

日本地震工学会誌

Bulletin of JAEE

No.39

Feb.2020

特 集：歴代会長にきく～平成の地震災害と令和への展望～



<http://www.jaee.gr.jp/>

公益社団法人 日本地震工学会

Japan Association for Earthquake Engineering

〒108-0014 東京都港区芝5-26-20 建築会館
Tel:03-5730-2831 Fax:03-5730-2830

日本地震工学会誌 (第39号 2020年2月)

Bulletin of JAEE (No.39 Feb.2020)

INDEX

巻頭言：

特集「歴代会長にきく～平成の地震災害と令和への展望～」について／永野 正行	1
---	---

特集：歴代会長にきく～平成の地震災害と令和への展望～

初代会長 青山 博之 (Hiroyuki Aoyama)	3
第2代会長 岡田 恒男 (Tsuneo Okada)	5
第3代会長 土岐 憲三 (Kenzo Toki)	8
第4代会長 石原 研而 (Kenji Ishihara)	12
第5代会長 入倉孝次郎 (Kojiro Irikura)	15
第7代会長 大町 達夫 (Tatsuo Ohmachi)	18
第8代会長 北川 良和 (Yoshikazu Kitagawa)	22
第9代会長 鈴木 浩平 (Kohei Suzuki)	25
第10代会長 濱田 政則 (Masanori Hamada)	27
第11代会長 久保 哲夫 (Tetsuo Kubo)	30
第12代会長 川島 一彦 (Kazuhiko Kawashima)	33
第13代会長 安田 進 (Susumu Yasuda)	35
第14代会長 目黒 公郎 (Kimiro Meguro)	39
第15代会長 福和 伸夫 (Nobuo Fukuwa)	43

学会ニュース：

「平成28年(2016年)熊本地震とESG研究」シンポジウム開催報告／佐藤 浩章	46
--	----

お知らせ：

お知らせ	48
------------	----

本学会に関する詳細はWeb上で／会誌への原稿投稿のお願い／登録メールアドレスご確認のお願い

／ JAEE Newsletter 第9巻 第1号 (通算第26号) が2020年4月末に発刊されます／ご寄附のお願い／問い合わせ先

編集後記

特集「歴代会長にきく～平成の地震災害と令和への展望～」について

永野 正行

●東京理科大学・会誌編集委員長

日本地震工学会は2001年1月1日に任意団体として創立されました。1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震から5年後のことです。その後、2010年に一般社団法人、2013年に公益社団法人への移行を経て、2021年1月に発足20周年を迎えます。この期間のほとんどは、前号の特集で組んだ平成時代と重なっております。

会誌編集委員会では、日本地震工学会20周年を控え、地震工学の歴史の証言記録を残すべく、歴代会長へのインタビューを企画しました。歴代会長の先生方に打診した結果、表1に示す14名のインタビューを実施することができました。本号ではこれらの特集「歴代会長にきく～平成の地震災害と令和への展望～」として一挙掲載いたします。

歴代会長の先生方には、研究の面白さや難しさ、2020

年9月に予定される第17回世界地震工学会議(17WCEE)に対する期待、今後の地震工学、若手研究者への期待などを伺いました。実際に発生した自然災害を軽減するために何をすべきか、これからの地震工学がどうあるべきか、さらに日本地震工学会が今後どのような役割を果たすべきか、先生方が様々なビジョンのもとで幅広い活動してきたことが分かります。平成時代で印象に残っている、もしくは研究活動に影響を与えた地震として、多くの先生方が1995年兵庫県南部地震を挙げていました。神戸の大震災等の経験を経て、より大局的な観点からの地震防災に取り組み始めた先生方も少なからず居ります。1995年兵庫県南部地震およびその後の対応をリアルタイムで経験した40才台以上の研究者、エンジニアの読者にとって、共感できる点、刺

表1 歴代会長の概要とインタビュー実施日

会長	氏名(敬称略)	主な分野	会長任期	インタビュー実施日(担当者)
初代	青山 博之	建築	2001.1～2001.5	2019年10月7日(大西・永野)
第2代	岡田 恒男	建築	2001.6～2002.5	2019年10月15日(小穴・永野・肥田)
第3代	土岐 憲三	土木	2002.6～2003.5	2019年9月9日(浅野・平井)
第4代	石原 研而	地盤	2003.6～2004.5	2019年10月21日(岩田・大野)
第5代	入倉 孝次郎	地震	2004.6～2005.5	2019年10月17日(浅野・王)
第7代	大町 達夫	土木	2006.6～2007.5	2019年9月25日(寺島・成田)
第8代	北川 良和	建築	2007.6～2008.5	2019年9月13日(小穴・永野)
第9代	鈴木 浩平	機械	2008.6～2009.5	2019年10月30日(大野・塩見)
第10代	濱田 政則	土木	2009.6～2010.5	2019年9月10日(塩見・福谷)
第11代	久保 哲夫	建築	2010.6～2011.5	2019年10月7日(王・大西・永野)
第12代	川島 一彦	土木	2011.6～2013.5	2019年10月10日(岩田・成田)
第13代	安田 進	地盤	2013.6～2015.5	2019年7月31日(入江・岩田・寺島)
第14代	目黒 公郎	土木	2015.5～2017.5	2019年10月27日(入江・福谷)
第15代	福和 伸夫	建築	2017.5～2019.5	2019年10月25日(寺島・平井・黒川*)

担当者は会誌編集委員会委員(*竹中工務店)



インタビュー時の写真、【左から】青山博之先生、岡田恒男先生、土岐憲三先生

激される部分も多い内容となっています。当該地震を経験していない若い世代の方にとっても、2011年東日本大震災、2016年熊本地震の経験を踏まえ、これからの防災を考えるうえで学ぶべき点も多いかと考えます。

最後に、快くインタビューに応じていただきました歴代会長の先生方には、編集委員を代表して心より御礼申し上げます。歴代会長は全て大学人であり、退職された先生もおりますが、ご高齢にもかかわらずまだバリバリ現役で活躍されている先生方も多く、充実したインタビューとなりました。企画を提案していただ

いた入江さやか委員、幹事の岩田直泰委員、寺島芳洋委員をはじめとする会誌編集委員会の委員の皆様には、インタビューおよび、その文字起こしという大変時間のかかる作業を担当していただき感謝申し上げます。

永野 正行 (ながの まさゆき)

東京理科大学理工学部建築学科 教授、1988年早稲田大学大学院修了、同年鹿島建設小堀研究室、2008年より現職、日本地震工学会理事(会誌)、博士(工学)、専門分野は地震工学、建築振動学。



インタビュー時の写真、【1段目左から】石原研而先生、入倉孝次郎先生、大町達夫先生
【2段目左から】北川良和先生、鈴木浩平先生、濱田政則先生
【3段目左から】久保哲夫先生、川島一彦先生、安田 進先生
【4段目左から】目黒公郎先生、福和伸夫先生

初代会長 青山 博之 (Hiroyuki Aoyama)

聞き手

●大西 直毅 (東京大学／会誌編集委員) ●永野 正行 (東京理科大学／会誌編集委員長)

——本日のインタビューはよろしくお願いします。

どのようなことが世間で話題になっているかもよく把握せず、山の仙人みたいなものでどこまでお話しできるかわかりませんが、よろしくお願いします。

——平成時代では神戸地震のインパクトが大きかったと思いますが、このときはどのようなことを感じましたか。

神戸の地震については私も多少は見に行きましたが、直接はよく知らないことが多いのです。実は私の前任者であった梅村魁先生がちょうどお亡くなりになる直前に地震がありました。それで、調査の方はあまりやらずに、むしろ梅村先生の菩提を弔う方に一生懸命でした。梅村先生が亡くなられるかどうかともわからない時期だったものですから、当時はあまり落ち着いた状況であったと記憶しております。

日本地震工学会、世界地震工学会議について

——神戸の地震の後に、日本地震工学会がスタートしたわけですが、そのときに考えられていたことは。

もう、あまり覚えがないですが、ごく自然に立ち上がったといったほうがよいのでしょうか。特別に身構えて、あれしよう、これしよう、といって大風呂敷を広げるという感じではなく、非常に自然に会が発足したという感じでした。

——来年、日本で世界地震工学会議が開催されます。

前回、日本で開催されたときは私も若かったですね。今はもう何もお手伝いできないかと思いますが。

——前回の時(第9回、1988年)は東京と京都で開催されたのですが、当時はどのような意識で進めていたのでしょうか。

意気込みというほどのことはなかったと思います。むしろ内部では、東京と京都の両方でやる必要があるのかという疑問の声も出ていたくらいでした。東京、京都というパターンは、最初に日本で開催した第2回の1960年のパターンをそのまま踏襲したものでした。会場は2か所になるし、お金はかかるし、いろいろ大変なことも多かったです。ただ、会議に参加した皆さんには好評だったようです。



青山博之先生

地震被害から学ぶべきこと

——最近の地震被害についてどのようなことを感じていますでしょうか。

以前から我々は研究ということで地震の後に調査するのですが、地震で何が起ったのかという後追いですね。内輪ではポストモータム(検死)という風に言っていました。それと同じで、すでに壊れてしまった建物に対して、後追いで調べる仕事をするのですが、そういうのはいつになっても重要であることには変わりなくて、今でも地震が起ったらやらなければならないことと思っています。最近の地震の後の論文とかを見ていると、一頃に比べると熱が冷めてしまったような気がします。もう少しポストモータムに一生懸命になってもよいのではないかという気がします。

——どのようなところでそれを感じますか。

例えば、1952年十勝沖地震くらいまでさかのぼりますが、調査対象となる建物をいろいろな大学で奪い合いといっちは何ですが、あの建物は何大学の担当、とか決めてやっていたものです。そういった、奪い合いのようなものを最近では見かけないような気がします。

——やはり地震で何が起きたかを見るのが一番重要ということですね。

一番重要だと思いますけれども、ただ最近はいろいろと権利関係がうるさくて、そういうことをなかなか自由にできないかもしれません。調査というものと、建物の使う方の権利関係、維持管理のための体制とか、

そのようなところの兼ね合いをうまくつけないといけないと思いますね。そこら辺を日本地震工学会で何かお手伝いするようなことはできると良いかと思います。

——2000年以降の建物については震動被害が少なくなっている印象がありますが、今後の基準法などの規定などで何かすべきことをお考えでしょうか。

どうでしょう。最近はどうようなことが求められているのでしょうか。

——基準法や性能設計の話との関係でお伺いいたしますが、銃社会であるアメリカとそうでない日本では、そもそもリスクに対する考え方がかなり異なる印象もあります。

私もアメリカには何年か住んだことはありますが、日常的に銃の存在を感じることはないですね。ただ、何かの時には出てくるので、恐ろしい社会なのですよ。そういう観点でアメリカ人と日本人の考え方が違うかどうか、私もあまり考えたことはありませんが、今おっしゃったことが本当にあるとすれば、大きな問題ではあると思いますね。

——若い研究者へのアドバイスみたいなものはありますでしょうか。

むしろ私の方から若い人に伺いたいですね。地震工学に何を期待しているのかを。

——先生の今までの研究人生で何かやり残したものはありますでしょうか。

いやー(笑)。仕事というものを独立した存在だと思ってみたときには、不十分なところもありかと思えます。でも、自分の今の健康状態と思い比べてみると、もうあと1年生きるか2年生きるかわからないですが、その範囲内で考えたらやり残したことはないですね。

——どうもありがとうございました。



青山博之先生(右)と聞き手の永野委員長(左)

2019年10月7日、大岡山のお住まいにて
文＝永野正行

青山 博之 (あおやま ひろゆき)

1960年東京大学大学院博士課程修了(工学博士)、1978年東京大学工学部・教授、1976年度日本建築学会賞(論文)、2001年日本地震工学会・初代会長就任、2007年日本建築学会大賞。

第2代会長 岡田 恒男 (Tsuneo Okada)

聞き手

- 小穴 温子 (清水建設／会誌編集委員) ●永野 正行 (東京理科大学／会誌編集委員長)
●肥田 剛典 (東京大学／会誌編集委員)

平成における地震災害で得られた教訓と課題

——平成で最も印象に残った地震災害についてお聞かせください。

私が大学を卒業して60年が経ちました。前半30年の昭和では研究を、後半30年の平成では研究のマネジメント・プロモーション・応用を中心に活動しました。平成では、いわゆるプロジェクト研究のテーマ選び、予算取り、社会への還元方法等を考えていました。

平成で私自身の仕事へのインパクトが最も大きかったのは阪神・淡路大震災です。海外の被害地震も記憶に残っています。例えば、1988年アルメニア地震(昭和から平成にかけて現地調査2回)、1992年フィリピンの地震、1994年エジプト・カイロの地震などです。国内でも1993年には北海道南西沖地震が起きました。これら平成の最初の頃の地震を経験し、各国間・個々の建物間の地震対策の格差を是正するというのが今後の地震工学の大きなテーマになると感じていました。それをさらに実感・認識したのが阪神・淡路大震災でした。旧建築基準法と新建築基準法の耐震性の“格差”が日本でも現れたからです。

——そのようなご経験から、その後取り組む課題を見出されたのですね。

格差とは異なりますが、研究と現場の“ミスマッチ”もあります。研究は進んでいるが、それが実状にそぐわない部分があります。アルメニアの地震の例がそうですが、実際に被害を見て問題だと感じたことは、当時の地震学の知識を駆使してマイクロゾーンが行われており、震度階が1つ違うと設計震度が倍半分違う設計が行われていたことです。理屈のとおりなのですが、そのとおりやってみると、少ししか離れていない二つの建物の耐震性能に大きな“格差”が生じます。学術研究と現場のミスマッチと、その結果生じる格差は課題であると感じました。

——兵庫県南部地震特別研究委員会をやられていましたね。

阪神・淡路大震災を受けて、今まで問題にしてこなかった研究分野が沢山あることを認識し、地震学から社会学まで手を広げて一緒になって課題に取り組むことの必要性を感じて、日本建築学会に立ち上げた委員



岡田恒男先生

会です。

実質的には建築学会と土木学会の共同研究でしたが、文科省科研費・特定領域研究に都市直下地震に関する研究の副代表も務めました。

また、阪神・淡路大震災に関して、5学会(建築学会、土木学会、地震学会、地盤工学会、機械学会)共同の報告書をまとめました。これらの活動が日本地震工学会の発足に繋がったと思っています。

——色々な分野間を横断して調整されたのですね。

余談ですが、元々は、濃尾地震のあとにできた震災予防協会という財団法人が地震工学の普及活動を行っていました。しかし、運営が困難を極めていたことと、少人数で運営する財団ではなく、多くの有志が集まる学会形式で地震工学のプロモーションを行った方が良いという機運が高まっていたことから、財団法人を解散し、社団法人形式の日本地震工学会を発足させたという経緯があります。私もそれに関わっていました。たくさんの議論を重ねて、色々な分野の方々と知り合いになりました。これが現在の日本地震工学会に繋がってきたと思っています。防災科研のEディフェンスも同様です。土木・建築・機械・地震の専門家が集まって、大型の震動台が本当に日本に必要なのかどうかが議論されました。

また地震調査研究推進本部(推本)の政策委員会の委員長を引き受けてみて感じたのは、やはり地震学と実際の防災対策とのギャップです。推本のニュースに、「活断層調査をしているすぐそばで宅地造成しているのはおかしいのではないか」と書いたこともありま

す。現状では、都市の真ん中に活断層があってもそこに住んでいますが、活断層の近くに構造物を作るにはどうしたら良いかについて研究していれば、少々規制があっても皆驚かないはずです。

そのような研究と実際とのギャップは、研究が進んだことと、国が豊かになり防災を考える余裕ができたことから生じているのでしょうか。そのギャップを研究者が埋めていく必要があると思います。

——熊本地震でも同様のギャップを感じました。

確かに、熊本地震では事前に予測されていた震度分布と実際の震度分布（被害分布）はよく合っていたと思います。情報発信力が重要と感じました。地震工学会の発信にも期待したいと思います。

——平成の地震災害で明らかになった課題とは何でしょうか。

上部構造の耐震化に関する研究は、地震動は地面よりも下からやってくるにもかかわらず、震度相当の水平力を上部構造にかけるという全く逆の視点から始まっています。

建築構造の研究の方は、徐々に研究対象が上部構造物から基礎・地盤へと下がってきている印象で、ようやく基礎の入力地震動などの研究まで来しました。一方、地震・地震動の研究の方は、震源から始まり地表面の地震動まで上がってきた印象があります。これらを概観すると、構造物の基礎周辺の研究がばやけており、上と下で“ミスマッチ”が起きているように思えます。そのようなことが地震被害、地震動の観測、地震学の研究、建物の耐震性能の研究等から認識され始めたのではないかと思います。

——基礎と地盤の相互作用も重要な研究課題ということですね。

推本の政策委員会でも、自由地盤だけでなく建物内への地震計の設置を提案しましたが、設置許可、情報開示、メンテナンス等の問題があり、実現は叶いませんでした。未だに残念に思っています。国の建物だけでも設置できると良いのですが。地震工学会でそのような活動が出来ると良いと思っています。

また、実際の地震で建物が壊れる際のデータ収集も重要だと考えています。1980年代に震度3で壊れる“RC造弱小モデル”プロジェクトで、柱降伏型モデル建物と梁降伏型モデル建物を作り地震応答観測を始めました。1987年千葉県東方沖地震で耐震性の違いの検証に成功しました。これを全世界でやることを提案しましたが、これも叶いませんでした。

また、建物の耐震性の解析では、しばしば基礎と杭との接点を分離して解析していますが、一体化するべ

きです。非常に高度な解析をやろうと思えば出来る時代になったにもかかわらず、非線形、多次元の問題として一般の設計実務に反映し切れていないのではないのでしょうか。使っている道具は手計算の時代のものばかりです。計算結果と実現象の対応は課題ではあるものの、建設界全般としてコンピュータを使いこなせていないように思われます。

——岡田先生は、RCの復元力特性のご研究もされていました。

大学の研究室に入ったとき、梅村魁先生からP-Δ効果についての研究テーマをいただきました。これから超高層が増えるとP-Δ効果が問題になることが予想されたからです。RC造の文献を調査したら、柱に関しては最大耐力に達したら加力をやめるという実験しかなく、その先についてはどこにも書かれていませんでした。当時は、軸力をかけつつ水平力もかけるという実験は難しく、ほとんどやられていませんでしたので、梅村先生にお願いしてやらせてもらいました。結局、P-Δ効果の影響が大きくなる以前の変形で柱が破壊することがわかりましたので、変形限界も含めた復元力特性を求めることに研究をシフトしました。

Eディフェンスでの実験によって、上部構造については、その余力も含め、だいぶ分かるようになってきたと思います。ただし、構造物のサイズ、地盤・基礎、地震動との関係性があるので、正確な予測はまだ難しい部分があります。分野を横断して研究を進める必要があると思います。

地震工学は、あらゆる分野のこれまでの調査研究の成果を集合させる学問だと思います。周りの進歩にもっと敏感になる必要があります。まだITに対しては鈍感なのではないでしょうか。

——阪神・淡路大震災や熊本地震では歴史的建造物も被害を受けました。

個別のプロジェクトで、文化財の保存・補強については今も取り組んでいます。

ひと昔前の文化財の保存は、オリジナルに戻すということでした。極端な例では、江戸時代に入れた補強材を復元時に外すということもありました。阪神・淡路大震災後、私達もそれではいけないということを言い続け、建築史家たちの理解も徐々に変わり、そのようなことは少なくなってきました。

阪神・淡路大震災の前に、法務省の赤煉瓦の建物の保存・補強に関係しました。補強後に重要文化財に認定されたのですが、認定されたのは補強していない部分だけでした。補強した部分も含めて全体が認定されないとおかしいのではないかといいましたが、その点は未だに認められていません。東京駅や国立西洋美術

館も同様です。

一方で、西洋美術館が世界遺産になった理由の一つに、地震対策を講じていたことが挙げられています。近代建築についてはこのような進歩が見られ、嬉しく思っています。

津波について

津波の避難ビルという発想は70年代からありました。構造形式によって津波荷重に対する性能も変わるはずなので、その研究をしないといけないと思っていました。

日本建築センターで、2003年から津波荷重の勉強会を始めました。2004年10月、11月にアイディアをビルディングレターに投稿しました。その直後(2004年12月)にスマトラで地震津波被害が生じました。内閣府でも津波対策の指針を作ろうとしていた時期であり、提案したアイディアはそこに採用されました。

津波荷重に問題意識を持ったきっかけは、1993年北海道南西沖地震(奥尻地震)でした。海岸沿いにあった平屋のRC壁式構造のトイレが完全に破壊し流されており、その壁の断面を見ると鉄筋が伸びて切れていました。津波の威力の凄さを実感しました。

国の指針は出されましたが、実際にはあまり使われていませんでした。その点に関して、「東北地方太平洋沖地震までに早く気付いて普及できていれば……」という後悔があります。犠牲者が出る地震が起こらないと次に進めないということが切ないと感じています。これは災害工学の宿命でしょうか。

地震工学における研究の面白さ・難しさ

——地震工学における研究の面白さ・難しさを感じるのはどのようなところですか。

分からないことが見つかった時の喜びはありますが地震工学の研究が「面白い」と感じたことはありません。しかし「やりがいのある」研究だと思っています。学生に対しても、「一日研究をサボると世界の誰かが犠牲になるかもしれない。一日頑張ると世界の誰かを救えるかもしれない。役に立つ、やりがいのある仕事だ」と伝えています。

私の研究の原点は、1968年十勝沖地震の被害調査にあります。当時はどこで被害があったかという情報はほとんど入って来ませんでした。最初は函館大学で被害があったと聞き、それだけを頼りに函館に向かおうとしました。しかし交通手段がなく、上野から夜行列車で青森に向かったのですが、盛岡で足止めされました。盛岡でタクシーの運転手に情報を聞いたところ、八戸で被害があったと知りました。そこで八戸市庁舎などの調査を行いました。今では情報も早く入る様になりましたが、被災地での調査は救助・救援との関係もあり、苦勞します。



岡田恒男先生(左)と聞き手の小穴委員(右)

今後の日本の地震工学に期待すること

——17WCEEに期待することは何ですか。

17WCEEでは、日本の最先端の地震防災技術と、不足している防災対策の両面を世界に伝えて欲しいと思います。その意味で、東北で開催するのは良いことだと思っています。また、日本の技術を自慢するためには被害があった建物だけでなく、被害がなかった建物についても紹介して欲しいですね。被害の有無の境界に関する研究も重要であると考えています。

——世界の地震工学に対して日本の研究者・技術者が貢献すべき点は何でしょうか。

最初にも申し上げましたが、各国間、構造物間での耐震性の格差の是正でしょう。日本流をもっと広めても良いのではないのでしょうか。

——日本地震工学会と若い研究者に望むことは何ですか。

地震工学に限りませんが、若い研究者・先生方は雑用が多すぎて気の毒ですね。自分の興味でゆっくり基礎的な研究を行えるような環境を、国をあげて準備しなければならないと思っています。

自由に使える研究助成金も探せばあるはずなので、すぐに成果が求められないような研究テーマに取り組む努力をして欲しいと思います。その様な研究資金が増えるよう皆で声を上げる必要があると思います。

2019年10月15日、日本建築防災協会にて
文＝肥田剛典

岡田 恒男(おかだ つねお)

1961年東京大学大学院数物系研究科修士課程修了。1966年工学博士(東京大学)。2010年「建築物の耐震性評価とその向上に関する一連の研究および地震防災技術の普及に関する貢献」により日本建築学会大賞を受賞。現在、日本建築防災協会顧問。専門分野：建築耐震工学、地震防災学。

第3代会長 土岐 憲三 (Kenzo Toki)

