

地盤から見た  
„東日本大震災“  
シンポジウム  
講演集

平成 24 年 7 月 13 日

一般社団法人全国地質調査業協会連合会  
一般社団法人日本応用地質学会

## 「地盤から見た“東日本大震災” シンポジウム」

<開催にあたって>

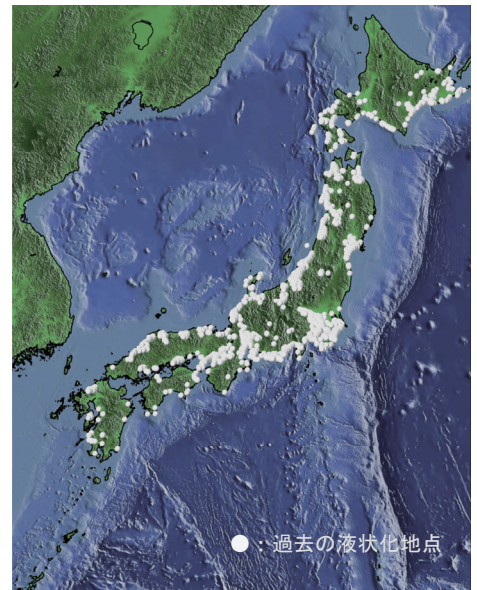
昨年3月11日に発生したマグニチュード9.0という日本有史以来最大の地震である“東北地方太平洋沖地震”が発生してから既に一年以上が経過いたしました。今まだ、行方不明の方が居られるとともに、被災地の復旧と復興はまだまだ見えてこないというところでもあります。また、この一年、首都圏直下型地震、東海・東南海・南海三連動地震による地震動と津波高さが想定せれる中、地盤の液状化、大規模深層崩壊、宅地地盤の変動など地盤の課題に向けた国民の関心は更に高まっています。宅地地盤の地質調査に関しては、日弁連も4月に提言書を出し、地質調査の義務化を国に要望しています。これら一連の流れの中で、今後は地質調査が有効に活用されることになると思われまます。

地質調査業界では、これまでも日本の国土の脆弱性をベースに様々な地質調査に携わる中で地質・土質に関わる専門知識と技術、経験を駆使し、日本の社会資本の構築、防災、地盤環境に取り組んでまいりました。特にこれまでも、阪神淡路大震災、中越地震等の災害復旧および復興に、業界一丸となって対応してまいりました。東日本大震災からの復旧、復興においても、われわれが有する地盤に関する技術、経験を生かして、一日も早い復旧・復興を成し遂げるために全力で対応する決意であります。

当連合会では、一般社団法人日本応用地質学会の全面的な協力を得て、共催で昨年の7月に報告会を開催させていただきました。今回のシンポジウムは、その時にお約束した一歩踏み込んだ提言を行うことを目的に企画したものであります。

地質調査業界では、各方面のご協力を得ながら中長期的なスパンで研究・研鑽を重ねてまいり所存です。今後とも、関係各位のご理解とご協力をお願い申し上げます。

一般社団法人全国地質調査業協会連合会  
会 長 成 田 賢



<開催要領>

共 催：一般社団法人全国地質調査業協会連合会 / 一般社団法人日本応用地質学会

協 力：独立行政法人土木研究所、独立行政法人海洋研究開発機構

開催日時：平成24年7月13日（金）10:00～16:30（受付開始9:30）

開催場所：飯田橋レインボービル 7階大会議室

〒162-0826 東京都新宿区市谷船河原町11 tel:03-3260-4791

<プログラム>

9:30～ 受付開始

10:00～10:10 開会挨拶 成田 賢（(社)全国地質調査業協会連合会 会長）

第1部 基調講演

10:10～11:10 基調講演1 「応用地質学的に見た3.11大震災と予期すべき西日本の地震災害」

千木良 雅弘（(社)日本応用地質学会会長／震災特別プロジェクト会長）

11:10～12:10 基調講演2 「東北地方太平洋沖地震の実像と今後に向けての提言」

金田 義行（(独)海洋研究開発機構 地震津波・防災研究プロジェクトリーダー）

第2部 シンポジウム

13:10～13:20 シンポジウムの開催について

コーディネーター：中筋 章人（日本応用地質学会震災特別プロジェクト幹事長）

13:20～13:50 話題提供1 「3.11震災による仙台市緑ヶ丘地すべり対策工の変状」

村上 隆（(社)日本応用地質学会 東北支部）

13:50～14:20 話題提供2 「液状化調査における地質学的方法の重要性」

稲崎 富士（(独)土木研究所 地質・地盤研究グループ 特命事項担当上席研究員）

14:20～14:50 話題提供3 「今後の地震災害にそなえるための地盤情報の有効活用」

秋山 泰久（(社)全国地質調査業協会連合会 情報化委員会委員長）

14:50～15:10 質疑応答

15:10～15:25 休憩

15:25～15:55 話題提供4 「新しい資格制度の創設について」

日下部 治（公益社団法人地盤工学会）

15:55～16:20 総合討論

16:20～16:30 閉会挨拶 脇坂 安彦（(社)日本応用地質学会副会長）

地盤から見た“東日本大震災” シンポジウム  
講演集目次

第1部 基調講演

基調講演1 「応用地質学的に見た3.11大震災と予期すべき西日本の地震災害」・・・ 1  
千木良 雅弘（(社)日本応用地質学会会長／震災特別プロジェクト会長）

基調講演2 「東北地方太平洋沖地震の実像と今後に向けての提言」・・・ 5  
金田 義行（(独)海洋研究開発機構 地震津波・防災研究プロジェクトリーダー）

第2部 シンポジウム

話題提供1 「3.11震災による仙台市緑ヶ丘地すべり対策工の変状」・・・ 9  
村上 隆（(社)日本応用地質学会 東北支部）

話題提供2 「液状化調査における地質学的方法の重要性」・・・ 11  
稲崎 富士（(独)土木研究所 地質・地盤研究グループ 特命事項担当上席研究員）

話題提供3 「今後の地震災害にそなえるための地盤情報の有効活用」・・・ 13  
秋山 泰久（(社)全国地質調査業協会連合会 情報化委員会委員長）

話題提供4 「新しい資格制度の創設について」・・・ 17  
日下部 治（公益社団法人地盤工学会）



## 基調講演 1

応用地質学的に見た 3.11 大震災と予期すべき西日本の地震災害

日本応用地質学会会長

千木良雅弘（京都大学防災研究所）

### 1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した最大規模の地震、東北地方太平洋沖地震は甚大な災害を引き起こし、社会に対して様々な影響を及ぼした。周知のように、最も大きな災害は津波と、おそらくそれによる原子力発電所の損壊によってもたらされた。また、これら以外にも、この地震は現代が抱える様々な地盤災害事象を引き起こした、あるいは幸運にも引き起こさなかった。ここでは、これらについて概観し、今後の発生が確実視されている東京から西日本における地震に対して、予期すべき地盤災害について述べる。なお、簡単のために、東北地方太平洋沖地震を東北地震と略称する。

