

# 日本地震工学会誌

Bulletin of JAEE

## No.21

Feb.2014

特集：過去に学び、未来に備える  
第2回「南海トラフ地震を考える(1)」



<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21号 2014年2月)

Bulletin of JAEE (No.21 February.2014)

## INDEX

### 巻頭言：

---

特集「過去に学び、未来に備える」の連載と

第2回「南海トラフ地震を考える(1)」について／久田 嘉章 ..... 1

### 特集：第2回「南海トラフ地震を考える(1)」

---

新しい南海トラフの地震活動の長期評価／吉田 康宏 ..... 2

南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト／金田 義行 ..... 6

超近代文明の下での地震減災社会の実現に／佐伯 光昭 ..... 10

浜岡原子力発電所における津波対策の取組み／石黒 幸文、梅木 芳人 ..... 18

巨大な想定に立ち向かうー高知県における津波防災の現状ー／矢守 克也 ..... 22

南海トラフ巨大地震における自治体の広域連携のあり方ー米国の事例を踏まえてー／牧 紀男 ..... 26

### シリーズ：TOHOKUナウ 復興に向けて(3)

---

東日本大震災からの復興の特徴と課題／小野田泰明 ..... 30

### 学会ニュース：

---

日本地震工学会第10回年次大会(2013)開催報告／古屋 治 ..... 32

日本地震工学会第2回国際シンポジウム報告／清野 純史 ..... 34

表層地盤が強震動に及ぼす影響に関する国際ワークショップ開催報告／山中 浩明、東 貞成 ..... 36

「地震災害に負けない社会を目指して：第10回地震マイクロゾーンネーションと

リスク軽減に関する国際ワークショップ」開催報告／横井 俊明 ..... 38

システム性能を考慮した産業施設諸機能の耐震性評価委員会セミナー報告／中村 孝明 ..... 39

E-ディフェンス 免震建物の衝突加振実験の見学会報告／境 茂樹 ..... 40

日本学術会議主催シンポジウム

「南海トラフ地震に学界はいかに向き合うか」に参加して／当麻 純一 ..... 42

地震災害対応委員会より／田村 敬一 ..... 43

畏友佐伯光昭氏のご逝去を悼んで／川島 一彦 ..... 43

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 ..... 44

### 編集後記

---

## 特集「過去に学び、未来に備える」の連載と 第2回「南海トラフ地震を考える(1)」について

久田 嘉章

●会誌編集委員会 委員長／工学院大学 教授

### 1. はじめに

前号からの特集「過去に学び、未来に備える」では、「首都直下の大地震を考える」に続き、今回から2回に分けて「南海トラフ地震を考える」を連載します。東北地方太平洋沖地震の教訓を踏まえ、地震の評価や被害の想定、効果的な対策に関する様々なハード・ソフトの取り組みを紹介します。

### 2. 南海トラフにおける超巨大地震について

内閣府が公表した最大級の南海トラフ地震による被害想定<sup>1)</sup>は、最悪ケース(冬・深夜・風速8 m/s)で死者約32万人、負傷者約62万人、全壊・焼失棟数合計は約240万棟、経済被害は約220兆円等という衝撃的な内容でした。これを受け、地元自治体や住民・事業者では、被害想定と対策に関する大幅な見直しが行われています。一方、被害想定とその利活用には注意が必要です。皆様には周知だと思いますが、被害想定は無数に考えられる地震シナリオのうち、ほんの一握りの結果が簡便な手法で示されているに過ぎません。想定外を無くすための対策も重要ですが、過大とも言える結果だけで対策を進めてしまうのにも問題があります。例えば、「20mの津波が来るなら家屋の耐震補強などは無駄」、「重症者が数万人も出るならば救いようがない、むしろ軽傷・中等症者を優先すべき」、「広大な地域で震度6強以上となれば消火栓は使えず延焼火災は防げない、初期消火は諦めるべき」、などの声が一部から出ています。「災害対策は、大は小を兼ねない」と言われており、最悪想定だけでなく、歴史地震などを踏まえた可能性の高い現実的な地震への対策も非常に重要であり、並行して考えるべきです。公表された結果を一般社会に解説し、現実的な対策を実現するのも地震工学の大きな役割であり、この連載もその一助になればと考えています。

### 3. 第2回「南海トラフ地震を考える(1)」

今回の特集では、まず南海トラフの地震活動評価モデルとして、地震調査研究推進本部は、従来の東海・東南海・南海地震と領域ごとの固有地震モデルから、広大なM9地震を含む多様性ある地震モデルへと評価を変更しました(吉田氏)。さらに文部科学省では南

海トラフ地震を対象とした広域地震防災研究プロジェクト(金田氏)を実施中であり、それぞれ現状を紹介しています。これらのプロジェクトは現在進行中であり、今後、日本地震工学会の様々な活動と連携が期待されます。次に本学会のスペシャルアドバイザーである故・佐伯氏の減災社会への実現に向けた提言を掲載しています。技術者としての経験を踏まえ、米国の水道の耐震化事業における情報公開と市民とのコンセンサス形成を踏まえた事例紹介など実践的で示唆に富む提案が行われています。残念ながら佐伯氏は本原稿の執筆の後、2013年9月30日にお亡くなりになりました。本号では前会長の川島氏による追悼文も掲載していますので、併せて一読頂きたいと思います。一方、南海トラフの最大級地震を対象とした津波対策の事例として、浜岡原発における多重防護による取り組み(石黒・梅木氏)、高知県の住民を対象とした効果的な津波避難対策(矢守氏)、および、米国の事例を踏まえた自治体の広域連携に向けた現状と課題(牧氏)、を紹介し

### 4. おわりに

南海トラフの巨大地震に関して、「過去に学び、未来に備える」ために、国・自治体、住民・事業者・研究機関等では様々な取り組みが行われています。次号でも引き続き、紹介できなかった取り組みを連載する予定です。今回もし希望される内容や、紹介して頂ける記事などをお持ちでしたら、会誌編集委員または事務局まで一報頂けると幸いです。

### 参考文献

- 1) 内閣府：南海トラフの巨大地震に関する津波高、浸水域、被害想定公表について、2013.3



久田 嘉章

1984年早稲田大学卒業後、同大修士・助手、南カルフォルニア大学助手、工学院大学専任講師・助教授を経て、現職。工学博士、専門は地震工学・地震防災

## 新しい南海トラフの地震活動の長期評価

吉田 康宏

●文部科学省 地震・防災研究課

### 1. はじめに

地震調査研究推進本部(以下、地震本部)では、これまで内陸の活断層で発生する地震や海溝型地震(沈み込む海のプレートと陸のプレートの間で発生する地震)の長期評価を実施してきた。南海トラフの地震活動の長期評価については2001年(平成13年)<sup>1)</sup>に公表している。

しかし三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価<sup>2)</sup>では、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)のような巨大地震を評価できなかった。この原因の1つとして、今までの長期評価が過去に発生したことが明らかな地震をベースにして評価を行ってきたことが挙げられる。そこで地震調査委員会をはじめ地震本部における関係委員会では、過去に発生したことが知られている地震に囚われることなく、あらゆる見地から地震の発生可能性を考慮できるように、海溝型地震の長期評価手法の見直し作業を進めている。しかし、南海トラフでは、ひとたび大地震が起これば九州から関東に至る広範囲で大きな被害が懸念されるため、早急な防災対策が必要である。そこで、南海トラフについて、これまでに得られた新しい調査観測・研究の成果を取り入れ、長期評価を改訂したものを2013年5月24日に「南海トラフの地震活動の長期評価(第二版)」として公表した。本稿では新しく公表された南海トラフの地震活動の長期評価<sup>3)</sup>について、どのような新しい知見や考え方を取り入れていったかについて紹介する。

### 2. 長期評価の方針

前章で述べたように、低頻度で過去に発生したことが明らかでない巨大地震も含めて評価するために、改訂にあたって留意した点は大きく以下の3つである。

①固有地震モデルではなく、発生しうる地震の多様性を考慮した評価を試みる。

従来南海トラフでは、次に南海トラフで起きるM8クラスの地震として、昭和南海タイプの地震(M8.4)、昭和東南海タイプの地震(M8.1)、両者が連動した地震(M8.5)の3つの地震を想定していた。しかし、最近の知見より、南海トラフで発生した過去の地震を比較すると、「ほぼ同じ領域で発生している」と言い切れず、必ずしも固有地震モデルが成り立っているように見えな

い。そこで多様性を考慮した評価を行うことにした。

②不確実性が大きなデータでも防災に有用な情報は科学的知見の限界を述べ、評価に活用する。

津波堆積物など地形・地質学的な地震痕跡は、推定年代に大きな幅がある、まわりの地点の記録との相関が低く面的情報になりにくい、などの問題点があり、長期評価には使いにくいデータである。しかし、低頻度の巨大地震を評価するために、不確実性の大きなデータについても積極的に用いていくことにした。

③データの解釈について議論の分かれるものは各論を併記とする。

前回の南海トラフの長期評価では、昭和の東南海、南海地震が発生してから、次に地震が発生するまでの標準的な間隔として、時間予測モデル(詳しくは後述する)を使用してきた。今回も基本的には同じ考え方で評価を行ったが、時間予測モデルの問題点も色々指摘されていることより、過去地震の発生間隔を単純に平均した値を、次に地震が発生するまでの標準的な間隔として用いた評価についても説明を行っている。

評価文は主文と説明文で構成される。主文は得られた科学的知見を基に、対象とする地震活動をどのように評価したかを述べている。ここで心がけたことは、なるべく平易な表現を用いること、そして議論の分かれる事柄については、論争があることには留意しつつ、なるべく簡潔な評価を目指す、ということである。後者は方針③と矛盾すると思われるかもしれない。しかし、単に複数の考え方を併記した場合、現場は「どれを活用すればいいのか」と混乱することもあり得る。そこで、主文では簡潔な評価を行うが、説明文の中で複数の解釈を丁寧に説明し、評価に至った背景も含めて詳しく述べることにした。説明文には長期評価に関する科学的知見の現状やその限界、不確実性についても詳しく書き込んでいる。

以下、昨年の5月に公表した新しい南海トラフの長期評価の概要を、主文を中心に説明し、最後に長期評価で残されている課題について簡単に触れる。

### 3. 評価対象領域について

前章でも述べたが、東北地方太平洋沖地震の教訓を受けて、今回の長期評価の改訂においては、できるだ



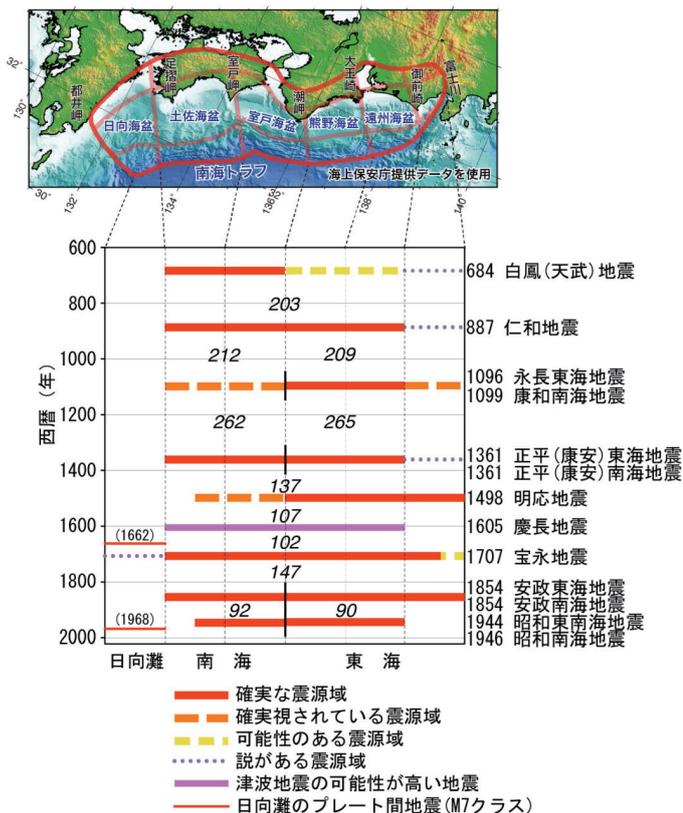


図2 南海トラフで発生した大地震の震源域の時空間分布

#### 4.2 地質学的記録からみた地震の多様性

今回の評価の特徴は、津波堆積物や海底堆積物など地質学的な記録を積極的に用いたことである。これは、前回(平成13年)の長期評価以来、地震履歴に関する調査が進み、多くの知見が得られているということと、不確実性の大きな知見も積極的に用いるという方針による。地層に残された地震の痕跡は、約5,000年前まで遡ることができ、歴史記録に残る684年白鳳地震より前にも、南海トラフで大地震が繰り返し起きていたことが分かった。また、津波堆積物の痕跡が残る1707年宝永地震クラスの大地震は、300~600年間隔で発生していることが明らかとなった。しかし、津波堆積物から推定される地震の発生時期は年代範囲が幅広いため、異なる地点の津波堆積物の対応関係を明らかにし、先史地震の震源域の広がりを正確に把握することは現状では困難である。

このように南海トラフで発生する大地震は、前回の長期評価で仮定されたような「地震はほぼ同じ領域で、周期的に発生する」という固有地震モデルでは理解できず、多種多様なパターンの地震が起きていることが分かってきた。したがって南海トラフで起きる大地震としては、全体がすべる場合、一部だけがすべる場合など、様々なパターンの地震が発生し得ると評価した。

#### 5. 南海トラフで次に発生する地震について

以上見てきたように、南海トラフで発生する地震は多様性に富む。このため次の地震の震源域の広がりを正確に予測することは、現時点の科学的知見では困難である。一方、大域的に見ると、南海トラフで発生する地震は、南海地域、東海地域で同時に発生する地震と、時間をおいて発生する地震がある。後者の場合でも、発生の時間差は数年以内であり、両領域はほぼ同時に活動していると見なせる。つまり南海トラフ全体を一つの領域と考え、大局的には100~200年間隔で繰り返し大地震が発生している(図2)と見なすことができる。

歴史記録で見落としのない1361年正平地震以降の地震に限ってみると、発生間隔は約90~150年となり、これまで最短で約90年で再来していることになる。さらに最近3回の地震では、既往最大と言われる1707年の地震の後、147年置いてそれより規模の小さい地震が1854年に起こり、約90年置いて次の地震が1944/1946年に生じている。したがって、これらの地震の間では、次の大地震が発生するまでの期間が前の地震の規模に比例するという「時間予測モデル(time predictable model)」<sup>8)</sup>が成立している可能性がある。高知県室津港での地震時の隆起量に時間予測モデルを当てはめて次の地震までの発生間隔を求めると、88.2年となる(図3)。1944/1946年の地震から、現時点ですでに約70年経過していることを考えると、次の大地震発生の切迫性が高まっていると言える。一方、時間予測モデルには様々な問題点があることが指摘されていることから、説明文のほうでは発生間隔の単純平均から次の地震までの平均的な発生間隔も掲載してある。時間予測モデルについては今後も検討が必要である。

次に発生確率についてであるが、今回の長期評価では、南海トラフ全域で多様な震源パターンを考慮した

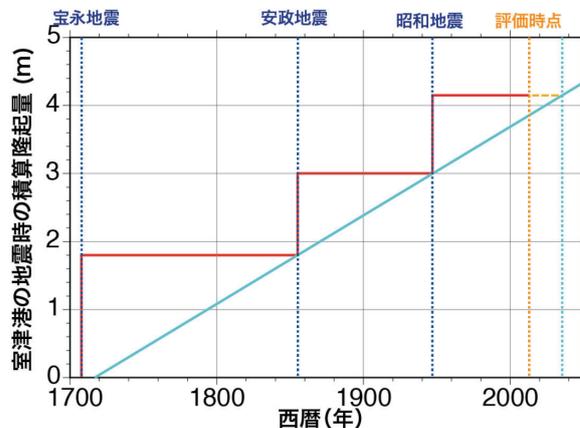


図3 室津港における隆起量と地震発生間隔の関係

ものの、発生確率の評価手法には多様性を説明するモデルが確立されていないため、従来の時間予測モデルを適用し、南海トラフ全域を一体として発生確率を評価した。その結果、今後30年以内の発生確率は60~70%と推定される(2013年1月1日を起点)。

なお、3章で説明した最大クラスの地震については、過去数千年間に発生したことを示す記録はこれまでのところ見つかっていない。そのため、定量的な評価は困難であるが、地震の規模別頻度分布から推定すると、その発生頻度は100~200年の間隔で繰り返し起きている大地震に比べ、一桁以上低いと考えられる。

以上、新しい南海トラフの地震活動の長期評価を概観してきたが、図4として前回の評価と今回の評価の違いを簡単にまとめた図を載せる。

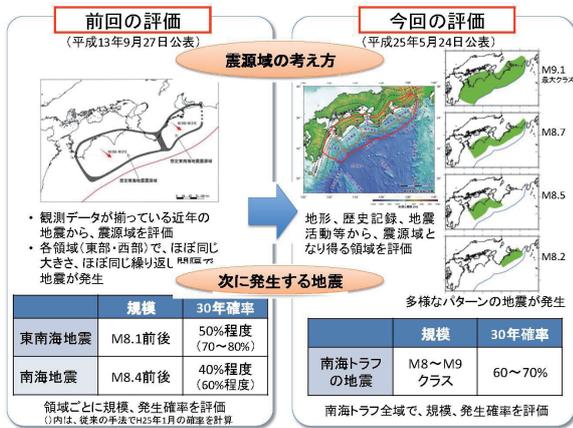


図4 前回と今回の長期評価の相違点

## 6. 今後に向けて

これまで述べてきたように、南海トラフで発生する地震は、最近の調査観測・研究によって、震源域や発生間隔が多様であることが明らかになってきた。このため今回の長期評価では、従来の固有地震モデルに基づいた評価を改訂し、震源域の多様性について考慮した。しかし、次に発生する地震の評価については、多様性を説明するモデルが確立されていないことから、従来の手法を踏襲した。将来的にはこのような多様性を説明する地震の発生モデルを検討し、それに基づいた長期評価を行わなければならない。

また、今回は最大クラスの地震など、今まで発生したことが知られていない地震も評価に取り入れることを試みた。このため、評価の不確実性が大きくなり、こういった情報は防災に役立つ、いや現場に混乱をもたらすだけだと、多くの議論が行われてきている。地震調査委員会の成果品である、地震の長期評価やそれ

を基に作成された地震動予測地図は活用してもらえないと意味がない。今後は評価を受け取る側と、どのような情報が必要であるかについて議論をしていくことが重要であると考え。是非とも地震工学会の皆さまにも興味を持って頂ければ幸いである。

最後に、このような文章を出す機会を与えて頂いた、日本地震工学会誌編集委員の方々には感謝致します。

## 参考文献

- 1)地震調査委員会:南海トラフの地震の長期評価について,2001.  
[http://www.jishin.go.jp/main/chousa/01sep\\_nankai/](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/01sep_nankai/)
- 2)地震調査委員会:三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価の一部改訂について,2009.  
[http://www.jishin.go.jp/main/chousa/09mar\\_sanriku/](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/09mar_sanriku/)
- 3)地震調査研究推進本部:南海トラフの地震活動の長期評価について(第二版),2013.  
[http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13may\\_nankai/](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13may_nankai/)
- 4)地震調査委員会:富士川河口断層帯の長期評価の一部改訂について,2010.
- 5)仲西理子・小平秀一・藤江剛・尾島浩一郎・高橋努・山本揚二郎・佐藤壮・藤森英俊・柏瀬憲彦・金田義行:南海トラフ西端部日向灘に沈み込むフィリピン海プレートの形状,日本地球惑星科学連合2011年大会予稿集,2011.
- 6) Sakaguchi, A., F. Chester, D. Curewitz, O. Fabbri, D. Goldsby, G. Kimura, C-F. Li, Y. Masaki, E. Sreaton, A. Tsutsumi, K. Ujiie and A. Yamaguchi: Seismic slip propagation to the up-dip end of plate boundary subduction interface faults: Vitrinite reflectance geothermometry on Integrated Ocean Drilling Program NanTroSEIZE cores, *Geology*, 39, 395-399, doi:10.1130/G31642.1, 2011.
- 7)石橋克彦:フィリピン海スラブ沈み込みの境界条件としての東海・南海巨大地震—史料地震学による概要—, 京都大学防災研究所研究集会13K-7報告書,1-9,2002.
- 8) Shimazaki, K. and T. Nakata: Time-predictable recurrence model for large earthquakes, *Geophys. Res. Lett.*, 7, 279-282, 1980.



