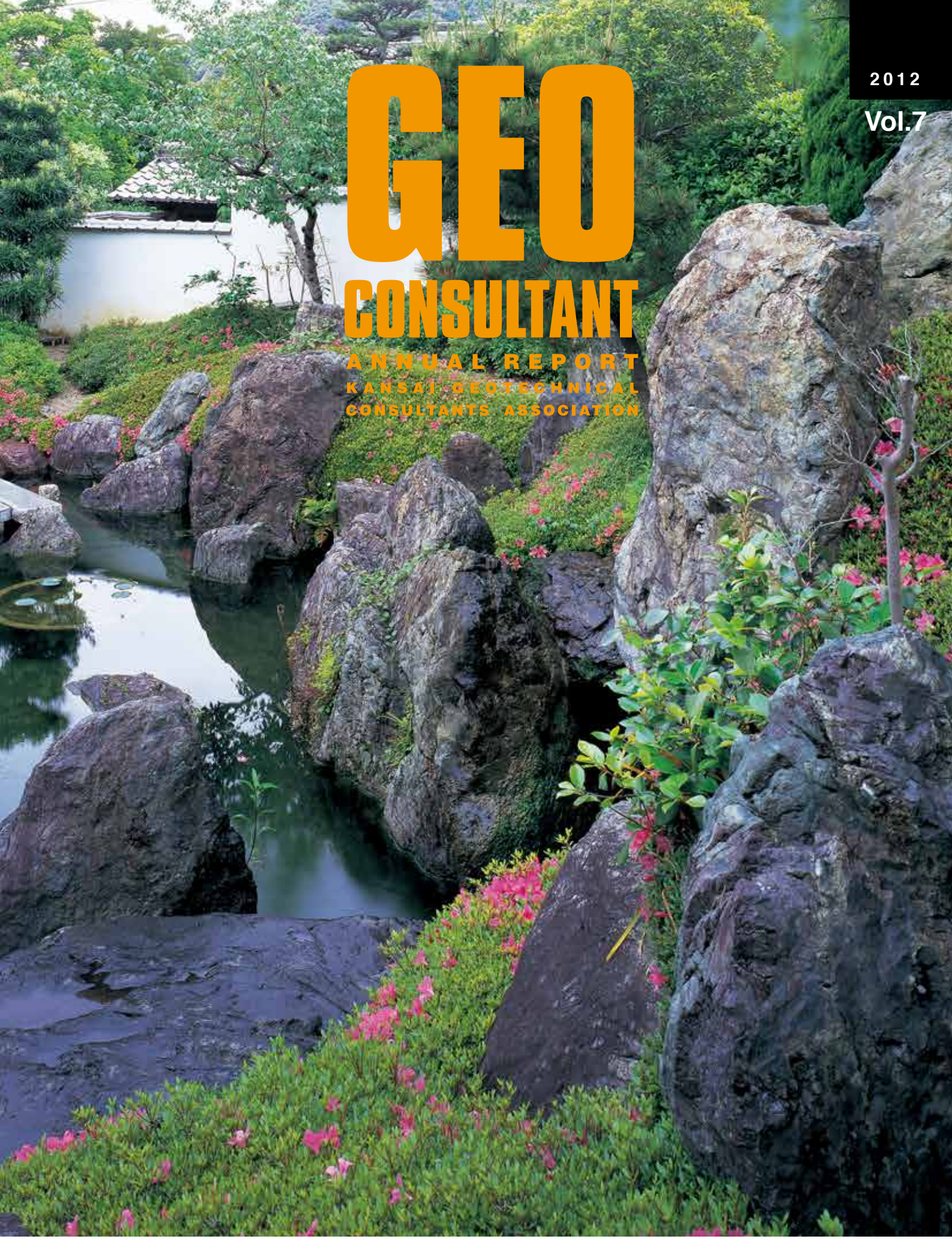


GEO CONSULTANT

ANNUAL REPORT

KANSAI GEOTECHNICAL CONSULTANTS ASSOCIATION

2012

Vol.7

関西地質調査業協会

地盤に刻まれた歴史、これからの防災

関西地質調査業協会　理事長　荒木 繁幸

「災害は忘れた頃にやってくる」は、地球物理学を専攻していた寺田寅彦（てらだとらひこ）の有名な言葉で、災害は、人々がその恐ろしさを忘れた頃に、再び起こるということを述べています。

私たちは、17年前の1995年1月17日未明に発生した、淡路島北淡町野島断層を震源とする、マグニチュード7.3（地震の規模を示す値）の兵庫県南部地震を経験しましたが、まだ、その災害が忘れられない間に、再び、東北地方太平洋沖地震（2011年3月11日発生）を経験することとなりました。

この地震は、兵庫県南部地震のような内陸部にあるプレート内部の弱い部分が破壊して生じる「内陸型地震」と異なり、三陸沖の太平洋プレートと北アメリカプレートの境界域で発生する「海溝型地震」で、マグニチュードは9.0と大きく、兵庫県南部地震の約1450倍のエネルギーを伴う日本観測史上最大の地震でありました。

さて、私たちの住む関西においても、紀伊半島沖では東北地方太平洋沖地震と同様、フィリピン海プレートとユーラシアプレートがぶつかっており、その境界において海溝型地震が30年以内に発生する確率が非常に高く、また、今までの予測値よりも大規模な地震が発生する可能性が示唆されています。この地域では、過去においても繰り返し地震が発生しており、大阪でも津波による被害があったことが記録されています。大阪市浪速区にある「安政大津波」（1854年）の碑もそのひとつです。

このような、緊迫した状況の中で、関西地質調査業協会では、その備えを万全とすべく、「海溝型地震」をテーマとして、地震研究等の第一人者の方々に、多方面から御意見を頂戴し、それを掲載することといたしました。

本誌が、来るべき巨大地震の備えとなれば幸いです。

安政大津波の碑（大阪市浪速区）

嘉永7年（1854年）11月、太平洋で発生した大地震による大津波の被害は甚大でした。大正橋東詰（北側）にある安政大津波碑にその様子が記録されています。大地震が起きた場合には、必ず津波が襲うものと心得るべきだと教訓が書かれています。また、心ある人は時々碑文が読みやすいよう墨を入れ、伝えていってほしいとも記してあり、記念碑保存運営委員会により、今も墨入れが引き継がれています。

CONTENTS

特集 CLOSE-UP 関西地質 …… 3

海溝型地震 南海トラフの巨大地震に備えて

◆香川 敬生　鳥取大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻

特集 SPECIAL-ISSUE ◎地震対策 …… 7

1.「大阪府域内陸直下型地震に対する建築設計用地震動および設計法に関する研究会」成果概要
—大阪市域における上町断層帯地震動および設計法— …… 7

◆近藤 一雄　株式会社 東畑建築事務所 執行役員構造統括

2. 東北地方太平洋沖地震による関東地方の液状化被害の特徴 …… 9

◆石綿 しげ子　基礎地盤コンサルタンツ株式会社 関東支社
◆安田　進　東京電機大学理工学部建築・都市環境学系 教授

3. 地震考古学から見た南海トラフの巨大地震 …… 11

◆寒川　旭　産業技術総合研究所 招聘研究員

4. 東日本大震災を踏まえて関西におけるこれからの津波防災を考える …… 13

◆高橋 智幸　関西大学 社会安全学部

REVIEW THE REPORT ◎最新技術レポート紹介 …… 15

阪神高速大和川線とシールド発生土をリサイクルする資源循環型プロジェクトの概要

◆山口 良弘　阪神高速技術株式会社 発生土再生事業室 室長
◆富澤 康雄　阪神高速技術株式会社 発生土再生事業室 主任

プロジェクトK …… 17

歴史的巨大プロジェクト 大阪城石垣の構築技術に学ぶ

◆西田 一彦　工博 関西大学名誉教授
◆玉野 富雄　工博 大阪産業大学教授

特集 台風12号災害対応 …… 19

台風12号災害に対する関西地質調査業協会の対応

◆東原　純　中央開発株式会社 関西支社 執行役員 支社長

技一徹 名物職人 ◎研究者の目線から …… 23

深海底を掘って50年 科学掘削の魅力と責任

◆倉本 真一
独立行政法人海洋研究開発機構 地球深部探査センター 運用室 次長

Challenging people ◎地質調査人 …… 26

自らの技術力として身につける

◆岸田 浩《地質調査技士合格》中央開発株式会社関西支社 技術部

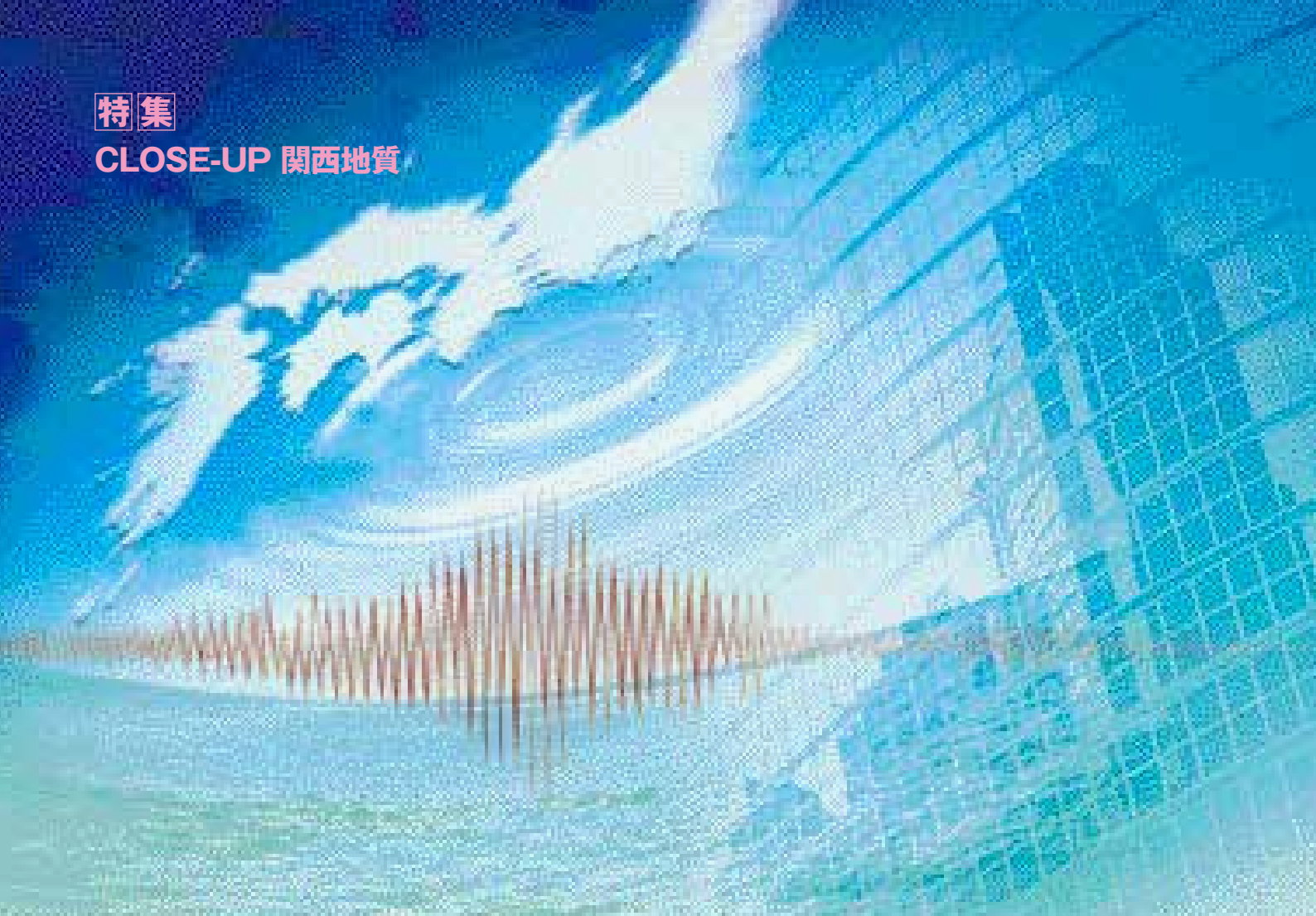
フォーラム京都 報告 …… 27

全地連「技術e-フォーラム2011」京都 報告

◆風嵐 健志　日本物理探鑛株式会社関西支店 技術部長

協会活動報告 …… 28

関西地質調査業協会加盟会社リスト …… 29



海溝型地震

南海トラフの巨大地震に備えて

香川 敬生　鳥取大学大学院工学研究科 教授
（社会基盤工学専攻土木工学講座地圏環境工学研究室）

1．南海トラフの巨大地震

西南日本太平洋沖の南海トラフではフィリピン海プレートが西南日本を載せたユーラシア・プレートの下に沈み込んでおり、過去100～150年ごとに巨大地震を発生させてきた。（図-1）に古文書などに基づく活動履歴を示す。

直近の地震は1944年（昭和19年）12月7日に発生した東南海地震（M7.9）と2年後の1946年（昭和21年）12月21日に発生した南海地震（M8.0）である。その前には、1854年（安政元年）12月23日に東海地震域を含めて東南海地震（M8.4）が、約32時間後の12月24日には南海地震（M8.4）が発生している。

また、1707年（宝永4年）には東海・東南海・南海の領域が連動したと推定される巨大地震が発生し、同じ年には富士山で最後の噴火が起こっている。1605年の記録は顕著な地震動を伴わない「津波地震」と推定されている。

これらを含め、南海トラフの巨大地震発生時期の遺跡で多くの液状化跡が発見されており、広い範囲が強い揺れに見舞われたことを物語っている（図-1）の地図上の赤点と活動履歴の赤線）。

地震調査研究推進本部（以後、地震本部と称する）の発表では、2011年1月1日から30年以内に東南海、南海地震の発生する確率をそれぞれ70％、60％と評価しており、21世紀半ば頃には発生するものと想定される。また、津波堆積物の調査から、南海トラフでは300年に1度程度は連動型の巨大地震が発生しているとの報告もあり、次の地震が昭和の地震を大きく上回る規模の連動型となることが懸念されている。

2. 過去の巨大地震による大阪の被害

南海トラフの地震では、過去に大阪でも津波を含む大きな被害が発生している。連動型の巨大地震であったと思われる宝永南海地震に際して、当時の人々が遺した記述を以下に示す。

「十月四日未之刻大地震、北西方よりゆり、未之中刻に留。大坂町中崩家夥敷、死人数不知。同申の上刻に高汐来たり。」(年代著聞集九宝永四年)

未の刻に揺れはじめ未の中刻まで続いたとあるので、1時間弱も揺れが続いたことを示唆している。直後の余震による揺れも含まれているかも知れないが、継続時間の長い揺れであったことがうかがえる。この地震動で建物が多く倒壊し、死者も多数出たと記述されている。その後、申の上刻(地震動から約2時間後)に津波が襲来したと記されている。南海地震の津波シミュレーションでも大阪に津波が到来するまで約2時間と計算されており、時間に関する文献の記載がほぼ正確であることが示唆される。津波は大坂の川を遡り、多くの人々が犠牲になった。いつまでも続く震動を逃れて川船に逃れた人々が津波の犠牲者になったとの記述も見られる(南北堀江誌)。

「日比浪華ニ名ヲ得シ谷風ト云剛力ノ相撲取アリ、折シモ隣町ニ有リケルニ地震家ヲ僵ヲ見テ我宿老母ヲ思出シ飛カ如ニ馳セ来ル...走リ入リ老母ヲ背ニ負参セ技出テケルガ天ナル与命ナルカ今一足ヲ不免戸口ノ上ヨリ崩墜、谷風驚キ母ヲ外ニ投シ母ハ終ニ奨リシカ谷風出ツル事不叶打レテ空ク成ニケリ...」(大地震記、相撲取谷風死スル事)

相撲取り谷風が隣町から馳せ参じて母親を救い出した後に家が倒壊したと記載されており、長時間大きな揺れが継続したことがうかがわれる。なお、このような文献資料に基づく大坂市街の推定震度は6とされ、東大阪では記載による倒壊率から震度7相当と評価されている集落もある(図-2)。

安政南海地震でも同様の被害の様子が文献に遺されており、大坂市街で震度5～6、東大阪で6と評価されている。昭和南海地震はこれらの地震よりもひとまわり規模が小さく、他の同様の地震に比べて被害も小さかった(大阪は震度4程度)。それでも、高知、徳島、和歌山でだけで1,046名の死者を出している(全体で死者1,330名)。大阪での死者は32名、全壊家屋数として234棟が報告されている。地震動が小さかったことに加えて、当時は戦後の復興期であり大阪平野に大規模な構造物が少なかったことも幸いしたと考えられる。

しかし、現在の大阪はその後の復興、ウォーターフロントの開発と市街地が湾岸へと拡大するとともに、巨大地震を一度も経験することなく超高層ビルや長大橋が林立する近代都市となっている。これらの構造物が南海トラフの巨大地震でどのような挙動を示すのか、その耐震対策を検討しておく必要があろう。

3. 東北地方太平洋沖地震の長周期地震動

2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震(M9.0)が発生し、東北地方太平洋沿岸を中心に東日本に甚大な被害を及ぼした。このため、被害の全容は東日本大震災と呼ばれている。先に述べたように、今世紀半ばには南海トラフの巨大地震が想定されている。この地震により新たな「西日本大震災」を引き起こさないよう、その発生までに残された貴重な時間を利用してできる限りの備えをしておくことを、東日本大震災を目の当たりにした教訓としなければならない。

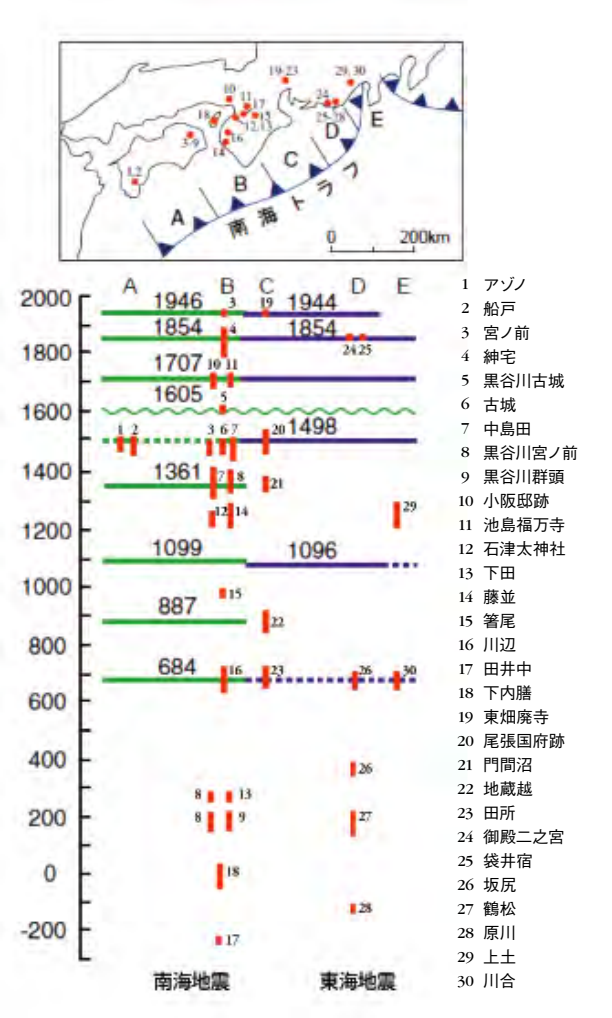


図-1　南海トラフの地震発生領域と過去の地震(寒川(2001)に加筆)
領域A・B:南海地震、領域C・D:東南海地震、領域E:東海地震

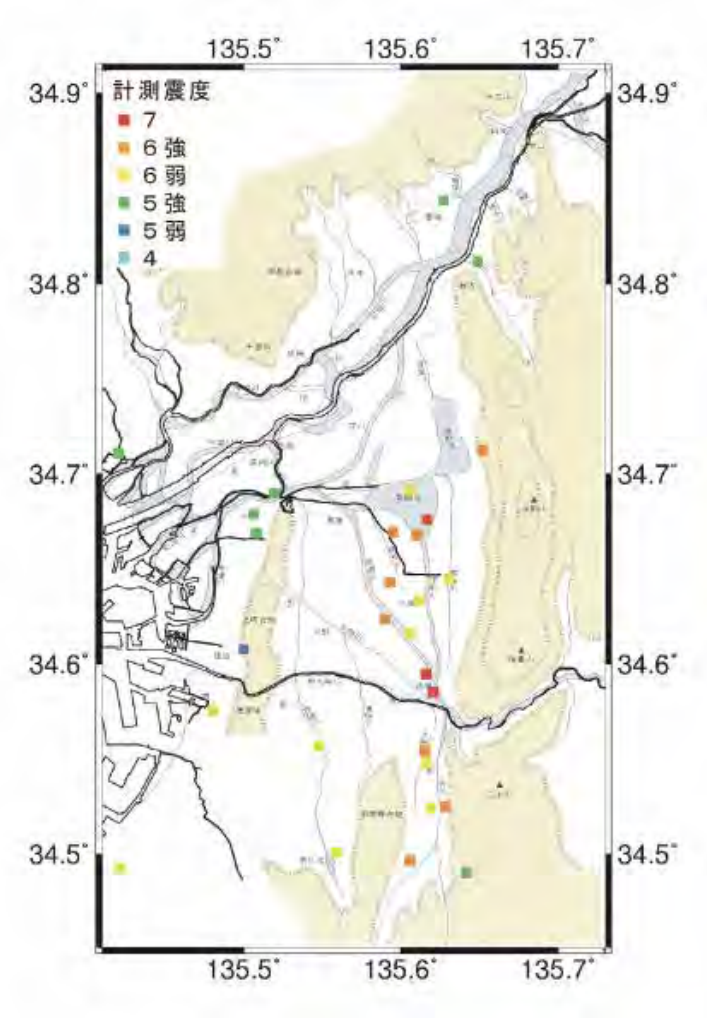


図-2　大阪堆積盆地と周辺の基盤震度分布
(KG-NET・関西圏地盤研究会「新関西地盤ー大阪平野から大阪湾」、2007)