東北地震は、津波と原発損壊の他に、次に述べるような地盤災害を引き起こした。低平地地盤の液状化、丘陵地の造成地地盤の変形やすべり、自然斜面の地すべり、亜炭鉱山の崩壊と地盤の陥没、断層のずれなどである。津波と原発損壊があまりにもおおきな災害を引き起こしたために、これらは目立たなかったが、その被害は甚大であった。以下に、これらの現象について述べるとともに、今後の地震に備えるために、記憶しておくべき点や準備しておくべき点について述べる。なお、宅地地盤については釜井俊孝氏、液状化については脇坂安彦氏と稲崎富士氏、亜炭鉱山については江崎哲郎氏から情報をいただいた。

### 2. 東北地震による地盤災害

#### 2.1 液状化

地震時の地盤の液状化は、1964 年の新潟地震時に多発して甚大な被害を引き起こし、それ以来研究が進み、対策工法も進歩してきた。それでも、今回、液状化は、東京湾北岸を初めとして、関東地方で広く発生した。高層ビルは、それ自体は安定な地層にまで深く基礎を置いていたために無事であったが、水道などのインフラが破壊された。また、低層住宅は、インフラ被害の他に亀裂が入ったり、傾いたりして、多くが居住不能になった。これらの原因は、造成前の地質条件—湿地、氾濫原などに起因するものが多かったことが指摘されている。また、事前に地域的に作成されていた液状化マップは必ずしも正しいとは言えなかった。

#### 2.2 宅地盛り土地盤の地すべり

宅地盛り土地盤の地すべりは、1978 年の宮城沖地震の時に顕在化し、以来対策がとられてきた。それでも、東北地震によって、1990 年以降の比較的新しい造成地においても発生

した。宅地盛り土の地すべりは、埋められた谷が依然として集水機能を持っているために、地下水が存在すること、また、埋め立て前の表土や植物が弱い層をなすことを大きな要因として発生する。東北地震によって、宮城県から茨城県にかけて多数発生したが、約半世紀にわたる人口動態と都市形成史を反映して、仙台市都市部に集中した。仙台市都市部では少なくとも 54 箇所以上で確認された。中には宮城県沖地震以降に対策がなされて、それが機能したところもあるが、深い地すべりは生じなかったものの、浅い地すべりが生じたところもあった。

### 2.3 自然斜面の地すべり

自然斜面の地すべりは地震動の大きさに比べて非常に少なかった。規模の大きなものは、福島県南部から栃木県北部の震度 6 弱から 6 強の地域に生じたが、数は 10 箇所以下である。多くは、那須火山などの噴出物の崩壊性地すべりであった。これらは降下火災物であり、地すべりの発生した箇所周辺に広く分布しているはずである。にもかかわらず、発生箇所が限られていたことは、何らかの負の要因があったと考えられる。その 1 つは、地震発生前の降雨が非常に少なかったことが挙げられる。発生前 60 日間を考えても、白河では、地震前 10 日間で 13mm、60 日間でも 94mm の降雨しかなかった。地すべりのすべり面は軟弱な古土壌に形成されたが、事前降雨が少なかったために、この含水率が小さく、結果的に強度が高かったことが推定される。土の強度が含水率に大きく左右されることは良く知られている事実である。また、このようなタイプの地すべりは、従来、地震によって高い密度で発生したことが知られている。1949 年今市地震、1969 年十勝沖地震地震、1978 年伊豆大島近海地震の時がそうである。これらの地震で発生した降下火災物の崩壊は、震度 5~6 の地域で発生し、それらに先立つ事前降雨が比較的多かった。もちろん、地震動の性質や方向も考慮されるべきであるが、事前降雨の重要性は変わらない。膨大な数の地すべりや崩壊を発生した 2004 年新潟県中越地震に先立つ 3 日間には 100mm 程度の降雨があった。一方、それとほとんど同じ大きさだった 2007 年能登半島地震や中越沖地震は 2004 年中越地震と同様の地質・地形的条件の地域に発生したにもかかわらず、誘発した地すべりや崩壊は非常に少なかった。これらの地震の先行降雨は非常に少なかったことがわかっている。あれだけ巨大な東北地震でも斜面災害が少なかったからといって、次もそうだろうなどは夢夢考えてはいけないことである。

### 2.4 亜炭坑道の崩壊と地表の陥没

これはあまり知られていないことであるが、東北地震は平坦地の地下に掘られた亜炭坑道の崩壊も多く引き起こしている。これらの坑道は、戦中から戦後にかけて燃料としての亜炭を採掘するために掘られたもので、浅いところにあるために、崩壊して地盤の陥没を引き起こしやすい。東北地震によって、岩手県で 29 箇所、宮城県で 37 箇所、福島県で 7 箇所が発生したことが報告されている。同様のことは、1978 年の宮城県沖地震時にも多数

起こったことが知られている。

## 2.5 断層活動

東北地震は日本列島の応力場を大きく変え、広い地域で地震を誘発させた。翌日には長野県北部地震が、1ヶ月後の4月11日には福島県のいわきでM7.1の地震が発生した。このいわきの地震の震央は井戸沢断層近傍にあり、実際にこの断層沿いに地震断層が出現した。また、井戸沢断層近傍の湯の岳断層にも変位が生じた。両方の断層ともに、新編日本の活断層に示されていたと言えなくもないが、正確には、活断層図に記されていた湯の岳断層は、実際の地震断層とはずれており、地震断層は地質境界としての断層沿いに出現した。このことの原因は今後究明されるであろうが、活断層の評価、特に高レベル放射性廃棄物地層処分と関係した超長期の評価の考え方に問題提起していると言える。

## 3. 今後予期すべき西日本の地震災害

西日本で予期されている東海、東南海、南海の地震、あるいはこれらの連動地震は、間違いなく東北地震時と同様に大きな津波を引き起こすであろうし、人口や産業の密集した太平洋岸が大きな打撃を受けるであろうことは想像に硬くない。それに対する準備も着々と進んでいると思われる。一方で、それ以外の災害に対してはどうであろうか。むしろ、津波に隠れてしまっているようにさえ思える。

### 3.1 液状化

液状化は散点的なボーリングデータ、さらに通常1mに1点行われる標準貫入試験結果に基づいて、液状化脆弱性の空間的分布が描かれる。一方で、液状化しやすい地層は人口地盤や地質学的な履歴を経て形成されるものであり、かなり複雑な分布をすることもある。貫入試験ボーリングだけでなく、オールコアボーリングなども使って、正しい地盤図を作成して、データベース化して公開することが必要である。

### 3.2 宅地地盤

あまり知られていないことであるが、東北地震時の東京の盛り土内の地震と水圧の詳細な計測によると、地すべり発生の一手手前であったところもあったことが釜井俊孝氏の研究によってわかっている。ここは震度5強の箇所であり、将来震度6強以上が見込まれる地域では、宅地盛り土の地すべりが発生する危険性が十分にある。東京から東海道沿線の地域は、1923年の関東地震や1944、1946年の昭和東南海地震、南海地震以降、巨大な地震を経験せずに拡大を続けてきた。1978年の宮城県沖地震や1995年の兵庫県南部地震以上の宅地地盤災害が発生することが予期される。まず、盛り土の分布や形状についてのデータベースを作成して公開することが必要である。



