

## 能登半島の地質・地殻変動と地盤液状化の関係

(代表)	青井 裕介	(金沢大学 理工学域 自然システム学類 地球学コース 3年)
	木川 雅仁	(金沢大学 理工学域 自然システム学類 地球学コース 3年)
	衣川 修平	(金沢大学 理工学域 自然システム学類 地球学コース 3年)
	中村 圭吾	(金沢大学 理工学域 自然システム学類 地球学コース 3年)
	堀野 一樹	(金沢大学 理工学域 自然システム学類 地球学コース 3年)
	三尾 俊平	(金沢大学 理工学域 自然システム学類 地球学コース 3年)
	水田 直生	(金沢大学 理工学域 自然システム学類 地球学コース 3年)

### 指導教員

神谷 隆宏	(金沢大学 理工研究域 自然システム学系 教授)
長谷川 卓	(金沢大学 理工研究域 自然システム学系 教授)
加藤 道雄	(金沢大学 理工研究域 自然システム学系 教授)

## 1. はじめに

### 1.1 研究背景

2011年3月11日、三陸沖を震源としたM.9.0の巨大地震が起こり、千葉県浦安市など各地で地盤の液状化による被害が発生した。その規模は、地割れや断層などの被害よりも広域に及んだ。1993年の能登沖地震や2007年の能登半島地震が起こった能登半島でも、今後巨大地震が液状化を引き起こす可能性は大いにある。

Fig. 1は2007年の能登半島地震の際に地盤の液状化が確認された地域と液状化限界震央距離との関係を示した図である(吉田 宮島, 2007)。液状化限界震央距離とは、気象庁マグニチュードの関数で、震央から一定の距離内で液状化が起こりやすいことを示したものである。この範囲から外れているにもかかわらず、石川県珠洲市や富山県高岡市では液状化が発生していた。このことから液状化の起こりやすさは単純に震源からの距離だけではなく、他の要因も働いていることが示唆される。今後起こりうる巨大地震に備える上で液状化の要因を特定し起こりやすさを評価することは非常に重要である。そこで本研究では、石川県珠洲市を調査地域とし、なぜこの地域で液状化が起こりやすかったかを解明し、一般的な液状化の起こりやすさを評価することを目的とする。そのために液状化しやすい土壌の条件を調べるとともに、土壌を供給する周囲の地質を調べ、その関連性を議論した。

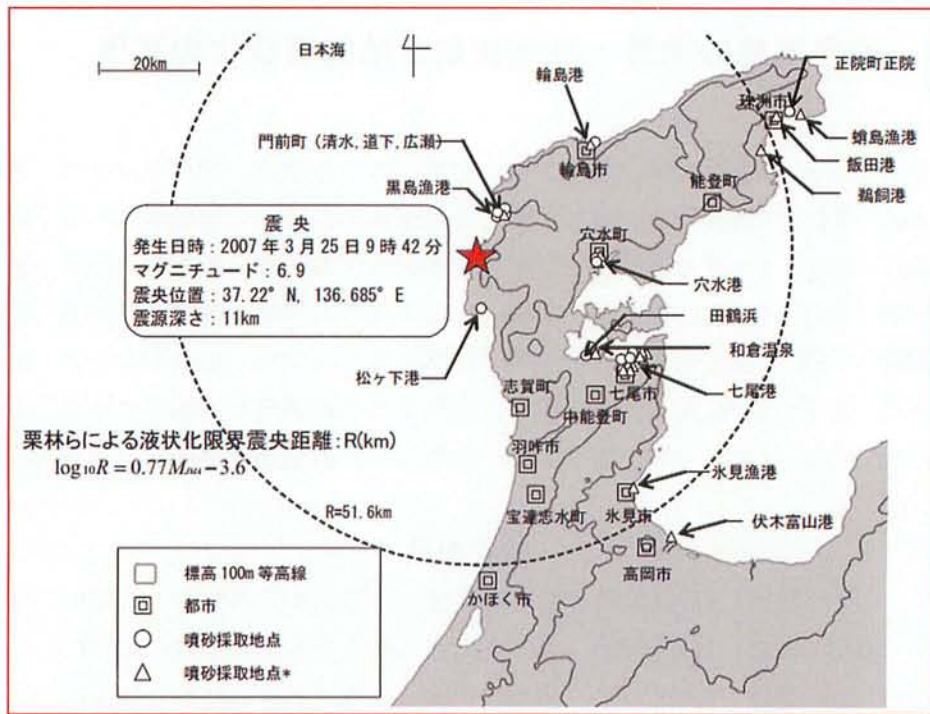


Fig. 1.1 2007年の能登半島地震の際に液状化が確認された地域と液状化限界震央距離との関係を示した図(吉田 宮島, 2007)．○は飛島建設の沼田氏が、△は吉田、宮島(2007)が墳砂を採取した地点．

