

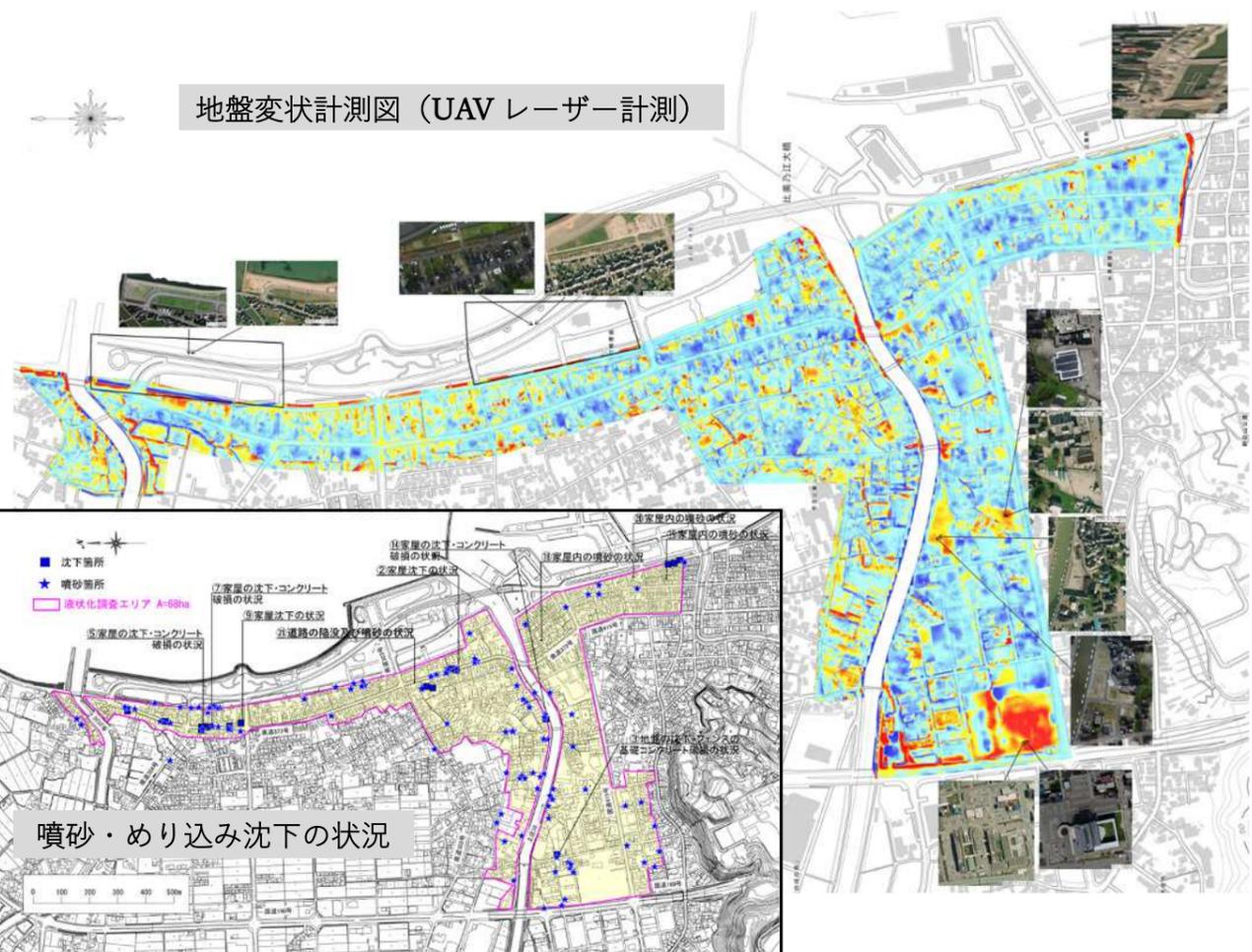
# 氷見市液状化対策について（解説版）

## 1. 被害状況

令和6年1月1日に発生した地震により、氷見市街地では、家屋の倒壊、液状化が発生した。北の間島より、南の比美町、上庄川沿岸の加納町の区域を液状化調査エリアとして現地踏査した。調査の結果、一般家屋の他、道路・上下水道等の社会インフラに多数の被害があった。

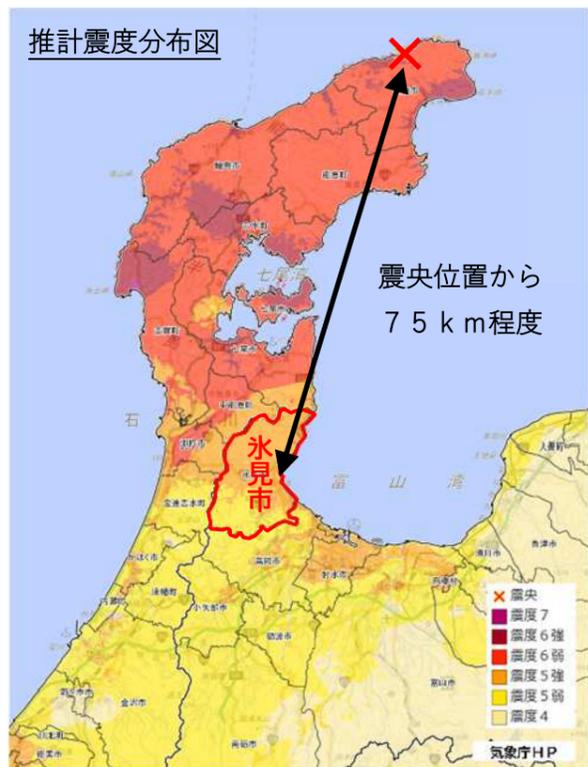


国土地理院における基盤地図情報(数値標高モデル5mメッシュ 国土地理院)と UAV レーザ計測(令和6年7月11~12日計測)結果を比較した結果、液状化調査エリアでは最大30cm程度の沈下が確認された。また、噴砂・めり込み沈下についても確認できた。