聞き手

●浅野 公之(京都大学/会誌編集委員) ●平井 敬(名古屋大学/会誌編集委員)

——まず、ご経歴をお伺いしてもよろしいですか。

私たちが京都大学を卒業した頃は、学生と教員の関係は今とは全然違います。私は学部を卒業したら、当時の国鉄へ行こうと思っていましたが、指導教授から「大学院に行け」と言われました。私の指導教授は工学部長で、当時は、指導教授や工学部長には逆らうことなんかできないのです。だから、修士課程に入学して、続いて博士課程へ進んだのです。博士課程を修了したらすぐに助教授に採用されました。その後、工学部と防災研究所を完全に2往復しました。

——2002年に京大をご退職され、立命館に移られました。ちょうどその頃に、歴史都市防災研究センターが発足しましたね。

文部科学省が2002年に21世紀COEプロジェクトを始めましたよね。そのときは立命館大学理工学部の土木・建築のセクションにいたから、ぜひCOEのテーマを作ってくれと頼まれました。文化財のことを私は神戸の地震以来、NPOでずっとやってきていたから、その方面で何かCOEのプロジェクトを作ってくれということです。あなたたちは信じないだろうけれども、飲食しながらのことでしたが、理事長や総長に「先生、頼みます。何とかやってくれ」と、拝み倒されたのです。そうは言っても、当時の立命館には文化財防災の人間は誰もいません。防災関係の研究者が2~3人いたぐらいです。文化財と防災というのは、全くの別世界でしたから、両者をくっ付ける事をNPOでの目的としたのです。立命館大学としては「何とかCOEに仕立て上げてくれ」と言うから、「分かりました、それなら今の陣容ではできない。必要な人を新たに外から探してほしい」と頼んで、プロジェクトチームを充実させました。

だから、私が立命館に来て最初の仕事は、文化財の防災というテーマでCOEをつくり上げることでした。それで、この歴史都市防災研究センターを設立して、センター長を10年間務めました。今は、後進の教授に引き継いでもらっており、立命館大学も正式には今から1年半前に退職しました。そして、特別研究フェローという現在の役職を立命館から与えられ、今もここが私の本拠地になっています。

神戸の地震火災で人生観や研究テーマが変わった



土岐憲三先生

——平成で最も印象に残った地震災害、あるいは最も集中して研究した地震災害を教えてください。

私と同じ年代の人だったら、どう考えても神戸の地震(1995年兵庫県南部地震、阪神・淡路大震災)ですね。神戸の地震以来、私の人生観も変わったし、研究のテーマも変わりました。それまでは、構造物の耐震の問題が研究のテーマでした。神戸の地震に際して、市街地の火災を見て以来、地震の後の火災からどうすれば、まちや文化財を守れるかが、重要だと思うようになりました。

地震の揺れで文化財建造物が倒れても引き起こせばいい。でも、灰になったらどうしようもない。神戸の地震を機に、専門が完全に変わってしまった。そうでなかったら、こんな文化財防災をメインとする研究センターなど作りゃしない。いや、完全に変わったのではなく、加わったと言うべきかな。地震関係の研究を止めたわけではないから。

だから、質問に対する回答は、間違いなく神戸の地震です。地震の後、文部省から建築、土木、地震学、それから地盤とか、関係する学会を集めて大きな委員会をつくるように言われ、その全体の委員長に私が指名されました。研究費も多かったし、委員会は3年間でした。最終報告書も2000ページほどでしたかね。縮刷版も作りました。

——やはり平成の地震災害というと、神戸の震災を上げる方が一番多いですね。

平成の地震で東日本大震災を挙げる人もいるけれど

も、大震災と呼ぶべきではないと思っているのです。なぜならば、あれは東日本大津波と言うべきなのです。失われた人命の90%以上は津波で、地震動では約5%でしかない。それを東日本大震災と呼んだら、一般の方に誤解を与えるわけです。大震災といっても失われる人命はあの程度なのか、経済的被害もこの程度かと思ってしまう。私は「あれは、東日本大津波だ」と呼ぶべきだ言っているのです。地震の話から逃げているのではないのです。

東日本大震災の津波以外の被害を地震災害だと言うと、地震の災害なんてしっていて、マグニチュード9の大地震が起こっても震災はあの程度かと思ってしまう。そしたら次の南海トラフの地震も、地震そのものによる被害は同じ程度かとなってくる、それが恐ろしいのです。南海トラフの地震でも東日本大震災と同じようなことが起こると思ったら大間違いで、南海トラフ地震では震源域が陸地に及んでいるから、津波のみならず地震動による大きな被害が生じることを、地震工学の分野の人は一般社会に伝えなければいけないですね。

皆が想像していなかったことが起こる

——平成の時代で地震工学の学問が成し得たことと成し得なかったこと、この先の令和の時代に引き継がれるべき課題を教えてください。

9年前に「明日の京都」という任意団体をつくりました。今は頭の中はそれで一杯です。どうやって京都を次なる内陸地震から守るか。南海トラフ地震なら京都での揺れは、せいぜい震度5強、運が悪かったらどこかで震度6になるかもしれない、その程度です。でも、神戸の地震で分かっているように、内陸地震でその程度の揺れが生じると、必ず火災が起こるのです。火災が起こったら、京都のまちのいろいろな所へ広がっていきます。1788年の天明の大火では、当時の京都のまちの8割が焼けています。現代はその時代より耐火性が進んでいると言う人がいるかもしれないが、必ずしもそうではない。木造の民家だけではなくて、その時代にはなかった危険物がいっぱいあります。例えば、



土岐憲三先生(右)と聞き手の平井委員(左)

自動車が積んでいるガソリンは、ある程度温度が高くなったら発火や引火を起こします。でも、そういうシミュレーションをやった人は多分いないと思う。過去の事例がもちろんあるわけでもない。危機管理とも云うべき分野に残された課題は多いですね。

京都が震度6以上の地震動に襲われたのは1830年の文政京都地震であって、その震度6が最後だからね。それ以後はそんな機会がないから、一般の人々は地震のことは考えてもいないし、想像もしていない。でも、想像していなかったことが起こるということは、東北の地震で経験したではないですか。私は、大事なことを皆さんに知ってもらいたい、それを後世に伝えたい、という思いで多少激烈な言葉を使ってでも、皆さんの頭に残るように、あえて主張しています。文化財の防災だって、初めは誰も耳を傾けませんでした。いろいろな手立てを考えて、自分の意見をはっきり言わなければ通じないのです。国立大学の教員は国の税金で仕事をしているのだから、お返ししなければいけないでしょう。こうした機会は誰にでも与えられるわけではないのだから、機会を与えられた者は、みんなに危険性を減らし、知らしめる義務があると思う。

「明日の京都」の設立

——「明日の京都」のことも聞いてみたいと思っていました。

私はね、土木学会から若い研究者がインタビューに来たときにも言ったんだよね。「専門バカになるな。ある時期までは一生懸命に自分の専門を勉強しなければならぬだろうけども、それをある程度過ぎたら他のところに目を配れ、そのぐらい余裕を持ってやらないと駄目だよ」と。やはり人間だれしも思うようにいかないことがあるよね。そのときにテーマが一つだけだと、もうそこで止まってしまうよね。それが二つ、三つあったら乗り換えていけば、そのうちに元に戻れるでしょう。だから、私なんかは元々耐震屋でしかなかったのが、文化財がどうこう言い出して、私は自分自身が豊かになっていると思います。

——「明日の京都」をおつくりになったときのこと、背景などをお聞かせいただけますか。

何故京都なのかを説明しなければなりませんね。文化遺産がターゲットですから、毎年各地でフォーラムを開催したけれど、東京から山口の間の東海道、山陰と山陽、それと関西で13回、大都市では複数回だったので合計20回でした。前日から現地へ乗り込んで当地の行政の有志の人たちと共に準備から人集め、会場探しなどの全てをしなければならぬから、東北や九州ではできませんでした。それで、広く浅くなってしまうので、もっと深く掘り下げる場所として京都

をえらんだのです。人口に対する国宝や重要文化財の数、すなわち対人口密度は京都が他の政令指定都市の平均値の13倍以上なのです。一桁大きいのだから、的を京都に絞っても異論はないだろうと決めました。そして京都府知事(当時)や京都市長、京都仏教会の理事長など、京都の主だった人々を仲間数人と共に口説いて廻りました。この会がスタートしたのは2010年10月で、2020年でちょうど10周年です。そこで、近々、仲間が集まって、来し方行く末について検討する予定です。

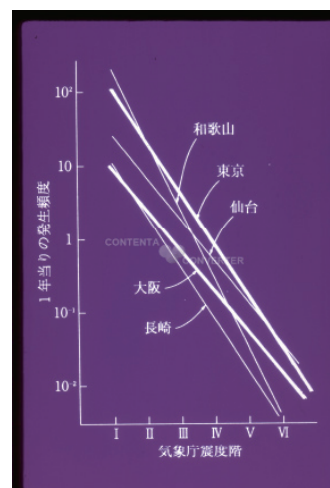
——事前に「明日の京都」のホームページを拝見して、元ユネスコ事務局長の方が会長を務められていることには、何かエピソードはございますか。

理事会を構成するときに、京都のまちの然るべき人たちがないと全体を動かせないから、京都人だけでこの組織を作ろうと考えました。ただし、会長だけは諸々の理由で京都人ではない人をお願いしようと思っていたので、当時のユネスコ事務局長の松浦晃一郎さんをお願いしました。松浦さんを口説くのに、1年かかりましたよ。なかなか「うん」と仰らなかった。それでも、ユネスコの任期を終えてから、東京からの電話で、「あなたの熱心さに負けた。引き受けましょう」と言われました。「これで成功する」と思いました。生粋の外交官であり、ユネスコ事務局長の前にはフランス大使や北米局長の任にあった方で、京都とは縁のなかった人が有り難いことに、「明日の京都」の会長になって以来、京都に対して非常に強い関心を持って下さっている。だから、幸いなことに、全てがうまくいっています。ユニークな人事だっただけに内心では自慢に思っています。

初めてのネットワーク型強震観測

——ちょっと話が変わるのですが、関西地震観測研究協議会(関震協)を設立されたときの背景とか、苦労話とか、お聞かせください。

私たちの時代にも「強震観測」という言葉はあったけれども、それは関東でしかやっていませんでしたし、それらはスタンドアローンの強震計だったのです。大阪の地域地盤環境研究所の岩崎好規さんが、私の長い間の友人で、この2人で始めました。強震といたら関東だとばかり言うけれども、そうではないよ、大きな地震ではな、と云うことですよ。これについては、私はデータを持っていました。過去100年間の震度と観測回数を片対数にプロットしたのが次の図です。震度が小さいところは大阪よりも東京の方が回数が多いのです。図では震度が6までしかなかったけれども、それを震度7まで外挿すると、東京と大阪の発生頻度はほぼ一致するのです。



1年あたりの震度の発生頻度(勝又、1968)

われわれ災害に関わる人間は、大きな地震の方が問題です。理学の人は小さい地震でも研究する種があるから、それでいいでしょう。でも、私らみたいな災害屋は、小さい地震はどうでもいいのです。大きな地震がどうだとなったら関東も関西も一緒だというのが、私と岩崎さんは以前から頭に入っていたので、「強震観測を関西でもやろうやないか、関東ばかりでやるのは気に食わん」と。当時はスタンドアローンでも一式500万円ほどかかりました。たぶん、今はもう少し安くなっているよね。

——そうでしょうね。

ゼネコン各社が支援してくれて、10観測点分の5000万円ほど用意できました。でも、一度に5000万円拠出するのではなくて、5年間かけて払いましょうというのもありました。全部が全部そうではないけどね。それで私と岩崎さんが、「こんなん待てないよな。5年とか10年とか待っていて、その間に大きな地震が来たら、もう切腹せなあかん。それはつらい。だから、借金してでも直ぐに作ろうやないか」と言ってね。リースです。経費の約束ができたならすぐに地震計を10カ所に据え、観測を開始しました。それが1994年の4月です。

そうしたら、7カ月後に神戸の地震が起き、我々の設置した地震計で、神戸や大阪での強震動を記録できました。それで、関西でも強震観測の重要性が広く認識され、今ではずっと観測点が増えています。おまけにスタンドアローンでなくて、ネットワークにしました。あの頃は強震観測のネットワークなんて東京にもなかったんですよ。だから、電話回線を借りて、10カ所をネットワークにして、自動収集・速報の仕組みを確立しました。今ではそんなのは当たり前です。当たりのことを最初にやるというのは簡単ではないし、それを評価できる人がいない。特にその当時は。後からだったら「ああ、そうか」と言うけれども。だから、

その先見の明を認めて土木学会での表彰に推薦してくれた人もいたけれども、その価値を認めなかった人もあるわけです。誰もやっていなかったことを初めて行うということはそんなものです。関震協は、岩崎さんと私の2人が、世に誇り得るものだと思われています。今は私達の手を離れて、若い人たちが一生懸命やってくれていて、まだ続いています。

——神戸の地震のときのことをもう少し教えてください。

ちょうど1年前に発生したノースリッジ地震の記念のシンポジウム（第4回日米都市防災会議）を、大阪で開いていました。アメリカから25～26人、日本からも30人ほどかな、都市地震防災の研究者たちが大阪へ集まっていたのです。それで私は基調講演をすることになっていたのですが、京都からの電車が止まってはいけなかったので、前の晩から大阪に泊まっていた。そして地震に遭いました。

テレビは災害が起これば針小棒大に被害を伝えることが多いですね。だから、1月17日の朝も、またいつものようにローカルな被害を大きく伝えているんだろうと思っていましたけど、昼休み頃になったら、これはどうも様子が違うなと。アメリカから来ていた研究者も日本人も、これは部屋の中で研究発表している場合とは違うぞということで、みんな現場へ散っていったのですよ。

——どうやって現場に行かれたのですか？

私は大阪のテレビ局に捉まって、それ以来1日半、ヘリコプターで現地に行って、取材してテレビ局のスタジオで解説して、また被災地、というのを繰り返しました。京都の家には二日間帰っていません。だから、海外からの研究者のお手伝いはできませんでしたが、仲間には顔見知りが大勢いたので世話をしてくれました。そのときに、上空からあの火災を見たのです。それを見て、文化財建造物がひっくり返ったって引き起こしたらしまいや、だけど灰になったらどうにもならんわと感じました。私の頭に火災の問題がこびり付いたのは、それからなのです。

皆が目を向けられないものを、やっтарうやないか

——日本地震工学会の今後、それから若い研究者に何か望むことはありますか。

人の真似をするな、ある程度勉強しないと新しいアイデアなんて湧くわけがないから、ある程度は基本的な勉強をして、そこから次なるものを探し出せというふうに私は言っています。東大の地震研究所の所長もされた伯野元彦先生が、私に仰ったことがあるのです。「土岐先生、いいテーマ見つけましたね」「何ですか」

「文化財の話や」。「ああ、あれですか」「これは見つけたんと違うんです、地震から2、3ヶ月経っても誰も文化財と地震のことを言い出さないから、これは放っとけへんな」と自分で何かをせざるを得なかったのです。ヘリコプターから震災を見て、神戸では国宝が焼けなかったけれど、あれが京都だったらどうだろうと云うところから始まったのです。見つけたと云うよりは捕まったのです。

その後調べてみたら、文化財の密度が他の都市と全然違うのですよ。国宝と重要文化財の数を人口で割った文化財の対人口密度は、京都市は主な政令指定都市の平均値の13倍以上、つまり1桁違います。でも、そのことは国民の皆さんもほとんど知らないと思う。文化財や防災を専門とする人だって、文化遺産の対人口比が京都では他の大都市とは10倍以上違うということを意識している人は、ほとんどいないと思います。

文化財防災の話は三つの条件がないとうまくいかないのです。私自身が非常に幸運だったのは、一つは、京都に在住して、肌身で文化財のことを知っていたことです。それから、災害を専門としていること。もう一つは、若い人と違うことは、私は他者に対して話をする場を与えられることが多いということです。

後になって振り返ってみた時に、シンドかったけれども面白かった、やりがいがあった、と思えるような新しいテーマ、あるいは皆が目を向けられないものを、「やっтарうやないか」という挑戦ですね。

——今日は、いろいろなお話をお聞きできて、面白かったです。ありがとうございました。

2019年9月9日、立命館大学歴史都市防災研究所にて
文＝浅野公之

1) 勝又 護：地震の規模と被害の及ぶ範囲、駿震時報、第42巻、第3～4号別冊、pp.73～76, 1968.

土岐 憲三(とき けんぞう)

1961年京都大学工学部土木工学科卒、1966年京都大学大学院工学研究科土木工学専攻博士課程修了、工学博士。1966年京都大学工学部助教授、1967年同防災研究所助教授、1975年同工学部助教授、1976年同防災研究所教授、1993年同工学部教授、同大学院工学研究科教授、1997年同大学院工学研究科長・工学部長、2001年同総長補佐、2002年京都大学名誉教授、2002年立命館大学理工学部教授、2003年同歴史都市防災研究センター長を経て、現在、立命館大学衣笠総合研究機構特別研究フェロー、NPO法人「災害から文化財を守る会」理事長、「明日の京都」副会長。西日本高速道路(株)監査役を経て技術参与。地震工学、文化財防災が専門。

第4代会長 石原 研而 (Kenji Ishihara)

聞き手

●岩田 直泰 (鉄道総合技術研究所／会誌編集委員) ●大野 卓志 (高圧ガス保安協会／会誌編集委員)

船で被災現場へ上陸

——本日はよろしくお願いします。平成の31年間は被害地震が多数発生しました。印象に残った地震災害を教えてください。

私は1995年の3月に東京大学を退官し、4月から東京理科大学へ移りました。その年の1月に発生した兵庫県南部地震が印象に残っています。将来役に立つだろうと考え、現場から大量の土を送ってもらい、学生に室内試験をずいぶんやってもらいました。また、現場に何回も足を運びました。地震後は陸路が遮断されたため、知人の協力を得て大阪の港から船で神戸へ行きました。小さな船でしたが、地震直後の混乱時でもあり、様々な場所に上陸することができました。六甲アイランドやポートアイランドが液状化被害の中心でしたが、このあたりを随分と調査しました。

——船で現場へ移動されたとのことで、当時の交通網の混乱の状況が伝わりました。兵庫県南部地震以外にも印象に残った地震災害がありますでしょうか。

2011年の東北地方太平洋沖地震の液状化被害も印象深いです。この地震では東日本の太平洋沿岸の津波による被害が目立ちましたが、液状化に関しては、東北地方よりもむしろ関東の利根川下流の千葉県や茨城県で被害が目立ちました。茨城県側は神栖市や潮来市など、千葉県では香取市などが具体的な地域です。各自治体で委員会が設置され、復旧方法などが検討されました。第13代会長の安田先生もこれらの委員会に参加されています。私も香取市などの委員会のメンバーとなりました。検討には土質や地盤の情報が必要なことから、香取市には何度も足を運びました。委員会の報告書はできましたが、委員会で検討した内容に関する論文があまり出ていません。大きな成果が出たにも関わらずそれが社会に発信されていないように思います。これは残念な点です。

——東北地方太平洋沖地震の液状化は千葉県の浦安市の被害が大きく報道されたと記憶しています。

千葉県浦安市の液状化による大きな被害は、ご存じの通りだと思います。浦安市では、住宅地の液状化対策として敷地の境界で工事が行われました。この関係から小型の施工機械が開発され、いろいろな場所で地盤が改良されました。ただし、住宅地の地盤改良に関しては住民の4分の3以上の合意が必要であり、住宅地で



石原研而先生

の対策があまり進んでいない点が気になります。

日本の液状化研究が辿った道

——液状化の研究について教えてください。

液状化の研究はアメリカと日本が中心となって進んできました。しかし、両者の間には明確な違いがあります。アメリカではコーン貫入試験により簡易な方法で地盤の固さを測り液状化を判定することが主流となっています。一方、日本は評価対象となる地点から地盤の不攪乱資料をサンプリングし、室内の試験をすることが基本となっています。日本では、経費と手間はかかるが自然な状態のサンプルを取る大変優れた方法が開発され、室内試験の機械も非常に精巧です。日本の取り組み方の良かった点は、液状化する砂の変形のメカニズムの基本に帰って、基礎的な観察・研究ができたことです。粒状体の力学に基づいて現象の解明が可能になり、有効応力解析に結びついています。私は、日本の液状化に関する研究は正統な道を辿ったと思っています。

土質力学の奥行きの深さ

——日本の液状化に関する研究の経緯が分かりました。さらに土質力学の面白さについても教えてください。

土質力学は2つに大別されると思います。一つは粘性土を対象にした静的な力学、もう一つは砂質土を対象とした動的な力学です。クラシックな土質力学は、もともとノルウェーやイギリスで粘土を対象として発達してきました。粘性の土のサンプルを採取して室内

試験を行うという手法です。そして、対象は地すべりとか圧密でした。一方、日本では粒状の砂を中心とした変形構成則を明らかにするという方向でその学問分野が発展してきました。その対象は砂地質の液状化です。砂のような粒状体の変形は、せん断応力自体ではなく、せん断応力比に関係していることが特徴で、私は摩擦則と呼んでいます。このせん断応力比とは、せん断応力を拘束圧で割ったものです。もう一つはダイレタンシー則、すなわちせん断力を加えたときに体積変化が生じるという特徴です。コンクリートや金属はダイレタンシー則を考える必要はなくせん断応力のみを考慮しますが、砂は摩擦則とダイレタンシー則を組み合わせる必要があります。このように土質力学は内容が複雑ですが、奥行きが深く研究していても興味津々であると感じています。

——液状化に関する研究の課題を教えてください。

日本では1964年の新潟地震以降、液状化の研究が進みました。最初は液状化の発生メカニズムとそれに関係する諸因子などに焦点が当てられましたが、それらの知見が蓄積した後は液状化が発生した後の問題、一つは地盤の沈下、もう一つは地盤の流動へと課題がシフトしました。特に、液状化が及ぼす地中構造物や基礎構造物への影響、埋設管への影響が課題と言えます。液状化には、地盤が地震動によって液体のようになり、傾斜や高低差がある場所で地盤が低い方へ流れ出すという問題があります。液状化後の側方流動特性、すなわちその時の強度とか、どのくらい土が流動するかについてはまだ解明されていません。また、構造物と杭の接続部分の相互作用の問題は、ケースが様々だと思しますので簡単には解決しない問題だと思います。事例を一つ一つ地道に取り上げて、被害の調査を詳細に実施して課題解決の方法などを積み上げていく必要があると思います。

現地調査での工夫

——事例の蓄積が重要とのことですが、現地調査で留意されていることはありますか。

地震工学は経験工学です。何か起こるとそれを調べて、問題が提起されて、少しずつ問題が解決されていくという性格を持っています。やはり経験を重視することを最優先するべきだと考えています。数値解析、モデル実験に頼らない地震工学を重視する必要があります。実際に起こったことを詳細に調査し、その原因を明らかにする努力が大切です。地震被害の調査に行くと、写真を撮ることはできる、歩いて見ることはできる、住民の方などにヒアリングすることはできる、しかしそれ以上のことはなかなかできません。

私は現地調査の限界を感じ、物足りなく思っていたので、少なくとも簡易に地盤の固さを測る貫入試験くらいは実施したいと思いました。しかし、海外では機

材の持ち込みが大変です。ただし、スウェーデン貫入試験は比較的容易です。しかし、これに100キロの重りが必要で、飛行機でその重りを持ち込むことはできません。そこで、袋を持って行って現地で砂を詰め、貫入棒にぶら下げるという工夫をしました。また、地盤の液状化はウォーターフロントで発生し、流動は水の中につながって発生することから、水深を測ることが重要となります。私は、カヌーやボートを現地で調達し、ひもに重りを付けて沈めて水深を測ることを行いました。最近には水深を測る機械もあります。地震前の海底の水深の分布は情報がありますので、水深を測ることにより海底をどのように土が流動したのかがある程度わかると思います。実際に起こった事実を詳細に調べて、それに基づいて、ケーススタディーを重ねることにより工学ができていくと思います。現地調査の重要性を認識して頂ければと思います。



