

日本自然災害学会 創立 30 周年記念オープンフォーラム
土木学会 第 31 回地震工学研究発表会 特別講演会

「東日本大震災からの教訓と これからの防災研究の展望」

日時：平成 23 年 11 月 18 日 (水) 13:00 ~ 17:00
場所：東京大学生産技術研究所 An 棟 コンベンションホール

主催：日本自然災害学会・公益社団法人 土木学会地震工学委員会



共催：京都大学防災研究所・東京大学生産技術研究所
後援：一般財団法人 防災研究協会

日本自然災害学会 会長 中川 一

日本自然災害学会は、自然災害科学の研究の向上と発展につとめるとともに、防災・減災に資することを目的として1981年3月に創設され、2011年に30周年を迎えました。そこで、創立30周年を記念して、2011年11月17日に東京大学生産技術研究所で日本自然災害学会創立30周年記念オープンフォーラムを開催いたしました。このオープンフォーラムは、「土木学会第31回地震工学研究発表会・特別講演会」としても位置付けられ、日本自然災害学会と公益社団法人土木学会の地震工学委員会とで共催したものです。

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、M9.0という我が国で記録された災害の地震の中で最大の地震であり、この地震によって引き起こされた津波は、延長500kmにもわたる地域を襲い、死者15,802名、行方不明者226名（2012年8月31日現在）にも及ぶ多大な人的・物的な被害を引き起こしました。この津波は、原子力発電所の電源喪失を招き、その周辺を含む広い範囲で放射性物質が撒き散らされ、土壌、河川、森林等に汚染物質が複雑に拡散しました。津波被害を受けた多くの地域や放射能で汚染された地域では復興が遅れ、徐々にではありますが、被災した各地で復興の芽が出つつありますが、1年半経過した現在でも生活再建がいつになるか見通しが立たない状況にあります。

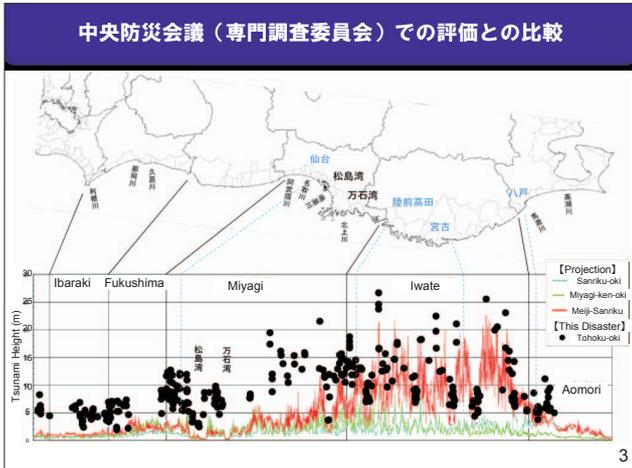
この記念フォーラムでは、「東日本大震災からの教訓とこれからの防災研究の展望」と題して、東日本大震災から得られた教訓とこれからの自然災害・防災研究の展望に関して、津波、地震防災、地盤災害、防災計画等の分野の第一人者をお招きし、第一部では東日本大震災から得られた知見や教訓を総括していただきました。津波防災の観点からは東北大学の今村文彦先生に「東日本大震災での津波の被害像」と題して、地盤災害の観点からは東京大学の小長井一男先生に「震災が具術者に問いかけること」と題して、原子力防災の観点からは電力中央研究所の当麻純一様から「東日本大震災からの教訓—原子力土木の観点から—」と題して、総合防災の観点からは京都大学の岡田憲夫先生から「東日本大震災からの教訓—総合防災の課題—」と題して基調講演を頂戴し、そのあとの第二部では、「これからの防災対策・研究の課題と展望」と題して、講演者の皆様によるパネルディスカッションを開催し、このフォーラムの実行委員会委員長を務めていただいた東京大学の目黒公郎先生にコーディネーターを務めて頂きました。また、会場にお越しの皆様と共に総合討論を実施して、自然災害研究、防災研究を進めて行く際の今後の課題や展望についてとりまとめを行いました。

今回のオープンフォーラムは当学会の創立30周年記念のフォーラムということもあり、基調講演とパネルディスカッションの内容を冊子にとりまとめることにしました。近い将来必ず発生すると考えられている首都直下地震や東海・東南海・南海地震に対する課題解決の糸口になれば幸いです。

最後に、目黒公郎先生をはじめ、このオープンフォーラムの実行委員会委員の皆様にはフォーラムの開催のみならず、この冊子の編集、発行に多大の労をおかけしましたことに心より感謝申し上げますとともに、後援いただいた一般財団法人防災研究協会様に感謝申し上げます。なお、本オープンフォーラムは、京都大学防災研究所の一般研究集会「自然災害に関するオープンフォーラム2011（21世紀における自然災害研究の展望）」（研究代表者：東京大学生産技術研究所 目黒公郎教授）を兼ねて実施されました。

東日本大震災での津波の被害像

東北大学 教授 今村 文彦氏



スライド 1

今回のような巨大地震、巨大災害…、特に巨大津波が今回起きた状況を説明させていただきたいと思えます。

まず、いろんなレベルでの評価というものがあると思いますが、我々が防災の基礎、または対象としてとして考えておりますのが中央防災会での評価であります。これが三陸、福島、宮城でございます。ご存知のように地震・津波の常習地帯でありますので、かなりのハザードの実態が解っております。

まずは赤い線で示されている明治 29 年の三陸津波です。最高として 38 メートルを記録しましたし、これだけの大きな被害を起こしていた…。一方、福島県になりますと、残念ながら過去 400 年に関しては巨大な津波は記録されていません。何がターゲットであったかと言いますと宮城県沖、福島県沖または茨城県沖ということになります。この薄緑で紹介されたものが当時の結果となります。この結果に基づいて地域ではハード、ソフト、また場合によっては街作りを展開していった訳です。残念ながらこの黒丸印が今回の沿岸部での津波の高さの記録でございます。気象庁が公式にまとめているものでございまして、後から見ていただく専門家の値を入れますと、30 メートルをゆうに越えている…。この三陸沿岸部でだけ大きい訳ではなくて、特に宮城県、福島県での津波が非常に大きかったということになります。

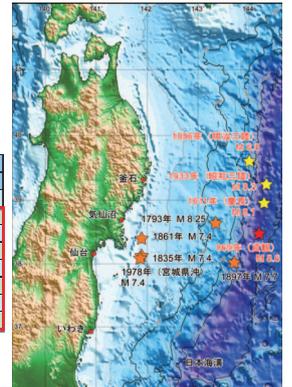
その結果、想定されたハザードでの浸水と実際の被害が大きく違うということが、仙台平野また三陸沖でも…ということがございます。特にこのハザードマップというのは過去の実勢に基づいた非常に信頼性の高いもので、場合によっては想定されるという可能性があるものでございますが、残念ながら頻度が高いがために、過去のデータに縛られた…そういう状況でもあります…。一方北海道側では、500 年に一回様々な新しい点を入れての評価という状況でもあります。いずれにせよこういうマップで評価しますと、この辺りで避難場所等が指定され、今回そこに移動されて

東北太平洋沿岸の歴史津波

- 主に三陸海岸に襲来
- 宮城・福島沿岸では被害例が少ない
- 日本海溝沿いの地震で大津波を発生
- 宮城県沖の地震による津波は小さい

発生年月日	マグニチュード		
	西暦	和暦	
1869 年 7 月 13 日	貞観 11 年 5 月 26 日	8.6	4
1611 年 12 月 2 日	慶長 16 年 10 月 28 日	8.1	3
1793 年 2 月 17 日	寛政 5 年 1 月 7 日	8.25	2
1835 年 7 月 20 日	天保 6 年 6 月 25 日	7.4	2
1861 年 10 月 21 日	文久 1 年 9 月 18 日	7.4	1
1896 年 6 月 15 日	明治 29 年	6.8	4
1933 年 3 月 3 日	昭和 8 年	8.3	3
1978 年 6 月 12 日	昭和 53 年	7.4	0

上: 東北日本太平洋沿岸に襲来した主な歴史津波
右: 歴史津波の波源位置。波源(1985)を元に作成。

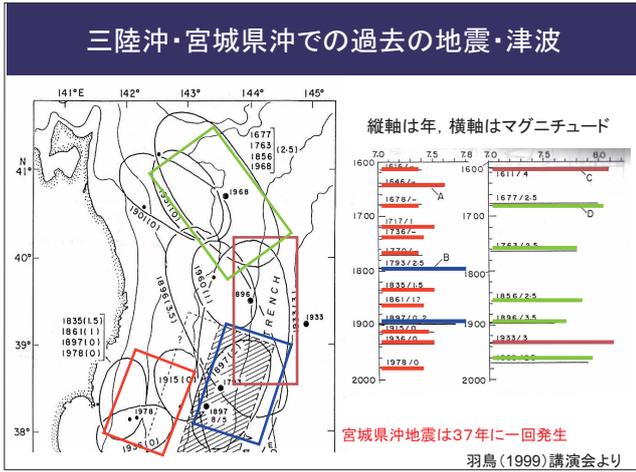


スライド 2

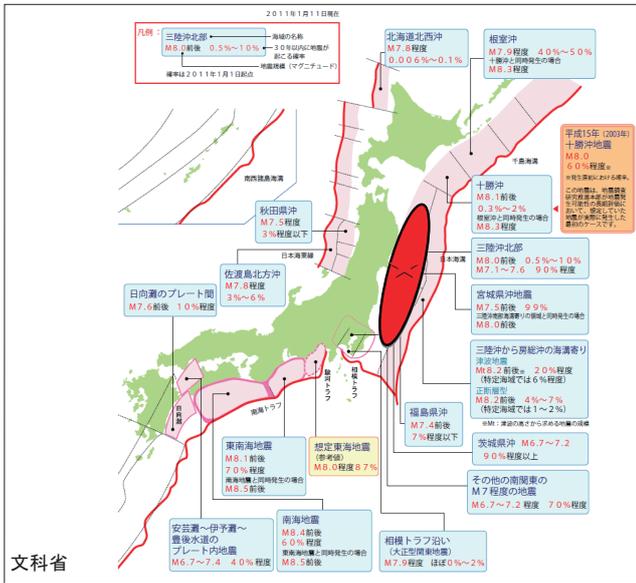
も逃げ遅れてしまった…という状況があります。これは非常に大きな反省点でございます。

そこで我々は改めて過去の地震・津波がどのように起きたのか、ここで紹介したいと思います。太平洋プレートが沈み込んでいく…、過去においても恐らく将来においても恐らく大きな地震・津波が繰り返される地域でございます。そこで古文書、過去を振り返ってその発生間隔や規模をみる時は非常に重要である。今回の震災を受けてもそれを否定するものではございません。しかしながらそれだけでは不十分ということになります。いずれにしても 1611 年からこれだけの古文書が残っており、こういうものを入れますと、過去の歴史的なものであってもどのエリアでどのくらいの規模で地震・津波が発生したのか、その推定ができてきた訳です。この図というのは歴史地震・津波の先生がまさに生涯をかけて作られたものであります。で、このようにエリアが具体的に解りますと、各地域の発生間隔や規模というのが明確に解ります。三陸の北部では過去 400 年間に五回、少し間隔は違う所になりますが、平均 80 年、マグニチュードは 7.8 程度というのが平均像と言われています。一方、その隣になりますと、昭和 8 年、慶長 1611 年という、ちょっと違うサイズの…、300 年または 400 年に一度ということになります。やはり同じエリアにおいても、同じプレートにおいても地域性、地震の周期性は違うということが解ります。

さらに言いますと、この赤いエリアが宮城県沖でありまして発生確率 99%、場合によっては連動というこのブルーのエリアも我々がターゲットとして追いかけています。しかし災害がマグニチュード 7.8 クラス。今回はここを見て頂きますが、赤いエリアで発生し 30 年以内に 99% という可能性においては、今回の震災はまさにこの地域で起きた地震でございます。場所もこの辺りが震源ということで、まあ間違っていた訳ではございませんが、過去ならば



スライド 3



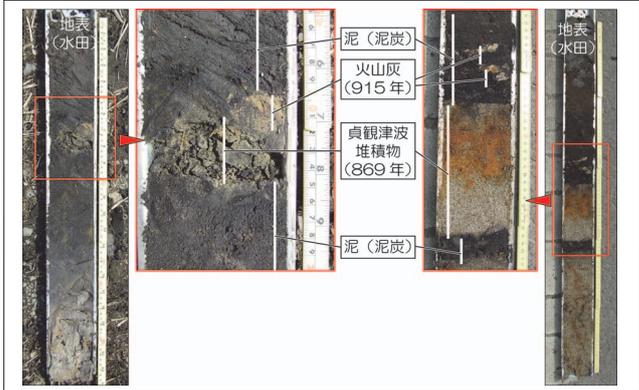
スライド 4

らに起きていた地震が一気に連動してしまった…ということになります。こういう過去の成果に続いて文科省を通して長期発生の評価を行っておりまして、先ほどの宮城県沖、三陸、福島の結果になります。どうしても古文書の質、内容におきましては、400年というのが一つの区切りになります。それ以降はある程度の日記、記録等がございますのでこういう評価にもなります。活断層というのはそれを越えますので、実施的な調査は改めます。しかし今回の地震、津波というのはそれを遙かに越していた…ということになります。

エリアにおいてもこの四つ、五つが連動してしまった…ということになります。先ほども申しましたが、震源においての違いはなかった。しかし規模はまったく推定できなかった…ということになります。



今、現在我々が何をしているかと申しますと、まずは古文書、または過去に残された記録を見直す必要があると。新しい発見、今まで眠っていたものをもう一度見直すことでもございますし、同じもの読み直すということはとても大切なこととなります。これは三大実録というもので、先ほどの表で赤い枠で囲んでいなかった、いわゆる我々が評価する時には参考程度でしかなかったものでございます。この実録自体が大変貴重なもので、ここから専門家の読み取りや解説を受けているんな内容を理解してきましたけれど、もう一度単語の一つ一つを見直したいということです。代表的なものは、例えば「むつ」です。「むつ」というのはどのエリアか？ 今の方ですと青森の陸奥を想定されるかと思うですけども、宮城県の中心です。しかしながら、この時代では福島、茨城の総称として「むつ」というのがあったんじゃないか…？という指摘も頂いておりますので、こういう単語一つ一つをもう一度、今回の震災の状況を受けて見直したいと思っています。

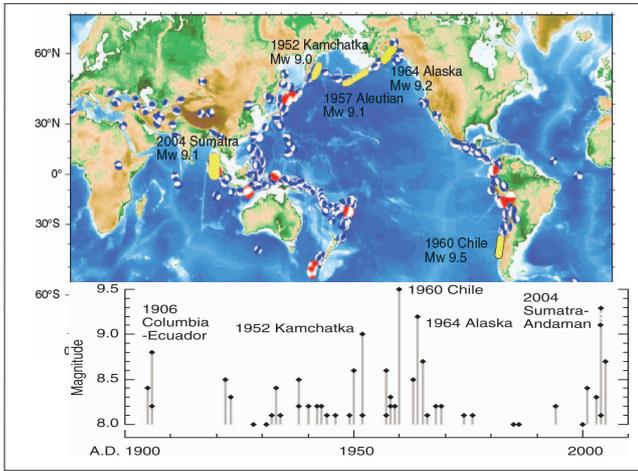


もう一つの点は、古文書には限界がございますので、実際の地質や…、また神社等のレジデンスもそうでございますが、そういうもので範囲をきちんと調べるということになります。

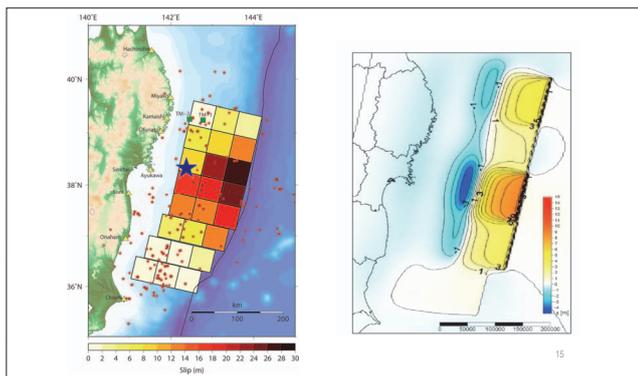
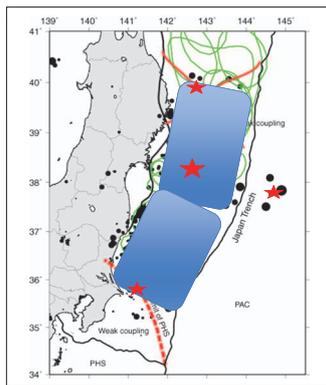
これは仙台平野の堆積物のデータでございます。通常の堆積物とは異なる異常なものが…、火山灰だったりという過去の堆積物になります。これは既に15年前から調査しておりまして、例えば沿岸部からこの赤い線のエリアまで先ほどの堆積物が明確に確認されております。それよりも内陸では発見されていない。

震災の当時、こういった研究は一部日本のメディアの方にも確認していただきましたけれど、私が個人的に驚いたのは、確か4月に発刊されましたサイエンスの雑誌に、箕浦先生達が先ほどの

仙台平野でやっていた研究の成果をきちんとトップで引用して、実はこういったことが日本の地域での防災には活かされてなかったという記事がございました。この『2001 Journal of Natural Disaster Science』というの日本自然災害学会が発刊している雑誌になります。これはまだ認知は高いとは言えません。



で、次に見て頂きたいのが、東大の佐竹健治先生がまとめられたものでして、確かに今回のような巨大地震津波というのは、一つ一つのエリアを見れば数百年、場合によっては千年に一回の割合です。しかし、太平洋または全地球を見ますと、この巨大災害であっても50年間隔で起きているようにも見えます。これは過去100年のものでもございまして、1900年の冒頭にはコロンビア、エクアドルでマグニチュード8後半の地震が起きています。で、その後ぱたっと低下しまして1952年のカムチャッカから1960年のチリ、1960年のアラスカ、これが発生しております。間隔としてわずか50年なんですよ…。しかし、違うエリアでの平均…、これがある時集中する…。これを「巨大地震の活動期」と呼ぶかどうかはまだ限定してはませんが…。このデータとしてはそうなっている。その後としては巨大地震はパタッと活動を低下し、ご存知の通り21世紀に入った現在、2004年のスマトラ、2010年のチリの8.8、そして今年の東日本大震災になる訳なんです。こ