## 2. 地震規模について（地震動の設定）

地震の状況として、氷見市において観測された震度は5強であった。



**令和6年能登半島地震**  
 ・発生日時：2024年（R6）1月1日16時頃  
 ・マグニチュード：7.6  
 ・最大震度：5強  
 ・震央位置：北緯37度29.7分、東経137度16.2分  
 ・震源深さ：16km

近隣自治体における液状化の検討では、羽咋市 250gal、高岡市 220gal、射水市 220gal、富山市 200gal の加速度が設定されている。近隣自治体における液状化の検討に用いる最大加速度の設定値も踏まえ、氷見市の液状化検討に用いる最大加速度を設定した。

観測所近傍における地震による変状を考慮して、最大加速度は南北方向、東西方向ともに 260gal 程度であることから、液状化検討に用いる加速度は 260gal とした。

### 【地震動の大きさ】

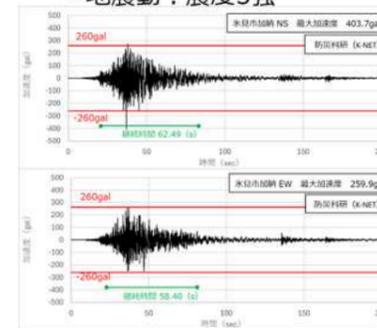
今次災害及び地域防災計画に定める地震動を考慮すると、氷見市のタイプ別の想定地震動は下記のとおりである。

タイプ	想定地震動の規模	加速度	マグニチュード	※加速度（参考値）		
				羽咋市	高岡市	富山市
タイプ1	最低限の地震動 宅地液状化被害判定指針に示す想定地震動	200gal	M7.5	-	-	-
タイプ2	今次災害を考慮した地震動 令和6年能登半島地震による氷見市における地震動	260gal	M7.6	250gal (暫定)	220gal	200gal
タイプ3	地域防災計画に定める地震動 今後想定される直下型地震による大きな地震動（邑知型断層帯）	1220gal ～	M7.6	-	-	-

### 【令和6年能登半島地震（今次災害）での観測地震動】

【誘因】

・地震動：震度5強



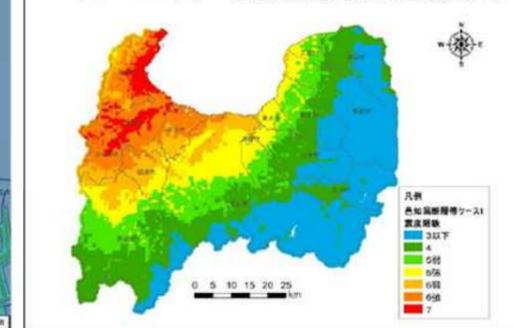
加速度波形（K-NET）



観測所位置図（気象庁\_氷見市加納）  
震度5強、計測震度5.3（気象庁）

### 【地域防災計画に定める地震動】

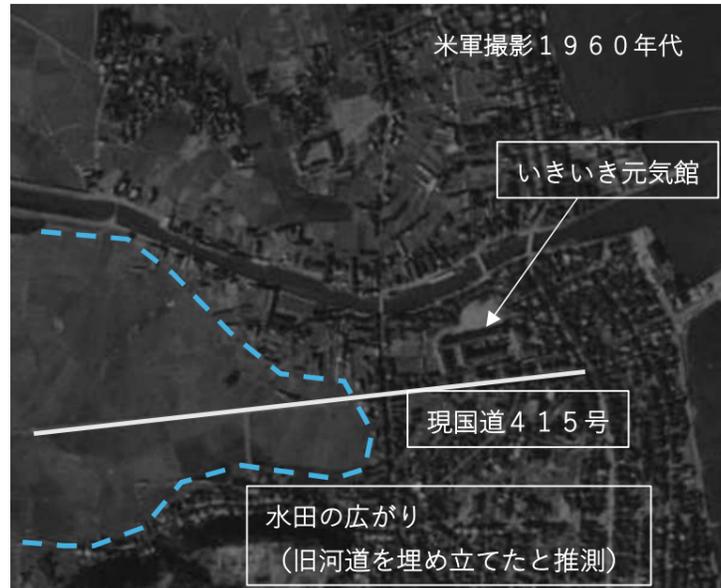
（ケース1） 邑知湯断層帯の想定震度分布



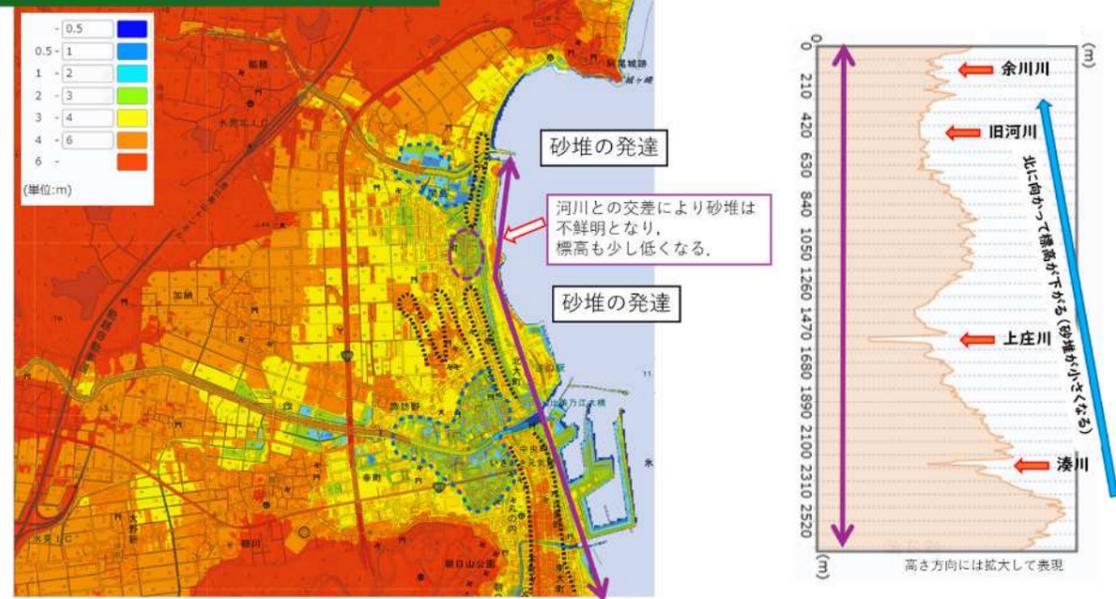
※出典：氷見市地域防災計画 第1編 総則  
第6章 県内の活断層と地震計画（令和5年5月）