### 3.3 自然斜面

自然斜面の大規模な崩壊は、1707年の宝永地震の時に発生したことが知られている。中でも、静岡県の富士川下流の白鳥や安部川上流の大谷崩れでは、崩壊土砂がそれぞれの本流を堰き止めた(中村他編、2000)。白鳥の崩壊は富士川本流対岸の村を襲い、22名を死亡させた。また、この時にできた天然ダムは2日後に決壊し、下流に洪水被害を及ぼした。大谷崩れによる災害の詳細な記録はないようであるが、このたった一つの崩壊が安部川を荒廃させたことは間違いない。これらの他にも、高知県の加奈木でも大規模な崩壊が発生した。このような崩壊は土砂による直撃を受けない場合でも、天然ダムの形成と決壊によってはるかに下流域でも大きな災害に至ることがある。特に大雨の時に大地震が起これば、ダム形成から決壊までの時間が短くなるので、緊急対応を取れない可能性が高い。わが国の場合、密に張り巡らされた地震計網によって降雨による大規模崩壊の発生は検出可能になりつつあるが、地震によって発生したものの場合、地震波が本物の地震と崩壊によるものが混じってしまい、検出は難しい。未だに深層崩壊の発生場の予測手法は確立されていないが、それを実現して、危険な斜面を特定して行くことが必要である。

さらに、主要な動脈としての東海道本線、国道1号線、東名高速道路が狭い範囲に密集している、たとえば静岡県由比地区など、地すべりの危険性を極力小さくする必要がある。

### 3.4 亜炭坑道

愛知、岐阜、三重の3県にまたがる地域には、戦中・戦後にかけて開発された亜炭坑道が広く分布している。中には、これらの坑道の崩壊と地盤の陥没が頻発しているところもあり、地震時に多数発生することも強く懸念される。注意すべきなのは、これらの坑道のかなりが大地震の洗礼をまだ受けていないことである。また、長年の間には坑道の壁の岩盤が風化しているとも考えられる。亜炭坑道の分布の記録は乏しく、また、聞き取り調査も信頼性に欠くことが多い。それらの分布を調査・データベース化して公開することが必要である。

## 4. おわりに

東北地方太平洋沖地震(東北地震)の時に発生した地盤災害について概観し、今後の西日本で予期される地震時の地盤災害について述べた。東北地震の影響域は、花崗岩類が広く分布する地域で、また、起伏の小さな高原が多かった。一方、中央から西日本にかけて太平洋側に分布する地層は四万十帯を中心とした堆積岩類で、また、起伏も大きい。そのため、地震動の影響は東北日本太平洋側よりも西日本の方が大きいと予想される。また、東北地震に先立つ降雨は非常に少なかったが、西日本の場合、それよりも降雨が多い時に地震が発生することを想定しておくべきで、その場合には地盤災害はより甚大になると考えられる。いずれにしても、地盤の情報をデータベース化し、それを公開して皆で将来に備えることが必要である。

## 基調講演 2

### 「東北地方太平洋沖地震の実像と今後に向けての提言」

独立行政法人海洋研究開発機構 技術研究統括  
地震津波・防災研究プロジェクト 金田義行

#### 1. はじめに

2011年3月11日に発生したM9の東北地方太平洋沖地震は、およそ200km×500kmにおよぶ大規模な破壊域と、大きなすべり、特に海溝軸近傍で50m規模のすべりにより励起された大津波による甚大な被害は近代日本における最大級の津波災害である。東北地方太平洋地震は何故起こったのか？その解明研究の推進ならびに巨大地震大津波災害の教訓をどのように活かすのか、特に南海トラフにおいて危惧されている東海地震、東南海地震、南海地震ならびに日向灘地震の連動発生も視野に入れた対策への活用、これは今後の日本の最大級の防災減災課題である。

#### 2. 東北地方太平洋沖地震の実像

我々はすでに1960年チリ地震や1964年のアラスカ地震、最近では、まだ記憶に新しい2004年スマトラ大津波地震、2010年チリ地震を経験している。また、1964年には日本では新潟地震も発生し、アラスカ地震とともに液状化被害が顕在化したことでも知られている。しかしながら、日本周辺域でM9クラスの巨大地震の発生はほとんど考えられていなかった。

三陸沖から茨城沖に至る巨大震源域と宮城沖の大すべりを生じたM9巨大地震。東北沖の太平洋プレート沈み込み域は宮城県沖地震震源域や三陸沖地震震源域といった、いわゆる「地震の巣」が存在するものの、太平洋プレートと陸側プレート間の固着率は概ね30%程度と推定されており、残り70%はすべり領域、特に日本海溝軸近傍は安定すべり域と考えられ応力蓄積の場とは考えられていなかった。実際は数百年かけて応力を蓄積し、3月9日の前震をきっかけに11日の東北地方太平洋沖地震の際にこれまで広域に蓄積していた応力を一気に解放し、広域な震源域の形成と海溝軸近傍の大すべりを発生させたと考えられる。海洋研究開発機構の海底地形調査結果や東北大学の海底地殻変動観測ならびに国土地理院のGPS解析等によれば東北沖の海底地殻変動はおよそ水平方向で20m～30mに及び、海溝軸近傍では50m規模に達していると推定されている（図1）。このすべり量の規模からもM9巨大地震のエネルギー規模が伺える。さらに、この巨大地震は大津波による甚大な被害とともに震源域から遠く離れている首都圏などでも液状化や長周期地震動の被害を発生させた。

では、このようなM9巨大地震を発生させるシステムは、他に日本周辺域に存在し得るのだろうか？ 再来が危惧されている南海トラフ域の巨大地震震源域がその一つである。

### 3. 南海トラフ巨大地震への備え

これまで、東海、東南海ならびに南海地震が同時に発生した場合、その規模はM8.7程度と推定されていた。しかしながら、昨年12月末に公表された内閣府の南海トラフで発生し得る最大級の巨大地震モデルでは、東海地震震源域、東南海地震震源域ならびに南海地震震源域のほか九州日向灘にまで震源域が拡大することが想定されている。同時に深部低周波微動域に至る深部への震源域の拡大も考慮している(図2)。

また、東北日太平洋沖地震で発現された大すべり、特に海溝軸近傍の大すべりと同じシステムが南海トラフ巨大地震であるのか？その可能性も考慮して津波モデルを南海トラフ軸近傍まで拡大した想定を行っている。実際、これまで歴史津波被害調査や津波堆積物調査の成果、地球深部探査船「ちきゅう」による試料分析結果から、東南海地震震源域である熊野灘の沖合におけるフィリピン海プレート沈み込み開始域のプレート境界で高速すべりによる高温の温度履歴の痕跡が示されたほか、紀伊半島串本町の橋杭岩周辺に存在する岩石群が津波によって運ばれたとの研究成果などから、過去の大津波が示唆される証拠、成果が多数示されている。また震源域である付加体による地震動伝播への影響も重大である。地震波が低速堆積層中を伝播する過程で多重反射による地震動の継続時間の増大や長周期地震動の励起などが想定され、その影響評価や対策が必要不可欠である。

防災減災の観点では、地震津波を沖合でいち早く捉え緊急地震速報や津波警報の高度化につなげるための海底観測網が重要である。気象庁では東海沖に海底ケーブルによる地震津波監視を行っている。東南海地震震源域である熊野灘沖には既に20観測点の海底観測網DONETが整備され、紀伊半島西方から室戸沖に至る南海地震震源域には、現在、31観測点の海底観測網DONET2の整備が開始されている。このような海底観測網をさらに南海地震震源域西方から日向灘に至る海域にも展開することが重要である。