東北地方太平洋岸から東北地方太平洋沖地震の震源域までは西南日本太平洋沿岸から南海トラフまでの距離に比べて遠く、地震の規模に比べて地震動による被害は大きくはなかったと考えられる。波長の短い短周期の地震動ほど同じ距離を伝播するうちに減衰するため、地震被害に影響する比較的周期の短い成分（例えば計測震度は主に周期0.1～2秒の地震動で評価される）が小さくなったものと考えられる。それでも、断層面の中で陸地に近い領域で強い短周期地震動が放射された部分も認められており、宮城県北部で震度7を観測し、地震動による構造物被害を生じている場所も散在している。南海トラフで発生する地震ではプレート面の深さも四国～紀伊半島中部で30km程度と東北地方太平洋沿岸の60km程度に比べて半分程度と浅い。このため、南海トラフの巨大地震では地震被害に影響する短周期の地震動の影響も大きいと懸念される。

地震動の周期が長くなるにつれ、地震波は減衰せずに遠方まで伝わるようになる。このような長周期の地震動が一般の家屋に直接被害を及ぼすことはないが、固有周期の長い高層ビルや長大構造物が共振して大きく揺れることがある。東北地方太平洋沖地震では東京の高層ビル群が長時間にわたって揺れ続けたことが報告されている。

（図-3）に多くの高層ビルが共振した東京新宿における観測記録を示す。波形図は地表における3成分の加速度波形であり、減衰5%の相対速度応答スペクトルを併記している。1995年兵庫県南部地震など内陸地震の震源近傍の被害域では周期2秒よりも長周期の地震動が小さいのに対して、周期10秒を超える帯域まで大きな応答を示すことが特徴である。このため、さまざまな固有周期を持った高層ビルが共振を起こしたものと考えられる。

また、東北地方太平洋沖地震では新潟の石油タンクが2mに及ぶスロッシングを起こして油漏れを生じ、大阪では湾岸の超高層ビルであるWTCセンタービル（大阪府咲洲庁舎として利用）が最上部で2.7mと大きく揺れ、エレベータ停止、スプリンクラー破損、天井ボード・壁面パネルの損傷などの被害を生じている。（図-4）に大阪湾岸（舞洲）における観測記録を示す。水平2成分で周期6秒程度の揺れが卓越しており、その応答振幅は（図-3）に示した東京新宿のものを上回っていることが分かる。WTCビルの固有周期は2方向それぞれに5.8秒と5.3秒であり、この地震動との共振によって大きく揺れたものと考えられる。

大阪平野では、2000年鳥取県西部地震（M7.3）、2004年東海沖の地震（M7.4）でも長周期の揺れが長く継続している。その際の記録には、やはり周期6秒付近の卓越が見られ、加えて周期2～3秒の揺れが卓越するケースが見られる（図-5）。地震動の特性によってはこの周期帯域での共振についても配慮しておく必要がある。

それでは、これら特定周期が卓越する揺れを生じた原因は何であろうか？（図-6）に大阪

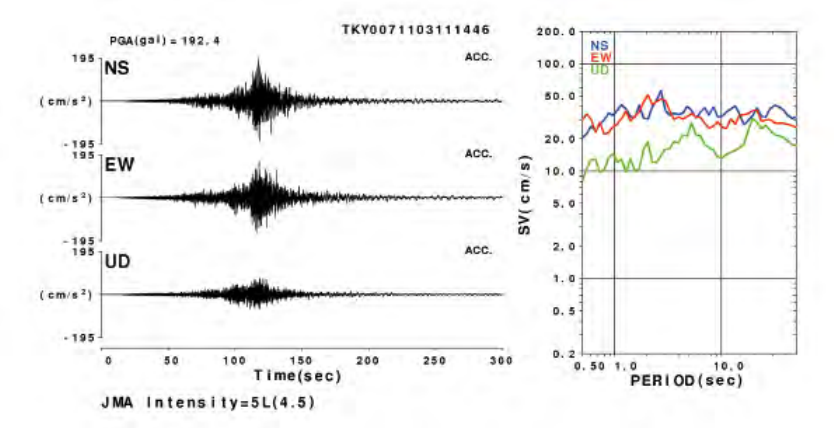


図-3　東京新宿における2011年東北地方太平洋沖地震の観測記録（K-NET TKY007 新宿）

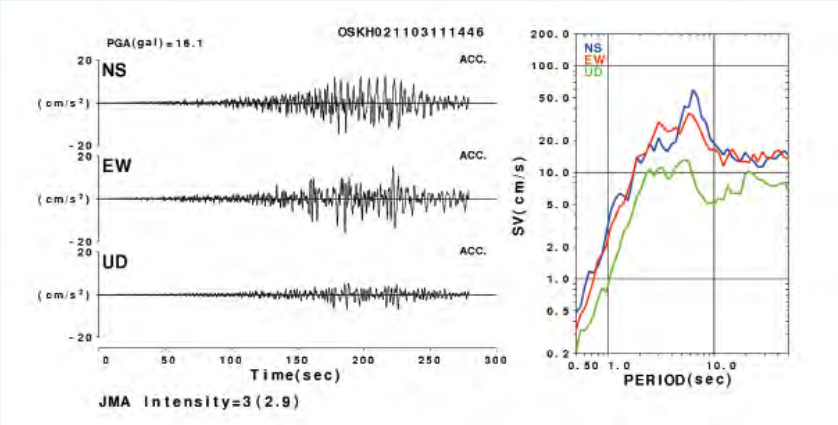


図-4　大阪湾岸における2011年東北地方太平洋沖地震の観測記録（KiK-net OSKH02 此花）

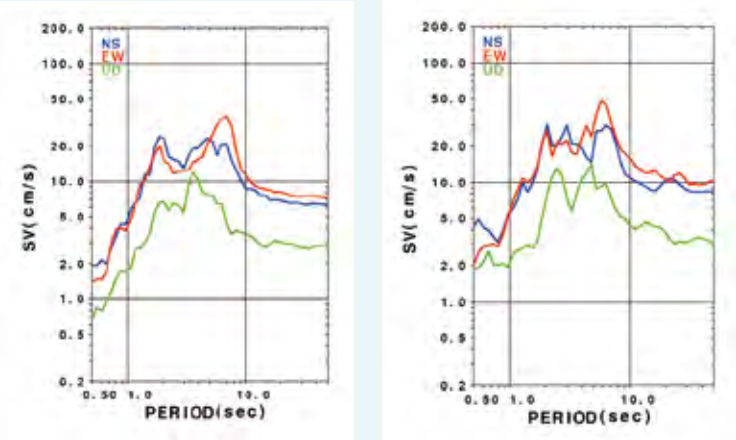


図-5　大阪湾岸における2000年鳥取県西部地震（左）と
2004年東海沖の地震（右）の相対速度応答スペクトル（KiK-net OSKH02 此花）

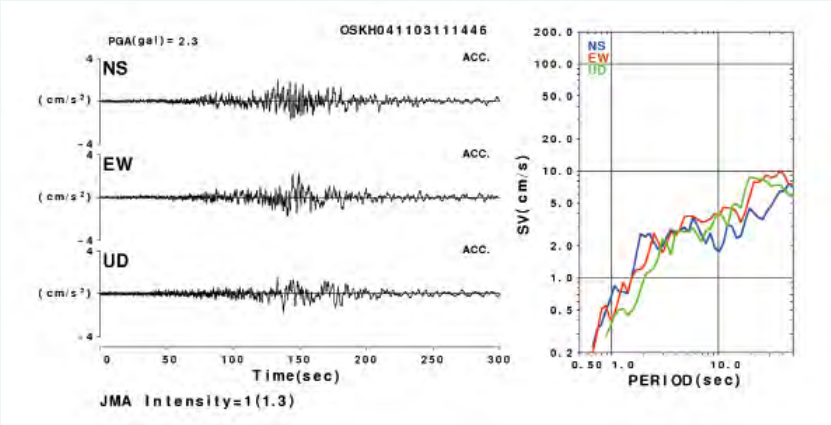


図-6　生駒山麓における2011年東北地方太平洋沖地震の観測記録（KiK-net OSKH04 交野）

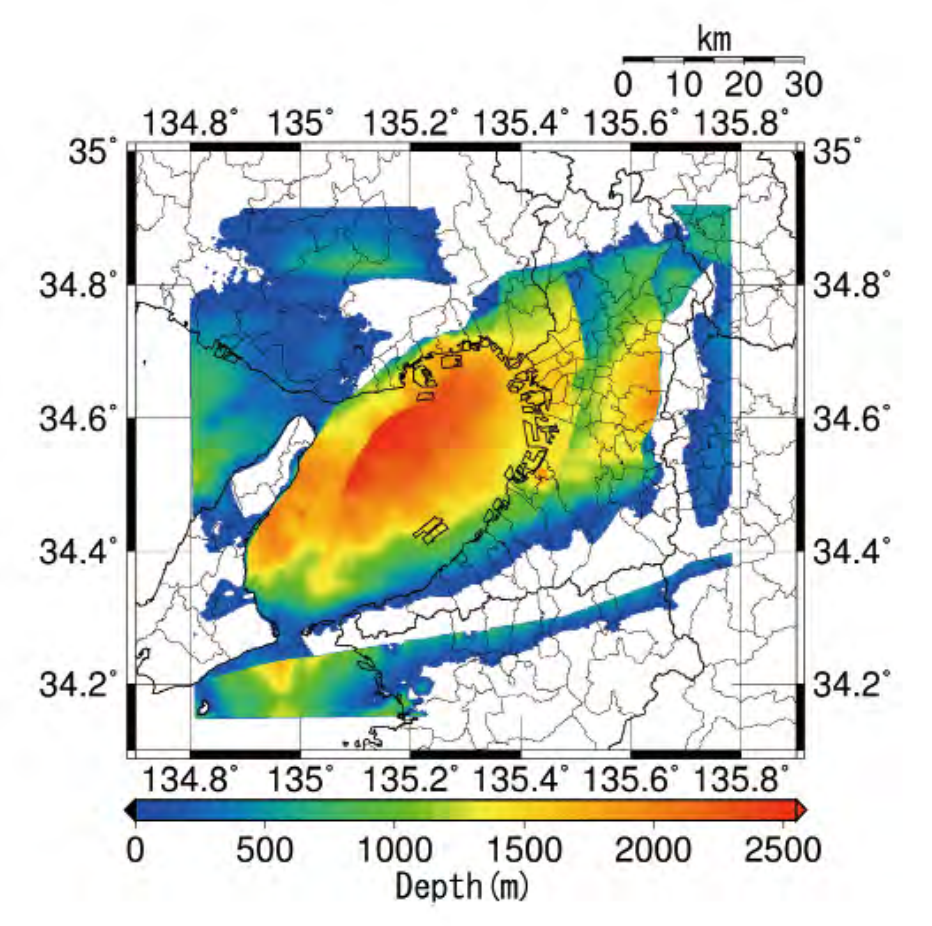


図-7　大阪堆積盆地と周辺の基盤震度分布（大阪府、2005）

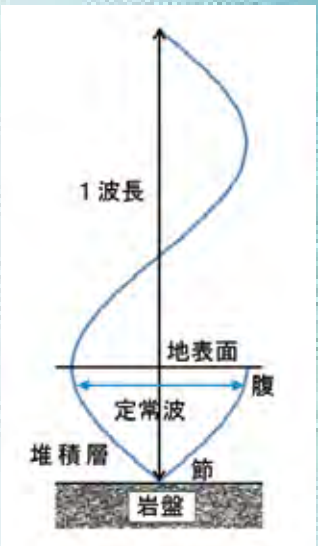


図-8　4分の1波長則

平野端部にあたる生駒山麓（交野）で得られた東北地方太平洋沖地震の観測記録を示す。（図-4）に比べて全体に振幅が小さく、長周期ほど大きな応答となっており、周期6秒や2～3秒の顕著な卓越は見られない。これは大阪平野の岩盤に到達した地震動であると考えることができる。大阪平野の地下に入射し、堆積層が応答することによって、特徴的な周期帯で卓越する揺れが生じたものと考えられる。

4. 大阪堆積盆地構造

大阪平野は、六甲、生駒、葛城、金剛、和泉、さらに大阪湾を挟んで淡路島の山系に囲まれている。これらの山系は岩盤で構成され、平野内ではその岩盤が深く沈降してその上を厚い堆積層が覆っている。その意味で、大阪平野部と大阪湾を合わせてひとつの堆積盆地構造を成しているといえる。

大阪湾岸部における堆積層の厚さは1500m程度と推定されている（図-7）。堆積地盤では、基盤と堆積層の境界を節、地表面を腹とするような定常波が卓越する（図-8）。この波の波長は堆積層厚の4倍となるので、大阪湾岸部では約6000mになる。波長は「地震波伝播速度×周期」で表されるため、堆積層のS波平均速度を1000m弱とすると、卓越する周期は約6秒となる。

ちなみに、表層部分には堆積層厚約19%でより軟らかいS波速度350m/s程度の層があるとモデル化されており、この部分で卓越する周期は約3秒となる。このように厚い堆積地盤構造では前述のように地震動が卓越する特徴的な周期が存在し、堆積盆地端部で生じた盆地生成表面波が往来することにより、大振幅で長時間にわたって揺れ続けることになる。堆積盆地周辺の山地（図-6）と堆積盆地内（図-4）の地震動の違いは、このようにして生じたものである。

5. 南海トラフの巨大地震に備えて

南海トラフの巨大地震の震源域よりも沖合の浅い部分でフィリピン海プレートが破壊した2004年東海沖の地震の震度分布は、レベルは1段階小さいものの、その分布形状が1944年東南海地震とよく似ていることが指摘されており、将来発生する南海トラフの巨大地震による地震動を想定する際の参考となる。この地震でも周期6秒の揺れは周辺山地に比べて湾岸で10倍にも及んでいることが観測されている。この地震の規模はM7.4であり、想定される巨大地震のマグニチュードを8.5程度とすると、そのエネルギーは50分の1程度でしかない。この時もWTCビルをはじめ大阪の高層ビルでは長時間の揺れが報告されている。将来発生する南海トラフの巨大地震でも同様に長周期の地震動が発生し、東北地方太平洋沖地震よりも震源域が近いため、より大きな振幅の揺れが大阪を襲うものと考えられる。このため、大阪平野で卓越する周期で共振し易い長周期構造物について照査し、地震発生までの時間を活用して十分な対策を施しておくことが望まれる。

香川 敬生
（かがわ たかお）

鳥取大学大学院工学研究科 教授
（社会基盤工学専攻土木工学講座地圏環境工学研究室）
1987年4月、財団法人大阪土質試験所に入所。
1999年10月、名称変更で財団法人地域地盤環境研究所に。同時期に主席研究員となる。
2008年6月から現職。

特集 SPECIAL-ISSUE

地震対策

今回の特集では、『地震対策』として、
昨年の巨大地震の発生により浮かび上がったそれぞれの課題まとめ、
今後必要な対策について紹介いただきました。

1

「大阪府域内陸直下型地震に対する建築設計用地震動および設計法に関する研究会」成果概要

―大阪市域における上町断層帯地震動および設計法―

株式会社 東畑建築事務所 執行役員構造統括　近藤 一雄

近藤 一雄
（こんどう かずお）

株式会社 東畑建築事務所 執行役員構造統括
昭和49年3月
神戸大学大学院建築学専攻修士課程終了
昭和49年4月 株式会社 東畑建築事務所入社
構造設計・監理を担当
平成16年4月より現職

1. 上町断層地震に対するこれまでの備え

1995年の兵庫県南部地震は、内陸直下型地震動に対して、その特性に応じた対策が必要であることを強く印象づけました。大阪市はその直後、1997年に上町断層帯の地震動を対象とした市有施設（公共建築物用）の先駆的な震災対策技術指針を取りまとめ[1)2)]ました。その成果は、告示波が定められた2000年以降も、民間建築物においても「極めて稀に発生する地震」の設計用サイト地震動として、告示波に加える形で高層建築物等の設計に広く活用されてきました。なお、このときの設計用地震荷重のレベルの設定にあたっては、地表の地震動と建築物への入力地震動との関係が解明されていないこと、兵庫県南部地震の被害分析から現行の耐震設計法が一定の評価を得ていること等を総合的に勘案し、建築基準法の規定に対して最大1.25倍程度の割り増しとし、今後の研究進捗にしたがって適宜見直すべきものとされています。

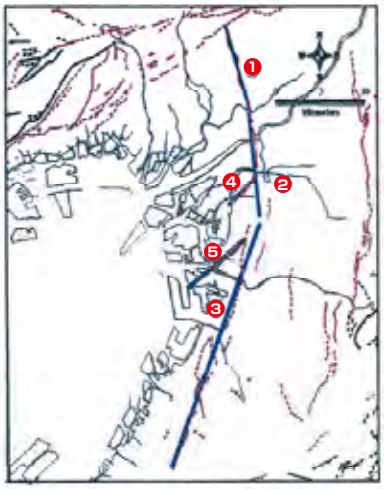
2. 上町断層地震に対するこれからの備え

その後10年を経る間に活断層調査や地震動観測記録が充実し、（独）産業技術総合研究所、内閣府中央防災会議等から活断層予測地震動が公表されるようになりました。大阪府・市が近年の研究成果を取り入れて活断層地震動を予測し、地震被害想定[3)]を行ったのもその一環です。

地震調査推進本部によると上町断層帯地震の発生間隔平均は8000年と言われ、今後30年間の発生確率は2～3%で、活断層では高い部類に入っています。予測地震動は地震発生シナリオなどによりその強さに大きな幅があり、いまだ確定的に定められる状態ではありませんが、1997年度（平成9年度）の予測波や法で規定する建築設計用地震動を上回る予測地震動が含まれていて、これに対してどう向き合うかが大きな課題となってきました。

このような状況下で（社）日本建築構造技術者協会関西支部（以下JSCA関西と略す）を事務局として設計実務者を中心として60社が集まり、大阪府下において法規定を超える可能性のある内陸直下型地震動に対して、いかに設計するかを研究する会を立ち上げました。研究会では、関西の大学研究者の意見を参考にしながら、約1年半の期間をかけて研究を続け、その成果は『上町断層帯（大阪市域）に対する建築設計用地震動および耐震設計指針』としてまとめられました。その中から設計用地震動の概要を以下に示します。

なお、指針の適用範囲は大阪市域の新築および既存の建築物のうち、高層建築物や免震建築物等、時刻歴応答解析により耐震安全性を検討する必要がある建築物を対象としています。これは、現時点では、建築物の地震時挙動を時刻歴応答解析により予測し、その変形性能に照らして耐震性能を評価することを基本としていることによります。