石原研而先生(左)と聞き手の岩田委員(右)

地震工学の伝統を作る

——まもなく17WCEEが仙台で開催されますが、ご意見をお聞かせ下さい。

私は国際地盤工学会に関与してきたことから、地盤工学と地震工学の国際会議の違いについてまずお話ししたいと思います。国際地盤工学会は、学会に参加している国がメンバー数に応じて会費を支払い運営されています。事務局はイギリスにあり事務局長が中心となって国際学会が運営されます。国際会議は4年に1回開催され、中間年に地域会議があります。一方、地震工学は、国際会議は実施されますが、全体の事務局はありません。国際会議をやるたびに主催国代表者が集まって、そこで次の開催地を決める。国際会議の運営は開催地の判断に任されています。開催地が全責任を持ちますが、国際会議の運営方法などは4年ごとに少しずつ変わってきました。

もう一つの違いは、国際地盤工学会は先輩の業績や意思を伝えるメカニズムが確立されています。State-of-the-Artというレポートがあり、国際地盤工学会議では主要な研究者が交代で次々にこれを作り、発表してきました。私はこれが地盤工学の歴史と伝統をつくっ

てきたと思います。その時点におけるその分野の進歩の現状を、書く人の業績と専門分野の周辺状況を含めてまとめてもらいます。執筆者には大きな負担とはなりますが、私の知る限りどの執筆者も名誉だと思って献身的に書いてくれ、結果として国際的にも有名になります。State-of-the-Artを書いてもらい、国際会議のプレナリーセッションなどで講演してもらう。ページ数の制限を定めず、講演の時間も30分から40分は必要だと思います。

——そのような報告は是非とも読みたいですし、講演も聴講したいです。

各回のプロシーディングスとは別に、何回目の国際会議の時に誰が何を話したということが積み重ねされていきます。先人がどのような取り組みを行い、どのような系譜をたどって現在があるのかが記録されていき、縦の歴史的風景が見えてきます。このような蓄積は国際会議の1つの役割ではないかと思います。ぜひとも、このような伝統を作って頂ければと思います。例えば、原子力発電所で話題となっていることから「断層」に関する工学的な話はマスコミに注目してもらえんと思います。国際会議を社会にアピールすることにつながり、地震工学の存在意義を社会に問う良い機会になると思います。

現地調査はできるだけ早いタイミングで

——後継の研究者へ望むことはありますか。

若い研究者の方は皆さん一生懸命頑張っているんで、特に望むことはあまりありません。強いて言えば、もう少し現実的な課題が進展することを望みます。大きな地震が起こると予算が付き、大きな実験装置などが作られます。しかし、地盤工学に関してこのような実験装置がどの程度利用されて、どの程度後の研究に役立っているかについてよく考えてみる必要があります。実験はやったが、必ずしもその論文などが参照されて、後続の若い研究者の参考にはなっていないように感じています。データが多すぎて、整理や考察が追いついていないという状況になっているのではないのでしょうか。やはり、実際の地震で被害が発生した時の観察や調査を細かく行うことが重要ではないかと思います。

研究室の中に閉じこもってはいだめで、現場へ出て行って、実際に起こったことを観察することが大切です。地震の被害調査は早ければ早いほど良いと思います。私の感触だと、地震発生から1週間くらいまでは住民の方はあっけにとられていて、見てくれ見てくれという立場で接してくれます。被害発生時の状況などを説明してくれるし、家の中まで見せてくれ調査しやすいと言えます。ところが2週間くらいすると生活の立て直しが優先となり、協力してもらうのが難しく

なります。なるべく早く行って目撃者の話を聞き、地盤の調査を簡単でもいいからやる。そして、観察に基づいて課題を見つけて、解決に向けて自分で考え、その結果などを発表して広く意見を交換することが重要ではないでしょうか。

——液状化に限らず地震工学の全般に関して課題と考えていることありましたらお話しください。

工場の建物の中にある精密機械の耐震性は重要ですが、十分に研究されていないように思います。3年くらい前に台湾の台南で地震が発生した際、ICのチップをつくる工場で装置が破損し製品が散乱し全部だめになり何十億という損害が出たと聞いたことがあります。また、熊本地震の時にも同様の被害があったと聞いています。ICチップの工場だけではなく、石油化学工場の内部には薬品やパイプなど耐震性を要求されるものが多くあります。しかし、被災した場合でも工場の中で発生した被害は公に出てこないわけです。被災した企業は、問題を認識していると思いますが、対策は限定的なものとなっていないのでしょうか。工場で火災などが発生すれば一般の知るところとなりますが、特に建物の中で発生した被害は、あまり報告されていないように思います。

また、ぶら下がっているものが落ちてくる被害に対する対策は、耐震性の新しい分野と言えます。小学校や中学校の天井は耐震性が低いことが指摘されており、地震時に天井が落ちてきて児童や生徒が被災するということは避けなければなりません。北海道の札幌の空港で地震時にチェックインカウンターの天井が落ちてきた事例がありますが、夜中で人がいなかったことが幸いでした。建物の中にあるものの耐震性、その中には精密機械も含まれますし、加えて天井からぶらさがっているものの耐震性は今後の重要な課題ではないかと思います。

——本日は貴重なお話を聴かせて頂き、ありがとうございました。

2019年10月21日、中央大学後楽園キャンパスにて
文＝岩田直泰

石原 研而 (いしはら けんじ)

1959年東京大学大学院数物系研究科土木工学専門課程修士課程終了、1961年東京大学工学部助手、1963年同講師、1966年同助教授、1977年同教授、1995年東京理科大学理工学部教授、2005年中央大学研究開発機構教授 現在に至る、著書に「土質動力学の基礎」(鹿島出版会)、「土質力学(第3版)」(丸善出版)、「地盤の液状化 発生原理と予測・影響・対策」(朝倉書店)他、2000年日本学士院賞、2009年瑞宝中綬章。2010年米国工学アカデミー会員。

第5代会長 入倉 孝次郎 (Kojiro Irikura)

聞き手

●浅野 公之 (京都大学／会誌編集委員) ●王

欣 (東京理科大学／会誌編集委員)

平成時代に発生した大震災の教訓

——平成時代に発生した地震災害で最も印象に残るものを教えてください。

阪神・淡路大震災と東日本大震災が一番印象に残りました。50数年前、私が研究を始めた頃、「大震災」と言えば、1923年関東地震を指し、「大震災」は普通名詞ではなく、関東地震の固有名詞のようでした。その頃、今後この用語を他の地震で使う機会はないだろうと思っていたので、1995年に阪神・淡路大震災が発生した時に相当に驚きました。

阪神・淡路大震災の大分前ですが、1983年に日本建築学会の地盤震動小委員会は、関東と関西の両方でシンポジウムを開いたことがあります。その理由は、関西には地震が少なかったため、建物の耐震設計を関東の建物と同じにすることに多くの建設業者や研究者が不満を抱えていたからです。関西の設計震度は関東の八掛けでもいいというような意見が出されました。耐震設計に重要な強震動記録は、関東ではしょっちゅう取れましたが、関西では大きな地震が少ないだけでなく観測点も少なくほとんどなかった。また、その記録は観測した機関や研究者の占有物とされ、他の人が利用することは限られました。関西に強震動記録がないという問題を認識していた研究者が協議会をつくり、土岐憲三先生 (当時、京都大学の教授) が中心となって関西に強震計を設置しました。すぐに大地震の記録が取れるとは思っていなかったが、阪神・淡路大震災の時に協議会の設置した強震計で記録が初めて取れました。強震動観測の重要性をその時から実感しました。

東日本大震災の前にも、1896年明治三陸地震では東北地方に多大な津波被害が引き起こされました。文部科学省は2002年から「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」(大大特)と言う5年間の計画に取り組んでいました。このプロジェクトでは東南海地震・南海地震に対して地震動だけでなく津波も含めた防災戦略を中心に研究と開発を行いました。自分も研究グループの一員として参加しました。日本では津波の対策は過去の被害経験を踏まえて世界一だと言われていましたが、実際に起こってみたら、自分たちは適切な提言ができていなかったのを認識しました。東日本大震災の前に、大規模な津波被害の発生の予測ができていなかったのは非常に残念なことだと思います。



入倉孝次郎先生

地震動研究から強震動研究へ

——平成時代の初期には地震動分野はどのような研究を行いましたか。

私が勤務した京都大学防災研究所 (防災研) の「強震動地震学研究分野」は1995年以前「地震動研究部門」という名称を付けられていました。当時、防災研で地震研究を行っていた研究者の多くが地震予知に関する研究を行っていました。地震予知は将来地震が起こるかどうかを言えるから、地震防災の基本だと思われ、非常に重要な研究分野でした。しかし、地震動という研究は、地震が起こった後でしか記録が取れないということで、地震防災にはあんまり役に立たないと思われ、地震動部門の人は“後のまつり”のような研究をしていると言われました。現在、「地震動予測」や「強震動予測」などの言葉は普通に使われているけれども、その頃このような言葉使いはありませんでした。

地震動部門で行っていた中心課題は地盤の振動特性の評価ということで、地震が起こったら現場に行って、地盤調査を実施し、地下構造を推定するような研究でした。その頃、我々が一生懸命やっていたのは板叩き法を用いて地盤構造を推定することでした。普通の地震探査法は、地中に掘った穴で小さい爆破を起こし、生じた波を用いて地盤のP波構造を推定するものでした。この方法では地盤のS波構造の推定は困難でした。板叩き法は中央大学の小林直太先生が1958年に提案した手法で、地盤のS波速度探査に有効な手法としてよく使われています。我々の地震動部門の研究室では、板叩き法を使つての地盤構造探査の高度化が一番の研究課題でした。

——地震動研究からどう強震動研究に発展しましたか。

当時、防災研の地震学の研究者から見ると、地震動部門は地震動の研究ではなく、地・震動(地盤の震動)の研究しかしてないと見られていたようです。自分が防災研の助手になってから考えたのは、地震被害を引き起こすのは直接的には強震動だから、強震動に関する研究をやらないといけない。しかし、この研究に不可欠な強震動は、震源の近傍じゃないと取れません。強震動観測は喫緊の課題と思って、科研費を申請して強震動観測を始めようとしたのですが、予算はなかなか通りませんでした。阪神・淡路大震災はそれなりの観測の準備をしてきた時に起こりました。

それまでの自分の科研費申請書には、「地震災害の軽減」や「地震防災に役立つ」という言葉の代わりに、「地震防災の基礎研究に役立つ」という表現を使っていました。何故ならば、すぐに役立つ成果が出るとは誰にも信じてもらえなかったからです。地震防災に関する研究では、基礎的研究と応用的研究の両方があります。自分の研究を始めた時にその内基礎的研究のみを強調して応用的研究の視点が欠けていたと思います。

——将来の強震動研究はどのような姿勢で前に進むべきだと思いますか。

安芸敬一先生から、MITに行かれる前に東京大学の地震研究所での、金井清先生との対話で印象深い話を聞いたことがあります。その時、安芸先生は新潟地震の発生メカニズムに関する研究の最中で、地震の発生が断層の運動と関連することが明確になってきましたと金井先生に伝えた時、金井先生は「断層は地震とは直接関係しているのではなく結果の1つだと考えている」と話されたそうです。安芸先生は相当に驚いた、と言っていました。金井先生は地震波動に関する研究で重要な成果を上げられ、地震災害は地盤の良し悪しで決まると考えておられました。地盤の微動を用いて地盤の弱さを評価し、地震災害との関係および耐震建築のための地盤の分類法に興味を持っていました。

その時代には、地震発生の物理的な研究に無関心な地震工学者が多かったし、地震の本質についての論争はまだ残っていました。安芸先生は、真正面から取り組んで地震は断層運動だという論点を提唱しました。その理論的基礎は、丸山卓男先生(当時、東京大学地震研究所の博士課程の学生)が1963年に数学的に示したdislocation theory(くいちがいの弾性理論)でした。この理論は格子欠陥など物理学の基礎としてよく知られているもので、元々地震学から出てきた理論ではありません。安芸先生はいろんな理論を試して、最終的にdislocation theoryに行きつきました。

その後、地震学の研究で色々な発展がありました。地震学は、基礎研究ではなく、様々な分野からの多様な知識を正しく取り込んで応用研究として発展すべきだろうと思います。Dislocation theoryを地震学に応用

するのはその一例です。地震学だけの発展はあり得なく、象牙の塔に籠ってコツコツ研究をやるのは時代に見捨てられるので、周りの科学・技術と一緒に発展しないといけません。新しいテーマや研究と地震学の関係を常に考えていくのが重要です。

——次世代に引き継ぐ課題にはどのようなことがあるでしょうか。

強震動観測のお陰で、地震時の断層面上のすべりが逆問題として解けるようになりました。しかし、断層極近傍の地震動の生成や主断層と副断層連動の詳細などはまだ解明されてないと思います。今は面的な逆問題ですが、将来3次元的な逆問題が解ければ新しいことが分かるだろうかと思います。地震発生の時空間変化の問題は簡単ではないですが、長期的な時間変化を研究するのは重要です。次の地震は同じところで同じメカニズムで起こるか、全く違うメカニズムで違うところで起こるかという問題があります。強震動予測では、同じところで同じメカニズムで起こるということを前提としているけれども、本当にそれでよいか。しかし、実はそれほど簡単ではないと思います。地震予知には時空間変動を考慮するのは重要です。地震のハーザードマップに時間ファクターをどう入れるかは強震動研究の今後の課題の一つだと思います。

地震予知の研究では次に地震の起こる場所と時間を特定したいと考えてきましたが、実際には場所のユニークな特定は困難で、時空間的に確率的な分布しか与えられないのが現実です。次の地震は同じ現象ではない可能性がありますので、確率を考える場合には、平均像と分散の両方を考えないといけないと思います。また、確率を災害の軽減にどう活かすかは、リスク論として定量的な表現が必要だと思います。

強震動の研究は基本的に線形領域での解析ですが、非線形の領域で何が起こるかはまだ分かっていません。科学・技術全体の領域を俯瞰して、新たなテーマを考える必要があると思います。

平成時代での高密度デジタル強震動観測網の実現

——平成時代に強震動研究においてどのような重要な発展がありましたか。

平成時代における地震学と強震動研究の発展は、高密度強震動観測の整備が担っていると思います。米国では1978年にCaltech(カリフォルニア工科大学)のIwan教授(土木工学)等の提案で断層の動きによる強震動の生成を知るため、頻繁に被害地震が発生するカリフォルニアの断層周辺に強震動観測網(アナログ式)の構築がなされました。1979年にアメリカ・インペリアルバレー地震(M6.9)で断層の周りで多数の地震記録が取れました。米国の動きに並行して、IAEE(国際地震工学会)とIASPEI(国際地震学及び地球内部物理学協会)がこの課題についての国際シンポジウムを開催

し、デジタル式高密度強震観測網の推進を提言しました。これを受けて、日本学術会議の地震工学研究連絡委員会の努力で、日本でも高密度強震動観測網が必要という勧告(1980年)が出され、防災科学技術研究所、地震研究所、建築研究所、土木研究所と港湾空港技術研究所などで強震観測網の構築が始められました。また、強震観測事業推進連絡会議が設立され、主査は工学の先生が担当するようになりました。

強震動観測網構築で最初に出てきた問題は地震計の設置場所と距離でした。日本はアメリカと違い、どの活断層に地震が起こるかが不明瞭ですので、地震計の設置場所が難しかったです。強震観測事業推進連絡会議は日本全国に強震動観測網を構築する案を提案しました。マグニチュード7クラスの地震の場合、震源断層の長さは20km~30kmということがわかっていたので、半径20kmの範囲に一つの地震計を設置して、日本全国には1000箇所地震計を設置する計画を立てました。この計画はなかなか予算が付かなかったのですが、1995年兵庫県南部地震後、強震動観測網の重要性が広く理解され、防災科研に補正予算でK-NETとして実現しました。日本では、IAEEのデジタル強震動観測という提言に沿って、強震動観測網は初めからデジタル観測になりました。

——強震動観測のデジタル化はいつからでしたか。

今はデジタル強震動観測が当たり前になっていますが、アナログ地震計からデジタル地震計に変わった当初には、大論争になりました。アナログ地震計じゃないと髭のような高周波が観測できないという考えを持っている方がいましたし、スクラッチ記録式地震計用の紙が生産中止になった時には抗議した方もいました。私の大学院生時代には、手作業で紙上の記録をコンパレータで読み取る作業に大変苦労しました。デジタル地震計の発想と開発と実装に関わった関係者に大変感謝しました。

1987年に気象庁がアナログの機械式強震計をデジタル収録式の87型電磁式強震計に取り替えました。その時から日本では初めて強震記録が部分的にオープンになりましたので、87型デジタル地震計は記念的な機種だと思います。現在、地盤で観測された強震動データはほぼ公開されていますが、建物などの構造物で観測したデータは殆ど公開されていません。地震計の発展に伴って、今後は建物群を含めた高密度アレー観測の実現および観測データの公開は地震工学の重要な課題の一つではないかと思っています。

17WCEEと若い研究者への期待

——来年、日本で開催される第17回世界地震工学会議に期待することはありますか。

地震防災力(Earthquake Resilience)は世界共通の問題です。先ほど言及した高密度強震動観測網の構築は、世



入倉孝次郎先生(左)と聞き手の王委員(右)

界地震工学会議に参加する多くの研究者が集まって作上げた発想でした。国によって構造物の耐震設計基準や手法が異なることがありますが、強震動の研究は共通性が高いです。一番問題になっている課題は、論文を見るだけでは分かりません。日本では、地域全体の地震防災を考えると建物の立地選択や街づくりの計画作成および地震に伴って地域全体の脆弱さの評価とその改善方法の研究が一番重要な課題だと思います。

来年、仙台で開催する第17回世界地震工学会議(17WCEE)は、世界中の地震工学と関連分野の研究者が集まって、研究成果の交流および各国に一番課題になっている問題点についての意見交換と対策交流の場だと思います。Earthquake Resilienceの課題で共通点を把握し、日本の地震防災に有効的な手法や技術を発信して、世界中で防災力の向上に貢献できることを期待しています。

——日本地震工学会と若い研究者に望むことは何でしょうか。

私は研究を始めた時から強震動研究の難しさを実感していました。地震波動に関する研究は、若い研究者にとって最初は難度が高いと見えるかもしれませんが、研究を始めるには表面的な研究ではなく、物理学などの基礎的な理論の理解に基づいた研究と同時に研究対象を俯瞰した応用的視点が重要だと思います。強震動研究は魅力的な学問として若者に認識されないと、この分野の将来が失われます。理学と工学に跨がる観点で重要な課題を明確にして、強震動研究が地震工学と地震防災にどのように貢献できるかということを常に念頭において、その社会的ニーズに答える姿勢を備える必要があります。

2019年10月17日、京都大学吉田泉殿にて
文=王欣

入倉 孝次郎(いりくら こうじろう)

1968年京都大学大学院理学研究科地球物理学専攻博士課程中退、京都大学防災研究所教授を経て現職(愛知工業大学客員教授)、令和元年春の叙勲「瑞宝中綬章」受章、理学博士、専門分野:強震動地震学。

第7代会長 大町 達夫 (Tatsuo Ohmachi)

聞き手

●寺島 芳洋(竹中工務店/会誌編集委員) ●成田 修英(戸田建設/会誌編集委員)

印象に残った平成の地震災害

——本日のインタビューはよろしくお願いします。早速ですが、平成で最も印象に残った地震災害を教えてください。

1995年の阪神・淡路大震災です。横倒しになった高速道路高架橋をはじめ、鉄道、RC建築、民家などの激甚被害を目前にして、平衡感覚がマヒするくらいの強い衝撃を受けました。

この震災直後に、土木学会で「耐震基準等基本問題検討会議」が組織され、今後の土木構造物の耐震性と設計法の在り方について検討が重ねられ、1995～2000年の間に第1から第3次提言がまとめられました。私は、この提言のL2地震動に関する一連の作業や全体のとりまとめを分担しました。この経験がもととなり、その後の仕事の輪も広がり、充実した時間を過ごすことができました。震災で受けた強い衝撃やその後の仕事内容を考えると、私にとって最も印象的な地震災害は阪神・淡路大震災と言えます。

——先生のご専門であるダムに関しては印象的だったことはありますか。

阪神・淡路大震災で新神戸駅の近くにある布引五本松ダムの被害が軽微だったことが印象的でした。このダムは1900年に竣工した歴史あるダムですが、地震による被害は軽微であり、漏水量が多少増えた程度ですみました。

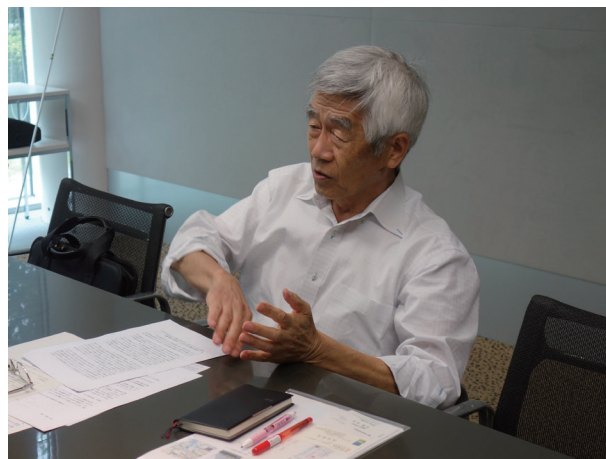
ダムという観点からは、2004年新潟県中越地震が記憶に残っています。この地震では、道路や鉄道よりもダムが大きな被害を受け、ダムの設計法を見直す大きな契機となり、翌年から設計法が変わりました。実際には、以前から設計法の見直しが課題であると言われており、そのための準備をしていたのでスムーズに改定を進めることができたと思います。

観測網の拡充とともに見えてきた課題

——平成の地震災害で明らかになった課題を教えてください。

たくさんありますが、自分が携わった課題や特に興味を感じた課題を中心に答えます。

まず、震源域での強震動の特徴がかなり明らかになってきました。1995年兵庫県南部地震では震源域



大町達夫先生

の強震動が記録され、それ以降も全国規模の地震観測ネットワークが設置され、直下地震の記録も蓄積されてきました。これ以前は直下地震の記録が極めて少なく、直下地震の揺れ方が不明でした。たとえば、直下地震ではよく石や鐘楼などの物が飛び上がり、それが重力加速度を超える強い上下動の証拠とされてきました。しかし、私の研究室で実験を行い、水平動のみでも地震応答によって物が飛び上がることを証明しました。ここから入力地震動と地震応答を峻別することが重要であるとわかりました。

次に、津波の解析方法についても課題が明らかになりました。津波に関しても、沿岸や海底などで、さまざまな観測が綿密に行われ、津波防災に有用な情報が得られるようになってきています。たとえば、2003年十勝沖地震では、震源域海底に設置されたモニタリングシステムが巨大地震の地震動と水圧変動などの観測に成功しました。これによって、海底地震による津波の発生と伝播の過程が高精度な時刻歴波形として観測されました。また、2011年東北地方太平洋沖地震についても、日本海溝で発生した直後の津波が三陸沖の海底水圧計や沿岸のさまざまな計器で観測されました。