## 吉田 康宏

文部科学省、地震・防災研究課、地震調査管理官  
1993年東京大学大学院理学系研究科博士課程修了  
同年気象庁入庁、気象研究所を経て、2012年から現職

# 南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト

金田 義行

●海洋研究開発機構 地震津波・防災研究プロジェクト

## 1. はじめに

再来が危惧されている南海トラフ巨大地震や首都直下地震は、日本の最大級の地震防災減災課題である。南海トラフ巨大地震研究に関しては、既に文部科学省委託研究として「東海・東南海・南海地震連動性評価研究プロジェクト」が2008年度から2012年度に実施され、①津波履歴の新たな知見、②南海トラフ巨大地震震源域の日向灘沖まで延伸の可能性<sup>(1),(2)</sup>、③地下構造・地殻活動の詳細な把握<sup>(3),(4)</sup>、④再来シミュレーションの高度化<sup>(5)-(10)</sup>、⑤防災課題の抽出<sup>(11)-(13)</sup>ならびに地域研究会を通じた研究成果の情報発信の推進などの多くの成果が得られている。

2012年3月31日の内閣府の南海トラフ巨大地震の被害想定では、この研究プロジェクトの成果や2011年の東北地方太平洋沖地震を踏まえた科学的知見に基づいて、最大級の想定を行った。その結果、多くの地域では、従前の被害を大きく上回る被害想定となった。そのため、今回の最大級の巨大地震大津波に対する被害想定に対しては、ハード対策だけでなくソフト対策を主体とした減災対策が必要となった。また、これまで調査観測研究やシミュレーション研究が必ずしも十分なされていない南西諸島の震源域までも視野に入れた広域な地震津波研究も不可欠である。

一方、今回の最大級の想定は必ずしも次の南海トラフ

巨大地震を想定したものではなく、我々が早急にすべきことは、いわゆるこれまで南海トラフで繰り返し発生している頻度の高い地震津波に対する研究と防災減災対策である。

このことから、2012年度で終了した「東海・東南海・南海地震連動性評価研究プロジェクト」の後継として、同プロジェクトで実施されてきた防災課題や地域研究会での検討内容、すなわち地域の特性に応じた課題に対し、研究成果の活用や今後の減災対策への貢献を推進する研究プロジェクト「南海トラフ広域地震防災プロジェクト」が2013年より2020年度までの8ヶ年の研究プロジェクトとして開始された。

本研究プロジェクトでは、南海トラフの連動性研究プロジェクトで実施していた防災課題を拡充するとともに、2011年の東北地方太平洋沖地震の発生メカニズムの解析結果で明らかになった防災減災課題、調査観測課題ならびに解析・予測研究開発をさらに推進することで、頻度の高い地震津波への対策の高度化を図る。

また、巨大な震源域、波源域を伴った東北地方太平洋沖地震の教訓を踏まえ、南海トラフに隣接する南西諸島における震源域や首都直下地震で想定される海域に至る震源域の調査観測研究や解析・予測研究も併せて実施する。



図1 南海トラフ広域地震防災研究プロジェクトの概要

## 2. 本プロジェクトの研究課題（総括責任者 金田義行）

本プロジェクトは防災課題を推進するサブテーマ1と、調査観測課題およびシミュレーション課題からなるサブテーマ2から構成されている。（図1）

本プロジェクトでは、前半4年ではサブテーマ内における課題間の連携を優先し、後半4年ではサブテーマ間の連携を図る。

以下にサブテーマの概要を示す。

### 2-1:サブテーマ1:地域連携減災研究分野（総括責任者:名古屋大学 福和伸夫）

サブテーマ1には以下の5課題がある（図2）。

- ①東日本大震災教訓活用研究（課題代表機関 東北大学）
- ②地震・津波被害予測研究（課題代表機関 名古屋大学）
- ③防災・減災対策研究（課題代表機関 海洋研究開発機構）
- ④災害対応・復旧復興研究（課題代表機関 京都大学）
- ⑤防災・災害情報発信研究（課題代表機関 防災科学技術研究所）

それぞれのサブテーマ1の課題の概要を下記に示す。

- ①東日本大震災教訓活用研究：東日本の被害の分析と「生きる力」の具体的な提案を目的とした課題
- ②地震・津波被害予測研究：南海トラフ巨大地震では広域複合災害が想定されているため広域、地域のそれぞれ視点での高精度な地震津波被害の想定を行う。
- ③防災・減災対策研究：東海、四国、関西、九州の地域研究会や府省連携会議を通じての研究成果の共

有や地域の課題対応に向けた議論と提案を行う。

- ④災害対応・復旧復興研究：数年から数十年規模での社会環境の変化に応じた災害対応や復旧復興対策を提案する。
- ⑤防災・災害情報発信研究：発災前、発災時ならびに発災後の段階の防災・災害情報を発信する相互分散型データベース構築とその利活用を行う。

### 2-2:サブテーマ2 巨大地震発生域調査観測研究分野（図3）

（調査観測分野およびシミュレーション分野）

#### 2-2-1 調査観測分野（総括責任者:金田義行）（図3）

- ①プレート・断層構造研究（課題代表機関 海洋研究開発機構）
- ②海陸津波履歴研究（課題代表機関 産業技術総合研究所）
- ③広帯域地震観測研究（課題代表機関 東京大学地震研究所）

以下に課題の概要を示す。

- ①プレート・断層構造研究：南海トラフ沖合の津波評価のための詳細地下構造の把握ならびに南西諸島海域の地下構造調査を行う。また海陸統合構造調査も計画している。
- ②海陸津波履歴研究：平野部における津波履歴調査を実施し、過去の地震津波発生評価を行う。また海域における詳細構造や採取された試料分析のよる海域の津波履歴も行う。
- ③広帯域地震観測研究：南海トラフならびに南西諸島域において、海陸の広帯域地震観測による震源域の地殻活動評価を行う。

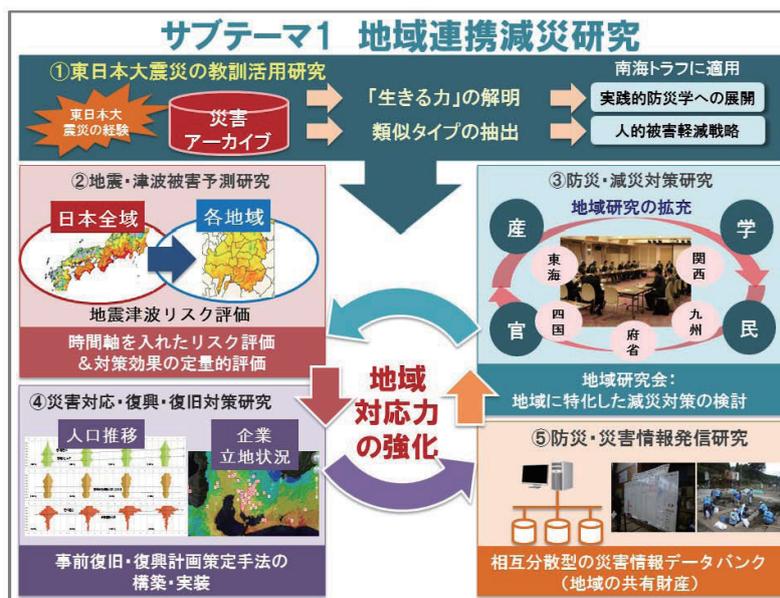


図2 サブテーマ1の概要と課題 地域連携減災研究

2-2-2 シミュレーション分野 (総括責任者：東京大学情学環 古村孝志) (図4)

- ①データ活用予測研究 (課題代表機関 京都大学)
- ②震源モデル構築・シナリオ研究 (課題代表機関 東京大学情学環)

以下に課題の概要を示す。

- ①データ活用予測研究：データ同化に用いるための

観測データのコンパイル、データ同化手法の開発ならびにデータ同化試行実験を行う。

- ②震源モデル構築・シナリオ研究：

日本列島規模の地震発生モデルや震源モデルの構築し、それに基づく地震津波シナリオを作成する。また、シナリオを活用した地震津波ハザードの高精度化を目指す。

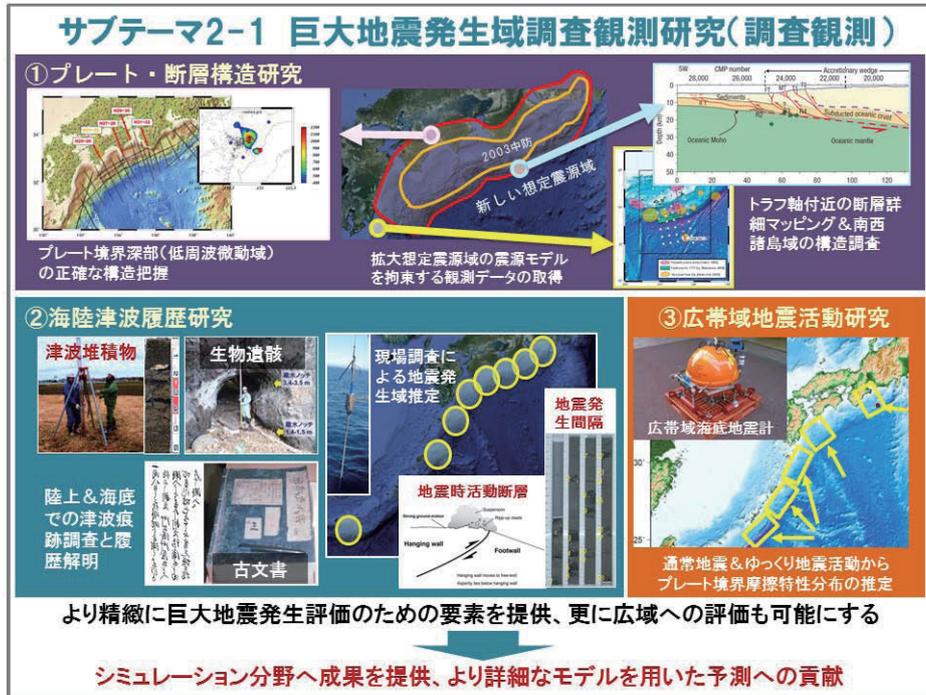


図3 サブテーマ2の調査観測分野の概要と課題、巨大地震発生域調査観測研究(調査観測)

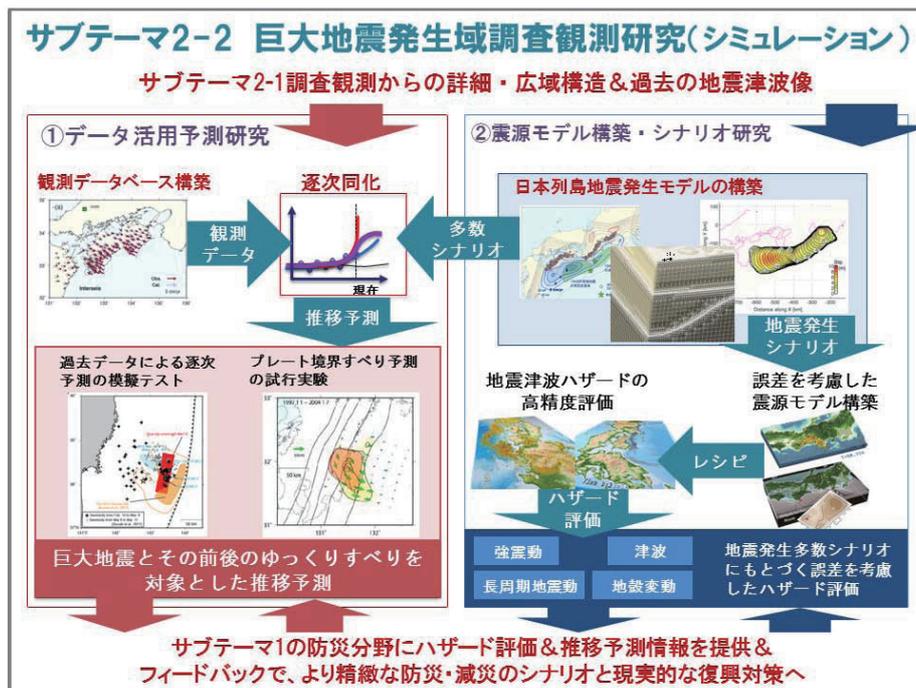


図4 サブテーマ2のシミュレーション分野の概要と課題、巨大地震発生域調査観測研究(シミュレーション)

### 3. まとめ

南海トラフ広域地震防災研究プロジェクトでは、南海トラフ巨大地震の切迫度の高さからこれまでの南海トラフ巨大地震研究プロジェクトの考え方を換え、防災減災課題の推進を最優先として、調査観測研究やシミュレーション研究をどのように実施しその成果を活用していくかの視点で進めて行く。

南海トラフ巨大地震震源域は国内外で関心の高い海溝型地震発生帯であり、本プロジェクトの他、シミュレーション研究や掘削科学研究等の多くの研究がなされている。したがって、これらの研究プロジェクトとも連携した研究を推進し、南海トラフ巨大地震研究防災減災対策への貢献が必要不可欠である。

最終的には本研究プロジェクトの研究成果を社会実装することを目標に科学的、社会的に有意義、有益な研究成果を目指していく。

### 参考文献

- 1) Furumura, T., K. Imai, and T. Maeda, A revised tsunami source model for the 1707 Hiei earthquake and simulation of tsunami inundation of Ryujin Lake, Kyushu, Japan. , J. Geophys. Res., v116, B02308, doi:10.1029/2010JB007918, 2011.
- 2) 金田義行, 東海・東南海・南海地震連動の連動性評価研究, Structure, 123, 2013.
- 3) Takahashi, T., K. Obana, Y. Yamamoto, A. Nakanishi, S. Kodaira, and Y. Kaneda, The 3-D distribution of random velocity inhomogeneities in southwestern Japan and the western part of the Nankai subduction zone, J. Geophys. Res. Solid Earth, 118, doi:10.1002/jgrb.50200, 2013.
- 4) Yamamoto Y, K. Obana, T. Takahashi, A. Nakanishi, S. Kodaira, and Y. Kaneda, Imaging of the subducted Kyushu-Palau Ridge in the Hyuga-nada region, western Nankai Trough subduction zone, Tectonophysics, 589, 90-102, doi:10.1016/j.tecto.2012.1.028, 2013.
- 5) Hyodo, M. and T. Hori (2013), Re-examination of possible great interplate earthquake scenarios in the Nankai Trough, southwest Japan, based on recent findings and numerical simulations, Tectonophysics, 600, 175-186, 2013.
- 6) Nakata, R., M. Hyodo, and T. Hori, Numerical simulation of afterslips and slow slip events that occurred in the same area in Hyuga-nada of southwest Japan, Geophys. J. Int., 190, 1213-1220,

doi:10.1111/j.1365-246X.2012.05552.x., 2012.

- 7) Hori, T. and S. Miyazaki, A possible mechanism of M 9 earthquake generation cycles in the area of repeating M 7-8 earthquakes surrounded by aseismic sliding, Earth Planets Space, 63, 773-777, 2011.
- 8) Hori, T. and S. Miyazaki, Hierarchical asperity model for multiscale characteristic earthquakes: a numerical study for the off-Kamaishi earthquake sequence in the NE Japan subduction zone, Geophys. Res. Lett, 37, L1, 2010.
- 9) 金田義行, 防災・減災に資する地震津波シミュレーション研究, 日本計算工学学会誌, 18, 2013.
- 10) 金田 義行, 先進的な地震津波シミュレーションー南海トラフ巨大地震・大津波被害軽減に向けてー, 電気評論2013年夏季増刊号, 2013.
- 11) 大堀道広・チタクセキチン・中村武史・坂上実・武村俊介・古村孝志・竹本帝人・岩井一央・久保篤規・川谷和夫・田嶋佐和・高橋成実・金田義行, 高知市街地の浅層地盤モデルの構築, 日本地震工学会論文集, 13, 52-70, 2013.
- 12) チタクセキチン・大堀道広・中村武史・坂上実・武村俊介・古村孝志・竹本帝人・岩井一央・久保篤規・川谷和夫・田嶋佐和・高橋成実・金田義行, 浦戸大橋における微動観測と地震応答, 日本地震工学会論文集, 投稿中, 2013.
- 13) 澤田雅浩, 馬場俊孝, 東海・東南海・南海地震 高知市における湛水被害からの復旧・復興対策の検討, 建築雑誌5月号, 22-23, 2010.



### 金田 義行

1979年 東京大学理学系研究科大学院 地球物理学専攻修士課程修了

1995年 東京大学 理学博士 取得

1997年 海洋科学技術センター(現: 独立行政法人海洋研究開発機構) 入所

2009年～ 地震津波・防災研究プロジェクト プロジェクトリーダー

内閣府: 南海トラフの巨大地震モデル委員会委員

内閣官房総合海洋政策本部: 大陸棚審査助言会議審査委員

文部科学省: 地震調査研究推進本部 地震調査委員会並びに政策委員会委員 その他

著書「先端巨大科学で探る地球」「サイエンスカフェによるこそ」

# 超近代文明の下での地震減災社会の実現に

佐伯 光昭

●(株) エイト日本技術開発 特別顧問

## 1. はじめに

東日本大震災発生から2年半が経過した。Mw9.0の巨大地震、広域巨大津波、そして運転中の東京電力(株)福島第一原子力発電所(以下、F1と略記)の原子力災害の三つが複合した世界史上初めての極めて深刻な大災害を生じさせた。

被災地の復興は震災後2年を経て、地域による進み方に程度の差はあるものの、ようやく軌道に乗りつつある。しかしながら、わが国民ばかりでなく、世界中の当該分野の研究者や技術者など専門家に対して、1)この巨大地震や広域巨大津波の発生と規模の予測の可否、2)F1で生じた被災の実態と原因に対する調査・解析の内容については、必ずしも十分な開示、説明の水準には至っていないように思われる。とくに、最近のF1のサイト周辺での地下水や海水への放射線による汚染水の流出は重視しなければならない。津波が襲来する前に生じた本震やその後の最大余震の際の揺れで基礎や根入れ部を含む原子炉建屋等主要構造物や、立坑を含む取・排水用の地中構造物がどのような揺れ方をして、どこにどのような構造被害を生じさせ、さらに機能被害を及ぼし、地下水や海水が放射線で汚染されるに至ったのか、その因果関係についての開示、説明は十分ではないように感じられる。

本文は、2013年7月8日に国の「原子力規制委員会」から公表された新たな原子炉に関する規制基準の内容が、わが国民ばかりでなく海外諸国に対しても、納得、安心のできるものになっているかという点に着目して、21世紀の超文明化する現況の中で、これから発生が懸念されている南海トラフ沿いの極低頻度の巨大地震、首都圏や大阪、名古屋都市圏を襲う直下大地震などに備えて、改めて減災社会実現への課題と対処の新たな枠組みを具体的に整理、論究しようとするものである。

## 2. F1はMw9.0の本震の際にどのように揺れ、何が生じたのか？

F1の被災により福島県内で放射線汚染地域が広域に生じて、5万4千名に近い県民に避難指示が出された。地震や津波の発生事象、地震の揺れで何が起こったのかについて把握するためには、一連の社会インフラ施

設、民間建物、液化化や地盤災害、原発はもちろんエネルギー関連コンビナート諸施設等を対象にして、わが国の理学、工学、人文科学、社会科学、心理・行動科学等の各界各層の研究者や技術者による分析、総合という協働作業が不可欠となる。これらの取組みについては、震災直後から、公益社団法人土木学会や同日本地震工学会、同地盤工学会、同日本都市計画学会、一般社団法人日本建築学会などのそれぞれの組織が共働して精力的に調査、研究に着手し、復旧、復興実務に有効かつ重要な成果が公表されてきた。それらの多くが国土交通省はじめ被災地域の地方公共団体の関連施策や事業に反映されているのは評価に値する。

その一方で、F1に対しては、政府、内閣、民間と3つの「事故」調査委員会による最終報告書が刊行されてはいるものの、これらの内容については、地震学や地震工学の観点から必ずしも十分な取組がなされていないとの批判<sup>1)</sup>がある。筆者の疑問はこの三つのいずれのレポートにも、「事故」という用語が報告書のタイトルに用いられていること、これに尽きる。とくに地震の揺れに対しては、“被災”、“被害”、“災害”という用語を使用している頻度が低いように思われる。

本来、「事故」とは、偶然に(by chance, accidentally)生じた事象、人の特定の行為(業務上過失や火災原因等であれば重過失)もしくは機器の故障や不具合、誤作動によって引き起こされた不特定の人びとや企業、個人事業者に何らかの身体的、物的、金銭的損害を与える事態を指す言葉である。それらが不特定の人びとの傷害や死亡につながれば、業務上の責任者は刑事罰としての起訴の対象になりうる。また、発生事象が“予見可能”であって、管理・監督者や事業者がそれを放置していた場合に第三者の人的被害や物的損害が生じた可能性があれば、それらの責任者に対して刑事訴訟や行政機関、民間企業等に対する損害賠償を被害者が訴えることもできる。果たして、F1に2011年3月11日午後2時46分以降に生じた事象や現象は「事故」なのだろうか。

震災直後のマスメディアによれば、外部の交流電源からの電力を供給する送電鉄塔が地震による被害を受けて送電機能が完全に断たれ、津波によって原子炉建屋の海側に隣接するタービン建屋の地下に置かれた非

常用ディーゼル発電機が水没したため、機能停止となってF1 すべての交流電源を失い、原発全体の機能が停止し、炉心融熔や原子炉建屋の水素爆発をもたらすに至ったと報道された。その中で、地震の揺れによる被害の発生という表現については、筆者の記憶によれば、一切、耳目に入っていない。

同年4月3日にはF1の2号機の手側護岸と一体となった取水口近くの作業用立坑（タービン建屋や海水配管用トンネルと地下で繋がっている鉄筋コンクリート造の地中構造物）の側壁に亀裂～損傷が生じ、原子炉から漏れ出した水と考えられる極めて高い放射線量の汚染水の一部が海に流出したのではないかと報道があった。従来の地震災害報道では、このような事態の発生は地震の揺れによる“被害”と表現されてきたにもかかわらず、F1の事象に対しては“被害”という表現が用いられてこなかった。東京電力（株）のプレス発表では、原子力発電所事業者としての被害は施設用地に隣接する民地における公衆への放射線漏洩による影響の程度を以て「安全」か否かを判断していると考えられる。しかしながら、国民や原子力発電所周辺の地域住民の立場からみれば、原子力発電事業の今後の展開や再稼働を慮るあまり“地震被害”という責任問題に発展しかねない直接的な表現を避け、“津波による非

常用ディーゼル発電機の浸水被害”という表現に留め、あくまでも地震の揺れに対しては安全だったということ原子力発電事業者として強調したかったのではないかとと思われる。

一方、F1で発電のオペレーターに従事する職員が、突如、襲ってきた巨大地震の揺れを震源域の直近で感知した際に、果たしてマニュアルに規定された内容通りにスムーズに行われたかどうか、また、本震発生後に“想定外”の規模の津波が襲来して、通常の交流電源のすべての機能が喪失されるという異常な事態が突然に起きた際、たとえ訓練を重ねていたとしても、職員が本当に冷静な対応ができたかという要因～アスペクトを考えると、“事故”という側面もあながち否定はできない。いずれにしても、職員の発災直後の挙動については、F1が原発特有の事故なのか、巨大地震と津波に伴う被害～被災とその後の複合的な災害なのかの合理的な仕分けの実施可能性の評価も含めて、今回のF1で生じた事象が“予見可能”であったか否かを判断する際の大きな分かれ道となると考えられる。筆者は大規模な形状寸法の効果（Size Effects）や原子力発電所施設を巡る現地の広域状況（Site Effects）を適切に考慮する地震の揺れに対する合理的な評価と安全性能の具体的な照査基準の実務的展開に加えて、このような異