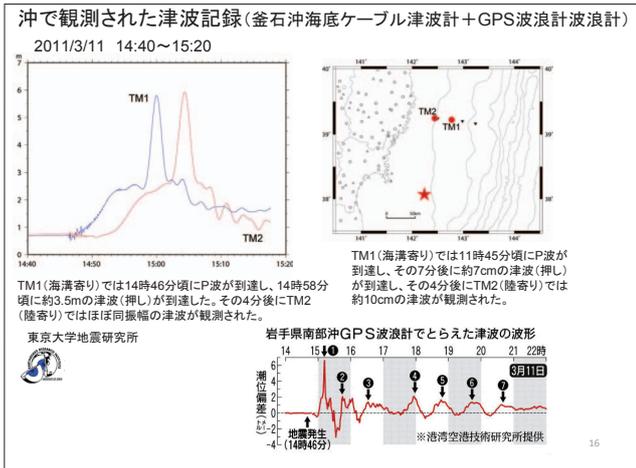


のグラフを我々は改めて見直さなきゃいけない…。地域、地域を見ますと確かに平均値でございしますが、全地球を見ますと決してそうではないと言うことが言えます。

そこでさらに改めてまして、今回の地震と津波を見て頂きたいと思います。ここに震源があります。北に200キロメートル、南に200キロメートル、全体として400キロメートルを越える震源でございまして。通常は本震、その後余震が続く訳ですが、今回も同じでございまして、その規模がまったく違います。本震の規模もさることながら、本震の直後に一つ影響、または刺激された地震が北部・南部、また通常のプレートの境界で起こる地震にプラスですね、正断層というまた違うタイプの地震が存在していた…。これも驚きな訳であります。で、現在もですね、余震活動が続いております…。さすがにですね、有感は少なくなりましたが…。このようにマグニチュード9を越す規模になると余震活動も長くなります。それによりまして震源の近くで30メートル、平均ですね。部分的には70メートルを記録している。で、我々にもですね、これは大きな驚きであります。一体断層でこれだけの滑りがあったのか…。1960年のチリを見ましても、この時は平均で24メートル。これも平均値でありまして、今回のような甚大な滑り量があった可能性が、今回の状況を見ますと推定できることとなります。で、この分布状況は震源付近で大きい、北または南にいきますとやはり滑り量は小さい…。ということになります。ということは、可能性としてまだエネルギーを十分に放出していない状況がございまして、それと相対するように余震の活動も活発に…。ということを読み取ることもできます。

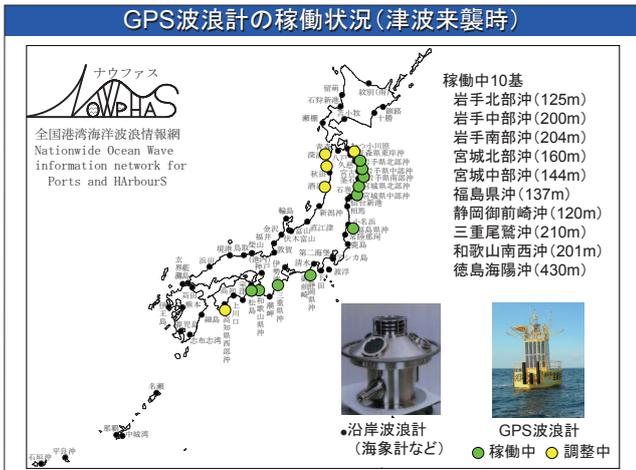
我々東北大学では、このような機械で観測されたデータとプラスして、専門家の方に協力して頂き、我々も協力し、沿岸部での津波の遡上の高さをずっと測って参りました。そうしますと、宮古付近を中心にしてですね、北側でも非常に大きい30メートルを超える津波の高さが計測されています。そうしますとここで説明されていない波源がですね、ないと説明できないと思います。地震はありません。記録もありません。また津波の原調記録としては残されていませんけれども、遡上の高さという点ではここにはないといけません。そうしますといろんなデータを扱う際のモデルのギャップとも言えますけれども、また通常ではない成分が存在することになります。津波地震または海底地滑り、様々なシナリオを検討しています。

このような全体の規模と共に、皆様も既にいろんな所からご報告があると思いますが、津波の発生においても非常に特徴が大きいことが解ります。その特徴というのが、通常断層によってですね、海底が隆起または沈降することによって津波が発生する訳です。今回はその段階が通常の一段階ではなく二段階に渡っていたということなんです。この記録は釜石沖の水深1000メートルまたは1500メートルという深い所で、まさに津波が発生したというリアルタイムでとったものです。大変貴重な記録でございまして、その中に今回想像できなかった津波の姿というものが残されていた訳です。で、14時46分、地震です。地震で揺れて海底の圧力計が変化しますが、その後1メートル、2メートルの津波が発生する訳です。断層運動によって隆起され、それが上昇し津波が発生する。通常マグニチュード9ですと、

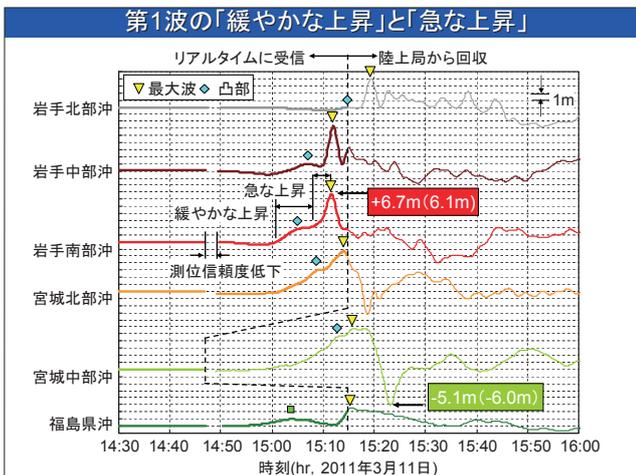


スライド 10

これがこのように盛り上がりまた下がります。で、この一周期が一時間と言われていますので、押し波はだいたい30分。で、今、言いましたように第二の発生がございましたので、規模においても3メートルを超える…。また周期が一時間ではなくてその半分以下であるということになります。波高が大きくて周期が短いとですね、実は波力がものすごく大きくなります。今回の防潮堤、防潮堤を破壊してしまったというのは、まさに第二段階の津波ということになります。これは海底地震津波計だけではなくて、沿岸部に設置されております GPS 波浪計、少し沿岸部になります



スライド 11

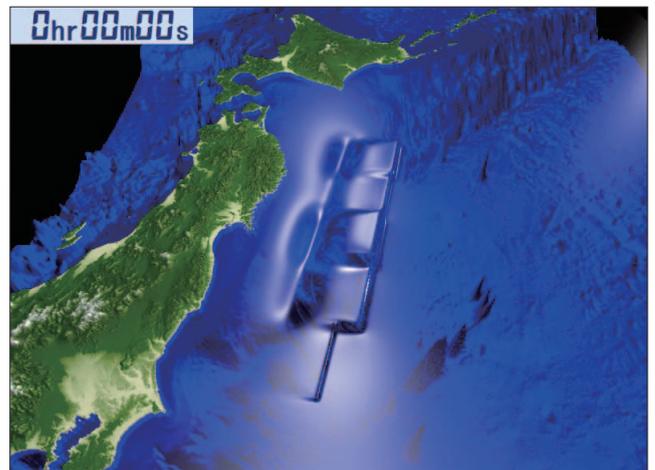


スライド 12

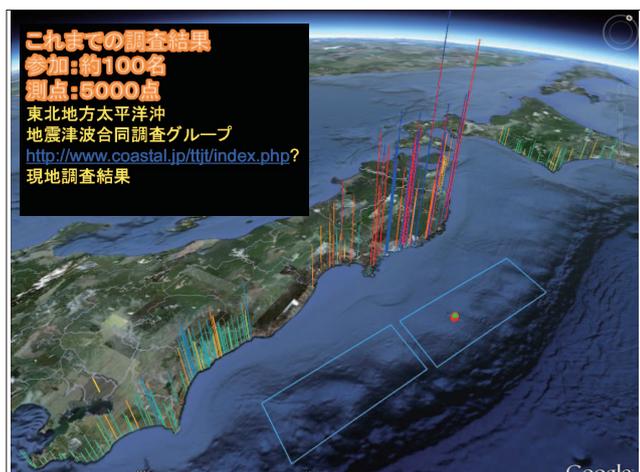
けれども、それでもしっかりとその姿を捉えております。で、岩手県から宮城県…と何カ所も設置していますので、かなり詳細な津波の状況をリアルタイムで示しております。先ほど見て頂いた釜石と同じような一段階、二段階…、中部はこの二段階が非常に大きいですね。で、南部が釜石または大船渡の近くなんですけれども、ここでも二段階が明確に解ります。ところが不思議なことに、まだ我々にも説明ができておりませんが、宮城県中部になりますと、この二段階目が少し見えなくなってきております。第一段階がかなり大きくて第二段階が小さい…、しかもその次に続く引き波が顕著である…。そういう状況が見えます。で、これが第二段階の時間差なのか、または仕組みが違うのか、現在検討させていただいております。何れにしても、このようにきめ細かなデータをとることによって、今回の巨大津波を沖というエリアからこの状況をきちんと把握することができます。ちなみにこのGPS波動計はリアルタイムに気象庁に活用していただけて、第一報が余りにも過小評価であった訳ですが、この記録を見て第二報を修正したということでもあります。

この記録に加えまして、皆様方もメディア等で見て頂きましたが、実際に映像として東北の第二段階の津波を記録しております。如何にそれが大きいのか、改めてここで確認していただきたいと思ひます。当時、海上保安庁の巡視船「まつしま」がたまたま相馬沖にいて、地震の後に福島沖で原発の監視にあたっていた訳であります。

通常の津波は非常に長周期でありますので、海面としてはこういう状況なんです。今、実は第一波が来ているんです。ゆっくりと盛り上がり、下がり、これが通常の津波です。ところがこの「まつしま」が記録した「普通でない津波」というのがこちらです。これは普通で言うと「高波」ですね…。または、甚大な巨大な短周期になっていますが、そういうものが今回の津波のもう一つの姿としてあります。船長がこの沖合で、4、5キロメートル離れたところでこの津波の高さは10メートルを超えていたと言っています。巡視船がこの波に対して直に…、本当は斜めが正解らしいんですが…、直に行ったので除けることができませんでした…。これが第二段階の津波であります。相馬港をこの後襲うと共に、残念ながら福島海域また原子力発電所に襲撃しました。



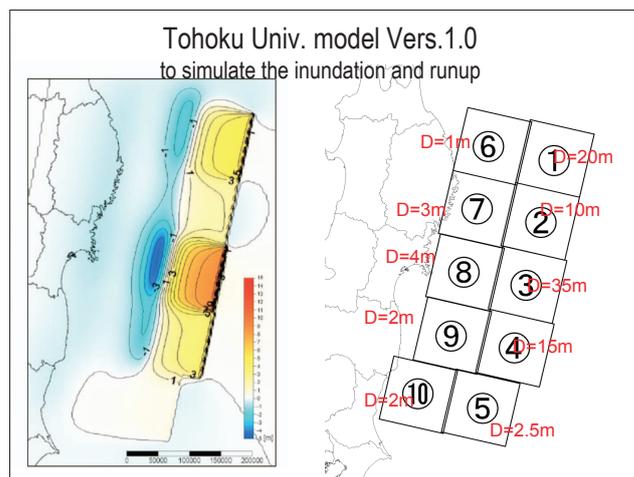
スライド 13



スライド 14

このように貴重な記録がございますので、我々はそれをしっかりと記録として残し、さらに評価する必要があると思います。こちらが現在合同調査として津波の痕跡データを集めたものになります。100名以上の方が参加し、今現在5000点を超えています。傾向としましてはやはり三陸側が多い、これに比べて北海道側ではなぜか4メートル以下だと、こういうふうな傾向も見えて来ます。これをグラフにしたものがこちらでして、先ほどの北海道側で少ないのと、東日本側、南のエリアも含めてかなり大きいと。当然西日本にも…。ここで一つ見て頂きたいのが青い三角と赤い丸です。青い三角というのが遡上の高さでして、津波が陸上に上がっていった最終的に陸地奥に入って行った所の高さです。で、赤い所が浸水の高さということで、特に沿岸部、津波が海から陸側に到達した時点での津波の高さ。一応これは高さでまとめてありますが、そうしますと赤と青の違いが生じます点というのは、それだけ陸上部で津波がどンドンどンドン到達したという傾向を示すものとなります。いわゆる地形が影響しまして、津波がどンドン遡上して行く…。一方、宮城県、福島県においては、この赤と青が混在しています。一旦入って来た津波がほぼ同じ、場合によっては逆に減少して内陸部に入って行く傾向があると思います。大きくは同じであっても、三陸、沿岸、平野部では大きな違いが生じているということになります。

もう一度、津波の波形のモデルを見て頂きたいと思いますが、この震源付近でのすべり量分布プラス三陸の北部に及びました。で、これによる津波の波源域、これだけの広い領域で断層運動がほぼ同時にもちろん時間差はありますが起きまして、海底変化をし、海面を変えていったのであります。これが津波となって陸に到達しました。ご存知のように深い所での津波はジェット機並です。時速700キロ以上ですであつという間に三陸の中部に到達します。到達した津波というのは、海岸線の影響を受け、また陸上部で遡上し、最大遡上39メートルを記録しています。また同時に福島から、これは水深の深い所でございますので、到達時間も速いです。一方、仙台湾というのは水深100メートル以下ですので遅れることと、あと曲線的な津波の波形が来襲している…というのが解ると思います。一時間後には仙台平野にも津波が来襲していることとなります。で、一旦終焉した津波が再び引き波で戻って来ることもあります。平野部ではその引き波は小さ



スライド 15

い訳でありますけれども、川を通じ確実に戻って来ます。で、その戻った津波がまた違う地域に伝播していく。伝播し、到達した所で反射した戻って来る…。こういう震動が続いている状況が見て解って頂けると思います。

最終的には丸々一日、数メートル規模の震動が計測されています。二日目も気象庁が警報をキャンセルしませんでした。この時にも実は体面変動があった…。全体で二日間津波は継続することになります。この津波は太平洋を通りましてハワイ、西海岸、さらにはチリ沿岸にも到達しています。まさにグローバルな規模の津波であったこととなります。

以上が解析結果になりまして、今度は写真、現場の状況を見て頂きながら、今回の災害の特徴と規模を見て頂きたいと思います。

まずは広域であること、また非常に大きな破壊力がある、また河川を遡上している…。数キロ、これは予測しておりましたが、場合によっては十キロ以上…。これによって人的、物理的の被害がございます。特に冒頭で言いましたが、本来避難所である、また防災拠点である所も呑み込んでしまいました…。交通機関に起きましては、空港、道路、鉄道ですね。JR等でも被害がありまして…。幸いJRでは迅速な対応がありまして人的被害は0と。これも画期的なことでもあります。

未知的な被害としては、津波火災というのが注目されました。従来から地震、津波、その後の火災というのがあります。特に、津波が原因で火災が大きくなるという事例はありましたが、今回の規模、その内容を踏まえまして津波火災というのがかなり一般的になったのであります。また、破壊力が大きいためにこのような光景でビル等も倒壊してしまう…。しかし、なぜ倒壊してしまうかという、津波の火力だけではなくて構造的な部分も見なくてはいけない。例えば基礎の部分ですね。あと場所。設置した場所等も見なくてはいけない。代表的なスライドで、これは毎日新聞が取り寄せた非常に貴重な写真であります。お借りしました。第一派…。先ほども言いましたが、とても水深が浅いですけれどもゆっくりとしている。また、海面が一気に三陸とは違って一様に来襲している津波の姿が見られると思います。同じ津波でございますが、海側と陸上ではまったく姿を変えている。これはまだまだ第一派の津波の先端のごく一部ですが、一部しか映っていません。しかしながら、場所を変えますと津波の姿は変わる。今までは「水面の上昇」という位置エネルギーだけを思っていまし



スライド 17



スライド 18



スライド 16



スライド 19

たが、この時点ではその位置エネルギーが投げ出され、運動エネルギー、または破壊、波力を増してしまってこのような結果になります…。数分後にもほとんど海面は変わりません。非常に穏やかです。しかしながら、陸上に到達した津波というのは、牙を出しているという姿になっています。

次にサイドから見た写真があります。これも非常に貴重なものだと思います。津波が平野部を来襲しているものであります。赤い矢印の地点を比較して頂きたいと思います。これは津波が一気に来ていまして、到達も速い。しかも流速が速いものと見えています。で、このごく近くの間でございます。本来は平野部でありますので、ほぼ同じような地形であります。自然堤防ということでわずか50センチか1メートル高い所にあります。そこには従来の住宅が設置され、屋敷林ということでいぐねを設置しました。第一派は来襲しておりません。この時間帯では、で、この屋敷林もある程度守り、ここでの被害というのは軽微であった。一方、残念ながら宅地で開発した所は流されてしまった…ということになります。もう一つ見て頂きたい。津波の到達の違いというのと、もう一つはエネルギー減衰の役目。現在、我々は地域での多重防御、どうやって沿岸部を津波から守るか…ということで、当然、防波堤、防潮堤と、高い防御ラインを作るというのは大切です。今回防波堤は破壊されましたけれども、やはり大切だと考えています。もし、力が強い場合は幅を広げてあげることだと思