### 3. 地形の変遷

下図より、氷見市市街地の沿岸部の地域は、海岸付近の海流が時計回りに流れていることから、南側から北に向かって砂堆が発達している。砂堆が発達することで余川川及び上庄川河口部では、河川が流下阻害をおこすため、砂堆手前で排水不良の地域が広がっている（青破線で囲んだ部分）。栄町と北大町の間には、砂堆の発達が弱まった場所がある（紫破線の囲い）。この地域は、旧余川川が海に流れ込んでいた場所に該当する（古い航空写真でも確認）。



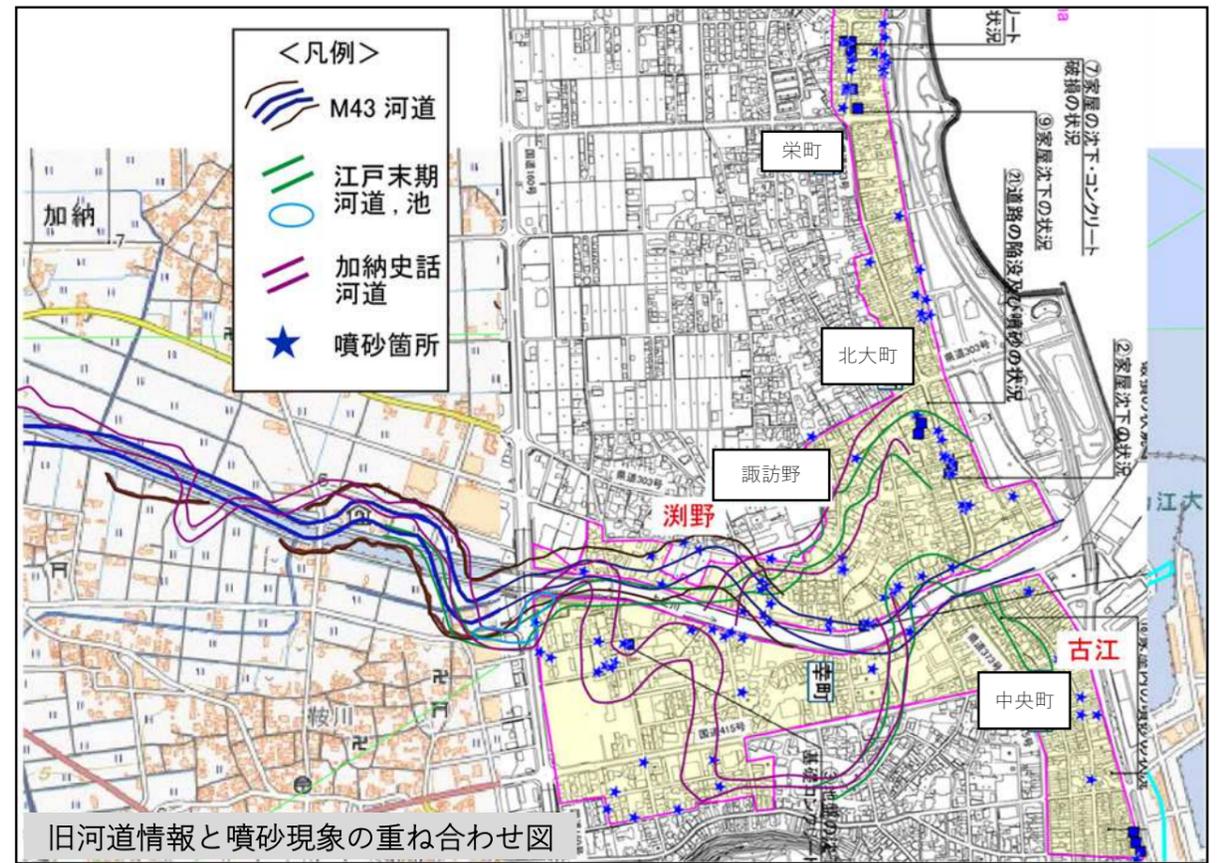
#### 地表面高から見る地盤構成の特徴



1960年代に米軍が撮影した空中写真、昭和47年(1972)の地形図、及び明治43年測量図(昭和9年に修正:5万分の1)を収集。さらに、氷見市博物館所有の江戸時代の絵地図など、三つの時代の地形情報及び加納史話から読み取った旧河道の分布を重ね合わせて旧河道の位置を推測した。明治43年の地形では、上庄川がかなり蛇行している様子が判る。

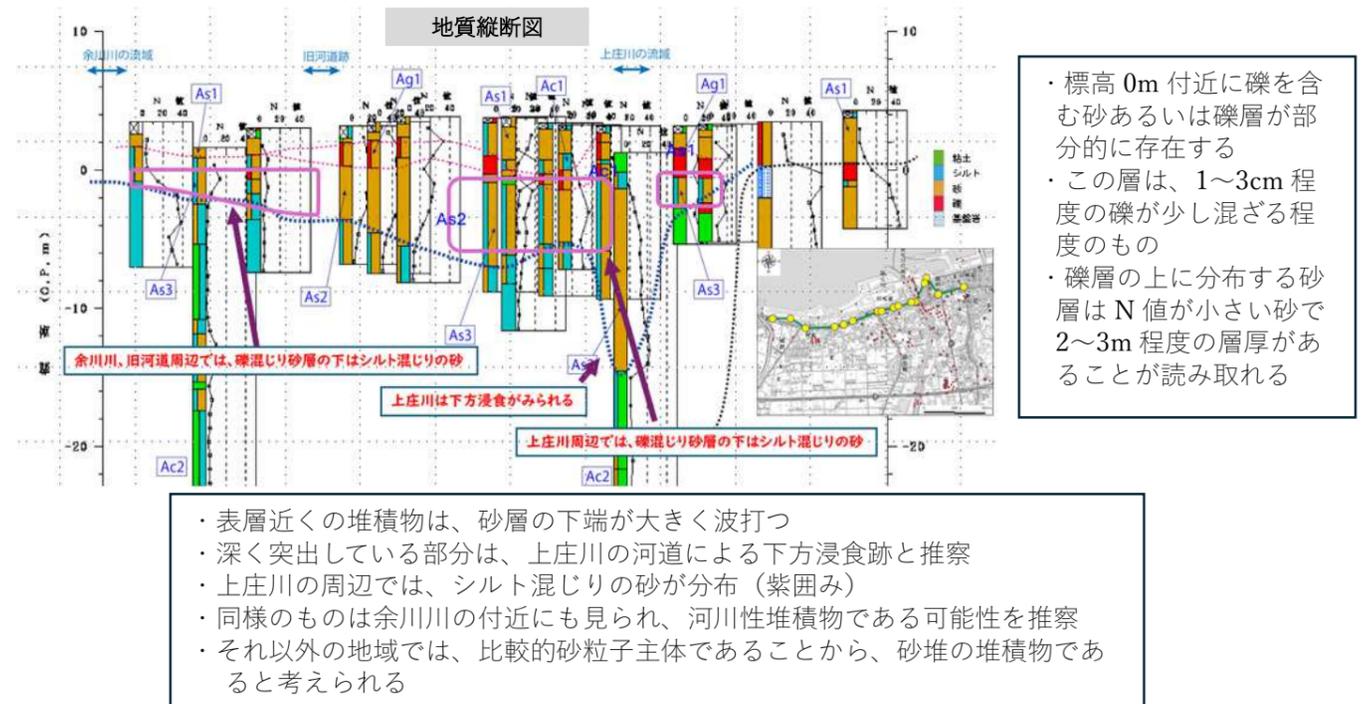
これらの旧河道情報と能登半島地震時に噴砂現象が確認された場所の情報を重ね合わせた。これにより、現在の上庄川だけでなく、旧河道に沿って噴砂が確認されている場所が多くあることが確認できる。