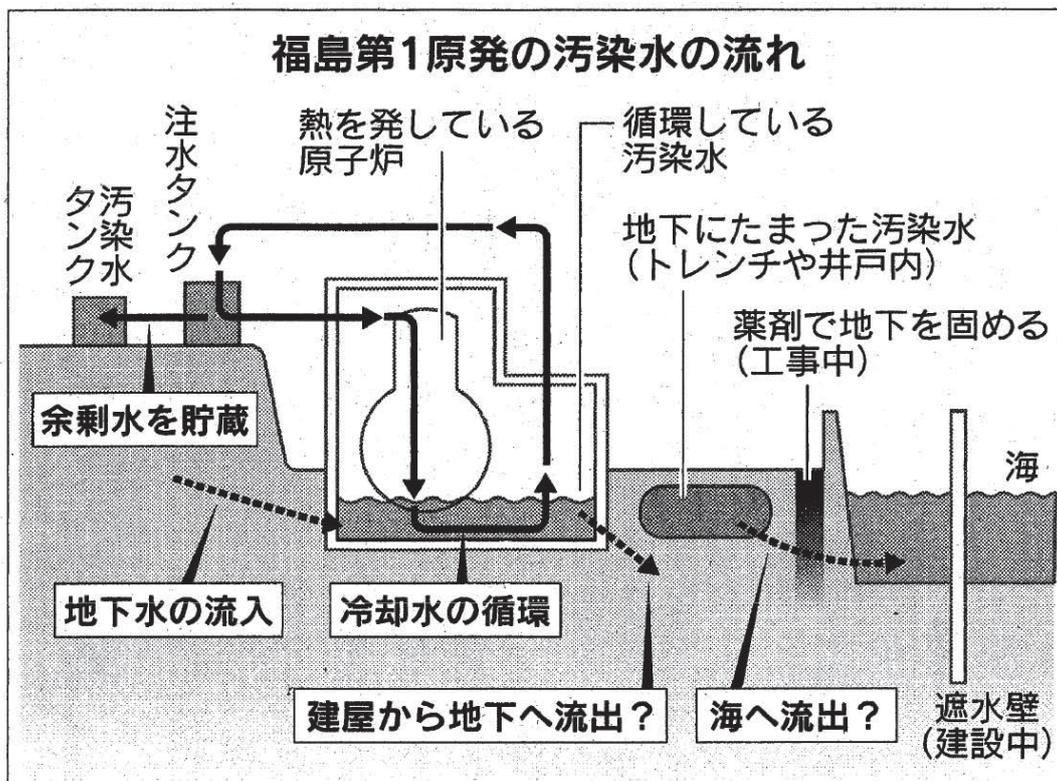


図1 F1の放射線汚染水の地下及び海への拡散状況の推定概念図<sup>2)</sup>

常時における職員に求められる人間の行動科学の観点からの地道な調査や分析が、広く国民に情報開示を果たすという目的のためには、発災直後からなされるべきであったと考える。

このようなことに思いめぐらせて来ていた中で、改めて地震工学の専門技術者の立場から見て、F1の原子炉建屋やタービン建屋等の地下根入れ部分を含む構造本体には地震の揺れによって何らかの損傷～被害が生じた可能性が高いのではと、改めて危惧するに至った。そのきっかけは2013年7月23～24日の主要新聞の報道であった。図1は24日の日本経済新聞朝刊2面の記事に掲載された図である<sup>2)</sup>。F1周辺に設置された井戸の観測結果から、放射線汚染水が周辺地区の地盤内に大量に流出し、深刻な地下水や海水の汚染を招いているため、地域住民や漁民の怒りを招き、東京電力(株)としても抜本的、恒久的な止水対策に喫緊に取り組む予定であるという報道である。筆者はこの記事を読んで、F1の1～4号機の炉心融熔への冷却のために原子炉建屋内へ投入した大量の海水が、建屋構造本体地下根入れ部の壁の内部と外側を貫く連続的な亀裂の存在によって、建屋周辺の原地盤へ広範囲に流出した可能性が高いと考えている。表1<sup>3)</sup>に示す平成18年制定の原子力発電所施設の耐震設計審査指針として

採用された安全基準を満たさず、本震やそれに引続くM7超級の激しい余震の揺れにより、構造被害が生じたものと推定することが地震工学的に見て順当な判断だと思う。

上記の2011年4月3日付けの新聞報道によれば、2号機の取水口近くの立坑側壁コンクリート壁の亀裂損傷が肉眼で確認されたことから見ても、F1の原子炉建屋やタービン建屋等の重要施設が設計で想定した応答(強さ、激しさ、周期特性や継続時間など)を超える応答により構造体を形成する壁の内外を貫通する亀裂損傷を生じさせたとみるのが自然である。なお、上記の2号機の取水口近くの立坑は土木構造物として分類され、現行の原子力発電所施設の耐震設計審査指針では、放射線漏洩の影響が低いいため、耐震性能上、重要度分類の対象から除外されている。結果として上記の地震の揺れによる当該構造物の損傷については、耐震性能の審査の対象外となるという原子力発電所施設の耐震設計審査指針自体が重大な問題を抱えていることに注目しなければならない。

上記のようにF1サイト内で放射線に汚染された地下水の存在が発災後20日余りで確認されていたにもかかわらず、監督官庁や事業者、政府や国会の調査委員会が当初から“事故”と標榜し、組織的対応の欠陥もしく

表1 原子力発電所施設の耐震設計審査指針(平成18年制定指針)<sup>3)</sup>

重要度分類		Sクラス		Bクラス	Cクラス	
設備の例	沸騰水型原子炉(BWR)	原子炉格納容器 制御棒 残留熱除去系 非常用発電機 原子炉圧力容器	非常用炉心冷却系 (旧指針から耐震クラスを 上位クラスに統合)	廃棄物処理設備 タービン設備	発電機	
	加圧水型原子炉(PWR)	原子炉格納容器 制御棒 余熱除去系 非常用発電機 原子炉容器	安全注入系 (旧指針から耐震クラスを 上位クラスに統合)	廃棄物処理設備	タービン設備 発電機	
建物・構築物	地震力	水平	Ss	Max (Sd,3.0Ci)	1.5Ci	1.0Ci
				鉛直	Max (Sd,Cv)	—
	荷重の組合せ	常時荷重+運転時荷重+Ss	常時荷重+運転時荷重+地震力(水平・鉛直)	常時荷重+運転時荷重+静的地震力		
	許容限界	終局耐力に対して妥当な安全余裕を有すること	建築基準法等に基づく短期許容応力度	建築基準法等に基づく短期許容応力度		
<b>記号の説明</b> Ss: 基準地震動Ssに基づく地震力 Sd: 弾性設計用地震動Sdに基づく地震力 3.0Ci、1.5Ci、1.0Ci、3.6Ci、1.8Ci、1.2Ci: 建築基準法で定められた基準値(Ci)に係数を乗じて定めた静的地震力(水平方向) Cv、1.2Cv: 鉛直震度(Cv)に係数を乗じて定めた静的地震力(鉛直方向)						

は人為的な原因により悲惨な事態が生じたとしてその責任を追及するあまり、地震による構造被害の要因を軽んじて調査や情報開示が行われたとすれば、不適切な対応であったという批判は免れえない。

### 3. 発災後、如何なる対処が必要で、現状では何が問題で、これからの社会安全に何が求められるのか？

仮に、F1に対する詳細な地震被害調査が発災後に現地の放射線の拡散状況や原子炉建屋の水素爆発のために事実上不可能だったとしても、原子力関係者に限定せず、このような大規模かつ特殊な構造物に造詣の深く、現地の地形や地質、地盤や地震の揺れ方などの効果 (Site Effects)、そして構造物の形状や大きさなどの寸法効果 (Size Effects) を適切に評価、判断しうる地震工学、土木、建築及び地盤工学分野の最先端の研究者や優れた技術者を結集し、周知を集めた調査、分析・解析を実施すべきであった。

そして、F1の各種施設が地震の激しい揺れに対して、サイトの地盤とF1施設の地表部分そして地盤に根入れされた基礎部分と周囲の地盤がどのように揺れて、その影響が建物や構造物に及んで構造被害と機能障害をもたらしたかを工学的判断も交えて適切に推定すべきであった。

その結果、当然の帰結として、F1の設計で採用された当時の耐震基準やその後の原子力発電所施設関連基準の内容を、国際的に地震工学の先進国として高い評価を受けているわが国の建築や社会インフラの耐震安全要求水準や評価基準の手法等と比較し、それらの妥当性を証明すべきであった。

しかしながら、当時の民主党内閣は従来の原子力行政を管掌する省庁の改編を行い、新たに3条委員会として、国に「原子力規制委員会」を、その事務局として環境省所管外局の「原子力規制庁」を設けて、従来の電力事業を監督する経済産業省資源エネルギー庁とは独立させた規制側の組織を設け、新たな権限と責任を付することとした。国はF1以外の原子力発電所を再稼働させるとの基本方針の下に、新しい安全基準の策定を「原子力規制委員会」に付託し、その成果が2013年7月8日に新たに「原子力規制基準」が施行された。

この中では、燃えにくい電源ケーブルの採用や延焼防火壁の設置などの火災対策、飛行機の墜落事故やテロ対策、そして過酷事故に対する最悪の事態の発生を封じ込めるため、2か所以上の外部から電源を引き込む対策や自家発電が可能で放射線を通さない免震構造を有する緊急時対策所を設けること、さらには原子炉に放射性物質を取り除きながら排気する施設を備える

ことなどの諸対策など、従来の安全審査に含まれていない内容が新たに規定された。しかし、耐震性評価基準に関する内容については、地震工学や耐震設計など工学や技術面での従来の規定類に対する評価はなされず、地質学的、理学的見地からの活断層の調査や評価と東日本大震災における広域巨大津波の来襲状況を踏まえた想定基準の改定と事前対策としての防潮堤の補強などが新たに規定されたのみであった。

新たに定められた規制基準の内容に対して、筆者は次のように考えている。まず、外的作用としての地震に関しては活断層評価といった理学面での最新の考え方や今回のMw9.0の広域巨大地震による津波の発生で新たに得られた知見が導入されたことは評価されてよい。しかしながら、表1<sup>4)</sup>に示すようにその地震動の作用を受ける側のサイト上での原子力発電所施設・構造物の応答や抵抗の評価方法と確保すべき要求水準の内容などについては、世界やわが国の上記の他の社会インフラの現行の耐震基準とを比べると不十分と判断せざるを得ない。すなわち、施設の耐震重要度3クラス (S、B、C) に着目した整理方法では、論拠法の相違もあって構造物の機能に応じた設置場所の条件の違いによる地震作用の相違とか、後述する阪神・淡路大震災以降の国の基本的な考え方は全くといって反映されていない。また、F1で生じた上記の被害実態や工学的判断による構造被害の推定状況も合理的に説明することはできない。

筆者は地震工学における設計や耐震性能評価の実務の専門技術者として、原子力発電所の設計段階ばかりでなく、施工中や完成後の廃炉までの期間、すなわち“ライフタイム”において安全な供用に関する維持管理を実現して行くためには、原子炉本体および原子炉建屋だけでなく付帯施設に関しても、構造物が地震の揺れを受けてどのようにそれに反応して揺れるかという“応答”挙動と、それに対して当該構造物がどのように抵抗して行くかというプロセスを正しく評価し、原子力発電施設全体を一つのシステムとしてとらえ、所要の構造安全性の要求水準を合理的に定めなければならないと考える。

これには、地震工学や土木・建築分野の構造工学、地盤工学の進展の成果を適宜、適切に評価して規制基準に反映して行く必要がある。かかる観点からすると上記のような現行の「原子力規制委員会」の委員構成では、それに応えられる体制になっていない。つまり、地震関連と言えれば活断層や地震学を専門とする極めて限られた理学分野の研究者のみを委員として委員長代行という要職におき、土木や建築、地盤工学など耐震

工学分野での世界でも最先端の研究者と優れた技術的判断能力を有する工学実務にたけた専門技術者が委員として参画してないという片肺飛行の状態であることに強い危惧の念を抱かざるを得ない。地震学という理学の立場から、F1の“事故”たる所以が工学者の怠慢であり、責任があるかのような対応措置と考えれば首肯しうることなのかもしれない。このような「原子力規制委員会」のアンバランスな委員構成が今後の再稼働の合理的な審査の実施可能性に大きく影響を及ぼすものと考えられ、委員会メンバーに地震工学などの関連工学分野の専門家を新たに追加するなどの再編と規制基準の耐震関連規定のフィロソフィに関する合理的な追加的見直しを早急に政府に求めたい。

後者については、筆者は1995年1月17日に発災した阪神・淡路大震災の際にわが国、有史以来最も激甚だった兵庫県南部地震の揺れを受けて、当時の耐震規定を満たさない、いわゆる“既存不適格”の木造建物、ビルなどの建築物や、道路橋や鉄道橋や高架構造を主な対象に極めて深刻な被害を与えたことを重大な教訓に、国の中央防災会議が改訂した「防災基本計画」<sup>4)</sup>の内容を基本にすることを提案する。すなわち、その中で新たに規定され二段階の地震動の強さとそれらに応じた耐震安全性確保の理念を原子力発電事業にも適用し、わが国の社会インフラ全体に共通した安全規範とすべきである。具体的な構造物の種類毎の耐震性能照査の方法については、阪神・淡路大震災の後で土木学会から公表された土木構造物の耐震基準等基本問題検討会議での第1次～第3次にわたる提言<sup>5)</sup>が活用できると筆者は考える。

高速道路を含む道路や新幹線を含む鉄道の橋・高架、河川・海岸や港湾施設、上・下水道、都市ガスなどのライフライン諸施設等の重要な社会インフラでは、上記の阪神・淡路大震災以降の国の「防災基本計画」や土木学会の提言内容に基づいた耐震安全基準等の改定がそれぞれの管理者や事業者の責任において、順次進められてきた。加えて、土木学会の第二次提言の内容に基づいて供用中の施設や構造物に対して、管理者や事業者による進捗の違いはあるにせよ、原則として新設と同じ思想と基準で耐震診断とそれらの結果に基づく補強が事業化され、結果として老朽化した構造物の長寿命化にも戦略的、複合的な効果を発揮しつつある。

ところが、現在わが国で供用中の電力施設に対して、この阪神・淡路大震災以降の国や土木学会での社会インフラに対する耐震診断や補強事業をどのように実践しているのかを、監督省庁や電力事業者が国民や利用者に開示しているか、定かではない。もしもそう

でないなら、それらの内容について速やかにわかりやすい説明を公表すべきである。これらについては確かに利用者に対して必要となるコストの調達方式とか、投資家や株主に対して企業決算上の処理方式をどのように行うかなどという難しい問題があるにせよ、戦略的な対処が求められる。とくに、自衛隊の基地や原子力発電所、警察、海上保安庁や国土交通省などの国の安全に係わる危機管理上の重要機関に電力を供給する路線に対しては、具体的な耐震性能水準の向上対策等について、事業者として積極的に施策の提案を図り、社会的合意を求める努力が必要である。筆者は今回のF1での被災を考えると、もしも監督省庁と電力事業者が阪神・淡路大震災以降の他の社会インフラの管理者や事業者の対応状況を敏感に察知し、このような観点から国の危機管理計画上重要な路線に対する外部からの通常電源確保のための耐震補強対策などの取組みが東日本大震災以前に戦略的に展開されていれば、原発災害の軽減に有効だったと考えている。なお、建築物については1986年に導入された「新耐震設計法」に基づく同様な規範の有効性が、阪神・淡路大震災での被災事例に対し、震後の日本建築学会を中心とした精力的な現地調査によって統計的に確かめられていることを付記しておく。

#### 4. 今、社会安全哲学の確立に求められるもの

筆者は東北地方太平洋沖地震といったMw9.0の極低頻度の巨大地震によって引き起こされた東日本大震災の状況に鑑み、社会安全に関する基本的な概念を再構築する議論を深め、改めて国民的な共通基盤にすべきと考えている。すなわち、科学、工学及び技術の3分野の存在意義と相互関連の再確認である。これらは、

- ① 地震学、地質学、地形学等の地球科学と歴史学、考古学、そして異常な災害時の人間の意識や行動に関わる心理学などの人文科学といった「科学」の分野
- ② 地球上で人びとが安全で快適に生活しうる環境を創出する技術の発展基盤となる地震工学、土木工学、建築工学、地盤工学、都市工学といった地圏・社会インフラ整備工学や電気、通信・情報、機械、応用化学や物理などの「工学」の分野
- ③ 各工学分野の成果を基盤にして人びとの暮らしの課題解決に役立つ具体的な“もの”や“システム”を創出していく「技術」の分野

まず、「科学」の分野について考えてみよう。極低頻度の巨大地震がわが国土に影響を及ぼす発生確率

p は、再現期間が数百年～数千年であるため、 $10^2 \sim 10^4$  のオーダーの低いものになる。その地震による確定論的な想定発生被害額Dが、いくら膨大なものになっても、確率的経済損失は $L_p = p \times D$ で表されるため、事前の補強対策実施の費用に比べて一般に安価となる。そのため、人命喪失や負傷の経済的損失を評価しない限り、このような事前対策を実施しない方が経済的には有利となる。わが国の地震発生環境や人々の災害文化的感覚を考えれば、このような費用～便益分析といった一般的な経済学の方法論を適用して最適な事前の防災～減災対策の水準を決めようすること自体、意味が無いものと言えよう。

われわれは地震学の研究成果によって極低頻度の巨大地震の発生時期を人間のライフサイクルの間に精度よく予知することの実現性が近未来においても極めて低いことを認識しなければならない。そして、人間社会の知恵としてそのような地震が必ず起きるものとする確定論的な意思決定をして、その時点での地震工学等関連工学と地震減災技術の水準による工学的判断を基盤にした必要な施策や補強対策の内容と水準に関する社会的合意を形成することがまず必要である。いわば理学の一分野である地震学の学問成果を個々の人びとの生涯期間のオーダーで有用にするには、いくら予算と人材をつぎ込んで限界があるということを社会的に共通認識されることが先決なのである。

地震の発生がプレート境界といった異なる地層の両側表面にそれぞれ複雑に分布する亀裂や凹凸状態を呈する下でのすべり破壊、あるいは表層プレート内の断層運動、つまり高圧の下での複雑な岩相と結晶や粒子構造から成る不均一な岩盤内でのせん断破壊という脆性的な破壊現象である以上、天気予報と同じ水準でその破壊時期を予知することは近未来も含めて限りなく不可能に近いことの国民的な理解が必要である。このようなことは、従来、土木工学の分野では大規模ダムの基礎岩盤や地下発電所施設などの大規模地下空洞などに対する完成後の長期安定に関する岩盤力学等、地盤工学の研究成果からも既知なことである。

二つ目の「工学」分野では、基盤となる科学分野の最先端の研究成果を常に評価しながら、これまで培ってきた学問体系の洗練化と再評価に努めなければならない。そして新たな適用可能な領域の導入を進め、それらを対象にした研究の戦略的展開を取り入れて換骨奪胎に努め、さらに社会のニーズを敏感に反映させた深化と広範的な実現に努めることが求められる。とくに「工学」で忘れてならないことは地震工学や現下、問題となっている社会インフラの高齢化に対する効

果的なマネジメントの展開にも役に立つ現場の“モノ～構造物”の実挙動を費用を惜しまずに計画的かつ継続的に観測して行くことである。それにより地震の際の現場の地盤や実構造物の揺れ方ばかりでなく、通常時、例えば橋や高架であれば自動車や鉄道車両走行時のひずみや加速度などのデータも収録することができる。これらの成果を経年的に設計時点で想定した状態と比較しながら、設計手法の信頼性をレビューしてその成果を設計体系の精度向上に反映させるPDCAサイクルを展開することが可能となる。これらの実践を通して土木工学、地盤工学に加えて地震工学や下記に示す「技術」面に対しても、それぞれの発展と深化に大きく貢献することになる。

三つ目の「技術」の分野は、時代や産業界そして国民の暮らしが求める解決課題に対して、要求品質、コストや価格そして納期や工期といった時間的制約という相互に矛盾するトレード・オフの関係を、関係する“工学”の成果を踏まえて合理的に解決しながら具体的な求められる“もの”を創り出していく人びとの知恵と意思決定、そしてそれらに至るまでの失敗の蓄積の成果～賜物なのである。

ここで、「技術」の体系における設計分野の特色は、「工学」分野や新規の「技術」の開発に必要な分析的、演繹的な思考方式とは異なり、目的物の要求水準を定め、必要な技術課題に対して帰納法的に既往の関連する工学や技術の成果を総合化して解決して行く思考のプロセスが大切である。その際、科学の限界を正しく認識し、基盤となる工学や関連する技術分野の現状水準とその内容を十分理解し、納得することが専門技術者に必須の要件となる。とくに土木や建築の構造設計や耐震設計においては、あくまでも地震や風、降雨などの自然の外的作用に対して所要の安全性能を供用期間内に確保することが要件となる。アリストテレスがその著作「自然学」で指摘した「自然」の定義、すなわち、「自然とは、自然的存在者における“運動”と“静止”との原因である。かくて、運動を起こす力としての自然とは、自然物をまさに自然物たらしめているものである、ということになる<sup>6)</sup>」との表現や「自然科学に関する真理は自然の中にある<sup>7)</sup>」という認識を十分理解した上で、その人間社会への適用限界を常に正しくレビューしながら、世の中から求められる地震の際に所要の安全要求水準を満たす“もの～施設や構造物”の形状、寸法、使用材料及び施工計画、維持管理計画を定める行為が求められる。この際には上記の要求品質、コストや価格そして納期や工期といった時間的制約のトレード・オフ要因を満たす設計成果をまとめること

が必要となるが、計算や性能照査に必要な数値解析結果を単純に適用するのではなく、地震作用や地盤物性、構造部材の材料特性や設計解析手法にはそれぞれ不確定性～バラツキが大きく、その解には、数学上の有効数字の制約があるという実態を踏まえて、優れた能力、豊かな経験を有する技術者の工学的判断が必須条件であることを上記の「科学」、「工学」そして「技術」分野に従事する方々ばかりでなく、社会的にも共通に認識される必要がある。とくに、土木や建築構造物は物性上、不確定性の高い地盤上に計画、設計、施工そして長期の供用期間から廃棄、更新というプロセスが必要になる中で、地震や豪雨、強風といった不確定性の高い過酷な自然現象に対して、所要の安全性を確保することが必要条件となること、その結果として一般的な工業製品の使用環境や材料特性に比べて極めて不確定性が高く、設計や施工の信頼性が低くなるために安全性の評価基準にはそれらに比べて大きな裕度、つまり安全率を確保しているという事実も広く社会的に理解を求めなければならない。

低頻度巨大地震や直下型地震の激しい揺れに対する社会インフラの構造安全性の設計実務面では、新設、供用中を問わず、ほとんどの管理者や事業者が上記の阪神・淡路大震災以降の土木学会の提言内容に基づき、とりあえず既往最大の強さ、すなわち兵庫県南部地震の際の観測記録を基本に設計や診断と補強に適用しているという実態、そして、それを上回る可能性が現在の学問の水準では否定できないことを想定していることについても社会的な理解を求めなければならない。もちろん震度5～6弱等の地震の揺れに対しては、近年建設されたり、耐震補強されたりした社会インフラや建物が人命を損わしめるような壊滅的な被害をこうむる可能性は低くなってはいるものの、施設や構造物の種類によっては再使用が不可能となる激しい被災を受ける可能性が残されていることに留意すべきである。

