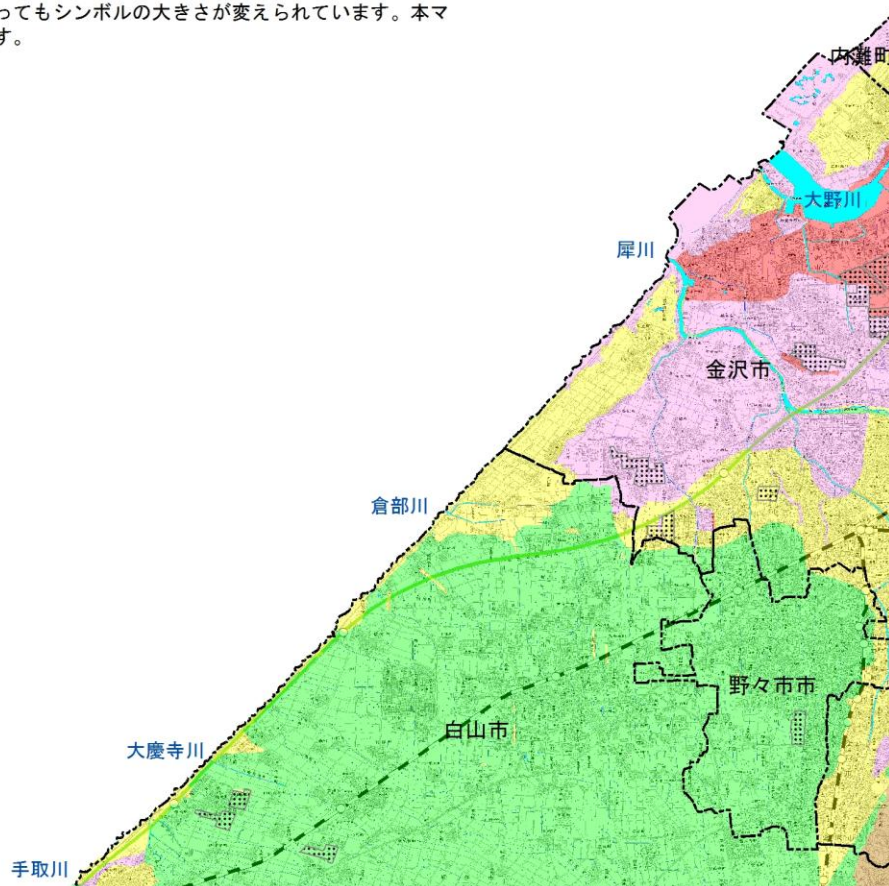
金沢地域

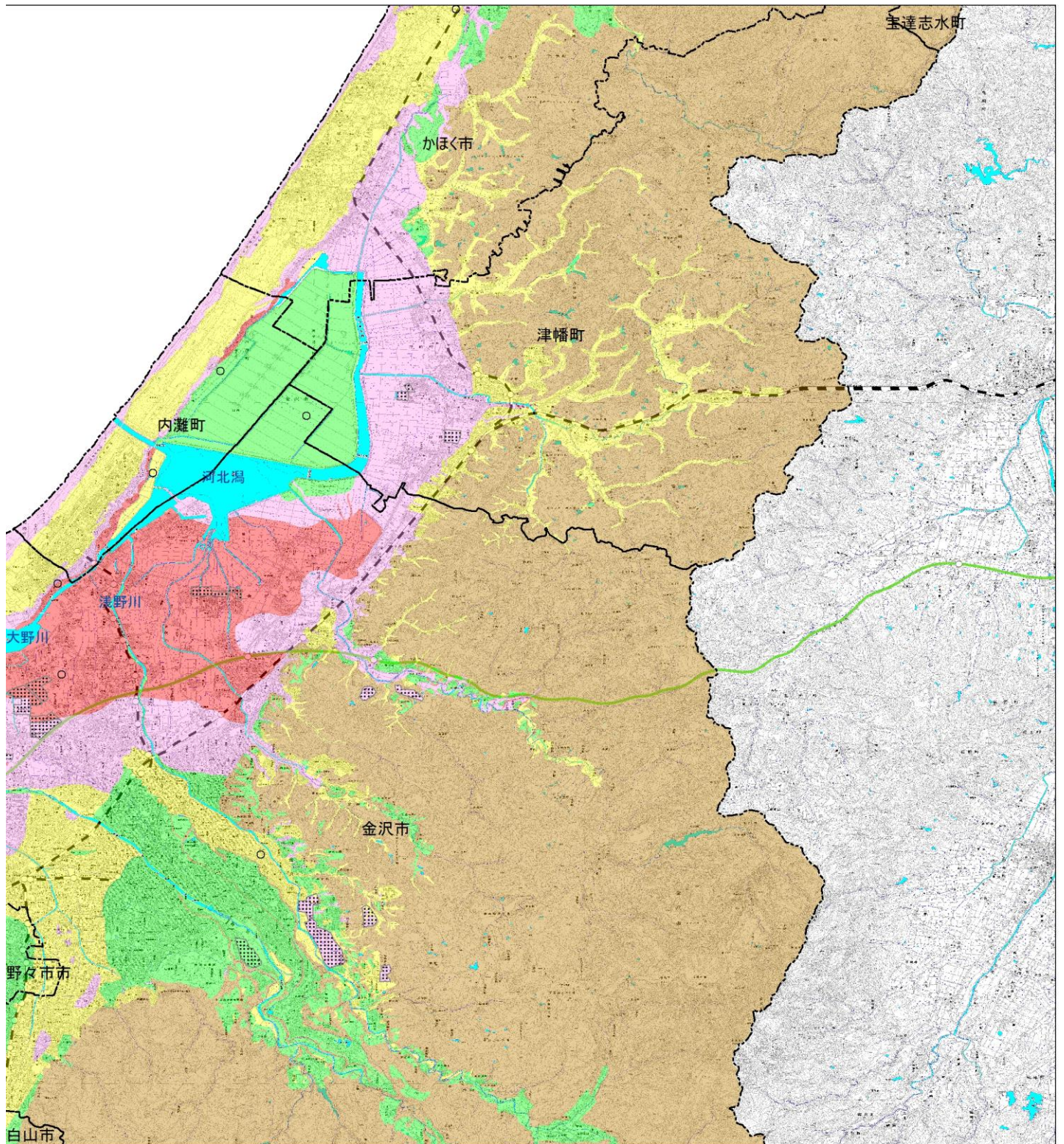
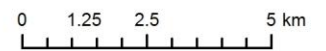
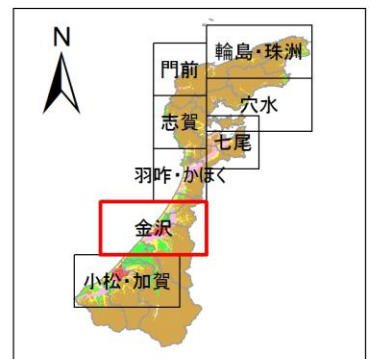
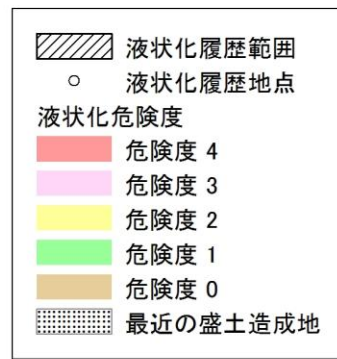
本地域の東部には津幡・森本丘陵と加越山地が広がっており、その西側には日本海に向かって概ね段丘、扇状地、氾濫平野、海岸平野(潟埋積平野)及び内灘砂丘が分布しています。また北部に位置する河北潟は、内灘砂丘の発達により日本海から切り離されて生じた水域(潟)が、河川による堆積物により埋積して形成されたものであり、その後の干拓事業により狭くなっています。河北潟干拓地は主に粘土で構成されているため、液状化の可能性は低いといえます。