	対応断層	傾斜（度）
1	仏念寺山断層	75
2	上町断層北部	85
3	上町断層南部	（ケース31-35）
4	桜川撓曲	85
5	住之江撓曲	

- 活断層であることが確実なもの
- 活断層であると推定されるもの
- 物理探査などにより明らかになった活断層
- 30万年前以前にのみ活動した断層
- 連続性に富むシャープなリニアメント
- 主なリニアメント
- 想定震源断層

図-1　上町断層帯で想定された震源断層の位置

3.1. 設計用入力地震動

設計用地震動の策定にあたっては、近年の内陸直下型地震についての強震動予測や観測記録に関する研究成果をできるだけ反映させることとし、主として2006年の「大阪府自然災害総合防災対策検討委員会」の成果[3)]として得られている予測波が活用されています。これは、上町断層帯地震のほか、大阪府域に大きな影響を与えると考えられる複数の想定地震に対して地震被害想定を目的として500mメッシュ点について得られている予測地震動で、上町断層帯地震については、（図-1）に示すように全長58kmにわたる断層が一時に動くとし、断層破壊パターンの大きさ、位置、震源位置などの不確定要素に対して35ケースの地震発生シナリオを設定してつくられたものです。

指針では、作成された予測波の幅のなかで次の3段階の設計用地震動レベルを設定しています。いずれのレベルも法令で定める極めて稀に発生する地震動（告示波）を超えるレベルの地震動ですので、構造設計者は建築主など関係者との協議のもと、いずれかのレベルを設定して設計を進めることになります。

レベル3A：上町断層帯地震を考慮する際の基準となるレベルで、大阪府市予測波の発生シナリオ35ケースの平均的なレベルに相当する。

レベル3B：基準のレベルより高い安全性を求めて設定するレベルで、より大きなばらつき範囲をカバーするレベル。大阪府市予測波の発生シナリオ35ケースの70%程度を含んだ地震動レベルに相当する。

レベル3C：基準のレベルに比べ、特段の高い安全性を求めて設定するレベルで、さらに大きなばらつき範囲をカバーするレベル。大阪府市予測波の発生シナリオ35ケースの85%程度を含んだ地震動レベルに相当する。

なお、35ケースの発生シナリオは断層に沿った全域に大きな地震動が生じるように配慮して設定されているものであり、それぞれの発生確率は残念ながら不明です。したがって、上記の70、85%の数字は発生確率に対応するものではなく、大阪府市予測波のばらつきに対応するものであることに注意する必要があります。

また、大阪市域を（図-2）に示すように6つのゾーンに区切って、地盤特性等に応じた設計用入力地震動をそれぞれ設定しています。このゾーン区分は、大阪府市の構造物耐震対策検討において、主として土木構造物検討用に用いる「標準地震動」を設定する際に行われたゾーン区分[7]にならったものです。（ちなみに1997年の大阪市地震動は、大阪市域を東西2ゾーンに区分）

今回の指針で建築物設計用に設定された入力地震動の大きさを極めて大づかみに表現すると、ゾーンにより多少の差はありますが、大地震レベルの告示波と比べて3Aレベルはおよそ1.2倍前後、3Bレベルは1.5倍前後、3Cレベルは1.8倍前後、ということができます。

予測波形を分析すると比較的フラットな応答スペクトル形状を示すケースもある一方で、非常に大きくかつ周期特性の明瞭なケースがあります。このような地震動の傾向を反映するものとして、水平方向設計用入力地震動はフラットタイプ地震動とパルスタイプ地震動の2つのセットで設計に用いるものとして提示しています。

ゾーンA3のEW方向を例にフラットタイプ地震動の設計用応答スペクトルpSvを（図-3）に、そのレベル3B地震動のSvを（図-4）に、パルスタイプ地震動のレベル3B地震動のSvを（図-5）に示します。（図-3）には比較のため標準3波（最大加速50cm/s）のSvを重ねて示しています。

また、上下地震動も地表面で定義し、水平地震動と対応するようにフラットタイプ地震動と組み合わせる上下地震動、パルスタイプ地震動と組み合わせる上下地震動を提示しています。

今後引き続き生駒断層帯地震動、中央構造線断層帯地震動、有馬高槻断層帯地震動を定示していく予定です。

3.2.目標とする耐震性能

指針で扱う内陸直下型地震は、今後30年以内の発生確率は2～3%と言われている一方で、多くのケースが考えられる断層破壊パターンに応じて予測地震動の大きさにかなりの幅があり、個々の建設地において大きな影響を及ぼす地震の発生確率は、海洋型地震に比べて、かなり低い確率であると考えられます。したがって、高層建築物等の一般的な耐震性能目標よりも、倒壊・崩壊に対して、より踏み込んだ次の状態に至ることを許容することにしています。

限界状態Ⅰ：下記の終局的な限界状態Ⅱに対してある程度の余裕があり、非倒壊の保証を目標とする限界状態として設定する。「本震でこの状態におさまっていればある程度の余震にも耐えることができ、一定期間の使用が可能な状態（応急対策が必要な場合もある）」と位置づける。

限界状態Ⅱ：最新の研究レベルを踏まえて設定する建築物が倒壊しない限界の状態。この状態を確認するためには詳細な解析や、さらなる調査・研究を必要とする場合がある。

3.1.で示した3段階の設計用地震動レベルと、2段階の終局安全性に対する耐震クライテリアが設けられたことになります。図-6にこれら設計用地震動レベルと耐震クライテリアの関係をしめしますが、どの組み合わせを採用するかについて建築主と設計者が協議し、設定することになります。

いずれも法を超えるレベルの地震動を対象とするものであるため、その適用は、建築主と設計者の自主的な判断によるものですが、新築建物については、「3Bレベルに対して、限界状態Ⅰ以下とする。」ことを目指したい、とされています。ケーススタディによると、この目標を達成するためには、これまでの設計と比べて、若干の補強が必要となる見込みです。一方、既設の高層建築や免震建物に対して、どのレベルの地震動をターゲットとするか、補強が必要な場合、どのような補強が合理的か、といった大きな課題は、少し時間をかけて解決すべきものと考えます。

4.おわりに

今回、未曽有の東日本大震災を経験し、日本の国土がいかに自然の容赦ない振る舞いにさらされているかを痛感しました。このような状況下で、大阪府域内陸直下型地震がどのような規模で襲ってくるかは、未だまったく確定的ではないなかで、民間の設計者が自主的にその危険性に対峙して設計法を取りまとめ、指針の形で提示されました。研究会の成果が、過剰な設計であるのか、あるいはこれでも不十分であったかどうかは自然の回答を待つしかありませんが、いたずらに騒ぐことなく、社会全体で耐震設計を考える魁となり、一歩ずつ備えを進めていくことが期待されます。

※参考文献
1）大阪市:大阪市土木建築構造物震災対策技術検討会報告書、1997.3.
2）大阪市:大阪市土木建築構造物震災対策技術検討会建築物の耐震性向上の指針 解説編、1997.3.
3）大阪府:大阪府自然災害総合防災対策検討（地震被害想定）報告書、平成19年3月

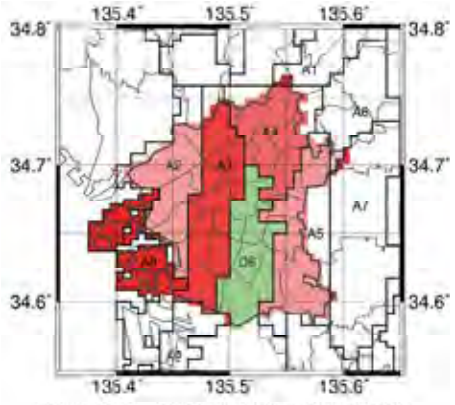


図-2　内陸直下型地震に適用する大阪市のゾーン分割

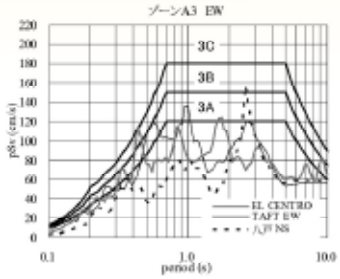


図-3　フラットタイプ地震動設計用応答スペクトル

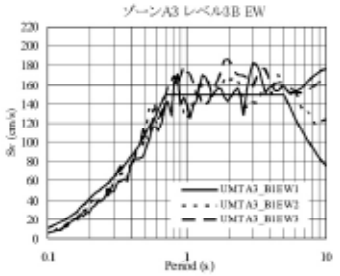


図-4　フラットタイプ地震動レベル3B EW　Sv

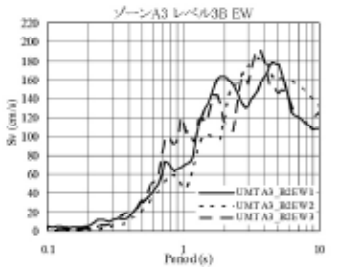


図-5　パルスタイプ地震動レベル3B EW　Sv

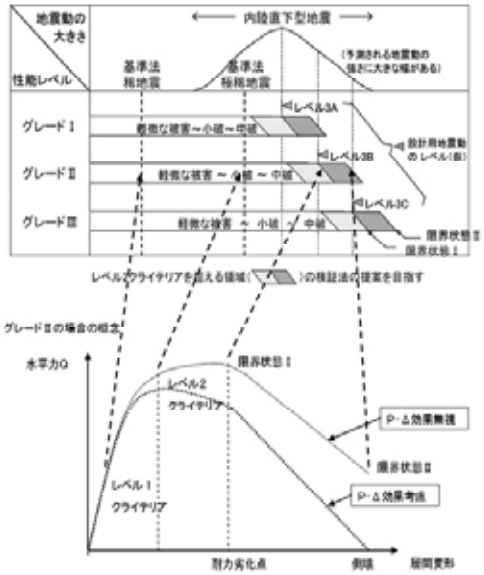


図-6　設計用地震動レベルと設計クライテリアの関係

2 東北地方太平洋沖地震による関東地方の液状化被害の特徴

基礎地盤コンサルタンツ株式会社 関東支社　石綿 しげ子
東京電機大学理工学部建築・都市環境学系 教授（工学博士）　安田　進

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震（以下東日本大地震）は、マグニチュード9と大きく、3分以上の継続時間、500kmに達する震源域の広がり、大津波の発生など前例のない桁違いの巨大地震であった。震源から約350km以上離れた太平洋に臨む東北地方から東京湾岸の低地では、広範囲に液状化現象が発生した。首都圏では震度5強～6弱の揺れを生じ、余震が続くなかで液状化の再発が認められた。特に東京湾臨海部や太平洋の沿岸の埋立地、関東平野の主要河川沿いの低地では、液状化現象に伴い地表へあふれだした多量の噴砂・噴水が広範囲に確認された。液状化被害は、家屋や電柱の傾きや沈み込み、上下水道などの地中埋設物の浮き上がりや破断などを生じ、首都圏の都市機能や生活基盤に大きな混乱をきたした。

液状化被害の実態調査は震災直後から現地踏査が行われ、地盤工学会も国土交通省関東地方整備局から委託を受けて液状化地点と地形的な特徴を報告している[1]。そのなかで、液状化被害は埋立地に集中しており、埋め立て時期の違いや液状化対策の有無が明暗を決めたと判断されている。本文では上記の検討成果の資料（以下会議資料）、安田らによる詳細な調査報告[2)3)]を参考に液状化発生地点の地盤災害について述べる。

2. 液状化発生地点と沖積層

関東平野には利根川（中川－荒川）水系と鬼怒川水系の河川が流れ、流域に広がる低地には沖積層と呼ばれる軟質な粘土層と緩い砂層が分布する。沖積層は、後氷期の海面低下期に形成された基底面と、台地縁辺には縄文海進時につくられた波食棚の平坦面の広がりから層厚が変化している。関東平野の沖積層の層厚分布図[4]を（図-1）に示す。平野の中央部の低地では厚さ40m前後で広がり、下流や河口部の低地では谷幅が深くなるため厚さ10～70mと変化している。近年の宅地開発は水田跡地の低地に多く、沖積層の上位に盛土や埋土した人工土層が重なっている。

（図-1）に示す液状化発生地点は、震源に近い茨城県や千葉県を流れる利根川・鬼怒川流域の旧河道や干拓地、東京から千葉の遠浅の海岸を造成した東京湾岸の埋立地で広範囲に発生し、九十九里平野北部の海岸、内陸部の鬼怒川中流の低地、荒川下流の護岸沿い、中川沿いの盛土した低地では局地的に分布する。

これら液状化発生地点を沖積層の層厚分布図にのせてみると、発生地点は沖積層の厚い谷部よりも、台地縁辺部の斜面下の周辺に集中する。液状化発生地点の累積個数と低地の微地形の特徴を（図-2）に示す。微地形のなかで埋立地に集中し、次いで三角州・海岸低地、後背湿地、干拓地、砂州・砂礫州、旧河道・旧湖沼、自然堤防などに多い。なお、液状化メッシュ個数は、250mメッシュによる微地形区分に含まれた液状化発生地点[1]を表す。

3. 東京湾岸の地盤と液状化被害

東京湾岸沿いの現地調査などで確認された液状化範囲と非液状化範囲を（図-3）に示す。東京湾北部の埋立地は、洪積地盤の下総

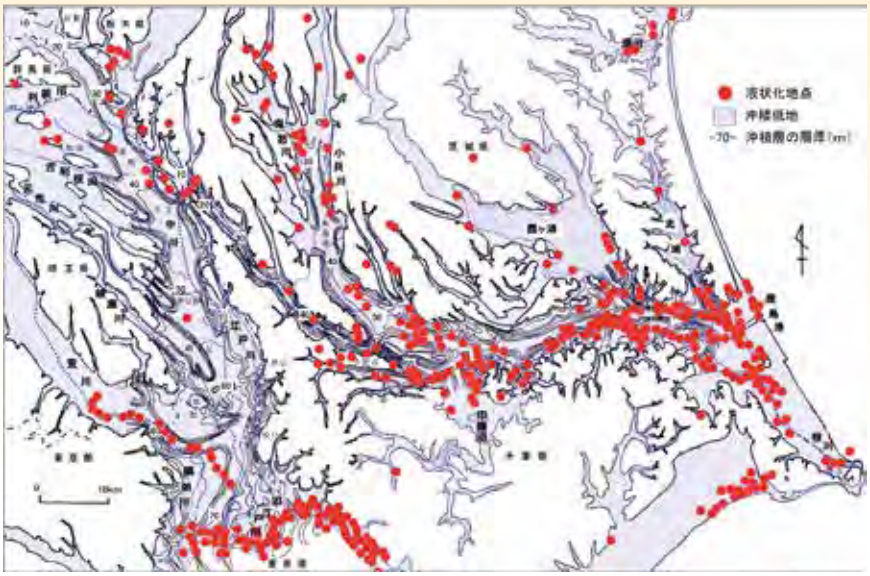


図-1　東北地方太平洋沖地震による液状化発生地点と沖積層層厚分布図
（液状化発生地点は液状化対策検討会議資料[1]と沖積層の層厚分布図は遠藤邦彦ほか[4]に地形を編集）

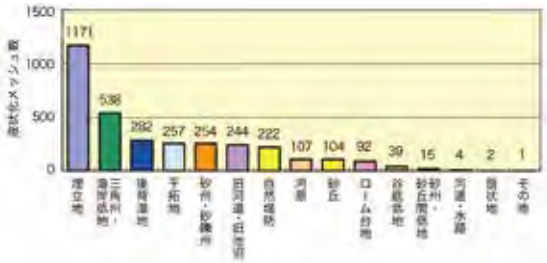


図-2
液状化発生地点の微地形[1]

図-3　東京湾岸の液状化発生地区（安田・萩谷、2011に加筆）
浦安（A）、習志野（B）、美浜区（C）は土質断面（図-4）の位置
赤枠は液状化範囲、青枠は非液状化範囲、青破線は沖積層基底の谷[5)6)]

層群（更新世中期）を削り込んで堆積する沖積層（更新世後期から完新世）が重なり、表層部を埋土層が覆っている。沿岸には東京湾から延びる沖積層の埋没谷が複雑に入り込んでおり、浦安市の埋立地にも沖積層の厚い谷が伏在している。周辺の台地は関東ローム層が覆い、下位に硬質粘土層を挟み密に締まる砂層からなる下総層群が分布する。

液状化発生地点は、戦後1964年以降に造成された海側の埋立地に集中する。古い埋立地ほど被害が少なく、埋立地の造成年代の違いが想定される。海側の埋立地で生じた被害は、大規模な砂の噴出や噴水の影響により戸建住宅、街灯、電柱の傾斜や沈下、護岸沿いの堤防の変形、一般道路の陥没や隆起や周辺のライフラインの管渠の地下埋設物の損傷が顕著であった。

特に被害が大きかった千葉県浦安市、習志野市では、1968年以後に開発された埋立地のほぼ全域で液状化現象がみられた。一方、千葉市美浜区では、液状化が発生した地区と発生しない地区が隣接していた。埋立地の中でも地盤の液状化対策をしていた集合住宅や高架・埋設施設構造物では、被害は無かったか比較的軽微であった。

浦安、習志野、美浜区の土質断面図[3]を（図-4）A～Cに示す。浦安の断面は埋没谷を縦断する方向を表す。沖積層は厚さ10～60mと変化しており、地層は非常に軟らかい粘土層を主体とし、上部に緩い砂層がほぼ水平に重なる。埋土層は厚さ6～9mと厚く、N値2～8程度の砂質土層で造成されている。一方、習志野、美浜区は、沖積層が厚さ5～10m前後あり、海側へ向かって厚くなっている。地層は緩い砂層を主体とし、下部に軟らかい粘土層を挟む。両地区の液状化被害を受けた埋土層は、厚さ5～10m前後あり、N値0～5程度の緩い砂質土と粘性土で造成されている。各地区の地下水位はGL-3m以浅と浅い。

東京湾岸で採取した噴砂の粒径加積曲線[2]を（図-5）に示す。液状化した砂は、非常に細かいシルト質砂や砂質シルトであり、細粒分含有率は10～90%と大変多い。このように細かい砂が液状化すると透水係数が小さいため噴水の時間が長く、また、噴水にのって土粒子が地表に噴き上がりやすいので、噴砂量が多かったと思われる。

液状化被害を受けた埋立地では、埋立地の海側で大きく沈下し、古い埋立地ほど沈下が小さい傾向がみられる。地盤（舗装面）の沈下量は、単なる液状化後の圧縮沈下量よりは大きく、地表面に噴出した砂をとり除いたためと思われる。

4. そのほかの地区の液状化被害

茨城県潮来市や稲敷市周辺の利根川の低地では、旧湖沼の干拓地、旧河道、砂利採取跡地などの埋立地で広範囲に噴砂が確認された。このほかに利根川や荒川沿いの氾濫原では、蛇行河川につくられた旧河道を横断する河川堤防や道路、沼沢地を埋め立てた造成地などで液状化による地盤変状がみられた。

5. まとめ

東日本大地震の液状化災害からみた課題を以下にまとめる。

- 地震動の大きさのみならず揺れの時間的長さなどの影響を受けて、太平洋沿岸の埋立地では液状化現象による被害が多発した。
- 事前に液状化対策が行われている地盤では被害が少なく、地盤工学液状化判定方法が有効であった。
- 埋立地に集中した液状化による戸建て住宅とライフラインの被害は甚大となり、復旧・復興、防災・減災の対策のガイドラインの策定が課題とされる。
- 埋立地の造成年代による液状化のメカニズムの追究、今後の震災の防止・軽減に向けた適切な液状化判定法の分析が望まれる。
- 液状化被害の全容は把握しきれておらず、補足調査が望まれる。

※参考文献

1）国土交通省関東地方整備局：東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態調査結果について、http://www.ktr.mlit.go.jp/bousai/bousai00000061.html、2011.

2）安田進・原田健二：東京湾における液状化被害、地盤工学会誌、Vol.59、pp.38-41、2011.

3）安田進・萩谷俊吾：東日本大震災で液状化した東京湾岸における土層断面図の作成、第8回地盤工学会関東支部発表会、20011（提出中）.

4）遠藤邦彦・小杉正人・菱田量：関東平野の沖積層とその基底地形、日本大学文理学部自然科学研究紀要、Vol.23、pp.37-48、1988.