#### 5. 今後、発生が想定される南海トラフ沿いの巨大地震や東京はじめ三大都市圏の直下型地震に備えるために何が必要か？

4で示したように、このような極低頻度な南海トラフ沿いの巨大地震や直下型の大地震に対して国民一人ひとりが主体的、連帯～共働的な意識と行動により、まず「共助」・「自助」で行う内容を具体化し、日頃からそれらを計画的に実践して行くことを地域コミュニティとして合意して行くことが必要となる。この際、とくに重要なことは、いつ起こるか不可知のわが国の

広域に影響を及ぼす南海トラフ沿いの巨大地震や、国の政治・経済の中核である首都圏・関西・中部圏を襲う直下型大地震に対して備える国土強靱化施策の最適な防災～減災の投資水準について、どのように国民的な合意形成を図っていくかという課題である。

筆者は、このような問題に対してかねてから関心を抱いていたが、極めて参考になる米国カリフォルニア州のサンフランシスコ湾岸地域における水道企業体の地震対策の実例を以下に紹介する<sup>8)</sup>。それは1989年にサンフランシスコ市南方で発生したロマ・プリエタ地震を契機にして、サンフランシスコ湾東部沿岸地域の水道企業体 (EBMUD: East Bay Municipal Utility District) で展開された耐震補強プロジェクトである。当時、供給人口約120万人を抱えていたこの企業体は、近い将来マグニチュード7級の直下型地震の発生に備え、供用中の各種施設に対して詳細な耐震性の調査・診断を実施した。その結果、現状のまま、すなわち何も補強対策を講じないでどのような被災が生じるのかをビジュアルに表現した被害想定シナリオを利用者である住民、企業に公開した。あわせて最低限の緊急対応の他に4段階の耐震性向上計画の内容とコストを提示し、利用者と地震直後の消火活動への影響および飲料水供給の程度を含む議論を徹底して行う機会を設けたのである。そして事業規模として二番目に高い予算規模の事業計画が採用され、全体として189百万ドル、日本円にしておよそ190億円弱の事業規模を決定し、1994年から12年の工期で2005年の完成に向けて事業を展開した。この費用は事業開始後30年間に平均的な利用者が年間一人あたり約20ドル、日本円にしておよそ2,000円弱の水道料金の追加的負担となったとのことである。これらの事業内容は関連する市当局、都市計画委員会、住民団体、企業団体、ロータリークラブなどの地域活動団体、退職者団体や生活弱者団体などに教育・広報活動を通して周知が図られた。

このプロジェクトの特徴は、1) サンフランシスコ湾を横断することが判明している活断層のヘイワード断層に沿って、近い将来、発生確率が高いと推定されているM7.5級の直下型地震を確定論的に取り扱うこと 2) 供用中の水道施設の耐震性能評価、すなわち耐震診断やそれらの結果に基づく補強対策、新設のバイパス路線の具体的な設計、施工法を当時の地震工学や耐震技術の最先端の考え方を取り入れ、優れた能力と豊かな経験を有する技術者の工学的判断に基づいて行ったこと 3) 事業実施期間を12年間で定め、その間の工事の優先順位を施設の重要度に応じて実施計画を定めたこと 4) 補強対策による震後の確保目標の水準を4段階

に分類して、それぞれ実現可能な具体的な対策効果を金銭で明示して、現状で何もしないで放置した場合の損害額との差を逸失便益Bとしてそれぞれの段階に必要な補強費用Cとの差額を算出した上で事業者として望ましい水準を定めたことを、利用者を含むあらゆる利害関係(stakeholder)に情報公開し、とくに4)については社会的各層に対して数回に及ぶ公聴会を開催して、採用すべき水準についての水道利用者との合意形成を成就したことが特記される。まさに地震の事前減災対策に関する世界でも初めて、事業者が適宜、適切に利害関係者に対して説明責任(Accountability)を果たして耐震補強対策事業を展開した具体的な事例である。

さて、わが国でこのような社会的合意形成のプロセスの導入が可能であろうか。筆者は、速やかに東日本大震災でのF1での深刻な原子力災害を教訓に、わが国の明治維新以降、近代化の中で行政や公益企業が講じてきた予算・決算会計システムを、社会安全の確保の観点から必要なコストを明示しうるものに改革して、行政や事業者が国民に対する説明責任の適正な発揮に務めなければならないと考えている。

それにはまず、社会インフラの安全確保に対する実態や必要な地震対策に必要なコストについて情報公開を行うことが必要と考える。次いで、国の直轄事業や地方公共団体が所掌する社会インフラ事業ばかりでなく、電力、都市ガス、鉄道や高速道路等の民間公益事业に対しても、新設、供用中の施設・構造物を問わず、納税者や受益者が予算・決算書類や料金体系、企業会計の決算書類の記載内容から自ら日常利用する施設の地震対策や日常の維持管理に必要なコストを容易に把握でき、行政の説明責任を果たしうる予算・決算会計システムに転換することを提案する。

最近、地方公共団体では、予算や決算処理に「企業会計方式」を導入し始めているところも多いようである。その際に公共建物や道路・河川・港湾事業などの一般会計の対象ばかりでなく、上・下水道や一般廃棄物処理などの特別会計で取り扱われる社会インフラ事業にも、平常時の維持管理や地震対策等の予算と決算内容を別途、切り離して独立に取り出せるシステムに転換しておけば、それらの資産価値を毎年、適正に評価しうることになる。その結果、財政の健全性の合理的評価と関連づけた平常時の予防保全と地震減災対策とを包含した合理的な供用管理計画をマネジメントすることが可能となる。

## 6. おわりに

東日本大震災から2年半を迎えようとしつつある。その状況の中で、F1の深刻な事態が原子力発電所の「事故」という表現の下に、世界史上、未曾有の原子力災害に遭遇したというカタストロフィの実態が矮小化され、風化しつつあるのではと危惧しながら本文を取りまとめた。21世紀を迎えた世界は情報通信技術(ICT)の目覚ましい進展により、経済的効率化、情報の大量高度化活用を可能ならしめる驚異的な文明の発展を遂げつつある。約80年前に寺田寅彦博士がその著作の随筆<sup>9)10)</sup>の中で、20世紀の高度な文明社会を迎えるわが国に、南海トラフ沿いの巨大地震が発生した場合の災害の状況を危惧し、その入念な備えに対する警鐘を鳴らしたことを、われわれは決して忘れてはならない。

## 参考文献

- 1) 塩谷喜雄:「原発事故報告書」の真実とウソ, 文春新書900, 2013.
- 2) 日本経済新聞 2013年7月24日朝刊2面記事「真相深層」汚染水流出 兆候のデータ生かせず 福島第1 原発の汚染水の流れ概念図.
- 3) パンフレット「新しい耐震設計審査指針」原子力安全・保安院原子力安全基盤機構 より抜粋.
- 4) 中央防災会議:「防災基本計画」,「第1章1節 地震に強い国づくり,まちづくり」, 1995.
- 5) 土木学会:耐震基準等に関する第一次提言, 1995, 第二次提言, 1996, 第三次提言, 2000.
- 6) 今道友信:アリストテレス, III-3 自然学, 講談社学術文庫, 2013.
- 7) 小野寺 透:埼玉大学理工学部建設基礎工学科, 建設基礎工学通論, 講義ノート1960.
- 8) Diemer, D.M.: Anti-Seismic Measures on Water Supply in California, Proc. of Water & Earthquake, 98 Tokyo, IWSA International Workshop, 1998.
- 9) 寺田寅彦:「天災と国防」,「経済往来」, 1934.
- 10) 寺田寅彦:「津浪と人間」,「鉄塔」, 1933.



## 佐伯 光昭

埼玉大学大学院 理工学研究科環境社会基盤国際コース 客員教授, 博士(工学), 技術士(建設部門, 総合技術監理部門), (公社)土木学会 特別上級技術者(設計), (公社)日本地震工学会 スペシャル・アドバイザー。

# 浜岡原子力発電所における津波対策の取組み

石黒 幸文

●中部電力(株) 土木建築部原子力土建グループ部長

／梅木 芳人

●中部電力(株) 土木建築部原子力土建グループ課長

## 1. はじめに

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による東京電力福島第一原子力発電所の事象を踏まえ、中部電力浜岡原子力発電所では、直ちに緊急安全対策を実施するとともに、同年7月には津波に対する安全性を一層高める対策を公表し、順次、工事を進めてきた。また、平成24年12月には防波壁の嵩上げ工事、平成25年4月には取水槽他の溢水対策等を公表し、一層の安全性向上のため対策を積み重ねてきている。本稿では、同発電所において進めているこれらの津波対策の取組みについて述べる。

## 2. 津波対策の考え方

浜岡原子力発電所では、福島第一原子力発電所で発生した事象を踏まえ、津波による「全交流電源喪失」及び「海水冷却機能喪失」の発生を確実に回避し、原子力災害として最も避けなければならない事象である炉心損傷を確実に防止するために、津波に対し、以下の3つの考え方に基づく対策を図ることとした。

### ①浸水防止対策1[発電所敷地内浸水防止]

発電所敷地内への津波の直接浸入を防止し、屋外に設置されている原子炉機器冷却海水系ポンプの機能を維持する。

### ②浸水防止対策2[建屋内浸水防止]

仮に、津波が防波壁を越流し発電所敷地内が浸水したとしても、屋外に設置されている原子炉機器冷却海水系ポンプの機能を代替し、かつ、建屋内に設置されている炉心及び使用済燃料の冷却機能に係る安

全上重要な機器(電源・注水・除熱)に影響を及ぼさないよう浸水防止を図る。

### ③緊急時対策の強化[冷却機能確保]

さらなる対策として、福島第一原子力発電所で発生した全交流電源喪失及び海水冷却機能喪失を仮定した場合でも、電源・注水・除熱の機能に対し、多重化・多様化の観点から代替手段を講ずることにより、原子炉を安定した高温停止状態に維持し、その後、確実かつ安全に冷温停止状態へ導くことができる対策を確保する。また、使用済燃料の冷却機能についても同様な対策を確保する。

以上の3つの考え方に基づく対策を実施することにより、津波に対する安全性をより一層高めることができると考えている。

## 3. 津波対策の概要

### 3.1 浸水防止対策1[発電所敷地内浸水防止]

ここでは、敷地内への浸水防止対策について述べる。

津波が敷地内へ直接浸入することを防止するために、敷地前面にある砂丘堤防(高さ 海拔約12~15m、幅約60~80m)に加えて、内閣府の南海トラフ巨大地震モデル検討会による津波高さの検討結果を踏まえ、天端高さ海拔22mの防波壁を設置する。この防波壁は、砂丘堤防の背後(陸側)に約1.6kmにわたって設置し、その両端部は嵩上げた改良盛土に接続することで、敷地の前面及び側面からの津波の浸入を防止する(図1、図2)。

また、外洋と海底トンネルにより直接つながっている取水槽の周囲に溢水防止壁を設置するなどの「取水槽他の溢

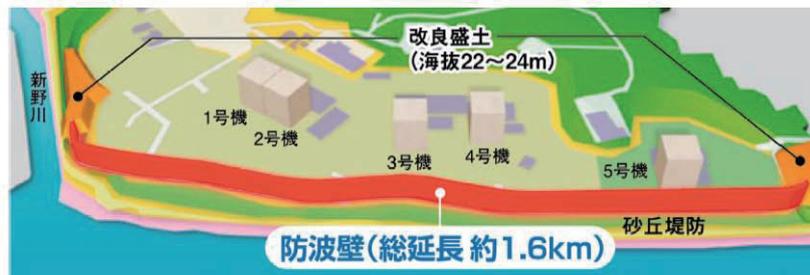


図1 防波壁全体配置図

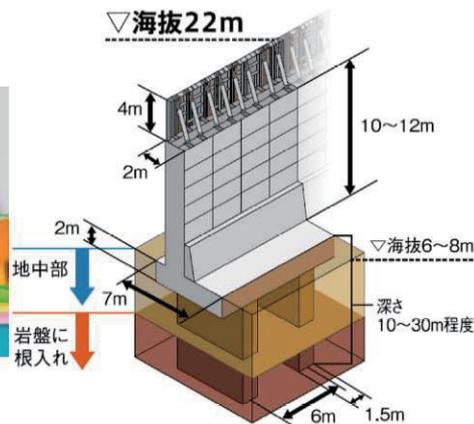


図2 防波壁断面概要図

水対策」を実施することで、取水設備などから敷地内への津波の浸入を防止する。なお、万一、津波が防波壁を越流し敷地が浸水した場合の排水機能を維持するため、溢水防止壁には、排水用フラップゲートを設ける。

### 3.2 浸水防止対策2 [建屋内浸水防止]

仮に津波が防波壁を越流し発電所敷地内に浸水することを想定した対策を図る。

#### 3.2.1 緊急時海水取水設備 (EWS) の設置

津波の浸水により海水系ポンプの機能が喪失した場合においても、海水系ポンプの機能を速やかに代替し、海水冷却機能を確保するためにEWSを各号機にそれぞれ設置する。EWSポンプを各号機2台ずつ耐波力及び水密性を考慮した建物(鉄筋コンクリート造)内に設置することにより多重化を図り、確実に海水冷却機能を確保することを可能にする。また、各号機の取水槽を結んでいる連絡トンネルからEWS建屋内取水ピットに海水を取り入れることにより水

源の多様化を図るとともに、電源についても原子炉建屋内の非常用ディーゼル発電機のみならず、後述するガスタービン発電機(敷地高台に設置)からも供給して多様化を図る(図3、図4)。さらに、EWSポンプは中央制御室からの遠隔操作により速やかに起動できるようにする。

このような対策を講じることにより、原子炉機器冷却海水系ポンプの機能が喪失した場合においても、これとは独立に、速やかに海水冷却機能を確保できる。

#### 3.2.2 建屋内及び機器室内浸水防止対策

原子炉建屋等の浸水防止対策として、建屋の外壁に設置している扉はすべて水密扉に取り替えるとともに、その外側に津波による破損・変形を防止できるよう強化扉を設置することで2重化を図る(図5)。

また、安全上重要な設備が設置されている機器室について水密扉の補強や追加設置を行うとともに、建屋内外の機器室にある配管等の壁貫通部隙間には、防水性・耐水

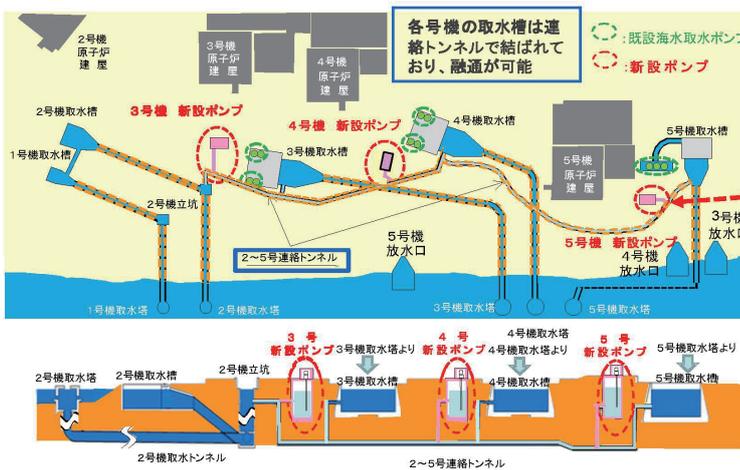


図3 EWS全体概要図

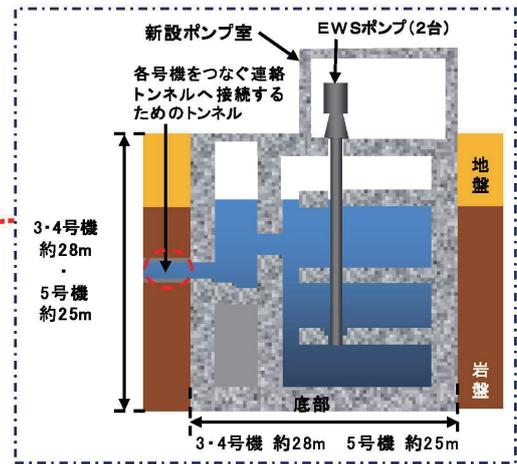


図4 ポンプ断面概要図



図5 水密扉, 強化扉概要図

圧性等の観点から止水材等の設置を行う。

さらに、建屋外壁にある給排気口は開口部を高所にするなどの形状変更を実施するとともに、建屋開口部には浸水時に自動閉止する装置（フラップゲート）を設置することで信頼性を高める。

加えて、万一の原子炉建屋内の浸水に備え、仮設排水ポンプを配備するなどの対策を講じる。

このような対策を講じることで、建屋内への海水の浸入を確実に防止し、建屋内の安全上重要な施設を海水から守ることができる。

### 3.3 緊急時対策の強化 [冷却機能確保]

全交流電源喪失及び海水冷却機能喪失を仮定した場合でも、原子炉を安定した高温停止状態に維持し、その後、確実かつ安全に冷温停止状態へ導くことができるよう、電源・注水・除熱機能の対策を図る(図6)。

主な対策を以下に示す。

#### 3.3.1 電源の強化

##### (1) ガスタービン発電機の高台設置

非常用交流電源装置として大容量(4,000kVA)の空冷式ガスタービン発電機6台を、津波による浸水の影響を受けないように敷地高台(海拔40m)に設置する。これにより、炉心冷却機能、燃料プール冷却機能の強化に係わる電源を確保するとともに、直流電源を必要とする原子炉冷却機器設備への充電も可能となる。また、このガスタービン発電機用として1週間分の燃料を貯蔵できる専用地下式タンクを設置する。

##### (2) 非常用電源盤の高台設置等

ガスタービン発電機からの交流電力を供給するための緊急時電源盤を、敷地高台(海拔40m)に建設する緊急時電気品建屋内に設置する。また、直流電源設備については、ガスタービン発電機等から緊急時電源盤と充電器を介して

供給できるようにすることに加え、既設蓄電池と同容量の予備蓄電池を各号機毎に配置する。

##### (3) 外部電源の信頼性向上

外部電源については、異なる3ルートで6回線の送電線があり、どの回線からでも各号機への送電が可能となっている。また、浸水の影響を受けないように、敷地高台(海拔25m)に緊急時変圧器の増設や移動式変圧器を配備することで信頼性向上を図っている。

#### 3.3.2 注水機能の強化

##### (1) 原子炉への注水機能の強化

原子炉高圧時に注水する冷却系のバックアップとして、原子炉隔離冷却系に加えて高圧炉心スプレイ系による注水を可能とし、空冷式熱交換器を増設すること等により高圧注水手段の多様化を図る。

また、原子炉低圧時に注水する対策として、緊急安全対策において、補給水系及び可搬式動力ポンプを用いた注水機能を確保する対策を講じたことに加え、電動駆動ポンプ、ディーゼル駆動ポンプ、可搬式の大容量送水ポンプを配備して原子炉を安全に冷温停止状態にすることを可能にする。また、原子炉機器冷却系海水ポンプ等の予備品を確保することで、緊急時の復旧作業の迅速化を図る。

##### (2) 燃料プール冷却機能の強化

緊急安全対策において補給水系及び可搬式動力ポンプを用いた燃料プールへの注水機能を確保する対策を講じたことに加え、新たに敷地高台(海拔30m)に設置する共用緊急時淡水ポンプにより注水すること等により、注水手段の多様化を図る。

##### (3) 水源の強化

原子炉及び燃料プールへの注水に係る水源は、既設の復水タンク、復水貯蔵槽等から供給されるが、さらに敷地

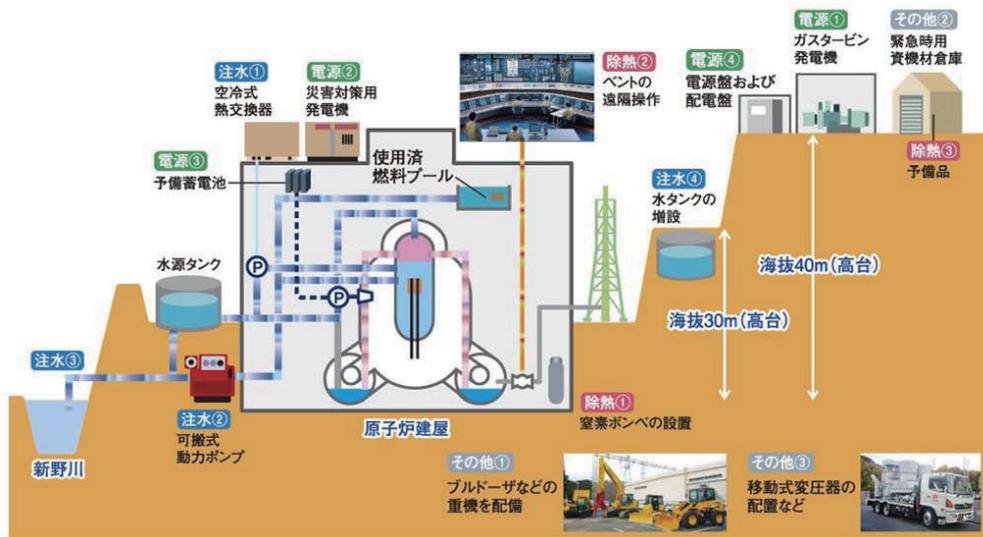


図6 緊急時対策の強化対策

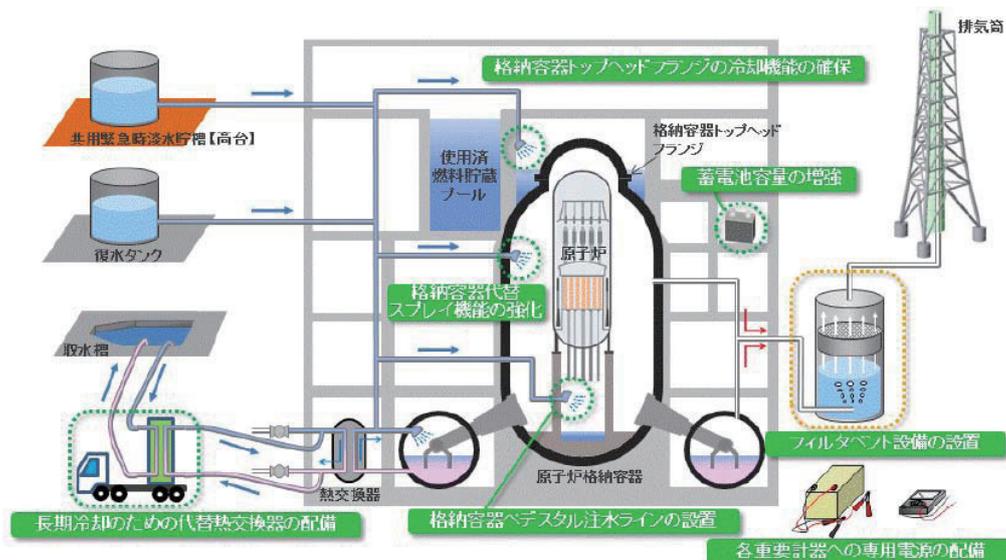


図7 重大事故(シビアアクシデント)対策

高台(海拔30m)に容量9,000m<sup>3</sup>の鉄筋コンクリート造淡水貯槽を設置する。これに加え、3号機建設時の試掘トンネルに淡水を貯蔵することにより、各号機の炉心及び燃料プールの冷却に用いる淡水を確保する。さらに、敷地の西側を流れる新野川や取水槽(海水)からの取水も可能である。