また、古地図に示される地名には、「湊野」「古江」など、入江や川岸を示す地名が存在する。



### 4. 地層 (ボーリング) 特性

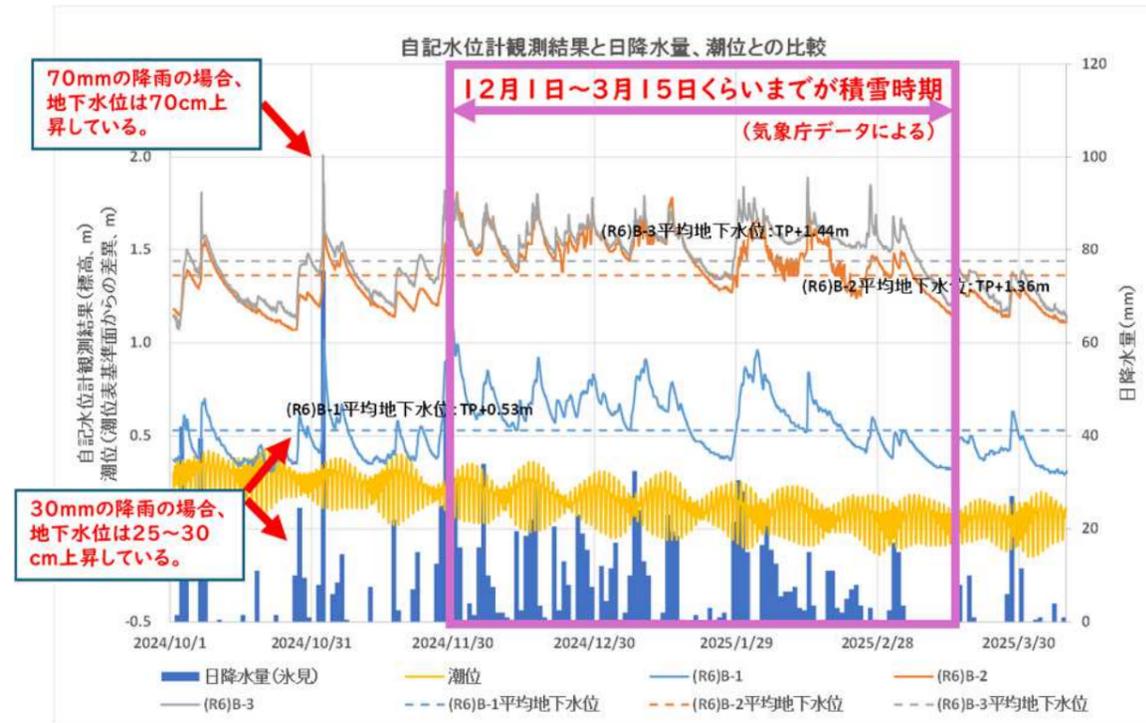
既存の調査結果を含め、当該区域における地質調査結果のある位置を整理した。被災後実施したボーリング調査含めて96本のボーリングデータから84本の資料を用いて液状化危険度判定の対象とした。



## 5. 地下水の状況（海水影響含む）

地震後に設置した観測井（3箇所）による水位観測結果と降雨量の関係を整理した。いずれの観測井も降雨に敏感反応し水位が上昇している。12月1日～3月15日までの期間は積雪時期であり、地下水位はこの時期にやや高くなる傾向が読み取れる。

地震前日（30mm）と同等の降雨のあった2024年9月22日では、29mm、約30mmの降雨を記録。この時の地下水位は25～30cm上昇している。また、2024年11月2日に75.5mmの降雨が記録されており、この時には、地下水位は70cm程度上昇。当該箇所では、降雨により敏感に地下水位が変化することが判る。



既存ボーリング柱状図に示された孔内水位を標高値に変換した分布図より、下図に示すような分布が読み取れる。

ただし、調査時期前後の降雨量が異なること、孔内水位測定の実誤差、及び調査後の地形改変等により、地下水位は現状とは大きく異なることも考えられる。



### 地下水分布の特徴

- 河川沿いで標高が低くなる
- 旧海岸付近で低くなる（ほぼ標高0m近く）
- 上庄川と余川の間は少し高くなる
- 陸側から海側に向かって緩やかに低くなる

当該地域の地下水の海水影響について調査した。調査の結果から、旧海岸護岸の西側では、海水の影響をほとんど受けていないことが確認できた。

調査位置 B1：比美乃江公園内（間島）、 B2：比美町地先、 B3：芸術文化会館駐車場

### 地下水位への海からの供給について（塩分濃度測定）

海岸での測定（海水1,海水2）及びR6 B-1、B-2、B-3のボーリング観測井を活用し、塩分濃度を測定（測定日2025年5月）。B2、B3は、ほとんど海水の影響を受けていないと想定される。