津幡町から内灘町に至る地域には、河北潟干拓地を取り囲むように海岸平野が分布します。この地域の地盤は締め固まっていない砂層を介在するため、液状化の可能性があると想定されます。日本海沿いの内灘砂丘は標高が高く、地下水位は低いいため液状化の可能性は低いですが、砂丘縁辺部は地下水位が高いため液状化の可能性のある範囲と想定されます。

金沢市は犀川及び浅野川によって形成された段丘・扇状地が上流側に位置し、下流側には氾濫平野と海岸平野が広がっています。段丘・扇状地は固く締った砂礫を主体とし液状化の可能性は低いですが、谷底平野と海岸平野は締め固まっていない砂層と粘土層で構成されており、比較的標高の低い地域は地下水位が高いため、液状化の可能性のある範囲といえます。

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)」によります。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。



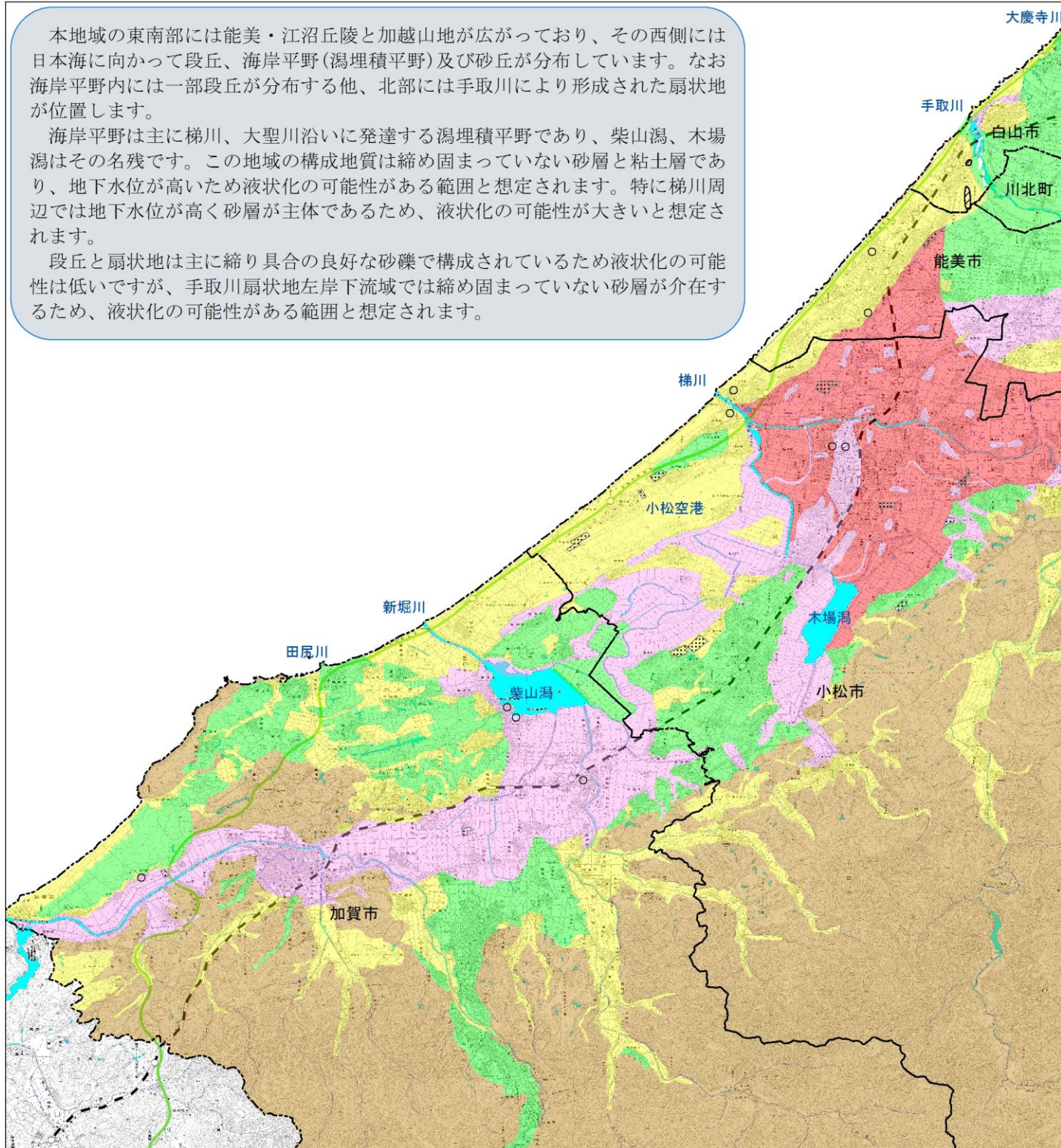


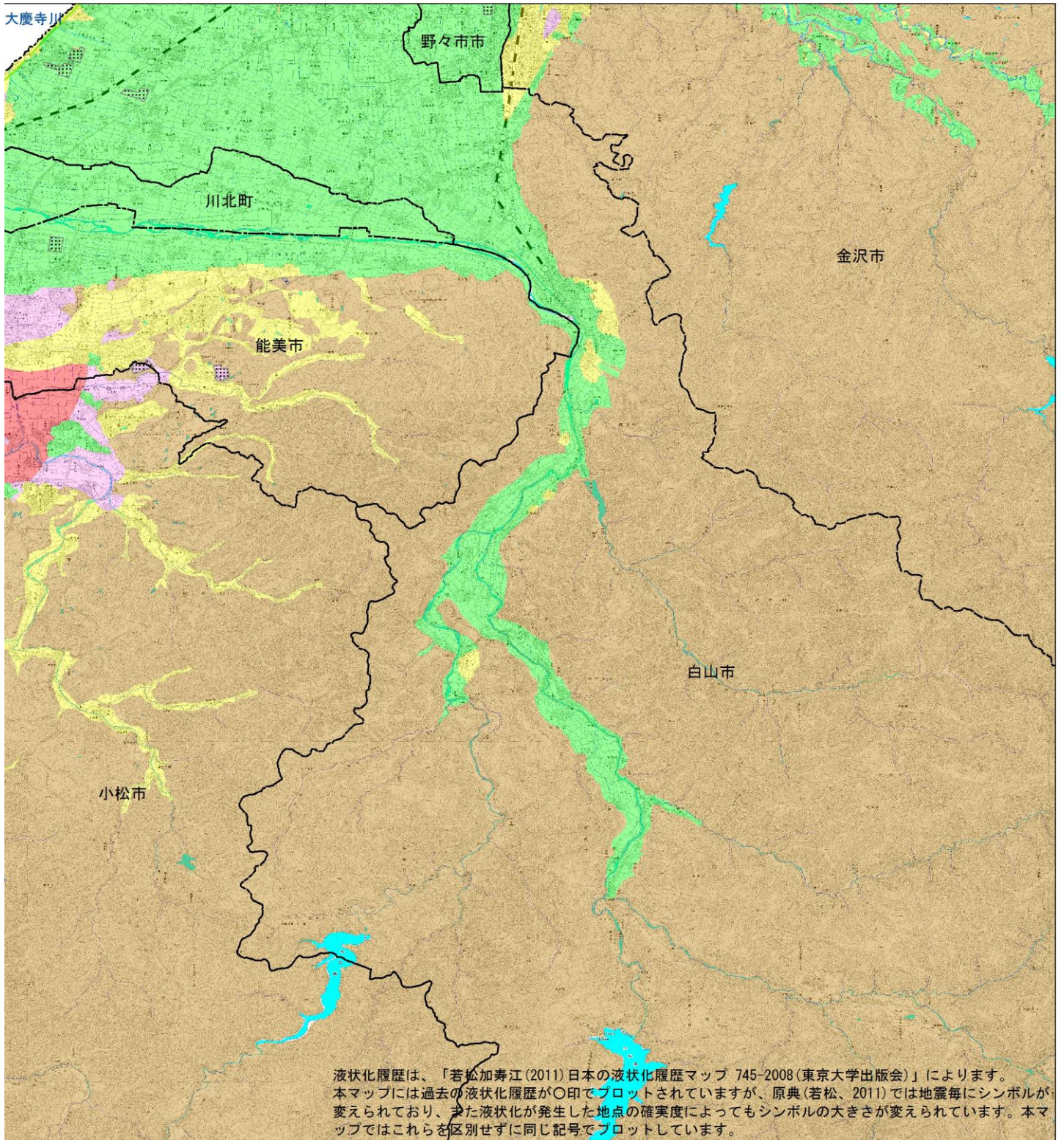
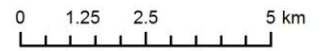
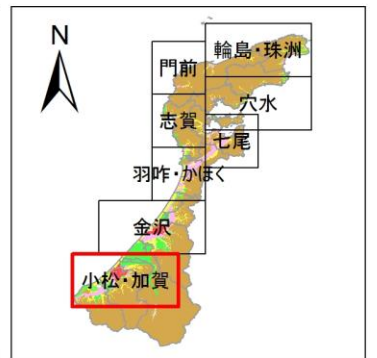
小松・加賀地域

本地域の東南部には能美・江沼丘陵と加越山地が広がっており、その西側には日本海に向かって段丘、海岸平野(潟埋積平野)及び砂丘が分布しています。なお海岸平野内には一段丘が分布する他、北部には手取川により形成された扇状地が位置します。