います。通常、中小規模の津波というのは例えば、河口から入ってきて陸上部にはすぐには浸水しませんが、こういう堀を通じて津波が来る…。つまり堀というのは危険な場所、津波を伝達するエリアであるという認識であります。確かにその通りで、今回のような巨大津波が違う方向から来ますと、その低減機能が発揮します。堀に入った津波は乱流現象で力を損失しておりますし、第一波の先端は遅れています。次に見て頂きます、空港というフラットな所の津波の先端と比較して見て頂くと、かなり違います。こういう面でもやはり低下した部分を含めて海岸部の凹凸は重要点だと思います。

The 1st Tsunami Struck Sendai Plain

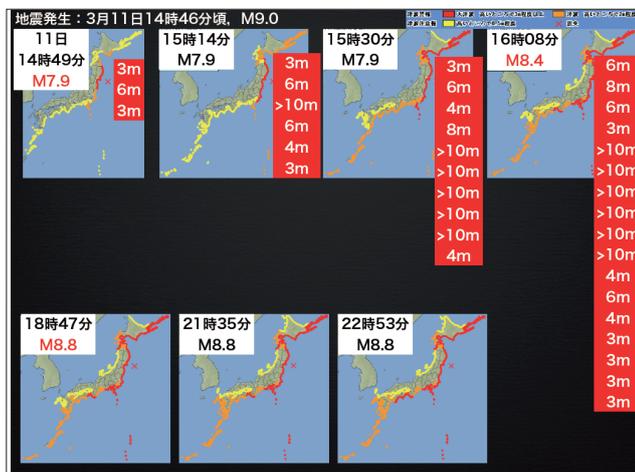


スライド 20

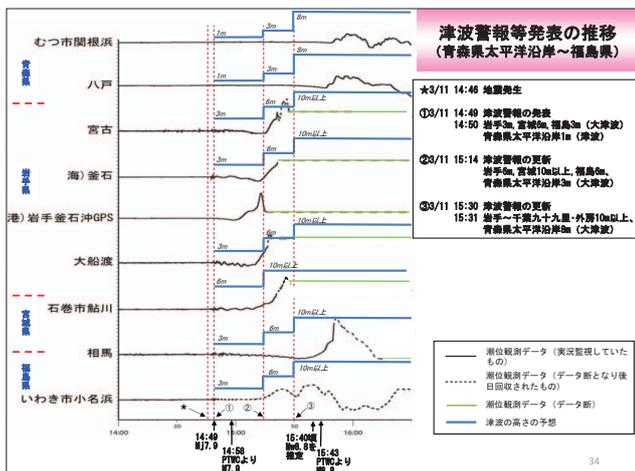
ちなみにここでは津波の色がぜんぜん変わって、ブルーであった津波も真っ黒であります。いわゆる巻き上げでございまして、砂、泥と一緒に密度がかなり大きくなっています。で、最終的には内陸部に入り、堆積物を擁します。千年前の堆積物を見て頂きましたが、こういう津波でまた新たな堆積物が残ったということになります。さらにこのエリアでは火災が起きました。住宅、船、車、また可燃物と、様々な原因で火災が起き延焼しております。今後対応する際にもっとも難しい課題であるのかな…と思っております。火元が解りませんし、それをどう縮小するのは大変課題であると思えます。

本日、時間が限られましたので、もう一つの課題であります避難、我々の人的被害を軽減するかについては、述べさせていただきます。

この避難のためには情報提供が大切でありまして、気象庁の情報がありました。先ほども申し上げた通り、情報が修正されてこのように最終的に…。本来、この情報というのはどれだけの精度があるのか、を見てみます。通常、この津波の波形に対して気象庁の情報を青で示しています。で、このグラフでだけ見る範囲では、この記録に対して十分安全な情報は当時提供していた訳です。ところが津波の高さというのは、ただ単に予測すれば良いものではございません。この情報が沿岸部の住民の方にきちんと伝わっているのかどうか。また住民側がこういった数字を受けて、いったいどのように行動が取れるのかどうか。これを踏まえた提供が必要です。残念ながら、岩手または福島では、この3メートルという情報を得て、防波堤が5メートル、10メートルある中、安全情報となってしまった…。で、その後切り替えられた訳ですが、当時も一部避難されたり家に居た方で、多くの方はこういう修正された情報を受け取れなかった…というアンケートも残念ながらあります…。ですから我々は、改めまして津波警報の第一報の重要性と、今後も切り替えは必要でありますけれども、どうやって確実に住民一人ひとりに伝えていくのか…を大きな課題としております。



スライド 21



スライド 22

震災が技術者に問いかけること

東京大学 生産技術研究所 教授 小長井 一男氏



スライド 1

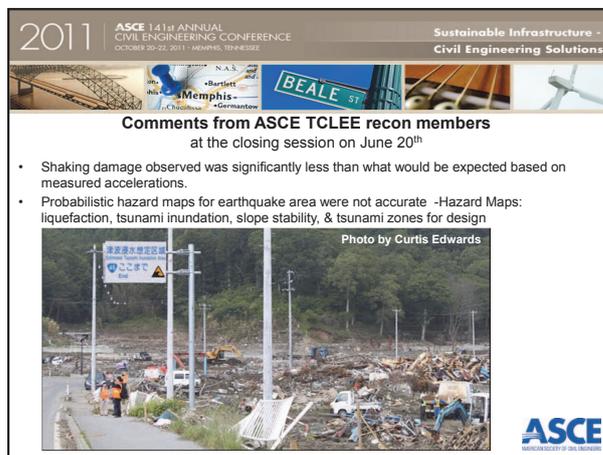
まず冒頭にこのスライドを持って参りました。これは「地滑り地形分布図データベース」という所のものです。「現在、土砂災害情報の研究者の有志では情報の収集を行っております。今回の地震では、津波、原発の情報がかほとんどであり、土砂災害情報が非常に寂しくなっております。その前段階として現在入手できる土砂災害情報の収集を今行っております。行政対応が津波と原発でほとんど手一杯という状況で土砂の専門家も情報を集めるのに苦勞しているというのが現状です。」と記述しています

広域で多数ということが今回の土砂災害の特徴だとしております。スライド2ですが、地上で噴砂が認められた場所で、145 地区に及んだそうです。これが断層の破碎域の広がりほとんど重なっております。500 キロメートル程度に渡ってこれだけたくさんの、特に関東でたくさんの痕跡が目立つ訳でございます。これぞまさに「広域で多数」。一つ一つの規模が大きいものもあれば小さいものもありますが、とにかく広域で多数。これがライ

フラインとかいろんなシステムの障害に繋がっているのだろうということ強く感じました。小さくても急所に当たるとひどいことになる可能性があるというお話をさせて頂きました。

今回の地震の後、アメリカの調査団がいくつか調査に入りましたが、そのうちの一つがライフラインについて、私も一緒にしたんですが、その当時のコメントとして「Over reliance on scenarios for protection」ということで、「余りにも想定ベースのシナリオに皆さん信頼を置きすぎているのではないか?」というをおっしゃっています。要するに「ハザードマップが正しくなかったのではないか…」というコメントがあるのです。

ハザードマップにどのようなものがあつたのかと言うと、液状化、津波、斜面災害等です。なぜそんなコメントをしたのかと言うと、私が現地に入った時に撮った写真(スライド3)ですが、こういう看板が目立ちます。「津波浸水想定区域、ここまで…」って、ここまでじゃない訳です。たくさんの方が亡くなっているという状況がある訳ですから。こんな看板をたくさん見て、「なんだ、これは」って言うコメントを考える訳です。



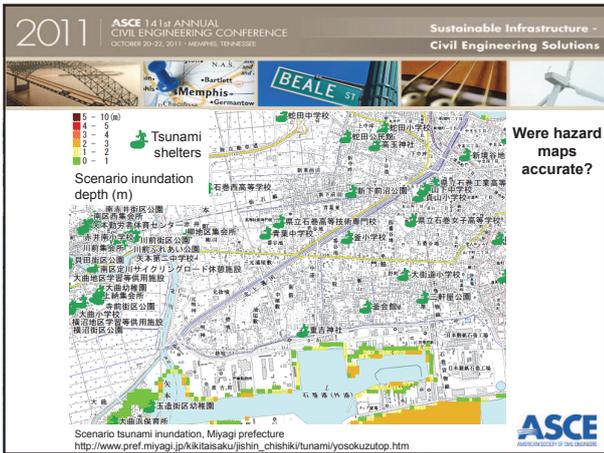
スライド 3



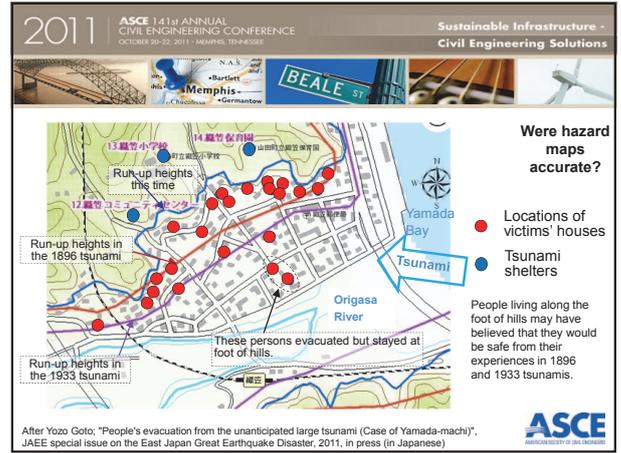
スライド 2

これは石巻市の地震の前の津波の想定です。色が付いている所に津波が来ているという想定ですけども、緑でたくさん避難所のマークが付いています。これが想定したシナリオです。ところが実際に水が浸かった場所というのは、スライド5のような結果となりました。

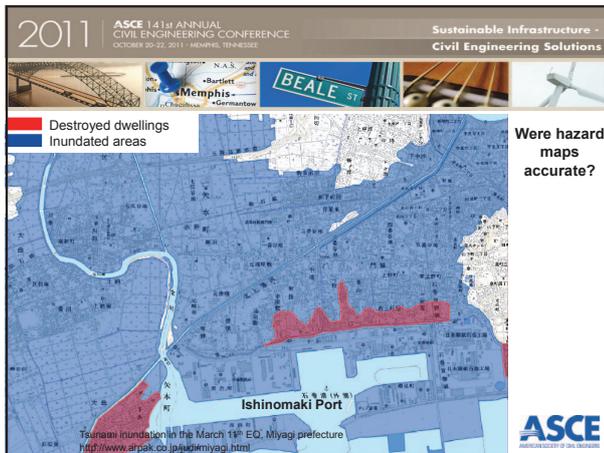
ハザードマップにどのようなものがあつたのかと言うと、液状化、津波、斜面災害等です。なぜそんなことをしたのかと言うと、私が現地に入った時に撮った写真(スライド3)ですが、こういう看板が目立ちます。「津波浸水想定区域、ここまで…」って、ここまでじゃない訳です。たくさんの方が亡くなっていると



スライド 4



スライド 6



スライド 5



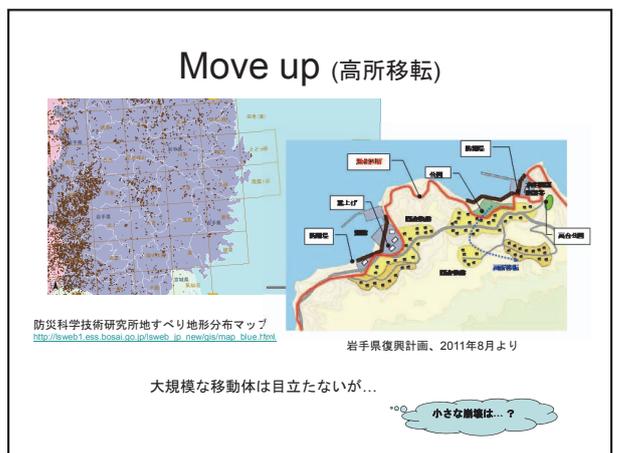
スライド 7

いう状況がある訳ですから。こんな看板をたくさん見て、「なんだ、これは」って言うコメントを考える訳です。これは石巻市の地震の前の津波の想定。色が付いている所に津波が来ているという想定ですけれども、緑でたくさん避難所のマークが付いています。これが想定したシナリオです。ところが実際に水が浸かった場所というのは、スライド5のような結果となりました。

もう一つアメリカのチームは、「歴史地震がそういった想定に反映されてなかった」というコメントをされています。このコメントは実は液状化、斜面災害の想定にも及んでいます。これは山田町でどういう方々が亡くなったか、亡くなった方の住んでいた家を赤い丸（スライド6）で表しています。これが昭和三陸地震、明治三陸地震の遡上高を超えるか、その辺りで、たくさんの方々が亡くなっていて、こっちの方ではあまり数がないということで…、ひょっとしたらこれがシナリオになっていて、シナリオに余りにも忠実になってしまった結果なのかなという気がしないでもありません。死者と行方不明者の統計と津波の浸水高、遡上高の相関が高いという話です。

岩手県ではいくつか再開発の計画を考えています。スライド7は8月に出てきた復刻計画案の図です。一つはV字型に津波避けを作ってこの地域に大事なものを、ここは浸水覚悟で公園とか産業地域とかにするという構想。高台避難ばかりだと場所もなく大変だからこういうことも併用しようという案です。まず高い所

へ移動するということですが、高い所に移動するとやはり心配なのが斜面災害。防災科学技術研究所の地滑り分布図試験（スライド8）によりますと、三陸のこの辺りの山地ではそんなにたくさん大きな移動帯が目立たない。要するに動かないということです。ところが小さな崩壊の数はたくさんある。スライド9は釜石市の方の土砂災害警戒区域の地図、国土交通省の資料です。この急傾斜地の土石流の危険区域というのが。傾斜地が、黄色い所で多く見られます。後ろがすぐ山なのですがこれだけたくさんある。実際に歩きますと斜面を保護するものがたくさんある。で、沢筋にあってはこのように擁壁を並べている。この写真は鉄道を



スライド 8

守るための擁壁があるのですが、こういった擁壁がバタバタと倒れている。この倒れた理由は、この沢筋が滑ったのではなく、非常に高い津波が来てこれらを倒していったということです。という訳でこういう急傾斜地の足下を津波がなめていったということも頭に入れておいていただきたい。浸水させることを少しは許そうということで、岩手県は具体的な地名を書きはいませんが、といっても地図を見ればすぐに解りますが。少し高い所に大事なものを置こうということです。平地の一部は、浸水を想定するというのは実は昔からもあった考えであるというように考えています。ところが良いアイデアは長い時間が経つと忘れられて

しまう。実は東京も水浸しになってしまったことは何回もありまして、明治43年に東京を高潮洪水が襲っています。

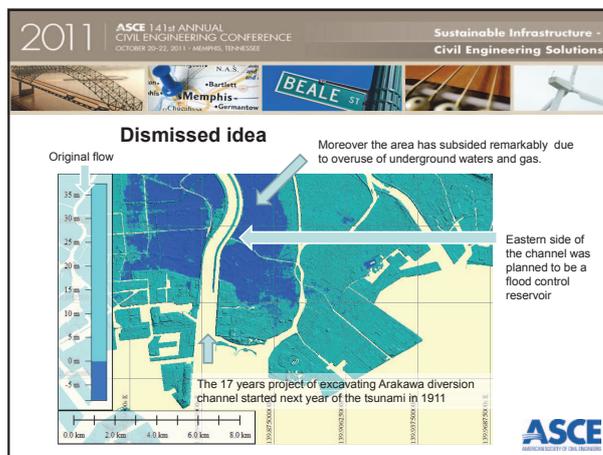
明治43年、これは長谷川時雨さんという女流の作家、そして劇作家でもあった方の書いた小説ですけれども、『明治43年9月に、佃島に津波が来た。京橋、築地にまでその水は押し上げた。月島などは被害が甚だしかった。避難してきた大船が幾艘も道路に居座ってしまったほどで帝都には恐ろしい津波であった…』とあります。東京に津波が来た。実はこれがきっかけで明治政府は隅田川の水を迂回させて流そうと今の荒川放水路が掘られました。この荒川放水路が掘られた時に、東京側が水浸しになったら大変ということで水をわざわざこちらに流す、という計画を立てました。ということで、荒川放水路は両側に堤防がありますが、東側の堤防が西側の堤防よりわずかに低く造られました。だから水がいっぱい来た時には水は東側に流れます。私がかつて住んでいたのはこの辺りで、ここに荒川放水路が平行してある訳ですが、片方は高く片方が少し低い。洪水があった場合は低い側に流しましょうということになっています。ところが、ここ(スライド12)に、今の標高が書いてある訳ですが、この青が濃い所が0メートル以下です。この面積全体で山手線の内側の二倍くらいです。そこに150万人の方が住んでいます。それは遊水地になるはずでした。江戸川区側の低い所には67万人が住んでいます。こういった場所で川の水面が遙かに高い状況が



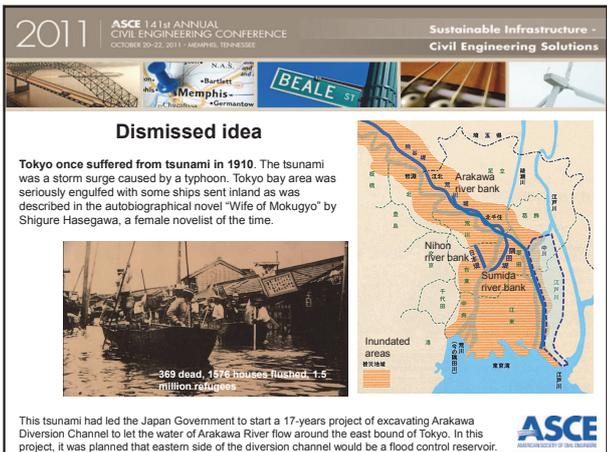
スライド 9



スライド 10



スライド 12



スライド 11



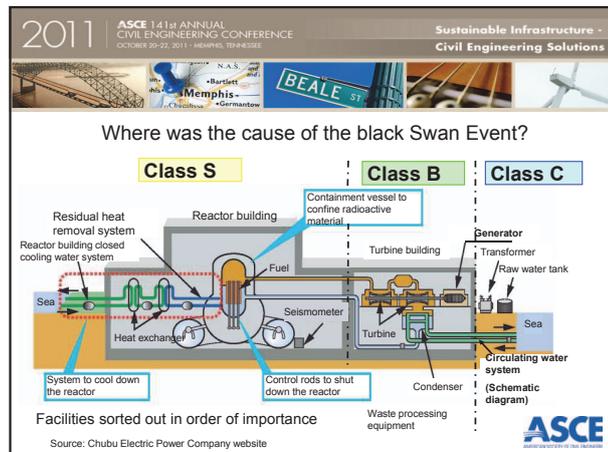
スライド 13



スライド 14

した。原子炉の冷却システムが不可能になった理由の一つが、津波がディーゼル建屋に沿って、水没して非常用電源が使えなくなったというのが理由としてあります。ところが、仮にこれがダメでも外から電源をとることはできるのではないかとありますが、ここで盛土の崩壊があったようで送電鉄塔が倒れてしまった。結局、全所停電になって冷却が不可能になったということです。