### 3.3.3 除熱機能の強化

#### (1)格納容器ベントの遠隔操作

緊急安全対策において、全交流電源喪失時においても窒素ガスポンプ等の使用によりベント弁を現場で操作する対策を講じたことに加え、弁の設置場所へのアクセスが困難な場合に備え、中央制御室からの遠隔操作化することにより、より迅速に対応することを可能とする。

#### (2)予備品等の確保

原子炉を冷却するために必要な機器の故障に備え、必要な予備品を配備する。

また、原子炉機器冷却系海水ポンプやEWSの機能喪失時の海水冷却機能を確保するために、水中ポンプを配備する。

### 3.3.4 その他の対策

津波による漂流物等が道路に散乱した場合に備え、現場へのアクセスルートを確保するために、がれき撤去用の重機を配備する。

また、予備品等の緊急時用資機材を保管するための倉庫を敷地高台に設置する。

## 4. 重大事故(シビアアクシデント)対策

上記までの対策を講じたとしても、万一何らかの理由で核燃料が著しく破損するような重大事故が発生した場合においても、格納容器の破損や放射性物質の大規模な放出を防ぐ対策を講じる(図7)。

格納容器の破損を防ぐ対策として、格納容器内の蒸気

を冷やす設備の強化や格納容器内に溶け落ちた高温の核燃料を冷やす設備等の設置等を実施する。

また、放射性物質の大規模な放出を防ぐ対策として、フィルター付きのベント設備を設置する。

その他に、原子炉建屋の水素爆発を防ぐ対策として、水素濃度計の設置や建屋から水素を排出する対策を講じる。

## 5. 終わりに

浜岡原子力発電所では独自に進めた「浸水防止対策1[発電所敷地内浸水防止]」、「浸水防止対策2[建屋内浸水防止]」、「緊急時対策の強化[冷却機能確保]」の3つの津波対策、更に規制規準を踏まえた「重大事故(シビアアクシデント)対策」を積み重ねることにより、安全性をより高める努力をしている。今後も浜岡原子力発電所の、より一層の安全性向上に取り組んでいく。



石黒 幸文

1989年名古屋大学大学院修了  
同年中部電力株式会社入社  
2009年より現職



梅木 芳人

1987年武蔵工業大学大学院修了  
同年中部電力株式会社入社  
2009年より現職

# 巨大な想定に立ち向かう —高知県における津波防災の現状—

矢守 克也

●京都大学防災研究所

## 1. 想定をめぐって

### 1.1 巨大な想定

2012年8月下旬、政府は、近い将来発生が予想される南海トラフの巨大地震・津波について、より詳細な想定を公表した。それによれば、最悪のケースでは、太平洋岸を中心に多くの地域が震度7の激震に見舞われ、かつ、非常に多くの地域が大津波に襲われる。一部には30メートルを超える津波が来襲すると想定される地域まであらわれた。

その結果、建物の倒壊、火災の発生、そして大津波などにより、最悪32万人余りの犠牲者が出るとの厳しい想定であった。高知県は、大きな被害が出るのが予想された地域の一つであり、特に、黒潮町は、全国一の34メートルの津波高が予想された自治体として、マスメディアでも大きく取り上げられた。

### 1.2 2つの想定

この衝撃的で巨大な想定を適切に受けとめるために、心しておくべき非常に大切なことが一つある。それは、この想定には、性質がまったく異なる2つの想定が混在していることである。第1は災害（自然現象）に関する想定であり、第2は被害（社会現象）に関する想定である。

このうち、前者については、私たちが今こうして想定を知ったことが、実際に起こることに影響を及ぼす可能性はない。想定を知った今も、知らなかった数年前も、それとは無関係にトラフ付近の地殻運動は粛々と進んでいる。この意味で、第1の想定は、「当たらないか」。そのどちらかである。

他方で、後者の被害想定については、想定を私たちが知ったことによって、この先何が起きるかが大きく変わる可能性がある。被害は、純粋な自然現象と違って、私たち人間の反応や社会の準備によって変化するからである。「何十メートルもの津波が来るだって。もう諦めた。何もしない」。このような反応を示す人が増えれば、最悪の被害想定よりもさらに悪い結末に至る恐れも、無論ある。

逆に、大きな揺れを感じたらすぐ逃げようという意識をもつ人が増えれば、あるいは、家具固定や耐震化の取り組みが進めば、犠牲者数は大幅に減少する。なぜなら、犠牲者の想定数は、たとえば、「東日本大震

災では×%の人が揺れの後20分以上避難しなかった」、「過去のデータから判断すれば、この地域にある建物の×%が全壊し、全壊家屋1棟あたり平均×人の犠牲者が出る」といった多くの前提—しかも、私たちの努力によって変更可能な前提—に基づいて計算されているからだ。

要するに、被害想定については、「当たるか当たらないか」ではなく、人間・社会の側が「変わるか変わらないか」が問われている。被害想定は、一般市民、自治体、専門家を含めた私たち全員の、今からの対応次第で、いい方にも悪い方にもいくらかでも変わる。被害想定は、悲観的にせよ楽観的にせよ、「そのような未来が待ち受けているのですね」と政府の試算をそのまま受け入れるようなものではない。衝撃的な数字は、私たちの力で、今から変えていくべきターゲットである。

以上の視点に立って、これまで、筆者らの研究チームが高知県内で展開してきた津波避難のための取り組みを2つ簡単に紹介しよう。いずれも、詳細は共同研究者による既刊の論文、発表があるので、それらを参照されたい（たとえば、中居・畑山・矢守, 2012<sup>1)</sup>、孫・矢守・谷澤・近藤, 2012<sup>2)</sup>など）。

## 2. 個別訓練タイムトライアル

### 2.1 個別訓練タイムトライアルの概要

これは、主に高知県四万十町興津地区において実施中の避難訓練である（図1および図2参照）。



図1 興津地区の全景（正面に漁港、右に浜が見える）



図2 個別訓練タイムトライアルのチラシ

避難訓練には多くの人に参加することが多いが、この訓練は個人または家族で行う。訓練者は、自宅の居間などから高台など避難場所まで実際に逃げてみる。その一部始終を、地元の小学生たちがビデオで撮影する(図3参照)。2台のカメラを用い、1台は逃げる人の表情を、もう1台は周囲の状況を撮影する。さらに別の子どもが、時々状況をメモする。「そろそろ疲れてきた」、「ブロック塀が崩れる危険性あり」といった具合である。そして、時計係が避難に要した時間を計る。

こうした作業をすべて小学生に依頼したのは、訓練支援自体が絶好の防災学習になるからである。また避難する人はGPSロガーを装着しており、何分後にどこにいたかが後から地図上に表示される(図4の左下地図で画面下から左上方へ伸びるライン)。



図3 高齢者の個別訓練をサポートする小学生

## 2.2 「動画カルテ」の作成

以上の結果を「動画カルテ」と呼ぶ映像にまとめる(図4参照)。画面は4分割されている。第1の画面には1台目のカメラ映像が、次の画面には2台目のカメラ映像が、第3の画面には子どもたちのメモが、そして、第4の画面には上述の地図が映しだされている。画面中央に時計表示があって、4つの画面はスタートからゴールまでずっと連動して動く。さらに、この地図には、津波浸水シミュレーションの映像が、訓練者の実際の動きと重なって表示される(図4の左下地図で下方に見えるのが、その時点での浸水予想域)。だから、たとえば、「ここまで逃げたときに、自宅にはすでに津波が押し寄せてきている、間一髪だった」といったことが一目瞭然でわかる。



図4 動画カルテのサンプル

これを「動画カルテ」と呼ぶのは、一人一人の避難の課題が集約されているからである。医師が患者の状態を個別にカルテに記録するイメージである。これを通じて、住民一人一人に寄り添って、本当に逃げられるのか、どこに注意が必要かについて細かく探り、問題解決を図っていこうというねらいである。

また、右上の画面には、訓練参加者がその場所で感じた感想(上段)、および、それに対する子どもたちからのメッセージ(下段)が表示されている。子どもたちから高齢者に「あきらめずに逃げてほしい」との気持ちを伝えようという意図である。そのためか、あるいは、避難所要時間がはっきりと示されることも影響するのか、再度訓練に参加したいと希望する住民もいる。

さらに、この動画はDVDに収録して訓練参加者に手渡すほか、地域での防災学習会等でも映写する。それを見た住民が新たに訓練に参加する場合も多い。

### 3. 全世帯調査に基づく避難シミュレーション

#### 3.1 全世帯アンケートと避難シミュレーション

これは、高知県黒潮町万行地区において、NHK高知放送局と共同で実施中の取り組みである(図5)。



図5 黒潮町万行地区での防災勉強会のチラシ

まず、同地区251の全世帯(長期不在者を除く)に対する戸別訪問調査によって、家族構成、お住まいの状態(耐震性など)、想定している避難先、ルート、手段、同伴者、助け助けられ関係など、重要な要因をすべて調査した。次に、その結果に基づいて避難シミュレーションを実施、さらに、そこに、実際に予想される津波浸水の状況(下および右から迫る領域)を重ね合わせたプロダクツを制作した(図6)。



図6 万行地区の避難シミュレーション画面

このプロダクツを2度にわたる住民説明会等で提示した。この中で、耐震強度のある住宅に暮らす人は、最も早い場合、地震発生から3分(強震動の継続予想時間2分に余裕1分をみたもの)で、本人が選択した方法で本人が選択した避難先へ向けて避難を開始、そうでない人も、その後5-10分遅れで避難開始可能という条件(東日本大震災の被災地における実状よりも楽観的な仮定)を設定しても、最悪の津波が襲ってきた場

合には、約180人の住民が津波に追いつかれる可能性があることが示された(全住民578人の約31%)。このシミュレーションをベースに、その後、どのような対策を打てば、さらに何人の人が高台や避難タワーなどに逃げ切れるかについて、順次シミュレーションで検証の上、個別具体策を地域事情に合わせて提案した。かつ、その具体策を実現するための避難訓練に地域住民と共同で取り組んだ。具体的な対策としては、たとえば、以下のようなものである。

#### 3.2 改善案の提示と訓練の実施

第1に、耐震強度の低い家にお住まいの方の避難開始時間を早めるために、部分耐震や家具固定などを進める。これにより、さらに37人が津波から逃れることができた。第2に、避難に支援を必要とする人びとを近所の人が助けるリヤカー隊と、自家用車の乗合タクシー的利用と避難バスを導入する。この結果、さらに45人が津波を逃れることができた。第3に、高さは十分だが水平距離が遠い高台に逃げる意向をもつ人びとについて、避難ルートに設定した特定の地点を、地震発生から特定の時間までに通過できない場合には、地域内唯一の避難タワーに引き返すこととして、それを支援するシステム(地震発生からの経過時間を防災無線やタワー上に避難した人からの呼びかけで周知)を導入する。この結果、さらに78人が津波を逃れた。

以上は、もちろん、シミュレーション上で現れた結果に過ぎない。その現実的有効性をチェックするために、まだ一部の項目についてだけであるが、現地での訓練も実施した。たとえば、上記の3つめの項目については、実際に、地震発生からの経過時間に応じて、避難タワーへと進路を変える訓練を実施した(図7参照)。



図7 避難訓練の様子(タワー上方から撮影)

#### 4. まとめ—3つのバランス

以上の2つの新しい津波避難の試み—「個別訓練タイムトライアル」と「全世帯アンケートに基づく避難シミュレーション」—には、理論的・概念的には、以下の3つのポイント(バランス)がある。

##### 4.1 専門家と住民のバランス

興津地区の「個別訓練」では、地域住民が個別に実際に避難場所まで避難することによって、避難所要時間や避難ルートなど、避難の成否の判断に必要なパラメータ(その一部)を、避難する住民自らが生み出している。黒潮町の「シミュレーション」でも、避難する人の実際の避難意向(調査結果)や訓練による対策の実施可能性のチェックが、シミュレーションモデルの構成や結果の検証作業の重要な要素となっている。他方、専門家もシミュレーションの制作など、独自のインプットを提供している。

両者のバランスが重要であることは自明だし、しばしばそう指摘される。しかし、実際にそれを実現することは容易ではない。ここで紹介した2つの事例はいずれも、地域住民の訓練や調査への積極的な参加を通じて、この点のある程度クリアし、これまでにない成果をもたらしたものと言える。

##### 4.2 自然科学と人間科学のバランス

防災・減災においては、「敵(ハザード)を知る、己(人間・社会)を知る、この両者が大切である」。この点はしばしば指摘されるし、事実そうであろう。しかし、このバランス、言いかえれば、自然科学と人間科学の共同も、そのための体制やインターフェースが不足していることもあって、実現できているケースは少数にとどまっているのが現状である。

この点を踏まえて、本稿で紹介した事例ではいずれも、敵(津波)と己(避難する方々)を、同じ一つの画面上で可視化することを重視した。津波避難の成否は、当然、この双方に対するバランスのとれた理解とそれを踏まえた改善にかかっているからである。こうした工夫により、たとえば、「今回の訓練よりも避難の開始が15分遅れたらどうなっていたでしょう」といったシミュレーションの結果を住民一人ひとりに提示して、「あきらめない、しかし油断しない」姿勢の醸成にも役立っている。

##### 4.3 知ることとなすことのバランス

いずれの取り組みも、アンケート調査だけ、避難訓練だけ、シミュレーションだけといったワンショットのアクション(研究)に終わっていない点が重要である。シミュレーションは、個別調査(全世帯悉皆調査)に基づいているからこそ信頼性が高まるし、避難訓練

も、シミュレーションによる裏付けがあるからこそ、たとえば黒潮町におけるタワーへの引き返し訓練など実践性の高いものとなる。また、興津地区で、個別訓練の成果の一つとして、多くの住民が避難経路に活用するとわかった、ある橋脚の補強工事が提案されずでに工事が完了するなど、シミュレーションや訓練の成果が翻ってハード施設の整備にもつながっている。

このような一連のアクションの中に種々の研究手法が配置されている点が、大切である。逆に言えば、そうした個々の研究と実践のステップが一体となって一連のアクションリサーチを構成することによってはじめて、知ることとなすこととの双方が互いに他を補完してバランスよく進み、実効性の高い津波避難対策が実現する。巨大な想定、ひいては巨大な津波に立ち向かうには、こうした地道な取り組みを継続していくほかないだろう。

#### 参考文献

- 1)中居楓子・畑山満則・矢守克也：避難計画作成支援を目的とした津波避難評価システムの構築,情報処理学会研究報告・情報システムと社会環境研究報告 2013-IS-124(3), 1-8, 2013.
- 2)孫 英英・矢守克也・近藤誠司・谷澤亮也：実践共同体論に基づいた地域防災実践に関する考察—高知県四万十町興津地区を事例として—,自然災害科学, 31, 217-232, 2012.

#### 謝辞

本稿で紹介した研究の推進にあたっては、文部科学省の特別経費「巨大地震津波災害に備える次世代型防災・減災社会形成のための研究事業—先端的防災研究と地域防災活動との相互参画型実践を通して—」の支援を受けた。また、それぞれの地域住民の方々、自治体関係者のご協力を得た。心よりお礼申し上げたい。



#### 矢守 克也

京都大学防災研究所教授。同阿武山観測所教授、同大学院情報学研究科教授、人と防災未来センター上級研究員などを兼務。1988年大阪大学大学院人間科学研究科博士課程単位取得退学。博士(人間科学)。専門は、防災心理学。主著に、「防災ゲームで学ぶリスク・コミュニケーション」、「巨大災害のリスク・コミュニケーション」、「防災人間科学」など。文部科学省地震調査研究推進本部専門委員、高知県津波からの避難方法の選択に掛るガイドライン等の検討委員会委員長、高知県安全教育プログラム策定委員会委員長などを務める。

# 南海トラフ巨大地震における自治体の広域連携のあり方 —米国の事例を踏まえて—

牧 紀男

●京都大学防災研究所

## 1. はじめに

行政の災害対応という視点から見ると東日本大震災の特徴として以下の3つのポイントが挙げられる。

- 1) 災害対策基本法が制定されて以降、初めて複数県が同時に被災する災害となった。
- 2) 内閣総理大臣をトップとする災害対応のための組織が初めて立ち上げられ、さらに2つの組織が並列することとなった。
- 3) 200を超える市町村が同時被災し、規模の小さい自治体が激甚な被害を受けた。

まず、一つめのポイントであるが、1959年に発生した伊勢湾台風の反省を踏まえて1961年に災害対策基本法が制定される。伊勢湾台風では、愛知・三重・大阪といった複数府県の同時被災が発生した。しかし、災害対策基本法制定後は複数府県が同時に被災する大規模災害が発生していない。1995年の阪神・淡路大震災では大阪府でも大きな被害が発生したが、主たる被災地は兵庫県であり、府県を超えての調整の必要性は発生しなかった。阪神・淡路大震災以降の鳥取県西部地震、新潟県中越地震、能登半島沖地震、新潟県中越沖地震も同様である。2つの県にまたがって被害が発生した災害として宮城・岩手内陸地震(2007)があるが、災害の規模がそれほど大きく無かったこともあり、県間の調整は大きな課題とならなかった。しかし、東日本大震災では、岩手・宮城・福島で大きな被害、さらには茨城・千葉・東京においても被害が発生し、県相互の調整が初めて必要になった。

2つめのポイントは、自然災害である地震・津波と、人為災害である原子力発電所の事故が同時発生し、国レベルでは、2つの異なった仕組みでの災害対応が実施されたことである。あまり知られていないことであるが、災害対策基本法に基づき、首相をトップとする「緊急災害対策本部」が設置されたのは東日本大震災が初めてのことである。阪神・淡路大震災では国会の承認が必要な「災害緊急事態」の布告が「緊急災害対策本部」設置の条件となっており、首相をトップとする「緊急災害対策本部」は設置されていない。また、原子力災害に対応するため首相をトップとする組織として「原子力災害対策本部」が同時に設置され、さらに生活再建支援を目的とした被災者生活再建支援チームが設置された。国レベルでは様々な組織が設置されたことにより、組織間相互の調整が課

題となった<sup>1)</sup>。

3つめのポイントは、それぞれの自治体の被害は小さいのであるが、被害が極めて広域となり、被災した市町村の数が膨大となったということである。それぞれの自治体の被害が小さいと言うと違和感を持つかもしれないが、東日本大震災の全半壊世帯数は30万世帯弱であり、阪神・淡路大震災の46万世帯より少ない。それが200を超える市町村に分布しており、市町村単位の被災者は少なくなる。被災者の生活再建、復興の「量」という観点からすると、阪神・淡路大震災の方が東日本大震災より大きな災害であったという認識を持つ必要がある。しかしながら、庁舎が流され、職員が命を失うという、甚大な被害を受けた自治体も存在し、さらに小規模な自治体が大きな被害を受けたことから、膨大な、災害対応・復興業務をこなすことができず、全国からの自治体職員の応援が不可欠となった。

自治体の職員数は行政経営の効率化を目的に、どんどん削減されており、通常業務が拡大する、災害対応・復興に関わる業務が新たに生まれた場合に対応できるようにはなっておらず<sup>2)</sup>、東日本大震災の災害対応、復旧・復興対応のために全国の自治体から被災自治体への職員派遣が行われた。東日本大震災時の被災地派遣については、これまで様々な研究<sup>3)~8)</sup>が行われている。本稿では、はじめに示した東日本大震災の行政の災害対応の3つの特徴という視点から、今後の自治体の広域支援について考えていく。

## 2. 東日本大震災の課題

### 2.1 国の役割

東日本大震災では「緊急災害対策本部」が設置されると共に、宮城県に災害対策基本法に基づき内閣府副大臣をトップとする「現地災害対策本部」、岩手県、福島県に「政府現地連絡対策室」が設置された。東日本大震災の対応では、阪神・淡路大震災後の設置された緊急対応組織である自衛隊の災害派遣、緊急消防援助隊、災害派遣医療チーム(DMAT)、広域緊急援助隊(警察)といった組織も災害直後から活動を行った。このように初動の立ち上げという面では阪神・淡路大震災の教訓は活かされたと言える。

しかしながら、自然災害に対応するため、岩手・福島・

宮城の現地災害対策本部、連絡対策室に配置された人員は限定的で、市町村、県の業務を肩代わりして実施するほどの規模ではなかった。さらに宮城県に設置された現地災害対策本部の運営では、本来実施すべき宮城、岩手、福島といった県相互の調整を行うことができず、宮城県の災害対応支援が中心となったことが課題としてあげられている<sup>9)</sup>。

国の支援の在り方として、1) 災害対応業務を直営するという方法、2) 災害対応業務の調整を行う、という2つの方法がある。現在の災害対応における国の支援は2)となっている。しかし、過去には1)の方法も検討されたことがあり、災害対策基本法制定時には、防災専門機関の設置についての検討が行われ、その後の法律改正に伴う国会審議においても実働部隊を持つ「緊急災害対策庁」の設置に関する議論が行われている。

東日本大震災では、地震・津波といった自然災害の対応ではなく、原子力災害に対応するため100人を越える国の職員が福島県に派遣され、国による災害対応の実働が行われることとなった。しかしながら、通常、直接住民と対応するという業務を行っていない国の職員が実際の災害対応を実施するという仕組みは決して上手く機能しているとは言えず、米国のように国が直接災害対応を行うような仕組みが日本において機能するかは疑問である。

## 2. 2 県の役割

日本においては災害対応の基本的な実施主体は市町村であり、市町村の対応レベルを超えると県、県の対応レベルを超えると国というように災害の規模に応じて、対応にあたる組織が拡大していく。東日本大震災の災害対応では、県の役割が明確でなく、多くの課題が残された。