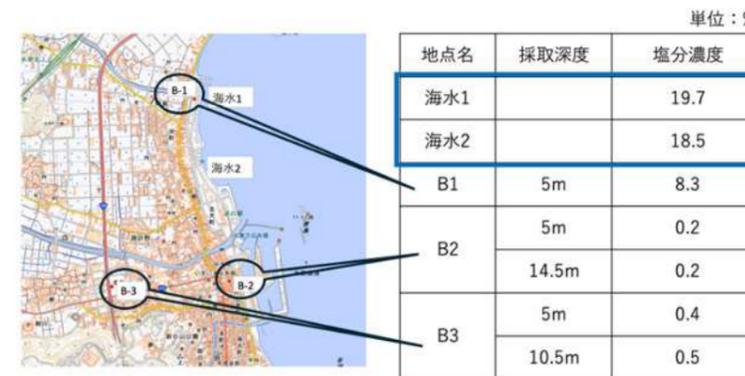


図3.1 小形水中ポンプ



図3.2 フィールドポータブルpH・ORP・電気伝導率計

## 6. 液状化判定方法及び結果

液状化の発生は、地盤内の地下水圧が上昇し噴砂が生じるばかりでなく、右図のように建物を支える地盤の力（支持力）が低下することで、建物や電柱のような重い構造物は沈下・傾斜し、噴砂の他、軽いマンホールや下水管のような地中構造物は浮き上がる等、様々な被害が生じる。

地盤の液状化判定は「市街地液状化対策推進ガイドンス」（国土交通省）に基づき実施した。

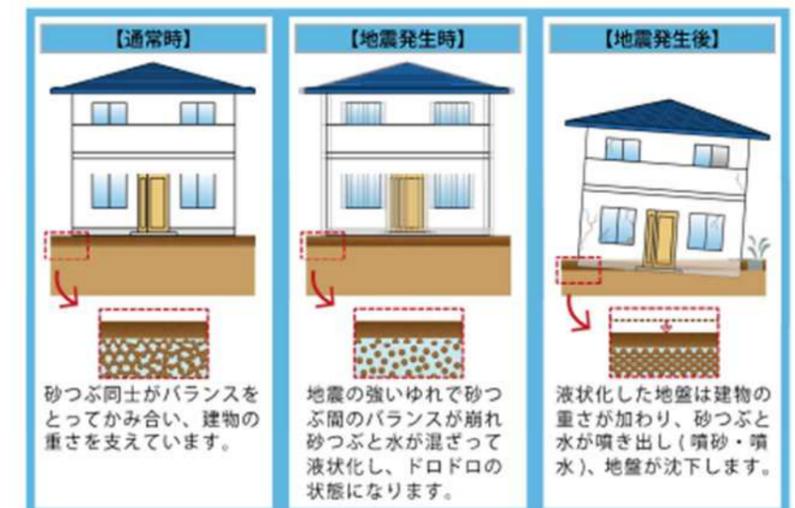
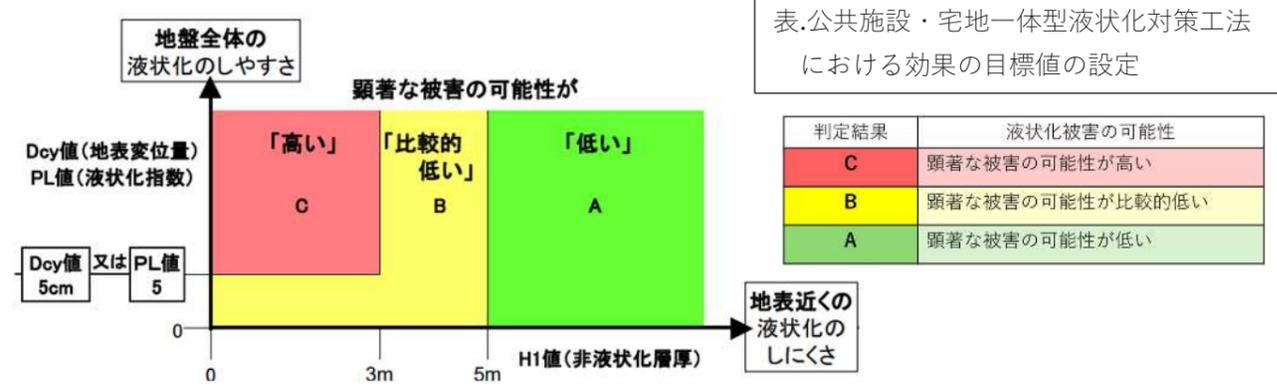


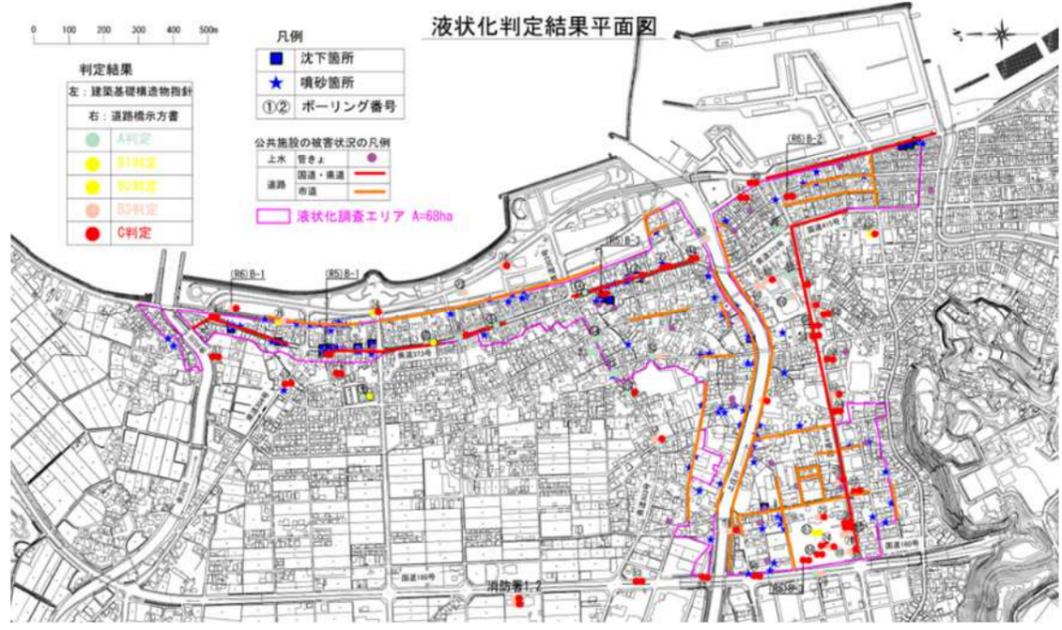
図.液状化の発生模式図

「市街地液状化対策推進ガイドンス」（国土交通省）によれば、『宅地の液状化被害可能性の判定手法として、FL 値を基に算定される非液状化層の層厚（H1）と地表変位量（Dcy 値）、又は液状化指標値（PL 値）から液状化被害の可能性を判定することができる。』