海岸平野は主に梯川、大聖川沿いに発達する潟埋積平野であり、柴山潟、木場潟はその名残です。この地域の構成地質は締め固まっていない砂層と粘土層であり、地下水位が高いため液状化の可能性がある範囲と想定されます。特に梯川周辺では地下水位が高く砂層が主体であるため、液状化の可能性が大きいと想定されます。

段丘と扇状地は主に締め具合の良い良好な砂礫で構成されているため液状化の可能性は低いですが、手取川扇状地左岸下流域では締め固まっていない砂層が介在するため、液状化の可能性がある範囲と想定されます。





3 章. 液状化 Q&A

1. “地盤の液状化現象”とは？

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震では、液状化被害のことが大きく報道されましたので、映像等によりご覧になった方も多いと思いますが、地盤の液状化現象とは、地震の際に地下水位の高い砂地盤が、振動により液体状になる現象をいいます。国内では、1964 年 6 月 16 日に発生した新潟地震の際に、信濃川河畔や新潟空港などでこのような現象が確認されたことから、知られるようになりました。



東北地方太平洋沖地震による液状化現象(浦安市ディズニールランド駐車場)写真提供: 東京電機大学安田教授



新潟地震による液状化で倒壊した県営アパート(新潟市川岸町)写真提供: 渡邊馨一郎氏

液状化による被害状況については、報道等で見られることがありますが、液状化現象自体を目にする機会は少ないと思います。液状化の典型的な現象として噴砂があります。この現象は地盤中の砂層が液状化すると、砂層に含まれる地下水の圧力が高まるため、地下水とともに砂が地表に噴出する現象です。