岩手県の災害対応検証<sup>10)</sup>では「市町村が行政機能を喪失した場合の支援体制が整っていなかったこと」「市町村行政機能低下の場合、県は要請を待たずに市町村への物資支援を開始」「連絡不通時の市町村への県調査班の派遣、大規模災害時における県による自主的応援」といった課題・対応の検討が行われている。宮城県の検証<sup>11)</sup>でも「数量的な資源不足のみならず、災害対応業務を実施するためのノウハウについても県による支援が期待された。さらには、特に被害が甚大で、役場機能が著しく損なわれた市町村に対しては、「支援」にとどまらず、機能の一部補完まで県に期待されていた」「こうした被災市町村が複数にわたったことから、県が市町村間の総合調整を行い、県庁及び県外関係機関の資源を投入・誘導して応援を行うことが重要であった」とされる。

庁舎が津波で被災する、多くの命を失うといった行政機能が壊滅的な被害を受けた自治体では、強引にでも

県が市町村の業務を代行してほしかった、といったような意見も聞かれる。

関西広域連合として、岩手県に職員を派遣していた和歌山県では、東日本大震災の支援から、市町村の災害対応機能が低下している場合には、市町村の依頼を待たずに県が支援を実施する必要がある、という教訓を得ていた。そのため、2012年に発生した台風12号災害の対応では、和歌山県は市町村の応援を同時の判断で実施している<sup>12)</sup>。検証結果、さらには和歌山県の対応からも分かるように東日本大震災では、県の対応に大きな課題が残された。

## 2. 3 自治体の相互応援

東日本大震災では、大規模な自治体相互の応援が実施された。関西広域連合は中国の四川地震(2008)で実施された「対口支援」の方法に学び、大阪府・和歌山県→岩手県、といったように県と県をペアリングする方法での支援を実施した。

「対口支援」に加え、「自治体スクラム支援」と呼ばれる災害応援協定を相互に結んでいる自治体グループでの被災地支援も行われた。杉並区が「災害時相互応援協定」を結んでいる群馬県東吾妻町、新潟県小千谷市、北海道名寄市と一緒に福島県南相馬町の支援を行った<sup>13)</sup>。また、被災経験を持つ自治体がその経験を伝えるという目的での被災自治体支援活動も継続的に実施されている。阪神・淡路大震災の被災自治体は、日本で災害が発生するたびに職員を派遣して災害対応支援を行ってきた。杉並区と共に南相馬市の支援を行っている新潟県小千谷市は中越地震の教訓から「災害対応で蓄積された経験と教訓を関係者の間で共有するとともに、次の災害では経験者としてアドバイスをする、あるいはノウハウを提供する人的つながりの拠点」として「中越大震災ネットワークおぢや」を設立している。

様々な仕組みでの自治体相互支援が実施されたが、支援業務のトップ2は避難所運営、り災証明発行支援であった(読売新聞調査)。自治体の災害対応を行う上で、避難所の運営は重要な業務である。しかし、避難所運営は自治体職員だけでなく、地域の住民、NPO・NGO団体、ボランティアも実施可能である業務である。それに対してり災証明発行のための調査・発行業務は行政職員以外が担当することは難しい。派遣可能な行政職員の数、派遣には費用が必要となっていることも考えると、今後の派遣では、行政職員にしかできない業務という観点から、どういった業務を対象とした派遣を行うのかということも検討する必要がある。また、東日本大震災後、支援を受ける自治体の「受援力」ということも議論されるようになっている。自治体相互応援では、支援を受ける

側の能力も問われ、応援を受ける側も災害前に支援を受け入れる枠組みを構築しておく必要がある。

### 3. 米国における大規模災害への対処方法

#### 3.1 FEMAとEMAC

災害が発生した場合、米国も日本と同様に第一義的には基礎自治体(市、郡)が事態に対応する事になっている。連邦政府の支援は大統領による「災害宣言Declaration of Disaster」が行われて初めて実施される。災害の規模に応じて基礎自治体→州→連邦政府というように災害対応に関与する機関が増えてくるという考え方は日本と同じであるが、日本と米国の最大の違いは、連邦政府による支援が開始された場合、連邦政府の機関が、実際の災害対応業務を直接実施する事にある。また、連邦政府の災害対応の指揮調整はFEMAが行うことになっており、全ての連邦政府の機関はFEMAの指揮下に入り、災害対応予算もFEMAが管理する。

米国では2001年米国・同時多発テロ後は危機管理システムが大きく変更される。2004年には連邦政府の対応計画(全米災害対応計画National Response Plan)が改訂される。計画の特徴としては、災害対応、復旧・復興に関わる連邦政府の役割が、緊急支援機能Emergency Support Functions, ESFが明確に規定されていることがある(図1)。連邦による支援は被災者に対する支援(Individual Assistance, IA)と被災自治体に対する支援(Public Assistance, PA)に分類され、被害の程度により、どこまでの支援が連邦により受けられるかが決定される。

こういった連邦政府による直接支援とは別にEMAC(Emergency Management Assistance Compact)と呼ばれる州相互の応援協定が存在する。このEMACは州が非常事態宣言を行った場合に州相互の応援を実施するものであり、連邦政府が支援を行うような大統領が非常

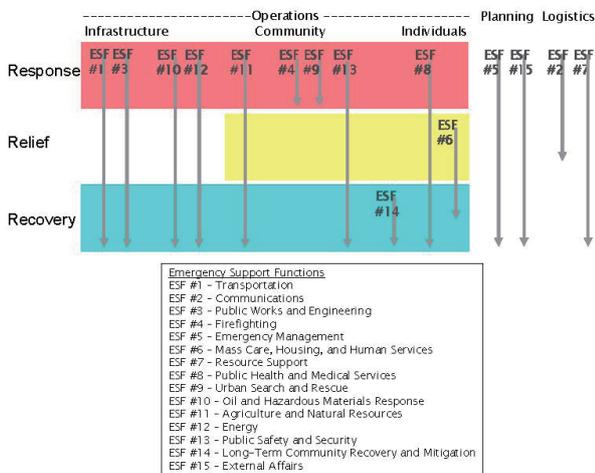


図1 ESFに規定される連邦の支援

事態宣言を行う規模の災害でも同様に州相互の支援が実施される。相互応援をスムーズに行うため、費用弁償等についての規定が定められている。

#### 3.2 相互応援を可能にする仕組み

効率的な自治体の相互応援を可能にするためには災害対応の方法が同じであることが重要である。ライフラインや土木施設の復旧といった分野、さらにはあまり知られていないが多くの応援が行われている文化財調査といった業務は、どこの自治体でも基本的に同様の方法(書類事務も含め)で業務が行われており、相互応援が比較的容易である。しかしながら、災害対応業務は自治体ごとに対応方法が異なる、また書類の書式が異なるといったことで相互応援が難しい。

全米で災害対応業務の標準化を統一しようとしたのが全米危機管理システムNational Incident Management System, NIMSである。州レベルでは、危機対応システムの標準化はカリフォルニアが先行している。カリフォルニア州は1990年代にStandardized Emergency Management System, SEMSの導入を法定化し、州内の自治体の危機対応の標準化を行った。

図2はNIMSの概要を示したものであるが、危機対応を行う組織として指揮調整(Command)、情報作戦(Plan)、資源管理(Logistic)、事案処理(Operation)、庶務財務(Finance/Administration)という5つの機能があり、全ての自治体の危機対応組織体制、さらには業務を標準化することで相互応援を可能にしている。

### 4. 南海トラフの巨大地震に備える

米国においては大規模災害の場合、連邦政府が被災者支援等、実際の災害対応業務を実施する仕組みになっており、日本においても日本版FEMAの創設についての議論が行われた経緯もある。しかしながら、東日本



図2 標準的な危機管理システム

大震災の災害対応、特に国が災害対応の中心的な役割を果たすことが求められた原子力災害への対応を見ると、日本においては国が直接、被災者対応を含む災害対応業務を実施することは現実的ではないと考える。従って、日本においては、大規模災害時は、東日本大震災で実施されたような自治体相互の応援が重要となる。先述のように東日本大震災の応援職員が実施した業務の第2位は、り災証明発行に関わる業務であった。り災証明発行業務については、調査・発行について国が一定のガイドラインを示しており、その事が、応援職員による支援が可能になった背景にある。米国では先述のように危機管理システムの標準化(NIMS)が行われており、先日発生したハリケーン・サンディーの災害対応ではサンフランシスコの危機管理担当チームがニューヨーク州の被災自治体での危機対応業務を交代要員として応援チームだけで実施したという事例も存在する。り災証明発行だけでなく、その他の災害対応業務についても業務の標準化を行っていくことが、自治体相互の応援をより効果的に実施する上で重要である。

政府は東日本大震災の教訓を踏まえ、自治体職員の研修訓練を首都直下地震時には現地災害対策本部として利用される有明の丘基幹的広域防災拠点施設で開始している。また民間ベースではISOで社会セキュリティの標準化に関する検討が行われており、ISO22320で指揮調整機能のあり方が規定されている。

現在、自治体職員は通常業務をこなすだけで精一杯の人数にまで削減されており、規模がそれほど大きくない災害でも、ひとたび災害に見舞われると応援職員が必要になる。2012年京都府南部豪雨災害で被災した宇治市では、近隣自治体に加えて、り災証明発行業務において東京都下の職員からの応援を得た。東京都下の自治体が応援にきた背景には、東京都下の自治体が、り災証明発行業務のシステム導入・訓練を実施しており、宇治市の支援はその一環として実施したものである。実際の災害を経験するという事は珍しく、実際の災害対応経験を持つことは難しいが、災害時の応援という形式で実務経験をつむことは可能である。このように、災害応援は派遣自治体の防災力を高める上で有効に機能する。

小規模災害時から災害対応において自治体相互応援を実施していくということは、大規模災害時の相互応援を実行的に行う上、さらに自治体の災害対応能力を高める上で重要である。効率的な相互応援を行うためには自治体相互に、同じ災害対応の仕組みを持つことが不可欠であり、南海トラフの巨大地震、首都直下地震をふまえ、災害対応システムの標準化が喫緊の課題となっている。

## 参考文献

- 1) Norio MAKI, Disaster Response to the East Japan Earthquake Disaster in 2011: National Coordination, Common Operational Picture, and Command and Control in Local Governments, Earthquake Spectra, Vol. 29, No. S1, pp. S369-S385, 2013
- 2) 室崎益輝、幸田雅治編著、市町村合併による防災力空洞化 東日本大震災で露呈した弊害、ミネルバ書房、2013
- 3) 山口裕敏他、災害時自治体援助の全国的実態とその特徴－東日本大震災を対象に－、地域安全学会論文集、No.20、pp.179-188, 2013
- 4) 阪本真由美他、広域災害における自治体間の応援調整に関する研究－東日本大震災の経験より－、地域安全学会論文集、No.18、pp.391-400, 2012
- 5) 本荘雄一他、東日本大震災における自治体間協力の「総合的な支援力」の検証、地域安全学会論文集、No.19、pp.51-60, 2013
- 6) 佐藤翔輔他、東日本大震災における被災外からの人的支援量の関連要因に関する分析、地域安全学会論文集、No.19、pp.93-103, 2013
- 7) 本荘雄一他、初動期から応急対応期における自治体による人的視点の規定要因に関する外的妥当性の研究－東日本大震災時に支援を受けた被災自治体による評価、地域安全学会論文集、No.20、pp.89-98, 2013
- 8) 佐藤翔輔他、東日本大震災における被災自治体の人的資源運用に関する分析－宮城県石巻市を対象にして－、地域安全学会論文集、No.20、pp.169-178, 2013
- 9) 東日本大震災における災害応急対策に関する検討会、中間とりまとめ、p.11、2011
- 10) 岩手県、東日本大震災津波に係る災害対応検証報告書、pp.7-8, 2012
- 11) 宮城県、東日本大震災－宮城県の6ヵ月間の災害対応とその検証一、宮城県、2012
- 12) 室崎益輝、幸田雅治編著、市町村合併による防災力空洞化 東日本大震災で露呈した弊害、ミネルバ書房、2013
- 13) 平山洋介・斉藤浩編「住まいを再生する」、pp.30-31、2013



## 牧 紀男

1996年京都大学大学院工学研究科環境地球工学専攻博士課程指導認定退学、京都大学防災研究所巨大災害研究センター准教授。専門は、防災計画、災害復興計画、危機管理システム、すまいの災害誌。

# 東日本大震災からの復興の特徴と課題

小野田泰明

●東北大学大学院工学研究科

### 1. はじめに

筆者の専門は建築計画。空間と人間の関係を探求するとともに、社会科学的観点から建築を評価し、時にそれを実務にフィードバックする領域だ。その関係もあり多くの復興活動に関わっている。発災から3年、現場ではまだ多くの格闘が続けられているが、同時に発災当初は分からなかったことが見えてつづがある。本稿ではそれらを勘案しながら復興の課題を考えてみたい。

### 2. 東日本大震災における復興

大津波を伴った東日本大震災では、その後の土地利用に大きな変化が生じる所が大きな特徴と言える。阪神大震災においても大規模な区画整理、再開発、居住地の移動等が行われているが、基本的には従来の土地の上で建築が再生されるものであり、土砂災害を伴った中越地震では、集落の住み替えが起っているが、都市の土地利用が大々的に変わるものではなかった。

本災害では、津波に襲われた土地の多くが、災害危険区域に指定されて居住地域から除外されるため、街の形は大きく変わらざるを得ないのだ。もとの土地の上で再生がなされる場合でも大規模な地盤の嵩上げを伴うことが多く、基本構造は変化する。こうした中で復興事業を展開するには、様々な課題に配慮しなければならない。すでに知られていることではあるが、以下大まかな流れについて整理しておきたい。

復興作業は、①国の防災会議での設定に基づいて、想定津波をL1(100数十年に一回)L2(500年から1000数百年に一回)に区分した上で行なうシミュレーションがまず起点となる。②シミュレーション結果に基づいて、海岸線をL1の侵入を防ぐ高さの防潮堤で固める計画を策定する。③それを越えるL2については2m以上浸水しないと想定される場所(通称2-2ルール)を中心に復興構想の大枠を設定する。④これらに並行して、被災者に対して復興計画を説明しつつ次の居住に対する意向調査を行う。次いで⑤意向調査で出た具体的数量を基本に、地勢的条件、土地取得の可能性、歴史的条件等を検討して、③を深化させた基本計画をまとめあげる。⑥基本計画はそれぞれのエリアごとに個別の復興事業として整理され、復興庁を始めとする上級官庁との協議を介しながら枠組みが導き出される。⑦計画～事業のプロセスにお

いて住民の計画参加が行われ、計画内容は民意を反映させながら練り上げられていく。場所によっては住民主導で導かれるケースもある。⑧この⑤⑥⑦は相互に関係づけられながら並行して進められて復興事業としての外形が整えられるとともに、各事業は適切な発注単位に切り分けられ、事業者の公募・選定が行われる。決定後も自治体は過程を管理していく。⑨完成後、被災者を新しい場所にスムーズに移行させ、新しいコミュニティを立ち上げる。

もちろんこれは大枠での記述であって、様々な個別事業の集合である実際の復興は、より複雑な様相を示している。例えば、復興対象となる社会資本はそれぞれに所管が異なっている場合が多いが、基幹自治体である市町村の他に、県道や多くの防潮堤のような県所管のものもあれば、国管理河川の堤防のように国が責任をもつものもある。再開発事業などでは、民間事業者の存在は不可欠となる。

このように、それぞれに種類の違う対象や関係者の間で調整を取りながら、前述した相互に関連しあうプロセス(①～⑧)を敏速にこなしていくことが復興には求められている。自治体はこうした複雑な作業を限られた時間、資金、物的資源、そして被災地では極めて貴重となる人的資源をやりくりしながら進めていく。

このように復興のプロセス自体、複雑で難しい過程なのであるが、その中でも多く議論を呼んでいるのが、a.社会資本としての防潮堤の妥当性(高さ、基準の画一的な運用、リスクとコスト、景観・自然保全等)、b.災害危険区域の設定を含む土地利用計画の妥当性、c.住民との合意形成の適切性、d.長期化する避難生活の中でのコミュニティ維持の問題、e.合理的かつ効果的な発注と管理、あたりであろうか。紙幅の関係ですべてについてコメントすることは出来ないが、ふたつの課題、b.土地利用計画とe.発注に関する課題を取り上げて、少しだけ触れておきたい。

### 3. 課題1：土地利用(図1)

復興計画の展開においては、L2津波で浸水が2m以上になる2-2ラインが設定される。津波の挙動が変わるので嵩上げ分=浸水深減ではないが、浸水深は小さくなるので、2m以上の浸水が予想される所でもまちづくりは可能となる。このラインと各地域の地勢条件、政治的・経

済的・文化的文脈などが勘案され、高台移転か、内陸移転か、それとも嵩上げて浸水深を浅くするかといった選択肢が絞り込まれていく。

こうした設定は、各自治体が津波シミュレーションをベースとしながら状況を勘案して定めるものである。また、災害危険区域の線引きとも連動するので、より複雑な事象となる。土地に実際に線が引かれるということは、道路一つ隔てるだけで条件が全く異なる大問題を引き起こすが、技術的観点から見れば、シミュレーション精度はそこ

まで高いわけではなく、用いられる地震モデルもあるひとつの仮定にすぎない。つまり、実際には意図が入る余地が大きく、その評価は難しい。このように絶対的でなく、かつ前述のように、自治体毎に状況は異なる。それゆえ、しっかりした情報共有や長期的変化に対する科学的知見を提供しつつ、住民参加が適切に行われるという条件付きで、地域ごとにある程度の自由度は認められるべきだろうが、現実には、一律的運用が過半である。

土地利用計画と形態規制の組み合わせる方法、すなわち、災害危険区域をいくつかの種類に細分して線引きを行い、それぞれのエリアごとに建築形態が条件を満たせば居住を可能にする運用もある。伊勢湾台風被害の後、名古屋市が導入した規制が有名なこの方法は、今回の被災地でも一部の自治体によって、災害危険区域を幾つかに分け、形態規制するなど取り入れられている。しかしこれらの条件として、形態規制の受け入れに対する文化的な素地、市民と行政の間の信頼感などが不可欠となる。

#### 4. 課題2：発注の集中と建築構造

現在被災地では、復興事業がピークを迎えていることで、建設費の上昇が著しい。特に熟練の職人の確保の難しさは顕著で、型枠大工、配筋工、左官工などの確保が難しくなっている。そのため、貯蔵や長距離の運搬が難しい生コンの不足とあまって、建築単価が高くなりがちなRC構造が選択しづらい状況にある。耐塩害性のもとより、耐震性、津波対抗性などにおいても良好な特性を示すRC造を諦めて、S造に変更せざるを得ない計画が急増しているのだ。発注サイドからすると致し方ない変更だが、環境条件にあった社会資本をとということを考えると悩ましい事態である。

また、地元大工で協議会を結成して公共工事を受ける構想もいくつかの一体で始められているが、従来型の公

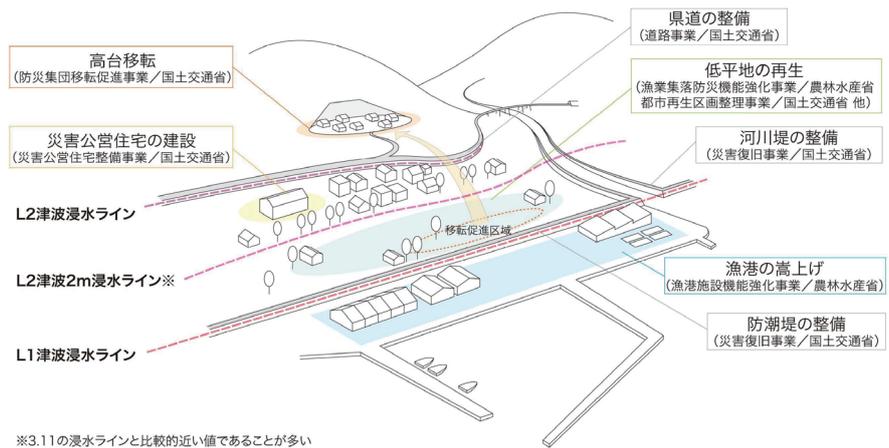


図1 復興事業簡略説明図

共発注方式や公物管理の観点からは難点も多い。スマトラ沖地震の津波被害の時は、小さく作って、各自が増築する「コアハウス」という方式が提示され、迅速な復興だけでなく、建設ピークをなだらかにすることにも寄与したようだ。しかしながら、全体を先ず完成させることを前提とする現代日本の家づくりの傾向の中では、そうした展開は難しい。

#### 5. さいごに

被災地では、難しい問題が次から次へと生じるため、関係者がその都度、工夫を重ね、対応することになる。それ以外に、上手く切り抜ける道はないのだが、それでもそうした個別最適解の集合が、全体的かつ長期的に有効である保証はない。実態を丁寧に拾い集め、全体を俯瞰する時期に差し掛かっているような気もしている。



#### 小野田泰明

1963年金沢市生まれ。博士(工学)。一級建築士。

1985年HPデザイン・ニューヨーク。1986年東北大学工学部建築学科卒業。1998～1999年カリフォルニア大学ロサンゼルス校客員研究員。2007年～東北大学大学院教授。

2010～重慶大学客員教授。2012年～東北大学大学院都市・建築学専攻長。2013～日本建築学会理事。

現在、岩手県釜石市にて復興ディレクター、宮城県石巻市復興推進会議副会長、宮城県七ヶ浜町復興アドバイザーなどを努める。建築計画家として「せんだいメディアテーク」(2001)、「横須賀美術館」(2007)に関わる。建築作品に、2002年「くまもとアートポリス・荻北町民ホール」(2003年日本建築学会作品賞：阿部仁史と共同)、2008年「伊那市立伊那東小学校」(第6回こども環境学会賞デザイン奨励賞：みかんぐみと共同)ほか。その他、2009年日本建築学会教育賞、2011年グッドデザイン賞、他主な著書に、『プレデザインの思想—建築計画実践の11箇条』(TOTO出版、2013)など。

# 日本地震工学会第10回年次大会 (2013) 開催報告

古屋 治

●大会実行委員長 東京都市大学

## 1. はじめに

2001年11月に研究発表・討論会(会場：日本学術会議)としてスタートした年次大会は、今年度で第10回を迎えた。今回は、2013年11月11日、12日の両日に渡り東京都渋谷区の国立オリンピック記念青少年総合センターにおいて開催した。開催期間を例年の3日間から2日間に短縮することでセッション構成を密にし、各セッション会場での参加者増によるディスカッションの活発化等を試みた。また、昨年同様、本学会の特徴の1つである分野横断型のセッション構成となるよう検討した。大会の論文発表数は221件、2日間を通じた参加者は、353名(会員245名、非会員28名、学生会員65名、学生非会員15名)であり盛況なうちに第10回の記念大会を終了することができた。