想定される南海トラフ巨大地震大津波への備えには、地震津波の早期検知のために海底観測網の整備、精緻な調査観測による地震津波像の高度化、シミュレーションによる予測精度や被害想定の高高度化や、避難場所、避難経路設定の最適化が急務の課題である。

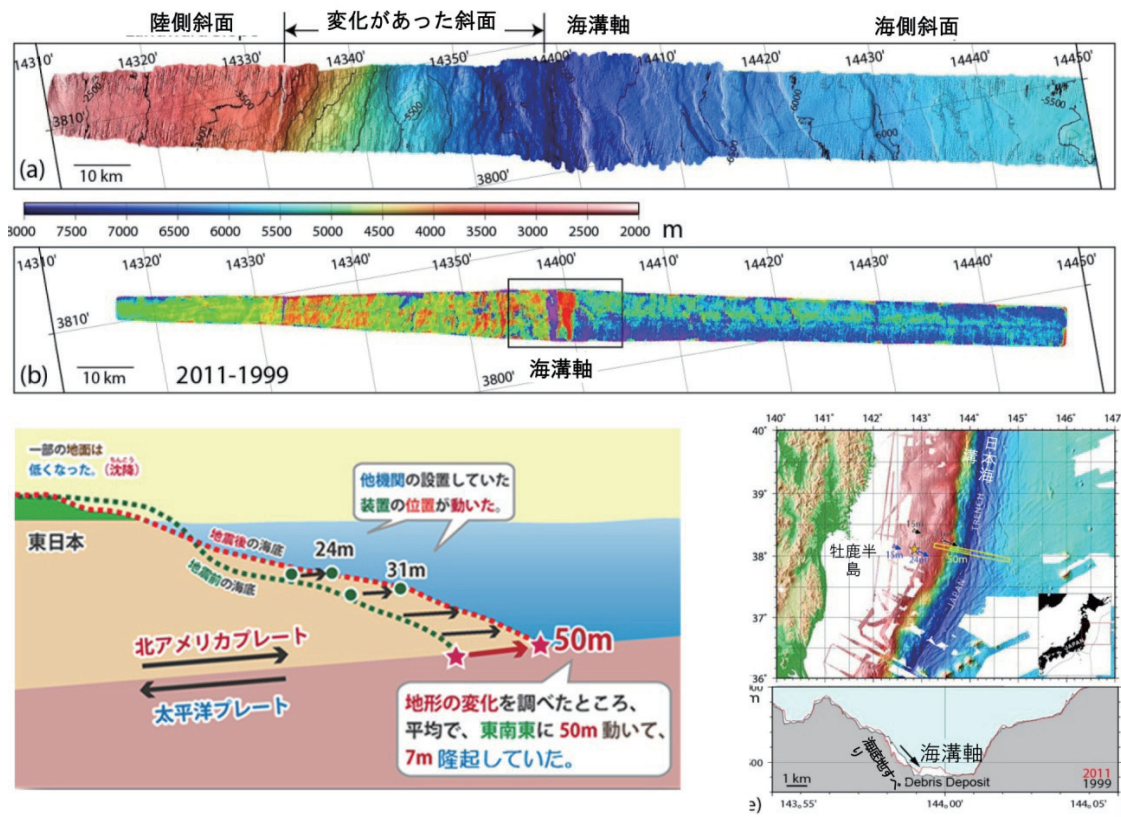


図1：東北地方太平洋沖地震による海底地殻変動 (Fujiwara et al, 2011)

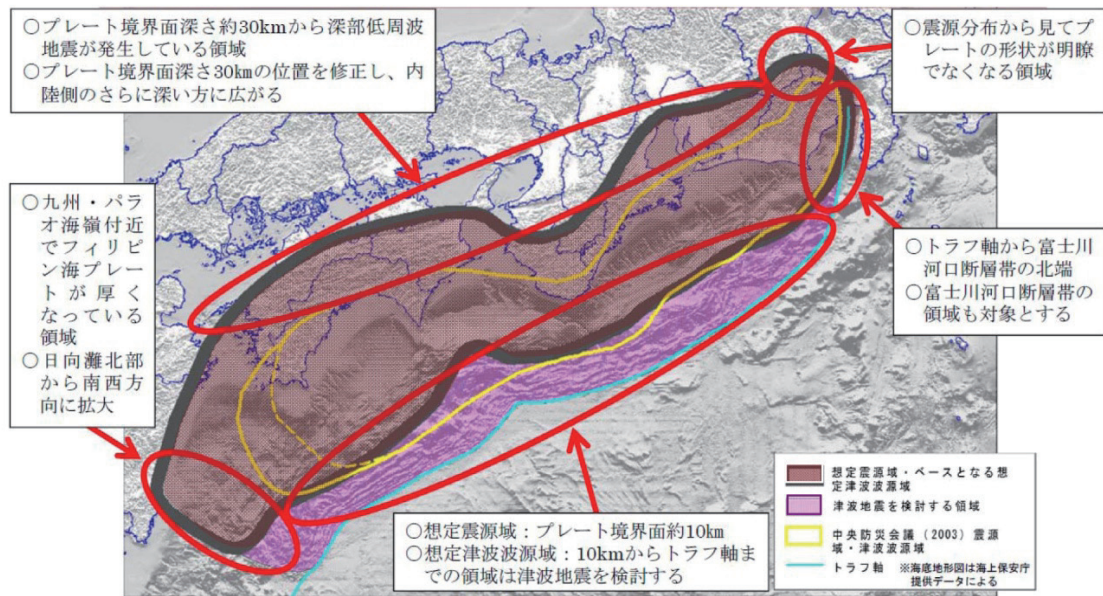


図2：新たな想定震源域・想定津波波源域（内閣府・南海トラフの巨大地震モデル検討会，2011）

## 話題提供 1

### 3.11 震災による仙台市緑ヶ丘地すべり対策工の変状

(社) 日本応用地質学会 東北支部 村上 隆

#### 1. はじめに

2011.3.11 に発生した東北地方太平洋沖地震 (M9.0、震度 5 強) によって、仙台市太白区の緑ヶ丘地すべりの既設の地すべり抑止杭が被災した。

ここでは、既往の地すべり抑止杭が地震動により再滑動した地すべりによって被災した事例として地質と変状機構解釈について概要を述べる。

#### 2. 被災状況

緑ヶ丘地すべりは、1978.6.12 の宮城県沖地震によって被災したもので、谷埋め盛土により造成された宅地造成地の地すべりとして、都市型の地すべり災害として注目された。ただし、3.11 震災によって被災した周辺宅地の変状機構と異なる点は、すべり面が盛土下部の風化岩盤内に形成されたことである。