2. 液状化現象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 M9.2 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。

液状化現象そのものは当然昔からあり、新潟地震が初めてというわけではありません。考古学、地質学における発掘・試掘現場から、有史時代の液状化現象を示す噴砂跡が続々と報告されています。例えば、石川県内では白山市部入道遺跡において、弥生時代後期(約 1800 年前)の震度 6 クラスの地震により形成したと考えられる噴砂跡が確認され、富山県内では福岡町の開酵大滝遺跡で 1858 年飛越地震による液状化現象と考えられる噴砂跡が確認されています。また有史以前では、形成時代の古い(何百年～何千年前)固結した地層からも、当時の地震による噴砂現象跡と推察される砂の脈(砂岩脈と呼ぶ)が数多く確認されています。



液状化による噴砂の例

写真提供: 新潟大学保坂助教

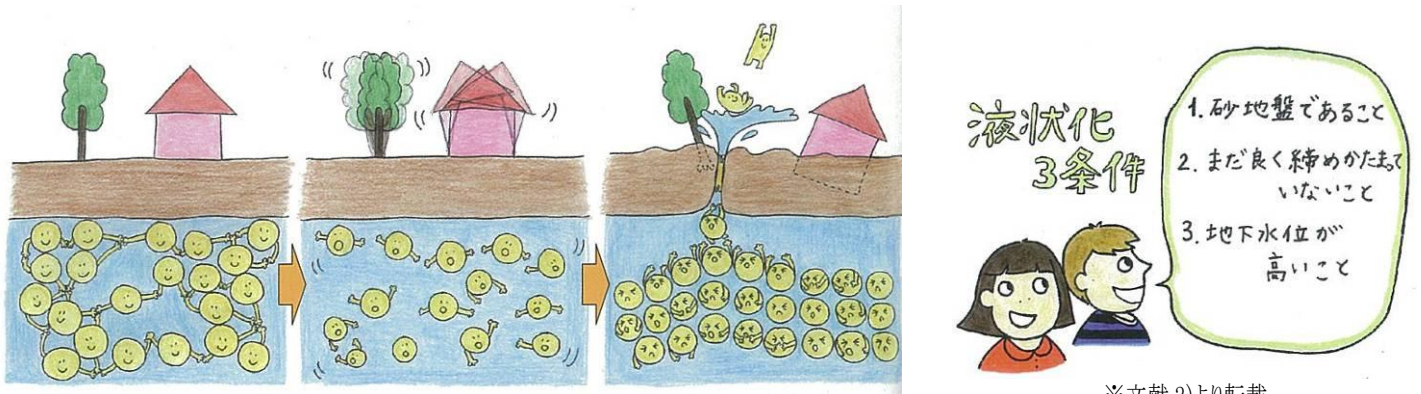


大沢谷内遺跡に現れた噴砂痕

写真提供: 新潟市文化財センター

3. どうして液状化するか？

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。



※文献2)より転載

この3条件がそろった場所で、大きな地震が発生し地盤が激しく揺されると、砂粒どうしのかみあわせ(スクラム)がはずれ、砂粒が地下水の中に浮いた状態になります。これが、地盤が液状化した状態です(上図の中央)。これまで砂粒がかみあうことで支えていた建物や液状化した砂層より上部の土の重みを地下水が支えることになり、圧迫されて水圧が急上昇し、弱いところ(裂け目)を見つけて地上に噴き上がります(上図の右)。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？

液状化しやすい場所・地域は、先に述べた「液状化3条件」がそろっているところです。地形で見ると、山地・丘陵地を構成する岩石が、降雨・河川により浸食・運搬されて堆積した土砂が分布する低地・平野部が液状化判定の対象となります。また土砂は粒子の大きさによって大きく礫・砂・粘土に区分されますが、川の流れの速い場所で堆積した礫と、川の流れの遅い場所で堆積した粘土が分布する低地・平野部の微地形では、基本的に液状化は起こりにくいといえます。

【低地・平野】

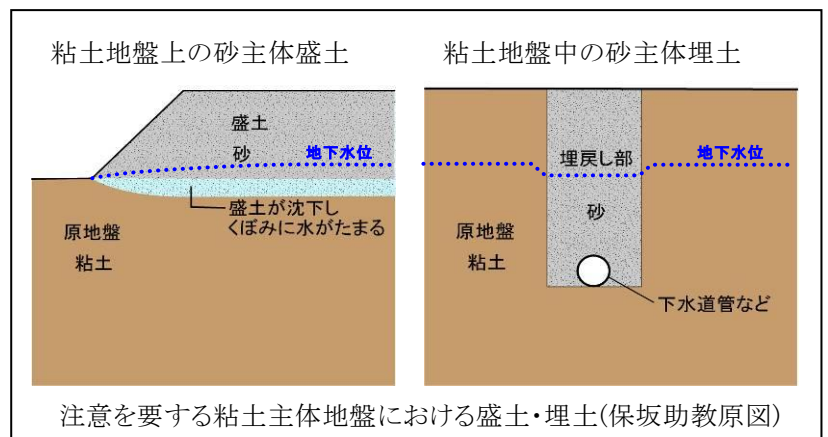
一般に低地・平野部で地震による液状化の発生しやすい微地形は、海岸沿いの埋立地、干拓地、旧河道、旧湖沼、比較的最近の盛土造成地、地下水位の高い砂丘縁辺部、比高が小さく地下水位の高い自然堤防です。ただし、埋立地・干拓地・盛土造成地等の人工地形と旧河道・旧湖沼では、締め固まっていない砂が介在するかどうか、液状化対策がなされているかどうかにより、液状化しやすさが異なってきます。また粘土主体の地盤であっても、盛土や埋め戻し土が砂である場合には、液状化が起こる可能性があるため注意する必要があります。