5）貝塚爽平編：東京湾の地形・地質と水」、築地書館、pp.99.

6）遠藤邦彦・石綿しげ子：首都圏の地盤―沖積層を中心に、基礎工、vol.33、no.11、p6-9、2005.

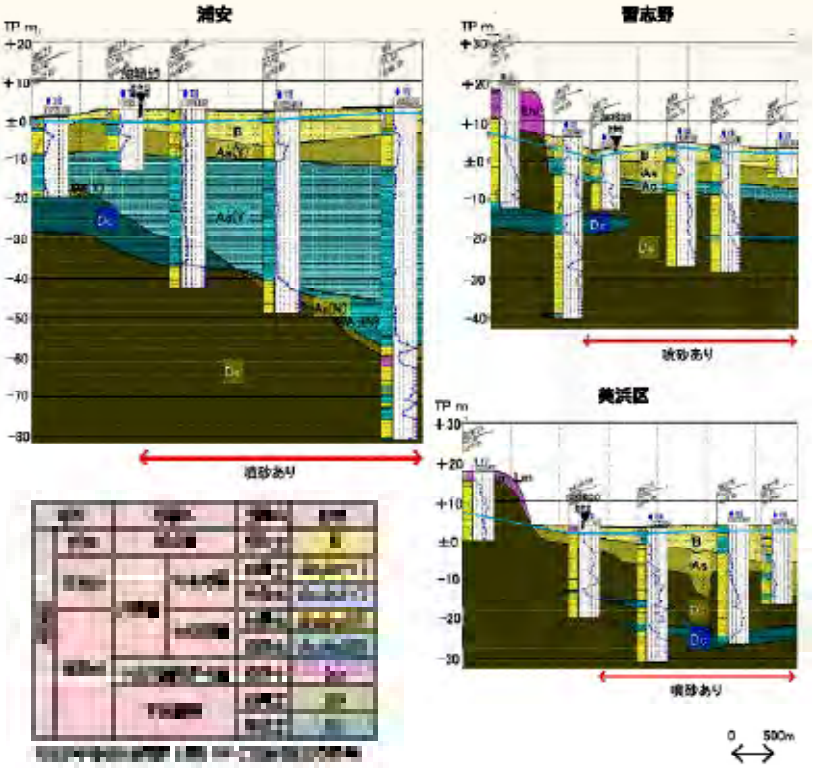


図-4　浦安（A）、習志野（B）、美浜区（C）の埋立地を横断する土質断面図

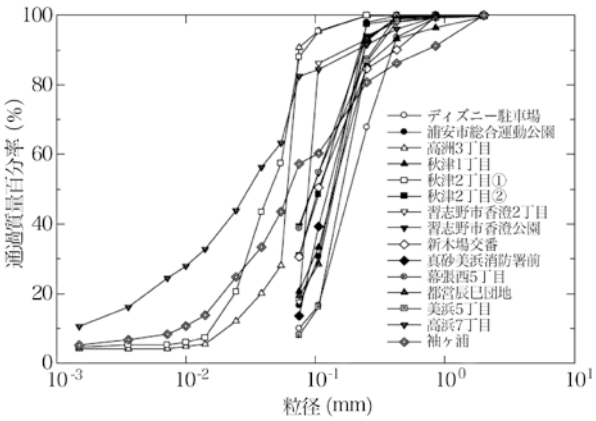


図-5　噴砂の粒径加積曲線[2]

石綿 しげ子（いしわた しげこ）

基礎地盤コンサルタンツ株式会社 関東支社 嘱託
1974年3月 駒沢大学文学部地理学科卒業
同年4月 基礎地盤コンサルタンツ株式会社入社
第四紀層を主体とする地盤調査、地形・地盤条件に係る技術的な調査業務を重ねる。
沖積層の堆積環境と地盤特性に関する調査・研究に専念。
2010年8月より現職。

安田 進（やすだ すすむ）

東京電機大学理工学部建築・都市環境学系 教授（工学博士）
1966年4月、九州工業大学開発土木工学科卒業。1975年3月、東京大学大学院工学系研究科博士課程土木工学専攻修了後、基礎地盤コンサルタンツ（株）に入社。九州工業大学工学部 助教授を経て、1994年4月から東京電機大学理工学部教授。主な著書に『性能規定型耐震設計』『液状化対策の調査・設計から施工まで』（共著・地盤工学会）、『液状化の調査から対策工まで』（鹿島出版会）など。

3 地震考古学から見た南海トラフの巨大地震

産業技術総合研究所 招聘研究員　寒川　旭

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震（M9.0）。太平洋沿岸に押し寄せた巨大な津波が集落を呑み込み、多くの尊い命が失われた（東日本大震災）。想定を遙かに上回る津波といわれるが、過去を振り返ると、平安時代の869（貞観11）年にも、同じような津波をともなう地震が存在した。菅原道真が中心になって編纂した『日本三代実録』には、多賀城が地震の被害を受け、城下に押し寄せた津波によって、約千人が溺れ死んだことが記されている。さらに、東北大学や産業技術総合研究所の地質調査によって、記録を裏付ける津波堆積物が確認された。

2. 地震考古学

私たちが暮らしている日本列島では、大きな地震が繰り返し発生している。そして、将来の地震に備えるためには、過去の地震について知っておくことが大切だということを、今回の震災によって強く認識させられた。

日本には、過去千数百年におよぶ文字記録があり、この中には地震に関する記述も多い。そして、もう一つのユニークな情報源が考古学の遺跡である。全国で実施されている遺跡の発掘調査では、断層・地割れ・地滑り・液状化現象などの地震痕跡が顔を出している。これらの地震の発生時期は、建物跡・溝跡などの遺構や、土器・陶磁器などの遺物の年代を手がかりにして知ることが可能だ。このように、考古学の遺跡で地震痕跡を研究するのが「地震考古学」で、1988年に誕生した新しい分野である。

一例として、沖積低地でよく見つかる液状化現象の痕跡を取り上げたい。（図-1）は京都府埋蔵文化財調査研究センターが調査した八幡市の木津川河床遺跡である。液状化現象によって地面を引き裂いて噴砂が上昇した痕跡が真っ直ぐにのびていて、近寄って観察すると（図-2）、砂の詰まった割れ目（砂脈）が矢印の高さで止まっている。これが地震当時の地表面で、地震直後は、噴砂が地面を覆っていたはずである。しかし、地面に流れ出した噴砂は、すぐに浸食を受け、あるいは、人間に取り除かれることが多い。（図-2）でも、噴砂は消失し、砂脈だけが残っている。

この写真でわかるように、砂脈が引き裂くのが地震前の地層、砂脈より上に堆積したのが地震後の地層である。前者には中世の遺物が多く含まれ、後者には近世の遺物が多く含まれているので、中世から近世に移行する年代の地震痕跡とわかる。実際、京阪神・淡路地域は1596年9月5日（文禄5・慶長元年閏7月13日）の伏見地震によって甚大な被害を被ったことが、貴族の日記や寺社の記録からわかる。この地震の激しい揺れによって生じた液状化現象の痕跡が、遺跡に姿を現したのである。

図-1　木津川河床遺跡に現れた液状化現象の痕跡
真っ直ぐのびる砂の帯が砂脈である（以下の写真はすべて寒川撮影）。

図-2　液状化跡から地震の年代を探る
砂脈が引き裂くのが中世の地層で砂脈を覆うのが近世の地層（伏見地震の痕跡）。

図-3　内里八丁遺跡の液状化跡
液状化した砂層から、噴砂が上昇している（伏見地震の痕跡）

また、(図-3)は八幡市教育委員会が発掘した内里八丁遺跡の液状化跡だが、噴砂を供給した砂層まで掘り下げると全体像がわかる。噴砂を供給した砂層の深さは、当時の地面から2m以内であることが多い。

3. 南海トラフの巨大地震

遺跡の地震痕跡を使った研究としてもう一例、南海トラフから発生する巨大地震について説明したい。

駿河湾から四国沖にかけての海底にのびる南海トラフでは、陸のプレートの下にフィリピン海プレートが潜り込みながら巨大地震を引き起こしている。このトラフを西からA～Eと5区分した(図-4)。A・Bで起きるのが南海地震、C～Eで起きるのが東海地震である。そして、この図に、文字記録からわかる東海地震と南海地震の発生年を書き入れた。最も古いのは、『日本書紀』に登場する684年の白鳳南海地震である。

文字記録から求めた東海(東南海)地震と南海地震の場合、江戸時代以降は、150年以内の間隔で、ほぼ同時に発生している。江戸時代より前になると、一見、地震が少なくなるような印象を受けるが、江戸以前は史料が激減するので、地震が起きても文字記録として残らないことがあるからである。

例えば、1498(明応7)年の明応東海地震は多くの史料に記されているが、南海地震を示す記録はない。逆に、684(天武13)年の白鳳南海地震では、東海地震の存在が不明である。この場合、南海トラフの片方だけで地震が起きたのか、あるいは、両方で起きていたのだが、記録がないだけなのかという疑問が残る。また、南海地震に関しては、1099年と1361年、1361年と1605年の間隔が、それぞれ262年・244年と通常の倍になる。実際に発生間隔が倍近く変わるのか、それとも、間を埋める年代に南海地震が起きていたのだろうか?

このような記録の空白を考える上で、遺跡の地震痕跡が役立つ。例えば、四国の南西端にある高知県四万十市のアゾノ遺跡。11世紀から人々が居住し続けたが、15世紀の末頃の地面を引き裂いて噴砂が流れ出し、その後は生活が途絶えた。四国東部、吉野川下流の沖積低地にある宮ノ前遺跡(徳島県板野町)でも、同じ年代の液状化跡が見つかり、この頃に四国全体が大きく揺れるような地震、つまり明応東海地震に対応する南海地震が存在したと考えられる。

さらに、静岡県袋井市の坂尻遺跡では、多くの砂脈が7世紀中頃の複数の住居とそれを覆う地層を引き裂き、8世紀初めの地層に覆われていた。同じ年代の液状化跡が静岡市の川合遺跡や、愛知県一宮市の田所遺跡でも見つかり、白鳳南海地震と同じ頃に東海地震が発生したと考えられる。

一方、和歌山県那智勝浦町の川関遺跡では、西暦1200年頃の液状化跡が見つかって、南海地震の存在を示唆している。

南海トラフからの巨大地震の産物と考えられる地震痕跡を図に●で示すと、文字記録の空白が埋まり、A・Bからの巨大地震とC～Eの巨大地震は、同時、あるいは、連続して発生しているように考えられる。

4. 将来の巨大地震

時代が下り、1707(宝永4)年は南海トラフ全体から宝永地震(M8.6前後)、1854(嘉永7・安政元)年には安政東海地震(M8.4前後)と翌日の安政南海地震(M8.4前後)が発生している。昭和の場合は、1944年の東南海地震(M7.9)と、2年後の1946年には昭和南海地震(M8.0)が連続しているが、どちらも、1707年や1854年にくらべて地震規模はかなり小さかった。

今世紀中頃にも南海トラフから巨大地震が発生すると考えられている。これまでの発生の歴史から見ると、1707年のときのように南海トラフ全体から一つの巨大な地震として発生するか、あるいは、1854年のときのように東海地震と南海地震が連続して発生する可能性が高い。それが地震考古学の立場からの推測である。

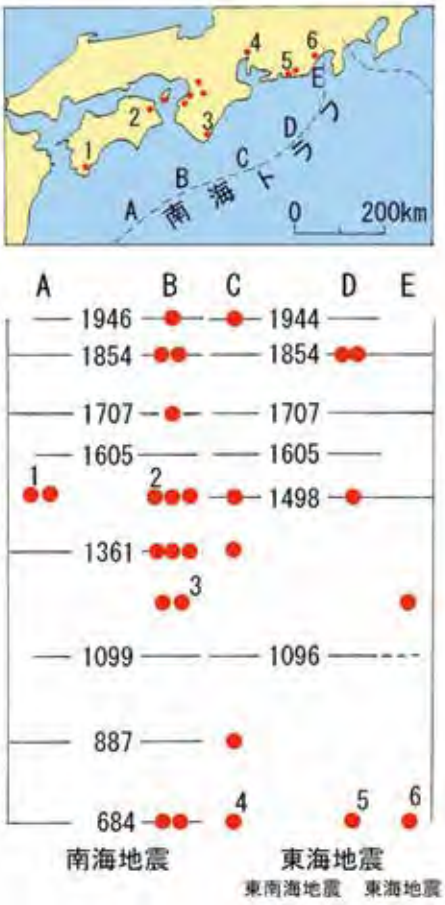


図-4　南海トラフからの地震年表
(寒川2010「秀吉を襲った大地震」平凡社新書に加筆)
西暦で示したのは記録からわかる地震の発生年で、丸印は遺跡で見つかった地震痕跡の位置と年代を示している。
1:アゾノ遺跡、2:宮ノ前遺跡、3:川関遺跡、4:田所遺跡、5:坂尻遺跡、6:川合遺跡、

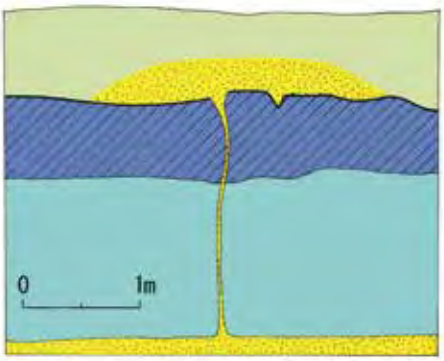


図-5　アゾノ遺跡の液状化跡
(寒川1992「地震考古学」中公新書に加筆)
西暦で示した濃い青色で示したのは11世紀から15世紀までの遺構・遺物を含む地層で、噴砂は15世紀末頃の地表面を覆っている。

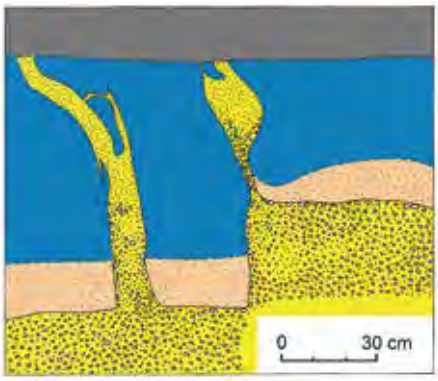


図-6　坂尻遺跡の液状化跡
(寒川2007「地震の日本史」中公新書に加筆)
砂脈は7世紀中頃までの地層(濃い青)を引き裂き、8世紀の地層(濃い灰色)に覆われている。

寒川　旭
(さんがわ あきら)

産業技術総合研究所 招聘研究員
昭和54年3月
東北大学大学院博士過程修了(理学博士)
同年4月 工業技術院地質調査所入所
平成13年4月 産業技術総合研究所主任研究員
専門は活断層で野島断層をはじめ近畿地域を中心に活動
1988年に地震考古学を提唱して遺跡の地震痕跡を研究
主な著書「地震の日本史増補版」中公新書、「秀吉を襲った大地震」「日本人はどんな大地震を経験してきたのか」平凡社新書　平成19年4月より現職

4 東日本大震災を踏まえて関西におけるこれからの津波防災を考える

関西大学 社会安全学部　高橋 智幸

1. はじめに

2011年3月11日午後2時46分頃、東北地方の三陸沖でマグニチュード9.0の巨大地震が発生した。この地震により引き起こされた津波は北海道から九州地方に至る太平洋沿岸の広い地域に来襲した。死者・行方不明者は約2万人、全壊・半壊家屋は約300万棟にも及ぶ甚大な被害が発生しており、そのほとんどが津波によるものであった。

東日本大震災はこれまで我が国で行われてきた津波防災の問題点の多くを明らかにした。そして、それらの問題点は東北地方に限ったものではなく、関西地方における津波防災でも同様に発生すると考えられる。そこで、本稿では従来の津波防災の問題点を整理するとともに、関西における今後の津波防災においてどのように対処していくべきかを考える。

2. 津波被害想定の過小評価

日本海溝付近の地震発生領域は（図-1）に示すように 8個に分割でき、それぞれが独立して地震を引き起こすと考えられていたが[1]、実際には 6個の領域が連動して破壊した。津波の初期条件は地震であるから、地震が過小評価されると津波も同様に過小評価されてしまう。これがメディア等でよく言われている「想定外」の直接的な原因である。その結果、各地で行われていた津波の被害想定は過小評価になってしまった。一例として、宮城県が作成した南三陸町志津川地区のハザードマップ[2]を（図-2）に示す。海岸付近の色が塗られている範囲が想定浸水域であったが、実際には図中左上の×印の地点まで津波は到達している。

このような過小評価はなぜ起こったのであろうか。それは近年の地震が（図-1）のように独立して発生していたためである。すなわち、比較的データが得られていて、よくわかっている地震に我々は惑わされてしまい、先入観を持ってしまっていた。しかし、プレートの境界は物理的にそこに存在しているのであるから、連動して破壊が起きることも物理的には考えられたはずであるが、残念ながら想像力が不足していた。

人間が行う防災であるから、外力を想定することは必要である。しかし、人間が想定しているのであるから、見誤る可能性も排除できない。「想定外」を言い訳にしてはいけないが、「想定外」が起きないように想定できると考えるのも人間のおごりである。我々はその時点での最新の知見を駆使して想定を行わなければならないが、それと同時に想定が間違っている可能性も想定しなくてはならない。想定外が起きないという考え方で行われている防災は、想定外が起きたときにより被害を拡大させてしまう。

図-1　想定されていた地震発生領域[1]

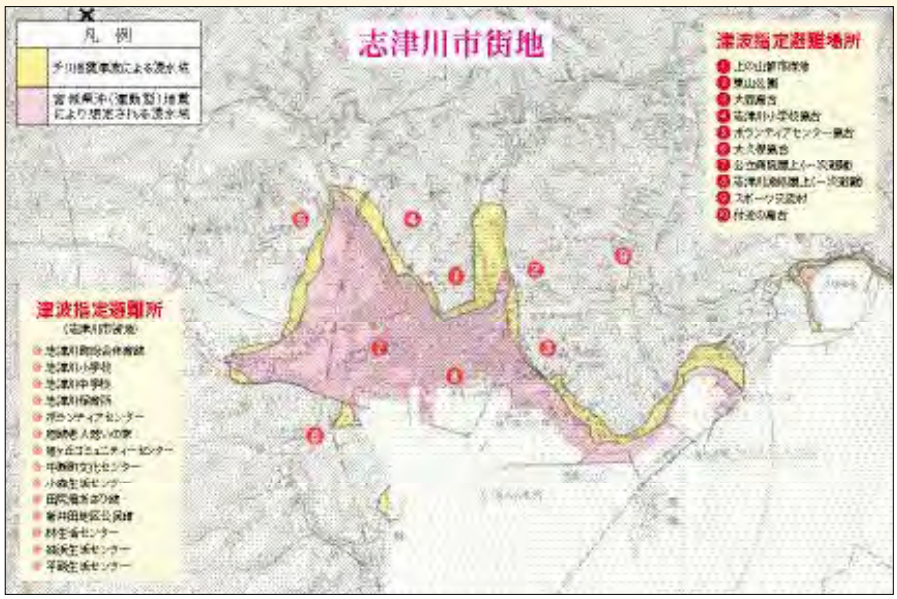


図-2　志津川の津波ハザードマップ（宮城県[2]作成に加筆）

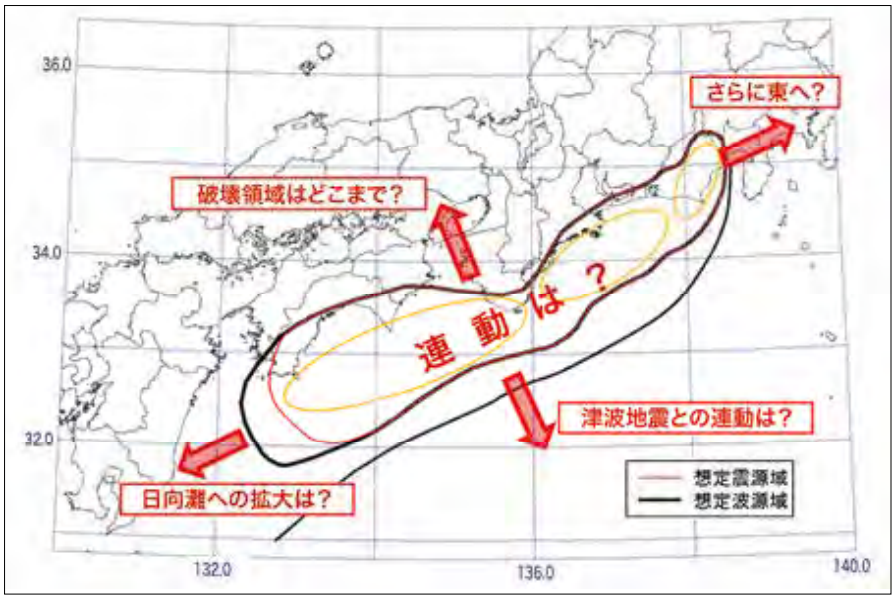


図-3　震源域・波源域の広さの考え方[3]