## 2. 講演

講演は、6会場で並列開催され1日目16セッション、2日目18セッションの合計34セッションが行われた。

### 2.1 オーガナイズドセッション

オーガナイズドセッションは、調査研究委員会を中心に5件あり、初日2件、2日目3件として開催された。〔o-1：大災害時の避難問題(津波と洪水からの避難・対処行動および駅前滞留問題)(市古太郎：首都大)、o-2：強震動予測のための地盤構造評価法(山中浩明：東工大)、o-3：海域施設、陸域施設(海岸林を含む)、建築物の津波対策(松富英夫：秋田大)、o-4：システム性能を考慮した産業施設諸機能の耐震性評価(高田一：横浜国大)、o-5：原子力施設の次世代地震PRA(柴田先生を迎えて)(東京都市大：村松健)〕。o-5では、セッションはじめに柴田碧先生から「地震工学とそれを支える地震学：地震学の責任」と題してご講演賜り、その後、関連OS、総合討論という学会としては新しいスタイルのセッション構成を試行したが、多くの参加者とともに大変有意義な討論ができ今後の大会の在り方の一つの方向性を示すことができた。

### 2.2 一般セッション

一般セッションは、表1に示すように震源特性、地盤震動、建築構造物、免震・制振・ヘルスマニタリングに多くの発表が集まった。特に、地盤震動、建築構造物は、両日に渡りセッションを配置する状況となった。なお、一部の会場では、会場設定に問題があり立ち見の状況となり参加された方々にはご迷惑をおかけした。ま

た、2009年から開始した若手優秀論文発表賞の審査が今年度も継続して行われ、慎重な審査の結果、学生会員から3名、正会員から4名が受賞した。詳細は、学会ホームページに掲載されている。

表1 各分野の発表者数

分野		発表数	
自然現象	震源特性	16	62
	地下構造	0	
	地盤震動	35	
	地盤の液状化・斜面崩壊	11	
	津波・歴史地震・その他	0	
構造物	地中構造物およびダム	2	103
	杭および基礎構造	3	
	地盤と構造物の相互作用	2	
	土木構造物	5	
	建築構造物	59	
	機械設備系	3	
	免震・制振・ヘルスマニタリング	22	
	耐震補強	4	
	新しい構造・材料・その他	3	
社会問題	ライフライン	2	16
	緊急速報・災害情報	2	
	防災計画・リスクマネジメントおよび社会・経済問題	11	
	復興計画・その他	1	
被害調査／OS	最近の地震被害調査	2	40
	東日本大震災調査	5	
	o-1	5	
	o-2	10	
	o-3	4	
	o-4	8	
o-5	6		

## 3. 技術フェア

2007年から開始した技術フェアは、出展企業10社(近計システム、サイバネットシステム、ミットヨ、アーク情報システム、白山工業、勝島製作所、ブリヂストン、オイレ工業、エニダイン、カヤバシステム マシナリー)により開催された。地震観測機器、解析ソフト、免制振装置まで多岐にわたる内容となり、参加者には大変興味深い展示内容であっただけでなく、大会収支運営面では大いに貢献いただく結果となった。また、今年度は、技術フェアの集客アップを狙ってスタンプラリーを開催し、景品として iPad Air、ASUS MeMO Padを準備した結果大変好評

であった。

#### 4. 交流会

交流会は、72名の参加者を得て初日夕方に開催された。実行委員長の参加者、実行委員会・事務局、技術フェア出展企業への謝意と挨拶から始まり、安田進会長の挨拶と乾杯を経て、歓談となり、盛り上がったところで、今年度は、まず、技術フェア参加企業からの企業紹介、次に、沼田宗純氏(東大生研)、関一氏(電機大院)、小檜山雅之氏(慶大)、前川晃氏(原安システム研)より学生から社会人まで幅広い観点でのスピーチをいただいた。さらに、技術フェアスタンプラリーの当選者発表と流れ大いに盛り上がり、最後に、当麻純一副会長に締めていただき閉会した。

#### 5. おわりに

本大会は、ここ数年の会場予約の経験が活かされ同じ階にセッション会場が集中することで各会場の移動がスムーズに行え大変好評であった反面、当初予定を変更し開催期間を2日間にしたことやプログラム開示の遅れ、当日配布物がCDのみになるなど参加者にご迷惑をおかけする反省点があった。

第10回と区切りの大会報告になるため、図1に第1回大会からの参加者数と論文数の推移をまとめた。概ね400名前後の参加者と250件程度の論文数で安定して推移していることが確認できるが、今後の益々の発展のためには、大会構成の在り方を再検討する時期と考える。次年度は、4年に1度の日本地震工学シンポジウムになることから、次回大会まで2年間の準備期間があり、この期間を有効に利用し、より有益な大会になるよう準備を進められたい。

最後に、大会に参加いただいた方々、また、運営に尽力いただいた実行委員会委員、ならびに技術フェアに出展いただいた企業には深く感謝申し上げますとともに、今後とも本大会が地震工学に関連する分野横断型の研究・技術交流の場として発展的に継承されることを切に願う。

#### 【第10回年次大会実行委員会】

古屋治(実行委員長、東京都市大学)、清野純史(副委員長、京都大学)、五十田博(前年度実行委員長、京都大学)、松岡太一(会場、明治大学)、荒木康弘(会計、建築研究所)、高橋典之(論文編集、東北大学)、皆川佳祐(論文編集、埼玉工業大学)、千葉一樹(論文編集、東急建設)、中川貴文(交流会、国土交通省国土技術政策総合研究所)、丸山喜久(技術フェア、千葉大学)、中村いずみ(WEB、防災科学技術研究所)



写真1 柴田碧先生による講演の様子



写真2 一般セッション会場の様子



写真3 技術フェアの様子



写真4 懇親会の様子

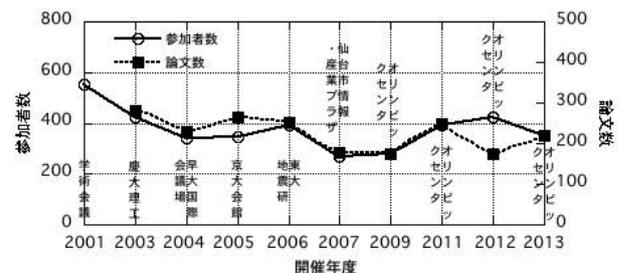


図1 参加者数と論文数の推移

# 日本地震工学会第2回国際シンポジウム報告

清野 純史

●京都大学大学院地球環境学堂

## 1. はじめに

日本地震工学会の第2回国際シンポジウムが、平成25年11月11日～12日にかけて、昨年同様東京・代々木の国立オリンピック記念青少年総合センターで年次大会と同時に開催された。この国際シンポジウムは、海外からの留学生や日本の研究者・実務者に英語での発表や討論の機会を与え、昨今の国際化やグローバル化の中で日本の地震工学研究を国際的に発信することを目的としたもので、昨年度に第1回のシンポジウムが開催された。

基本的に日本地震工学会の年次大会とは独立な運営としているが、第2回となる平成25年度は、昨年度と同様に大会実行委員会2013の古屋実行委員長(埼玉大学)の支援の下に、年次大会との同時開催とし、東京・代々木の国立オリンピック記念青少年総合センターで約80名の参加を得て行われた。

ここでは、昨年度に引き続きシンポジウム論文受付へ至る工程やシンポジウム当日の各セッションの概要、次年度へ向けた課題等を報告する。

## 2. 国際シンポジウム論文の投稿

シンポジウム論文は、アブストラクト査読付の英文論文であり、平成25年度は、アブストラクト受付のためのシステムを改良したために、受付は実質8月の初めからの開始となった。8月末締め切りした後、国際シンポジウム委員会委員の専門家5名がアブストラクト査読を行い、その後10月中旬までにJAEF英文論文フォーマットに従ってフルペーパーが提出された。最終的に、論文申込35編、シンポジウム掲載論文28編という結果であった。残念ながら、本年の発表数は昨年の件数(65件)を大きく下回った。論文投稿システムの改良などが8月初めまで続いたため、会員への周知が遅れたことは否めない。今後は、早めの広報、留学生を多く抱える教員への直接の働きかけ、企業等若手研究者への英語発表の勧めなど、更なる底上げを図る必要があると感じている。

しかし、国際シンポジウムへの参加者は59名(正会員5名、学生会員12名、非会員42名)と、多くの参加者を得ることができ、どのセッションも熱のこもった議論が展開された。

## 3. 当日の各セッションの概要

シンポジウム初日の11月11日(月)の第1セッションから、外国人学生や留学生、研修員を始め、日本人学生や若手研究者など多数の参加を得て、発表が行われた。地震工学に関する全国レベルの発表の場が限られているため、特に留学生からはこのような機会をぜひ継続して欲しいとの声が多く寄せられた。また、外国での発表経験の少ない若手研究者が経験を積む場として活用する例も見られた(写真1)。



写真1 国際シンポジウム会場と聴衆

セッション構成は、論文のカテゴリーと同様、昨年度と同じ以下のa～dの4部構成であった。

### a. Natural Phenomena (earthquake, underground profile, ground motion, tsunami, historical earthquake, etc.)

a-1 focal mechanism, a-2 underground profile, a-3 ground motion, a-4 liquefaction/landslide, a-5 tsunami/historical earthquake/others

### b. Structures (earthquake response, structural experiment, seismic design, base isolation, structural control, retrofitting/reinforcement/inspection, interaction, etc.)

b-1 underground structure/dam, b-2 pile and foundation, b-3 soil-structure interaction, b-4 structures, b-5 buildings b-6 machinery, b-7 base isolation/structural control/health monitoring, b-8 retrofitting/strengthening, b-9 innovative structures and materials/others

### c. Social Issues (lifeline, disaster information, risk

management, disaster mitigation plan, reconstruction plan, etc.)

c-1 lifeline, c-2 early warning/disaster information, c-3 disaster mitigation plan/risk management/socio-economic issues, c-4reconstruction/others

**d. Earthquake Damage Investigation/Reconnaissance**



写真2 質疑応答の様子

本年度のシンポジウム初日(11/11)は、午前中にNatural Phenomena (1) [座長: 高井伸雄(北海道大学)]、午後にNatural Phenomena (2) [座長: 清野純史(京都大学)], Structures (1) [座長: 高橋良和(京都大学)]の計17編の発表、2日目(11/12)は、午前中にStructure(2)/Social Issues (1) [座長: 豊岡亮洋(鉄道総研)]、午後に Social Issues (2) [座長: 小檜山雅之(慶應義塾大学)]の計11編の発表が行われ、いずれも活発な質疑応答、ディスカッションが行われた(写真2)。

また、シンポジウム終了後、論文の内容、発表の分

かりやすさ、質疑応答の的確さを総合的に判断し、優秀論文発表賞として5名の若手研究者を選出した(表1)。受賞者はHP等を通じて公表し、後日賞状が贈られることになる。詳細は日本地震工学会HP(英語版: <http://www.jaee.gr.jp/en/>)を参照されたい。

シンポジウム初日には、年次大会交流会と合わせて、オープングレセプションが開催され、多数の年次大会参加者やシンポジウム参加の外国人留学生在が親睦を深めた。

**4. おわりに**

日本地震工学会第2回国際シンポジウムは、多くの方々の協力により無事終了し、USBメモリに収録したプロシーディングスも配布した。

また、優秀論文発表賞として5名の若手研究者を選出したが、この賞を設けたことは、発表者への大きなインセンティブになっており、今後もぜひ継続すべきイベントである。

来年度は日本地震工学シンポジウムが開催されるため、第3回は27年度の開催となるが、会員各位には今後ぜひ国際シンポへの英文投稿・英語発表の機会を積極的にご活用いただきたい。

最後に、年次大会と同時開催ということで会場の設営から運営まで全てにご尽力いただいた大会実行委員会2013関係者各位、アブストラクト査読に貴重な時間を割いていただいた査読者各位、各セッションの司会をご担当いただいた座長各位、ならびに日本地震工学会事務局の方々に、国際シンポジウム実行委員会からこの場を借りて厚く御礼申し上げる次第である。

表1 Excellent Paper Award の受賞者

The Second international Symposium on Earthquake Engineering (Nov.11-12,2013)

Japan Association for Earthquake Engineering

+++ Excellent Paper Award for Young Researchers +++

Category	Name	Affiliation	Title
Natural Phenomena	Yadab P. DHAKAL	National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED)	ATTENUATION RELATION OF ABSOLUTE VELOCITY RESPONSE SPECTRA (1-10 S) IN JAPAN -A PRELIMINARY ANALYSIS
Natural Phenomena	Seto WAHYUDI	Dept. of Civil Engineering, The University of Tokyo	EFFECTS OF PRE-SHEARING HISTORY ON RE-LIQUEFACTION BEHAVIOR OF SAND USING STACKED-RINGS SHEAR APPARATUS
Structures	Ji DANG	Dept. of Civil and Environment Engineering, Saitama University	NONLINEAR NUMERICAL HYSTERESIS MODEL FOR BI-DIRECTIONALLY LOADED ELASTOMERIC ISOLATION BEARINGS
Social Issues	Kazunori TAKAHASHI	Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba	DAMAGE ASSESSMENT OF BRIDGES SUBJECTED TO THE 2011 OFF PACIFIC COAST OF TOHOKU EARTHQUAKE TSUNAMI BY ANALYZING SATELLITE IMAGES
Social Issues	Wen LIU	Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology	DETECTION OF THREE-DIMENSIONAL CRUSTAL MOVEMENTS DUE TO THE 2011 TOHOKU EARTHQUAKE FROM SAR IMAGES

\* JAEE presents the Excellent Paper Award to the young researchers who submitted an excellent paper and have made an outstanding oral presentation during the international symposium.

# 表層地盤が強震動に及ぼす影響に関する 国際ワークショップ開催報告

山中 浩明 / 東 貞成  
●東京工業大学 ●電力中央研究所

## 1. はじめに

2013年9月24日に東京都六本木の政策研究大学院大学(以下、GRIPS)において、本学会、GRIPSおよび建築研究所の主催のもと、表層地質が地震動に及ぼす影響の国際ワークショップが開催された。これは、本学会の「地盤情報データベースを用いた表層地質が地震動特性に及ぼす影響に関する研究委員会」(以下、ESG研究会)が主体となり企画したワークショップである。ESG研究会では、2011年東北地方太平洋沖地震の発生後、観測された強震動記録と地盤構造の関連について検討を続けてきた。その成果として、本学会年次大会オーガナイズドセッション(2011～2013年の3回)および国内ワークショップ(2013年2月)を企画し、成果の報告と議論を行っている。ESG研究会では、海外の著名なESG関係研究者も含めて研究会で検討してきた結果を議論し、我が国から東北地方太平洋沖地震の強震動特性の解明に関する最新の成果を発信することを目的として、この国際ワークショップを開催することを企画した。会場は、GRIPSの六本木キャンパスにあり、都心の中心部にあるにもかかわらず、落ち着いた環境でワークショップを行うことができた。当日は、約80名の参加者があった。

## 2. 東北地方太平洋沖地震関係セッション

ワークショップは、ESG研究会の山中浩明委員長(東工大)の開催の趣旨説明で始まり(写真1)、GRIPSの大山達雄副学長の挨拶の後、各講演者からの報告となった。

前半のMorning Sessionでは、津野靖士委員(JR総研)の司会により、4名の我が国の研究者から東北地方太平洋沖地震に関する最新の研究成果が報告された。まず、三宅弘恵氏(東大地震研)は、今まで提案されている本震の震源断層モデルを比較し、強震動特性からみた本震の断層モデルの特徴を述べた。つぎに、佐藤智美氏(清水建設)は、震度7が観測された観測点等での地震記録の分析やその後の微動観測などの調査結果を紹介し、大振幅の原因について述べた。大野晋氏(東北大)は、本震の際に得られた最大加速度や最大速度の距離減衰の特徴を述べ、既往の観測値や提案式と比較した。観測された最大加速度でみると、既往のM8

クラスの場合と大きな差異がないことを指摘した。しかし、既往の経験式では説明できない大振幅の記録も一部の観測点で観測されている。最後に、川辺秀憲氏(京大原子炉試験所)は、本震による長周期地震動の発生および伝播のシミュレーション結果について述べた。仙台や関東地域の盆地の観測点では、計算結果が過小評価であり、地盤モデルに改良の余地があることを指摘した。



写真1 山中委員長による開会挨拶

## 3. 国内外のESG研究報告セッション

昼休みの後のワークショップ後半では、我が国の研究も含めて、各国の最新のESG研究の報告があった。Afternoon Session1は東貞成委員(電中研)の司会によって再開され、4名の講演がなされた。Oguz Ozel氏(Istanbul大学、トルコ)は、トルコにおける研究プロジェクトの紹介を行った。1999年トルコ・コジャエリ地震(イズミット地震)の被害で明らかになったイスタンブールの脆弱性に関する課題と将来の想定地震に対する被害予測事例、被害軽減や早期警戒システムに関する研究プロジェクトの紹介を行った。また、地球規模課題対応国際科学技術協力プログラムによるマラ地域(マラ)の地震・津波被害軽減と防災教育に関する日本・トルコ共同研究プロジェクトが紹介された。岩田



写真2 質疑応答の様子

知孝氏(京大防災研)は、文科省委託「上町断層帯における重点的な調査観測」で明らかになった、上町断層の長期評価と強震動予測の現状について報告をした。Julie Rénier氏(CETE、フランス)は、一次元の非線形地盤応答解析に関する国際ベンチマークテストとして開始されているPRENOLINプロジェクトについて、検証フェーズおよび東北地方太平洋沖地震時に防災科研KiK-netや港湾空港研観測点で得られた記録を対象とした妥当性確認フェーズの計画を紹介した。Ralph Archuleta氏(UCSB、アメリカ)は、UCSBによるNEESプロジェクトとして各地で実施されているポアホールを用いた地震観測および間隙水圧観測の紹介を行い、そこで明らかになった非線形地盤応答特性について述べた。

Afternoon Session2は岩田知孝委員(京大防災研)の司会により、5名の講演があった。Cécile Cornou氏(ISTerre、フランス)は、ギリシャ・ケファロニアのArgostoli盆地において実施されている小スパンアレイ地震観測に基づく地震動の空間変動についての研究の現状について紹介した。Francisco Sánchez-Sesma氏(UNAM、メキシコ)は、拡散波動場を仮定した水平動/上下動スペクトル比の理論を紹介し、地下構造のインバージョンにおける束縛条件となり得ることを述べた。先名重樹氏(防災科研)は、地震調査研究推進本部での広帯域強震動評価のために検討を進めている、地震基盤から表層までの統一的なモデル化方法について紹介した。Misko Cubrinovski氏(Univ. Canterbury、ニュージーランド)からは、2010年~2011年にクライストチャーチで発生した地震の強震動特性と液化化被害の紹介があった。盆地構造が地震動に及ぼす影響を示し、地下構造調査による3次元モデル化が行われていることが述べられた。最後に、Kuo-Liang Wen氏(NCU、台湾)が台湾における強震観測、サイト影響評価や台北盆地の3次元モデル、非線形地盤応答評価の現状について紹

介した。また、台湾国内のサイト及び盆地効果に関するワーキンググループの紹介と、IASPEI/IAEEの合同ESG国際ワーキンググループの活動の紹介がなされた。

ワークショップの最後に、IASPEI/IAEEの合同ESG国際ワーキンググループ委員長でもある川瀬博委員(京大防災研)から閉会の挨拶があった。その後、懇親会が行われた。GRIPSの安藤尚一教授から乾杯の挨拶で始まり、海外からの出席者からも挨拶を頂き、和やかなうちにワークショップを閉会した。



写真3 川瀬委員による閉会挨拶

#### 4. おわりに

当学会におけるESG研究会は2013年12月で予定の活動期間を終了するが、国際的にはESG研究活動は継続している。本ワークショップ開催中の昼休みに、IASPEI/IAEEの合同ESG国際ワーキンググループのビジネスミーティングが委員長の川瀬博氏の司会で行われた。ESG国際ワーキンググループは、これまでに4回の国際会議を実施しており(1992年日本、1998年日本、2006年フランス、2011年アメリカ)、次回の第5回ESG国際会議は台湾で2016年に開催されることが決定した。本委員会では、上記の国際的なESG研究への参画と国内研究の高度化を目指し、次期の研究委員会立ち上げを企画しているところである。

最後に、参加いただいた皆様には活発な議論をいただきました。会場の使用をご許可いただきましたGRIPSにあらためて感謝いたします。また、GRIPSの大山達雄副学長にはご講演を頂き、安藤尚一教授には本ワークショップ開催に際して多大なるご助言、ご支援を頂きました。さらに、ワークショップでご講演を頂きました皆さまには、お忙しいなか、期日までに原稿を提出して頂き、立派な資料を作成することができました。各位に心より感謝いたします。なお、本ワークショップ資料集は学会事務局において実費で入手可能です。

# 「地震災害に負けない社会を目指して: 第10回地震マイクロゾーンセッションとリスク軽減に関する国際ワークショップ」開催報告

横井 俊明

● (独) 建築研究所国際地震工学センター

政策研究大学院・(独) 建築研究所・日本地震工学会の主催による表記のWSが、2013年9月25日、東京都港区六本木の政策研究大学院に於いて、前日同会場の日本地震工学会主催「表層地盤が強震動に及ぼす影響に関する国際ワークショップ」とタイアップで開催された。本WSでは、東日本大震災後国内で進められてきた地震及び地震・津波災害の研究成果から政府の防災施策等までをカバーする幅広い話題に加えて、招聘外国人講演者の母国でのそれらの情報も共に紹介され、参加者55名の間で活発な議論が行われた。

最初に、荏本氏(神奈川大)と筆者により、本WSの経緯説明及び開会の挨拶が行われた。

午前のセッションでは、入倉氏(愛工大)が、2011年東北地方太平洋沖地震の複雑な震源過程、特に強震動生成領域に関する研究成果のまとめとその震源研究における意味について報告した。続いて源栄氏(東北大)は、同地震の際に仙台市内で発生した建物被害や斜面崩壊、及びそれらを起こした地震動に関する研究成果を報告し、包括的でバランスのとれた震災対策の必要性を提言した。都司氏(建築研)は、同地震に因る津波と津波災害の特徴及び住民の避難行動と被災の度合いの関係についての研究成果を報告した。次にNavarro氏(Almeria大,スペイン)は、2011年Lorca地震(スペイン南部)の被害の概要、地震動及びRC建物の動的挙動の地震による変化について報告した。鹿嶋氏(建築研)は、2011年東日本大震災の際に建築研究所の強震観測網で得られた強震記録を使った建物の動的挙動の地震による変化の研究成果を報告した。谷氏(防災科研)は、同震災で顕著に見られた宅地の液状化被害への対策として、地盤工学会が中心となって設立した地盤判定士制度の目的と概要を報告した。