このほか、砂と粘土が混じった海岸平野、氾濫平野、谷底平野、後背湿地は、砂の割合と締め具合、地下水位によっては液状化がしやすくなります。

なお、扇状地は一般的に礫を多く含む地盤であるため、液状化の可能性は少ない地形です。

【山地・丘陵地】

山地・丘陵地は岩石で構成されていますので、基本的に液状化は発生しません。ただし、東北地方太平洋沖地震では丘陵地でも盛土箇所において液状化による被害が発生しているため、注意する必要があります。山地・丘陵部で起こる災害は、地震・豪雨による岩盤崩壊、崖崩れ、地すべり、土石流、雪崩等で、液状化による被害と異なります。また山地・丘陵地間を流れる河川沿いの高い所(現在の河川より)には、昔の河川の流れで堆積した砂礫からなる段丘地形が分布しますが、砂礫の形成時代が古く(2万年～200万年前)、締め具合は良好で液状化が起こりにくい地盤です。



5. 液状化すると何が困るのか？

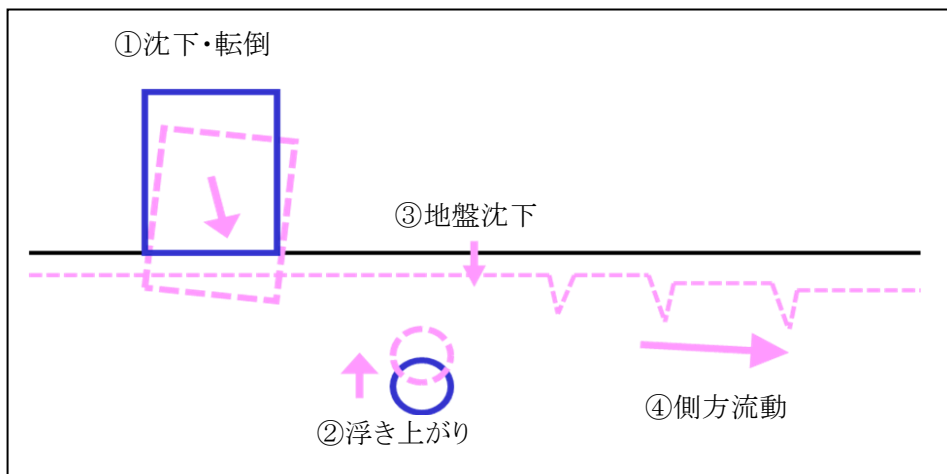
液状化による被害の特徴には、大きく次の4つがあります。

【①沈下・転倒】：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い建物が沈下または転倒します。

【②浮き上がり】：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。

【③地盤沈下】：地盤中の砂が地表に噴き出したことによって、地盤中が空洞化して地表面が沈下します。

【④側方流動】：側方流動には 2 つのタイプがあります。1つは緩傾斜の地表面下で液状化が起こったときに、平になろうとして側方に流動する場合、もう1つは護岸などで見られるもので液状化による地盤からの力で護岸が移動するものです。



液状化による4つの被害パターン概要図(保坂助教原図)



①建物の沈下・転倒



②マンホールの浮き上がり



③歩道部の地盤沈下



④側方流動による護岸の変状

以上写真提供：新潟大学保坂助教

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液状化は発生しません。ただし、東北地方太平洋沖地震による液状化被害から、震度が小さくても地震動の継続時間が長い場合には、液状化に至る可能性があります。

7. 同じところで何回も液状化するのか？

土砂災害の一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が、液状化については、一度地震により液状化した地域において、再度液状化したという報告が国内及びアメリカ、ニュージーランドであります。東北地方太平洋沖地震では、関東地方各地で再液状化が発生しました。また石川県では、1993 年の能登半島沖地震で液状化した珠洲市の鵜飼漁港で、2007 年の能登半島地震により再度液状化が発生しています。

4章. 石川県を襲った地震-過去の液状化被害-

過去に顕著な被害を及ぼした地震は13回あり、そのうち8回の地震で液状化と思われる現象が確認されています。

石川県に被害を及ぼした主な地震一覧表

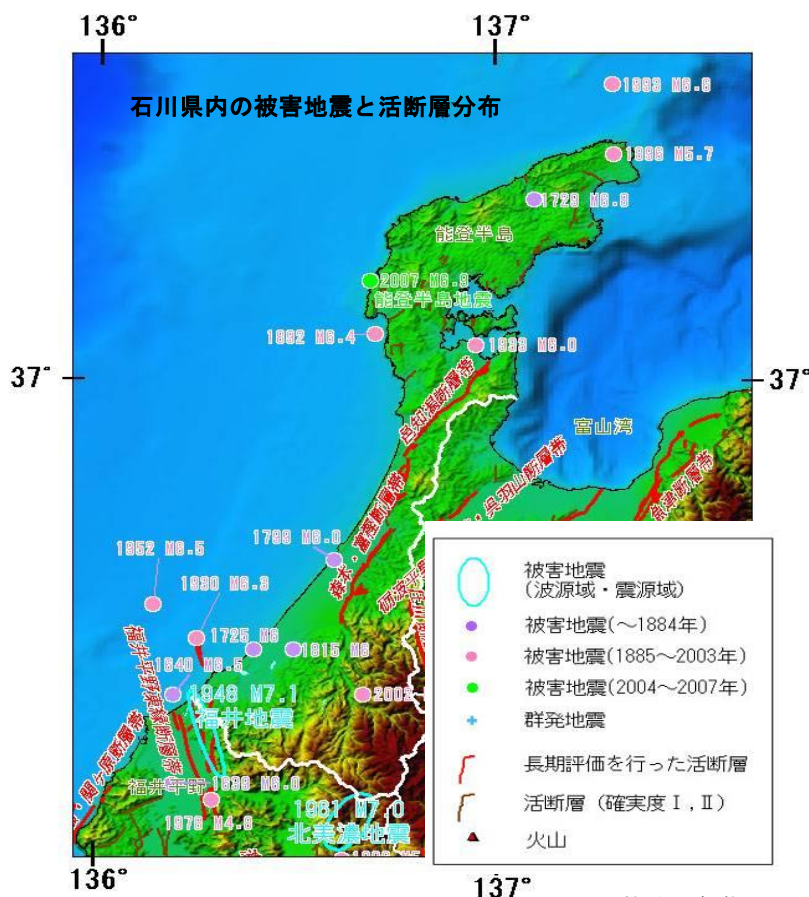
発生西暦	発生和歴	地震の地域(名称)	主な被害	液状化履歴	最大震度
1729年 8月 1日	享保 14年	(能登・佐渡)	珠洲郡、鳳至郡で死者5名、家屋全壊・損壊 791棟、輪島村で家屋全壊 28棟、能登半島先端で被害が大きい。	記録なし	不明
1799年 6月 29日	寛政 11年	(加賀)	金沢城下で家屋全壊 26棟、能美・石川・河北郡で家屋全壊 964棟、死者 21名。	履歴あり	6
1833年 12月 7日	天保 4年	(羽前・羽後・越後・佐渡)	死者 47名	記録なし	不明
1891年 10月 28日	明治 24年	濃尾地震	家屋全壊 25棟	履歴あり	5
1892年 12月 9日	明治 25年	(能登半島)	羽咋郡高浜町・火打谷村で家屋損壊あり。堀松村末吉で死者 11名、負傷者 5名、家屋全壊 2棟。	記録なし	不明
1930年 10月 17日	昭和 5年	(大聖寺付近)	小松町等で噴水	履歴あり	6
1933年 11月 21日	昭和 8年	(能登半島)	死者 3名、負傷者 55名、住宅全壊 2棟	履歴あり	5
1944年 12月 7日	昭和 18年	東南海地震	住宅全壊 3棟	記録なし	4
1948年 6月 28日	昭和 23年	福井地震	死者 41名、負傷者 453名、家屋全壊 802棟	履歴あり	6
1952年 3月 7日	昭和 27年	大聖寺沖地震	死者 7名、負傷者 8名	履歴あり	5
1961年 8月 19日	昭和 36年	北濃尾地震	死者 4名、負傷者 7名	記録なし	4
1993年 2月 7日	平成 5年	能登半島沖地震	負傷者 29名、住宅全半壊 21棟	履歴あり	5
2007年 3月 25日	平成 19年	平成 19年能登半島地震	死者 1名、負傷者 338名、家屋全壊 684棟	履歴あり	6強