原子炉の設計にあたっては、クラス分けをします。Sクラス、Bクラス、Cクラスと。最重要クラスが原子炉建屋、冷却装置。クラスBはタービン建屋、では送電線はどこにあるか？ おそらくクラスCです。確かに、こういったクラス分けは大事で、クラス分けがないと設計はできない。ところがクラスC、或いはクラスCにも入れない、そういった部分がひょっとして致命傷となっていたのではないかと。これから議論していかなければならないのではと感じています。



スライド 15

液状化対策についてですが、関東地方の液状化は極めて規模が大きい。しかし、地盤災害については、広域且つ多数出ている。「広域且つ多数」というのがキーワードで、小さくても急所を射れば極めて深刻な被害に繋がる。これは原発の被害ばかりではないですが、想定はその都度最善を尽くすこと。常に最善を尽くすことが大切です。しかしながら想定は完全ではない。もう一つ大事なことはその時、最善の解を出したとしても、長い時間を経ると、忘れてしまう。忘れさせないためにも事実を集約し後生に伝えることが、ひょっとしていろんなことを知りうる立場の専門家としての役割なのかなと。そういうことを感じています。

今も続いています。災害は今回の震災では全く無く、それは水防に携わられた方々の懸命の努力、不断の努力があってこそその成果だと思いますが、我々はこういう場所に人がたくさん住んでいることを忘れちゃいけない。何が起こっても不思議じゃないというのが、想像を逞しくしなければというのが、今回の震災で強く感じたことでございます。

長年が経っているうちに状況も変わり、人が住むようになり、産業が進んでいく。意識しているか、していないかではなく状況がどんどん変わってしまっていたということが、今回は要するに忘れられてしまった…。「人間は忘れてしまう…」というのが、一つのキーワードだということなのです。

「では、高い所はどうか？」ということで高台の話をして。で、高台となるとどうしても「切り盛り」ということになります。仙台市の中でも切り盛りで宅地をたくさん造っているという状況になっていて、これがまた被害をもたらしています。赤い所が盛り土で、これが高台ですけども、高台に宅地が発達して、盛った所が滑って被害が出たということで、いろんな地盤関係の方々が報告しています。

原発の話をして頂きます。福島第一原発では津波が14メートルから15メートルも押し寄せて、非常に大きな被害を受けま

東日本大震災からの教訓 —原子力土木の観点から—

財団法人電力中央研究所 当麻 純一氏

「原子力土木の観点」から震災を受けての津波評価技術についてお話をさせて頂きたいと思います。

まず、発電所の安全性を考えた時に今回のような地震、津波、火山、台風、高潮といった自然の脅威がある訳で、それへ対策が必須です。そのためには事業者によるいろいろな検討に加えて、国の安全審査があり、それに必要な指針があり、それによって建設運用されている訳です。地震動や津波の設計値もそうしたプロセスにより合意形成されてきています。

それにも関わらず、中越沖地震で柏崎刈羽原子力発電所において観測された設計値を上回る地震。それから今回のような設計値を上回るような津波が起こっている訳です。「いったい審査ってなんだったのだろう…」というような疑問が起こってきます。

将来の自然事象の最大値を予測することはとても難しい訳で…、その信頼性がどこで保証されているのか…ということが、震災後に大きな関心事となりました。

そしてさらに、最大値を予測したとしても、それを上回る事象への対策が必要ということが、今回の大きな教訓となりました。

具体的に申し上げますと、震災前に東京電力では福島第一発電所における最大級の津波高さを6.1mと算出しており、建屋設置レベル+10mに遡上するような津波はないと社内的に認識していました。しかしながら、そういった津波予測を超える津波によって全電源喪失に至りました。

ということは、これまでの津波推計で、いったい何が問題だったのか。波源の設定の問題か、或いは海洋伝搬シミュレーションの問題か、波力の問題か、或いは遡上した時の浸水シミュレーションの問題か…。いろいろと課題はある訳です。

津波に対する防護で何が足りていなかったのか…、そういうような課題、そういったものが浮き彫りにされた訳です。

地震に対しても、津波に対してもそうですが、現在の発電所の設計体系では、最大値といいますが、設計値を決定論的に設定して設計をしている。それを決めないと設計ができませんので当然ですけれども、ただそういう値を設定するということと、実際に最大値が起こるということは別の話です。設計値はあくまで設計上のことでして、それを上回ることはあり得るということです。

例えば、設計用の地震動の標準的なスペクトルというのがあります。これは過去の地震の統計的な分析の結果からスペクトルを決める訳ですから、統計値にはバラツキがあります。普通は平均値で設計上の線を引く訳です。バラツキがありますから、実際に起こるものより高い場合もあるし、低い場合もある。ということで、実際観測される地震動が、設計値よりも高いということは何となく不思議でも何でもない訳です。

基準地震動というのは、こうした設計上の想定値であって、施

設の供用期間中に極めて希ではあるが発生する可能性はある。そういったものに対して施設の安全機能に重大な影響が発生する恐れがあると想定することが適切な設計用地震動です。

また施設の安全機能が重大な影響を受けないよう、津波に対してもほぼこういう考えなので、極めて希ではあるが発生する可能性があると想定することが適切なものに対して施設の安全機能が重大な影響を受けないよう…と、こういう精神をもって設計と審査がなされているというふうに我々は理解しています。

耐震設計審査指針の中身をみますと、津波に対しては詳しく書いてはいない…。では、どのような基準に従って津波の審査がなされていたか…という実態はあまり明らかではありません。今回の震災を踏まえて、より具体化、より高度化されていくことを関係者は望んでいるということです。

そして、今申し上げた地震動に関しても、津波に関しても、極めて希なものに対して設計値を作る訳ですが、今後さらに必要なことは、それをさらに上回る、或いはそれから想定していなかったような複合的な状況に関しても、対処しなさいということが重要です。

それは残余のリスクという言い方もしている訳ですが、それらリスクの存在を認識して、それを合理的に対処するというので、具体的にどうするか…ということで、いろいろと議論がある訳です。その手法も様々だと思いますけれども、そのようなことの重要性が強く認識されました。

これは地震動に関してはある程度具体的に震災前から審査がなされつつあります。即ち基準地震動として決めたものに対してその大きさが確率的にどのようなものになるのかという数値を示して、検討していくというようなことがなされ始めています。

ただ、津波に関してはこのような検討は審査でなされていない…。今後どうしていくか?という議論が、震災を踏まえて始まったばかりです。

そのようなリスクへの対応として、設計上の想定値を超えるような対応としてクリフエッジ効果が生じないようにする、ということが重要であるという議論が最近なされています。

このクリフエッジ効果というのは、原子力発電所において、「入力の小さな変動に反応して発電所の状態が突然大きく変動してしまう」、そういう状況です。

例えば発電所の設計津波の大きさが設定値よりも変わったことによって、急に発電所がクリティカルな状況になる…。そういうことがないように緩和するハード・ソフトの工学システムの整備、そういうようなことが必要だと言い換えることができると思います。

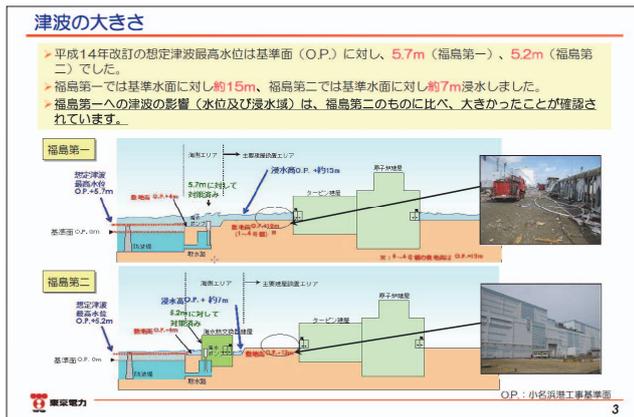
地震に関しても同じようなことですが、ある時に突然状況が変わるということを守る、そういうようなシステムにしなさい…、

ということが重要で、この考え方はIAEA・国際原子力機関が2007年に明らかにしています。今後、地震に関しても津波に関しても安全評価をしていく上で、こういった概念は非常に重要です。

さて、以上の議論をまとめますと、設計上の想定値の精度とか信頼性を向上させる、つまりは推定精度、地震の推定精度、これは今後も大きな課題です。それと同時にそれを上回る事象に対してクリフエッジ効果を生じさせないことを確認するための手法とか、安全基準の整備、これが確認しておかなければなりません。

以下には、図を示しながら、原子力発電所の設計津波設定の背景や今般の被害について具体的にお話しします。

まず、津波の大きさですが、この図(スライド1)で上が福島第一発電所、下が第二発電所です。東京電力では平成14年に想定津波の水位の見直しました、これは既に設置されているものですから、最初に設置された時にはもう少し低い津波の水位でしたが、平成14年に当時の土木学会手法に従って津波の見直しをして、その時点では福島第一発電所では5.7m、第二では5.2mというように評価したということが伝わっています。



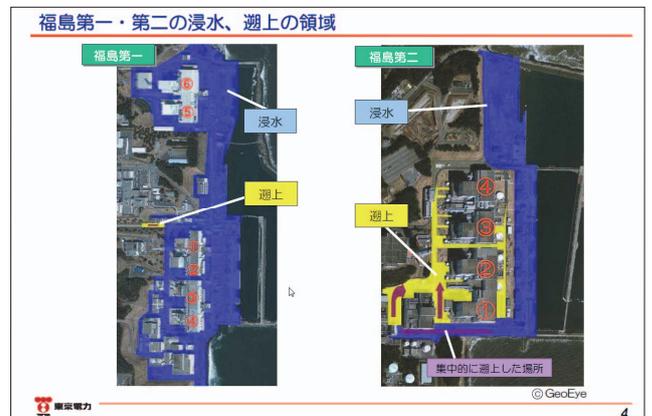
その詳細はあまり明らかにされていないのですが、それが妥当かどうかという審査が国の方でなされていたのか、いないのかよく解りません。私がキャッチしている情報では進行中であつたということで、オーソライズはされていない。

この写真(スライド2、3)も広く伝わっているのですが皆さんご覧になったかとは思いますが、福島第一発電所ではスライド2左上の図が約10mの防波堤を乗り越えて来ている津波の写真です。

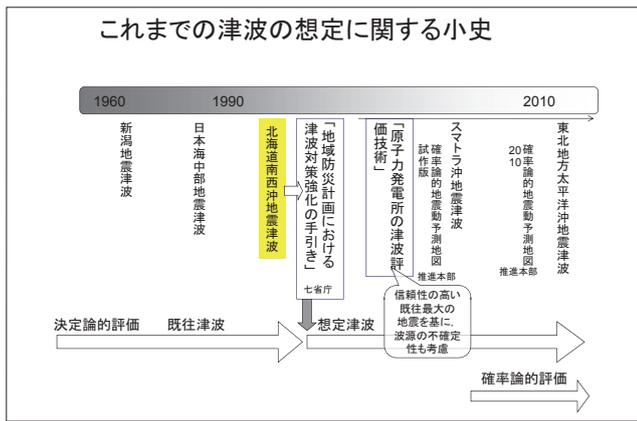
この写真をもって10m以上の津波が来襲したという、正確には高さが測られている訳ではございませんが、そういうような数値が出ています。

これによって特に屋外の海水ポンプ等の重要な設備が被災し、サポート的なこういった設備が被災したことによって冷却ができなくなってしまった…というのが、事故の主要因と言われています。

これ(スライド4)は東京電力によって公表されている浸水の状態ですけれども、敷地内での事故の調査結果です。ブルーの部分が浸水のエリアです。左が第一で、右が第二で、ご覧のように第一の方が酷く浸水しているということです。



さて先ほど、平成14年に東京電力が津波の想定値を見直したと申しましたが、この14年というのには意味があり、日本海中部地震、或いは北海道南西沖地震での津波被害を受けて、国では、平成9年に関係七省庁と「地域防災計画における津波対策の強化の手引き」というのが出されております(スライド5、6)。



スライド5 津波の想定に関する小史
(土木学会原子力土木委員会ホームページより)

「地域防災計画における津波対策強化の手引き」

- 七省庁 平成9年3月(1997.3)
- 津波想定に関する新しい考え方

想定しうる最大規模の地震津波を検討し、既往最大津波との比較検討を行った上で、常に安全側の発想から沿岸津波水位のより大きい方を対象津波として設定するものとする。

想定方法については未提案

スライド6 地域防災計画における津波対策強化の手引き
(土木学会原子力土木委員会ホームページより)

それまでは地域防災計画もそうですし、原子力もそうですが、既往津波の最大値を対策の基準としていました。

しかしながら、「地域防災計画における津波対策の強化の手引き」では既往津波に加えて、将来の想定津波に対して対策をなさよという新しい観点が加わっています。

この想定津波というのは当然既往津波を下回らないのでありまして、ただ、その時点では具体的にどのような想定津波を作るのかということまではこの手引きの中には書かれていません。従って原子力発電所の設計津波推計のためには、これを具体化する必要があるということで研究をスタートし、3、4年をかけた平成14年、「原子力発電所の津波評価技術」というレポートをとりまとめ、土木学会の原子力土木委員会のホームページからダウンロードできます(スライド7)。

原子力発電所の津波評価技術(2002)

■第1期(平成11~12年度)1999~2000年度
津波水位評価手法(決定論)

- 文献調査などによる信頼性の高い地震と津波データ
 - 地震発生領域で最大級の断層モデルを設定
- 断層に関するパラメータスタディ
 - あるサイトに最も影響の大きい津波の断層モデルを探索
 - その場合の津波水位を設計津波水位
- 水位は水位上昇と水位下降を検討

断層モデルのパラメータスタディ
 > 既往の津波記録を超える津波水位
 > コストは大きい
 > 数10ケースの数値計算

スライド7 原子力発電所の津波評価技術 2002
(土木学会原子力土木委員会ホームページより)

この中では具体的な震源の想定、数値シミュレーション手法等々が書いてありまして、これが公表されて技術的な拠り所となったのが平成14年です。東京電力は直ちにそれを適用し、その時点で先ほどの5.7mという再評価を社内的にした訳です。

ところが、平成14年に「原子力発電所の津波評価技術」を土木学会が公表した五ヶ月後に、国の地震本部の長期評価部会から日本海溝における地震、津波の震源、波源のレポートが出まして、それによりまして、日本海溝の外側どこでもマグニチュード8クラスの地震が起こり得るという予測が示されました。これは、特に仙台以南の東北沿岸に対して津波対策の大幅な見直しを迫る意味をもっていました。

そのような新しい知見を取り込んで、この津波評価技術というのを改訂していく必要があると、土木学会は作業をずっと進めてきた所ですが、今回、残念ながら研究成果の反映が間に合わないうちに震災が起こりました。

もっとも、震災以前においてこれより優れた津波水位推計の技術体系というものは国内でもない、恐らく海外でもないというふうに考えております。国際原子力機関 IAEA でも、これを参考に国際基準を作っていました。

これがどのような捉え方になっているかと言いますと、まず、既往の津波の再現性を確認しましょうと。さらに想定津波のいろんなパターンを検証し、震源を決めましょうというふうなことです。

その時に非常に重要な概念で右側にありますけれども、不確かさ、これを、できるだけ検討しましょうというふうになっています(スライド8)。津波は地震動以上に大きな不確かさがあるのだということが想像できる訳でして、その中でもこういう表に書いた不確かさの中でも特に薄くハッチした部分、波源に関わる部分、これは不確かな所が相当あるであろうというように考えられます。

津波水位の想定における課題

- 津波評価における不確定性や誤差の評価

①波源の不確定性	②数値解析上の誤差	③データの誤差
<ul style="list-style-type: none"> 平面位置 走向 断層上縁深さ 傾斜方向・角 すべり角 (セグメントの組み合わせ) 最大地震規模 スケールン則 すべり量不均質性 など 	<ul style="list-style-type: none"> 基礎方程式 計算スキーム 初期条件 境界条件 計算格子分割 精係数 再現時間の与え方など 	<ul style="list-style-type: none"> 海底地形、海岸地形データ の誤差など

断層パラメータ

Fault Parameters (Lon, Lat) Origin of fault
 d Depth
 L Length
 W Width
 S Strike
 S Dip angle
 A Slip angle
 U Discontinuity

スライド8 津波評価における不確定性や誤差の評価
(土木学会原子力土木委員会ホームページより)

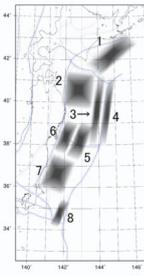
従って波源の平面位置とか走行とか、断層の深さや、そういったものを、ある程度合理的な範囲で振っておいて、その地点での影響が最大となるものを選び、そういうことを初めて折り込んだものです。

そして、一番問題となる断層ですけれども、平成14年までの時点ではこの右側のような日本海溝或いは東北の沿岸ではいくつかのモデルを想定して、それぞれ領域ごとに最大のマグニチュードを想定して検討するという考え方を示しております(スライド9)。

日本海溝で想定された断層 基準断層モデル

「原子力発電所の津波評価技術(2002)」
過去の津波の痕跡高を説明できる断層モデル

領域	既往最大M _s	対応する既往津波
1	8.2	1952年
2	8.4	1968年
3	8.3	1896年
4	8.6	1611年
5	8.2	1793年
6	7.7	1978年
7	7.9	1938年
8	8.2	1677年