## 1.2 液状化のメカニズム

表層を構成する土壌は、粒子同士が間隙をつくって支えあって存在している。間隙には地下水が存在していることがある。巨大地震が起こるとその地下水の持つ圧力(間隙水圧)が上昇し、粒子が支えあっている状態を崩してしまう。そうすると、地下水は粒子よりも密度が低いため地表まで上昇し、液状化が発生する。稀に土壌中の粒子も地下水と同時に上昇する(墳砂)。一般に液状化が発生しやすい場所の条件として、(i)川沿い、湖沼沿い、海沿いなどの水辺で、地下水水面が10m未満であること、(ii)低地や埋め立て地、第四紀以降に堆積した層などの土壌中に間隙が多い、つまり地盤の締りが悪いこと、(iii)粘性が少なく、粒子のサイズが均一、つまり淘汰がよい事などがあげられている(國生浩二, 2005)。

## 1.3 地質概説

Fig. 1.2 は石川県地質誌(粕野義夫編, 1992)に掲載されている地質図から、調査地域を抜粋した地質図である。調査地域一帯は、珪藻化石を多量に含む地層が多数存在しており他にも凝灰岩層、泥岩層、海緑石層などが堆積している。地図上で白く示されている範囲は完新世(今から約1万年前以降)に堆積した層であり、この層は液状化しやすいことが予想できる。これらは山側に存在する中新世(約2500万-500万年前)に堆積した珪藻土層、凝灰岩層、泥岩層、海緑石層が風化・運搬され堆積したものである(Yanagisawa, 1999)。このような層の中で、どの層が液状化しやすい土壌を供給するかは、液状化を評価する上で解決すべき問題である。

#### 1.4 調査方法

珠洲地方の地質を詳しく理解するため、2011年9月7日から14日の8日間、追加調査として11月22日にFig. 1.3に示す石川県珠洲市の緑の範囲内の地質を調査した。赤い線のルートにそって露頭観察や車で移動してのポイント観察を行い、全部で104個のサンプルを採取し、実験室で実体顕微鏡観察、粒度分析、X線回折などを用いて分析し地層の種類を同定し、特徴を把握した。また、調査結果に基づいて独自の地質図の作成を行った。

#### 1.5 試料の同定方法

採取したサンプルは全部で104個である。これらのサンプル中には泥・砂・礫のほか、珪藻や火山性ガラス片などが存在している。そこでサンプルを同定する前に同定基準を設けた。まずサンプルを肉眼で観察し、非常に硬く暗緑色の粒子が存在していたら海緑石だと判断し、X線回折測定により確認した。残りのサンプルは実体顕微鏡で観察し、珪藻化石が存在していたら珪藻土、火山性のガラス片が含まれていたら凝灰岩、それらの条件に当てはまらないものを泥岩とし、粒度分析を行った。