※文献 5)をもとに作成

1799年6月29日に発生したM6.0の金沢地震では、現在の金沢市を中心に死者や家屋倒壊等の被害が生じ、金沢市、内灘町で液状化履歴が確認されています。加賀地域では、1891年10月28日に岐阜県で発生したM8.0の濃尾地震及び1930年10月17日に発生した大聖寺沖地震により、金沢市から加賀市の海岸付近で液状化が確認されています。

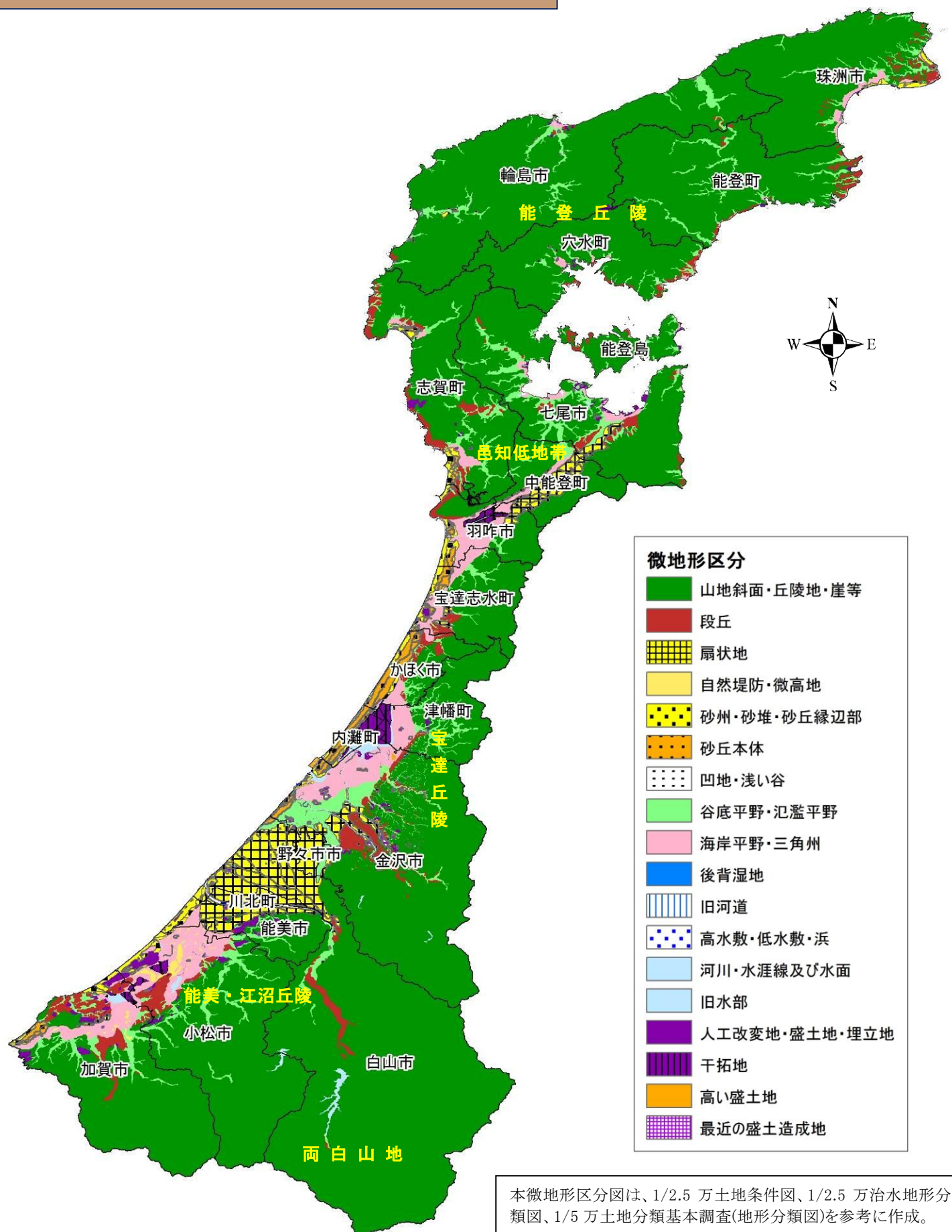
能登半島では、1933年11月17日に七尾市付近で発生したM6.0の地震により、能登島を含む七尾湾沿岸部で液状化が発生し、1993年2月7日のM6.6の能登半島沖地震では、珠洲市の海岸付近で液状化が確認されています。