このように、津波の発生過程が詳細に観測されたことによって、近地または大規模な津波に対して、津波発生のプロセスに時間軸が導入されてこなかった欠点 that 明らかになりました。従来の津波解析では、震源断層の永久変位を津波初期波形として静的に海水面に与えるという方法が用いられており、これは遠い地震や

小さい地震なら問題ありませんが、2011年東北地方太平洋沖地震で発生した巨大津波や奥尻島を襲った1993年北海道南西沖地震で発生した近地津波では、時間軸を入れないと解析精度を高めることはできません。さらに、最近では津波地震、つまり断層の破壊継続時間が通常より長い地震による津波への対応も必要と言われ、この課題は重要性を増しています。

また、震源断層の断層運動による地盤変位等を定量的に評価し対応する課題も明らかになりました。1999年台湾集集地震では、逆断層が構造物の直下を横断して、石岡ダムが決壊し、橋梁も幾つか落下しました。この断層運動によって石岡ダムには9mに近い大きな段差が生じたほか、ダムと基礎岩盤が200m以上にわたって剥離した可能性が高いと、現地測定やシミュレーションから指摘されています。1984年長野県西部地震や2000年鳥取県西部地震の震源は伏在断層で、地表に断層は表れませんが、地下の導水路トンネルが割れたり、地表面勾配が変化したり、断層運動の影響が出ました。震源断層に関して、最近では活断層が重要な話題になっていますが、活断層が断層運動するどのような状況が起きるのか定量的には十分わかっていません。活断層以外でも地震がおり、その断層変位で被害地震も起きます。これらにどのように対処すればよいかが課題として明らかになりました。

最後に、実在する構造物や施設の老朽化への対応も課題です。2011年東北地方太平洋沖地震で決壊した藤沼ダムは戦時中に建設されて締固めが不十分だったと言われていますが、既存施設や設備の老朽化、あるいは既存不適格への対応なども深刻な課題だと考えています。



大町達夫先生(右)と聞き手の成田委員(左)

——平成時代で地震工学がなしかつたことと令和時代へ引き継ぐ課題を教えてください。

平成時代になしかつたことは非常に多いと思います。まずは、日本地震工学会が設立されたことでしょうか。2001年に任意団体として設立され、2013年には公益社団法人となり、多くの会員を抱え活動しています。令和以降にも、元気に引き継いでいってほしいと思

います。

それから、2011年の東日本大震災を受け、日本地震工学会で2012年5月24日に「地震被害の軽減と復興に向けた提言」が発表されています。この大震災の教訓を踏まえ、「国へ」および「国民へ」さらに「地震工学の専門家へ」へ向けて提言し、最後に「日本地震工学会の決意表明」が記されました。これらの提言内容が、その後、どのような状況にあるのか、フォローアップや事後評価をしていく必要があります。実現が遅れている提言項目については、具体的な達成目標や計画を定め、推進していったほしいと思います。

断層破壊や地盤振動の研究が進み、強震動推定のレシビや種々の液状化対策が考案され実用化に至ったことも大きいですし、今後の発展が期待されます。L2地震動の導入は、阪神・淡路大震災後の土木学会提言の一つの骨子でした。L2地震動は当該地点で考えられる最大級の強さをもつ地震動で、震源断層を特定し、その破壊様式を想定して決定するもので、言わば理学と工学がうまく融合し、強震動地震学という新分野の誕生へと結びつきました。津波防災や他の分野でも同様な融合が起きることを望んでいます。

また、全国規模の地震観測ネットワークが構築・運用されて、強震動や種々の地震動特性の解明が大幅に進みました。世界に類のない大型振動台も設置され、実物大の構造物の破壊実験が実施され、構造物の破壊特性や非線形応答特性の解明も進みました。

地震の早期検知警報システム(例えばユレダス)が実用化されたのも平成時代ですね。この高精度化が今後の課題として残されていると思います。

「ラッキーな地震だった」と言ってほしい

——令和時代の先では地震工学はどうなっていて欲しいと思われますか。

2018年北海道胆振東部地震による北海道のブラックアウトや、2019年の台風15号で発生した停電や断水、情報伝達障害などが予想外に長引いた状況を思い出すと、日本は災害への抵抗力が低下したのではないかと心配しています。最近の被災例を反省材料にして、令和時代の早い時期に優先課題から順次改善されることを期待します。

また、南海トラフの巨大地震や首都直下地震などが発生すると、日本がどうなるか、さまざまな被害想定が実施され、最悪の場合などではどんな事態になるか、地震工学の関係者は知っていると思います。実際の被害地震に遭遇した時、想定した最悪の事態等を念頭に思い浮かべながら「今回はラッキーな地震だった」と言えるようになって欲しいと思います。

実は、1989年ロマブリーク地震や1994年ノースリッジ地震の時、米国の地震工学関係者の口から、「ラッ

キーな地震」だったという言葉は何度も聞きました。一方で、日本では「想定外だった」と多く聞きましたが、「ラッキーな地震だった」とは聞いたことがありません。いつか、日本でも地震工学の関係者が「ラッキーな地震だった」と涼しい顔で語るようになって欲しいですね。

——これからの日本地震工学会に期待することはありますか。

以前の姉齒事件のような耐震偽装問題や最近の免震ゴム性能データの改ざんなど、コンプライアンス違反事件が起きると当学会の関係者は肩身の狭い思いをしていると思います。当学会は、このような事態が再発しにくい仕組みを考えて、早期に実現してほしいですね。当学会が何らかの審査機能をもつのも一案ですが、少なくとも、倫理規定や綱領の作成と普及などは早期にできると思います。

貴重な記録をもとに海外に貢献してほしい

——世界の地震工学に対して日本の研究者や技術者が貢献すべき点は何でしょうか。

日本の地震工学の大きな特徴ですが、震災や地震・津波などの各種の記録が長期間、多数残され公開されていて、研究や技術開発が実証的に進められています。また3次元大型振動台などの実験施設が稼働していることも特筆すべき点です。これらを活動の軸にした共同研究などで、世界の地震国へ貢献してほしいですね。

ダム分野では、日本全国のダムで観測された地震記録を日本大ダム会議が収集して2015年にデータベースを作成し、関係者に配布しています。特にダムや岩盤での強震動の観測記録は多大な時間と労力と費用の果実で稀少価値があります。数年前にはこのデータベースを媒介として、日本とフランスのダム技術者が日仏技術協力を3年間実施し、最終成果は本になってICOLD(国際大ダム会議)から出版されました。これと同様な技術協力が各分野で行われるとよいと思います。

また、JAICA(国際協力機構)を中心とするODAで、地震工学の海外技術支援プロジェクトが実施され、支援相手国の地震観測や耐震実験施設が整備され、人材育成も行われてきています。注意すべきは「金の切れ目が縁の切れ目」になりやすいことで、プロジェクトは立ち上げよりも、長期間の保守管理による継続が重要だと思っています。

——17WCEEに期待することはありますか。

まずは、さまざまな出会や交流が生まれ、深まることを期待しています。正直に言えば、若いころ、国際会議に参加するのは、ほかの論文発表を聞き、研究討論をするというよりも、会議前後に各地、特に風光明

媚な観光地へ旅行して、息抜きするのが一番の楽しみでした。この物見遊山の楽しみは歳をとっても変わりません。恐らく、私以外の多くの参加者も似たような気持ちで、国際会議に参加するのだと思います。

今回の17WCEEの会場は、東日本大震災の被災地や津波の常襲地三陸海岸に近く風光明媚です。また1995年阪神・淡路大震災の阪神地域も風光明媚なので、多くの参加者がこれらの現地を訪問されることを期待しています。さらに、広島・長崎を訪問されることも期待したいです。

今回の17WCEEでは、テーマとされるTowards Disaster Resilient Societyについて議論が深まり、災害に強い(強靱な、しぶとい)社会づくりと人づくりの具体的な道筋を見つけ、その方向へ着実に進む機会になることも、期待しています。

関連して、以前、環境工学の専門家に聞いた話を思い出します。彼が言うには、「環境工学の目標は二つ。一つは安全で快適な良好な環境をつくること。そしてもう一つは、悪い環境にも耐えられる人づくりをすること」だそうです。従来、地震防災分野では、自助、共助、公助が必要とされています。最近、推進されている国土強靱化は、災害に強い社会環境づくりが目標で公助や共助の部分の強化を図るもので、大変結構なことと思いますが、併行して自助の部分の強化を進める必要があります。1994年ノースリッジ地震の被害調査でロサンゼルスへ行ったとき、小学生の不安解消のために先生方がどのように対応するとよいかを心理カウンセラーを交えて具体的に議論し、訓練していましたが、こういうきめ細かな配慮や取組も災害に強い人づくりには重要と思いました。

フィールドワークを大切に

——若い研究者に期待することは何でしょうか。

被害地震が起きたら現地へ行って自分の目で被災の状況をよくみてください。地震被害をよく理解するには、「百聞は一見にしかず」です。若い研究者には机上の勉強だけでなく、国内はもとより海外までも出かけて、若いうちに自分の目でみる努力をしてほしいと思います。

また、若手研究者には、のびのびと楽しく研究してほしい。弱気になりがちな若い研究者に、「確かに我々には金も組織もないが、研究に必要な頭はあるから、大丈夫だ!」と元気づけたことがあります。昨今、地震観測記録が容易に入手できるようになりましたが、自分自身で観測し、データ収集、解析までの一連の作業を自分で経験してほしいですね。地震観測の大変さが理解できますし、観測データに対する愛着や観察力も身に付きます。実験や解析でも同じです。

地震が発生する度に新しい課題が出てくる

——地震工学における研究の面白さや難しさは何でしょうか。

地震工学が面白くて難しいことは、調査に行った多くの被害地震において、それぞれの特徴的な被害状況が異なり、毎回新しい課題が出てくることでしょうか。

1995年の阪神・淡路大震災では発災（1月17日）の翌朝から、仲間の研究者やTVレポーターと一緒に現地を視察しました。圧倒的な被害を目前にして、TVレポーターから矢継ぎ早に次々と質問を受けました。

「このような被災の原因は、何ですか？」

「被災はやむをえなかったのですか？」

「この震災から何を学びましたか？」

「今後、何をなすべきだと考えますか？」

最初の質問には、「耐震設計の想定よりも強い地震動だったのだろう」と回答したと記憶していますが、他の質問については衝撃的な光景に茫然自失するばかりで、何と回答したか定かではありません。特に2番目の質問の「やむをえなかったのですか？」に対しては、設計思想や施工内容まで調べないと直ぐには答えられません。後日、TVで、激甚被害を目前にうろたえている自分の姿が放映されて、苦い思いをしたことを覚えていています。

災害に強い地震工学者を目指す方々は、これらの質問をいつも頭の片隅において、自問自答しながら仕事をされるとよいと思います。



1999年台湾集集地震で被災した石岡ダムでの
常時微動測定（修復工事中、2000年9月20日撮影）

2019年9月25日、竹中工務店東京本店にて
文＝寺島芳洋

大町 達夫（おおまち たつお）

1969年東京大学卒、電源開発株式会社を経て、1979年より東京工業大学に勤務。東京工業大学名誉教授。直下地震工学、土木施設（ダム）の耐震性能、地震動・津波の高精度予測が専門。

第8代会長 北川 良和 (Yoshikazu Kitagawa)

聞き手

●小穴 温子(清水建設/会誌編集委員) ●永野 正行(東京理科大学/会誌編集委員長)

——本日のインタビューはよろしくお願いします。

どうぞよろしくお願いします。初めに、私と地震災害との関わりを話したいと思います。1968年十勝沖地震のとき、大沢胖先生から地震災害現地調査を通じ、調査方法、データ整理などのいろはを教わったことが地震災害との出会いです。1948年福井地震、1964年新潟地震、1968年十勝沖地震、1978年宮城県沖地震を経て新耐震設計法が公布・施行され、その後、平成時代に移りました。昭和時代の約60年間で35回程度、平成時代の約30年間で20回程度M7クラス以上の地震が起きており、いずれの時代も概ね3年に1、2回程度のペースで発生していることがわかります。平成時代の地震災害は、震動災害・土砂災害・津波災害を繰り返し、その度に問題を提起してきたと感じます。

神戸地震の衝撃

——平成時代に発生した地震災害で最も印象に残るものを教えてください。

やはり私にとってインパクトが大きかったのは、1995年兵庫県南部地震でした。激甚災害として指定され、1995年2月の時点で死者5250人、その8割以上が圧死でした。つまり、ほとんどの方が瞬間的に亡くなったということです。最終的な公表値は死者約6300人であり、関連死も含まれています。都市災害として稀にみる大災害でした。

当時、建築研究所の第2次調査団長の立場で、1月25日から4日間、30名体制で現地調査を行いました。電車など交通機関は不通のため、宿泊していた大阪の天満橋から神戸のハーバーランドまで船で移動しました。私自身、高校時代まで京都に在住していたため、神戸の街もよく知っていただけに、被害を目の当たりにした時には涙が出たのを覚えています。

——神戸での建物被害をどのように捉えていますか。

超高層建物や1981年新耐震施行以降の建物の被害は少なかったのですが、RC造を中心にピロティの被害、中高層建物の層崩壊が目立ちました。ある高層マンションで、厚さ5cm、幅50cmの極厚ボックス柱が断面破断した被害が見られましたが、これは日本で初めての事例でした。また、在来の軸組構法の住宅被害が多く見られ、壊れた木造の屋根や土壁の下敷きになっ



北川良和先生

て亡くなった方も多数おられました。一方、ツーバイフォーのような枠組み壁構法の被害は少なく、その耐震性の高さが示されました。

——神戸の被害と、耐震設計法や入力地震動のレベルとの関係はどうだったのでしょうか。

阪神・淡路大震災では先にお話ししたような建物被害が生じたので、耐震設計としては100点満点ではなかったと思います。その後、1995、2000、2005、2007、2011、2015年に建築基準法の法令、施行令または告示の改正が行われています。

地震予知連絡会では、当時、神戸・阪神地域を地震観測強化地域としていました。阪神大震災以前に建築センターに提出された関西の評定案件では、レベル2地震動として最大速度を関東の50cm/sに対し40cm/sとしていました。過去100年間のデータを用いた地震動期待値を見ると、東京1.0に対して関西は0.8程度ですが、400年間程度のデータを用いると関西は1.2程度となります。関西では地震の発生間隔は長いものの、いざ起こると大きな地震動レベルとなります。現在は関西・関東共に50cm/sとなっています。

1995年建物耐震改修促進法、地震防災対策特別措置法の中で、地震に関する基礎調査・観測計画ができ、全国20kmメッシュで高密度地震観測網が防災科研により整備されました。一方、最近では研究者が地震観測の大変さを知らぬまま、記録を安直に扱うように

なっていると思います。観測記録には多くの貴重な情報が含まれていることを再認識する必要があります。

地震被害から学ぶ研究への姿勢

——神戸での建物被害を実際に見た時に感じたことを教えてください。

これまでの調査を通じて強く感じたことは、地震は弱い者いじめをすることです。例えば、5階までSRC造、5階の途中からRC造という8階建ての建物で、6階のRC柱が1m程度水平にずれて層崩壊していました。7階から見ると、7階の床にせん断破壊した6階の柱頭が突き刺さっていました。一方、7階では家具の転倒はあったものの、柱には亀裂が入っていませんでした。すなわち、下層階でエネルギーが吸収され、上層階には伝達されないという現象が理屈通りに起きたわけです。実現象をよく見れば、いろいろな問題を見つけ、解決・提案が出来るのではないかと思います。

——そのような体験が、北川先生の研究姿勢に反映されているわけですね。

博士論文では地盤と建物の相互作用研究を進め、観測的実証と解析的追究に取り組んでいました。そのお陰で、上部構造・地盤・地震を網羅的に横断する知識や多角的な視野が身についたと思います。恩師の梅村魁先生、大沢胖先生に感謝しています。

私は建物を建てることをある種のシステム構築と考えています。建物を「動かない人間」と捉えれば、種々の要素技術をインテグレートしやすくなるのではないかと思います。この発想は、圧電素子などの多機能材を使うという広島大学時代に行った新しい取り組みがきっかけになっています。いつまでもRC造やS造、従来からの解析手法に囚われる必要はないと思います。建築基準法は法律上厳守しなければならない最低基準であって、バイブルとして扱う必要はないのです。

——平成時代に発生したその他の地震災害については如何でしょうか。

1993年釧路沖地震時に 800cm/s^2 という大加速度記録が得られましたが、建物に目立った被害はありませんでした。これ以降、ESG(Effects of Surface Geology on Strong Ground Motion、表層地盤が強震動に及ぼす影響)の研究が精力的に進められ、同時に地盤と建物の相互作用の影響が指摘されました。ESGに関連しますが、工藤一嘉先生等を中心に、足柄平野を対象に岩盤上の記録から表層地盤の記録を推定するブラインドテストが行われました。このように、研究者のモチベーションを上げるよう仕掛けることも必要だと思います。

2004年新潟県中越地震では主に土砂災害が、2018年



北川良和先生(右)と聞き手の小穴委員(左)

北海道胆振東部地震では明治以降最大級の土砂災害に加えて、盛土造成の液状化やブラックアウトも話題になりました。2016年熊本地震は震動被害が主でした。熊本県の地震地域係数は南北で異なります。地震地域係数は過去400年間程度のデータを用いて求めた地震基盤($V_s=1 \sim 2 \text{ km/s}$)での地震活動度や他の研究者によって提案されている各種研究成果を基に提案されています。この為、地震基盤以浅の地盤特性は考慮されていません。特に被害状況を左右する浅部地盤特性は考慮されていないこと等を再認識すべきだと思います。

フィードフォワードとプルモデルへの発想転換

——令和時代の先では地震工学はどうなっていてほしいとお考えですか。

いくつかあります。フィードバックではなくフィードフォワードの考え方で予測精度を上げることや、AI機能を有する自己組織化されたスマート構造の導入(例えば、多機能材料として超弾性機能を有する形状記憶合金を用いる等)です。ソフトコンピューティング手法を活用した建物の応答制御や地震動予測を考え、人工生命体機能を有する生体化した構造物が出来ると、自然災害に強く、地球環境にも優しい省エネ型の構造物ができるのではないかと考えています。今後は、受動的なプッシュモデルではなく、能動的なプルモデルの発想が必要となってきます。例えば、単に要素技術を積み上げるのではなく、全体イメージを描いた上で必要な要素技術を開発するといった見方です。RC造・S造の旧態依然とした考え方から脱却し、新材料による構造物の建設も可能だと思います。私は広大、慶大時代の科学研究費(文科省)や建設省建研(BRI)と米国科学財団(NSF)との日米共同構造実験の第6フェーズ「高知能建築構造システムの開発(1998年から5年間)」への参加を通じ、人工生命体機能(進化・学習・診断・修繕・免疫等)を有する材料開発や建築構造システム構築が将来可能になると見込み、実験や解析を行いました。

当時としては画期的な研究だったと思います。

少し頑張れば、建物の終局状態の解明や大歪領域での地盤解析手法の確立も令和時代に出来るはずです。想定を超えるような不確定な外力にも学習・進化といった概念を取り入れれば対応可能と考えています。

17WCEEとこれからの地震工学

——2020年には日本で17WCEEが開催されます。先生はWCEEに何を期待しますか。

国際地震工学会(IAEE)は概ね60の世界の地震国から選出された各国の代表者(デリゲート)により構成された会費徴収の無い学術団体で、4年毎に開催国の責任の下で世界地震工学会議(WCEE)を開催しています。IAEEの会長は4年毎に、事務局長は事務局が置かれた国から選出されています。2020年開催国は日本です。それだけ日本の地震工学が世界的に評価され、期待されているということです。開催国としての責任を自覚し、おもてなしの気持ちを大切にしていってほしいと思います。2004年のバンクーバーでのWCEEでは、当時のIAEE会長であった石原研一先生のもと、阪神・淡路大震災時代や国家プロジェクトを紹介したCD (Recent Developments of Research and Practice on Earth. Eng. in Japan) をIAEE論文特別号として作成し、無償で世界の研究者や技術者にCDを配布し、日本のR&Dを世界に発信することが出来ました。今回も日本の取り組みについて積極的に世界に情報発信するとともに、地震工学のネットワークを広げ、共通のプラットフォームの構築を目指す必要もあるかと思っています。

——世界の地震工学に対して日本の研究者・技術者が貢献すべき点を教えてください。

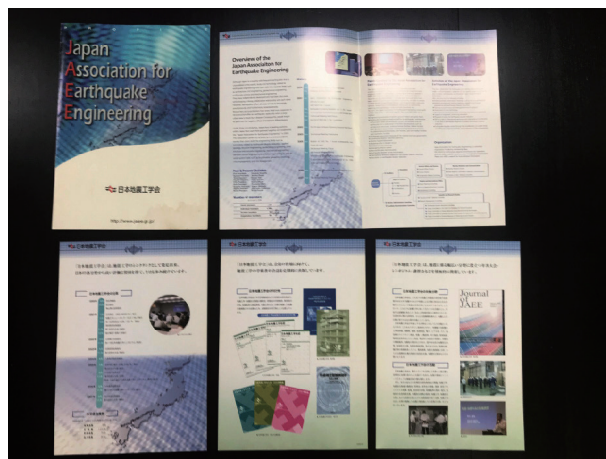
日本の研究者に望むことは、最先端の技術を英文で論文を書き、国際会議等で情報発信していただくことです。また、技術協力・人材交流を積極的に行えるような仕掛けを考え、実行することも大事かと思っています。それによって、世界の地震災害の低減に大きく貢献出来ると思います。

——日本地震工学会と若い研究者に望むことは何でしょうか。

まずは既往の仮定を疑い、2H 5Wの概念を持つことが大切だと思います。災害を繰り返さないために、温故知新の観点から過去を広く知ることによって、今の自分の研究の位置づけやState of the Artsを学習・認識することも重要だと思います。アグレッシブなフィードフォワード的な活動、少ない人数だからこそできる思い切った地震工学会の活動にも期待します。

国立大学の法人化に伴い、短期間で成果を求められ、

評価されるようになってきました。その結果、自己顕示型の若手が増えてきたように感じます。また、情報過多のためか、観測記録などの情報を精査せずに鵜呑みにする人が多くなってきました。自分の軸を持ち、視野を広げ、自己効力感を持って、いろいろな分野でアグレッシブにチャレンジして頂きたいと思います。



会長時代にIAEEで作成された和文、英文のパンフレット

——最後に、地震工学における研究の面白さ・難しさは何でしょうか。

地震という共通土俵のもと、横断的なコラボレーションが可能な分野であり、面白さが満載だと思います。地震は不確定ですが、ものづくりは確定的に考える必要があります。想定される条件がキーポイントで、この条件は経済的・社会的制約のもとコンセンサスを得て定められている場合が多く悶々とするところです。

——どうもありがとうございました。

2019年9月13日、日本建築学会にて
文＝小穴温子

北川 良和 (きたがわ よしかず)

1971年東京大学大学院博士課程修了(工学博士)、1971年建築研究所研究員、室長、部長を経て、1996年広島大学工学部教授、2000年慶應義塾大学教授、2006年慶應義塾特選塾員、著書に「免震設計入門」(共監訳、鹿島出版会)、「サステナブル生命建築」(共監筆、共立出版)、他

第9代会長 鈴木 浩平 (Kohei Suzuki)

聞き手

●大野 卓志 (高圧ガス保安協会／会誌編集委員) ●塩見 謙介 (IHI／会誌編集委員)

会長時代を振り返って

——機械分野から初めて会長に選出されましたが、当時のエピソードをお聞かせください。

発電所、石油コンビナートなどの生産施設の多くは、機器、配管など機械設備からなる総合施設であって、それらの耐震設計や制震技術は機械系の工学と地震学、地盤工学、土木工学、建築学などの分野との共同作業で成り立っています。私が会長に選ばれたのは、日本地震工学会において機械系の分野が他分野と協働していくことがそれまで以上に重要になってきたという背景があったのではないかと思います。