基準断層モデル

領域5: 東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)の本震位置→Mw8.2
領域1~8: 最大Mw8.6

基準断層モデルの地震エネルギーはMw9.0に及んでいなかった。

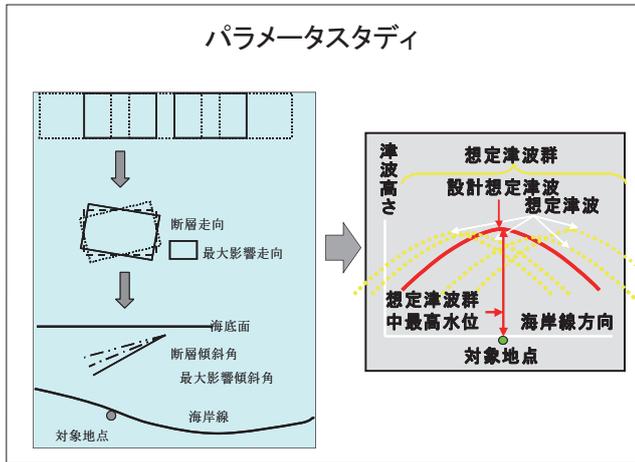
津波評価技術2002概要

スライド9 日本海溝で想定された断層
(土木学会原子力土木委員会ホームページより)

今から考えますと非常に残念なのが日本海溝沿いの連動型の巨大地震というものを、この中に入れることができなかったということです。現実の重要施設の津波対策に地震学の進歩が及ばなかった訳です。

それぞれの波源ごとに、左側にその概念を示しております(スライド10)。まず平面図ですけれども、断層の位置をいろいろと動かしてシミュレーションをしております、その中で地点への一番影響の大きいというものを選び出したら、断層の走行等を変えてみて、またシミュレーションをやって一番影響が大きそうな走行を決める。そうしたら今度は断層の傾斜角度を変えてみてまたシミュレーションを行い、そして地点への最大影響を求める。

パラメータスタディ



スライド10 パラメータスタディ
(土木学会原子力土木委員会ホームページより)

最大、最大、最大というようなこととして、これをしてその対象地点での最大に影響のある断層モデルができました。従って何十回ものシミュレーションが必要になる訳ですが、相手が原子力発電所なのでそれは厭わない。

平成14年、東京電力ではこの手法でも福島県沖の津波の評価を再評価していますが、「なぜ、再評価か?」と申しますと、設置した時点ではこういった手法がありませんでしたので過去のチリ地震を比較に採用し水位の評価をしていました。

その後、再評価ということで土木学会の手法でいろいろと検

討がなされました。しかし、パラメータスタディの基準とする断層として選んだのが1938年の福島県沖地震。マグニチュード7クラスであったということで、今回のような連動型地震が想定地震として見られていなかった。

左側は福島県沖地震での震源(スライド11)でして、それにより福島第一発電所では5.7mの最大水位が津波として評価されている。一方、右側は最低水位です。これは福島県沖地震では決まらずにチリ地震で決まっていた。なぜ最低水位を評価するのか? と言いますと、これは原子力特有ですが、津波で、引き波で非常用の海水が取れなくなってしまっは…ということで、最大水位だけでなく最低水位も評価するという事です。

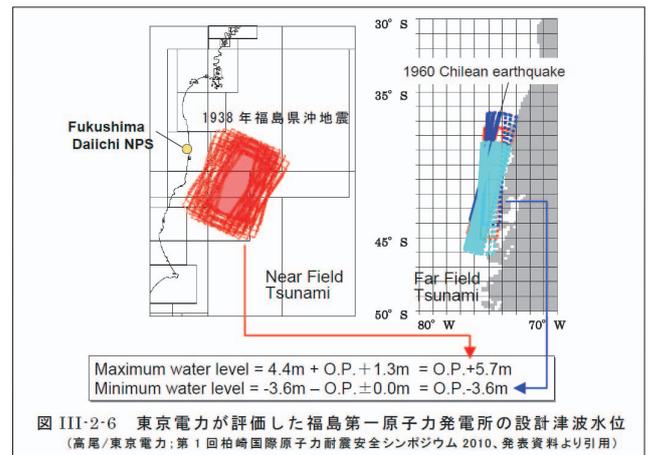


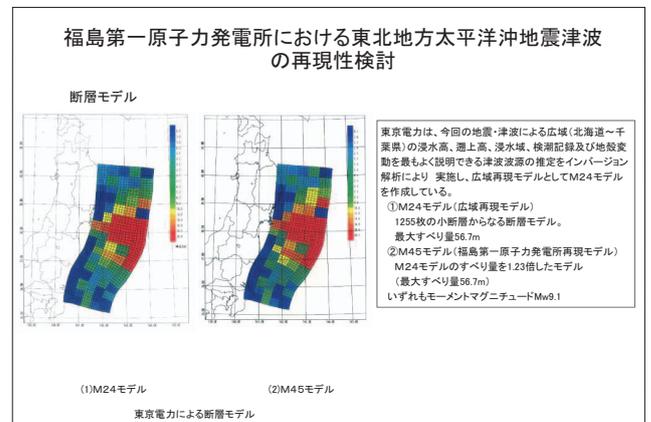
図 III-2-6 東京電力が評価した福島第一原子力発電所の設計津波水位
(高尾/東京電力: 第1回柏崎国際原子力耐震安全シンポジウム2010、発表資料より引用)

スライド11 東京電力が評価した福島第一原子力発電所の設計津波水位
(原子力安全基盤機構ホームページより)

このような検討を平成14年から土木学会の手法により行った訳ですが、そもそも地震規模がまったく違ったということで水位が違ってしまった…という訳です。

以上がこれまでの経過ですが、我々は、今回の震災を受け、この津波シミュレーション手法を今回の波源に適用して原子力地点を含む津波被災地域の水位評価の検討を進めております。

今回の波源については、いろいろなモデルが提案されております。これは東京電力が津波のインバージョンをして波源のモデルを公表したものです(スライド12)。



スライド12 福島第一原子力発電所における東北地方太平洋沖地震津波の再現性検討
(原子力安全基盤機構ホームページより)

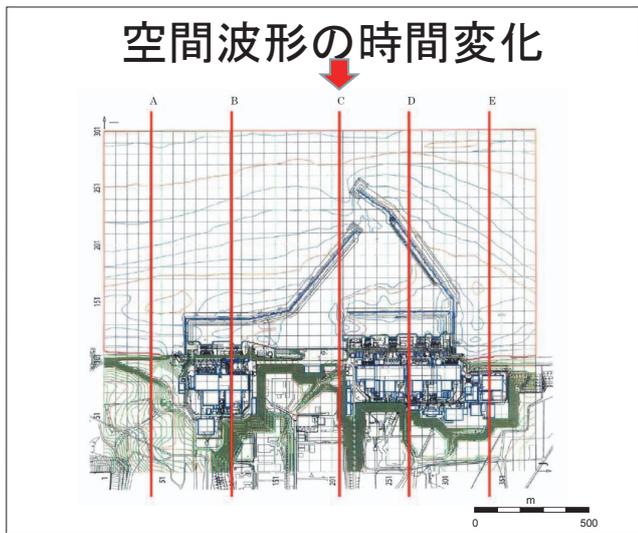
広域のモデル、これは北海道から千葉県に渡る浸水高、遡上高、浸水の面積、後潮記録或いは地殻変動など、こういった複数の

パラメータを目的関数としてインバージョンした結果です。1255の小断層からなる断層というものを紹介しております。

これによって実際に福島第一、第二の中に入ってきた水がどうであろうか…という検討をしております。

広域モデルですので、そこから見れば発電所は点ということで、この点の中の浸水分布がどうかというような話をする訳ですから、精度の問題がございまして、土木学会の原子力土木委員会ではこのモデルを仮に使った場合に福島第一原子力発電所の浸水はどうなるのか計算してみました。

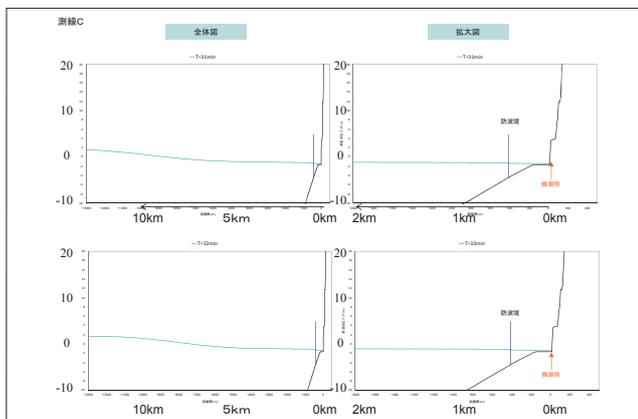
結果がどうであったかと申しますと、これは発電所の平面図ですが、いくつかのラインを引いてあります(スライド13)。この赤い矢印のラインに沿って津波がどう来襲したかということが、記録は何もないですけども、土木学会の手法のシミュレーションでもってやってみたらどうであろうか、という試みです。



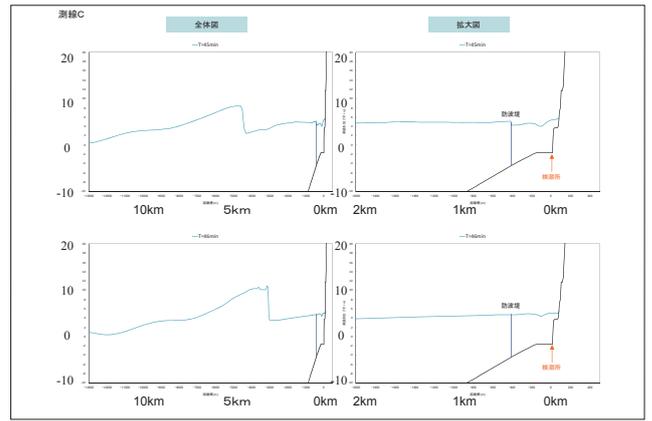
スライド13 福島第一原子力発電所の津波再現解析結果の表示断面
(原子力安全基盤機構ホームページより)

結果をいくつかの時間断面に分けてご説明致します(スライド14,15)。左側、これが発電所。沖合いに5km,10km というスケールで示しています。右側は同じ時間断面で、この部分をもう少し拡大しまして発電所から2kmの所までを拡大したものです。

拡大しますと発電所の防波堤が見えてきます。



スライド14 測線Cに沿った津波水位(津波発生から31分経過時)
(原子力安全基盤機構ホームページより)

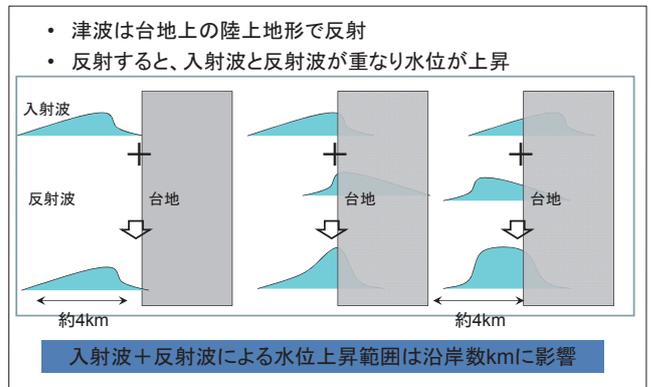


スライド15 測線Cに沿った津波水位(津波発生から41分経過時)
(原子力安全基盤機構ホームページより)

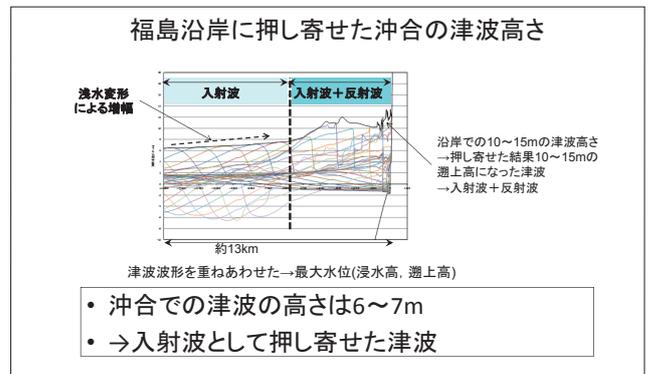
津波がやってきた状況です。丁度この時間断面(スライド15)がやってきた津波が防波堤の高さまで来た状況です。その後、防波堤を乗り越えている状況が視覚的に分かります。恐らくこれが、防波堤を乗り越えて十数mの波が来る写真の状況に対応しているのではないかと理解できます。

少しスケッチ風に描きますと、入射波が防波堤に当たり反射していく(スライド16)。またはせり上がったたり乗り越えたりして高くなるということです。

今の結果から、沖合での津波の高さは計算上6~7mぐらいで、それが防波堤に当たりせり上がったたり反射したりすることによって十数mになってくる…と、計算結果からでは理解できます(スライド17)。



スライド16 沿岸での津波反射波の影響
(原子力安全基盤機構ホームページより)



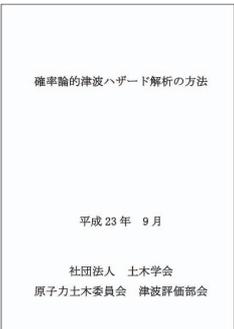
スライド17 福島の沖合での津波高さ
(原子力安全基盤機構ホームページより)

これは検証が後で必要となって来ます。ただ、報道などで十

数 m の津波が押し寄せて来る…というような言い方がされる訳でもあるのですが、今回のシミュレーションの結果を見るとそれはそういうことでもなくて、沖合から入射してくる波と、沿岸でせり上がり、反射した波というものをよく理解して物事を進めないとはいけません。今回の福島第一発電所での津波水位を他の地点で適用する時には、この点に注意が必要です。

以上が決定論的な方法ですが、確率論的な方法についてはさらに検討が必要だと考えています。

土木学会（スライド 18）、日本原子力学会といったそういうような所も議論を重ね、間もなく本年度中になるかと思いますが、日本原子力学会で津波の確率論的な評価の指針も出されます。

<ul style="list-style-type: none">• 「確率論的津波ハザード解析の方法」<ul style="list-style-type: none">- 2007年版を公開(2009)• リスクの定量評価<ul style="list-style-type: none">- 設計津波の超過確率- 地震の確率論的評価が先行• 津波評価における不確定性を処理<ul style="list-style-type: none">- 波源モデルの設定誤差- 数値計算、海底地形データ等の誤差	
--	--

スライド 18 確率論的津波ハザード解析の方法
(原子力安全基盤機構ホームページより)

そういうような手法が整理されますと、これは決定論的に推計した津波水位が確率論的にどのような非超過確率にあたるのかという情報も得られますので、今後重要な情報として活用できるのではないかと思います。

東日本大震災からの教訓 —総合防災の課題—

京都大学防災研究所 教授 岡田 憲夫氏

私自身、防災計画ということをしておりましたから、そういう観点から都市の、社会基盤整備と結びつけて話しをしてみます。つまり我々がモットーとしている総合防災、災害リスクマネジメントという観点から課題を提示したいと思います。

東日本大震災をどう表現すればよいのか？いろいろな語られ方をされています。ある意味繰り返しですけれども、英語でこれを形容すれば、extraordinary とか、super とか、ultra とか、そういう言葉が出てくるのでしょうか、日本語で言えば今回の震災を形容する形容詞の一つは「格別性」だと思います。それともう一つそれに対してどういう努力が必要なのかという意味からすれば「格段の取り組み」ということかと思っています。一つはハザードとしての地震や津波のエネルギー、スケール、これが格別だった。被災した地域の大きさ、災害発生と被害が格別だ。

ここで申し上げたいのが、普通我々は災害を非常にローカライズ（局在化）されたアクシデント、イベントだと言う訳ですが、今回は単にそうしたものではなくて、被害が regional、あるいはさらに inter-regional に広がっている。過疎地域、或いは漁業等を中心としたところから工業地域まで、災害の起こり方、社会的な影響の起こり方まで、当然変わってくる訳です。それから災害発生と被害の波及の複合性ということで、これはシステムリスクだと思いますが、災害発生が国内から国外へという地球規模の経済的、社会的、政治的影響を引き起こします。今回の震災は、こういうことが起こり得ることを実証した。local だけではなくて inter-regional まで、メトロポリタンまでを含めたそういう形での広がりをもった災害だった訳です。それがさらに地球を駆け巡る、また駆け巡り方も格別なものだった。そういう自然災害が引き金となった。これについてはこれ一つだけ取り上げても「超格別」の自然災害史に残る出来事かと思っています。これはある意味で有史以来の産業災害でもあり、またとびきりのバイオハザードが露呈したわけで、そういう可能性については欧州を中心に以前から指摘されていました。「事実は小説よりも奇なり」ということです。それから被災した都市、幾多の集落、コミュニティを復興・復興させる仕事がある。このような取り組みは、たぶん四半世紀のタイムスパンで計画実行することになるに違いないと思います。私はこの後のところでは、焦点をできるだけここにあてて議論したいと考えております。そもそも「総合防災とは何か？」ということ自体いろいろな議論があり、これ自身も発展途上ですが、総合防災研究がこれによって格段の発展が求められるということは間違いないということです。特に今申し上げたように、これまでの都市、地域、コミュニティの計画管理の仕方、ここには災害リスクの考え方を持ち込まなければならぬ。私自身も私たちの仲間も考えて来たことではありますが、この唱えてきた私たち自身も

含めて、これからの都市、地域の復興計画においては、これを一つの柱に建てずして何の都市・地域計画なのかということになるであろうと考えます。そういう意味での都市・地域計画と防災計画との間の橋のかけ方とそれに向けての制度革新、そのための科学的な方法論の開発とフィールド研究が必要だと考えられます。