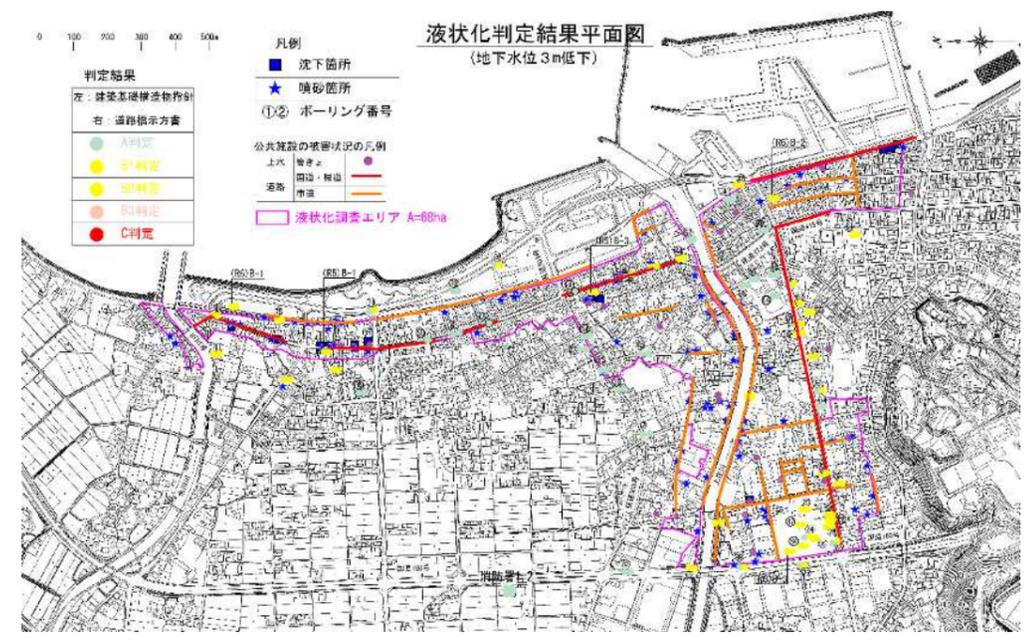
<b>FL</b> （液状化安全率）	層の液状化に対する安全率を示す指標。「層の液状化に対する強さ」と「地震によって地盤に伝わる強さ」の比。FL値が1.0以下の場合、液状化の可能性がある」と判断される。
<b>H1</b> （非液状化層厚）	地表面から液状化しない条件を満足する連続した層厚。地表面から地下水位面より浅い部分の層厚、または粘性土層の層厚を示す。
<b>Dcy</b> （地表面変位量）	液状化現象によって地盤がどれだけ変形するかを評価するための指標。
<b>PL</b> （液状化指標値）	その地点の液状化のしやすさを数値で表した指標。値が小さいと液状化発生の可能性が小さく、大きいと液状化の危険性が高くなる。



この結果から上の判定図より、「A：顕著な被害の可能性が低い」、「B：顕著な被害の可能性が比較的低い」、「C：顕著な被害の可能性が高い⇒噴砂やめり込み沈下」の3ランクで判定する。』とあり、これに準じて、当該地域の既存ボーリングデータを用いて判定した。判定の結果については、下図に示すとおりである。



地下水位を3m低下させることにより液状化を防止することを想定した場合、対策効果が得られるかについて検証した。判定結果については、下図に示すとおりである。



検証の結果、全ての箇所においてA～B3以下の判定が得られ、液状化の危険度が低下する結果が得られた。

＜被害認定フロー（液状化等の地盤被害による被害）＞



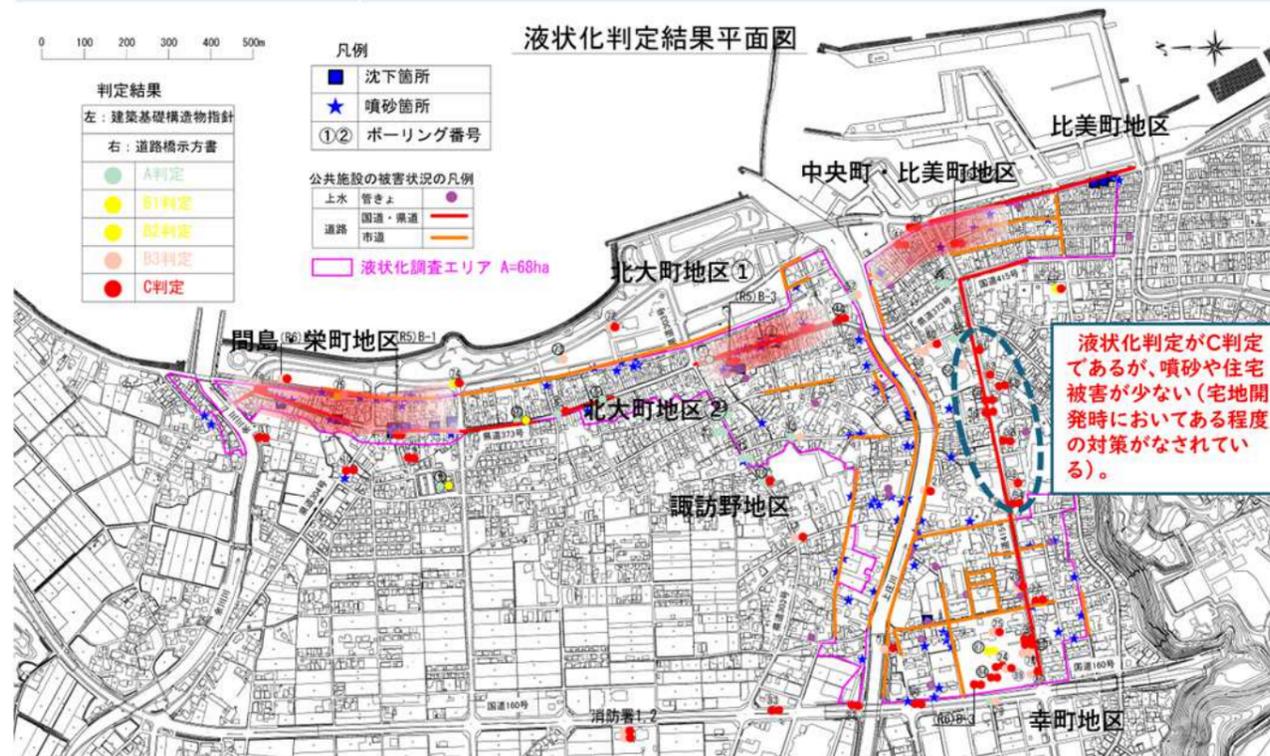
また、内閣府においては、めり込み沈下など液状化等の地盤被害による被害に対して、左図の流れで、被害認定することとしている。