平成の地震災害について

——平成で最も印象に残った地震災害を教えてください。

兵庫県南部地震が発生した時、私は48歳でした。阪神の工業地帯での地震ということもあり、各種の工場をはじめLPガスの貯蔵タンクの漏えい事故やクレーン、ボイラー、RI (Radio Isotope) 機器など多くの機械設備の被害が発生しました。当時大学では学位審査や定期試験、入試などで忙しい時期ではありましたが、機械学会の調査団などをはじめ複数の調査団に加わりほぼ毎週末、地震被害調査に足を運びました。大変印象に残る経験でした。

——機械の場合、施設内にあることも多く地震被害の調査がしづらい (見えづらい) 面があるように思いますがどうでしょうか。

確かに生産工場などにある機械システムの地震被害というのは一般の目に触れにくいということもありますが、機械系の構造物は非常に多種多様で調査が難しいこともあります。兵庫県南部地震の時は、各企業の協力もあり各種機械の被害調査ができました。その結果、機械学会で精細な被害報告書をまとめることもできました。ただ、被害調査にいくと企業の安全担当の部門の方に担当頂くことが多いのですが、施設全体や安全管理には大変詳しいのですが、個々の機械自体のことをよく知らない場合もあり、十分に調査できないこともありました。

工場の担当の方が、非常によく調査してまとめた報告書を見せていただけたことがあり、参考になりました。ただし、多くの場合、各企業体のノウハウの流出防止の観点から非公開で被害状況が共有化されていないことや、担当者が変わって貴重な資料が引き継がれていないこともあるようです。そういった点は残念に



鈴木浩平先生

思いました。

生産性の復旧を最優先する立場から、被害状況の把握が十分ではない場合も多く、建築・土木分野に比べて被害調査をもとにして今後の教訓とするという視点が足りないと感じたことを覚えています。

——平成の地震災害で明らかになった課題にはどういったものがあるでしょうか。

機械自体、耐震設計を最優先に重視しているものは少ないですが、貯蔵タンクやクレーンなどを除けば、機械自体、回転・振動するため動的設計が重視されており、構造的損傷を受けることは少ないと思います。建屋内にある機械が直接的に地震の被害を受けるよりは、建屋や基礎が損傷を受けたことに付随して機械も被害を受けるケースが多いように思います。ただし、機械の場合、外見的には壊れていない場合でも、機能損失をしているケースは多くあります。例えば、旋盤などの回転機械であれば、外見上被害は見えなくても、回転軸芯がずれてしまうと工作機械としての機能を失っていることになります。

特に、最近では機械系のシステムが多様化・複雑化しており、その応用範囲は広範囲にまたがるものとなっています。そのため、システムとしての機能被害を受けやすくなっています。また、機械は多くの要素部品から構成されているので、特定の部品の製造工場が被害をうけて供給が止まってしまうと、関連するすべての生産がストップしてしまうということになります。このような総合システムとしての地震対策の重要性が平成時代の特徴でしょう。

更にもう一つ課題をあげると、システムとシステム

のつなぎであるジョイントの部分の耐震化の問題があると考えています。異なる機械構造物同士、機械構造物と建築構造物、機械構造物と土木構造物などが工場内でリンクしていることが多いので、それぞれの構造物は耐震設計されていてもそれをつなぐ配管などのジョイントの部分が耐震対策がされていないケースが多いように思います。また、それぞれの耐震設計の基準が異なるということも少なくありません。個々としては耐震性に問題がない場合でも、1つの複合システムとしてみたときには総合的な耐震化の問題が重要になってきているといえます。

地震工学、日本地震工学会への期待

——日本地震工学会へ期待することがあれば教えてください。

日本地震工学会は異なる分野の研究者、技術者が横断的に活動している非常に有用な学会であると思います。

機械分野に限らず、どの分野においても構造システムが非常に複雑で総合的になっています。地震工学という総合的な場で相互に交流して啓発しあう機会をさらに広範に作ってほしいと思います。総合学会としての特徴を活かした活動をして発展させてほしいと期待しています。

——世界の地震工学・17WCEEへ日本が貢献すべき点があれば教えてください。

日本の震災の体験を国際的に共有していただき、他国への技術支援、地震災害の低減のため、基礎的、実用的研究、耐震実験など様々な成果を発表してほしいと思います。

地震工学、耐震工学については、日本の耐震技術は非常に高いレベルにあります。それを世界に共有できるようにしてほしいと願っています。

海外で地震が発生した場合、それぞれの調査活動で研究業績になるという側面はあったとしても、それにとどまらず被災地の若い研究者を日本で育成するなどの活動を続けてほしいと願っています。残念ながら、最近は大学も企業も余裕がなくなってきて、日本の研究者が海外で研究交流することも減っているように思います。WCEEがそのための契機になると良いですね。

——機械分野への期待や課題と感じていることはありますか。

地震工学会において、機械系の分野がもっと精力的に活動してほしいと希望しています。特に、若手の研究者が少なくなっています。機械工学はその守備範囲が非常に拡大していることもあり、その中で地震工学というのは相対的にマイナーな位置付けになってしまっています。過去には原子力やプラント産業分野では多数の研究者、技術者が育っていました。東日本大震災以降は流れが変わってしまいました。廃炉の問題などを考えるとこれまで以上に原子力の専門家が必要

なのですが、原子力分野に進む人が少なくなっていました。最先端の技術を研究してきた人たちがリタイアする時期にきていますが、後継者が少なくなっています。難しい問題があると感じていますが、何とか克服してほしいと感じています。

——機械分野で地震工学、耐震工学を研究する研究者が不足していることについてどう思いますか。

地震計の開発、地震動の観測技術などは機械分野だからできる課題も多いように感じています。また、制震装置や免震装置などのデバイスの開発は主として機械メーカーが行っています。免震建築物や制震建物のゼネコン各社に比べて機械メーカーの名前があまり表にでていないことも残念に思っています。

私個人は、機械工学を専門としていますが、地震工学も研究対象としてきたために、国内外の建築、土木の研究者と交流できたことは、視野が非常に広がり幸せでした。是非、若い研究者の方々も色々な分野の研究者と交流し視野を広げてほしいと思います。

また、日本では各分野や各学会の間にまだ垣根があるように思います。私が研究発表、交流の場としてきたASME(米国機械学会)のPVP(Pressure Vessels & Piping)部門の会議では、かつて著名なHousner先生が特別講演されていたり、専門分野にかかわらず相互に交流活動しているようです。垣根のなく活発に活動できる場をこれまで以上に提供するのが、日本地震工学会の大きな役割の一つではないかと期待しています。



鈴木浩平先生(右)と聞き手の塩見委員(左)

2019年10月30日、高圧ガス保安協会にて
文＝大野卓志

鈴木 浩平(すずき こうへい)

1966年北海道大学工学部機械工学科卒、東京大学生産技術研究所助手、1975年東京都立大学(現首都大学東京)工学部助教授、1985年同教授、2003年同工学部長、同工学研究科長、2006年首都大学東京名誉教授、同オープンユニバーシティ副学長、2010年(社)日本クレーン協会会長を経て現在に至る。専門分野：振動工学、耐震工学、機械工学。著書に「振動の工学」(丸善)、「振動を制する」(オーム社)、「図解雑学 振動の世界」(ナツメ社)などがある。

第10代会長 濱田 政則 (Masanori Hamada)

聞き手

●塩見 謙介 (IHI / 会誌編集委員) ●福谷 陽 (関東学院大学 / 会誌編集委員)

平成の地震工学の「二度の失敗」

——平成で最も印象に残った地震災害を教えてください。

印象に残ったというより、悔いが残った、という表現が良いでしょうね。1995年の兵庫県南部地震と、2011年の東北地方太平洋沖地震です。地震防災分野が私の専門ですが、大失敗であったと思っています。兵庫県南部地震の前年の1994年には、アメリカでノースリッジ地震が起これ、私も調査に行きました。高速道路が倒壊した現場も見ましたが、その時私たちは、わが国の橋梁の方が耐震性能が高く、日本ではこんな壊れ方はしないだろう、という話をしていました。その結果どうだったか。もっと大変なことが神戸で起きてしまいました。ノースリッジ地震の時に、なぜわが国でも耐震性能を見直さなかったのか。もちろんそのあと兵庫県南部地震が起きるまで1年しかなかったこともあります。被害を十分に検討せずに、わが国は大丈夫だと思ってしまったのは、過信でしたね。

また東北地方太平洋沖地震の数年前、2004年にスマトラ島沖地震があり、大きな津波が起きました。その時、土木学会から調査団が派遣され、私も調査団長としてバンダ・アチエに赴きました。そのときに思ったのは、日本ではこのようなM9以上の地震など起きないだろう、ということです。当時、国の中央防災会議では、南海トラフ沖の3連動地震が発生した場合の地震規模としてM8.7という数字を出しました。これもあって、M9クラスの地震は起きないだろうと何の根拠もなく思っていました。現実には起こってしまいました。その時に気付くべきだったのは、スマトラ西岸のプレート構造と、わが国の太平洋沿岸のプレート構造は酷似しているということです。このことに気づき、その時に警告を発するべきであったと思います。平成に入ってから発生したこの二つの大地震は、専門家として、失敗であったと思っています。

大地震が発生した時、現場調査に行く目的の一つは、これまでの耐震対策に見落としがないかどうかを発見することです。そういう意味では、この二つの地震については誠に残念でした。申し訳ないと思っています。

——兵庫県南部地震や東北地方太平洋沖地震を通じて明らかになった課題は何でしょうか。

兵庫県南部地震を通じてわかったのは、内陸活断層



濱田政則先生

近傍で強烈な地震動が発生し得る、ということですね。これに対して我々が提言したのは、レベル2地震動に関東地震のような海溝型地震に加え、内陸活断層近傍の地震を考慮して設計する、ということです。レベル2地震動に対する設計で基本としたのは、「人命の損失を防ぐ」ということです。すなわち橋梁でいえば、橋脚が多少傾くといったことは許容するけれども、直ちに人命の損失につながるような倒壊は防止するということ。性能設計法という言葉を使うこともありますが、とにかく人が死なないようにする、ということですね。

また同時に取り組みがなされるようになったのは、構造物の破壊過程、すなわちどうやって構造物が壊れるのかを解明しようという研究です。柱、梁といった部材単体の破壊過程は既にある程度わかっていました。そこでこれからは、構造物全体が破壊する過程を調べようということになりました。しかしながら実験で確認しようにも、一般的に破壊現象に相似則は成立しないので、実物を縮小した模型試験では十分に評価が出来ません。そこで実物大の試験を行うため、誕生したのがEディフェンスです。もちろん土木構造物を本当にフルスケールで試験するのはとても不可能なので、できても何分の1といったスケールですがね。でもおかげで、RC建物の破壊過程などはかなり進んでいて、設計にも反映されていると思いますね。

それから東北地方太平洋沖地震を通じて提唱したのは、「耐津波学のすすめ」です。そもそも、わが国では

津波の研究者が非常に少ないですね。そこで耐津波学を振興して、津波伝播や遡上の問題に加えて、構造物や施設への津波の影響と対策を研究する研究者を増やそうと提唱しました。最近では数値解析技術が大きく進歩して、複雑な計算もできるようになってきました。



濱田政則先生(右)と聞き手の福谷委員(左)

——数値解析は平成を通じても相当進歩しましたね。

数値解析法の発達は非常に目覚ましいものがありますね。3次元解析や、地盤との連成解析もできるようになりました。しかし気がかりなのは、得られた解析結果が、工学的な観点から見て妥当なものかどうか、判断できる人が少なくなっているということです。これができる人が少なくなると、危険なことになります。経験上、「これはおかしいんじゃないか」と言えるようにならないとね。しかし、「計算機でやったらこういう結果が出てきたんだから、しょうがないでしょう」という人が多すぎる気がしますね。私はなるべく、他人が持ってきた数値解析結果に対して、根掘り葉掘り聞くようにしています。もちろん数値解析は、旧来の地震工学的センスではわからないようなことを教えてくれる、非常に有効な手立てだと思いますよ。ただ、計算機に任せるな。

それから数値解析結果と、実測値との比較も常にやって行ってほしいですね。必ずしも大地震の記録でなくともよいです。比較的よく発生する200Gal程度の小～中規模地震の記録を使って、比較すればよいのです。これくらいの地盤加速度の記録だったらたくさんありますから。ただ問題なのは、実構造物の応答波形の記録が少ないことだと思います。構造物のオーナーがなかなかうんと言わないですからね。200Galくらいの波形なら物が壊れるわけがないのに。地表面での波形がどうで、構造物の応答がどうなったのかというデータを一般の研究者に公開してもらって、そのうえで研究者たちは、数値解析の妥当性を確認してほしい。一般のオーナーや民間企業がこうしたデータが公開す

るのは確かに難しいとは思いますが、データを積極的に公開できるような仕組みを考えていってほしいです。

日本と世界の地震工学

——17WCEEへの期待を聞かせて下さい。

地震、津波、気候変動による風水害が世界的に増大、激甚化しています。降雨量も増えています。中でも亡くなった人の半分以上を、アジア地域が占めています。世界全体の災害を減らすのはもちろんですが、特にアジア地域に注目してほしいし、一つの主要なテーマに挙げてほしいですね。なぜアジアで地震災害が多いかというと、多くの人々が災害に脆弱な地域に居住しているからです。斜面や氾濫原といった、住んではいけないところに住んでいます。私もアジア地区の災害による被害を何度も見に行きましたが、いつも思うのは、「同じ光景を見ている」ということです。レンガ構造が倒壊して人が死ぬといったことですね。こういったことを何度も繰り返していて、良くなってきているかというと、決してそうとも言えない。やはり、貧困という大きな問題が立ちはだかります。こういった問題と一緒に考えていかないといけません。

——世界への貢献において、日本の地震工学の技術者が気を付けるべき点は何でしょうか。

最も重要なのは、工学ですから「実務への活用」という視点を持つことです。一人一人の研究者が、実社会への活用、ということに常に念頭を置いて研究してほしい。工学と名乗る以上は当然の話ですね。

後、論文を英語で書くこと。アブストラクトや図表のキャプションを英語にする、といった動きが既にあります。それでは不十分です。日本地震工学会は、英語の発信をもっともっとしてほしい。皆さんが忙しくなってしまいますけどね(笑)。でも、皆さんの時代は、もう英語で書くのが普通だ、という風になってほしいです。

この前もアメリカの会合に出席しましたが、日本の地震工学の方が、遥かに研究が進んでいます。でも、発信が不十分。彼ら、我々が10年20年前にやったようなことを一生懸命やっているんだから。そんなこともう終わっているんだぞ、と言ってやりたいんですけどね。液状化が発生した時に地盤が何m動くかという予測の研究を、アメリカ全体でやっています。液状化すれば動くことはわかっているのだから、既存構造物の基礎を守るため、防護方法に関する研究をしてほしいですね。

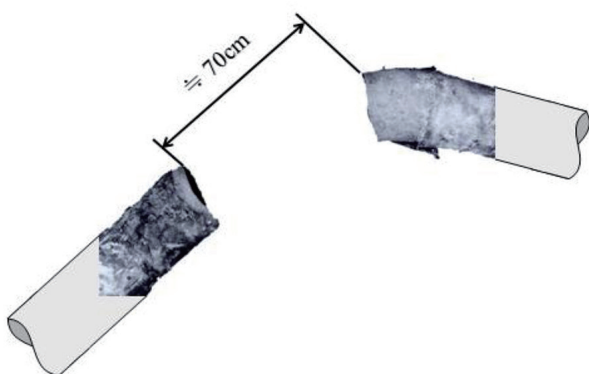
——液状化は先生のご専門でもありますよね。

そうですね。平成よりも以前の話ではありますが、1983年の日本海中部地震の時に、八郎潟でガス導管に

被害が生じたため、東京ガスさんから予算をいただいて、12月に調査に行ったことがあります。秋田に入ったら吹雪でね(笑)。その日は諦めて翌日に能代市のガス・水道局に向かうと、埋設管がエルボ部で破断して、70cmも離れている写真を見せられました。周辺の地盤が2m近くも水平移動していたようだったんです。



日本海中部地震時のガス導管の被害調査



側方流動研究の始まりとなったガス導管の破断

それがきっかけで、液状化の側方流動に関する研究を始めました。この地震では津波の被害も大きかったですね。地震発生当時、学校の先生が生徒たちを連れて波打ち際に避難したのですが、その時に大きな津波に襲われて、それで子供たちが亡くなったことを憶えています。

日本地震工学会の今後の役割

——平成で地震工学がなし得たこと、令和時代に引き継ぐ課題は何でしょうか。

もはや地震工学だけでは、大地震時の被害の低減は不可能といえるでしょう。兵庫県南部地震の時には、建築工学、土木工学といった工学分野だけでは限界を感じ、社会学や防災学、情報分野といった異分野からの参画を仰ぎました。東北地方太平洋沖地震後には、学術会議で声掛けをして、二十数学会の会長に集まっていたいただき、今後、学会として東日本大震災のような大災害にどう対応すべきかを協議しました。学会の連携の中で、誰がイニシアチブをとるべきなのか。中心になるべきは、工学だと思いますね。工学は実際のモノと直接結びついていますから。もちろん他学会との協働は重要なのですが、やはり、日本地震工学会がイニシアチブをとるべきだと思いますね。それを期待したい。

とにかく地震工学を担ってきた我々の世代は、兵庫県南部地震、東北地方太平洋沖地震を通じ、二度の失敗をしました。この教訓を是非とも引き継いでほしい。次の大地震では被害を少しでも抑えるために、我々は何をすべきか。我々はもう間もなく引退しますから(笑)、その思いを引き継いでほしい。三度も同じことを繰り返すことは何としても避けなければならない、と考えています。

2019年9月10日、アジア防災センターにて
文＝塩見謙介

濱田 政則 (はまだ まさのり)

1968年大成建設株式会社、1987年東海大学教授、1994年早稲田大学教授、2014年よりアジア防災センター・センター長。
1997年地域安全学会会長、2006年土木学会会長、2009年日本地震工学会会長、2005年日本学術会議会員を歴任。

第11代会長 久保 哲夫 (Tetsuo Kubo)

聞き手

●王 欣 (東京理科大学／会誌編集委員) ●大西 直毅 (東京大学／会誌編集委員)
●永野 正行 (東京理科大学／会誌編集委員長)

印象に残った平成の地震災害

——平成で最も印象に残った地震災害を教えてください。

耐震工学を専門とする立場からは、1995年兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）を挙げたいと思います。2011年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）も大きな被害のあった地震ですが、建築分野の耐震工学の観点からは、兵庫県南部地震の方がインパクトは大きかったと思います。

——そのときの印象に残っている被害はございますか。

発災の1月17日は外部から講師をお招きして大学院特別講義を予定していました。その準備のために早起きしていて、地震が起きた午前5時46分にはもう起きていて出かける前だったと記憶しています。

その後、神戸に向かいたいと思っていたところに地元のテレビ局が取材に来て、彼らの協力を得て現地に向かったのが22日だったと思います。折角の機会なのでテレビ局の人に大学院生1人の同行を許可してもらって4人くらいで行きました。

ただし彼らはテレビ取材ですから、やはりインパクトのあるところばかりに関心を示しました。私が彼らに付き合い、同行の大学院生には被害のないところも見るように伝え、別行動をとりました。

私の出身の東京大学の梅村魁先生・青山博之先生の研究室では、1968年十勝沖地震で生じたせん断破壊を大きな研究テーマの一つとしていました。兵庫県芦屋市でせん断破壊により落階した建物を目にして、なるほど研究室でやってきたのはこういうことだったと意識したという意味で、インパクトの非常に大きな地震でした。

——平成の地震被害から明らかになった課題にはどのようなものがありましたか。

古い時代の話になりますが、昭和30年代の日本の戦後復興期に始まり、前回の東京オリンピックの頃の建設ラッシュ、当時の日本住宅公団が各地に団地を造りました。庁舎などが鉄筋コンクリート造で建てられたのも昭和30年代前半から後半にかけてだと思います。当時、鉄筋コンクリート造は構造的には耐震性のある建物という認識が広くあったのだと思いますが、それ



久保哲夫先生

が兵庫県南部地震のときに、結果論としては、十分な耐震性はなかったということになったのではないのでしょうか。当時の社会が造ってきた社会資本に大きな被害が生じたことは、地震動が大きかったということもあるでしょうが、建物側に何らかの欠陥があったと思われる。そのために数多くの方が亡くなられたのは事実です。兵庫県南部地震は、既存建築物すなわち昭和30年前半から40年代初めごろに整備した社会資本に対する被害だったと思います。

震災後の三つの政策

——平成時代、地震工学にはどのような発展があったのでしょうか。

先ほど申し上げた兵庫県南部地震に対する国の政策は大きく三つだといわれています。第一は地震観測網の整備で、これはK-NET等として現在も地震・耐震構造研究で活用されています。第二は大型耐震実験施設で、E-defenseという施設で残っています。ここでは国プロジェクトで様々な大型実験が実績として積み上げられ、実験に対する解析が行われ、非常に有用な成果を得てきていると評価されています。第三は、私が在籍した地震防災フロンティア研究センター（EdM）の設置です。研究センターの成果は、それまで別々に研究していた土木・建築分野と防災に関連する社会システム分野とが一つの研究組織になり、防災対策のあり方について取り組んだことではないのでしょうか。

研究のきっかけ

——久保先生は学生の頃、どういうことを研究されたかったんでしょうか。

私が大学生の頃は、研究室には大きく2つの研究グループがあり、一つが鉄筋コンクリート構造の部材設計の研究、もう一つが構造物の動的解析の研究でした。当時は各大学に大型計算機センターというのが設置され、大型の計算ができる環境が整備されつつありました。今でしたらタブレットPCでもできることでしょうけれど、大型計算機が利用できるようになった時に、特に地震荷重が支配的となる鉄筋コンクリート造建物の動的解析に係わる研究が行われていたのですね。

当時、恩師の梅村魁先生が米国カリフォルニア大学に交換教授という形で行かれて、代わりに当時バークレー校にいらしたJoseph Penzien先生が東京大学のほうに3か月ほど滞在されました。そのときにPenzien先生から、少し前に起こった1971年のサンフェルナンド地震の時に米国が日本よりちょっと先行して得た300地点くらいの地震動記録を活用して何か研究ができないかという話がありました。当時、私はドクターコースの1年で、Penzien先生の日本滞在のお世話を担当することになり、それが地震動に関する研究に取りかかる契機となりました。

これからの地震工学

——これからの地震工学のあり方についてお伺いしたいと思います。

地震工学には、構造実験や応答解析といったハードの課題と、それらから得られた結果を活用して災害軽減をはかるソフトの課題があるのではないのでしょうか。技術を開発しても、開発だけで終わってしまうのではなく、どういう形で社会に利用され、災害軽減に繋げることができるのかを最終目標として皆さん据えていると思います。地震工学は人間の生死にも係わるので、ここに人間に関わる課題が出てくるのではないのでしょうか。その観点で社会システム関連の研究が連携先として挙げられ、人間を相手にした時のレスポンス対応が必要となることが地震工学の一つの特徴ではないかと思います。

——なかなかソフトのほうは理論のとおり行くわけではないのがちょっと難しいところかもしれませんね。

おそらく今後AIとかを活用することで人間の持っている曖昧さ、不確実さといったものをどういう形で判断過程に盛り込むかということが必要になるのではないのでしょうか。これらの課題は、これから若手が手がける分野ではないかと思います。そのためにも地震工学研究そのものが今までのような地震動・構造・社会