我々の知見は不十分であるという謙虚さを持つべきなのである。

東日本大震災を踏まえ、西日本においてもこれまでの想定を見直すことが必要であり、既に始まっている。そのひとつとして中央防災会議[3]における検討内容を（図-3）に示す。黄色で示された東海・東南海・南海地震の震源域を基準として、震源域および津波の波源域の拡大が検討されている。関西における津波防災の観点からすると、特に南海トラフ沿いへの拡大が重要となる（図中「津波地震との連動は？」と書かれた矢印の方向への拡大）。従来、フィリピン海プレートがユーラシアプレートの下へ沈み込んでいる浅部では津波を引き起こすようなすべりは発生しにくいと考えられていた。しかし、東日本大震災では海溝軸付近の浅部で大きな津波が引き起こされており、南海トラフにおいてもその危険性は否定できない。よって、このような新たな波源域を想定した津波のシミューレーションを実施し、各地域の被害想定を急ぎ見なおす必要がある。

3. 津波警報の過小評価

津波防災の主役は住民の避難行動であるが、そのためには適切な防災情報が提供されるとともに、それを活用するための防災教育が行われている必要がある。そして、津波における防災情報のかなめは気象庁が発表する津波警報である。

東日本大震災においても、気象庁は地震発生からわずか３分後に津波警報[4]を発表した（図-4）。極めて迅速な対応であったが、その時に示された津波の高さは岩手県で3ｍ、宮城県で6ｍ、福島県で3ｍと実際に来襲した津波に比べると著しい過小評価になっていた。その後、津波警報は何度も切り替えられていったが、第一報が住民の避難行動に悪影響を与えたことは否定できない。

なぜ津波警報は過小評価になってしまったのだろうか。それは津波の初期条件である地震を過小評価してしまったためである。今回の地震のマグニチュードは9.0であるが、発生直後に推定されたマグニチュードは7.9であった。このように超巨大地震の発生直後にマグニチュードが過小評価されたことは今回が初めてではなく、既に2004年インド洋津波でも同様のことが起こっている。実は現在の津波警報システムは津波を観測していない。地震計が記録したデータからさまざまな推定を繰り返して津波を予測している。そのため、地震が過小評価されると津波警報も低く発表されてしまうのである。すなわち、これは現行システムの限界であり、南海トラフでマグニチュード8以上の地震が発生した場合にも同様の問題が発生すると考えられる。

では、どのように我々は対応していくべきなのか。そのヒントを（図-5）に示す。これは国土交通省が設置している釜石沖のGPS波浪計が観測した津波の波形である[5]。気象庁はこの波形を参照して、地震発生28分後に津波警報を切り替えている。すなわち沖合で実際に観測した津波を基にして、沿岸部へ来襲する津波の予測精度を向上させることが可能なのである。（図-6）にGPS波浪計の観測位置[6]を示すが、西日本においても既に稼動しており、これらを有効に活用していくことが必要である。

4. おわりに

東日本大震災によって示された従来の津波防災の問題点を過小評価というキーワードで整理した。このような過小評価は東日本だけに限った問題ではなく、関西はもとより、すべての津波発生危険地域で起こり得る。我々はこの東日本大震災による被害をしっかりと受け止め、反省すべき点は謙虚に反省すべきである。そして、効果があった防災対策はより発展させ、今後の津波防災の改善に真摯に取り組んでいかなくてはならない。来るべき西日本大震災による被害を少しでも減らすことが東日本大震災を目のあたりにした我々の世代に課せられた使命であろう。

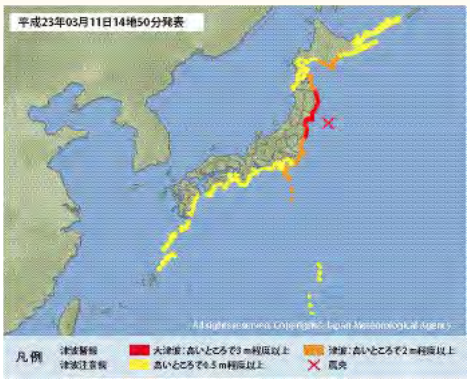


図-4　地震発生直後に発表された津波警報[4]

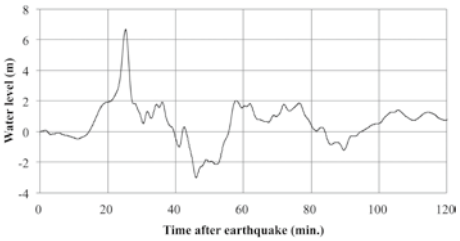


図-5　釜石沖のGPS波浪計が捉えた津波[5]

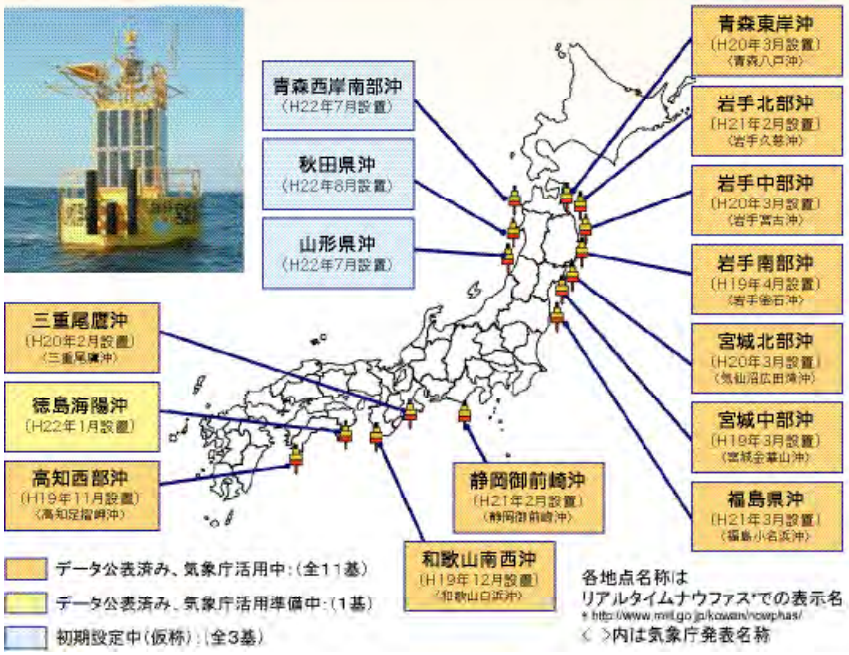


図-6　GPS波浪計の観測地点[6]

※参考文献
1）地震調査研究推進本部、三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価（一部改訂）、2009.
2）宮城県、津波ハザードマップ（南三陸町（志津川）、http://www.pref.miyagi.jp/sabomizusi/bousai/bou-ht5-1.html
3）中央防災会議南海トラフの巨大地震モデル検討会、資料5、2011.
4）気象庁、津波警報・注意報、http://www.jma.go.jp/jp/tsunami/
5）港湾空港技術研究所資料、No.1231、2011.
6）港湾空港技術研究、http://www.pari.go.jp/info/tohoku-eq/20110328pari.html

高橋 智幸（たかはし ともゆき）
関西大学 社会安全学部
東北大学災害制御研究センターにおいて日本海溝と千島海溝で発生する津波、京都大学防災研究所において南海トラフで発生する津波、秋田大学工学資源学部において日本海東縁部で発生する津波、ハワイ大学において遠地津波に関する研究を行ってきており、日本に来襲するすべての津波に精通。現在は関西大学社会安全学部において，津波や高潮、洪水などの水災害、水力発電やサンゴ再生などの水に関連した環境問題を研究中。

阪神高速大和川線と シールド発生土をリサイクルする 資源循環型プロジェクトの概要

阪神高速技術株式会社 発生土再生事業室　室長 山口 良弘　主任 富澤 康雄

1. 資源循環型プロジェクトの推進

地球温暖化や資源枯渇化が現実的な問題になっているなか、リデュース（発生抑制）、リユース（再利用）、リサイクル（再資源化）による資源循環型システムの構築が求められている。なかでも建設工事で発生する建設汚泥は再資源化率が低く、リサイクルの推進が課題となっていた。このため、国土交通省は2006年に建設汚泥の再生利用および適正処理を図るための方策を示し、環境省も同年、建設汚泥の再生利用を促進するための個別指定制度の積極的な運用を促進しているところである。

この制度を活用し、建設汚泥として取り扱われる阪神高速大和川線シールド工事の発生土を大阪市港湾局の第６貯木場土地造成事業に再生活用する「資源循環型共同プロジェクト」は実施されている。

同プロジェクトは、2008年２月に学識経験者らで構成する「大和川線シールド建設汚泥リサイクル検討委員会」からの提案を受けてスタートした。個別指定制度を活用することで大和川線建設事業と第６貯木場土地造成事業という異なる公共事業を連携し、事業の共同化を図ることにより、資源の有効利用、シールド発生土の適正処理、最終処分場の延命化、CO_2削減に寄与するとともに、両事業のコスト縮減を図ることができる。

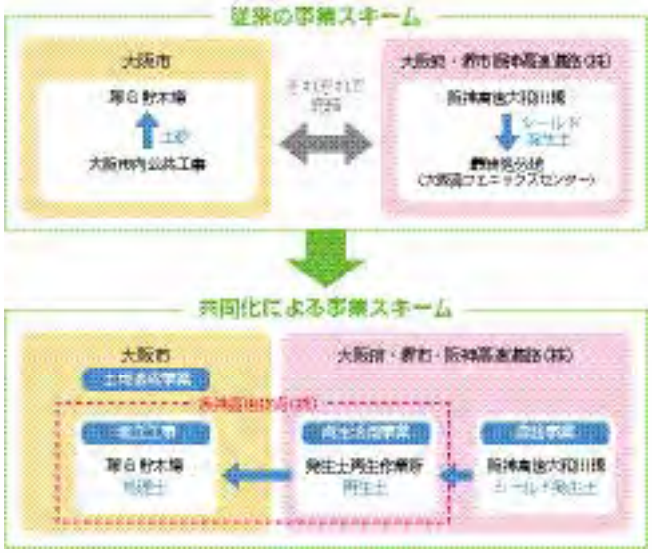


図-1　共同化による事業スキーム

このプロジェクトのなかで、阪神高速技術（株）は、再生活用事業の事業主体としてシールド発生土の搬出から再生、埋立工事まで全体に関与し、事業が円滑に推進されるようマネジメントする個別指定監理業を担っている。この共同化による事業スキームは全国初の試みである。

2. 大和川線高速道路事業と 第6貯木場土地造成事業の概要

大和川線高速道路事業は、「都市再生環状道路」の一部を形成する路線であり、堺市堺区築港八幡町で阪神高速道路４号湾岸線、松原市三宅中で14号松原線に接続する、延長約9.7kmの自動車専用道路である。この大和川線が整備されると大阪南部地域で臨海部と内陸部が高速道路で直結し、東西方向の一般道路の交通混雑が大幅に緩和され、利便性が向上する。

一方、第６貯木場土地造成事業はこれまで輸入された原木を保管する水面貯木場だったが輸入木材の製材化にともない、陸上貯木場への転換が求められていた。そのため、大阪市は貯木場を埋め立てる土地造成事業に着手。第１工区の埋め立て完了後事業は中断していたが、この度の阪神高速大和川線シールド工事の発生土を再生活用するという新しいスキームのなかで再開されることになった。その事業規模は、埋め立てが完了している第１工区3haと今回新たに埋め立てされる第２工区8.3haの約11.3ha（11万３千㎡）になる。

3. 発生土再生活用事業の概要

発生土再生活用事業は、大和川線のシールド発生土の再資源化を図り、公共の大規模土地造成事業に再生活用するというものである。発生土を埋立材として使用可能にするため、品質基準および品質管理方法を定め、処理土の改良を行う。そのため、適正な管理ができる施設として、大阪市住之江区の第６貯木場南西に面する約７千㎡の土地に発生土再生作業所を建設した。

作業所には、監理事務所、投入ピット、改質施設、分級施設、ベルトコンベアなどが設けられている。改質施設では、シールド現場から運搬されてきた発生土を埋め立てに適した品質にするため、中性固化材を添加して撹拌混合し、埋立資材に再生する。分級施設では、これを粒径の大小で仕分け分類し、粒径の小さいシルト粘土については、場外の中間処理施設で脱水固化した脱水ケーキを再び再資源化施設に搬入し、改質土と混合し、第６貯木場の埋立資材として活用するという流れだ。

※参考文献委員会等
「大和川線シールド建設汚泥リサイクル検討委員会:阪神高速道路（株）」〈2008年2月〉
「第6貯木場土地造成事業検討会:大阪市港湾局」〈平成20年7月〉
「大和川線シールド発生土再生活用事業技術検討委員会:阪神高速技術（株）」〈2010年10月〉
「大和川線シールド発生土再生活用事業評価委員会（品質管理部会）阪神高速技術（株）」〈2011年4月〉

4. ETCを利用して発生土の運搬を適正管理

大和川線のシールドトンネル工事で排出されたすべての土砂が確実に発生土再生作業所へ運ばれ、他に不法投棄されることがないように、そして大和川線シールド工事以外の土砂等が発生土再生作業所に持ち込まれることがないように、ETC 電子マニフェストシステムによる管理・運用を徹底している。同システムでは、従来の紙マニフェストや IC タグ、携帯電話を利用した電子マニフェストに比べて、情報の書き換えや成りすまし、不正発行が困難であるため、厳格かつ効率的な管理が可能である。(図-2)

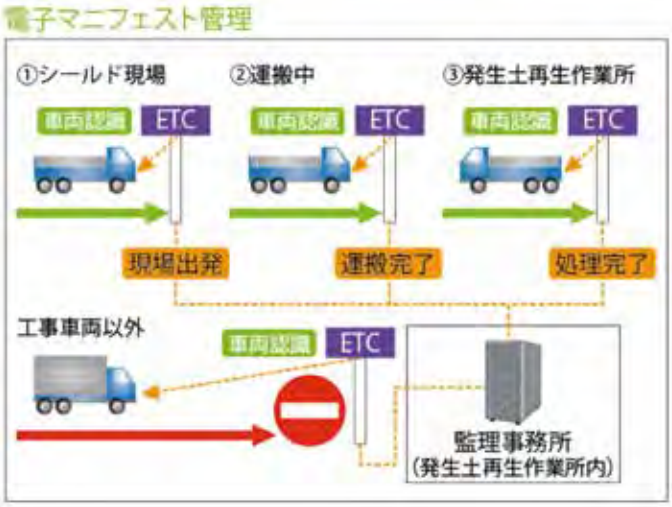


図-2　ETC電子マニフェスト管理

あわせて GPS ナビ機能と連絡機能を活用することで、運搬ルートの管理や混雑時・非常時の待機・迂回を指示し、適正で円滑な作業の進行を図っている。(図-3)

図-3　GPS運搬状況管理

また、発生土再生作業所の入場に際しては、運搬車両に対して ETC と GPS 車載器の搭載を義務づけ、1台ごとに ETC で車両認証および車両登録を実施している。運転手に対しては、事前の入場教育として、運搬ルート、安全運転、車載器操作方法などに関する説明を行っている。

＜主な管理内容＞
●登録された工事車両以外の施設への入場禁止 (写真-1)
●発生土情報の不正な数値改ざん、記入漏れの防止
●車両走行位置、走行経路のリアルタイム監視 (写真-2)
●工事車両の経路外走行に対する警告
●道路混雑時のルート変更や待機の指示

写真-1
ETC車両認証
(発生土再生作業所)

写真-2　GPS運搬状況管理画面とGPS車載器

5. 改質土の品質管理

再生活用事業における改質土の品質を確保するため、関係法規等を遵守のうえで品質管理マニュアルを策定し、管理基準および判定基準を定めて適正に管理している。品質管理マニュアルは、大和川線のシールド工事現場における土砂による室内試験および実際の改質設備で改良土の土質試験と化学試験を実施し、判定基準への適合性の確認ならびに改質処理に係る処理条件を検証してマニュアル化したものである。(表-1)

・土質試験：ｐＨ (6.0以上9.0以下)、
　コーン指数400ｋN／m²以上、第３種相当
・化学試験：実験結果に基づく基準超過の恐れのある項目
〈鉛〉検液1L につき0.01ｍg /L 及び土壌１ｋgにつき150ｍg以下
〈ひ素〉検液1L につき0.01ｍg /L 及び土壌１ｋgにつき150ｍg以下
〈ふっ素〉検液1L につき0.8ｍg /L 及び土壌１ｋgにつき4,000ｍg以下
〈ほう素〉検液1L につき1.0ｍg /L 及び土壌１ｋgにつき4,000ｍg以下

表-1　品質管理基準

6. おわりに

シールド発生土をリサイクルする「資源循環型共同プロジェクト」は、道路事業の事業主体および排出事業者・再生活用業者・建設処理土活用業者の工事関係者と工程調整等を図りつつ、大阪市港湾局および大阪市環境局とも協議しながら遂行されている。埋立盛土工事は2011年２月よりスタートしている。阪神高速技術㈱は、再生活用事業の事業主体として、循環型社会の推進に寄与することで、阪神高速グループの一員として社会貢献を目指している。

なお、本事業の遂行において、委員会を通じ多大な協力をいただいている嘉門先生(香川高等専門学校校長)および勝見先生(京都大学教授)には、この場をお借りし、感謝の意を表します。

山口 良弘 (やまぐち よしひろ)
阪神高速技術株式会社 発生土再生事業室 室長
昭和54年4月　阪神高速道路公団採用
高速道路の建設･管理現場を経て、主に設計･環境関連部署で従事
平成17年10月　阪神高速道路株式会社
平成22年7月　阪神高速道路株式会社から出向して現職

富澤 康雄 (とみざわ やすお)
阪神高速技術株式会社 発生土再生事業室 主任
平成18年4月　阪神高速技術株式会社採用
平成20年7月　発生土再生事業室発足時から当業務に従事して現職

歴史的巨大プロジェクト 大阪城石垣の構築技術に学ぶ

工博 関西大学名誉教授　西田 一彦　　工博 大阪産業大学教授　玉野 富雄

1.はじめに

明治以前、すなわち産業革命による機械化施工以前における我が国の土木技術をみた場合、世界的に誇るべき第一級の建設文化としての価値を持つものに、近世城郭の石垣がある。その技術的頂点に位置するものとして、徳川期の大阪城石垣築造技術がある。現在、我々が目にする大阪城は、慶長20年（1615）の大坂夏の陣の後、天下普請として建設された。豪壮華麗な構造美をもった我が国最大の城郭として、元和6年（1620）から寛永6年（1629）のわずか10年という短期間で築かれた。そこには、当時の最先端技術といえる技術者の挑戦の跡がみて取れる。石積みの芸術と称される建設文化としての歴史的・文化的価値とともに、日本人の精緻な芸術美への感性が示されているだけでなく、極めて優れた科学技術の原理がその中に認められる。

本稿では、こうした観点より、“歴史的巨大プロジェクト大阪城石垣の構築技術に学ぶ”と題して、縄張り（グランドデザイン）と地震時の免震構造特性について紹介する。

2.大阪城石垣の縄張り

大阪城石垣は、石垣総延長12km・最大石垣高さ32mの世界屈指の巨大石造構造物である。（写真-1）に大阪城全景を示す。その石垣築造においては、瀬戸内海の小豆島・犬島などの島々や六甲山から切り出されて、ほぼ直方体形状に割石加工された世界最大級の花崗岩石垣石（約100万個と推定）が積み上げられた。また、地下水の多い地盤条件下で、最大幅約120m・最大掘削深さ約20mという難しい堀の掘削が行なわれた。