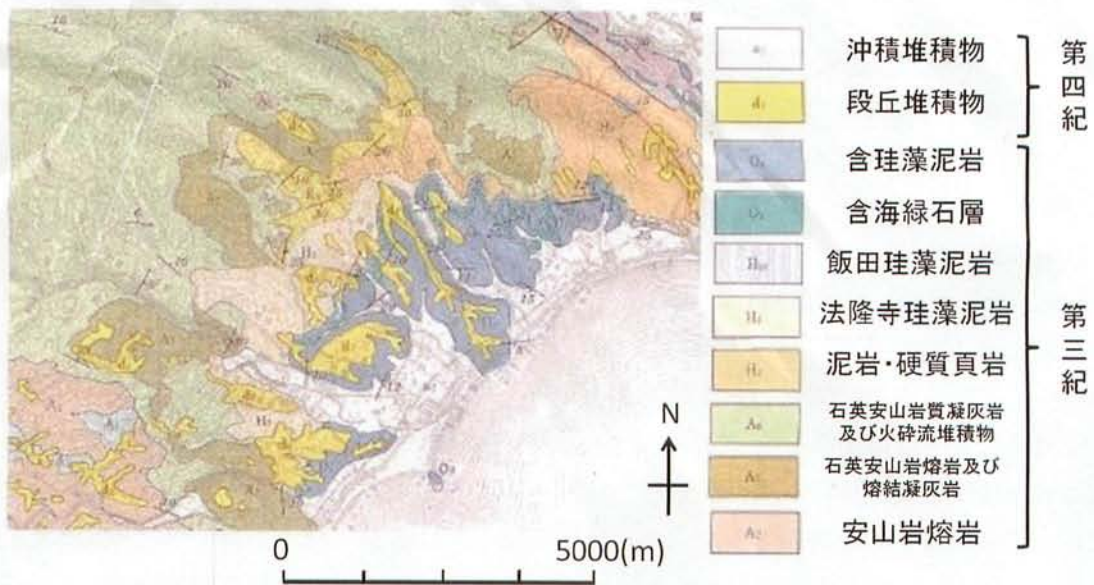


Fig. 1.2 石川県地質誌 (1993) に掲載されている地質図から、調査地域を抜粋した地質図。





Fig. 1.3 本研究の調査範囲。緑で囲われている範囲が本研究の調査範囲であり、赤い線に沿って歩いて露頭観察を行った。

## 2. 結果

### 2.1 地質図の作成

X線回折測定や、実体顕微鏡観察などにより 104 個すべてのサンプルを同定した。中には珪藻と火山性ガラス片が両方存在しているサンプルがあったが、その時は割合の高い方を優先して同定した。同定したサンプルを地図上にプロットし、現地でも測定した走向・傾斜を考慮して Fig. 2.1 の(a)模式柱状図と(b)地質図を作成した。層序は下位から凝灰岩層、泥岩層、珪藻土層、海緑石層、泥岩層、珪藻土層の順番で重なっていた。地質図から、ここら一帯の地質学的な特徴として、(i) 調査地域一帯は海側へ向って緩やかに傾斜していること、(ii)南部では、海緑石層が 1 層であったが北へ行くにつれて 2 層に分離していることなどが分かった。

### 2.2 粒度分析

粒度分析は目のサイズの違う 6 つのふるいを用意し、上から粗い順番になるように重ねてサンプルを入れてふるい落とし、各ふるい(2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.0064 mm メッシュ)に入っているサンプルの重量を全体の重量で割った。Fig. 2.1 の点 a から点 j までの 10 点について粒度分析を行った。粒度分析の結果を Fig. 2.2 に示す。このグラフでは、粒度の淘汰がよいときほど粒径加積曲線が垂直に近づく。Fig. 2.2 をみるとほとんどの線が 0.1-1mm の範囲に収まっており、かつ加積曲線がほぼ重なっているので非常に淘汰がよいと言える。

### 3. 考察

前述のように、完新世に形成された地層は中新世に堆積した地層が風化・浸食・運搬され、再堆積したものである。2.2の粒度分析の結果から、これらの地層の下流(海側)に分布する完新世の地層は液状化しやすいことが予想できる。

またこれらの実験結果とは別に、珠洲市に協力を依頼し、調査地域周辺のボーリングデータをいただいた(Fig. 2.2の黄色の範囲)。これらには地下水位のデータが記載されており、これに基づくと調査地域一帯の地下水位は平均して1m、深いところでも2m未満であり、これも非常に液状化しやすい条件であるといえる(1.2の(i)参照)。以上のことから調査地域の完新世の地層が分布する地域は非常に液状化しやすいことが分かった。

### 4. まとめ

粒度分析、地下水位のデータから、本研究の調査地域の完新世の地層が分布する領域は非常に液状化しやすいことが分かった。しかし、粒度分析のデータ数が足りないことや、粒子の形状、含水率などの評価についても考慮すべきである。このことは今後の研究に生かしていきたい。