地すべり対策は、昭和 54~55 年にかけて抑止杭工 (2 つのブロック内に計 6 列配置)、集水井工、ドレーン工が施工された。

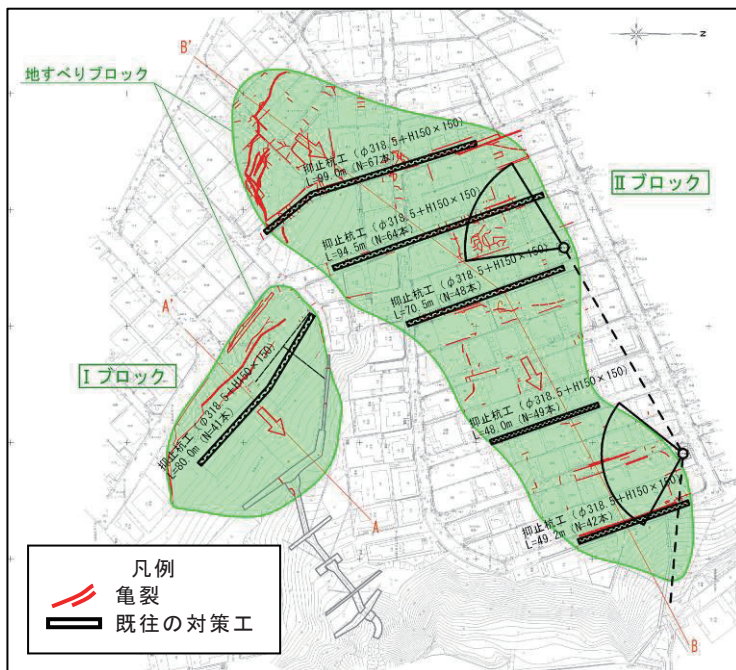


図-2.1 被災状況と既往の対策工



2 ブロック頭部の開口亀裂



2 ブロック上段 抑止杭の変状状況

今回の被災は、3.11 震災時に発現したもので、宅地内や道路、擁壁に開口亀裂や押し出し亀裂が認められた他、既往の抑止杭工に杭頭の突出や頭著な傾きがみられた。

これらの変状は、頭部から側方、末端の亀裂を囲むように追跡され、地すべりの発生によって生じたものと判断された。地表踏査の結果、地すべりブロックは大きく 2 つのブロックに区分された。

### 3. 当時の抑止杭と適用指針

現在の地すべり鋼管杭の設計指針「現行の設計手法」が刊行されたのは平成2年である。

これに対して、既往の抑止杭（φ318.5mm、t=10.3mm、H-150×150）の施工年度は昭和54～55年であり、「当時の設計手法」による設計（せん断杭）と判断される。

「現行の設計手法」では、当時すべりにおける鋼管杭の設計は、地質状況からは「曲げ杭（くさび杭）」が適切と判断される。

表-3.1 適用指針と設計の考え方

適用指針と設計の考え方		
既往の抑止杭 1978～1980施工	当時の 設計手法	地すべり調査と解析（藤原明敏著）1970 → 杭の破壊時のせん断力を採用（せん断杭として設計）
	現行の 設計手法	地すべり鋼管杭設計要領（（社）地すべり対策技術協会）1990 → 地質状況からは「曲げ杭（くさび杭）」が適切と判断される

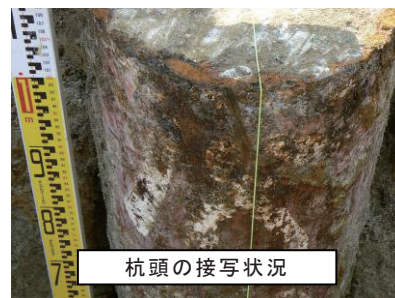
### 4. 杭の検証結果

現行の設計手法に従って、当初設計のせん断杭を「せん断杭の計算」を行った場合の安全率は  $F_s=1.208$  となったが、「曲げ杭の計算」を行った場合は安全率  $F_s=1.075$  となり、計画安全率  $PF_s=1.20$  に対して不足である。

また、杭頭掘削によって杭の変位を確認した結果、杭頭で最大 1.9m 余りの変位が想定された。この変位量は、杭鋼材に許容応力度の 70 倍以上の荷重が働いたものと試算され、杭は降伏していると判断された。



杭頭掘削状況



杭頭の接写状況

### 5. おわりに

住民の話からは、3.11 震災で発生した亀裂は、1978 宮城県沖地震で発生した亀裂と同じ箇所ではほぼ同じ規模で発生したとの声が多く聞かれる。しかしながら、地震の揺れは今回のほうが大きく、はるかに長い。

このことから、今回の事象は、地すべりの再滑動による被災ではあるが、当時の設計手法ではあるが適切な地すべり対策工が施工されていたために、被害が軽減された事例と言える。今後、当事例が宅地内における抑止杭工設計の参考となれば幸いである。

なお、本稿をとりまとめるにあたり、終始丁寧なご指導を頂いた宮城県および仙台土木事務所に感謝の意を表します。

#### 参考文献

宮城県土木部砂防課：宮城県の地すべり，pp.68～78，1988

社団法人 地すべり対策技術協会：地すべり鋼管杭設計要領，2003

藤原 明敏：地すべり調査と解析，pp.134～138，1970

## 話題提供 2

液状化調査における地質学的方法の重要性

独立行政法人土木研究所 稲崎 富士

### 1.問題の定置

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震によって、震源域から遠く離れた関東地方においても、特に東京湾岸部の埋立地を含む多くの地点で大規模な液状化が生じた。またこの地震では、関東地方の河川堤防が約940箇所において損壊したが、これらの堤防被害もその大部分は液状化が主原因とされている<sup>1)</sup>。大規模な堤防被災区間では天端が最大2.4mも沈下し、周辺で噴砂が確認されている箇所が多く含まれている。一方で基礎地盤にも堤体にも液状化を引き起こすと想定される砂層が見出されなかった箇所があることもわかっており、堤防被災メカニズムの解明にはさらなる詳細調査の実施が期待されている。従来、地盤の液状化判定にはFL法、すなわちN値と細粒分含有率から地盤の液状化強度を推定し、想定される地震の強さとの比をとって液状化抵抗率を求め、という道路橋示方書に定める簡易判定法が用いられてきた<sup>2)</sup>。今般の液状化被害調査においても、実際に液状化が発生した箇所でFL値を求めたところ「非液状化」の誤判定はなく、同法は概ね妥当であると評価されている<sup>1)</sup>。ところでこの地盤の液状化の有無の判定は、噴砂に代表される地表兆候の有無を基準としている。すなわち、噴砂や地割れ等の地表兆候が認められる箇所においては、地下のいずれかの層準が液状化したと推定する。一方このような兆候が認められなかった地盤は非液状化と判定する。この推定は一見合理的であるように見えるが、そもそも液状化は地中で生起する現象であり、地表兆候と一対一対応するとは限らない。実際にこれまでの詳細な地質調査によって、地表部に液状化兆候が認められない箇所においても地下に液状化の痕跡が見出される例が多く報告されている<sup>3)</sup>。上述の液状化調査においても、非液状化地点の半数以上で「液状化する」という判定が得られており、地表兆候を地盤の液状化の有無の基準とすることの本質的な問題が浮き彫りになっている。

液状化判定法における今一つの重要な問題点は、N値と粒度特性によって地盤の液状化抵抗率を判定していることにある。液状化の調査を含め、地盤調査を目的としたボーリング調査においては、原則的に「ノンコア半ペネ」仕様、すなわち1mごとの掘進の繰り返しにおいて、上部50cmについては予備打ちを含めた標準貫入試験、下部50cmについてはノンコア掘進、という仕様が標準となっている。さらに乱した試料を用いて分析する土質試験は、粒度分析、含水比測定等を含めて30cmの標準貫入試験区間で採取された試料を用いている。この試験・測定過程において試験実施区間は一律と仮定され、試料調整・分取が実施される。しかしこのような3割程度の部分的な試料採取では、液状化発生層の同定自体を困難にする危険性がある。さらに試料の平均化調整は、液状化層が有する特徴的物性を見逃すことにつながりかねない。