大阪城石垣は、石垣構造比（石垣面の水平長さと高さの比）、石垣形状での2次元断面曲線（“算木積み”と呼ばれる隅角部石垣構造）および3次元石垣曲面（“平の透き”と呼ばれている）に見られる3次元の構造美や構造形式としての力学的合理性から見て、極めて優れたものである[1)3)]。（写真-2）にそれらが顕著に表れている南外堀石垣面を示す。

写真-1　大阪城全景

写真-2　大阪城南外堀石垣面

また、大阪城の石垣石の積み上げ角度は、石垣断面曲線に対し、石垣石間の接面が、ほぼ直角になるように積み上げられている。さらに、石垣石の控え長さは、他の近世城郭での石垣石に比べて格段に長く、正方形に換算した表面の一辺長さと控え長さとの比が2.5～3.0程度である。両要因は、大阪城石垣の強固さの基となっている。

次に、縄張りに関して特に重要な意味を持つ、石垣構造比について紹介する。大阪城石垣のような高い石垣構造の力学安定を考える場合、縄張り時に、出角部と入角部の付け方による石垣平面形状の3次元力学効果を期待したと考えられる。そこで、石垣面の上辺の長さを石垣高さで除した値を石垣構造比と定義し考察する。（図-1）に大阪城石垣おける石垣高さと石垣構造比の関係を示す。図より「石垣構造比安定上限曲線」と名付けた曲線より大きく上に出ている南外堀南側石垣面は、歴史史料および過去の現地調査により確認できた崩壊事例である。この事例では、寛永6年（1629）の崩壊後に寛永7年（1630）に修築が行われ、石垣構造比が12.5から3.5程度になるように石垣平面形状に屈曲を与えている。石垣崩壊を防ぐ技術的配慮として、3次元形状効果を考えたと明確に推察できる事例である。

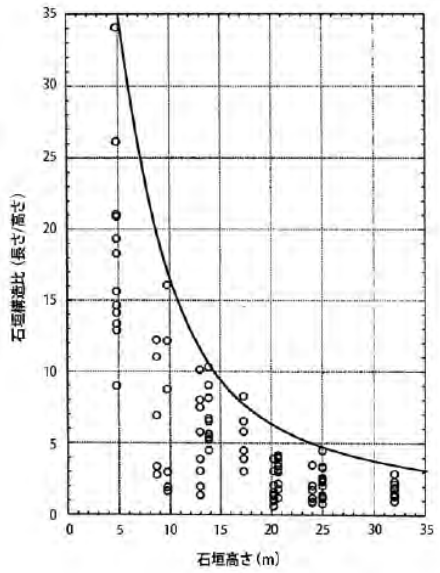


図-1　石垣高さと石垣構造比の関係

3.大阪城石垣の免震構造

大阪城石垣は、寛永6年（1629）の完成後今日まで、震度4以上の地震を11回経験している。特に、安政元年（1854）の安政東海地震（M8.4）と南海地震（M8.4）で震度5強～6弱の地震動を受けたが、ほぼ安定状態で保全され現在に至っており、優れた免震構造を有していることがわかる。

（図-2）に大阪城石垣構造の説明図を示す[4]。大阪城石垣は、石垣石と石垣石の間に接着剤を用いない石垣構造（空石垣構造と呼ばれる）であることに最大の特徴がある。石垣石間および背面の栗石部が地震時の揺れのエネルギーを吸収することで、優れた免震構造となっているのだ。

上町台地上の大阪城石垣の地震動特性を調べるため行った石垣上端部における常時微動計測による解析結果では1.0～1.5secあたりで固有周期が生じている。大阪城石垣は、兵庫県南部地震のような短周期型の地震動に対して大きく応答する特性を有しているといえる[5]。

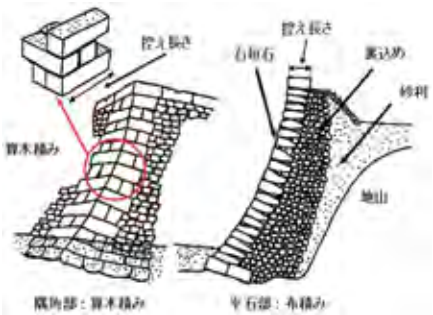


図-2　大阪城石垣構造の説明図
（渡辺による図4に加筆）

4.大阪城石垣の地震被害

東海・東南海・南海地震は、連動型地震として生じた場合、M9で今後30年以内での発生確率は60～70％といわれている。これらの巨大地震により大阪城域で、震度5強～6弱程度の地震動が生じた場合の被害程度については、前述した安政地震時に『嘉永雑記』などの古文書に残されている被害記録[6]からある程度予測できる。それによると、安政地震が大阪城石垣に大きな損傷を与え、具体的には、城内で地割れが生じた、櫓および石垣が損傷した、井戸の崩れが生じた、などの被害が記述されている。被害記録として、地割れが生じたことが記述されていることから、震度5強～6弱の地震動が大阪城域であったと推定できる。しかし、次の連動型地震により、震度6弱以上の地震動が大阪城域で生じるとすれば、被害程度は安政地震の場合を上回ることになる。

一方、大阪城域の西側に近接して南北に走る上町断層の活動が原因しての都市直下型の上町断層地震は、M7.5～7.8、今後30年以内の発生確率は2～3％であるといわれている。上町断層地震が生じた場合、大阪城域では震度7が予想され、未経験の強烈な上下動をともなう衝撃動を受けて、大阪城石垣が大崩壊が生じる可能性が大きい。

これら二つのタイプの異なる巨大地震により、大阪城石垣でどの程度の崩壊を覚悟しなければいけないかという実証的見地からの検討が今後とも必要である。たとえば、過去の地震での崩壊事例の徹底的な収集と検証、石垣石に発生している地震動が原因してのクラックの発生力学現象の検証、地盤の弱い部分やはらみ出しが生じている石垣面の免震性の詳細検討、などからの全面崩壊の防止対策方法、および全面崩壊が生じた場合の防災拠点としての機能を回復させる緊急対策方法の探求である。

5.まとめ

大阪城石垣は防災避難場所として、あるいは都市景観・観光において、極めて重要な役割を果たす現役の石造構造物である。実際に役立ち、強固であり、美しい、すなわち"用・強・美"を満たす歴史的構造物である。現代技術においても、大阪城構築技術に学ぶべき点が多くあるといえよう。

※参考文献
1）K.Nishida et al.: Geotechnical Aspect of Japanese Castle Masonry Wall and Mechanical Analysis for its Preservation, Proceedings of the 16th International Conferece on SMGE, ISSMGE, pp.2769-2772, 2005.9
2）玉野富雄:美しさには力学的な意味がある、大阪人、(財)大阪都市協会、Vol.60、pp.34-35、2006.4
3）玉野富雄:徳川大坂城石垣の曲面形状、地盤工学会誌、Vol.59、No.9、pp.48-49、2010.9
4）渡辺　武:図説再見大阪城、(財)大阪都市協会、pp.144-147、1983.9
5）玉野富雄他:大阪城石垣の地震時力学挙動、第7回地盤改良シンポジウム、日本材料学会、pp. 277-282、2006.10
6）宇佐見龍夫他:安政南海地震（1854）における大坂での震災対応、歴史地震第15号、pp.171-200、1999

西田 一彦
（にしだ かずひこ）
工博、関西大学名誉教授、
現在、関西地盤環境
研究センター顧問

玉野 富雄
（たまの とみお）
工博、大阪産業大学工学部
都市創造工学科教授

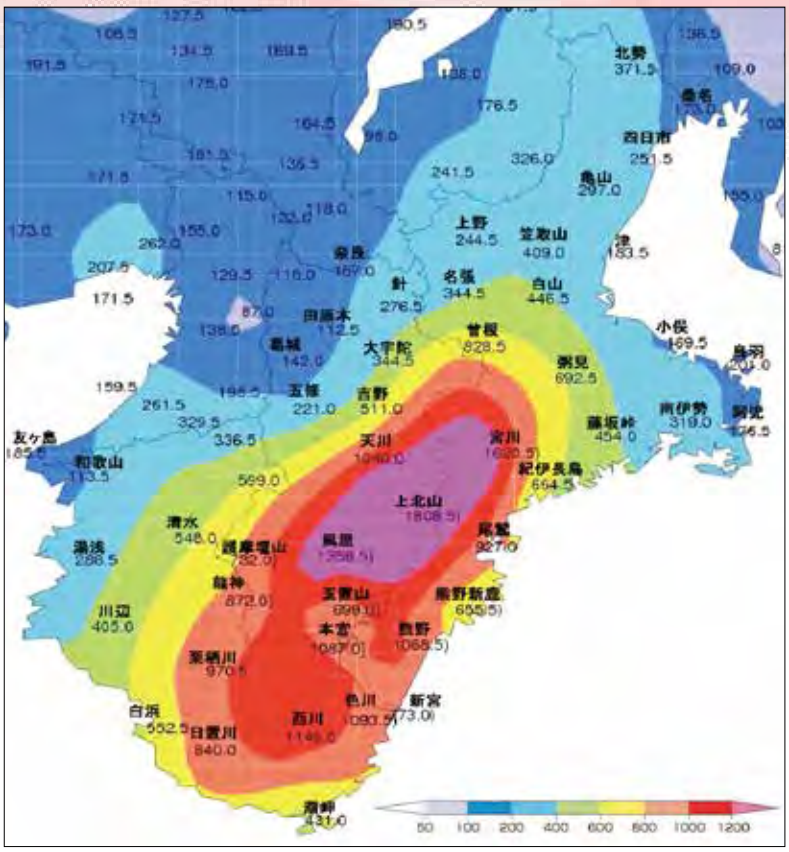
台風12号災害に対する関西地質調査業協会の対応

関西地質調査業協会 技術委員長　束原　純

1. 台風12号による災害の概要

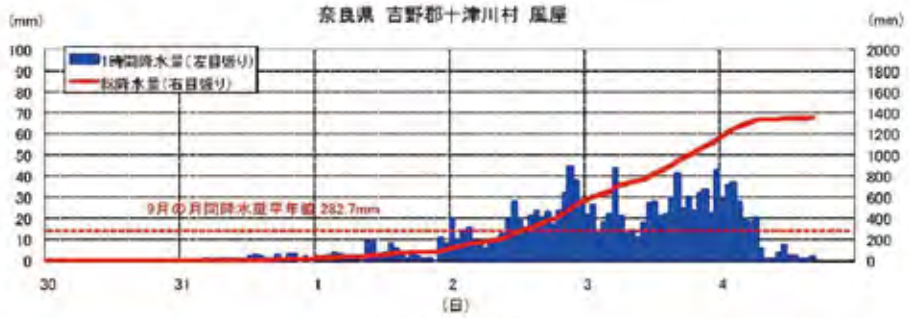
2011年8月25日午前9時、マリアナ諸島の西方海上で発生した台風12号（アジア名：TALAS／タラス）は、発達しながらゆっくりと北上し、9月3日に高知県東部に上陸した。その後、四国地方と中国地方を縦断し、4日未明に日本海へ抜けた。この間、紀伊半島では1,000mmを超える驚異的な豪雨（奈良県北山村では総雨量1808.5mm）をもたらし、山間部で大規模な斜面崩壊およびその崩壊土砂による河道閉塞、土石流が発生し、河川では護岸や堤防の破壊、浸水被害が発生した。

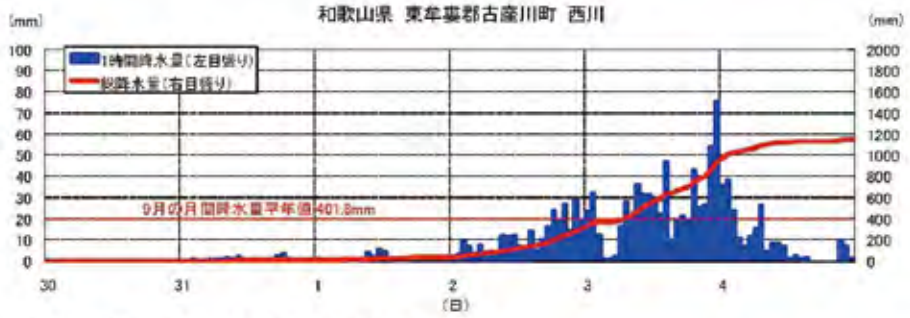
紀伊半島を中心に発生した人的被害および住宅被害は、死者78人、行方不明者16人、全壊家屋371棟、半壊家屋2.907棟、床上浸水5,657棟、床下浸水19,152棟と甚大なものであった。また、河川被害については、国管理河川で17水系115箇所、道府県管理河川で1,933箇所の河川施設被害が発生した。土砂災害は、非常に広域にわたって発生し、土石流等92件、地すべり28件、がけ崩れ82件が確認された。これらにより、各地で道路・鉄道の寸断がおこり、多くの住民が避難を余儀なくされ、非常に困難な生活環境に耐えなくてはならなかったことは、記憶に新しい。（図-1～3）



※データに付加する記号について
「) 」:統計値を求める対象となる資料の一部が欠けているが、許容する資料数を満たす値
「] 」:統計値を求める対象となる資料が許容する資料数を満たない値

図-1　2011年8月30日18時～9月4日24時のアメダス期間降水量
（平成23年度台風12号による紀伊半島における地盤災害調査報告書:合同調査団）





上北山、宮川、風屋は9月4日18時から欠測。
西川では5日1時までに3.5mmの降水量を観測。
それ以降は0.5mm以上の降水無し、又は欠測。

図-2　2011年8月30日18時～9月4日24時の降水時系列変化（アメダス）
（平成23年度台風12号による紀伊半島における地盤災害調査報告書:合同調査団）

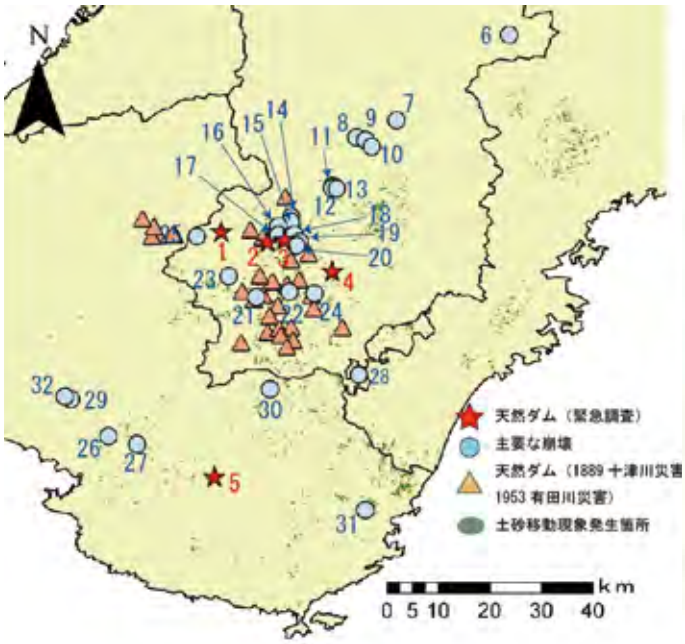


図-3　紀伊半島における土砂災害発生分布図
（台風12号による土砂災害とその対応について:独立行政法人土木研究所）

2. 関西地質調査業協会の災害緊急対応

防災協定に基づき、国土交通省近畿地方整備局から関西地質調査業協会に対して、台風12号被害に係る合計２回の緊急対応が要請された。１回目は熊野川堤防被害に対する緊急地質調査であり、２回目は那智川水系における土石流発生現場での緊急地質調査であった。

（1）熊野川堤防被害に対する緊急地質調査

9月5日、熊野川の堤防被害に係る地質調査（2ブロック各3本）が依頼された。関西地質調査業協会は、ただちに和歌山支部の協会員を推薦し、ボーリング調査を開始した。また、荒木理事長が中心となり、国土交通省との調整および協会員の技術指導を行った。

（2）那智川水系の土石流発生現場における緊急地質調査

10月14日、那智川水系の土石流被害発生地域において砂防ダムの新設または嵩上げに係る地質調査（9ブロック各4本）を至急実施するよう依頼された。関西地質業協会は、理事長および技術委員会が中心となり、ボーリング調査に従事する協会員を7社推薦するとともに、国土交通省との協議および現地下見を実施した。10月22日と23日には国土交通省の現地立会をうけ、砂防ダム設置箇所とボーリング調査地点を選定した後、那智勝浦町等の関係者との協議を経て、10月25日より現地作業を開始した。その後は休日を返上して突貫作業で緊急調査を実施し、約3週間で現地調査を無事終了した。この間、協会理事による安全パトロールを行い、安全作業の指導と作業員の督励を行った。（写真-1～3）

写真-1　国土交通省と現地踏査する荒木理事長

写真-2　安全パトロールを行なう協会理事

写真-3　安全パトロールを行なう協会理事

3. 合同被害調査団

台風12号が日本海に抜けた9月5日以降には、紀伊半島において大規模な豪雨災害が発生していることが徐々に明らかになってきた。関西地質調査業協会は、公益社団法人地盤工学会・一般社団法人日本応用地質学会・一般社団法人日本地質学会と協力して、地質的な観点で奈良県および和歌山県における被害状況等の合同調査を企画した。各学会および関西地質調査業協会の関係者による2回の協議を経て、合同調査団の団長に立命館大学深川良一教授、奈良県調査班の班長に大阪市立大学三田村宗樹教授、和歌山県調査班の班長に和歌山大学江種伸之准教授、三重県調査班の班長に三重大学酒井俊典教授が選任され、調査団が編成されることになった。また、各学会および関西地質調査業協会において調査団員が募集され、総員約80名の調査団が編成された。

関西地質調査業協会からは、奈良県班に9名、和歌山県班に11人の地質技術者および土質技術者が調査団員として参加した。各調査団員は、休日に現地調査を行い、業務の合間に調査結果の整理および報告書作成を行い、多忙にもかかわらず精力的に取り組んだ。技術者達は、日常の業務で鍛えられた技術力を遺憾なく発揮して調査団の主力として活躍し、その力量と貢献度は多くの学識経験者に高く評価された。

(1)奈良県班の調査活動

三田村宗樹班長のもと、9月17日に予備調査を、9月23～25日に本調査を実施した。主な調査地域は、十津川村・天川村・五條市大塔町・川上村・黒滝村等であり、大規模な斜面変動を生じた21箇所のうち14箇所を調査した。

現地調査では、班員を5グループに分け、斜面変動が発生した地域周辺の地質・崩積土の堆積状況・湧水状況等を踏査により確認した。その結果、大半の崩壊が泥質メランジュ（泥質混在岩）で、かつ流れ盤構造の斜面で発生し、過去の崩積土とともに地山が崩壊している箇所が多いこと、また、多くの崩壊前地形に地すべり地形（不規則な変状など）が認められることなどの状況が明らかになった。（写真-4～8）

写真-4　報道関係者の取材を受ける三田村班長

写真-5　ミーティングを行なっている奈良県調査団員

写真-6　奈良県天川村冷や水地区の斜面崩壊

写真-7　奈良県十津川村栗平地区の斜面崩壊

写真-8　奈良県十津川村赤谷地区の斜面崩壊

(2)和歌山県班の調査活動

江種伸之班長のもと、9月23～25日と9月30日～10月2日の2回に分けて、被害が大きかった県南部の田辺市・那智勝浦町・新宮市・白浜町、印南町、南部町を中心に調査した。そして田辺市の大規模深層崩壊、那智川の土石流被害、熊野川の堤防被害等を対象に、被害状況・地質地盤特性・被害発生メカニズム等を詳細に分析した。(写真-9～12)

写真-9　和歌山県田辺市熊野地区の斜面崩壊

写真-10　和歌山県田辺市三越地区の斜面崩壊

写真-11　和歌山県那智勝浦町の土石流被害

(3)合同調査団報告会

合同調査団の報告会は、11月24日にエル大阪南ホールで、約170人の聴講者を集めて開催された。奈良県・和歌山県・三重県の各地域の調査結果を報告するとともに、国土交通省近畿地方整備局の平兆雄防災対策官から紀伊半島災害概要報告もなされた。