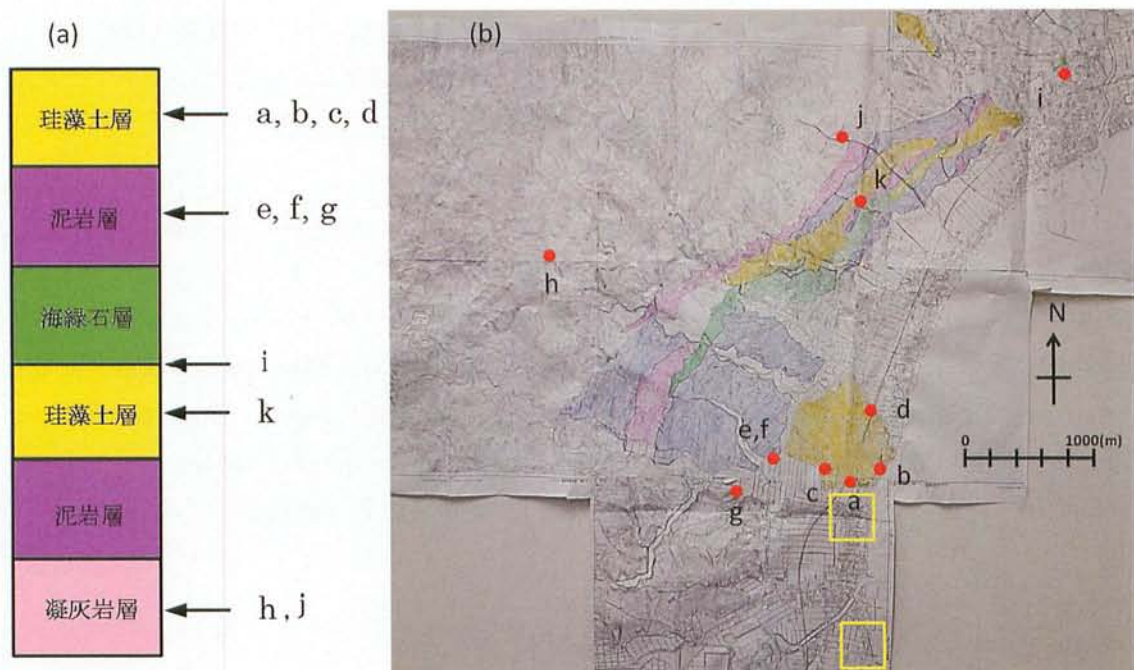


Fig. 2.1 調査地域の (a) 模式柱状図と (b) 地質図。黄色：珪藻土層；紫色：泥岩層；緑色：海緑石層；桃色：凝灰岩層を示す。(a)の a-j は粒度分析したサンプルの名前であり、(b)の点 a-j は各サンプルを採取した場所を示す。(b)の黄色の枠で囲われた領域は、珠洲市が行ったボーリングのデータが存在する領域。



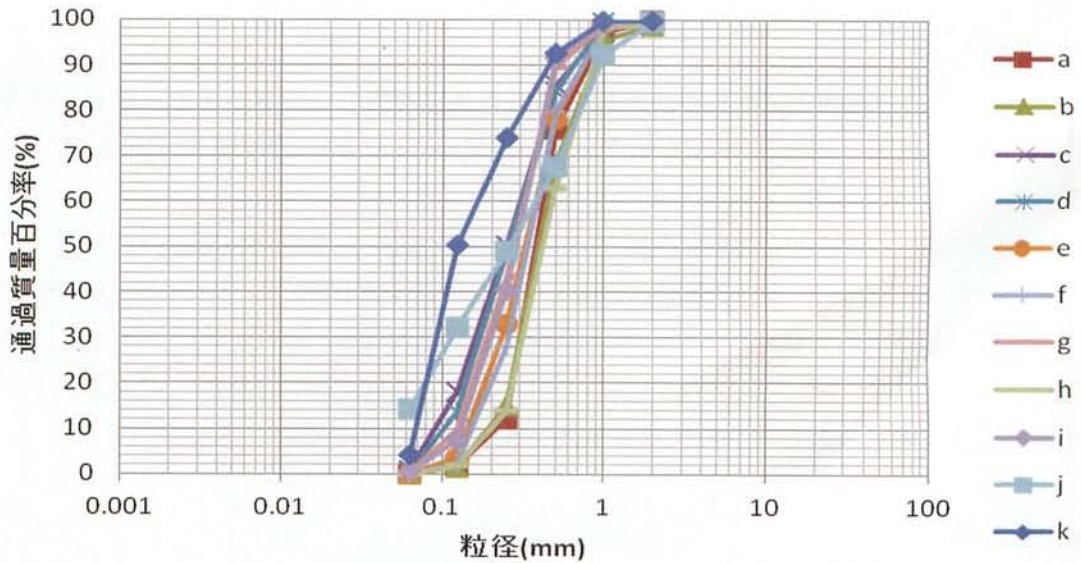


Fig. 2.2 粒度分析の結果.

## 5. 謝辞

指導教員である神谷隆宏教授，加藤道雄教授，長谷川卓教授には，地質調査時に指導していただいた。また珠洲市役所にはボーリングデータの提示をしていただいた。ここに感謝の意を示す。

## 6. 引用文献

鮎野 義夫 (編) (1992) 石川県地質図 1/100,00

國生 剛治 (著) (2005) 液状化現象～巨大地震を読み解くキーワード～

Yukio YANAGISAWA (1999) Diatom biostratigraphy of the Miocene sequence in the Suzu area, Noto Peninsula, Ishikawa Prefecture, Central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan.* vol. 50 (3), p.167-213., 23 figs., 4 appendix-figs., 9 appendix-tables.

吉田雅穂，宮島昌克(2007) 平成 19 年(2007 年)能登半島地震—液状化—