それから私の専門ではないのですが、「ボランティアの役割と進化の兆し」「それから被災下の社会システムの革新と課題」ということがある。このような社会システムを考えること自体が極めて一つの大きな課題です。災害時のリスクコミュニケーションと情報技術の進化に向けての課題。それから究極のサバイバル法。これを私は「サバイバルクリティカル」だと呼んでいますが、いわば「生存の淵」の問題です。これは災害を如何に防ぐかということ、まずは生存の淵に人々を立たせないように努めることを専門にする側からどうするかということになる。それはハード、ソフト含めてです。しかし最後のところは自然は人智が及ばないところで、我々に挑戦するように挑みかかって来る。そうすると最後の所は企業も行政も一市民、その市民は最後は個人として、「生存の淵」に立ってもどう乗り切るかということになる。究極の局面として企業が経済的使命を絶つというのは廃業や破産に追い込まれるということです。もちろん経営者や従業員が生命を絶つということを含めてそういう意味での「生存の淵の問題」というのを半端な形ではなくてコアとして立てたソフトサイエンスが今、緊急に必要なになってくるのではないかと思います。

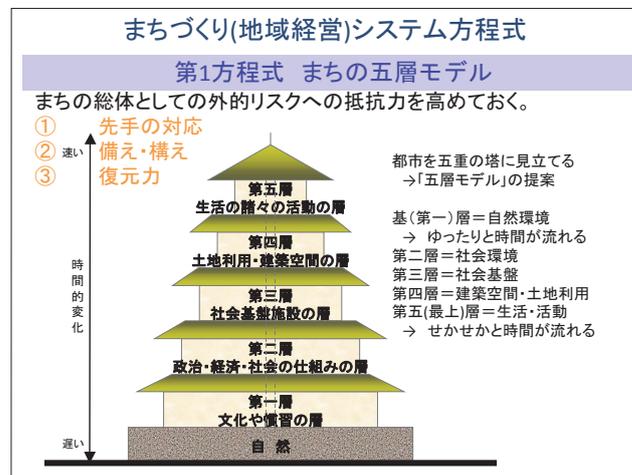
それから、災害時のリスクコミュニケーションの情報、技術の問題というのは、先ほども申し上げたように色々出ていますし、個別の問題としては学校、地域レベルの防災教育の重要性と課題があります。これは今回、いろいろな形で実証された訳ですが、さらにそれを進化させる。その場合に学校というのが地域の中核であり、私はある意味この「核」は人格の「格」だと思っていますが、地域の核としての力、或いは地域力というものをどういうふうに考えるかと言うことだろうと思います。解ってはいても、結局、最後の最後で実践に結びつかない…つまり「実践の穴」と申しますか、実践と結びつかない、ある種の崖っぷち、ラストマイルということで、このことが今回さらにいろんな形で実証された。その穴を埋める一つの方法は法制度の整備です。

1995年、つまり20世紀から21世紀にかかる直前に、自然のある意味なんとも言えないメッセージといえますか…、阪神淡路大震災が起こって、我々の防災研究に変化が起こり、「総合防災」というのが誕生した訳です。それと比べまして今回の大震災は基本的にはやはり「総合防災」が重要だ。しかしもっとそれを促進していくべきだという教訓を得たと思います。その上で、今回の

格別の大災害から学ぶべきこととしては、「ワーストシナブル シナリオ アプローチ」が不可欠だということ。「考えられる究極の最悪の状況をどう想像してシナリオにするか」ということです。しかも創造的かつ想像性を駆使した形でどうやっていくのか。ここに科学も含めて挑戦が求められている。その他に、制度の革新などのガバナンスの問題が目立ってきます。さらに、都市計画、地域計画、国土計画を立てて行く上で、あるいはコミュニティプランニングを立てて行く上で防災の問題を抜きにしては考えられない。この視点がこれからは絶対に必要になってくる。京大防災研究所がシンガポール・マラッカ海峡を対象にして、ここにワーストシナリオでタンカーが沈んだ、石油基地が火災になり爆発した、そんなことが起きると、どういうことになるのか。そんなことを考えて災害リスクのガバナンスの研究をしてきた訳です。国際的な リスクガバナンス機構の研究プロジェクトとしてやってきたことが、別の形、つまりその上いく形で今回の問題が出て来たという訳です。

さて話は変わりますが、津波対策に関するラストマイルの課題があります。複数の当事者がいてここまで個々には出来ていても手を結べない溝がある。これを何とか埋めるプラスαの知識が必要とされています。津波警報、長期警戒、これも先ほど出しましたが、警告した後にそれを受けた人間、たとえば住民が行動を起こす。その行動の先を読んで、あるいはそのシグナルを受けて、たとえば警報を出した機関がさらにどういうふうな情報を発信するのか。これはキャッチボールの関係になります。例えばこういう当事者間の連携の妙というのをやっぱり十分想像力を巡らせて実践可能にしていく、そういう詰めが必要であると思います。避難行動についても、いろんな例があるようです。例えばお年寄りがいてその方を助けるためには誰が気づき、行動を起こすのか？ そういういろいろなラストマイルの問題があって、それを当然起こることとして、当事者間が埋める努力が日頃からされなければならない。次に広範囲に壊滅的に被災した都市、地域計画の復興計画をどうすればよいのか？ この難題は、極めて広範囲に壊滅的に破壊された多くの被災地を復旧、復興に導くためには、五層モデルの図に示したように、最も速く変化するパラメータの最上層の生活活動が、他のよりスローなパラメータの層の変化に先んじて変化する。このことをきちんと押さえないとやっぱり上手くいかない。これも一種のラストマイルで、この五層モデルの町作りというのが、私自身が町作りに関わり、我々の仲間が阪神淡路大震災以降唱えてきた一つのモデルです。この一番下に自然のゆったりした層、これがちょっとクシャミをするだけで、上の層が全部グラグラになってしまいます。東日本大震災ではこれが津々浦々の地域集落に起こった。特に東北地方の方はリアス式海岸で、小さな入り江ごとに、集落がある訳ですから、こういう所は下手をすると、大きな計画の中からは置いてきぼりになる可能性があります。過疎化がますます進む…ある程度は仕方ないとしても、地域の核をどう作ってそういう所をどう埋めて行くか、という調節も必要になってくるのではないかと思います。東北の復旧、復興が抱える五重の塔作りとしては、「新しい仕組みを仮にでも良いから如何に導入するのか」、「実践の知恵をどう働かせるのか」、「日々の生活を如何に保障しながらどう長期に渡って進

めるのか」、「大きな不確実性の海の中、復興の火を灯しながら長い共同作業をどのように進めるのか」あるいは「大プロジェクトの陰に埋もれ、取り残される可能性の高い津々浦々の村々の中で立ち上がることを如何にするか」、「大きなプロジェクトと同時に小さなプロジェクトを拾い上げて行くのか」ということが、私たちにとって求められている総合防災の課題だと思います。



自然とのコミュニケーションという観点から見ると、この五層の塔は大自然の上に人間社会が約束事として建てたものです。「大自然」これは神様が居るのか知りませんが、大自然のいとなみです。自然と如何にして付き合えるか、これはある種の防災教育であり、このことをしっかりと研究しておく必要あると思います。

長年過疎地域で実践してきたことから学び取った実践の知恵を形にしたものです。何てことはないですが、要はPDCAサイクルのことです。真のサイクルというのはCheckする人もActionする人も、Planする人もDoする人も同じ舞台に乗って相互に知恵を出し合い、より協働的な関係を導く。アタリを付けて後はやってみてというやり方なので、この小さなサイクルで日頃の弛まぬ努力をやって、小さく産んで大きく育てる。このような小さなループを何サイクルも繰り返す小さな行動、実践の積み重ねによって社会や地域は少しずつ、しかし着実に変わっていく。そういうやり方が可能だということを掴みつつあります。環境体勢を整えてまた現場におろし、また現場から上に…というふうに進めていくのです。初登頂を目指すには、まずは一合目を目指し、一合目を制覇したらそこまでの学習成果を踏まえ、二合目を目指す。二合目を制覇したらそこまでの学習成果を踏まえ、三合目…、頂上の制覇を目指す。この峠はさらに次の峠に繋がっている。ここまでの学習成果を踏まえて峠の向こうの下りの世界を制覇することを目指すのですが、峠の上から降りてくるアプローチと途中で出会うかもしれない。これは、例えばこれから難しい社会変革の問題を含めて、変換期をどのように処理していくか。そのことを考えるとどの位の大きさの地域で始めるのが良いのか、例えばこれは峠の上からのアプローチが、どういう政策や対等を用意して進めていくのか。これは国なり県なりの仕事ですが、同時にそれを見越して、あるいは先駆けてイニシアティブをとって、小さな地域単位で土地所有関係を調整する人が現れ、ボトムアップで峠越えを目指していく。そこに一つの新しい糸口を見つけてい

く。いろいろなことが考えられ、アップダウンを伴って、経験しながら進めていくということが求められていくと思います。

西日本の備えに如何に還元するかというのはもう一つの課題で、いわゆる東南海、南海地震に対してどのようにして今回の震災からの学びを還元していくかという課題です。これは早晩避けられない地震です。これに対しては、東日本の復旧、復興に求められる支援や行動力とは異なる発想転換も必要となってくる。アダプティブマネジメントの観点から言いますと、まったく一から作り直す町作りとは異なります。既に長い歴史の下に築かれてきた地域において、できるところから少しずつ変えて行くアプローチが必要です。小さなメスを入れて、例えば小さいけれども避難所を確保するということを含めて地道な階段を上がっていく（アダプティブマネジメントです）。そういう意味で事後の知識、経験、行動という課題から如何に学ぶかということもありますが、さらに未然の知識、経験、教訓をどう結び付けていくかという発想転換も求められていると思います。それから、事前にバーチャルな都市、地域復興計画を立ててみるということも必要だということです。このバーチャルの究極の復興計画は、要するに理想的な枠組みの下に都市改造計画を今のうちから作っておく。現実はその頃から随分と遠いのですが、そこは如何に近づけるかという意味で、制約状況をどんどんと取り除いて作り上げる…、こういうシャドウの計画（「影の計画」）を作ることがいざとなった時に大きく機能するのではなからうかと思っています。

これからの防災対策・研究の課題と展望

1. パネルディスカッションの記録

目黒：このパネルディスカッションは、1時間余りを予定しています。その中で、まず最初にこちらで準備した項目に関する3ラウンドのディスカッションをしていただき、その後の時間を会場の皆様方からのご意見やコメント等に基づいた総合討論の時間とさせていただきたいと思っております。

では初めの3つの項目に関して説明します。最初は、現在進行形の東日本大震災に関して、私たち防災研究者や防災関係者が、そして一般の方々が、どういった貢献ができるのか。その貢献のために解決すべき課題は何かについて考えていきたいと思っております。2ラウンド目には、いつかはわかりませんが、これから確実にやってくると思われている首都直下地震に対して、これまでの研究成果や東日本大震災の課題と教訓を踏まえて、事前にどういった対策を講ずることができるのか、また、それを実施するにあたって、どんな課題があって、その課題を解決するための研究として、何を実施しておくべきか、を考えます。3ラウンド目には、同様に、東海、東南海、南海地震に対して考えます。これらの地震は単独で起こるのか連動して起こるのか、今の時点ではわかりませんが、高い確率で発生する危険性が指摘されているので、過去の色々な経験や教訓を踏まえ、今何ができるのか、それをするための研究的な課題は何かについて、パネリストの先生方からお話を伺いたいと思っております。

先生方には、この3つの項目に関して、それぞれ前半戦で頂いた基調講演の「〇〇防災」の観点からお話していただきます。この3ラウンドの後に、会場の皆様方からご意見やコメント等いただき、活発な討議と情報交換ができればと考えています。

それでは、まず第1ラウンド、東日本大震災、まさに現在も

災害が進展している状況の中で、それぞれのご専門の分野から、今何が大切で、今後どんなことをやらなければならないか、それを対策として実現するための研究的な課題は何かを、各先生方に3分程度の時間を使ってお話し頂きたいと思っております。では、今村先生からどうぞ。

今村：まず、私は津波防災の観点から、現在、復旧はだいぶ落ち着いていると思っておりますので、復興に向けての研究課題または重要なポイントを述べさせていただきたいと思っております。従来、大きな災害が起きた後の復旧・復興を考えますと、3-3-3という時間別で説明されます。それは、3日間-3週間-3ヶ月という時間です。3ヶ月で大体暮らしが落ち着く、つまり、仮設住宅完成という意味ですが、今回はそれが倍かかっている。場合によっては3倍の9ヶ月でやっと仮設住宅が出来上がるという状況です。避難所におられる方がほぼゼロになるまで3ヶ月かかっているということです。なので、今、我々がいろんな復興に向けての事業を計画している中では、通常の2倍から3倍の時間がかかるということを意識しております。しかもこのパネルディスカッションのテーマであります防災対策も地域に応じて多彩であります。地域環境だけでなく、住んでいる方の仕事、事情が様々だということです。このような中で、今我々が最も大切だと思っていることは、いろんな計画を行政側から提案され、地域で議論され、実施し、事業化していく際の合意形成の問題であります。合意形成するためには、こういう場で、とにかく話し合えばいいというものではありません。やはり、基本的な案がしっかり出ること、またその場が、1回、2回ではなくて、定期的に設定されることが重要であると思っております。私自身も、いろんな地域に、様々なレベルで関わらせて頂いておりますけれど、ある地域では、NPOを作って、月2回、定期的に行政側、NPO、民間の方との会議を設定し、そこに様々な方が入っております。そこでは、議論が大きくなるのですが、行政側も住民側も他の支援の方も、理解がすすみ、お互いに状況が分かりあった中での議論になります。一方、それが難しいエリアがあるということは、皆様方もご存じかと思っております。如何に合意形成をし、実際に事業化するのかを、従来の専門の領域を超えて、我々も取り組んでいかなければいけないと思っております。最後に、質問と少し離れてしまいますが、実は防災教育がすごく重要です。岩手県は、片田先生の例もあるのですが、釜石市だけでなく、県内において学校の建物で被災されて亡くなった方は、児童、先生、住民の方を含めてゼロです。一方、宮城県は非常に厳しい状況でした。そのために、先生方も自信を無くしています。そこで、もう一度防災教育をどう立て直すのかという、大きな課題を投げかけられたと思っております。



写真 4-1 パネルディスカッションのモデレータとパネリスト：左から目黒公郎教授、今村文彦教授、小長井一男教授、当麻純一氏、岡田憲夫教授

目黒：どうもありがとうございます。次は、小長井先生お願いします。

小長井：地盤防災の立場からお話をします。今、今村先生が、「合意形成」をキーワードにされました。それを受けてということでもないのですが、合意形成をやるためには、何がどうしてどうなったのか、あるいはどうなる可能性があるのかという、技術のしっかりした裏づけがないと、難しいと思います。地盤に関しては、先ほど話しました、認知できる大きな斜面災害の数はどちらかというとな少ないのですが、潜在的に傷んだものが多数あります。それから、液状化もそうですが、変形している地盤については、今、リモートセンシングの技術で、場所もさることながら、変形具合も非常に精密に地図化できるようになってきていると、私は認識しております。そういうものと人間の営みとがどういう風に関わってきたかを我々の方でしっかり整理して出していくことが、合意形成を助けると思います。一方で、これから岩手県や宮城県を中心に、高所移転といった、今まで人が住んでいなかったところに移転せざるを得ない状況が進んでくると思います。国土交通省の新土砂法等で規定される危険地というのは、人家が何戸以上というように、人とのかわり危険箇所が決まってくるため、新しく移動する場所の情報がない可能性があります。そのため、その土地や斜面の診断をしていかなければならない。それには、大変な努力と人手がかかると思います。そういうところで、専門家の立場から支援できることを、いろんな方がいろんな切り口でやっていく必要がある。そのためにも情報の共有と開示が必要になってくると考えています。私の話のキーワードは、「情報の開示」ということでまとめさせていただきます。

目黒：どうもありがとうございます。では、当麻様よろしくお願いたします。

当麻：被災地の復旧・復興に貢献するための課題、当たり前のことですが、復旧・復興のプロセスで新たな自然災害を発生させないことが非常に重要だと思います。原子力防の防災という観点から申し上げれば、現在は停止している訳ですが、福島第一に限らず、第二、女川、東海第二といった今回の被災エリアにある施設が停止してようが、運転してようが、新たな災害を発生させないということが非常に大事です。今日のご講演の中で今村先生も「余震が少なくなってきた、有感のものが減ってきた」と仰っていましたが、最大余震の危険性が全く去ったとは思えませんし、新たに誘発される内陸型の地震の危険性もあるのではないかと考えます。そういう意味で、その地域にある原子力施設が起因する新たな災害を絶対に発生させないことが、被災地の復旧・復興の大きな条件だろうと考えます。研究課題という面では、先ほど、確率論的に述べてまいりましたが、とてもそれでは間に合わないと思います。したがって、現実的な対策、効果的な対策、今、応急対策がなされていると理解しておりますが、それが着実になされていくことが非常に重要だと考えております。それが一点。もう一つの大きな課題は、瓦礫の問題です。低レベル放射性物質を含んだ瓦礫とか、あるいは焼却灰とか、下水汚泥とか、そういったものが大量にあり、それらの集約、保管、貯蔵、といった

課題があります。これは土木工学的にも対応すべき課題だと思います。六ヶ所村等で低レベルの廃棄物を厳重に保管している事例があるのですが、これは非常にお金がかかる施設です。今回は対象となる量が、大量なので、そんなにお金はかけられないでしょう。従って、それに代わる土木工学的な措置、地下空間を利用するかといったものを検討し、活かしていくことが課題だと思います。この2点を申し上げたいと思います。