午後前半のセッションでは、安藤氏(政研大)が日本の災害管理施策とその体系について概説し、次にOrdaz氏(メキシコ国立自治大)が、メキシコで開発されたリスク評価ツールとメキシコ自然災害基金による金融管理手法について報告した。Bautista氏(フィリピン地震火山研究所)は、同国Panay島での被害地震(1948

年, M8.1)の震源位置を生存者からの聞き取り・震災遺構の再調査・地盤増幅モデルに拠る震度分布評価により推定した研究成果を報告した。藤山氏(内閣府)は、2011年東日本大震災後、内閣府で進められている南海トラフで想定される最大級地震による地震・津波被害推定を中心に、日本の震災対策について概説した。また、Wen氏(台湾中央大)は、ハノイ(ベトナム)での地震マイクロゾーンセッション調査結果について報告した。

午後後半のセッションでは、中村氏(気象庁)が、気象庁が2013年3月から発表を始めた長周期地震動階級について、その経緯・概要及び望まれる利用方法について解説した。続いて、畑山氏(消防研)が、日本での長周期地震動による石油タンクのスロッシングによる被災事例、また2011年東日本大震災と2003年十勝沖地震による被害の比較を報告した。Regnier氏(CETE, Mediterranee, フランス)は、KiK-net強震記録(防災科研)を使って、地盤の非線形挙動を定量的に解析した研究成果を報告した。瀬尾氏(宮城教育大)は、学校を中心に住民の避難行動による被災度合いの違いの調査報告を行った。最後にNavarro氏が開会の挨拶を行った。

前日のWSと共に本WSでは、地震災害を軽減していく研究や施策の情報を、国境を越えて交換し議論する機会を提供することができた。なお、本WSの発表資料には残部が有り、事務局より入手可能である。



会場の様子

# システム性能を考慮した産業施設諸機能の耐震性評価委員会セミナー報告

中村 孝明

●委員会幹事 (株)篠塚研究所

## 1. はじめに

原子力発電所のみならず、高圧ガス施設、化学プラントなどの各施設は、建屋、設備機器、Utilityや什器類などを個別に評価しているため、それらの耐震裕度は一律ではなく、弱い要素の被害によりシステム機能は停止するという盲点がある。本研究委員会は、産業施設の諸機能を建屋、設備機器、Utility、什器類などが連なったシステムとして捉え、システム機能の維持という観点から耐震性能を満たすように構成要素の耐震評価を行う、新たな設計法、評価法に結び付く提言を行うことを目的に、2011年2月から2013年3月までのおよそ2年間実施された。本稿は同委員会の成果報告として2013年10月23日に行われたセミナーについて報告する。

## 2. セミナー報告

セミナーは2013年10月23日の13時～17時、建築会館308会議室にて行われ、45名の参加者の下、前半に東日本大震災における被害調査報告、後半にシステム機能の維持・早期復旧を目標に置いた種々の解析事例を報告し、活発な討議が行われた。

前半は委員長である高田一(横浜国立大学)の挨拶に始まり、工場施設を対象に大谷章仁(IHI)、石油石化プラント施設を大嶋昌巳(千代田加工建設)、電力施設を植竹富一(東京電力)、免震・制振施設を対象に古屋治(東京都市大学)の各委員より、被害調査報告が行われた。

後半は対象施設のシステム機能に着目し、その機能の復旧曲線を推計すると共に、システム上の弱点や優先的に対処すべき対策について考察した。まず、工場施設については境茂樹(安藤・ハザマ)、道路施設は吉川弘道(東京都市大学)、鉄道施設は服部尚道(東急建設)、農業用水施設は静間俊郎(篠塚研究所)、浄水場施設は馬場啓輔(日本上下水道設計)、水力発電施設は中村孝明(篠塚研究所)の各委員により発表があった。また、司会進行は新谷真功委員(福井大学)が担当した。

被害調査報告では、石油石化プラント施設の製造装置の被害に関する質疑があり、タンク類には津波や液状化、揺れに起因した火災被害はあったものの、製造

装置には顕著な被害はなかった旨の説明があった。また、免震装置の被害に関する質疑では、構造主体に被害は見られなかったものの41cmの歪が仙台で観測されたこと、サーバー等の免震装置はそのスペックを理解しないまま使用し被害が多くあったこと、などが説明された。

復旧曲線の解析事例に対する質疑では、システム上の冗長性確保と要素の耐震性能を比較した場合、どちらがより効果的か、その判断方法を含め質問があった。この点について、復旧曲線の改善効果を見ることで自明となることが説明された。また、並列システムの場合、構成要素の耐震性能や復旧難易度だけでは弱点を把握し難いのでは、との質問に対し、産業施設では、並列システムは直列システムの冗長性確保を目的に用いられるケースが多ことから、並列システムを直列システム上の要素と捉え、比較するのがよいのでは、との説明があった。

他にも、調査、技術面での討論が行われ、現行の設計基準や指針は細分化されており、このためシステム上の弱点や優先的に対処すべき対策を把握できないという意見で一致した。これに対し、システム信頼性評価技術を援用した復旧曲線の評価技術は、システムあるいは仕組み総体としての安全性を確認する上で有用であり、またシステム上の弱点を見出す合理的な手段となりうるとの結論を得た。

## 3. 今後について

今後、システムあるいは仕組み総体として捉えた対策の優先順位を、定量的に確認することへの要請が高まることは確かであり、これまでの研究成果を防災実務に役立てることが急務であると実感した。そこで、後継の委員会を立ち上げ、技術面での高度化と共に、システム性能を評価する解析プログラムの開発など、一歩踏み込んだ調査・研究を進めたいと考えている。

# E-ディフェンス 免震建物の衝突加振実験の見学会報告

境 茂樹

●安藤ハザマ

## 1. はじめに

日本地震工学会では、会員向けの行事として、独立行政法人防災科学技術研究所（以下、防災科研と称す）の協力のもと兵庫耐震工学センターのE-ディフェンスで行われる振動台実験の見学会を企画している。

昨年8月26日に、実大免震建物の衝突加振実験の見学会を開催したのでここに報告する。

防災科研では、「次世代免震・制震構造実験研究プロジェクト」（2010年～2015年）を立ち上げ、免震技術の高度化を目指した研究が進められている。本プロジェクトでは、免震構造が長時間・長周期地震動を受けた場合の周辺構造物への衝突の影響や、地震動の鉛直動による影響などを調査検討し、これらの複合的な影響を考慮して機能保持性をより向上させるための免震技術の高度化をめざし、精力的な研究が行われている<sup>1)</sup>。

## 2. 実験の概要と実施状況

今回の実験（2013年度）は、実大免震建物の衝突による被害低減対策開発のための実験であり、これまで明らかにされていない免震建物の擁壁への衝突に伴う衝撃による影響を検討するための加振実験で、設計で想定している建物の揺れを上回る地震動によって建物が擁壁に衝突した場合、室内を含む建物全体や免震装置にどのような影響が及ぶのかについてデータを取得し今後の被害低減対策の開発につなげることを目的としている。なお、実大免震建物を振動実験により擁壁に衝突させる実験は世界初とのことである。

免震建物の試験体は、4階建ての鉄筋コンクリート造建物（13.4m×10.0m×14.9m、総重量697t）で、その試験体の下部に免震装置が組み込まれている。使用された免震装置はφ650mmの積層ゴム支承2基と弾性滑り支承2基およびオイルダンパー4基で、試験体の周期は3.8秒と一般的な免震建物の周期とほぼ同等の動的特性を有している。

建物の内部には、設備・什器を配置して実際の建物機能を模擬することにより、衝突に伴い発生する衝撃が、建物機能に及ぼす影響を確認できるように、1階には工場、倉庫を模擬した各種シャッターを、2階には住居の居室と上下免震された区間に実験研究室と電

算機・サーバー室を再現し、3階には病院の診察室を、上下免震された区画にはプラント系の運転制御室と医療関連施設を、さらに4階には美術品展示室、学校の教室を模擬した機能を再現していた。

また、今回の実験は、昨年度に実施されたE-ディフェンス震動台の長周期化改造工事により強化された機能を活用して行われた最初の実験で、アキュムレータの増設（4kL付加）と加振機へのバイパスバルブ機能を付加し、油量を効率的に使う長周期地震動を長時間加振できるように改造されている<sup>2)</sup>。この改造により、2011年東北地方太平洋沖地震における宮城県大崎市のK-NET古川波（震度6強）による加振が可能となった他、本実験では1995年兵庫県南部地震によるJR鷹取波（震度7）、南海トラフの巨大地震を想定した大阪府庁波（震度5弱）、大阪府の上町断層を想定した天王寺波（震度6強）を用いた実験が計画されている。参考としてこの改造による代表的な加振波の消費油量の経時変化を図1に示す<sup>2)</sup>。

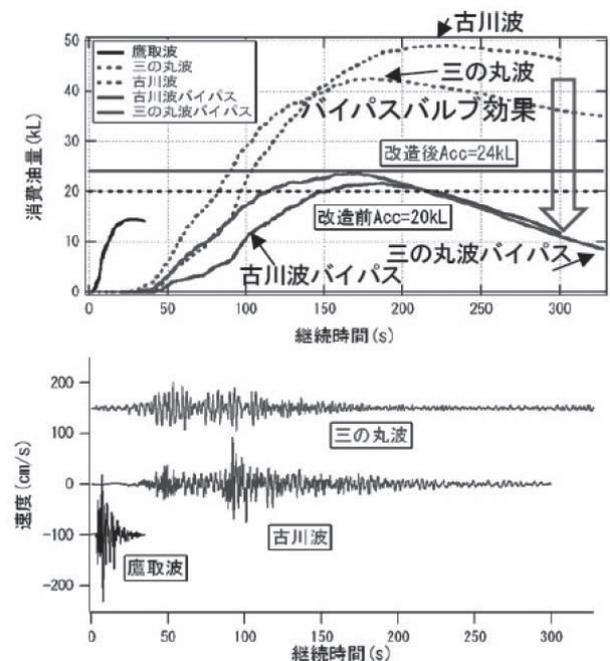


図1 E-ディフェンス改造による加振実験時の消費油量の経時変化と速度波形<sup>2)</sup>

見学会当日は、K-NET古川波を用いた加振実験が行われた。実験の状況は、継続時間の長い加振において、最初の振幅レベルの小さいところでシャッターの振動音がなりはじめ、振幅が大きくなるにつれて免震建物と擁壁との間に設置されたエクспанションジョイントカバーが大きく可動し、主要動部では免震建物が擁壁に2回衝突する状況が衝突時の音とともに確認することができた。

実験の詳細については、今後HPや論文等で公表されると思われるが、終了後に本実験を担当する防災科研の佐々木氏によれば、「良好なデータが得られ、実験の目的を達成できた。特に見学会の翌日の実験では、擁壁が大破するまで加振を行ったが、上部構造建物が大きく損傷することなく健全であったこと、室内に設置された設備機器類が大きくずれ動いたことなどが確認された。計測データの詳細な分析により衝突による影響を明らかにしていきたい。」とのことであった。

今回の試験結果は大変貴重であり、今後、試験データが整理され、一般に公開されることを期待する。



写真1 試験体である免震建物の全景



写真2 見学会の参加風景

### 3. おわりに

今回の見学会には、関西、中部、関東地区より32名（会員：19名、非会員13名）の参加があった。日本地震工学会では、今後も防災科研の協力を得てE-ディフェンスの実験見学会を企画する予定である。また、現地までの交通手段については新神戸駅から往復の貸切バスをチャーターするので大変便利であり、多くの会員にご参加いただきたい。

最後に、本見学会では、防災科研の佐々木氏、河又氏、パシフィックコンサルタンツの永田氏、中田氏をはじめ、多くの方々の協力を得た。ここに謝意を表する。

### 参考文献

- 1) 佐藤栄児・佐々木智大・福山國夫・田原健一・梶原浩一：E-ディフェンスを用いた実大実験による免震技術の高度化 その1 研究プロジェクトの概要、日本地震工学会・大会梗概集、pp.751-752、2013.  
ほか
- 2) 阿部健一・梶原浩一：E-ディフェンスの長周期地震動加振対応の改造、日本地震工学会・大会梗概集、pp.207-208、2013.

## 日本学術会議主催シンポジウム

# 「南海トラフ地震に学界はいかに向き合うか」に参加して

当麻 純一

● (一財) 電力中央研究所

### 1. はじめに

2013年12月2日午後、六本木の日本学術会議講堂を満員(約350名)にして題記のシンポジウムが開催された。主催は、同会議「土木工学・建築学委員会」、およびそのメンバーが主導する「東日本大震災の総合対応に関する学協会連絡会」である。

今回は、南海トラフ巨大地震の防災・減災のために、さまざまな学術分野がどのように向き合い、どのような学際的な連携を進めていくべきかを、分野の壁を越えて議論することを目的に企画された。

### 2. 内閣府から被害想定の説明

シンポジウムは大西隆日本学術会議会長の開会挨拶に続き、日原洋文内閣府政策統括官(防災担当)による講演「南海トラフ巨大地震の被害想定と対策について」で、中央防災会議による被害推定(第二次報告、2013.3)の概要が紹介された。同報告では、第一次報告(建物被害・人的被害等、2012.8)に続き、ライフライン等施設被害、経済的な被害が推計されている。そのうえで、①津波からの人命の確保、②甚大な被害への対応、③超広域にわたる被害への対応、④国内外の経済に及ぼす甚大な影響の回避、に向けての対策がいま求められていることが述べられた。

### 3. 学協会代表によるパネルディスカッション

被害想定の説明を受け、28学協会からの代表1名ずつによるパネルディスカッション「南海トラフ地震に学界はいかに向き合うか」が、日本学術会議大西会長、内閣府防災担当ほかの参加のもとで行われた。議論は3テーマ「事前防災への取り組み」「発災時の対応と備え」「発災後の回復力の強化」の順に、各々1時間ずつ行われ、最後に約30分の全体討論がなされた。各テーマ内では、約10学協会ずつに振り分けられたパネリストから、プレゼンテーション(3分以内)と、一問一答形式(発言1分以内)のパネリスト間の質疑応答がなされた。パネリストが30名余と多いため、ディスカッションが有効に行えるのか、当初は懸念をもったが、コーディネータの米田雅子慶応義塾大学特任教授(学協会連絡会幹事)の見事な采配と、各パネリストの協力によって、その懸念は杞憂であった。こうしたやり

方もあるのかと、見習うべき点が多かった。

### 4. 当麻のプレゼンテーション

このパネルディスカッションの第1テーマのなかで、「大震災の教訓を南海トラフ地震対策に活かす」と題して、次の趣旨のプレゼンを行った。

内閣府で「あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波」が検討されたことは、東日本大震災の教訓が活かされたと言える。しかし、その対策について防災実務の現場に困惑も見られる。災害の想定は実行可能な対策の提案とセットでこそ意義がある。

日本地震工学会は、元々、地震に係る複数分野の会員から構成されていて、異分野の協同活動の素地があり、それを十分に活かしたい。日本地震工学会は、次の決意表明をしており、それを実行に移す段階だ。

- ・安全と必要コストの周知を
- ・情報化社会の発展を地震防災の実践にも
- ・ハードとソフトの防災技術の融合
- ・アウトリーチ等、社会への情報還元活動を積極的に(地震被害の軽減と復興に向けた提言2012.5.24)

### 5. あとがき

次のWebサイトで当シンポジウムの配布資料の掲載とUstreamによる録画配信がなされているのでぜひご覧ください。 <http://jeqnet.org/sympo/>



図1 会場風景(学協会連絡会提供)

## 地震災害対応委員会より

田村 敬一

●地震災害対応委員会委員長(京都大学大学院)

日本地震工学会では、原則として、国内の地震に関しては最大震度が6弱以上の場合に、また、海外の地震に関しては甚大な被害が発生した場合または発生が予想される場合に、災害情報の収集を開始し、ウェブページを開設するとともに、会員の皆様には電子メールにてお知らせしています。本災害情報につきましては、速報性を重視するため、ウェブページの開設時点では報道機関等からの情報が多くを占めることとなりますが、日本地震工学会ではその後も継続して災害情報の収集を行い、下記のウェブページにてアーカイブ化を図っています。会員の皆様には、是非、本ウェブページをご覧ください、過去の地震であっても、例えば、被害調査や被害状況の分析を行ったといった情報をお持ちの場合には日本地震工学会の事務局(電話:03-5730-2831、office@general.jaee.gr.jp)までご連絡下さるようお願いいたします。

【日本地震工学会の地震情報のウェブページ】

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

また、日本地震工学会では、関係する日本建築学会、土木学会、地盤工学会、日本機械学会及び日本地震学会とともに、海外での地震被害調査等を目的とした「6学会災害調査等積立金」を設けています。この積立金は、2012年3月に6学会の合同で開催した東日本大震災に関する国際シンポジウム(One Year after the 2011 Great East Japan Earthquake)を契機として、関係学会の合意により、主として若手研究者を地震被害調査等に派遣するために設立されたものです。すなわち、研究費が必ずしも十分ではない若手研究者の地震被害調査参加を支援することによって、見識を深め、今後の研究活動に役立てていただくことを意図しています。

日本地震工学会では、当初、日本建築学会及び土木学会との3学会による「3学会地震被害調査連絡会」を設置し、その後、順次、関係学会からの参加を得て、現在は6学会による「地震被害調査関連学会連絡会」を組織しています。前述の6学会災害調査等積立金の執行に当たりましては、地震被害調査関連学会連絡会を通じて関係学会の合意を得ることが前提になりますが、特に、若手研究者の皆様にはこのような積立金の存在を視野に入れていただければと思います。地震災害は発生しないに越したことはありませんが、いざ発生した場合には日本地震工学会として速やかに対応して参ります。

## 畏友佐伯光昭氏のご逝去を悼んで

川島 一彦

●東京工業大学名誉教授

創設期からの本会会員でスペシャリアドバイザーを務めた佐伯光昭氏が2013年9月30日に亡くなりました。

佐伯氏は、1969年に埼玉大学理工学部建設基礎工学科を卒業後、日本技術開発(株)に入社され、土木本部地震防災室長、地震防災部長等を歴任された後、2004年に代表取締役社長、2009年に(株)エイト日本技術開発代表取締役副社長、2011年に最高顧問、2013年に特別顧問を務められました。会社経営の中核に携わると同時に、コンサルタンツの立場から、終生、土木構造物の耐震性、地震防災に資する設計のあり方に熱意を傾注されました。



佐伯 光昭氏

多岐にわたる貢献をされましたが、とくに、建設省総合技術開発プロジェクト「新耐震設計法の開発」における地震動特性に関する研究、東京湾横断道路の橋梁及び人工島の耐震設計、番の州高架橋、明石海峡大橋、来島海峡大橋など本州四国連絡橋の耐震設計、東京都の既設橋梁耐震補強計画の策定、日本道路公団の伊勢湾岸道路、名港中央橋、東大橋の耐震設計等に携われました。

また、道路橋示方書・V耐震設計編およびIV下部構造編の改訂に携わると同時に、土木学会コンクリート標準示方書の耐震設計編および耐震性能照査編の策定、建設省土木研究所と民間47社との共同研究として実施された道路橋の免震構造システムの開発などにも大きく貢献されました。

1992年に埼玉大学から博士(工学)を取得されるとともに、技術士(建設部門(土質および基礎)、総合技術監理部門)の資格を得られていました。また、上記の建設省総合技術開発プロジェクト「新耐震設計法の開発」における地震動特性に関する研究の一環として、1978年度土木学会論文賞を受賞(連名)されておられます。

佐伯氏の明るい性格、誠実でひたむきな技術に対する取組みは耐震に限らず、広い分野の方達に受け入れられ、信頼されていました。67才というあまりに若すぎのご逝去でしたが、みごとにご生涯でありました。心から、ご冥福をお祈りする次第です。



## 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。

本号より、「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「会員ページ」に記載されています。

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

会員ページ <http://www.jaee.gr.jp/members.html>



## 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 <http://www.jaee.gr.jp/contribution.html>



## 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](mailto:office@general.jaee.gr.jp)

## 編集後記：

間もなく3月に突入というこの時期、まだまだ本格的な暖かな春にはほど遠い今日この頃です。仕事や研究の年度末の総決算の時期でもあり、慌ただしい日々を送られている方も多いと思います。

さて、今回の特集は第2回「南海トラフ地震を考える(1)」と題して、第1回目の首都直下の大地震の特集に引き続き、多方面から貴重なお話を寄稿して頂きました。東北地方太平洋沖地震の発生から3年が経過しようとしていますが、この地震災害の教訓を生かした、産官学各方面での地震災害の低減に向けた取組みや地道な努力を知る良い機会となったと思います。

今年の正月明けにJR有楽町駅付近で発生した火災により、また2月8日に首都圏を襲った大雪により、交通や送電、商業活動に混乱が発生し、多くの方が予期せぬ影響を受けました。このことは、地震を含めた様々な非日常的な出来事により発生する都市機能の麻痺に対して、我々一人一人がどのように備えるのか、どのような行動を取るのが適切なのか、日頃から考えておくことの大切さを改めて示唆しているように感じました。産官学の活動だけに頼るのではなく、個人レベルの対策も怠りなく進めて行きたいものです。

さて、次号の会誌も引き続き大地震に関する特集が組まれる予定ですので、今後発生が懸念される地震や津波、その対策について考える機会として活用して頂けたら幸いです。

最後になりましたが、年度末のお忙しい中、快く寄稿して頂いた著者の皆様方、校正・編集に惜しみなく時間を割いて頂いた関係各位に深く感謝いたします。

高橋郁夫(清水建設)

## 会誌編集委員会

委員長	久田 嘉章	工学院大学	委員	上田 恭平	鉄道総合技術研究所
幹事	高橋 郁夫	清水建設	委員	佐伯 琢磨	三菱総合研究所
幹事	松本 浩幸	海洋研究開発機構	委員	桜井 朋樹	新エネルギー・産業技術総合開発機構
幹事	山崎 義弘	東京工業大学	委員	佐藤 健	東北大学
			委員	田中 清和	大林組
			委員	南雲 秀樹	東電設計
			委員	松岡 昌志	東京工業大学
			委員	渡壁 智祥	日本原子力研究開発機構

日本地震工学会誌 第21号 Bulletin of JAEE No.21

2014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 2014

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