また、里深好文立命館大学教授の司会により、深川良一調査団長を中心に三田村・江種・酒井の各調査班長による総合討議もなされた。斜面崩壊の要因分析の必要性や、今後の防災対策として地形的な要因を考慮した警戒・避難体制の確立を目指し、ハード面・ソフト面ともに充実した防災連絡網の整備等が提言された。(写真-13～14)

写真-13　合同調査団報告会で挨拶する深川団長

写真-14　合同調査団報告会での総合討議

写真-12　和歌山県那智勝浦町の土石流被害

4. 関西地質調査業協会の災害時における今後の対応方針

台風12号災害に代表される豪雨災害は、今後もしばしば発生する可能性がある。また、南海地震(地震規模M8.1)や東南海地震(地震規模M8.4)の30年以内の発生確率は、それぞれ60%・70%程度と評価されており、関西地域は地震動および津波により大きな被害を受ける可能性も高いと予測されている。このため、防災・減災を目的とする備えを十分にしておく必要があるとともに、ひとたび災害が発生した場合は、ただちに被害調査および復旧・復興のための作業が求められる。

地盤に直接的に関わり、地盤特性の調査・解析等に従事する企業集団である関西地調査業協会としては、豪雨や地震災害に対する社会の安全と安心の確保に貢献することを基本方針とするものである。そして、積極的に防災・減災活動に貢献するとともに、災害発生時には、被害状況調査や復旧・復興に必要な地質調査に緊急対応する所存である。具体的には下記のような活動を展開することとした。

- 防災委員会を設立し、緊急対応体制の充実を図る。
- 国土交通省との防災協定だけでなく、二次官庁等との防災協定の締結を進める。
- 官民を問わず、多様な防災活動に積極的に参画する。
- 災害発生時に必要とされる技術に関する講習会および勉強会に、協会から講師を派遣する。

5. おわりに

2011年は、台風12号災害だけでなく、東日本大震災という未曽有の災害が発生したが、我が国はこれまでくり返し豪雨災害や地震災害を受け、多くの犠牲と損失を被ってきた。そして、そのたびにたくましく復興している。犠牲になった方々のご冥福をお祈りするとともに、復興に尽力されている方々に敬意を表するものである。関西地質調査業協会は、地質調査に従事する者として、世の中のすべての人々が安全に安心して暮らせる社会を構築することに、全力を挙げて貢献していくものである。

東原　純
(つかはら じゅん)

中央開発株式会社 関西支社 執行役員 支社長
1981年4月、中央開発株式会社に入社。
地盤調査・地盤解析および
環境地盤工学に関する業務を主に担当。
2008年10月から現職。

技一徹 名物職人 研究者の目線から

深海底を掘って50年 科学掘削の魅力と責任

独立行政法人海洋研究開発機構
地球深部探査センター 運用室 次長　倉本 真一

1. はじめに

「海は広いな、大きいな…」とは大昔から誰もが知っていることで、地球の表面積の7割を海が占めています。しかし、その海の底には大山脈があり、大地溝や大平原があることが分かったのは、たかだか50年前なのです。

海底地形を知る方法として最も簡単な方法は、船からひもを垂らして深さを測る方法で、1尋(ひろ)、2尋(ひろ)と測定しました。尋とは両腕を延ばした長さで、釣り好きの人は良くご存知のように、今でも使われている水深を表す単位です。このような方法では沿岸付近の極浅海での計測はできても、水深が深いところでは不可能です。

深海の水深探査を飛躍的に向上させたのは音響技術であり、それは潜水艦にからむ軍事技術でありました。これにより海底地形の全容が明らかになると同時に、様々な地質学的、地球物理学的な調査の進歩と同調して、大陸移動説から海洋底拡大説（プレートテクトニクス）の開花へと、地球科学の革命を起こしていきました。

さらに探究は進み、プレートの原動力であるマントル対流のマントルとは？海洋底の年代は？などなど、実際に物質を分析しなければ解けないような疑問が沢山噴出してきた時代を背景に、その直接的な回答を与える深海掘削が提案されました。まず地球の体積の約8割を占めるマントルを手にしてみようという、ある意味素直な疑問から発する研究者の野心から計画が進められました。これが、米国で提唱されたモホール計画（1958-1966年）の発端です。しかし、残念ながら技術の未熟さと資金難から、未だに人類はマントルには到達できていません。

50年以上も前に提唱された計画が未だに実現されていないのは、ある意味、深海掘削が月や火星への探査よりも難しいということなのかもしれません。物質科学としてのマントル探査は、マントルの岩石を採取しないことには始まらないわけです。では、これから私たちはどのような科学を推進していこうと考えているのか。約50年の歴史を持つ深海掘削の魅力を読者の皆さんにご紹介しながら、新たな科学の地平を考えてみたいと思います。

読者の多くの方々は地質調査業務に携わる地質のプロフェッショナルだと想像します。2011年3月11日に発生した東日本大震災および東京電力福島第一原子力発電所事故に関して、地質のプロとして心を痛めている方も多いのではなかろうかと思います。地球を理解する我々の知識、経験はまだまだ足りないことを、まざまざと見せつけられたような気がします。

過去に地球で起こった現象を理解することによって、現在の地球システムを系統化し、未来を予測する能力を持つのが「地質屋」です。深海を掘削することで巨大地震の発生メカニズムの理解に迫ろうとする地質屋にとって、事前予知や警報発令に資する防災・減災システムの開発、あるいは地球環境問題の理解と対策など、課題は山積しているのではないでしょうか。その課題にチャレンジしてゆく勇気、知識、そして行動力が私たちに求められています。そんな時代の背景を感じつつ、深海掘削の話を進めていこうと思います。

2. 地球を掘るということ

46億年の歴史を持つと言われる地球。直接46億年前の年代を示す岩石が採取されているわけではなく、地球上に降り注いだ隕石の年代から推定されていることは、よくご存知だと思います。では、最古の地球の岩石は？現在のところ、カナダで発見された約42億年のものが最古といわれています。

古い地塊が露出している所は世界中に点在していますが、連続的な層序を見るためにはやはり深海掘削に頼らなければなりません。世界で一番古い海底は西太平洋の一帯です。つまり我が国の太平洋沖にはおよそ2億年前に形成された海洋地殻が存在しているのです。

最古の岩石が地球誕生後4億年程度で地殻として出現しているのに、海底に残されている歴史はたかだか極最近の2億年まで。このことは、地殻の再生がいかに激しく行われているということを示しているともいえます。この海域で掘削を行えば、現在から約2億年までの連続的な地層を取り出すことができ、そこから原理的には環境変動史、テク

トニックな構造史などを読み解くことができます。

一般的に堆積速度の速いところを掘削すれば、時間軸に対して高分解能の解析ができます。しかし、それだけ掘削深度も深くなり、掘削技術と時間分解能は相互にトレードオフの関係になっています。では掘削技術とはどのようなものか、簡単に説明しましょう。

通常の科学掘削に用いられるコアリングツールは大きく３種類に分類できます。

まず海底の未固結堆積物から比較的柔らかい地層までは、ピストンコアリングが用いられます。ドリルパイプの中をワイヤーで吊り下げられたコアリングの装置を、海底に向かって瞬時に水圧で突き刺します。これにより柔らかい地層であっても比較的乱すことなく試料を採取できます。採取した試料は、ドリルパイプを引き上げなくても、ワイヤーで引き上げることで、船上に回収できます。この作業を繰り返しながら深部へと掘削を進めていきます。

しかしながら堆積物は一般的に深部に向かってどんどん圧密や続成作用の影響により固くなるので、やがてピストンコアリングが刺さらなくなります。その場合は強いバネの力でコアリング装置を押し入れる装置に切り替えて試料採取を続けます。

それでも掘削できないような固い堆積物（堆積岩）に変わったときは、ドリルパイプを回転させ、その先に付いているドリルビット（切り歯）を回転させながら掘り進み、中心部を掘り残して回収することを試みます。いわゆるロータリー式の掘削です。

大きくはこのように３種類の試料採取法がありますが、いかに試料を乱さず、かつ回収率を上げるかは、永遠の課題と言っても過言ではありません。そのため、試料の欠損を補う意味もあり、試料採取前後には電気や弾性波などを用いた検層を行っており、それは試料とは別の意味で重要な地下情報を与えてくれます。

地質学で唯一（？）の法則である「地層累重の法則」に従えば、深く掘れば掘るほど地球の過去の歴史を遡れることから、堆積物に含まれる微化石や古地磁気計測から地層の年代を推定し、また微化石の同位体や化学組成から古環境を復元したりすることが行われています。最近では微生物に注目し、生命の進化や極限環境生物の研究が進められています。「私たちはどこから来たのか？」という根本的な問いへの答えは、科学掘削の成果に左右されると言えるかもしれません。過去を知り、現在を知る、そして将来を予測することは、このように「地球を掘る」ということに託されているのです。

3. 私が深海掘削に携わった理由

そもそも私が海洋、特に海洋地質に興味を持ったのは大学４年のときのことです。指導教官から、当時の海洋調査の新しいテクノロジーであったマルチナロービーム海底地形図と広帯域サイドスキャンソナーのデータ（あたかも海底の空中写真のようなもの）を見せられたとき、ダイナミックな海底地形が手に取るようにわかることに驚きを覚えたのがきっかけでした。まさに目から鱗、「えっ、こんなにわかっちゃうの？」というのが感想でした。

大学４年といえば、当時３年で進級論文（野外調査入門編）を済ませ、いよいよ自分の卒論のフィールドを歩き始める時期です。幸い私の卒論フィールドは島だったので海岸露頭の露出は良いのですが、その他は沢や道路の切り通しの所々に見える小さな露頭で地層の走向・傾斜を図り、あとは地質図学で繋いでいくというような状況でした。つたない調査と知識では、やたら地質図上に断層が多くなり、というか困ったら断層を引いてごまかしていたような感じでした。それが海底の地形はものの見事に地質構造を反映して、くっきりとリニアメントや構造運動に伴うと考えられる褶曲構造等が読み取れたのでした。素人の学生でも「これはすごい！」ということで、短絡的な私はすぐに指導教官から、このデータを取得したハワイ大学の D. Hussong 先生を紹介してもらい、ぜひ勉強させてほしいと手紙でお願いしたのでした。

倉本 真一（くらもと しんいち）

独立行政法人海洋研究開発機構
地球深部探査センター運用室次長（理学博士）
1991年、東京大学において博士号（理学）を取得。その後、ハワイ大学博士研究員を経て、通商産業省工業技術院地質調査所（現・産業技術総合研究所）に研究職として入所。日本周辺海域の地質調査、特に日本海側の構造調査、海底活断層調査研究などに携わる。2002年、地球深部探査センター発足時に（独）海洋研究開発機構に異動。
地球深部探査船「ちきゅう」の運用（主に科学支援）を担当。

D. Hussong 先生からは丁寧な返事と共に、ハワイ大学への入学願書が一緒に送られてきました。なにせ英語の手紙を書くのも初めての経験で（タイプライターを打つことも初めての経験でしたが）、ましてや返事が帰ってきたことに感動しました。と同時に、俄然海に興味を持ち、卒論と平行して、当時出版されたばかりの「Marine Geology: J. P. Kennett」を演習のなかで翻訳し、レポートにまとめたことが思い出されます。その本にはもちろん深海掘削のことも書かれていて、恐らくそれが私と深海掘削の最初の出会いだったと思います。

残念ながら、ハワイ大学への進学はかなわなかったのですが（というか英語検定を受けなければならないことも知らなかった）、大学院時代から本格的に海洋の研究に携わる機会があり、ついには自分の学位論文を日本海の掘削データで行うことが決まったのでした。当時の ODP 計画の JOIDES Resolution 号に学生として日本から初めて乗船し、日本海の堆積物の物性研究と反射法地震波探査研究から、オパールの続生作用と熱構造とテクトニクスの関係について論じることができました。そこが私にとっての深海掘削の原点になったと思います。

日本海の掘削航海には物性研究者として乗船しました。別に物性研究の専門家であったわけでもなく、にわか勉強で乗船したのですが、船上ではいわゆる大先生と同じグループに入り、非常に貴重な経験をさせてもらいました。既に亡くなられましたが、コロンビア大学の M. Langseth 先生（地球熱学が専門）には、乗船中つたない英語での議論、レポートの添削などを行っていただいただけでなく、科学者魂を見せていただきました。それは、掘削も一段落ついて、多くの研究者がふらふらと船上で遊びに興じているときのこと。観測したデータをなんとか物理法則で解けないかと、様々な方程式を立てて試行錯誤され、若手の研究者と議論している姿が印象的でした。自然科学の基本として、観測データを統一的に解釈する道を見い出そうとされていた姿は、「これが自然科学ということか」と深く私の心に刻み込まれました。

とにかく船の上で２ヶ月間、まさに同じ釜の飯を食べて、老若男女の別なく研究に没頭し、議論し、共通の目標を成し遂げることができました。そのなかで、国際的な人脈づくりというか、非常に信頼できる友を見つけることができました。学生にとって、この掘削航海は国際的な一流の研究者の研究姿勢を学ぶ道場のような場でもあり、深海掘削計画の多面的な重要性を指摘できます。この経験を私のものだけに留めず、多くの学生や若手研究者とも共有し、また計画への参加を呼びかけていくことが、現在の私自身のひとつの大きな使命かと思っています。

4. これからの科学掘削と社会への貢献

科学掘削の可能性と、その社会への貢献について考えてみましょう。地球を掘る意義については第２章で述べたので、これからの科学掘削の目標について紹介したいと思います。

現在 IODP（統合国際深海掘削計画）という国際計画のもとに25カ国が参加しています。ここでは基本的に3つの異なるタイプの掘削プラットフォームを運用しており、日本は深部掘削を可能とする地球深部探査船「ちきゅう」を、米国は浅部掘削を行う「JOIDES Resolution」

を提供しています（図-1）。18カ国で連合体をつくっている欧州は、特定任務掘削船と呼ばれる、その都度目的に応じた掘削プラットフォームをチャーターしています。これまでに、日米の掘削船が行けなかったような北極点での掘削や、珊瑚礁や大陸棚浅部での掘削のような水深の浅い所での掘削等を行ってきました。今後もこれらの掘削プラットフォームを使って科学掘削を行う予定です。

これまでIODPでは国際的なワークショップを開催し、今後10年間に達成すべき科学課題について議論してきました（詳しくは、http://www.iodp.org/Science-Plan-for-2013-2023/から情報を得られます）。科学的課題は大きく次の4つの柱に集約されています。① Climate and Ocean Change: Reading the Past, Informing the Future、② Biosphere Frontiers: Deep Life, Biodiversity, and Environmental Forcing of Ecosystems、③ Earth Connections: Deep Processes and their Impact on Earth's Surface Environment、④ Earth in Motion: Processes and Hazards on Human Time Scales、です。

①は過去の環境変動史を様々な化学指標を用いてコア試料から読み解き、その結果を別の記録（例えば氷床掘削からのデータ等）や数値シミュレーションの結果と比較検討することにより、より精度良く、かつグローバルに、4次元的に解析していくことを提言しています。IPCC（気候変動に関する政府間パネル）のレポートに代表されるように、環境変動の今後の推移は、人類にとって大きな関心事であり、いわゆる古典的な地質学的なタイムスケールではなく、人の一生の中で十分感じられるスピード感で事態が進行していることが重要であります。この科学的な根拠を科学掘削が与えられるのです。

②は微生物そのものの研究と、生物と環境変化の相互作用について述べられています。極限環境下での生命の起源の探査は第一級の科学掘削のターゲットです。炭素量でいえば海底下生命の総量は、陸上のそれに匹敵するといわれています。まさに我々の知らない別世界が海底下にあり、それが何をしているのか我々はほとんど知らないのです。「灯台下暗し」とはまさにこのことです。

③は地球深部探査のことです。掘削としてはモホ面を超えてマントルまで達する掘削を行うことによって、単にマントルの岩石を取り出すということ以上に、地球深部、特にマントル下部まで含めた物質循環の証拠をつかむことが目的です。最近の研究成果ではオフィオライト中のダイヤモンドの研究から、マントルと外核の境界付近まで地球表層物質が持ち込まれて、さらにそれが地球表層まで戻ってくるという大循環が行われているらしいということが指摘されつつあります。もしかすると多量の炭素が地球内部（特にマントル内に）に貯蔵されている可能性があります。また沈み込むスラブがマントル内に滞留する所付近には、大量の水も存在することが予想されています。マントル全体では海洋の水よりも大量の水が存在するかもしれないのです。室内実験や地球物理的に推定された仮説を実証するには、少なくともマントル物質を手に入れなければなりません。第1章で書いたように、50年前の思いをついに遂げるときが来たのです。

④は現在を知るためには、モニタリングしなければならないことを強く打ち出しています。例えば巨大地震のモニタリングには、なるべく地震発生現場（断層）に近づいて観測する必要があります。現在進行中の南海トラフでの掘削計画では、複数の掘削孔に観測装置を設置し、そのデータをリアルタイムにモニターできるように、海底ケーブルネットワークが構築されています。歪みの蓄積—開放モデルが正しいのであれば、なにがしかの前兆現象（プレスリップなど）が捉えられるかも知れません。少しでも早く、地震や津波の到達や規模を通達できるシステムができれば、人類にとって生命や財産の損失を最小限に留めることができると思います。

これらの科学目標を国際的に議論するにあたって、留意されたのは社会的説明責任です。科学がどのように社会に役に立つかを明確にできないかぎり、この分野の科学は消滅するであろうというぐらいの危機意識と、気概を持って議論してきました。世界の多くの研究者が同じ方向性で議論をし、新たな掘削科学計画をまとめられたのは、IODPとして国際計画を運営してきたことが大きな要因だったと思います。それだけ科学者としての責任意識が向上していることと、そういう社会的な環境に全世界でなりつつあることを実感した瞬間でした。

5. 終わりに

ローマクラブの推定を例に挙げる必要もないぐらいに、いまほど人類の将来へ懸念が取りざたされている時代はなかったかもしれません。最近の新聞をにぎわせている資源問題、領土問題などは、着実に増えつつある人口問題を背景に、起こるべくして起こっている社会問題であると理解できます。それに加えて人工的要因による急激な温暖化問題など、人類にとっては厄介な問題が山積しています。持続的な成長を望みつつも、環境破壊はいっこうに止まることを知らないわけで、人類とはまことにわがままな生き物です。

ただ私たちには知恵が有るわけで（そう信じますが）、人類はこの地球が直面している問題を科学的に理解し、その対策を考えだすことができる生き物であると思います。その責務の一端を科学掘削が果たせるはずです。

環境だけでなく防災に関しても然りです。3月11日の東日本大震災を引き起こした巨大地震は、地球46億年の歴史の中で初めて発生したわけではなく、東北日本弧が誕生してから何回も同じ場所で発生しており、その歴史の一部はしっかり証拠として残されていたわけです。それはすぐに手に入るところに、我々が調べるのを待っていました。過去を理解するには、その証拠が残っている所に手を差し伸べれば良いのであり、それこそが科学掘削です。我々はこの時代の要請に応じる知識と経験を持ち合わせていると信じています。あとは勇気と行動力でしょうか。ここまでつき合ってくださった読者の方々は、その資質をお持ちとお見受けします。さあ、一緒に行動を起こしませんか！

日本　ちきゅう
（ライザー掘削船）

米国　JOIDES Resolution
（ライザーレス掘削船）

欧州　特定任務掘削船
（Mission Specific Platform）

図-1　IODP（統合国際深海掘削計画）で活躍している掘削プラットフォーム。
左から、日本の地球深部探査船「ちきゅう」、米国の「JOIDES Resolution号」、欧州の特定任務掘削船（写真は北極点掘削を行ったときの掘削船）。
それぞれの掘削能力の特徴を生かして運用されている。詳しくは、http://www.iodp.org/を参照のこと。

Challenging people
地質調査人

プロフェッショナルへの関門をくぐり抜けた合格体験記は、資格をめざして格闘中の若きチャレンジャーにとってはいい刺激と受験のためのヒントを提供してくれることでしょう。

地質調査技士　合格

自らの技術力として身につける

岸田　浩
（きしだ ひろし）
中央開発（株）関西支社 技術部
平成2年、中央開発に入社。
本社にて主に解析業務を担当した後、
平成12年からは関西支社勤務。

入社後の10年間は本社勤務でした。基本的に内業部門だったので、現場へ出るのは解析業務の対象地を確認する程度でしたが、関西支社勤務になってからは、現場管理業務も担当するようになりました。そして技術士資格の取得後、業務の責任者として地質調査業務に携わることが多くなりました。しかしながら、業務を進めていくうえで、地質調査に関して断片的な知識をもっているだけでは、高品質な成果を施主に提供することは難しいと感じるようになってきました。