兵庫県南部地震でせん断破壊を生じた建物(1995年1月22日撮影、芦屋市内)。講義・研究室の実験で教えを受けてはいたが、この現地調査で実建物のせん断破壊を改めて認識した。

工学の課題以外に、今開発されている情報技術に取り組んでいる人達を地震工学研究分野に招き入れるとか、それらの方々とどういった形で連携研究体制を作りあげて行けば良いかというのも今後の課題の一つかもしれません。

耐震工学や防災の将来

——耐震工学や防災の分野は将来の課題にどう取り組むべきでしょうか。

地震工学について、まず私が期待するのは若手の方々に自分がやりたい研究テーマを見つけていただくことです。昨今のIoTだとかAIだとか、以前の大学講義では習ってない分野に係わるテーマが出てくると思われま。若手研究者の方々は、新しいテーマに対する吸収力もあるし、充分対応できるのではないかと思います。あんまり自分の分野に限ることなく、若手のうちは広くテーマを探し、大学院の後半ぐらいの時期から自分はこういうことをやりたいというテーマを確立するというのが若手研究者に取っていただく方向ではないかと思います。

——最近の若い人は目の前のことにとらわれやすい状況にあって、なかなか悩ましいところですね。

昨今いわれているように、長期的な研究課題がなかなか認められない状況にあると認識しています。その時々で社会に取り上げられる流行的な問題をテーマに挙げる傾向があるのではとの危惧を持っています。そういった課題は一過性であることがあり、時間が経つと成果が短時間で陳腐化する懸念を持っています。この問題は、若手の問題と言うよりも、研究者全般、日本の建築耐震研究のみに限らず今後の研究がどうあるべきという議論につながることにいると思われま。特に、時代を担う若い人たちがやりたいことをできるような環境整備が必要だと思ひま。

首都圏の防災と情報発信

——首都圏の防災はどういう風にお考えですか。

想定されている外力は、日向灘から静岡県沖までの区間の断層が滑るタイプ（南海トラフ地震）だと理解しています。それは、今の理工学者の持っている情報と知識で導かれたものだとして受けとめています。サイエンス関係のエンジニアの慣性として、正確さを期すためにもあっていろいろと前提条件をつけることが多々認められます。結果を防災の観点から地域の自治体や住民に伝える際には、前提条件が多々あると、皆さん方は情報を理解できない、あるいは理解しようとしなくなってしまうと思います。正確な前提条件の付いた情報が伝えられてしまうことがあることや、地域の自治体が対応に苦慮していることを伝え聴きます。最近の大学教育においては、表現学、プレゼンテーションといった講義が新たに開設されているとのことですが、判りやすい表現をすること能力がエンジニアにも今後求められることになるでしょうね。それは社会工学の観点からは防災に繋がるものです。日本地震工学会としては、情報発信技術の向上が求められることになるのではないのでしょうか。

17WCEEへの期待

——2020年の第17回世界地震工学会議に期待することはありますか。

発表講演題数が増えてきたのは望ましいことですが、その反面、充実した研究発表になるかが課題になるのではないかと思います。多くの講演がパラレルセッションで行われ、講演が重なり、聴きたい講演を逃すこともあるのではないのでしょうか。また発表者側の立場からは、時間が制約される課題もあるのでは。人的な交流を図るには良い機会ですし、2011年東北地方太平洋沖地震の被災地の状況、復興状況、我が国の耐震工学の貢献を海外の方々に現地で見ってもらうには良い機会だと思います。発表量とその講演をどのような企画で進めるかについて、広く研究集会の在り方を検討していただくことが重要ではないかと思います。

世界地震工学会議は我が国の耐震工学研究者に非常に良い機会を与えていると思います。学術交流、人的交流を創る・深めることを目的の一つとしていただきたいと思います。重ねますが、是非日本の研究者は海外の研究者との交流を図ることを目標にして臨まれてはどうかと思います。

若い研究者に望むこと

——最後に、若い研究者に望むことはありますか。

若い方は自分のやりたいテーマをまず見つけていただきたい。その後は、研究環境に馴染むことだと思います。



久保哲夫先生（左）と聞き手の王委員（右）

ます。

昨今は地震被害が起こっても、インターネットで検索すると、なんとなく自分が現地の調査に行ったような気になってしまうのではないのでしょうか。やはり自分で現地に行かないと。被害調査に行かなければ、被害のあった周りに無被害の建物や同じような被害の建物があるかは確かめられません。特に若手の研究者に望むのは、自身で確認をすることではないかと思います。私の場合、最初に地震被害調査に参加できたのは大学院の修士2年に、もう一方の恩師である青山博之先生に山梨県の地震被害調査に声をかけられて同行した折でした。その場で、地震被害調査の方法等を先生から教えてもらった記憶があります。

ぜひ若手の研究者には、まず自分自身で確かめるために一回は現地調査に参画して欲しい。世の中がインターネット等による情報社会になり、情報取得に便利になり、わざわざ現地に行かなくても被害調査はできるのではとの受け止めが敷衍すると、今後の展望が暗いかなと。建築構造に携わる方は、自分で実験をやって“物”がどう損傷につながるかを把握することや、調査に赴いて自身の目で被害を確認することを是非とも省かないでいただきたい。今の状況、それをやれる環境があるかどうかは難しいかもしれませんが。

2019年10月7日、（一財）日本建築防災協会にて
文＝大西直毅

久保 哲夫（くぼ てつお）

1977年東京大学大学院博士課程修了、建築研究所、名古屋工業大学を経て、2003年より東京大学に勤務。東京大学名誉教授。専門は地震工学、鉄筋コンクリート造の耐震性能。

第12代会長 川島 一彦 (Kazuhiko Kawashima)

聞き手

●岩田 直泰 (鉄道総合技術研究所／会誌編集委員) ●成田 修英 (戸田建設／会誌編集委員)

印象に残った平成の地震災害

——本日のインタビュー、よろしくお願いします。早速ですが、平成で最も印象に残った地震災害を教えてください。

兵庫県南部地震(1995年)ですね。兵庫県南部地震のちょうど1年前にアメリカではノースリッジ地震(1994年)が起こり、他にもいろいろ地震が起きていましたが、私は兵庫県南部地震が一番印象に残っています。

ノースリッジ地震では橋に大きな被害が生じましたが、日本より小さな設計震度が使われており、建設年代も古い橋が多かったことから、こうした影響で被害が大きかったのだろーと思っていました。日本の橋にはこのような被害は生じないのではないかと考えていたのですが、兵庫県南部地震ではあのように大きな被害が生じたわけです。非常に大きなショックを受けましたね。

兵庫県南部地震の10年ほど前から、橋脚の変形性能を考えた耐震解析法に関する研究が進んでいて、そういう研究成果を基にして、橋の耐震設計においても地震時保有水平耐力法が開発され、1990年の道路橋示方書に初めて設計震度が最大で1.0の耐震設計法が取り入れられるようになっていました。しかし、倒壊した橋はそれ以前の基準で建設されていたのです。さらに、兵庫県南部地震を経験して1996年以降は設計震度の最大値は2.0まで上がって来ています。そういう意味でも、兵庫県南部地震の印象が一番強く記憶に残っています。

わかってきたことと新たな課題

——平成の地震災害で明らかになった課題を教えてください。

兵庫県南部地震が起こるまでは、どちらかというと、橋の被害は地盤の支持力不足や液状化、流動化等によって下部構造が損傷を受けることによって生じる場合が多かったのです。日本の都市圏はほとんどが軟弱な沖積地盤から構成されているため、軟弱粘性土地盤のすべりや砂質地盤の液状化による被害が卓越していたためです。典型的な例は1964年の新潟地震による昭和大桥の落橋です。このため、軟弱粘性土のすべりや液状化による基礎構造の被害防止に研究の関心が向け



川島一彦先生

られ、FL法のような液状化の発生やその程度の判定法、液状化地盤中の基礎の支持機構の劣化に関する研究が行われました。

しかし、兵庫県南部地震では鉄筋コンクリート製橋脚だけでなく、当時耐震性が高いと信じられていた鋼製橋脚の局部座屈による倒壊により、従来予想されていた被害も多数生じたのです。

もう一つは、地盤の強震観測や震動実験から地震動の特性や構造物の揺れ、破壊の特性が明らかになり始め、耐震設計や耐震基準に取り入れられるレベルになってきた点ではないでしょうか。

例えば、日本で強震観測が始まったのは1964年の新潟地震以降で、少数の強震計しか設置されておらず、強震記録もわずかなものでした。不十分ながらも強震記録がある程度集まり、統計解析によって最大地震動や地震応答スペクトルの距離減衰式が開発され、これがレベル2地震動として初めて橋の耐震設計に実用され始めたのが、1990年の道路橋示方書です。

このときには、プレート境界型の大地震が想定され、固有周期と地盤条件によって最大1.0の震度に相当する地震力が考慮されていましたが、1996年の道路橋示方書では、兵庫県南部地震の経験を踏まえ、プレート境界型の大規模地震に加えて、マグニチュード7クラスの内陸直下型地震を想定した最大震度が2.0の地震力が加えられました。前者をタイプI地震動、後者をタイプII地震動と呼び、現在では2種類の地震動が考慮されています。

津波と長周期地震動の威力をまざまざと感じたのが、東北地方太平洋沖地震ですね。東京や大阪などでは長大橋が長時間にわたって大きく揺れ続け、利用者に大

きな不安感や危機感を与えました。

いずれも、今後の研究の継続が必要だと思います。



川島一彦先生(右)と聞き手の成田委員(左)

——平成時代で地震工学がなしかつたことと令和時代へ引き継ぐ課題を教えてください。

これからはますます大都市圏の震災が問題になってくると思います。大都市圏には多様な構造物が存在し、これらの構造や機能が複雑に影響しあっています。現在の耐震設計では、ある程度の物理的な被害が生じることはやむを得ないとされていますが、大都市圏では一つの施設の機能低下が他の施設に大きな影響を与える可能性があります。単に大規模地震時に倒壊しなければ良いのではなく、大規模地震時の機能確保が求められるわけです。

また、内陸活断層をまたぐ箇所にある橋では、断層変位による被害をいかに軽減するかも重要な課題です。高速道路であれ高速鉄道であれ、直線性と平坦性の確保が重要なライフライン系の横に長い施設にとっては、断層が構造物を横切り、断層変位の影響を大きく受けることは非常に怖いものです。早期警報システムの導入等とも併せて、被害の軽減対策を開発していくことが求められています。

積極的な海外発信を

——17WCEEに期待することはありますか。

非常に大きく期待しています。私が会長をしている時期に、第16回WCEEを日本に誘致しようと提案したのですが、このときには投票の結果、チリが1番、アメリカが2番で、残念ながら日本は3番となり、実現しませんでした。今回、日本でWCEEが開催されるということで大変喜んでます。

多くの研究者や実務家の方たちがいろいろな国から大勢やって来られますから、日本人だけで固まるのではなく、そういった方たちにぜひ話しかけて頂くと良いと思います。論文で名前だけは知っているが会ったことはないという研究者も多数参加されると思いますから、そういう研究者に積極的に話しかけて知己を広げるのが良いのではないのでしょうか。

——世界の地震工学に対して日本の研究者や技術者が貢献すべき点は何でしょうか。

これは先ほど述べた話と近いのですが、日本の研究領域の広さは素晴らしいと思います。地震工学に関心を持っている研究者の数が日本では多いためです。研究ポテンシャルも高いですね。現実の問題を抱えていますから、日本の場合は。

ただ、最近感じるのは、英語で日本から海外に発信される論文が少ないという点ですね。海外の論文を見ても、すでに日本でやっている研究が引用されておらず、知られていないという場合によく遭遇します。海外からも見ることができる日本の情報を発信をしていただければと期待しています。また、国際会議での発表の経験を積んだ後は、国際ジャーナルにも投稿していただければと思います。

分野の枠にとらわれず新たな課題へ

——若い研究者に期待することは何でしょうか。

研究には2通りあります。ひとつは、先生や先輩たちの研究を引き継いでそれを発展させるという研究で、これは日本人が得意とする重要な研究です。それによって、少しずつ研究が深化して、新幹線の地震対策にしてもいろいろと進んできたわけですね。そういう研究は非常に大事ですね。

もう1つは、現在問題になっているのは何かということを経験者が自分で考えて取り組む、ニーズ発想型の研究ですね。そういう研究も非常に大事だと思います。

社会の中の地震工学

——地震工学における研究の面白さや難しさは何でしょうか。

地震工学の研究の面白さと難しさは、現実の課題がはっきりしている点ではないのでしょうか。現実には被害が起こり、技術の進歩によって軽減できる被害もあれば、さらに技術を進歩させていかないと新たな被害を防げないという場合があります。国民の期待を背負って研究を行うという点で、重い責任でもあります。

2019年10月10日、戸田建設室町オフィスにて
文＝成田修英

川島 一彦 (かわしま かずひこ)

専門分野は、土木構造物の耐震構造、免震構造、耐震補強、耐震基準。1947年生まれ。1970年名古屋大学工学部土木工学科卒、1972年同大学院土木工学専攻修士課程修了。同年、旧建設省に入省し、旧土木研究所において振動研究室研究員、同主任研究員、耐震研究室長等を経て、1995年に東京工業大学土木工学専攻教授。2013年東京工業大学名誉教授。工学博士。

第13代会長 安田 進 (Susumu Yasuda)

聞き手

●入江 さやか (NHK放送文化研究所／会誌編集委員)
●寺島 芳洋 (竹中工務店／会誌編集委員)

●岩田 直泰 (鉄道総合技術研究所／会誌編集委員)

東日本大震災後の液状化対策に力注ぐ

——平成時代には数多く地震災害がありましたが、特に印象に残った地震災害はありますか。

地震工学全般からいえば、1995年の阪神・淡路大震災の際の橋梁や建物の被害、2011年の東日本大震災の津波の被害、特に原子力発電所の被害だと思うんですね。ただ、専門の地盤工学の立場からですと、平成時代に国内外に起きた災害それぞれに特徴や課題がありました。その中で、私自身が最も集中して研究した地震災害は、やはり東日本大震災での液状化による住宅地の被害ですね。特に東京湾岸や千葉・茨城など非常に広範囲で液状化が発生して、約3万棟の住宅が被災しました。原因究明とともに、それをいかに復旧・復興するかということに取り組んできました。国土交通省が2011年11月に「市街地液状化対策事業」を立ち上げて、対策を進めてきています。きょうもこのインタビューを終えた後、その委員会があるのですが、復旧・復興を進める過程でいろいろなことがわかってきました。市街地全体としての対策と、個々の住宅の対策をそれぞれどのように進めていけばいいか、ここ数年間で相当わかってきたところですね。私自身はそこに一番力を入れてきました。

阪神・淡路大震災の時は、液状化被害や建物の杭基礎の被害状況を受けて、地震動が大きかったことからレベル2地震動への対応をどうするのかということが課題になりました。また、それまでの「液状化させないようにする」という考え方から、「液状化しても構造物の機能が損なわなければ良い」という性能設計をどのように導入するかといった問題もありました。これらも非常に大きな仕事でした。

次々と明らかになった地盤工学の課題

——平成の地震災害によって明らかになった課題としては、どのようなものがありましたか。

釧路沖地震(1993年)の際に、すでに多くの課題が出ていましたが、特に下水道の「マンホール浮き上がり」の問題が注目されました。これに関しては、同じ年の北海道南西沖地震、北海道東方沖地震(1994年)、十勝沖地震(2003年)と、北海道で同様の被害が相次ぎましたが、本州では例がなかったのも、あまり着目されていませんでした。ところが、新潟県中越地震(2004



安田 進先生

年)では、約1400か所で発生し、これが契機になって国土交通省が本格的に対策に乗り出しました。

釧路沖地震でもう一つ注目されたのが「盛土造成宅地」の被害で、このころから地震のたびに同様の被害が各地で増えていきました。東日本大震災でも仙台を中心に多くの被害が起きました。

阪神・淡路大震災では、液状化現象による建物やタンク、岸壁などいろいろなものが被害を受けました。河川堤防はもともと耐震設計をしてきませんでした。

阪神・淡路大震災の少し前に、青森県の小川原湖から太平洋に流れ込む高瀬川の堤防整備に関わりしました。検討した結果、液状化の危険性があることがわかったので土木研究所の方と一緒に対策まで考えて、建設省(当時)に提出しました。ところが、「河川堤防は耐震設計をやるものではない」と言われ、対策はされませんでした。この後、阪神・淡路大震災で大阪府の淀川の堤防が被害を受けました。満潮時はあわや水が溢れるのではないか、という状況になり、これを契機によりややく河川堤防の耐震対策が始まったといっているんですね。やっとここで腰が上がったと。これはちょっと画期的な展開でした。河川堤防の耐震設計の有効性は、2003年の十勝沖地震の際に確認されました。

新潟県中越地震では新潟県山古志村(現・長岡市)などを中心に各地で斜面崩壊が発生しました。斜面の傾斜が20度程度のゆるい地すべり地帯で、地すべり面に沿って地震の慣性力ですべるという考え方はあまりなかったんですね。ところがこの地震で流れ盤に沿って滑ったことにびっくりしました。それと、土砂災害による「河道閉塞」が5か所で発生し、大きくクローズ

2007年の新潟県中越沖地震では、私も関わっていた柏崎刈羽原子力発電所が心配だったのですが、現地に行ってみたら、建物の際の盛土が少し沈下したものの、大きな被害はないということで安心しました。一方海岸の内陸側に軟弱地盤があり、そこで中圧ガス導管が20数か所で破損しました。通常地震動では中圧ガス導管はあまり壊れないので、経済産業省でもやっきになって検討をされました。最終的には、軟弱な地盤と固い地盤の間の境目での相対変位により、長柱座屈が起きたことがわかり、経済産業省にとっては大きな節目になりました。

岩手・宮城内陸地震（2008年）の際に発生した宮城県の荒砥沢あらとざわダムの大規模崩壊は、今も原因がはっきりしていません。その一か月前には、中国の四川大地震が発生し、各地で大規模な斜面崩壊が生じ、100か所以上の河道閉塞が起きました。

東日本大震災では、先に述べた住宅地の液状化のほか、造成地の被害などさまざまな地盤災害が起きました。河川堤防の被害も、東北地方と関東地方の国の直轄河川だけでも2,500か所に及びましたが、河川堤防も対策が始まっていたので大きな問題にはなっていません。また、「ため池」の耐震対策は注目されてきましたが、福島県の藤沼ダムが決壊し、人的被害が出てしまいました。これをきっかけに農林水産省が全国のため池の点検や耐震対策の取り組みを始めることになりました。また、鉱山を採掘した際の岩石を砕いた砂を沢などに埋めた「**鉱滓**(さい)集積場」が3か所で崩壊しました。そのうち1か所では、**鉱滓**が液状化して、**杆止堤**(かんしでい)(**鉱滓**の流出や崩壊を防止するダム)とともに崩壊しました。これを受けて、経済産業省がレベル2地震動にも対応するよう指針を変更することにつながったのです。

液状化・盛土造成地対策… 次世代の課題は多く

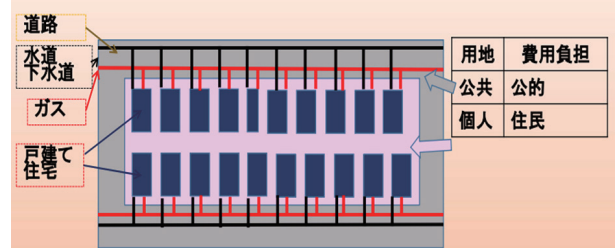
——次世代に引き継ぐ課題にはどのようなことがある
 でしょうか。

平成から令和に引き継ぐ課題としては、まず市街地の液状化対策があります。埋め立てた地盤が強くなるのには100～300年がかかります。海岸や水田などを埋め立てた地域では、これからも地震による液状化の被害が起き続けるでしょう。国土交通省では市街地での液状化対策に乗り出しましたが、まずは東日本大震災で液状化の被害を受けた地域の復旧・復興を進めなくてはならないということで、「市街地液状化対策事業」を創設した経緯があります。

「市街地液状化対策事業」では、地区内の道路や下水道などの公共施設と、民間の宅地とを一体化して液状化対策を実施します。その具体的な対策として、2

つの工法を開発しました。1つは「地下水位低下工法」、もう1つは「格子状工法」です。12の都市で検討し、最終的には「地下水位低下工法」を採用したところが多く、千葉県浦安市の一部だけで「格子状工法」が採用されました。東日本大震災の復旧事業は2020年度で終わる見込みですが、今後は、液状化の予防事業として展開していかれるとよいと考えています。東日本大震災の復旧は住民の費用負担なしで行ったところが多かったのですが、予防対策として実施する場合は住民が4分の1程度負担しなければならない。それがネックになるかもしれないと思っています。

地震の半年後に創設された市街地液状化対策事業のうち、
地下水位低下による対策方法



公共と民間が一体化した地下水位低下工法による液状化対策

——市街地の液状化以外にもまだ課題はありますか？

「盛土造成地」の問題も令和に持ち越されています。1962年に「宅地造成等規制法」ができたときには、地震対策の考え方はまったくなかった。新潟県中越地震をきっかけに2006年に法改正が行われ、地震時に居住者に被害を及ぼす危険性の高い大規模造成地に対しては都道府県知事が改善命令を出せるようになりました。これに伴い、国土交通省から調査ガイドラインも示され、法面の安定性の検討に0.25の水平震度を用いることになったのです。これは新潟県中越沖地震で被災した宅地に始めて適用されました。また、東日本大震災の被災地でも復旧の際に造成地で対策が行われました。国土交通省は予防対策として造成地の耐震化を推進しようとしています。まず全国で大規模造成地がどこにあるかという調査を実施し、すべての自治体で調査が完了する見通しになっています。その後、地盤調査や安定解析を行って必要な対策を講じなければならないのですが、まだ実際に行った自治体は少ないのが実情です。ここでも液状化の予防対策と同じように、住民負担の割合が課題となっていて、これから先が大変なのです。丘陵部の造成地では、ボーリングデータがないことも対策を難しくしています。造成地は「建築」と「土木」の境目で、一貫した耐震対策の考え方がなかったのもネックとなっています。

経年変化の問題もあります。2018年の北海道胆振東部地震で地盤が陥没し大きな被害が出た札幌市清田区

の造成地は、もとの沢筋に盛土をしていました。排水のために地下に有孔のコンクリート管が埋設されていましたが、この排水管によって地下水と共に周囲の土砂が吸い出され、長年の間に地下に空洞ができ、そこが地震で陥没した可能性があるともっています。関東地方の造成地では、50年を経て埋設した排水管がつぶれて地下水が上昇していたケースもありました。こうした変化は地下で起きているだけに見えにくいのですが、今後大きな問題になるのではないのでしょうか。住宅地の擁壁や盛土自体の経年変化も問題です。住宅地ではありませんが、2008年の駿河湾の地震では、東名高速道路の盛土が崩壊しました。これは盛土材の風化、経年劣化によるものでした。盛土造成地は年を経るにつれて強くなると考えられてきましたが、今後は経年変化にも目を向けていかなければなりません。これは、令和の時代に引き継ぐべき大きな課題といえるでしょう。

液状化にしても、造成地にしても、地震に対して脆弱な地区があると、それは都市にとって弱点となります。そういった地区については、住民負担にせず公費で対策をし、「都市全体を安全にする」「都市を守る」という考え方も必要だと考えています。また、繰り返し地盤災害が生じてきた地域は、集団移転を検討するのも一つの方法だと思うのです。宮城県沖地震と東日本大震災で二度被災した仙台市の造成地の住民が集団移転をした例もあります。