※「めり込み沈下」とは地震によって地盤が液状化し、その上に乗っている建物や構造物が沈み込む現象のこと

## 7. 対象範囲の設定

液状化危険度判定の結果、噴砂等の液状化現象の状況を勘案して、対策範囲を選定した。具体的には、下表の考慮内容を反映させた結果、下図のとおり選定した。

対策区域設定項目	設定に対する考慮内容
(1)液状化被害のある範囲	噴砂、ひび割れ、めり込み沈下、建物傾斜、公共施設被害など、液状化被害があった範囲
(2)再液状化する危険度の高い範囲	国総研シートによる再液状化（危険度判定C）する範囲
(3)対策工施工可能範囲	地下水位低下工法が可能な道路（ドレーン管）が設置できる範囲
(4)「公共施設と隣接宅地等との一体的な液状化対策」の効果が十分に発揮されること	①当該宅地の液状化により、公共施設（道路、公園、下水道、河川、水路、その他公共の用に供する施設をいう。）に被害が発生するおそれのあるもの ②変動予測調査等により、液状化による顕著な被害の可能性が高いと判定された3,000㎡以上の一団の土地の区域であり、かつ、区域内の家屋が10戸以上であるもの ③公共施設と宅地との一体的な液状化対策が行われていると認められるもの



<検討結果>

地区名	選定	理由
間島・栄町	○	・上記(1)～(4)の項目を満たす。
北大町①	○	・上記(1)～(4)の項目を満たす。
北大町②	○	・太古の余川川氾濫による土砂混入により、被害が限定的。道路被害も小規模で、液状化判定も「A」「B」。
中央町・比美町	○	・上記(1)～(4)の項目を満たす。電柱傾斜被害あり。
中央町		・噴砂小、道路被害が小規模。判定も「B」。
比美町(湊川河口付近)		・過去の大火復興の区画整理時の整地により、被害が限定的。 ・対策を施しても一体的な効果が得られない。
幸町		・過去の旧河道埋設土砂により、「C」判定であっても被害が少ない箇所や被害があっても点在し、また限定的となっており、対策を施しても一体的な効果が得られない。 ・住家10戸を満たさない範囲もある。 ・R415歩道被害は埋設管設置時による埋戻土砂が影響と推測。
諏訪野、北大町(上庄川左岸)		・過去の旧河道埋設土砂により、被害が点在し、また限定的。対策を施しても一体的な効果が得られない。 ・旧河道埋設後、すぐに宅地化した形跡があり、道路形態が非常に狭隘でドレーン管が効果的に配置できない。

## 8. 工法の選定

液状化対策工法の代表的なものから、東日本大震災以来実績のあった工法を選定し整理した。「公共施設の復旧と一体的な液状化対策」として実績が多く、効果の期待できる有効な対策工法として、住民への工事費負担の軽減が可能な地下水位低下工法（ドレーン工法）を選定した。

	地下水位低下工法 (ドレーン管)	格子状地中壁工法
略図		
計画概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水位を強制的に下げ、非液状化層をつくる</li> <li>立坑を複数掘り、立坑同士を道路下に設ける水平なドレーン管で連結する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>家屋の周囲に円筒形の改良体を造成し、地中壁を形成して、地盤のせん断抵抗を増強する</li> </ul>
長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>道路部だけの施工で、宅地部分の費用が少ない</li> <li>民有地購入の必要がない</li> <li>液状化対策としての採用例が多い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>対地震、対液状化の効果が確実かつ長く続く</li> <li>維持管理費がかからない</li> </ul>
短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>道路部に施工するため、場合によっては上下水道の付替が必要</li> <li>地盤沈下を引き起こすおそれがある</li> <li>施工中の立坑位置周辺は、交通を規制する必要がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>狭所では施工が困難</li> <li>上下水道の付替が必要</li> <li>工事費が高い</li> <li>壁を共有している連棟家屋においては、格子間隔が広くなり改良効果が落ちる</li> <li>液状化対策としての採用例は、千葉県浦安市の1例しかない</li> <li>施工中は隣接する道路交通を規制する必要がある</li> <li>講師の途中で切った土地（例えば宅地1.5件分土地）を売買する際に問題が生じる</li> </ul>
	○ 公共施設と住宅の一体的な液状化対策工法として実例が多く、対策効果が確認されている。	× 公共施設と住宅の一体的な液状化対策工法として実例が少なく、氷見市に適用を想定した場合、隣接家屋との間隔が少なく施工が困難である。

液状化対策工法には様々な種類があり、それぞれに実績がある。主な工法としては、上表にあるように、地下水を下げる排水工法、地盤を改良する締め固め工法が挙げられる。

今回の「公共施設の復旧と一体的な液状化対策」としては、道路等に被害があった区域の道路下に排水管を設け、地下水を下げることで、沿道の宅地の地下水も下げ、道路と宅地の一体的な液状化対策を行うものである。