目黒：ありがとうございます。それでは、岡田先生お願いします。

岡田：先ほど申し上げたことと重なりますが、少し視点を変えて申し上げます。地元も含めた中核の大学、研究施設、場合によっては小学校・中学校もそうなのでしょうが、そういうところのイニシアティブ、象徴的かつ実践の柱としての役割が重要でしょう。それから、それを支援する他の研究機関、あるいは、ここに集まっておられる我々の別の顔でもある学会としての役割というものも強調されても強調されすぎることではないと思います。そのことを、先ほどから話に出ている、「合意形成」と「情報収集」という観点で申し上げますと、合意形成に関しても、結局最後に合意形成が意味を持つのは、合意形成がインプリメンタル（実践可能）だからです。ですから、それが「絵に描いた餅」ではだめで、当事者がそのプロセスを共有しかつコミットして、行動まで結びついてなんぼという話です。従って、ボトムアップのこの合意形成にも、峠があり、一合目、二合目、三合目というアプローチと、峠に柱を立てて、旗を立ててというトップダウンの動きが必要で、そのイニシアティブは行政が取るのか、専門家が取るのか、あるいは大学機関が取るのか、ともかくお節介でない範囲内の、それなりの旗振りが必要だと思います。そう意味で、私の申し上げたアダプトマネジメントが上からも下からも必要だと思います。もう一つ、先ほどの情報開示に関しては、その通りだと思ひまして、本当は100%同意なのですが、情報開示を唱えても成り立たない問題がありえます。地域に入って行って、いろんな実情を知る、あるいは組織に入って行って、入れてくれるのだけれども、組織から本当に必要な情報をどう聞き出すのかということになりますと、入るといふ事と、もう一つは、コミュニケーションに相互の認識を合わせて、結果的にお互いに共有の場を持って、対策に結び付けるというある種の情報収集の方法が必要かと思ひます。いろんな問題をどう拾い上げていくのかというのは、かなり人間的な問題で、この人間的な問題については必ずしも情報開示ということだけではうまくいかない、しかし、もう一方で情報開示も必要で、それについては2点あって、外側から見ても情報開示をしていただければできる問題であります。しかしもう一方で、情報開示を必要とする側のパースペクティブとか手段がないと拾えないことがあります。今日は申し上げられませんが、例えばグローバルな影響も含めて、経済被害をどう風にかけていくかということを我々の仲間が色々とやっていますが、これにはパースペクティブを持たないと集まってこない情報が色々あります。ですから、この際、モデル的なことも含めて、パースペクティブをきちんと確認し、押さえていくということも必要ではないかと思ひます。同時に、先ほどの福島の問題でいえば、小長井先生がおっしゃったこととも関係しますが、例え

ば鉄塔が倒れた問題がもっときちんと押さえられる方法がなかったのだろうか、つまりむしろ人間側の問題と考えると、どういう風に倒れたかという自然科学的な問題と、その背後に潜む人間科学的な問題をどう拾い上げていくかということも必要だろうと思います。ひとまずここで終わりますが、合わせて、まちづくりの問題についても後々に申し上げたいと思います。

目黒：どうもありがとうございます。現在進行形の東日本大震災については、会場の皆様もいろんな考えや思いをお持ちだと思いますが、私自身もいろいろ考えていることがあります。その中でも、直後から強く思っていたことで、それがいまだに達成されていないことが、実は今も被災者の皆さんの心の深いところずっと影響しているのではないかと考えていることがあります。それは次のような点です。

私は海外の災害調査に行くことがよくあるのですが、海外の被災地では大きな震災の後に、1週間後とか10日後位に、それまでの懸命な救出救助作業でも瓦礫の下や海の中から見つからない大勢の人がいる場合に、その地域々々で、尊敬されている人、宗教者であることも多いのですが、そういう人が、「この時点で見つからない方々は、残念だけれどももうお亡くなりになっています。見つからない彼らの魂を弔うと共に、これからは、生き残った皆さんが、自分のため、そしてこの地域の将来のために、どのように考え振舞っていくのがいいのかを念頭に頑張らしましょう」とさとし、被災者のマインドを変えるイベントというか、ある種の儀式を行います。被災者はこの儀式をきっかけに、心を入れ替えて、将来に対してポジティブに行動できるようになります。私は、今回の地震の直後に「海外ではこういう儀式をします。これはとても重要なことですが、日本ではこの儀式を取り仕切る衆目から尊敬される人はいるでしょうか」という話をしました。まあ、菅総理ではなかったと思いますが、ではだれでしょう。被災地の皆さんの対応などを見る限り、可能性があるのは天皇陛下か、地元で尊敬されている和尚さんなど、ごく限られた人しかいないと思います。いずれにしろ、どなたかがそういう儀式を行わないと、どうしても心の中で災害を引きずってしまいます。「どうして私が生き残ってしまったのか？　なんで私より能力が高かった友人が死んでしまったのか？　どうして、孫と代わってあげることができなかったのか？」というようなこと繰り返し考え、どうしても自分や地域の将来などを積極的に考えることができなくなってしまいます。

現場に近い場所におられる今村先生は、このような点をお感じになられたことはないですか。

今村：ええ、それは非常に感じます。地域でも、3ヶ月、6ヶ月の追悼の場を設けるのですが、そういうときにご遺体が見つからない場合には、もう諦める、というような、ひとつのセレモニーが行われた地域があることは事実です。しかし、やはり消え去るものではない。この間、宮古に行ったときに初めて被災者の方とお話したのですが、被災されている方が、例えば仮設住宅でも集会所でも、なかなか体験をそのまま語る場が今までは少なかった。やっと半年、8ヶ月経って、語れる。語ることによって、本当に悲しい体験を思い出すのですが、ある意味それをばねに

生きる力をもらうという状況です。日本は、宗教的なものが強くはないのですけれども、コミュニティとして、一緒にやる活動は大切だと思います。

目黒：ありがとうございます。他の先生方で、この点に関して何かご意見がございませんか。なければ次に進みたいと思います。

第2ラウンドは首都直下型地震についてです。今回の大震災では、首都そのものは建物がたくさん壊れて、路上に瓦礫が散乱したとか、至る所から火事が発生して延焼の危険性が非常に高い環境があったわけではありませんし、大規模な停電が起こっていたわけでもありませんでした。それでもいろいろな問題が見えてきました。もしこれが首都直下型地震であれば、もっともっと重大な様々な課題が出てきたのではないかと思います。そういうことを踏まえたうえで、それぞれのご専門の立場から、今後どんな事をやっておくべきか、そのためにはどんな研究が必要かについてのお考えをご紹介して頂きたいと思います。まず、今村先生からよろしくお願いします。

今村：従来は、首都直下地震では津波はありえないし、想定もしていませんでした。しかし、東日本大震災を受け、東京都も検討しましたし、また、歴史的に振り返りますと、東京湾でも多少の津波があったことは事実です。なので、首都直下地震の二次的な災害として、津波を入れなければいけないと思っております。

その東京湾または首都圏での津波の特徴というのは、一言で言いますと、都市型津波です。今回の大震災では、様々な映像があります。三陸も仙台も、そんなに多くビルがあったり家があったりするわけではなく、だいたい海岸を見れば海が見えるわけです。そのため、地震があつて津波が来る際に音もしますし、場合によってはものすごい風が吹きますので津波自体を確認できます。もちろん、それから避難しては遅いわけですが、少なくとも津波が来るという認知はできます。ところが都市型の津波というのは、ビルがあり、防潮堤があり、街の中を歩いていると、どっちが海の方かさえもわからない。川とか水路とかもありますので、都市型津波の怖さは、規模ではなくて、その複雑な進入過程であり、認知しにくい状況であり、イコールそれは避難しにくいだと言えます。ビルの活用というのはあると思いますが、地下街にいたらどうなるのか、津波に対してどういうルートで避難して安全性を確保したらいいのか、これは大きな課題であります。

もう一つ、東京湾での特徴としましては、恐らく今までにない発生メカニズムでの津波となる事です。通常の津波は断層運動によって海底が隆起したり、沈降したりすることによって海面が変化することで発生します。しかし東京湾で考えられる地震というのは、鉛直方向成分はそんなにはないと思います。逆に、横の滑り量が大きくなると思います。その場合何が起こるかと言うと、防潮堤等の堤防が壊れるので、これによって海水が0m地帯に流入する。これを津波と呼ぶかどうかは別問題ですが、こういう洪水が街中を襲う。先ほど、仙台平野の津波を見て頂いたのですけれども、水位が高ければ高いほど位置エネルギーを持っているので、低いところに移動した水の勢いは激しくなります。そういう面で、津波も忘れてはいけない項目になるかと思えます。

目黒：ありがとうございます。では、小長井先生お願いします。

小長井：その江戸川区の住民だった小長井でございます。毎日、東西線で西葛西から電車に乗るんで、近くのパチンコ屋の前を歩いていますと、水が入ってきたら多分パチンコ屋の1階は全部つかると、毎日考えながら通っていたものですから、今の今村先生の話が脅かしに聞こえませんでした。

今回の震災では、確かにそういうところは持ちこたえたのですが、今回は首都圏からは遠い地震だった。継続時間は長かったが、加速度値はそれほど高くなかった。これが直下だったらどうなるのか。かつて、明治の東京地震や安政の江戸地震とか、いわゆる直下とされる地震がありました。記憶もない小さい頃に、親父やおじいさん、曾おじいさん、おばあさんが何か言っていましたけれども、全く実感を伴っていない。樋口一葉が、「水の上日記」という日記を書いているのですが、その中でこの明治の直下地震について伝聞という形で触れています。今の麻布十番付近で液状化が起こったという話です。谷崎淳一郎の幼少期の日記みたいなものには、日本橋で揺れを経験して、わけもわからないで飛び出して、お母さんのもとに飛び込んだという記述がある。私の知識はこのくらいですが、今村先生の話は、どうも絵空事ではないなという感じがします。実際、水が入ってくると、江戸川区では67万人程度が荒川水面下に住んでいらっしゃるんです、どこに逃げるかという、ほとんど逃げ場がないのです。そういった状況に対して、自分でできることを考えておく必要があると思います。

目黒：地盤災害についてはどうですか。

小長井：地盤沈下も広い意味で言うと、長期にわたる変動の結果であると思っています。それにプラスして液状化があります。今回の液状化は確かに、世界最大規模という言い方をされています。世界最大規模の液状化が、加速度の大きさはともかく継続時間の長い揺れで起こった。これがもし、直下で、加速度のピークがもう少し強かったら、どういことが、どの範囲に起こるのか。若松先生が言っていた様な再液状化が起こるのであれば、今回の情報をどう活かすのか、といった事を研究のひとつの課題として、早い段階でどんどん発信していかなければいけないと思っています。

目黒：どうもありがとうございます。次、当麻さんいかがですか。

当麻：首都直下型地震に関わる課題ですが、原子力の観点から言うと、首都が一番近い原子力というと東海第二それから浜岡になるわけですが、M7クラスの首都圏直下地震でそれらの発電所に大きな影響が及ぶとは考えにくい。だから良いという訳では決していないのですが、むしろ電力の安定供給という観点から見た課題を指摘したいと思います。すなわち、原子力がこういう状況ですと、この先しばらく、網渡り的な電力供給が続くわけで、そのベース電源は火力になります。東京湾には火力発電所が集中しているので、首都直下地震の影響をまともに受ける訳です。火力発電所がその影響を受けて停止しますと、電力の供給という観

点からは非常に大きな問題を生じる訳で、ここが課題だと思います。皆さんはご記憶に無いかもかもしれませんが、実は数年前に東京電力の全原子力発電所が停止した夏がありまして、その時に電力供給源が危機的な状況になりました。火力発電所は動いていたのですが、需要が上回り供給ができなくなる危険性があったのです。しかし幸いにしてその夏は冷夏であり、冷房による需要が伸びなかったために事なきを得ました。今後は、このような状況が続く中で、冷夏ばかりではないと思いますので、夏場の需要の増大時に、もし新たな地震が首都圏で発生して、火力発電所が影響を受けた場合に、電力の供給が大きな問題になることが懸念されます。したがって、火力発電所の首都圏直下地震への対策を再度見直して、耐震性、そしてもしかしたら浸水に対する対策もしておく必要があると考えます。

目黒：ありがとうございます。今おっしゃったのは、首都直下地震があれば、施設に問題がなかったとしても、とにかく止めて点検をしなければならない。その間は、確実に電力供給が止まってしまうという危険性ですね。

当麻：そうです。

目黒：わかりました。それでは、岡田先生お願いします。

岡田：今の当麻さんのお話を聞いて思いますのは、そのことに対して国土レベルでどう備えるかという問題があると思います。それから電気自身が、今後色々な形で節電等進むと思いますが、それはある意味電気が唯一支配している訳ですから、当面それが続くという意味で、生産・業務、生活等のあらゆる面で機構が電気に依存し、しかもそのネットワークが複雑につながっている。どこかが災害でやられるとそれが他のネットワークに及び、その被害が拡大していくというクリティカルインフラストラクチャーの問題をどう乗り越えるか。最悪の最悪を考えるという形で考えておく必要がありますし、原子力の問題があれば地方でもエネルギーの需給が難しくなってくるということがあれば、そういう意味での国民的な世論で議論をしていく一つの種としてどんどん進めていくべきだろうと思います。それから、後2点あるのですが、1点は帰宅難民等の問題ですが、今回でもそういうことだったのですが、果たして帰宅させること自体が良いのか、しかし首都直下地震があった場合には帰宅難民どころか、一体どういことが起こるのかということについて、もっとシリアスなシナリオと、そういう事態のシミュレーションをしておく必要があるかと思っています。その中には、ツーリストとか色々なトラベラーがいる訳ですから、そういうことを含めてです。最後に、今回もそうだったのですけれども、被災地が一番情報過疎になる訳ですね。という事は、今度東京が被災すれば、ある意味で日本の意思決定の中核であるところの大混乱した状況を、外側の人はわかるとして中側の人は全然わからないという事態が起こりうるわけで、そういった問題に対してどういう風に考えるべきか、メディアの対応も含めて考えていく必要があるという風に思います。

目黒：どうもありがとうございます。色々な課題をご指摘いただ

きました。次は対策をとらなければならない事柄に対して、研究としてはどんなことを具体的にやっていかなければならないかについて、補足していただきたいと思います。東日本大震災に関しての追加的な課題であっても結構です。

今村：津波というハザードに関しては、横ずれ断層であっても、堤防破壊による浸水等の被害が出る可能性があるため、これに対する対策をしっかりと実施する。もう一つ、色々な地震動や二次災害、津波が起こった際の避難など、色々なシチュエーションに対して万全の対策は難しい。その意味でもビルのある地域で如何に耐震性、防災性を高めるかの視点が重要だと思います。特に大震災に対して、全体の安全レベルを上げるのは難しく、やはりここだけは絶対に守らなければならないという機能を含めて場所を特定して、拠点的に特定のそれを強化しなければならぬと思います。

目黒：漂流物の影響等はいかがですか。

今村：漂流物の影響を正確に評価することは無理ですね。と言いますのは、どこに船とか色々なものがあるのかわからない。漂流物の対策は実は2つありまして、一つは漂流をさせないようにすることですが、それは無理です。もう一つは、漂流物が来てもそこで大きな破壊が発生しないようにすることで、これは何とかできるのです。ガードレールとか植生でも良いのですけれども、重要なところに緩衝材を設置するということです。ただし、タンカーが来たらちょっと難しいと思います。

目黒：小長井先生、例えば今回、地盤の液状化現象で、首都圏では建物自体は大丈夫だったが、地盤の支持力が低下して傾いてしまった住宅が多数発生しました。このような被災家屋を、安く効率的に修復する工法が求められているのですが、そういったリクエストに対して、私たちが適切なソリューションを提示することはできますでしょうか。

(以下の小長井先生の発言は回答になっていないが、・・・)

小長井：ただですね、その情報が、全体としてまとまった形でなかなか出てこないことが問題だろうと思います。先ほど申しましたように、地盤の被害と言うのは繰り返します。液状化もそうだとする事は、若松先生らの努力で最近指摘されるようになった事ですが、例えば道路の補修記録、毎年の年度末に道路の補修が入りますけれど、そういったものが頻繁に入る所が、実は地震が来ると被害が大きいところと重なってくる。ということは、常時からじわじわ動いているということです。地盤災害の多くは、ひょっとして事前から兆候があるのかもしれない。だから、そういった情報を集めて出す事が大事だと言う事を申し上げました。もう一つ、そういう自然の話とは別に、人間の関わり、対策をやったところとやってないところがどうだったのか。実は対策をやったところで全て効果があったかどうか判らないこともあって、なかなか表に出てきていない。成功した事例はすぐに出てくるのですけれども、全部は出てこない。最後は人との係わり合いで決まりますので、そこらへんもあわせて情報集約しています。先ほ

どの目黒先生の質問に対しては、私はちゃんと効果が早急に出てくると思います。

目黒：次は、造成地などで指摘される問題についてです。造成前の地名、多くの場合では、これがもとの地域の地歴という特徴を表していることが多いのですが、その地名を造成後に、聞こえのいい新しい名前に変更して売りに出されることが多い。これは日本中で行われていることですが、こうなると、古くからの地元民は知っていても新しい居住者は自分の住んでいる場所の潜在的な問題を地名から察することはできません。それぞれの地域に住む上で、地歴に関する情報があるかないかですぐに違おうと思うのですけれど。

小長井：そうです。だから今、我々が経験した事はしっかり残すことが重要なのです。

目黒：ありがとうございます。当麻さんお願いします。

当麻：先ほど東京湾岸の発電所の強化が必要だと申し上げましたが、具体的には、やはり東京湾岸の液状化対策です。小長井先生も指摘されましたが、火力発電所ならびにそれへの出入りのポイントの液状化対策が必要かと思っています。既に今回の震災でも、対策の効果があったといわれている地域があります。そういった情報をよく吟味して、実際の発電所なり送電線の施設において、対策が有効だったのかどうかを吟味する必要があります。これらの効果は、解析や実験では過去に確認していますが、実際の地震の洗礼を受けていないので、それを今回の震災の色々な情報を反映させて、研究を加速することが重要だと考えています。