最近では、2007年3月25日に石川県輪島市西南西沖40kmの日本海で発生したM6.9の能登半島地震により志賀町、輪島市、珠洲市、穴水町、七尾市の主に湾岸埋立地と河川流域の低地部において液状化が起きました。液状化現象として、噴砂による構造物の沈下、マンホールの浮き上がり、地盤の側方流動による建築物の変状が確認されています。



※文献 6)より転載

5 章. 石川県の地形・地質



石川県の微地形区分図

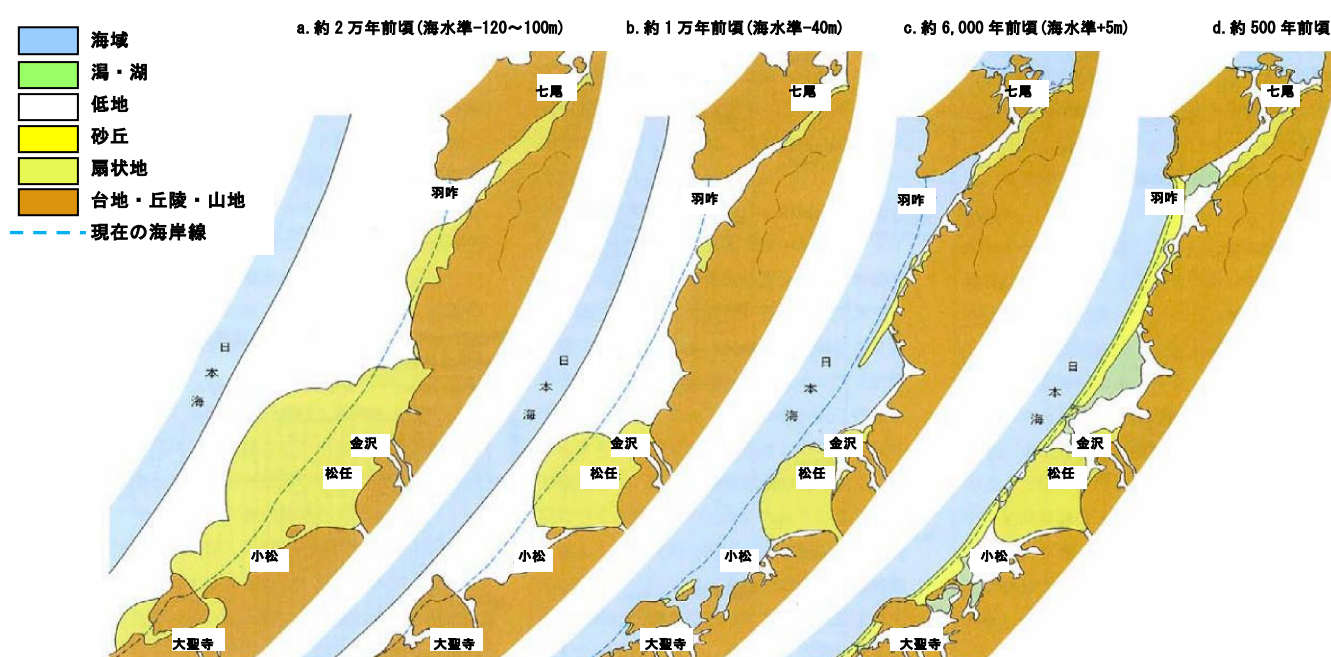
本州中部の日本海側に位置する石川県は、能登半島を含む南北に細長い地域であり、地形的特徴から北・中部区域、南部区域及び加賀低地区域に区分されます。

北・中部区域は、能登丘陵からなる北部区域、宝達丘陵からなる中部区域及びその間に挟まれる邑知低地帯に区分されています。能登半島全体としては、約 250～2,300 万年前(新第三紀)に形成された堆積岩と火山岩からなる山地・丘陵地が大部分を占め、海岸沿いに点在する約 1 万年～250 万年前(第四紀更新世)の段丘地形と 1 万年前以降(第四紀完新世)に形成した河川沿いの小規模な低地で特徴づけられます。山地・丘陵地及び段丘地形は、新規の盛土造成地箇所以外は、液状化がしにくい地形です。低地部には礫・砂・粘土からなる谷底平野・氾濫平野と砂・粘土からなる三角州・海岸平野が分布し、比較的幅の広い低地部では砂層の介在により液状化の可能性があります。

中部区域には宝達丘陵が分布し、その西側には三角州・海岸平野と日本海沿いに連続する砂丘が分布します。三角州・海岸平野は、砂層の介在により液状化の可能性があります。また砂丘部では、地下水位の高い砂丘縁辺部で、液状化の可能性があります。邑知低地帯は微地形上二つに区分され、北東部は小河川による砂礫主体の扇状地が分布し、南西部は砂・粘土からなる三角州・海岸平野が分布します。このうち砂層を介在する三角州・海岸平野と低標高部の扇状地において、液状化の可能性があります。

南部区域は、金沢以南の小松市～加賀市にかけての区域です。東部は新第三紀以前に形成された硬質な堆積岩と火山岩からなる両白山地、新第三紀の砂岩・泥岩と第四紀更新世の砂礫からなる能美・江沼丘陵が広く分布し、いずれも液状化しにくい地形です。西部は海岸沿いに砂丘と段丘が分布し、それらと丘陵地の間に砂・粘土からなる三角州・海岸平野が分布します。このうち砂丘縁辺部と三角州・海岸平野は液状化の可能性がある地形です。なお、三角州・海岸平野は潟埋積性平野であり、約 6,000 年前の縄文海進時に海が現在の内陸部まで侵入し、その後砂丘の発達で塞がれてできた潟湖が埋められてできたもので、潟湖として加賀三湖(今江潟・木場潟・柴山潟)が存在していましたが、近年の干拓によって水域は狭められています。