右図-1は、上述した現行の液状化判定法に潜む本質的な問題点の所在を概念的に示したものである。

FL値を示標とする現行の液状化判定法は、ある地震外力を想定した時に対象層が「液状化するかどうか」を数値として予測する方法であり、「液状化したか否か」を判定するものではない。本来的に地中で生起する現象である液状化を、地表兆候によってその有無を判定し、さら

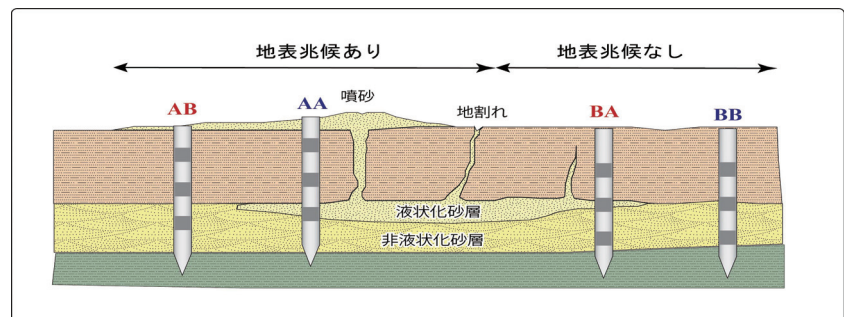


図-1 地表兆候と標準貫入試験ボーリングに基づく液状化判定法に潜む問題点



に不完全な調査・分析で得られた情報と結びつけているところに本質的な問題がある。

## 2.問題の解決手段

液状化によって地層がどのように変形・変成するか、また液状化の最も特徴的な地表兆候である噴砂孔の構造・物性的特徴について、日本海中部地震の被害地調査<sup>4)</sup>を契機に地質学的な調査研究手法が適用され、急速に理解が進んだ。また兵庫県南部地震以降全国的に展開された活断層調査においては、ジオスライサーと称する地層抜き取り装置を用いた表層部の液状化層の同定と内部構造観察が採用されてきた。その前後に発生した1987年千葉県東方沖地震、2000年鳥取県西部地震、海外の活断層調査等でも多用され、液状化に伴う特徴的構造が明らかにされている<sup>5)、6)</sup>。さらに遺跡発掘現場における液状化痕跡の詳細調査は「地震考古学」として体系化された<sup>7)</sup>。室内実験によって、液状化に伴う特徴的な変形構造とその発生メカニズムも解明されてきている<sup>8)</sup>。地質学における方法論は、“mapping、dense sampling and close analysis”で特徴づけられる。そしてこの方法論の適用によってのみ、液状化の発生の有無、液状化層の特徴的物性構造を明らかにすることができる。

## 3.液状化層に対する地質学的解析例

従来の標準貫入試験ボーリングでは、本来的に地中で発生する液状化を捉えることは不可能である。これに対し堆積学領域で標準的なオールコアボーリングと詳細コア試料解析を適用すれば、より直接的に液状化層の同定とその特性評価が期待できる。そこで地盤工学分野では適用例が稀なオールコアボーリングコア試料解析によって液状化層の同定を試みた。まず採取コア試料を半割し、断面を記載するとともに剥ぎとり試料、軟X線用試料を採取した。さらに2.5cmないし5cm間隔でキューブ試料を採取するとともに残試料を用いて粒度分析を実施した。粒度分析は粗粒分を1/4φ目のふるいで、細粒分はレーザー回折散乱粒度分析装置を用いて分析した。また1φ以上の粒子を4800dpiでスキャン撮影し、構成鉱物組成を観察記録した。結果の一例を右図-2に示す。液状化層準は8.54-8.76m間に出現する薄層で、液状化砂層に特徴的な変形構造と粒度特性が認められる。

### 参考文献

- 1):国土交通省 液状化対策技術検討会議(2011):「液状化対策技術検討会議」検討成果, 31p。
- 2):日本道路協会(1996):道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編,
- 3):伏島祐一郎・平川一臣(1996):北海道大学構内で観察された液状化跡活断層研究, 9, 14-18。
- 4):千葉達郎・遠藤邦彦(1987):文部省科学研究費補助金(自然災害特別研究1)研究成果報告書(昭和61年度)(課題番号61020037), 99-108。
- 5):下川浩一ほか(2001):活断層・古地震研究報告, No.1, 41-52
- 6):高田啓太ほか(2001):活断層・古地震研究報告, No.1, 353-371
- 7):寒川旭(1992):地震考古学—遺跡が語る地震の歴史—, 中央公論社, 251p。
- 8):姉川学利・宮田雄一郎(1996)水槽実験による砂層の液状化・流動化変形の観察。応用地質, 37, 43-47。

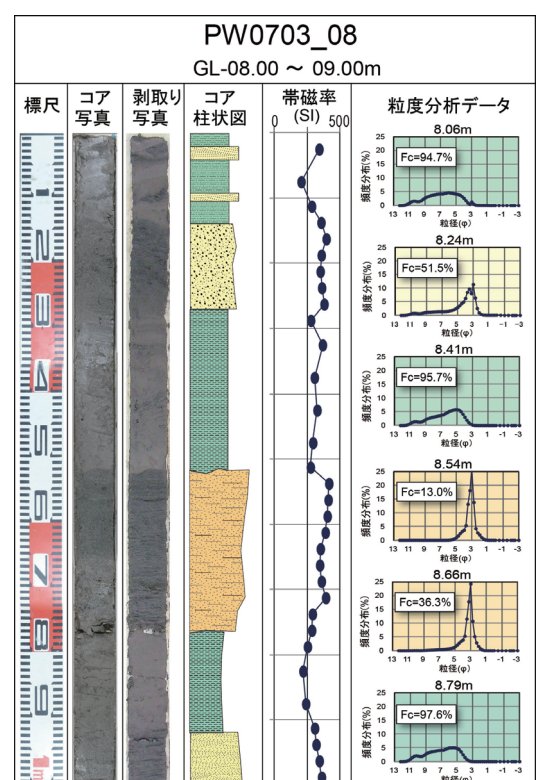


図-2 液状化推定層準のコア試料に対する堆積構造記載・粒度特性解析例。

### 話題提供 3

#### 今後の地震災害にそなえるための地盤情報の有効活用

一般社団法人全国地質調査業協会連合会

秋山泰久

#### 1. はじめに

復興事業における地盤情報の活用を見ると、浦安市など一部地域において情報を活用した復興計画の策定等を行っているものの、地盤情報を有効活用しているとは言い難い状況にある。これは、対応の緊急性や津波等による情報消失等もあるが、地盤情報が共有化されていない事が最大の要因ではないかと思われる。

東日本大震災で判明したことは「如何に事前準備が重要か」という事である。地盤のゆれやすさや液状化対策など、地盤情報を活用した事前準備が災害リスクの低減や復興に有効であることは明白である。そこで本稿では、今後の地震災害にそなえるための地盤情報の有効活用について述べる。

#### 2. 復興での活用事例

##### 2.1 液状化での活用事例

千葉県浦安市や習志野市では液状化の被害が甚大であり、特に浦安市では市内の85%にあたる地域で液状化被害が確認されている。これら行政では、復興対応の他、今後発生が予想される直下型地震や海溝型地震に備えるための被害予測や対策検討などを<sup>1</sup>実施している。