新規に作られる盛土造成地については「宅地造成等規正法」の改正で耐震化が図られるようになりました。一方、住宅地の液状化についてはまだ耐震対策が法制化されていません。土地を販売する際に、液状化危険度を明記するようにはなっていますが、対策を義務付けるには至っていないのが現状です。

高校生の「土木人気」に期待

——令和時代の先には、地震工学はこうなっているか、どうなっていてほしいと思われますか。

時代とともに、研究者が増えていく分野・減っていく分野があります。例えば土木分野の構造力学のように耐震性の計算方法が確立した分野は、研究者が減っていくでしょう。逆に、今まで手が付けられてこなかった分野では、研究者が増えていくかもしれません。地盤工学でいえば「自然斜面崩壊」の問題がそれにあたります。日本は山国なので、自然斜面の崩壊は避けられませんが、実は予測方法や対策方法もまだ手付かずです。地盤工学ではやるべきことはまだまだいろいろあります。

明るい話題としては、ここ数年、土木分野に対する高校生の人気が高まっていることでしょう。高校の先生に聞いてみると、防災に対する興味が追い風になっ

ているようで、全国的に受験生が増えています。土木分野の研究者は増えていくのではないかと期待しています。



安田 進先生(左)と聞き手の寺島委員(右)

謎解きの面白さと現象再現の難しさ

——先生にとって、地震工学の研究の面白さ・難しさ、醍醐味とは。

地震工学は、研究や技術開発がすぐに社会に役立つというのが一番のやりがいではないのでしょうか。また、地震の被害調査に行くと、食事もせずについあちこち回ってしまいます。「この被害は何で起きたのか...？」と原因を推理するプロセスは、研究者にとっては最もエキサイティングなものだからです。

地震工学の難しさは、空間的にも時間的にも、スケールが非常に大きいことです。E-ディフェンスもできましたが、現象を実験で再現することが非常に難しいのです。それに、対策が有効かどうかは、実際に地震が起きるまでわかりません。そのため、どうしても机上で話をしがちですが、やっぱり机上ではなくてなんとかして確かめるということをしなくてはなりませんね。

若い研究者は被害の現場を見て

——これからの若い研究者に望むことはどのようなことでしょうか。

若い研究者に言わなければならないことがあるとしたら、最近のコンピューターによる情報収集技術や解析技術の発達で、何でも机上で処理してしまっていますが、これはまずいと思っています。特に地盤工学の場合は、その土を見ないとはいけません。現場に行き、実験することが不可欠です。モノを作るときに設計者は、「作ったモノが壊れるとき、どう壊れるか」を知っていないと設計できないですよ。特に地震の場合はそれが求められます。地震で被害を受けるとしたら、こういう被害になるということを知っておかないと、設計や対策はできません。現場での被害調査や振動台実験・要素実験によって、被害のイメージをもっておかなけれ

ばいけないと思います。地盤の実験をする研究者は少なくなってきたが、「どう壊れるか」の認識を持つことの大切さを若い人に伝えたいですね。

JAEEは「第3の学会」としての存在感を出して

——日本地震工学会は若い会員が減っていることが問題になっているが、これからの学会に望むことは。

少子高齢化が進み、若い人が少ないというのは、学会共通の悩み。ただ、日本地震工学会の場合は、他の学会とは違う特色があります。日本地震工学会は「第3の学会」といえます。メイン・サブの学会だけでなく、「第3の学会」に入るのは、若いころにいろいろなことを勉強してきていて、さらに一層、地震工学というものを極めなくてはならないと考えている人。20代ではなく、30代後半あたりから40代になって入会してきます。博士号取得者が60%で、ある意味で意識の高い人が多い学会です。会員数があまり減らない理由もそこにあるのではないのでしょうか。

日本地震工学会の設立当初、日本建築学会や土木学会、地盤工学会など5学会の意見交換の場で、各学会の地震工学関連の委員会を縮小し、日本地震工学会に委ねようということになりました。また、地震の被害が出た場合には、日本地震工学会が調査のリーダーシップをとろう、という話をしていたのです。ところが、現状ではそのようにうまくいきません。設立当初に目指した、分野横断的な学会としての役割が果たせていないと思います。他の関係学会との関係性もみながら、「第3の学会」としてのメリットを出していく、ハイレベルな学会にしていくことが必要です。

会長在任中は、大きなことを掲げるのは苦手なので、財政面で赤字を黒字にするように務め、なんとか実現にこぎつけました。スポンサーとして支えてくれる業界が必要ではないかと思っています。

東日本大震災からの復興 世界に発信を

——日本で開催される第17回世界地震工学会議に期待することはありますか。

まず、世界中から来る人たちに、東日本大震災からの復興状況をきちんと見せることが大事です。もう一つは、情報の発信。日本でちゃんとした研究をしていても、それを参照し、参考にしてくれない。そうした状況をこの機会に何とか変えられないでしょうか。

例えば、第15回世界地震工学会（ポルトガル・リスボンで開催）の際に、日本の耐震技術を1枚のDVDにして配布しました。地盤工学会でも土質試験法の基準などを英文化しています。そのように英文化したものを集めて、この機会に発信してはどうでしょうか。とにかくこの機会に日本の技術を世界に見せなければなりません。特に設計基準を発信することが大事だと思っています。東日本大震災から10年目に向けて、被害状況と復旧・復興のプロセスがわかる資料も必要です。日本の被害地震の事例をまとめて英文化し、海外からの参加者に提供することも検討してはどうでしょうか。海外の研究者は日本の被害事例を知りたがっています。日本地震工学会の論文集に日本語で掲載した査読論文を、英文にして発信することも非常に効果的だと思います。そのようにして成果を海外に発信していければ、それが日本地震工学会の強みになるかもしれません。日本の地震工学は世界の最先端を行っている。そのことを発信していくことが一番大事です。

2019年7月31日 NHK放送文化研究所にて

文＝入江さやか

安田 進 (やすだ すずむ)

東京電機大学名誉教授（工学博士）。基礎地盤コンサルタンツ（株）、九州工業大学工学部 助教授、東京電機大学理工学部教授を歴任。主たる研究課題は、液状化予測及び対策、盛土や斜面の地震対策など。

第14代会長 目黒 公郎 (Kimiro Meguro)

聞き手

●入江 さやか (NHK放送文化研究所／会誌編集委員) ●福谷 陽 (関東学院大学／会誌編集委員)

防災研究者としての原体験 -阪神・淡路大震災-

——本日のインタビュー、よろしくお願いします。初めに、平成時代に発生した地震災害で最も印象に残っているものを教えて下さい。

海外を除くと、平成で最初に衝撃を受けたのは、1993年7月の北海道南西沖地震による奥尻島の被害でした。この調査は、同僚の山崎文雄先生（現・千葉大学名誉教授）と大学院生、そして本日の聞き手の1人である入江さんと一緒でした。地震から3日目、火災もまだ鎮火する前にヘリで島に入ったのですが、青苗地区は津波と火事で壊滅的な状態でした。その津波と火事からぎりぎり助かった民宿の2階を借りて、余震が頻繁に起こる中で、寝袋で寝たことを覚えています。

しかし何といっても大きな衝撃を受けたのは、その1年半後の1995年1月に起こった兵庫県南部地震による阪神・淡路大震災です。日米都市防災会議のため、前日から大阪にいた私は激しい揺れで目を覚まし、当日の朝6時過ぎには、同僚の山崎先生（前掲）と2人でタクシーに乗り神戸方面に向かいました。ラジオから聞こえてくる災害報道では、お年寄りが転倒して骨折した話や阪神高速が600m以上に亘って倒壊した話など、スケールの全く違う話が混在していました。当日の夜中は長田区の病院をベースに、火事だらけの街を歩き回りました。実に様々なことを見たり感じたりしたわけですが、これが私の防災研究者としての原体験になっています。またこの経験から、地震による人的・経済的な被害の軽減にとって、何が本当に重要なのかを強く意識するようになりました。そして工学的な研究だけでなく、人々の行動や判断を決めているメカニズムも研究対象にしました。

——適切な防災対策を推進する上で、最も重要なものは何だとお考えですか。

災害のメカニズムに基づいて、「敵を知り、己を知ること、そして災害イマジネーション」が重要だと思います。

災害は、入力（インプット）→システム→出力（アウトプット）の関係で考えると、そのメカニズムが理解しやすい。入力にはハザードで、地震災害では地震動や津波などになります。これを誘因と呼びます。システムは対象地域の特性で素因と呼びますが、自然環境特



目黒公郎先生

性（気象／気候、地理、地形、地質／土質など）と社会環境特性（人口分布や密度、都市システム、インフラ、政治・経済、文化／教育、歴史／伝統、宗教・思想、防災対策など）から構成されます。さらに、地域活動や住民生活が時間によってダイナミックに変化するので、システムを表現する変数には、季節・曜日・時刻などの時間の項が入ってきます。出力は構造物の応答などの物理現象と、組織や社会の対応などの社会現象であり、これらがある限界値を超えると被害や災害になるわけです。

さて、先程述べた敵と己のうち、敵とは何か。これは2つで、入力としてのハザードと出力としての災害です。両者の関係は既に説明した通りですが、出力である災害を理解するには、システムの理解が不可欠です。己の3つ中の一つがシステムであり、自分の住む地域の地域特性です。2つ目の己は、自分が所属する自治体や地域社会の実力で、3つ目は市民1人1人の実力です。自治体の能力を理解できていない人は、自治体に過度な期待をしますが、それは無理です。一方で、自分の実力を理解していない市民は、やればできることもしません。以上の2つの敵と3つの己を理解した上で、災害イマジネーションを持つことが重要なのです。

災害イマジネーションとは、兵庫県南部地震の後に、私が言い出した言葉ですが、地域特性と発災時の条件を踏まえた上で、発災からの時間経過とともに自分の周りで何が起こるかを正しく想像する能力です。この能力が重要な理由は、人間は自分が想像できない状況に対する備えや対応は決してできないからです。

——阪神・淡路大震災では、多くの建物倒壊や延焼火災による被害がありました。

震後火災は同時多発なので、公的な消防組織の対応力を越えますが、小規模な火災から始まるので市民による自主消火が可能ですし、これが最も効果的な対策です。しかし、阪神・淡路大震災では、以下の5つの理由から、初期消火がうまくできませんでした。1つ目は、初期消火を期待される人が被災家屋の下敷きになってしまったこと。2つ目は、下敷きにならなかった人が、下敷きになった人たちのレスキューを優先したこと。3つ目は、倒壊した家屋の下からの出火への対応は素人には不可能なこと。4つ目は、狭い道路では家屋の倒壊で道路閉塞が起これ、消防が現場にアクセスできなかったこと。5つ目は、市民が平時の火災と同様に消防が来てくれると考え、初期消火が可能なタイミングを逃したことです。上記の5つの理由の中の4つは建物の問題です。建物の耐震性が高く被害が軽微であれば、初期出火率も低くなるし、市民による初期消火もしやすくなるので、多くの火災は消火できたのです。私は数年後に、この状況は関東大震災のときも全く同じであったことを、出火元の建物の被災状況と延焼の分析から明らかにしました。

また、耐震性の重要性を強く認識したので、被害と耐震基準の関係も調べてみました。阪神・淡路大震災では、甚大な被害を受けた建物の多くが1971年の旧耐震基準以前の建物だった一方で、1981年の新耐震基準の建物の被災度は軽微であったことから、多くの人は、「旧耐震基準は不適切」と考えていました。私は、「そんな単純な話なのか？」と思ったわけです。

そこで、過去の被害地震（過去百数十年の被害地震と、おおよそその位置とマグニチュードが判明しているもっと古い大地震）を対象に各地の地震動を推定し、日本中の建物が、1924年、1950年、1971年、1981年の各基準で建てられていたら、どれぐらいの被害が出たであろうかを評価しました。具体的には、各基準で建設した場合のコストを比較し、基準の改定によって増えるコストと軽減できる被害額を求めて比較したわけです。すると、コスト増分当たりの被害軽減率が最も高かったのは1971年の基準でした。この分析から思ったのは、耐震基準は技術だけではなく、その時点での経済力などを背景とした社会的なコンセンサス「被害を減らすために、どれだけ余分にコストをかけられるか」が重要で、構造物の基準を議論する際や途上国の防災を考える際には忘れてはいけないポイントだということです。

令和時代の地震工学・地震防災

——平成時代で地震工学がなしかつたこと、令和時代に引き継ぐ課題は何でしょうか？

全体としては、過去の同程度の地震や津波に対する被害は確実に軽減してきたと思います。その過程では、他分野と同様に、研究分野の細分化と各分野での研究の深化によって、研究進展の効率化がはかられました。しかしその一方で、細分化された研究分野の狭間に存在する課題は取り残され、十分な検討がなされてきませんでした。この問題が顕在化したのが東日本大震災です。東日本大震災で発現した課題の多くは、従来の細分化された研究分野の成果では解決できないものでした。これらの課題解決には、従来の工学や理学を中心とした地震工学や地震防災の研究分野のみならず、人文社会学系、生物や医学系、さらに農学系などを含め、関連する多くの分野を連携し成果を融合する研究を展開する必要があります。この点は日本学術会議等でも強く認識され、「東日本大震災の総合対応に関する学協会連絡会」や「防災学術連携体」の活動につながりました。国難の災害と呼ばれる首都直下地震や南海トラフ巨大地震による災害への対策では、発現する物理的・社会的現象を合わせた災害の全体像の把握が重要だと思いますが、これでは不十分です。これを多分野の英智を融合して事前に解明し、共有しておくべきです。重要なことは、自然の驚異に対する認識と研究者が忘れてはいけない自然に対する敬意や謙虚な姿勢だと思います。



目黒公郎先生(右)と聞き手の入江委員(左)

地震防災が根付く「環境づくり」の重要性

——持続可能な防災対策の推進を実現するために

現在の我が国の財政状況や少子高齢人口減少を考えれば、今後の巨大災害への取り組みは「貧乏になっていく中での総力戦」と言えます。しかも事後対応のみによる復旧・復興が難しいことから、脆弱な建物や施設の強化とともに、災害リスクの高い地域から低い地域への人口誘導など、発災までの時間を有効活用したリスク軽減対策が不可欠です。

また「自助・共助・公助」の中で、今後益々不足する「公助」を補う「自助」と「共助」の確保とその継続がポイントになります。このためには、防災対策に対する意識を「コストからバリュー」へ、さらに「フェーズ

フリー」なものにしていくことが求められます。従来のコストと考える防災対策は「一回やれば終わり、継続性がない、効果は災害が起こらないとわからないもの」になりますが、バリュー（価値）型の防災対策は「災害の有無にかかわらず、平時から組織や地域に価値やブランド力をもたらし、これが継続されるもの」になります。災害時と平時のフェーズを分けないフェーズフリーな防災対策は、平時の生活の質を向上させるとともに、それがそのまま災害時にも有効活用できる防災対策です。

このような認識に基づき、私は持続的に防災対策を推進する仕組みとしての「防災ビジネス」を、産官学に金融とマスコミを合わせて検討する研究会を設立し、活動を続けております。防災のビジネス化を目指す理由は、公助の不足を補う自助や共助の担い手である個人や法人の「良心」に訴える従来の防災はもはや限界だからです。私は公助にも質的变化を求めています。従来の行政が公金を使って主導する公助から、個人や法人が自発的に防災対策を進める環境を整備する公助への変化です。防災ビジネスの市場を国内外に拡大するとともに、CSRではなく現業のビジネスとして関係者が取組むことのできる環境の創造と育成が求められます。

——そのような意味で、2020年に日本で開催される17WCEEは非常に重要な場になると思うのですが。

私は日本地震工学会の会長になるときの公約の中で、研究活動の活性化、財政健全化、国際貢献の推進、そしてWCEEの招致を掲げ、それぞれの公約を達成するために努力しました。すべてがうまくいったわけではないですが、2020年に17WCEEを仙台市に招致することは、関係の皆さんのご協力を得て、何とか成功しました。内閣総理大臣、国土交通大臣、文部科学大臣、防災担当大臣、復興大臣、国土交通省観光庁長官、日本政府観光局理事長、開催地の首長から、「WCEEの重要性を理解するとともに、17WCEEを仙台市で開催するに当たって、最大限の協力を約束する」オフィシャルな書簡を頂戴し、研究者のみならず、わが国の関係者が一致協力して、17WCEEの開催のために努力することを説明し、招致に成功したわけです。

会議の内容に関しても、従来の研究課題に加え、多分野が連携して初めて解決策が提示できるような学際性や複合性の高いテーマの特別セッションを企画しました。さらに、これらの課題に対して、事前に十分な時間をかけて議論した成果を、17WCEEの参加者と一緒に議論するセッションを実施します。もう一つの目玉は、わが国の地震や津波対策のハードとソフトを広く世界に周知するとともに、これを販売する「BOSAI EXPO」の実施です。これは、地震や津波の対策で困っ



17WCEE日本開催決定時の目黒公郎先生（右）

ている世界中の人々に、ソリューションを提供するものですが、同時にわが国の防災上の大きな課題解決のために重要な防災ビジネスの進展をはかるものでもあります。防災ビジネスの海外展開がいかに重要かについては既に説明した通りです。

WCEEの日本開催は今回で3回目ですが、前回からは32年ぶり、1回目から2回目までの期間は28年です。30年に1回というのは、様々な経験を伝えていくには限界の時間です。17WCEEでは、若手研究者を中心としたセッションやセッションの司会などを通じて、日本の多くの若手研究者に、国際会議の運営などについても学んで欲しいと思っています。

——世界の地震工学に対して日本の研究者・技術者が貢献すべき点は何でしょうか。

国際貢献という意味では、直接的な技術移転だけでなく、人材育成が重要だと思います。とくに、途上国から優秀な人材を受け入れ、鍛えた上で母国に戻すことです。1960年に始まった国際地震工学研修のような活動です。この活動は1962年からは、建設省（現：国土交通省）の建築研究所・国際地震工学部（現：国際地震工学センター）が継続しましたが、このプログラムからはインドネシア、チリ、ペルー、トルコ、エジプト等、各国の地震学や地震工学の父と言われるような人々が生まれています。このような活動を強化すれば、各国に地震防災が根づきますし、日本の技術の普及にも貢献するでしょう。

——日本地震工学会と若い研究者に望むことは何でしょうか。

近年、研究者の数、特に若い研究者と会員が減り、会費に多くを依存する財政では、学会経営も厳しくなっています。この状況は、会員数が500人から1,500人くらいの防災関連学会の共通の課題です。優秀な若手は限られるので、一番勉強して欲しい年代が雑用で忙殺されており、これは学術的に大きな問題です。そ

こで、私は以前に、防災関連の8学会を対象に、会員や研究の内容を詳しく分析してみました。すると、研究内容も会員も共通する部分が非常に多かったのです。そこで、短期間での学会の統廃合は無理としても、年次大会を同時期に同じ会場で行うとか、事務局機能を複数学会で集約する等の提案をしましたが、うまくいきませんでした。この問題は少子高齢人口減少社会では、益々大きな課題になると思います。日本地震工学会としては、経費節減だけでなく、私が会長時代に試みたような会費収入のみに依存しなくす収入源の確保などによって、財政基盤の強化をはかるべきです。

若手の研究者や技術者には、課題全体を俯瞰した上で、本質的な問題を洞察する力をもって欲しいと思います。黎明期の地震工学は、数式で表現される現象を主な研究対象にしていたのですが、現在では、それだけでは解決できない問題が増えています。技術的な課題と社会的な課題を比較すれば、後者はより本質的な原因で解決できていない課題が多数を占める状況となっています。これらの解決には多くの分野の英智の融合が必要であり、狭い分野の研究に比べ難しいことも多いですが、研究としての醍醐味はより高いと思います。

——最後に、一研究者として、地震工学における研究の面白さと難しさとは、何でしょうか。

地震工学が単純なエンジニアリングではなく、総合的な学問だという点です。多様な研究分野の融合によって成立する点は難しいところであり、また面白いところだと思います。

2019年10月27日、東京大学生産技術研究所にて
文＝福谷 陽

目黒 公郎 (めぐろ きみろう)

1991年東京大学大学院博士課程修了(工学博士)、同年東京大学生産技術研究所助手、1995年東京大学生産技術研究所助教授、2004年東京大学生産技術研究所教授。著書に「間違いだらけの地震対策」(旬報社)、「巨大地震・巨大津波 一東日本大震災の検証一」(朝倉書店)、他多数

第15代会長 福和 伸夫 (Nobuo Fukuwa)

聞き手

●寺島 芳洋(竹中工務店／会誌編集委員) ●平井 敬(名古屋大学／会誌編集委員)
●黒川 雄太(竹中工務店)

阪神・淡路大震災の衝撃

——まず、ご経歴をうかがいたと思います。

私は、1981年に名古屋大学の大学院を修了してから、ゼネコンに勤め、主として構造物と地盤との動的相互作用について研究しました。中でも、原子力発電施設の耐震に関わることに取り組み、免震の導入にも関わっていました。しかし、学位を取得した後、日本の耐震工学はすでに成熟しているから、これからは新たな研究を開拓するようにと上司から指示されました。建設業冬の時代で、会社ではニューフロンティアをやるということなので、私は宇宙構造物を担当することになって、耐震以外の研究にも取り組むようになりました。航空宇宙工学の人たちと勝負しなくてはいけないので、新しい解析手法を開発したり、それを実現するために振動制御やオブジェクト指向プログラミング、AIなどを勉強しました。それともうひとつ、大型振動台や加速器の微振動対策も担当しました。こういった経験がその後の活動に活かしました。

1991年に名古屋大学工学部へ異動しましたが、それまで作ったプログラムを会社に置いて異動したので、またゼロからのスタートになりました。はじめに研究室のネットワーク環境を整備しました。当時はPC98の時代でしたから、学内では先駆的でした。この環境を利用して地理情報システムを作りました。それから、研究室に微動計があったので中低層建物の微動計測を行いました。それと、学生時代の友人に頼まれて3階建住宅の交通振動対策の実証実験もしていました。また、キャンパスの近くで高速道路と地下鉄の工事が始まり、その振動が問題になり始めていたので、キャンパス内に振動観測網を整備して、工事由来の微振動を検出したら現場事務所へ自動FAX送信するというリアルタイムシステムを作りました。このように、阪神・淡路大震災が起こるまでは、地震工学に関わる研究はあまりしていませんでした。

——阪神・淡路大震災のときのことを教えてください。

その日のうちに現地へ行ったのですが、ふたつ衝撃を受けました。ひとつは、見渡す限り、建物が壊れていること。しかも、自分の住んでいる家とそっくりな家が壊れていたのです。当時、我が家は2人子どもが生まれたところで、「ああこれで僕の子どもたちも死



福和伸夫先生

ぬのか」とがっくりきて、今のままでは家族を守れないと思い、耐震化の大切さを感じました。もうひとつは、耐震研究にはやらないといけないことがたくさん残っていたということです。一番たくさん壊れていたのが、研究対象にされることの少なかった古い木造建物でした。これはショックでした。

地震防災の取り組みへ

——阪神・淡路大震災が起こったあとは、どのような研究をなさっていたのですか。

われに返って、もう一度耐震工学と地震防災をきちんとやらないといけないと思いました。当時、名古屋には地震防災に取り組んでいる人がほとんどいませんでした。自治体が被害予測と地震対策に動き始めたのですが、当時は飯田汲事先生以外に頼れる先生があまりいなくて、下働き役が私に回ってきました。地域にある公共建築物の台帳、応急危険度判定士の養成、公共建築物の耐震化の戦略を練って、さらに名古屋市の被害予測や早期被害予測システム作りも担当することになりました。フラジリティカーブを一から作り直したり、表層地盤のデータを収集したりして、一連の被害予測の方法を学びました。この頃から地震学の人たちと付き合い始めて、南海トラフ地震のことも勉強するようになりました。