加賀低地区域は、扇状地(手取川扇状地)、三角州・海岸平野と一部の台地及び日本海沿いの砂丘(内灘砂丘)からなり、東側には両白山地が分布します。手取川扇状地は鶴来付近を扇頂とする典型的な扇状地で、主に砂礫で構成されています。犀川・浅野川上流域には台地が発達し、新第三紀～第四紀更新世の砂岩・泥岩または砂礫で構成されています。扇状地・段丘地形・砂丘本体は液状化しにくい地形ですが、砂丘縁辺部は地下水位が高く、液状化の可能性があります。犀川・浅野川下流域の低地地形は砂と粘土からなる三角州・海岸平野ですが、海岸付近は潟埋積平野であり、潟湖として河北潟が残っています。三角州・海岸平野は砂層を介在し地下水位が高いため液状化の可能性があります、河北潟干拓地は主に粘土で構成され、液状化の可能性は低いといえます(以上の説明文は、文献 7)・文献 8)を参考)。



加賀平野(七尾以南)の古地理の変遷

※文献 9)より転載

《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、1m 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。

◆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。



標準貫入試験(上)とドライブハンマー(右)
※文献 2)より転載



◆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、もっとも基本的な資料です。

◆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。

◆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つ盛土がなされます。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)、盛ったり(盛土)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。新潟県中越地震でも盛土の災害が際立ち、「盛土は地震に弱い」ということを見せつけました。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

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、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もありますが、石川県の扇状地斜面の勾配は比較的急であり、概ね緩扇状地に相当するものは認められません。なお、扇状地は砂礫からなり地盤としては一般に良好です。

◆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)が多くなり、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。



氾濫平野の微地形区分図(模式図)

※文献2)より転載

◆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になります。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といわれています。

◆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。これに対して、等高線が入っている測量に基づいた地図を地形図といい、古い時代のものは、旧版地図・旧版地形図と呼ばれています。旧版地形図のリストは、国土地理院のホームページで公開されており、誰でも謄本(コピー)を購入することができます。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・経度が入れていることで、GIS 上で地図を重ね合わせて比べることが可能になります。

◆谷底(こくてい)平野・氾濫(はんらん)平野

幅 1~2 km の細長い谷を埋めてできた谷間の平地のことを谷底平野といいます。しかし、臨海部の沖積平野の多くはおぼれ谷を埋めて形成されたものであるため、広い意味で谷底平野ということができます。台地に多数の谷が刻まれた形の関東平野は、谷底平野という表現がぴったりです。一方、氾濫平野は、洪水・氾濫が及ぶ範囲に形成された平野でやや広い意味を持ちます。両者はともに河川の氾濫堆積物(泥や砂)からなり、特徴は共通しています。

◆海岸平野と三角州

海面の低下によって陸地となったところを海岸平野といいます。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。なお、石川県では、典型的な三角州は見受けられないようです。

◆砂堆(さたい)・州(す)

水面上に表れた砂の高まりのことをいい、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ます。砂州の上に風成の砂が堆積したものが砂丘です。

◆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、石川県の内灘砂丘が海岸砂丘に相当します。砂丘の発達は、しばしばその内側に潟をつくり、それが平野の形成につながってきます。なお砂丘本体は、標高が高く地下水位も低いので、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、周縁部では水位が高く、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、新潟地震や新潟県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、液状化危険度を想定しています。

◆潟・潟湖(せきこ)

湾が砂州・砂丘によって海から隔てられ、湖沼化した地形を潟もしくは潟湖といいます。またその後、潟湖が河川等により運ばれてきた土砂により埋め立てられた平野を潟埋積平野と呼んでいます。石川県の河北潟、柴山潟は潟湖の名残です。

◆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、段丘面とほぼ同じ意味です。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。全体的には低地・平野に比べて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。

◆震度とマグニチュード

この二つは混同されがちです。震度は地震による揺れの強さの程度を示し、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、震度計による計測値から求められ震度0から7まで10段階（気象庁震度階級）に区分されます。1996年までは、気象台の職員が、人の感じる揺れや被害などから判定していましたが、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、震度と被害程度が実態と合わなくなり、計測震度に切り替えられました。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1,000倍になります。

◆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ると耐えきれなくなって破壊しますが、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、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。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。

◆地震と防災

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暮らす限り、一生のうちに何度か地震に遭遇するはずです。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、一人ひとりの災害に対する備え（自助）、過去の災害事例に学んですみやかに避難すること、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。

◆防災教育

「災害は忘れたころにやってくる」という、物理学者の寺田寅彦が語ったとされる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、昔は沼地であったところを埋め立てたり、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す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す。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」のこと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ことや、その土地の成り立ちを学び地盤特性を知ることは、もう一つの防災教育としてとても大切なことです。

《引用・参考文献等》

- 1)土木学会(2007):「平成 19 年(2007 年)能登半島地震-地盤液状化-」2007 年能登半島地震災害調査速報会
- 2)国土交通省北陸地方整備局企画部・地盤工学会北陸支部(2012):新潟県内液状化しやすさマップ
- 3)金哲鎬・松下克也・岡野泰三・安達俊夫・藤井衛(2009):スウェーデン式サウンディング試験孔を利用した有孔パイプによる地下水水位測定、日本建築学会大会(東北)学術講演会ポスターセッション、講演番号 20318
- 4)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
- 5)宇佐美龍夫(2003):最新版日本被害地震総覧[416]-2001、東京大学出版会
- 6)地震調査研究推進本部ホームページ:全国地震動予測地図、石川県
- 7)粕野義夫(1993):新版・石川県地質誌、石川県・北陸地質研究所
- 8)経済企画庁総合開発局(1974):縮尺 20 万分の 1 土地分類図付属資料(石川県)
- 9)アーバンクボタ(1992):北陸の丘陵と平野、アーバンクボタ No.31、株式会社クボタ

※本パンフレットの第 3 章は、文献 2)の第 3 章を参考に改稿したものあり、また《一口知識》は、文献 2)の《一口知識》から項目を選び、一部加筆して転載したものです。

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

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 25000(地図画像)及び数値地図 25000(土地条件)を使用しています(承認番号 平 25 情使 第 80 号)。また、地図の一部は石川県発行の 5 万分の 1 土地分類基本調査(地形分類図)、宝立山・能登飯田・珠洲岬・輪島、宇出津、穴水・富来・剣地、七尾・小口瀬戸・蛇ガ島、氷見、津幡、小松、鶴来、大聖寺・永平寺・三国、白峰・白川村、越前勝山・白山、昭和 57 年～平成 8 年を参考としています。