そんなときに注目したのが「地質調査技士」でした。当初は試錐技術者（ボーリング技術者）のための資格という位置付けでしたが、地質調査業を取り巻く環境の変化などもあり、必ずしも試錐技術者だけではなく、地質調査および関連分野の技術者が受験する、かなり間口の広い制度となっていました。平成15年度には、現場で実際に機械等の操作を行う「現場調査部門」と、地質調査技術者として現場に関わる「現場技術・管理部門」の2部門に分けられ、それぞれの内容に応じた試験となりました。また、平成18年度からは、「現場技術・管理部門」が地質調査・土質試験・物理探査の3のコースに細分化されました。そして平成16年度からは新たに「土壌・地下水汚染部門」が加わったのです。

こうして試験制度が充実するなか、自分にとって地質調査業務に関する知識を整理・集約するには、この資格試験が最適であると考え、「現場技術・管理部門」の受験を決意するに至った次第です。

私の場合、地質調査会社に勤務していながら、解析を中心とした内業が主であったため、ボーリング現場作業や原位置試験に対する理解が浅く、合格までは非常に厳しい道のりかと思われました。そのため、次の点を心がけながら試験の準備を行いました。

※以下は、主に「現場技術・管理部門」に関しての記述とさせていただきます。

◇基礎知識の確認

まず覚えていそうで意外と忘れてしまう知識を再確認しました。モンケンの重さ、落下高さ、予備打ち、本打ち、サンプリングに用いるサンプラーの正式名称と土質の関係、試験結果の解釈等々、自分の頭の中にある知識を整理・確認しました。このとき役立ったのが『ボーリングポケットブック』です。この冊子には、上記のような基本知識が体系的に整理され、疑問に思ったことがすぐに確認できました。さらに詳細な内容を確認したいときには、『地盤調査の方法と解説』や『地盤材料試験の方法と解説』を参考にしました。この2冊はさすがに個人で購入するには高価ですが、『ボーリングポケットブック』は地質調査に携わる技術者としてぜひ身近におきたいバイブルのような1冊だと感じました。

◇過去の試験問題の確認

地質調査技士の試験では、過去に出題された問題と似通った問題が出題される傾向にあります。そのため、全地連のホームページに掲載されている「過去問」をダウンロードし、それらを解く練習をしました。この際にも、前出の『ボーリングポケットブック』が役立ちました。さすがに1問1問について、『地盤調査の方法と解説』等をひもといていたら、途中で息切れを起こしそうでした。

また、過去問の解き方でも少し工夫しました。試験の内容が多岐にわたっているため、最初に解いた問題は後になると忘れています。そこで、同じ項目の問題はひとかたまりにして、年度を追って解いていくことにしました。こうすることで、不明点を参考図書などで確認する際に情報が集約され、「知識ツリー」の構築が容易になります。また、記述問題については、願書に記入した業務について、自分なりに整理をしました。さらに調査・試験結果について必ず自分で解釈しておくことを心がけました。たとえば、圧密試験を実施した場合、結果の圧密降伏応力 Pc について、単に「値がいくつです」ではなく、現地盤における有効上載圧との関係を求め、圧密状態がどのような状態であるかを確認しておきます。試験では、実際に起こっている現象と、過圧密や正規圧密等の用語とを1対1で説明することが求められます。図表等を整理しながら説明することは、業務の打ち合わせでも行うことなので、それをより丁寧に自分の言葉で表現する練習をしました。

◇地質調査技士資格検定試験 事前講習会の受講

各地区の協会では、地質調査技術の基礎技術や検定試験の傾向などを解説する講習会を独自に開催しています。講習会を受講すると、受講加点制度の適用対象となり、地質調査技士資格検定試験の得点に加点されます。講習会では、各分野の専門家（実際に日々地質調査業務を行っている企業の社員）が、試験内容に沿った形で講習を行います。自らが手を動かして覚えること、テキストを読んで目から入ってくること、そして講師の話を聞いて耳から入ってくることが加わり、それぞれの情報が立体的な知識として組み立てられていきました。

以上、私が試験準備で心がけた点でした。実際に試験を受けてみて、午前中の択一式の問題は、自動車の運転免許試験ほど意地悪くはないものの、うろ覚え状態では正解にたどり着くことは難しいと感じました。出題範囲も広いので、一度ざっと解いた後に見直すくらいでちょうどよいかと思います。また、午後の記述式（必須）は、自ら経験した業務に関する記述問題なので、あらかじめ準備できるかと思います。一字一句覚えるのが大変な場合は、大まかなストーリーをつくっておいて、細かい表現はその場で考えるというのでも対応できると感じました。記述式（選択）は、数問から選べるので、得意な分野について解答すればよいと思います。比較的シンプルな問題が多いのですが、きちんと整理された知識がないと正確な解答は難しいと感じました。

私は40歳を過ぎてからの受験でしたが、ぜひ若い技術者の方々にチャレンジしてほしいですね。受験準備をするということは、普段何気なく行っている業務の一つ一つをその原理から理解し、自らの技術力として身につけることにつながるからです。

成田　賢 様

太田　昇 様

門川 大作 様

柳浦 良行 様

和佐 喜平 様

全地連

「技術e-フォーラム2011」京都報告

日時：2011年9月8日（木）、9日（金）
会場：京都テルサ

日本物理探鑛株式会社関西支店 技術部長　風嵐 健志

東日本大震災から半年、新潟福島豪雨から40日、そして台風12号による奈良県南部、和歌山県南部の記録的豪雨がもたらした洪水、深層崩壊、堰止湖決壊の危険等々、途切れることのない災害報道の最中、2011年9月8日（木）、9日（金）、京都テルサにおいて「技術e-フォーラム」が開催されました。メインテーマは昨年の沖縄と同じく「現場へ戻ろう」です。関西では大阪（1991）、神戸（2000）に次いで3回目になります。

全地連成田賢会長の開会挨拶に始まり、京都府副知事太田昇様、京都市長門川大作様からお話をいただきました。

そして、京都大学防災研究所地震予知研究センター長飯尾能久教授から「地震予知研究の最新の動向について」と題して1時間半の講演をいただき、各セッションの技術発表がスタートしました。

2日目には大阪市立大学大学院原口強准教授の「東日本大震災津波被害現地調査」の報告会を行いました。4会場で行われた計99編の技術発表のうち「斜面」「地すべり」をキーワードにした発表が19編あり、災害に果たす地質調査の重要性を再認識させられました。また、関西からは27編の発表がありました。展示会には全地連、関西協会はじめ15団体が参加しました。

8日18時からはテルサホールで技術者交流懇親会を催しました。柳浦理事長挨拶、来賓紹介、そして国土交通省近畿地方整備局企画部技術管理課和佐喜平様からは局長の祝辞を代読いただきました。

芸舞妓では、ひと時、『京都』を堪能いただきました。芸奴、舞妓、地方（じかた）さんも歓談の輪に交じり、会場は一層華やかな雰囲気となりました。

最後は小宮副理事長の元気な三本締めで盛会のうちに終了いたしました。

全地連の運営スタッフの他、協会広報委員会全員が聴講招待券を持って国・地方自治体等発注機関に出向き、技術委員会全員がセッションの司会を担当しました。そして、会員各社からは受付、タイムキーパー等の応援と協力をいただきました。

災害対応に、国・地方・協会各社が奔走するなかで、協会として2011年1月から準備を重ねた「技術e-フォーラム2011」京都を開催、無事終了することができました。ひとえに関係各位のご協力、ご努力の賜物と感謝しております。紙面をお借りし、すべての皆様にお礼を申し上げます。ありがとうございました。

表1　参加者

区分	参加者
発表者	69名
一般参加者	157名
来賓、関係者等	100名
地方自治体等	124名
総数	480名
懇親会参加者	250名

表2　技術発表セッション

	セッション名	論文数	入場者数
8日	A-1 盛土の調査／解析	4	78
	A-2 ハザードマップ	6	56
	A-3 地質リスクセッション	3	76
	B-1 地域特性	4	41
	B-2 地下水調査／水文解析	7	73
	B-3 ケースタディ	6	41
	C-1 河川／物理探査Ⅰ	4	41
	C-2 物理探査Ⅱ	6	56
	C-3 物理探査Ⅲ	5	60
9日	A-4 情報化	5	36
	A-5 現地調査	9	49
	B-4 環境	6	39
	B-5 自然災害／動態観測	9	44
	C-4 物理探査Ⅳ	6	44
	C-4 斜面／地すべり	8	43
	D-1 オペレーターセッション	3	36
	D-2 室内試験	8	45
計		99編	

風嵐 健志
（かざらし けんじ）

日本物理探鑛（株）関西支店 技術部長
昭和49年4月入社。
以来、スエズ運河拡幅工事に伴う爆弾探査を始め、物理探査、ボーリング調査に従事

協会活動報告

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

関西地質調査業協会加盟会社

福井県	京福コンサルタント(株)	〒917-0026 小浜市多田11-2-1	(0770) 56-2345
	(株)サンケン試錐コンサルタント	〒918-8112 福井市下馬3-2206-3	(0776) 33-1001
	(株)サンワコン	〒918-8525 福井市花堂北1-7-25	(0776) 36-2790
	ジビル調査設計(株)	〒910-0001 福井市大願寺2-5-18	(0776) 23-7155
	(株)田中地質コンサルタント	〒915-0082 越前市国高2-324-7	(0778) 25-7000
	中央測量設計(株)	〒918-8238 福井市和田2-1205	(0776) 22-8482
	(株)帝国コンサルタント	〒915-0082 越前市国高1-6-1	(0778) 24-0001
	(株)ホクコク地水　福井営業所	〒910-0001 福井市大願寺2-9-1	(0776) 29-0091
	(株)ワカサコンサル	〒917-0024 小浜市和久里33-21	(0770) 56-1175
滋賀県	(株)石居設計	〒522-0055 彦根市野瀬町37-1	(0749) 26-5688
	キタイ設計(株)	〒521-1398 近江八幡市安土町上豊浦1030	(0748) 46-2336
	(株)国土地建	〒521-1398 甲賀市水口町東名坂38-3	(0748) 63-0680
	正和設計(株)	〒520-0806 大津市打出浜3-7	(077) 522-3124
	双葉建設(株)	〒520-3302 甲賀市甲南町池田3446-3	(0748) 86-2616
京都府	(株)関西土木技術センター	〒612-8437 京都市伏見区竹田中島町5	(075) 641-3015
	(株)キンキ地質センター	〒612-8236 京都市伏見区横大路下三栖里ノ内33-3	(075) 611-5281
	(株)ソーゴーギケン	〒629-2251 宮津市宇須津1676-1	(0772) 46-5292
	(株)綜合技術コンサルタント	〒601-8304 京都市南区吉祥院前河原町1	(075) 312-0653
大阪府	(株)アサノ大成基礎エンジニアリング関西支社	〒553-0001 大阪市福島区海老江5-2-2　大拓ビル5 2F	(06) 6456-1531
	アジア航測(株)大阪支店	〒530-6029 大阪市北区天満橋1-8-30　OAPタワー29階	(06) 4801-2230
	(株)アスコ	〒550-0006 大阪市西区江之子島1-10-1　ASCOビル	(06) 6444-1121
	(株)アテック吉村	〒596-0051 岸和田市岸野町13-16	(072) 422-7032
	(株)エイト日本技術開発　関西支社	〒532-0034 大阪市淀川区野中北1-12-39	(06) 6397-3888
	応用地質(株)関西支社	〒532-0021 大阪市淀川区田川北2-4-66　大阪深田ビル	(06) 6885-6357
	(株)オキココーポレーション	〒531-0064 大阪市北区国分寺1-3-4	(06) 6881-1788
	川崎地質(株)西日本支社	〒543−0021 大阪市天王寺区東高津町11番9　日本生命上本町ビル6階	(06) 6768-1166
	(株)カンキョー	〒561-0854 豊中市稲津町2-2-1	(06) 6864-2061
	関西総合地質コンサルタント(株)	〒590-0983 堺市堺区山本町2丁57-62	(072) 228-1102
	(株)関西地質調査事務所	〒599-8273 堺市中区深井清水町3761	(072) 279-6770
	基礎地盤コンサルタンツ(株)関西支社	〒550-0011 大阪市西区阿波座1-11-14	(06) 6536-1591
	(株)建設技術研究所　大阪本社	〒541−0045 大阪市中央区道修町1-6-7　北浜MIDビル	(06) 6206-5555
	興亜開発(株)関西支店	〒591-8037 堺市北区百舌鳥赤畑町3-176	(072) 250-3451
	(株)興陽ボーリング	〒534-0025 大阪市都島区片町2-2-40　大発ビル	(06) 6351-1590
	国土防災技術(株)大阪支店	〒534-0024 大阪市都島区東野田町1-10-13　イマスM-1ビル	(06) 6136-9911
	(株)コスモテック	〒577-0833 東大阪市柏田東町11-15	(06) 6729-0290
	サンコーコンサルタント(株)大阪支店	〒550-0012 大阪市西区立売堀3-1-14　阿波座ビル	(06) 4390-7751
	芝田土質(株)	〒580-0044 松原市田井城1-230	(072) 332-9022
	(株)地盤調査事務所　大阪事務所	〒531-0071 大阪市北区中津3-7-41　中津ヤマモトビル2F	(06) 6373-6550
	(株)シマダ技術コンサルタント　大阪本社	〒532-0002 大阪市淀川区東三国4-6-16	(06) 6392-5171
	(株)地圏総合コンサルタント　大阪支店	〒541-0045 大阪市中央区道修町1-6-7　北浜MIDビル2F	(06) 6223-0955
	(株)ソイルシステム	〒537-0014 大阪市東成区大今里西1-8-3	(06) 6976-7788
	(株)ダイヤコンサルタント　関西支社	〒564-0063 吹田市江坂町1-9-21	(06) 6339-9141
	大和探査技術(株)大阪支店	〒532-0001 大阪市淀川区十八条1-11-13	(06) 6150-4000
	中央開発(株) 関西支社	〒564-0062 吹田市垂水町3-34-12	(06) 6386-3691
	中央復建コンサルタンツ(株)	〒533-0033 大阪市東淀川区東中島4-11-10	(06) 6160-3362
	(株)千代田基礎調査技術	〒530-0026 大阪市北区神山町2-2　造園会館	(06) 6312-9091
	(株)東京ソイルリサーチ　関西支店	〒564-0062 吹田市垂水町3-27-10	(06) 6384-5321
	(株)東建ジオテック　大阪支店	〒593-8321 堺市西区宮下町12-19	(072) 265-2651
	東邦地水(株)大阪支社	〒530-0035 大阪市北区同心2-4-17	(06) 6353-7900
	(株)日さく　大阪支店	〒564-0043 吹田市南吹田1-21-27	(06) 6318-0360

大阪府	日本基礎技術(株)関西支店	〒530-0037 大阪市北区松ケ枝町6-22	(06) 6351-0562
	日本物理探鑛(株)関西支店	〒550-0024 大阪市西区境川2-5-27　谷野ビル	(06) 6582-8541
	ハイテック(株)	〒532-0003 大阪市淀川区宮原2-11-9　白鳳ビル4F	(06) 6396-7571
	復建調査設計(株)大阪支社	〒532-0004 大阪市淀川区西宮原1-4-13	(06) 6392-7200
	報国エンジニアリング(株)	〒561-0827 豊中市大黒町3-5-26	(06) 6336-0128
	明治コンサルタント(株)大阪支店	〒563-0048 池田市呉服町10-14	(072) 751-1659
	(株)ヨコタテック	〒565-0822 吹田市山田市場5-2	(06) 6877-2666
兵庫県	国際航業(株)　関西事業所	〒660-0805 尼崎市西長洲町1-1-15	(06) 6487-1205
	(株)西播設計	〒679-4161 たつの市龍野町日山229-1	(0791) 63-3796
	播磨地質開発(株)	〒670-0883 姫路市城北新町1-8-25	(0792) 82-3232
	阪神測建(株)	〒650-0017 神戸市中央区楠町6-3-11	(078) 360-8481
奈良県	(株)インテコ	〒630-8122 奈良市三条本町1-86-4	(0742) 30-5655
	(株)シードコンサルタント	〒630-8114 奈良市芝辻町2-10-6	(0742) 33-2755
	(株)阪神コンサルタンツ	〒630-8115 奈良市大宮町2-4-25	(0742) 36-0211
和歌山県	(株)環境地盤	〒649-1444 和歌山県日高郡日高川町松瀬328-3	(0738) 36-2017
	(株)近代技研	〒649-6214 和歌山県岩出市水栖390	(0736) 62-6250
	(有)熊野路測量設計	〒647-0081 和歌山県新宮市新宮2317-20	(0735) 22-4990
	(株)白浜試錐	〒649-2211 和歌山県西牟婁郡白浜町2302	(0739) 42-4728
	(株)世紀工業	〒640-1121 和歌山県海草郡紀美野町下佐々296	(073) 489-2716
	(株)武田基礎調査	〒640-8251 和歌山県和歌山市南中間町66	(073) 423-7623
	(株)タニガキ建工	〒640-1231 和歌山県海草郡紀美野町上ケ井30	(073) 495-2667

編集後記

関西地質調査業協会の広報誌“GEO CONSULTANT ANNUAL REPORT”の第7号では、「海溝型地震」をテーマに特集を組みました。皆様もご承知のように、2011年3月11日に発生した東日本大震災により、海溝型地震にともなって発生する津波の被害が甚大なものとなることが改めて実感されました。関西地方でも、東南海地震と南海地震が30年以内に発生する確率はそれぞれ70%と60%と高く、津波による大規模な被害の発生が予測されています。これにともない、予測手法の改定や被害想定の見直しがなされつつあり、本号ではこれらに関する深い知見をお持ちの学識経験者に、特集記事を執筆していただいております。このほかにも、2011年9月の台風12号により発生した、紀伊半島おけるに大規模な土砂災害や洪水に関する記事、関西地方における最新技術およびプロジェクトに関する記事も掲載しております。本誌をお手にした方々に少しでもお役に立てれば幸いです。

我が国日本は、その地勢から絶えず地震や豪雨の被害を受ける運命にあるといえます。日本に住む人々が安全に、かつ安心して暮らせる社会の構築に、関西地質調査業協会を挙げて貢献していきたいと思っております。また、地盤のかすかな囁きに耳を傾け、その内容を地盤特性として多くの方々にお伝えすることを職務としている者として、地盤という観点から、さまざまな話題を取り上げて、今後とも広報誌GEOを発行していく所存です。

最後に、本誌に寄稿して下さった皆様に厚くお礼申し上げます。

技術委員会委員長　東原　純

GEO CONSULTANT ANNUAL REPORT
関西地質調査業協会 協会広報誌　No.7［2012年］

●発　行―関西地質調査業協会
〒550-0004 大阪市西区靱本町1-14-15（本町クィーバービル）
TEL 06-6441-0056　FAX 06-6446-0609
URL http://www2.ocn.ne.jp/~kstisitu/
E-mail kstisitu@gold.ocn.ne.jp
●制　作―荒木 繁幸、東原 純、中川 渉、風嵐 健志、大庭 祐二、柴田 辰広、山内 政也
●編　集―山本印刷所、ウメハラ原稿堂、デザインハウス ティーズ
●印　刷―山本印刷所
●発行日―平成24年3月

〔表紙写真〕瑞光院 玉青苑

開園時、重森玉青園長のご尽力により完成した本格山水の回遊庭園。大小200余の力強い石を、「真行草」に配した池泉鑑賞式庭園で、庭の中心の打（あざな）に座禅石を、築山上に素壮な鶴石組を設置しています。ほとばしる清水、水琴窟の風雅な音色が交わる、変化に富んだ庭です。

瑞光院

瑞光院は京都・宇治の黄檗山萬福寺塔頭。陸元禅師の開基・月水禅師の創建。兄弟子の木庵禅師の塔頭・福聚院と並んで、黄檗下二大甘露門と称されます。黄檗宗。
本堂には南画家重森玉青による襖絵子の間、風月の間など計11面に及ぶ襖絵があります。