そのころ、免震構造評定に加わることになり、同じ時期に濃尾平野の地下構造調査も始まったので、名古屋市内のすべての小学校のボーリングデータを集め、

さらに現地で常時微動を測ってH/Vスペクトルを算出するという事を、1年かけて行いました。名古屋市内約300点の地盤の周期分布を図化して、重力異常分布と見比べると、そっくりなのです。他にも、三河平野や伊勢平野の地下構造調査が始まって、入倉孝次郎先生に指導されながら深部地盤構造のモデル作りを始めました。

この頃に始めたのが、愛知県設計入力地震動研究協議会です。深部・浅部地盤のデータベース化ができてきたし、入倉先生の地震動予測レシピも出始めていたので、地域の設計入力地震動を作ろうと思ったのです。地元の構造設計者の人たちに支援してもらい、昔の同僚の大崎研の人たちと一緒にやりました。それで作ったのが三の丸波¹⁾です。既存の地震観測データを自動収集する東海地域大都市圏総合観測ネットワークシステムも作りました。そして、これらをWebGISを使ってインターネット公開するようにしました。ここまでは、兵庫県南部地震の後の5年間ほどのことです。新しくできた先端技術共同研究センターでの活動でしたから、産官学の連携を大切にしました。

——2000年頃以降については。

2001年に、名古屋大学で理学・工学・人文社会を合わせた日本で初めての文理融合型の研究科、環境学研究科を設立することになり、安全・安心プロジェクトの主担当になりました。同じ年に中央省庁の再編があって、中央防災会議が内閣府に移管されて東海地震の専門調査会が作られて、震源域の見直しがありました。さらにもうひとつ、マスメディアの人たち向けの勉強会NSL (Network for Saving Lives) を始めました。この3つが同時に始まったことが、私の人生を変えてくれたのです。

名古屋も地震防災対策強化地域に指定され、まず何よりも進めなければいけないのは住宅の耐震化でした。そこで、啓発用の振動教材「ぶるる²⁾」を作りました。これはもともと、1998年頃に学生に振動論を教えるための教材として作りはじめたのですが、育成し始めた防災ボランティアリーダーの人たちに頼まれて、いろいろな種類を作りました。2000年代に入ってから5年間は様々なぶるるの開発をしました。災害被害を軽減する国民運動の一環で、小泉総理や安倍官房長官(当時)の前でも実演しました。

減災連携研究センターと減災館

——東北地方太平洋沖地震の前後はどうでしたか。

東北地方太平洋沖地震が起きたとき、私は東京の超高層ビルで、高層ビルの設計者たち向けに長周期地震動の講習会をしていました。ぶるるをたくさん持って、長周期の揺れの実験をしている最中に、本当



福和伸夫先生(左)と聞き手の寺島委員(右)・黒川氏(中央)

に建物が揺れたのです。減衰定数が小さいとまずいということを実感しました。

東海地震や東南海・南海地震対策の中で、それ以前から、長周期地震動の危険性については方々で発言していました。そのためか、東北地方太平洋沖地震の後に大阪府咲洲庁舎の検討会に加わることになりました。当初の建物の設計図書を見ると、地盤と共振しないことになっていましたが、実際には共振してしまっていたのです。このビルに大阪府庁の機能を移転して良いかどうかを判断する検討会でした。いろいろ悩んだ末、共振の危うさについて意見書を書き、移転について反対意見を述べました。その後、河田恵昭先生と一緒に橋下知事(当時)と会うことになりました。そのときは、まだ地盤と建物が共振することの危険性について橋下知事は実感していなかったようなのですが、ぶるるで共振を実演したところ、よく分かってくれました。橋下知事はすぐに部屋を出られて、記者団に囲まれたところで大阪府庁の機能の移転をやめることを宣言され、嬉しかったです。この頃から、大事なことはきちんと言わないといけないと思うようになりました。

——少し時間が戻りますが、2010年12月に、名古屋大学に減災連携研究センターが設立されましたね。

ずっと南海トラフ地震の危険性を訴えていたのですが、地域の財界人から、危険というだけではだめで、それを解決する方法も考えないといけないと叱られました。そこで、新しい組織の設立に取り組みました。ところが、概算要求で組織要求をしているところで東日本大震災が発生し、頓挫しました。それを見かねた地域のインフラ企業を中心となって、寄付部門を作ってくれることになり、組織化することができました。私も既存の研究科からこちらのセンターへ異動して、覚悟を決めて地域の防災減災のために取り組み始めたのです。



小泉総理や安倍官房長官(当時)にも
ぶるるを使って耐震化の重要性を訴えた

その後、建物を作るための予算が少し確保できたので、2014年に減災館を作りました。これは大きなぶるるとでもいうべきもので、免震建物であり、屋上にも免震層を介した実験室を設置してあります。免震層にあるジャッキで建物全体を変位させて自由振動実験をしたり、アクチュエータで屋上実験室を揺らして建物の共振実験を行うことができます。それから、1階と2階は地域に開放し、防災減災を学ぶための空間にしました。毎年15,000人くらい、見学に来ます。現在は、ここを活用しながら、多くの人たちに地震防災・減災の大事さを知ってもらう活動をしています。

日本地震工学会に望むこと

——今後の日本地震工学会に望むことを、何かお聞かせください。

日本地震工学会に望むことは、まずは「あ・た・ま」です。明るく、楽しく、前向きに、そして頭を鍛える。研究者として、自分の専門分野の学理を追究することは大事ですが、それだけにとどまらず、地震によって不幸せになる人を減らすためには、あらゆることに取り組まなくてはなりません。自分の研究と他の人の研究をつなぐこと、そして社会とともに行動することこそ大事であるというスタンスを持つ人がたくさん出てきてほしいと思います。日本地震工学会のいちばんすばらしいところは、5学会(日本建築学会・土木学会・地盤工学会・日本地震学会・日本機械学会)が協力して作ったことなのですから、5学会の人たちが交流することが大切です。

研究だけでは被害は減りません。研究成果が被害の軽減にどう結び付くか、その間をどう取り持つかということを、日本地震工学会は考えるべきだと思います。

研究のおもしろさ

——最後にこれだけお尋ねしたいのですが、研究のおもしろさについて、お聞かせください。

いろいろなおもしろさや楽しさがありますね。人が喜んでくれたとき、新しい物事を発見したとき、自分のアイデアが実現されたとき、それに人から褒めてもらえたときも嬉しいでしょう。私は、普段の仕事の中で小さな嬉しいことを一生懸命探し出して、ささやかな喜びを拡大するようにしています。大変な仕事でも、その中でおもしろいことを見つけて、にこにこしながらやっていると、かならず上司や社会は評価してくれるはずです。

——ありがとうございました。

2019年10月25日、名古屋大学減災館にて
文＝平井 敬

参考文献

- 1)宮腰淳一・中田猛・福和伸夫・柴田昭彦・白瀬陽一・齊藤賢二、名古屋市三の丸地区における耐震改修用の基盤地震動の作成、日本地震工学会年次大会、2005
- 2)福和伸夫・原徹夫・小出栄治・倉田和己・鶴田庸介、建物耐震化促進のための振動実験教材の開発、地域安全学会論文集、No.7、pp.23-34、2005

福和 伸夫(ふくわ のぶお)

1981年名古屋大学大学院修了後、清水建設で勤務の後、名古屋大学に異動。建築耐震工学・地震工学に関わる教育・研究に携わる傍ら、防災・減災活動を実践。現在は南海トラフ地震対策に注力。

「平成28年(2016年)熊本地震とESG研究」シンポジウム開催報告

佐藤 浩章

●一般財団法人電力中央研究所 上席研究員／強震動評価のための深部地盤モデル化手法の最適化に関する研究委員会

1. はじめに

強震動評価のための深部地盤モデル化手法の最適化に関する研究委員会では、2018年度まで活動した研究委員会(強震動評価のための深部地盤モデル化手法の検証に関わる研究委員会)の成果を引き継ぎ、活動を実施している。この度、平成28年(2016年)熊本地震についての各委員が関わる調査観測から得られた成果を共有し、今後のESG(Effect of Surface Geology on seismic motion: 表層地質が地震動に及ぼす影響)研究の発展に寄与することを目的に、「2016年熊本地震とESG研究」をテーマとしてシンポジウムを2019年10月21日に東京工業大学キャンパスイノベーションセンター(田町)にて開催した。当日は、67名の参加があった。

2. シンポジウム講演内容

はじめに、当委員会の委員長である松島信一委員(京都大学)より、趣旨説明が行われ、委員会設置の背景と目的、さらにシンポジウム開催の経緯と2021年3月15日から17日に開催されるESG6 国際シンポジウムとそこで行われる熊本地震に関するブラインドプレディクション(地下構造の推定と地震動シミュレーションの目隠し予測)についての紹介があった。

川瀬博委員(京都大学)からは、「2016年熊本地震の被害と震源近傍地震動の関係」と題した講演があった。2016年熊本地震の概要として、波形インバージョンによる震源モデルによれば、震源断層の特徴はスケーリング則からみて通常地震と同程度であること、また工学的に影響のある短周期地震動の生成については、それほど大きくないといった特徴が紹介された。また、熊本県益城町の被害について、日本建築学会の九州支部の悉皆調査に見られる被害の集中域について、熊本地震で顕著にみられた断層変位を考慮しなくても、地震動だけで被害を説明できることを波形の分析に基づき示された。また、KiK-net益城地点で推定した本震時の基盤地震動を用いて、等価線形解析により益城町の最大速度の分布を推定した結果、被害の分布が概ね説明できることが示された。

地元孝輔委員(東京工業大学)からは、「益城町の強震観測点における微動アレイ探査によるS波速度構造モデルの推定」と題した講演があった。熊本地震後に

実施した稠密余震観測点での微動アレイ探査から、被害の大きい地域での短周期の位相速度が100m/s程度、被害の小さい地域は100m/sより大きいといった特徴を読み取れることが示された。一方、近年の地震で震度7相当を観測した地点で位相速度の比較を行った結果からは、系統的な傾向は見出せないことが紹介された。また、稠密余震観測点での表層地盤構造と被害との関係からは、表層5mの平均S波速度が、表層30mの平均S波速度より相関がよいことが紹介された。さらに、KiK-net益城地点について、各種機関による微動アレイ探査による地盤モデルの相互比較が示され、位相速度に含まれる高次モードの影響や逆解析の際のP波速度の設定が、各種機関の地盤モデルの差異に影響を及ぼしている可能性が、現地での様々な調査結果に基づき紹介された。

津野靖士委員(鉄道総合技術研究所)からは、「熊本市の地震動特性」と題した講演があった。まず、熊本市内の観測点を対象としたESG6のブラインドプレディクションについて紹介があり、続けて熊本平野を対象としたESG研究および熊本地震の際の熊本市内における強震動特性ならびに被害の概要についての紹介があった。熊本平野で実施された東西方向と南北方向の水平地震アレイ観測からは、南北方向のアレイ観測によるスペクトル比から、南側での低周波数のピークが明瞭であり、基盤が深いことが示唆されるとした。最後に、熊本市内において、2・3次元的な地下構造が影響した事例として、熊本駅に近い台地(花岡山)の近傍における記録にみられる偏向性が紹介された。

先名重樹委員(防災科学技術研究所)からは、「熊本平野における広帯域強震動評価のための浅部・深部統合地盤モデルの構築」と題して講演があった。内閣府SIPにおいて実施された熊本平野での浅部・深部統合地盤モデルについて、その作成は、250mメッシュで収集されたボーリングデータ等による初期(土質・地質)モデルに対し、微動アレイ探査による位相速度と地震動と微動のH/Vスペクトルのジョイントインバージョンを用いて行われた。また、被害の大きかった益城地区ではより詳細な50mメッシュで作成し、最表層のS波速度はJ-SHISよりも浅部が含まれるVs350m/sまでのモデルであることが紹介された。モデルの検証は、深部モデルについては差分法による地震記録のシミュレーションによる再現性により行われ、浅部モデルに

については、微地形区分によるAVS30との比較、さらには被害の分布と地盤モデルによる増幅特性の周期特性との対応による評価が紹介された。最後に、熊本地震の地表地震動の計算結果について、表層地盤による増幅計算の方法による差異が計測震度を指標とした距離減衰式との対応とともに報告された。

岩田知孝委員（京都大学）からは、「平成 28 年熊本地震を踏まえた総合的な活断層調査・サブテーマ 3 断層帯周辺における強震動予測の高度化のための研究」と題して講演があった。このプロジェクトでは、2016 年熊本地震の未活動区間である布田川断層帯（宇土区間、宇土半島北岸区間）、日奈久断層帯の強震動評価を目的に、深部・浅部地盤モデルの構築のための調査が行われた。深部のモデル化では、八代平野、人吉盆地、水俣平野、出水平野などで大半径の微動アレイ探査が実施され、熊本平野、八代平野では反射法地震探査も実施された。また、八代平野では、積極的に温泉ボーリングの情報も活用され、その結果、反射法地震探査による境界面とボーリングの着岩深度がよく対応していることが明らかとなり、その有効性も示された。一方、浅部のモデル化は、八代平野ではボーリングデータに基づく地質構造モデルから、そのS波速度を微動アレイ探査やH/Vスペクトルの解析で与える方法で行われた。また、それ以外の地域は、微動アレイ探査による位相速度を深度変換する方法で作成された。作成された深部・浅部地下構造モデルの検証は、小地

震の地震動シミュレーションに基づき行われ、既往のモデルからの改善が示された。強震動評価は「レシピー」に基づく震源モデルと作成した深部・浅部地下構造モデルに基づく計算により行われ、震源断層近傍もしくは直上の堆積層で震度6強以上に見舞われる可能性が示された。

3. おわりに

すべての講演の最後に、佐藤浩章委員（電力中央研究所）の進行により、総合質疑が行われた。会場からは、今回の一連の講演で紹介された新しい地下構造モデルとJ-SHISをはじめとする既往のモデルの違いについての質疑や今回紹介された浅部・深部地下構造モデルが、工学的基盤の取り扱いを含め、現在の設計体系においてスムーズに使用できるのかといった問題提起がなされた。また、浅部地盤による増幅について、現在の微地形区分と地下構造モデルを用いた場合の違いについて、地下構造モデルで評価した増幅特性は、微地形区分とは異なり、倍率だけでなく、卓越周期を含む周期関数として得られる利点などが質疑応答の一環として紹介された。さらに、将来的には、各機関で取得されたデータの統合によるモデルの作成がますます進むと考えられる。その際には調査データのばらつき等も共有することが望ましい、今後はそうした取り組みも踏まえて、地下構造モデルのより一層のブラッシュアップを図っていく必要性なども議論された。



松島信一委員



川瀬 博委員



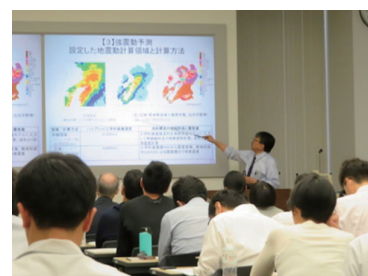
地元孝輔委員



津野靖士委員



先名重樹委員



岩田知孝委員

写真 各委員による講演の様子

お知らせ

■ 本学会に関する詳細はWeb上で

日本地震工学会とは

日本地震工学会は、建築、土木、地盤、地震、機械等の個別分野ではなく、地震工学としてまとまった活動を行うための学会として2001年1月1日に発足しました。その目的は、地震工学の進歩および地震防災事業の発展を支援し、もって学術文化と技術の進歩と地震災害の防止と軽減に寄与することにあります。

ぜひ、皆様も会員に

本会では、これまでに耐震工学に関わってきた人々は勿論のこと、行政や公益事業に関わる人々、あるいは地域計画や心理学などの人文・社会科学に関する研究者、さらには医療関係者など、地震による災害に関わりのある分野の方々を対象とし、会員（正会員、学生会員、法人会員）を募集しています。本会の会員になることで、各種学会活動、日本地震工学会「JAEE NEWS」のメール配信、地震工学論文集への投稿・発表・ホームページ上での閲覧、講習会等の会員割引など、多くの特典があります。ぜひ皆様も会員に、ホームページからお申込みください。

「学会の動き」欄は、下記のホームページでご覧いただくことにしました。

日本地震工学会の会則、学会組織、役員、行事、委員会活動、出版物の在庫案内など最近の活動状況などの詳しい情報はホームページをご覧ください。ホームページには、学会の情報の他に、最新の地震情報、日本地震工学会論文集など多くの情報が掲載されています。ぜひご活用ください。

入会方法や入会後の会員情報変更の詳細は本会ホームページ中の「会員・各賞受賞者」の下「入会案内」、「変更・退会手続」に記載されています。

日本地震工学会ホームページ <https://www.jaee.gr.jp/jp/>

■ 会誌への原稿投稿のお願い

日本地震工学会会誌では、「地域での地震防災に関する話題」、「地震工学に関連した各種学術会議・国際学会等への参加報告」、「興味深い実験や技術の紹介」、「当学会や会誌への要望や意見」等に関して、皆様からの原稿を募集しております。なお、投稿原稿は原則として未発表のものに限ります。また、「速報性を重視する内容（原則として年3回の発行であるため）」、「ごく限られた会員のみに関係する内容」、「特定の商品等の宣伝色が濃いもの」はご遠慮下さい。

投稿内容、投稿資格、原稿の書き方・提出方法等の詳細は、本会ホームページ中の「投稿・応募ページ」よりご確認頂けます。

日本地震工学会ホームページ 投稿・応募ページ <https://www.jaee.gr.jp/jp/contribution/>

■ 登録メールアドレスご確認のお願い

当学会では、会員の皆様のお役に立つ会員限定のニュースやセミナー情報をメールにて配信させていただいておりますが、メールが届かず戻ってってしまうケースが散見されます。メールアドレスを変更された方、あるいは、このところ弊学会から1通もメールが届いていないという会員の方は、以下の方法で会員登録情報をご変更いただくか、事務局までご連絡いただきますようお願い申し上げます。

【会員登録情報のご変更方法】

日本地震工学会のWEBサイト (<https://www.jaee.gr.jp/jp/>) の「会員ログイン」より、会員番号とパスワードを入力してログインし、「登録情報の変更」を選択して登録情報をご変更ください。尚、会員番号またはパスワードがご不明な方は事務局までお問い合わせください。

■ JAE Newsletter 第9巻 第1号 (通算第26号) が2020年4月下旬に発刊されます。

JAE Newsletterは、日本地震工学会誌を補完し、タイムリーに情報発信する目的で2012年9月に創刊されました。

2015年より、会誌と連携した情報発信を行うため、会誌と交互となる4月、8月、12月に学会のWebサイト上で発行しています。地震工学に興味を持つ一般の読者も意識したわかりやすい記事を通じて、地震工学と地震防災の一層の普及・発展を目指しています。

JAE Newsletterについては以下のサイトで掲載しております。

<https://www.jaee.gr.jp/jp/stack/1925-2/>

最新号(第8巻 第3号)では、「地震防災の普及啓発活動」を特集として3名の先生に寄稿いただいております。また、第17回世界地震工学会議(17WCEE)のお知らせも掲載しておりますので、ぜひご覧ください。

■ 問い合わせ先

不明な点は、氏名・連絡先を明記の上、下記までお問い合わせ下さい。

日本地震工学会 事務局 〒108-0014 東京都港区芝5-26-20 建築会館

TEL: 03-5730-2831 FAX: 03-5730-2830 電子メールアドレス: office@general.jaee.gr.jp

【訂正のお知らせ】

工藤一嘉：特別寄稿 金井 清先生が遺された書籍と紙袋(資料)、日本地震工学会誌(第38号 2019年10月)、pp.36-39

金井清先生が遺された原爆資料に関する記述の一部を訂正します。木本誠二先生の“直筆の未発表原稿”と記しましたが、金井研究室日誌(備忘録)を追加調査した結果、2通の手書きの原稿は、金井先生の指示で医学部から原典を借り受け、当時助手の小林庄司氏と前田敏雄氏が書き写したものと判明しました。原典の一編は都築正男教授(当時)による「原子爆弾による広島市の損害に就て、日本医事新報、第2巻第14号、1945.10」、他一編は木本誠二助教授(当時)による「原子爆弾空襲の体験」の原稿(印刷物かもしれない)でした。なお、木本先生の原稿に関しては、種々出版記録を検索しましたが発見に至らず、未発表の可能性が残されています。以上前稿の誤りを訂正してお詫び申し上げます。(工藤一嘉)

編集後記：

日本地震工学会は「平成」の時代を揺るがした「阪神・淡路大震災」を契機に設立され、2020年度には創立20周年の年を迎えます。この間、「東日本大震災」など多数の地震災害が日本の社会や私たちの心に深い爪あとを残しました。平成の地震災害を振り返り、災害によって顕在化した課題を総括し、「令和」の地震防災・地震工学のあり方を展望することは意義深いと考えます。

「歴代会長にきく～平成の地震災害と令和への展望～」と題した本号の特集では、歴代会長14名にインタビューを行い、研究の面白さや難しさ、17WCEEに対する期待や若手研究者へ望むことなどを語って頂きました。私自身、3名の歴代会長にインタビューを行い、話を伺いました。先生方の地震工学の発展と、それに向けた研究に対する情熱を肌で感じる事ができました。日本地震工学会の創立20周年を前にして、まさしく国内の地震工学の歴史の証言を記録できたと感じています。

最後になりましたが、ご多用中にも関わらずインタビューに応じて下さいました歴代会長の先生方に心よりお礼を申し上げますと共に、インタビューの聞き手や原稿執筆、校正作業を担当した会誌編集委員の皆様や関係各位に深く感謝の意を表します。

岩田 直泰(鉄道総合技術研究所)

今回の特集では、「歴代会長にきく」をテーマに、日本地震工学会の歴代会長へのインタビューを行い、平成時代の振り返りや令和時代への展望、若手研究者へのメッセージを伺いました。文字通り日本地震工学会を代表する歴代会長の先生方の想いが詰まった特集となっています。

通常の会誌での特集は6記事ほどですが、今号は14記事と非常にボリュームが多く、また歴代会長の先生方へのインタビューに基づき、会誌編集委員が記事を作成するという、これまでの会誌にないパターンでありましたが、無事出版まで至って本当にホッとしております。会誌編集委員会が「ONE TEAM」として結束し、良い特集に仕上げられたものと感じております。歴代会長の先生方につきましても、ご多忙の中インタビューに応じていただき誠にありがとうございました。

寺島 芳洋(竹中工務店)

会誌編集委員会

委員長 永野 正行 東京理科大学

幹事 岩田 直泰 鉄道総合技術研究所

幹事 寺島 芳洋 竹中工務店

委員 浅野 公之 京都大学防災研究所

委員 入江さやか N H K放送文化研究所

委員 小穴 温子 清水建設

委員 王 欣 東京理科大学

委員 大西 直毅 東京大学

委員 大野 卓志 高圧ガス保安協会

委員 塩見 謙介 I H I

委員 肥田 剛典 東京大学

委員 平井 敬 名古屋大学

委員 成田 修英 戸田建設

委員 福谷 陽 関東学院大学

日本地震工学会誌 第39号 Bulletin of JAEE No.39

2020年2月28日発行(年3回発行)

編集・発行 公益社団法人 日本地震工学会

〒108-0014 東京都港区芝5-26-20 建築会館

TEL 03-5730-2831 FAX 03-5730-2830

©Japan Association for Earthquake Engineering 2020

本誌に掲載されたすべての記事内容は、日本地震工学会の許可なく転載・複写することはできません。

Printed in Japan