これら検討では、市、千葉県、民間が保有するボーリングデータの他、土地履歴等把握を目的に過去の地形図や空中写真等を用いている。ただし、民間保有の地盤調査や工事記録などの情報は年代が古いことや、組織改編等による散逸・紛失によりごく一部の情報しか利用できていない。また、提供企業から以下のような使用条件を付されたケースもある。

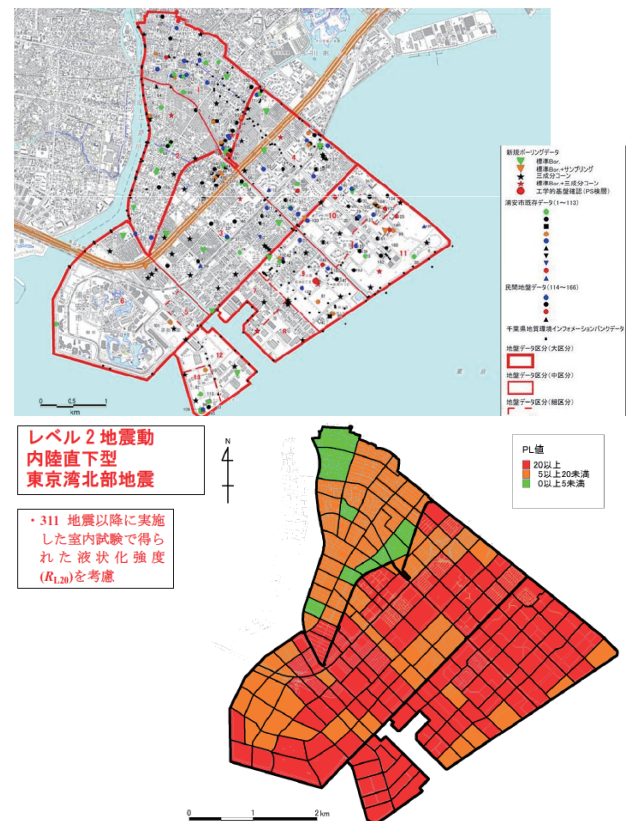


図-2.1 浦安市で使用したデータと解析結果

- ① 社内資料であるため、非公開としてください。
- ② 震災復興に関する目的以外には使用しないでください。
- ③ 資料の複写、電子データ等を保存しないでください。

#### ④ 資料使用完了後は破棄してください。

### 2.2 復興での活用事例からわかること

復興に関する活用事例に共通する事は、**地盤情報の収集から始めなければならない**事である。情報の収集は、借用交渉からデータ入手まで時間を要し、また、借用データの中には紙媒体のものも混在し、電子化作業から行う必要が生じるなど、情報が容易に活用できる状況にはないことが露呈した。

今回事例で示した情報の二次利用は、災害リスクの低減に向けての必須事項であり、今後発生が予想される大震災等に備えるためには、基盤情報の整備や、情報を容易に活用できる環境整備が重要である事を示唆している。

## 3. 地盤情報を取り巻く状況

### 3.1 国の状況

平成 19 年に制定された地理空間情報活用推進基本法に基づく「地理空間情報活用推進基本計画」<sup>2</sup>が見直され、以下に示す取り組みを推進するとしている。

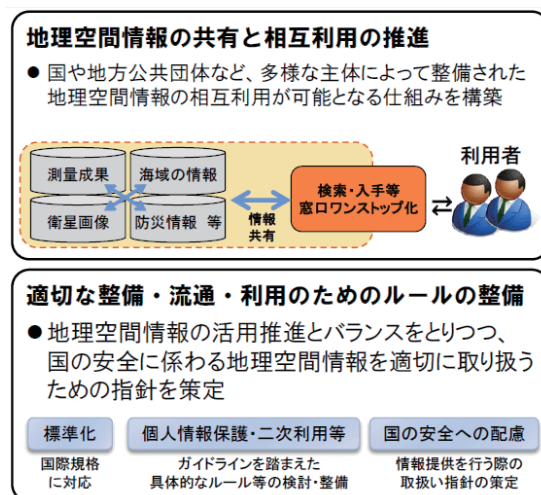
- ① 地理空間情報の容易な検索・入手・活用
- ② 防災・減災に資する地質、活断層、火山などの情報の電子化の促進
- ③ 様々な主体によって整備されるデータの二次利用を促進するための規格化（標準化）の推進
- ④ 集約，管理，提供等を適切に行うための取組

また、総務省は「知識情報社会の実現に向けた情報通信政策の在り方」について情報通信審議会に諮問し、その中間答申<sup>3</sup>資料の中に、以下の記載がある。

- ① 地盤災害防止を目標として、国，自治体，民間で紙又はデジタルで蓄積されている地盤ボーリング柱状図を広く公開し，民間で流通・利用するための技術・ルールを確立
- ② 地盤情報等の復旧・復興関連データのデジタルフォーマット（XML や CSV 等）での公開を促すとともに，その活用方策等の検討を進めるべきである

### 3.2 行政・業界等の状況

学会・研究機関等においては、「統合化地下構造データベースの構築」<sup>4</sup>に関連し、(独)防災科学技術研究所による「Geo-Station」<sup>5</sup>、(社)地盤工学会による「全国電子地盤図」<sup>6</sup>など、情報の共有・管理・二次利用等に一定の成果を上げている。また、産学官連携で実施された「地質地盤情報協議会」<sup>7</sup>においても、地質地盤情報についての継続整備の必要性や公開・整備・共有化に関わる法整備の喫緊性等を提言している。



図－3.1 地理空間情報活用推進基本計画「方針3」抜粋

以上の通り、国をはじめ行政、業界等において、地盤情報の重要性・必要性の認識が高まり、さらに、二次利用促進をはかる方向に進んでいるといえる。

#### 4. 地盤情報の有効活用に関する提言

全地連では、Web-GIS、クラウドコンピューティングなどの ICT を用いた地盤情報の高度な利活用を提案するとともに、地盤情報を活用した新規事業展開の可能性について研究した成果「地盤情報を活用した新規ビジネスへの展開に向けて」<sup>8</sup>の公開、「地質データを活用したリアルタイム地盤災害予測サービスの実証」を目的とした高知「ユビキタス(防災立国)」実証事業<sup>9</sup>を行い、地盤情報の二次利用の重要性について唱えるとともに、その有用性について示してきた。

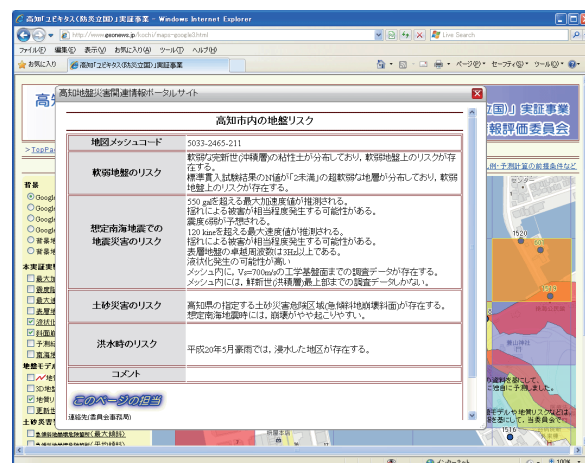


図-4.1 高知「ユビキタス(防災立国)」実証事業 地質診断表示例

これら全地連の活動で得られた知見や、国の施策等を勘案し、今後発生が予想される災害に対するリスク低減のための地盤情報の有効活用に関し以下の通り提言する。

#### 【提言 1】地盤に関連する全ての情報の網羅

地盤の安全性や災害リスクの低減を検討するにあたり、その地域の情報を網羅し行うことが重要となる。このためには、民間事業者を含めた幅広い情報の入手・活用が必須である。また、基盤情報となるボーリング情報のみならず、表層地質図をはじめ、津波履歴、土砂災害警戒区や液状化ハザードマップなど、地盤に関連するあらゆる情報を網羅し活用する事が必須である。