### <地下水位低下工法>



出典：「市街地液状化対策推進ガイドンス」(国土交通省)より

### <地下水位低下工法における課題>

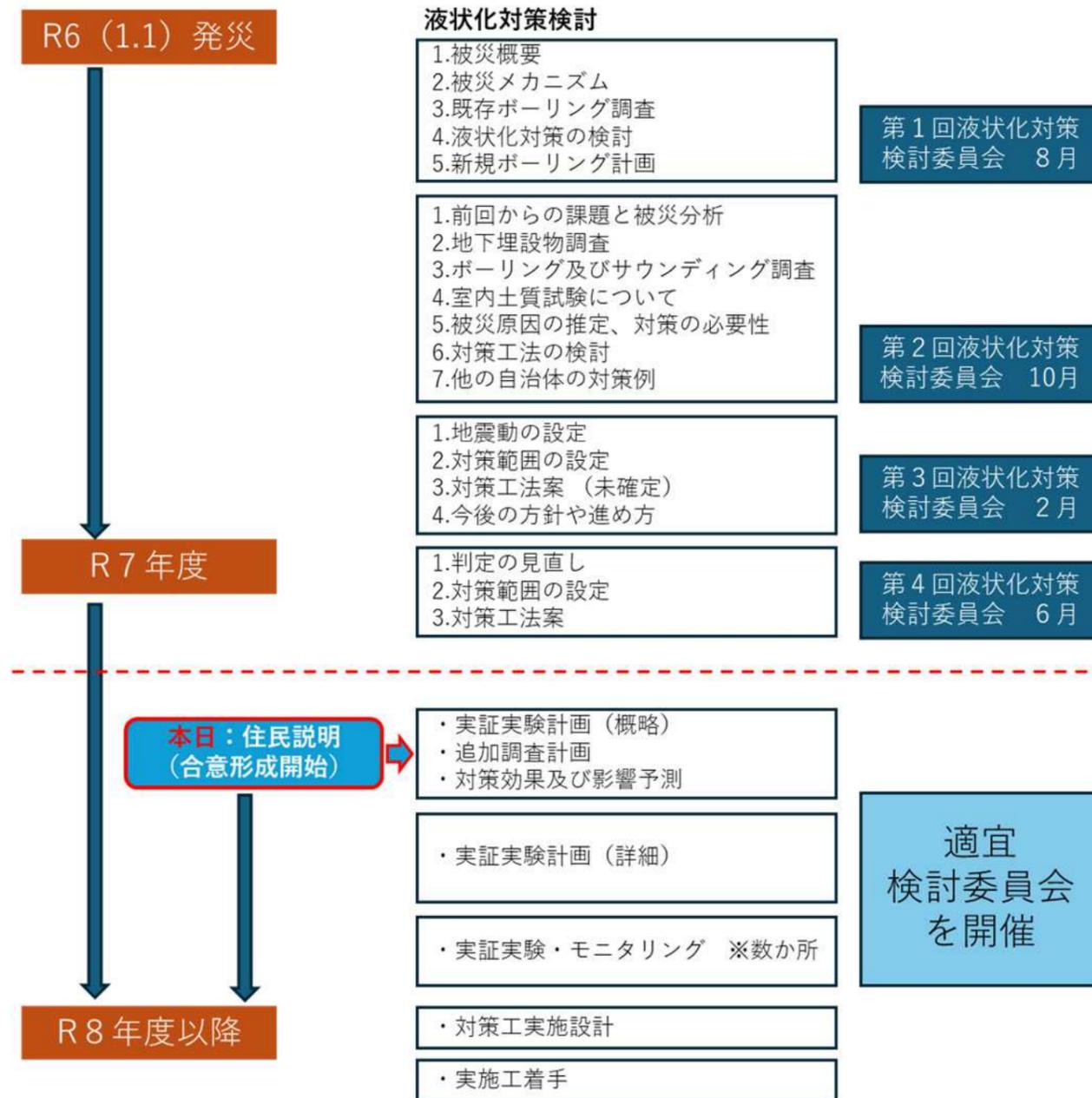
地区全体の排水計画の見直しを伴い、一般的には既存の排水施設とは別系統の排水施設（道路内の函渠施設等）、地下水位を一定に保つためのポンプ施設、及び他地区からの地下水遮断のための止水壁等が必要。

また、粘性土層が厚く堆積している地区においては、長時間にわたる圧密沈下の発生が懸念。

## 9. 今後の流れ

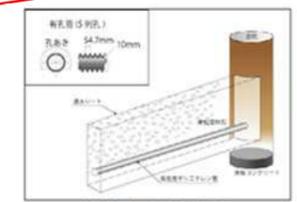
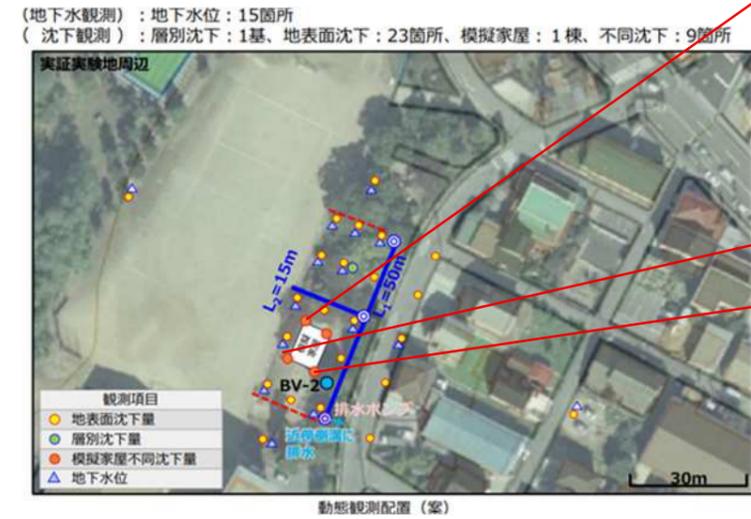
氷見市ではこれまで、学識者による検討委員会を4回開催し、様々な方向から液状化被害の確認、被害原因、対策の方向性等について検討。

これらを踏まえ、今後は、下図のように進めていく予定である。



## 10. 実証実験の内容

地下水位低下工法の**対策効果と周辺への影響を確認するための実験は重要**である。実証実験の規模、場所等については、今後検討する予定。参考に、本年5月に見学会が実施された金沢市の実証実験の計画を示す。



出典：国土省ガイダンスより

### <断面イメージ>

氷見市においては、道路下に排水管（ドレーン管）を埋設することを前提に検討。