#### 【提言 2】二次利用を促進するための情報の規格化(標準化)の促進及び電子化

災害リスクを低減するためには、ボーリングや地質図などの情報のほか、情報を二次利用し作成したハザードマップ等の整備・活用重要となる。情報の二次利用を促進するためには、誰でも容易に利活用できる環境整備とともに、情報を容易に利用するための規格化や電子化は必須といえる。また、地盤情報に関する法制化の動きが進行中であることを考慮すると規格化の促進及び電子化は急務である。

#### 【提言 3】自助・共助を促進するための伝達方法・手法の実施

今回の大震災により、災害リスク低減には自助・共助が非常に重要である事は明らかであり、災害リスク情報を的確に住民に提供する事が特

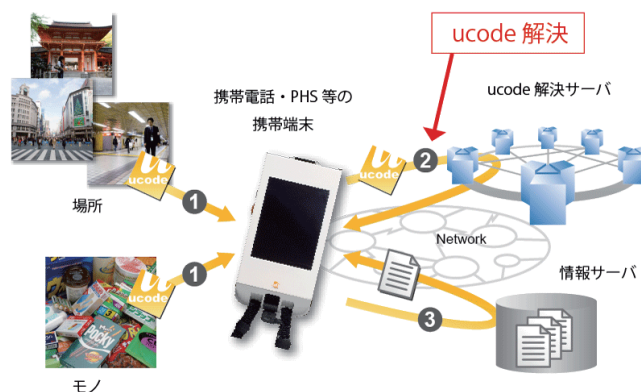


図-4.2 ucode 利用例<sup>10</sup>

に重要となる。このため、災害リスク低減につながる情報を市民レベルで容易に検索・入手できる様な伝達方法を構築する必要がある。また、誰もが理解し活用できる情報の伝達手法を工夫する必要がある。これを実現するためには、「自分達の常識」、「行政的な常識」に囚われることなく、市民の視点にたった情報の作成が必須である。

## 5. おわりに

ICT を活用したユビキタス社会と言われる中、地盤情報の実情はまだまだ遅れていると言えよう。今後大地震の発生が懸念されている地域では、災害リスク低減に向けた動きが活発化しており、地盤に関する情報が注目されている今こそ、ユビキタスの言葉通り、「いたるところに存在し」かつ、「誰もがいつでも容易に利用できる」よう地質・地盤に関わる者が一丸となって情報化を推進する事が、地質業界をはじめ「地質・地盤」の地位向上につながるものと確信する。

参考文献：1)浦安市液状化対策技術検討調査委員会

<http://www.city.urayasu.chiba.jp/menu11324.html>

参考文献：2)地理空間情報活用推進基本計画

<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/sokuitiri/tirikuukan-keikaku.html>

参考文献：3)「知識情報社会の実現に向けた情報通信政策の在り方」(平成23年諮問第17号)に関する情報通信審議会からの中間答申

[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01tsushin01\\_01000018.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01tsushin01_01000018.html)

参考文献：4)統合化地下構造データベースの構築

<http://www.chika-db.bosai.go.jp/>

参考文献：5)ジオ・ステーション (Geo-Station)

<http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/index.html>

参考文献：6)全国電子地盤図

<http://www.denshi-jiban.jp/>

参考文献：7)地質地盤情報協議会

<http://www.gsj.jp/information/domestic/sgk/consortium.html>

参考文献：8)地盤情報を活用した新規ビジネスへの展開に向けて

<http://www.zenchiren.or.jp/geoinfo/pdf/model.pdf>

参考文献：9)高知地盤災害関連情報ポータルサイト

<http://www.geonews.jp/kochi/>

参考文献：10)UID Center

<http://www.uidcenter.org/ja/>

## 話題提供 4

「地盤品質判定士（仮称）」資格制度設立準備会について

公益社団法人 地盤工学会

日下部 治

### 背景

2011年3月11日に発生した東日本大震災が提起した大きな課題の一つが、公的構造物と私有財産である宅地との地盤災害に関する安全性レベルの落差の大きさであることが指摘されています。被害調査結果からは公的機関が定めた現行技術基準に沿って調査・設計・施工が行われた構造物の被害は皆無か、被害が発生しても軽度であったと報告されています。一方で、私有財産である宅地の液状化、丘陵地の土地造成地の沈下・崩壊などが多数箇所が発生し、9都県で2万戸を超える住宅地で液状化が発生したと報道され、液状化被害について提訴がされています。震災後の宅地市場においては耐震性能を重視する傾向がみられるとの結果もでております。このような背景の下で、東日本大震災の教訓をもとに、より安全な住環境の形成に向けた新たな社会システムの構築が必要であるとの認識が高まってきています。

### 資格制度設立の必要性

自然災害が多発する我が国では、被災経験の教訓から安全な社会資本形成のために法制度・技術基準等とともに技術士、建築士など多様な技術者資格制度が存在しています。住宅保証制度と関連して地盤の検査や品質等についての民間資格、地盤調査に関する技術者資格等も社会的有用性をもって活用されてきました。しかし、現行の法制度や技術者資格制度をもってしても今回の地震による地盤災害を防ぐには十分でないことが、今回の地震被害によって露呈されました。

地盤力学、地盤工学の専門家集団で60有余年の歴史を有する公益社団法人地盤工学会では、今回の震災を踏まえ液状化被害・宅造地被害の軽減のために新たな技術者資格制度設立の必要性を提言しております。その実現には宅地を含めた住環境の安全性向上に関わる諸学協会・諸団体の皆様と力を合わせて社会から活用される新たな資格制度を立ち上げる必要があると判断しております。信頼のおける資格制度を構築して専門能力のある技術者を社会的に明示することによって、社会が有資格者を積極的に活用し、より安全な住環境が形成されるはずです。

### 今後の予定

地盤工学会では、資格制度の必要性、想定される資格制度について一般社団法人日本建築学会、一般社団法人全国地質調査業連合会の代表者とともに予備的な検討を行って

まいりました。そして関連する諸学協会・諸団体との連携による資格制度の設立の実行可能性について一定の共通理解に達しました。今回、ここに関連する諸学協会・諸団体によって資格制度設立についての議論の参画のご意向をお伺いし、本趣旨にご賛同をいただきました諸学協会・諸団体と力を合わせて安全な住環境形成にむけた具体的な計画を立て、そのうえで関係所管庁ともご相談をしつつ、2013年度を目途に本制度を立ち上げていきたいと考えています。

(「地盤品質判定士(仮称)」資格制度設立準備会 設立趣意書より)