目黒：ありがとうございます。岡田先生、お願いします。

岡田：東京が日本の中枢であると同時に、瘦せても枯れてもやはり世界の中でも中枢の一つですから、先ほどの情報過疎も含めて被災したときに、いろんな形のクリティカルインフラストラクチャーが機能しなくなり、大きな被害と混乱が起こるだろうと思います。これについては、それなりにある種の想像力をめぐらして、理論的なモデルも、限界ありますがたてられると思います。問題は、それをやるためには、政策シミュレータ的なものを実行する場作りと、行政担当者を含めてどう巻き込むかという、参加型の場作りのノウハウというのが一つの課題となります。同時にそういうシミュレータをどう作っていくかということが非常に重要だろうと思います。それから、パラレルライフという考え方で、映画で良くできてきますが、あの時、意思決定をこうしていたらどんな風になっていたという話ですが、今回の東北も含めて、あの被災した時間が一刻でもずれていたら、それで起こった社会的な影響は非常に異なったものになりえると思います。例えば、通学途中だったらどうかとか、更に後だったらどうかとか、そういうこと一つをとっても、実は起こりえた色々な可能性があって、それをある意味で仮想的にシミュレーションしておく事によって、はじめて我々は起こった事をより豊かに仮想的実体験ができると思います。ですから、東京の場合は、よりそういう問題が深刻に

なりうると思いますから、そういう形でのシミュレーション、情報収集ということが必要になってくるのだらうと思います。

目黒：ありがとうございます。それでは、3ラウンド目ですが、今度は、もう少し西の方で起こる地震について考えます。南海トラフ沿いで起こる東海、東南海、南海地震の話です。

これらは単独で起こるのか、いくつかが連動して起こるのかはわかりませんが、近い将来に起こる危険性の高い大規模地震です。もし一度に連動した時には、全体の規模としては非常に大きくなりますが、一方で、バラバラに起こった時の方が、被災して復旧・復興したものがまた被災する状況などを考えると、個々の地震被害を合わせたトータルの被害量は連動のケースよりも大きくこともありえます。

また過去の事例を踏まえると、南海トラフの東側の東海や東南海地震が起き、南海地震の震源まで破壊が達しなかった場合には、南海地震の切迫性が急激に高まるわけです。安政の地震であれば東海地震（東海と東南海が連動して起こった地震）の31時間後に南海地震が起こっています。昭和の東南海、南海地震では2年の時間間隔で東南海、南海の順に地震が起こっているため、東海や東南海地震が起こった場合には、西日本の皆さんは非常に緊張した環境の中で生活しなければいけないとか、起こった震災に対する対応自体も一般的な余震のレベルではなく、もう一度本震と同程度かそれ以上の巨大地震が襲ってくることを前提とした対策が問われるとか、関西の人たちも自分がいつ被災するかわからない中で被災地支援を考えなくてはならない、などの問題が出てきます。津波災害も非常に大きなものが想定されますし、過疎の集落が孤立するような問題も多発するでしょう。

このような状況を踏まえた上で、それぞれのご専門の立場から、今後考えておかなければいけない事、研究的な課題について、ご紹介してください。では、今村先生からお願いします。

今村：まずは、目黒先生が指摘されたように、やはり連動性、タイミングが非常に重要だと思います。一気に破壊するのか、間隔は数時間なのか、数日なのか、数年なのか。緊急対応や救命活動、復旧活動をする中で、また災害を受けてしまうかもしれません。また、実は津波に関しても連動性というのはとても大切です。それは指向性といいたいでしょうか、震源の破壊がどこからどこに向かうかによって、発生する津波がドブラー効果で、だんだん大きくなりますので、一気に破壊した場合とある時間帯で連動して破壊した場合の津波の規模は、恐らく何割か違いますし、場合によっては2倍ぐらい違う可能性もある。このように評価する中で連動性のタイミングは非常に重要だと思います。もちろん、震源が最終的に、西側と東側、どこまで行くのか、東海で止まるのか、または相模まで行くのか、南は九州のどこまで壊れるのか、という議論も大切ですが、やはり、タイミングが重要だと思います。

もう一つは、今回の東日本大震災もそうだったのですけれども、やはり複合的な影響を受けるという事。津波とか高潮の場合、堤防とか防潮堤が非常に大きな防災機能になっていますけれども、どうしても揺れによって、中に詰まっていた砂が下がる、または液状化も起こるといって報告も受けています。期待する機能が無い

状態で津波が来てしまう。そういう時には、前提が変わるので被害の状況も想定と変わってしまいます。今、我々にできることは何なのか、半分の機能でシナリオをもう一回見直すのか、またはその対策をするのかどうか、そういう議論が重要だと思います。

ハードに関しては、今回、釜石の防波堤、数千億円かけたものですが壊れてしまったと。その壊れた状況をやはり皆さん注目されていたと思いますが、まず一つは、その存在、防波堤があるがために、浸水域の低下、または到達時間の遅延、また、防波堤が身をもって津波のエネルギーを殺してくれた、色々な効果があった訳であります。我々、今一度ハードの役割を見直して、やはりそういうものは必要なのか、または「いや、それは期待する程ではないから、もうちょっとハードからソフトに変えようか」という検討をしっかりと行う必要であると思います。その中ではハード対策の重要性をしっかりと確認すべきです。

目黒：今村先生、ありがとうございました。では、小長井先生どうですか？

小長井：実は、私は静岡県出身です。静岡では、大きな地震が来る事を皆さん真剣に考えておられます。法律の裏付けもあって、県にもお金があると、色々な条件はありますが、地盤災害の対策に関しては、東北みたいなわけにはいかないだろうと思います。といいますのは静岡市の後ろ側に数十 km と非常に奥行き深い南アルプスに構造線が走っています。さっき、東北の震災についても、規模はともかく、非常に沢山の地盤災害が広域に出たということが問題だと話しました。これが、もし東海、南海連動ということになったら、数もさることながら、大規模な地盤災害が発生する。大きいのは宝永の地震では、日本三大崩れの一つ大谷崩れが発生した。それから、今、地すべり対策で非常に頭を痛めている場所に由比があります。由比には東海道線、新幹線、東名とか色々な幹線が走っていて、ここは要監視地域の一つになっています。結局そういうところにお金が入っていく。ところがお金の入らない数多くのところでも、例えば福島第一原発の鉄塔みたいな小さなものでも命取りになる幹線を切れば、それはそれで非常に大きな問題になります。しかし数が多いということで、対策が手薄になる。そういった場所や施設についての見直しが必要だと考えています。あわせて、お金がないという話をしますと、まあ、静岡県はそういう意味で有る方ですが、地方自治体の方々は財政難の状況です。市道、県道のレベルでは、例えば橋のメンテが出来ていなくて、橋が老朽化していて津波が来たらコロンとってしまう。それが重要でなければ良いのですが、ひょっとしてということをお考えおかなければならないと感じています。

目黒：ありがとうございます。当麻さんお願いします。

当麻：東海、東南海、南海地震の連動への対応ということですが、電力供給という観点から言いますと、このエリアにある原子力発電所は、浜岡です。ご存知の通り現在は運転停止中ですが、1, 2号機が既に廃炉が決定して止まっている状況です。3, 4, 5号が活きていて、6号機が建設計画中です。そういう状況ですが、そ

こに東海、東南海クラスの地震が来た場合に、止まっていようが動いていようがハザードはある訳で、既に廃炉が決定している1, 2号機も、燃料プールの中には使用済み燃料があるので、そういうところに対しても地震、津波対策が必要だという訳です。私が聞くとところによれば、18mの高さに防波壁を造る計画が進んでいます。ただ、我々から見てわかりにくいのは、その防波壁の機能ですね。何を達成しようとしているのか、その辺をもっと明らかにする必要があります。というのは、通常地域防災計画では、震災後の見直しにより、防潮堤の嵩上げ等がされていますが、50年から150年くらいの期間で来る津波に対してはそれで防護する、それ以上の津波に対しては、その対津波防護機能は期待しないという前提での避難計画等が地域防災計画でなされている訳です。しかしながら、原子力発電所では18mの防波壁の機能を期待しないという事はありえない訳で、一滴たりとも水を入れないのか、その辺の要求している機能をやはり国民にも明らかにしていく必要があります。またその機能を果たすための防波壁の具体的な対策、設計、あるいは洗掘に対する対策、それらが現在の大きな研究課題です。そしてこれらは何も浜岡だけでなく、北海道でも北陸でもどこでも同様で、計画されている海岸施設の対津波性能の明確化とそれを保証する研究の加速が非常に重要だと思っています。

目黒: ありがとうございます。では岡田先生お願いします。

岡田: 東日本でなく西日本で、大震災が連発して起こるとどうなるかということに対して、色々なシナリオがあらうかと思いますが、先ほど私が申し上げましたように、ハードの重要性和、その限界を如何に住民なり最後はヴィクティムになる人達に理解してもらいながら、最後はヴィクティムになる人達の最後のところを、どういう形で、自身で守って頂くかという、そういうコミュニケーションをしていく手段とかメディアとかシミュレーションの方法というのが、ひとつ必要ではなからうか、と私は思っています。根底にそれは、まちづくりのことを結びつけてやっていく必要があるのですが、特に西日本の場合は、既に都市が形成されて、漁村も含めて集落が形成されて長い伝統を持っている中で、まだ被災していない段階で、小さなレベルから少しずつ糸口を見つけていく必要があるかと思っています。そういう意味で、先ほど申し上げたような、アダプティブマネジメントにより1合目、2合目、3合目と上がっていく、と同時にそういう場を作っていくための行政の主導というのが、あわせて求められるのではないかと思います。そういう、モデルケースの地域を我々がどういう風に掘り起こせるのか、そういうところに我々の力が必要ではないかということがひとつ重要で、そういうところに入って行って、色々な仮説を検証しながら知識を積上げていき、成功モデルを作っていくことが、他の地域に更にそれを広げていく事にもつながるのではないかと思います。例えば、高台移転ひとつとっても、いずれはそれが必要だということになるのであれば、今の集落を少しずつ移しながら、例えば商店の機能とか色々な生活の糧をその中でどういう風に確保するのかという問題を少しずつ解いていく。これは空間計画になかなか落とせない問題もあわせて総合的にそこに入れていく。しかしそれを空間計画としてやっていく

という意味では、土木、建築等のノウハウ、エキスパーティーズが求められるわけです。我々はどうも、道路は道路、河川は河川、都市計画は都市計画という風に、中でどうしても閉じこもっているところがあるのですが、道路が果たしている堤防としての役割とか、河川が果たしている道路の役割とか、あるいは河川が果たしている公園としての機能等々を考えると、スーパー堤防の問題もそうなのですが、まちづくりとしての観点で、合わせ技でこの有効性をアピールしていくということが必要ではないかと思う次第です。最後にもうひとつ、繰り返しになりますが、究極の復興計画、これは、下から上げていくのではなくて、もちろん合意形成という意味ではそれは必要ですが、むしろトップダウン的にリードしていく形で、究極の復興計画を事前に立てる、それはある意味で白紙に出来るぐらいにラディカルに考えた、都市構造計画というのをしんどくてもやっていくという努力を積上げる事が重要ではなからうかと思っています。また、そういう意味での研究が必要だと思います。

目黒: どうもありがとうございます。そういう意味で言うと、約90年前になりますが、1923年の関東地震の前に、東京市長になった後藤新平は帝都の東京をどう造り変えなければいけないかを検討し、そのための幾つものプランを、当時の優秀な若い人達を含めたチームを作って、用意していました。それらの都市計画案が用意されていたところにあの地震が起こった訳です。複数の計画案が用意されてあって、その上でどこにどんな被害が発生したのかのデータが得られたので、それらを合わせて、直後にあの帝都復興計画を出したわけです。言い換えれば、あの震災の前に帝都を改善するための事前の検討とプランがなければ、直後のあのタイミングで、あれだけの都市計画案を出すことは、到底できなかったと思います。そういう意味では、本当に重要だと思っています。

さて、これでこちらが用意した3ラウンド分の議論は終了です。ここまでの議論を踏まえて、これからは、是非、会場の皆様からご意見やご質問を受けたいと思います。テーマは特に限定しませんので、まずご自身の御所属とお名前を言って頂いた後で、「ただれだれさんに対して、こういうことを聞きたい」というスタイルでご質問をして頂ければと思います。

質問者 A: 京大防災研の多々納と申します。小長井先生にお聞きしたいのですが、岡田先生の話にも多少関係するのですが、地面というのは、どのぐらいの時間持つべきものかについて質問します。現状では上に乗る土地利用の、あるいは使われ方を想定して、例えば上が住宅であればそれほどハイグレードな造成はなされていないと理解していますが、その地面自体は多分、何世代にもわたってそこにある。仮に災害が起きれば、造成されたところが崩れてしまう。もしくは液状化してしまうということが、沢山起きるわけですね。確かにそこで展開されるラウンドサイクルは、20年なり30年なりで1世代かわっていくわけですが、災害に対してどの程度の安定性を持たせるかは、多分その使われる施設なり、ものの使用期間みたいなものが関係しているはずだと思うのです。そう考えたときに、地面というか地盤というかわかりませんが、そういったものを造るときの考え方をもう少し変

えていかなければいけないのではないかと思ったりします。更には、今回の災害でも思いましたが、次に東南海、南海が起きたときのコンビナートなどの影響を考えると、早急に地盤対策をしていく必要があると思います。その辺のところの理屈といいますか、どの程度の安全性を持たせるべきかに関して、現在は、どういう考え方に至っていて、どう変えていく必要があるかについて、先生から少しお聞かせいただきたいと思っています。

(以下の発言も質問の回答になっていない)

小長井：ご質問、ありがとうございます。今、建物のサイクルと地盤が出来上がるサイクルの話が出たのですが、もうひとつ、地震が起こる周期が大切です。どのくらいの周期で地震が起こるかを考えますと、恐らく大きな地震が起こる周期以上に頻繁に表層の地盤が変わっていると思います。色々ところで堆積環境が変わり、その上にもっと短い時間で我々が生活しているわけです。重要な施設が建っている地盤がもし悪い地盤であったら、何か対策をしなければいけませんので、重要度の判断が必要になる。それ以上に大事なのは、やはり住んではいけない場所は公園とかにして空けておくべきだということです。そこを宅地化するのは無駄といっは悪いですが、避けるべきだし、少なくとも知らないうちにそうなっていたという事態は生じないようにすべきです。

先ほど言い忘れたのですが、東南海地震の話が出ましたけど、静岡では2年前の2009年に駿河湾沖で地震が起きました。被害は瓦が飛んだ程度だったのですが、その分布が昭和10年に起こった地震の被害と非常に良く似ています。この地震が起こったのは、神様がためしにやんわり揺すってくれた、弱点箇所をあぶりだしてくれたのではないかと感じています。だから、そのデータは、小さい地震だからといって忘れてしまうのではなくて、しっかり認識しておくべき。大きな地震が起こったときそれが更に増幅する形でひどい事になるのではないかなと感じています。そういった情報の集約が大事だと考えます。お返事になっていますか、わかりませんが。

目黒：関連しますと、今は地盤条件の悪いところに多くの人が住んでいます。この背景には、大規模都市やその周辺への人口集中を前提に、山や岡を削って窪地や谷を埋め、海や湖沼を埋め立て、宅地を増やしてきたことがあります。結果として地盤条件の悪いところに多くの人が住むことになったわけです。しかし、現在は少子高齢人口減少社会でこの傾向は今後ますます加速しますので、人口がどんどん減っていきます。この人口減少の環境をうまく利用して、適切な情報開示と移転誘導するシステムが出来れば、いい地盤条件の地域で不要となった住空間に、悪い地盤条件の地域に住んでいる人達に上手く移ってもらうことが可能になると思います。そうすれば、30年50年経つと、危ないところは公園化され、条件のいいところに皆が幸せに住むということが実現できるので、こういった土地利用対策はなるべく早くやった方がよいと思います。そのためにも情報をきちんと出すことと、そうしていかないと多額の公金を余分に使わざるを得なくなることをきちんと伝えることが重要だと思います。皆さんが納められた大切な税金が無駄に使われないための方法とその分かりやすい説明が必要ですね。

岡田：ちょっと良いですか。今の多々納先生のご質問に対して、私の考えに引き寄せてコメントさせて頂くと、ある種の土地台帳の抜本的な改正というか、土地の持っている履歴のリスクをどこかの公共的な主体が、それは国交省なのかどこなのか知りませんが、国土管理をになうある種の信用機関が、それを一種の社会的なソフトなインフラを管理するものだとして、おさえていくという考え方が、私は不可欠だと思います。個人情報云々という細かい事も有りますけれども、どこかが、どんと信頼を受けてそれを担うことが、制度的に絶対に不可欠だと思っています。そういう意味では、この機会に震災を受けたポスト東北というか、東日本というのがひとつのエポックメイキングになって、新しい土地台帳レジストレーションシステムを変えろということが、必要だろうという風に思っています。その上で、先ほど私の言ったモデルを使うと、小長井先生も先ほどおっしゃっていたのですけれども、五重塔のモデル、要するに一番上はセカセカする人間の生活なのです。しかし、その下に色々な履歴があるのです。この履歴を、どこかがきちんとおさえていると同時に、その信頼性に即して、研究機関も含めて何らかの形で分析し、わかりやすい形で伝える。そういう役割、それは多分、学会やNGOの役割になると思います。もうひとつ、土壤汚染の問題も有りますよね。この土壤汚染の問題も、ヨーロッパなんかではブラウンやグリーンな土地といった呼び方をして、実は履歴を押さえているのですね。ですから、環境も含めたスペシャルリスクのレジストレーションというのが、ガバナンスのスキームとして必要であろうと、それが意味で巨大災害に対して、どういう形で備えるかということにつながると思います。

目黒：ありがとうございます。会場から、他のコメント、ご意見を是非頂戴したいと思います。いかがでしょうか。

質問者B：今村先生の古文書に関するコメントです。歴史地震のような非常に重要な情報の分析は大事なもので、やっていかないといけないと思います。しかし地震の評価で、宝永地震はM8.6とか8.7といわれていますけれども、実は歴史地震の評価は、これまで測器とかで観測されている地震の事例を元に式を作って、有感範囲から推定しているわけです。ところが、村松先生らがやられた事例では、濃尾地震が最大です。M8クラスが最大で、そこから外挿しているわけです。これが良くなかったのですが、事例がなかったためにそれでやっていたわけです。今回、秋の静岡の学会で私が発表しましたが、今回の地震を含めれば、評価式は改善されて、宝永地震はM9を超えていると評価できます。異論はあると思いますが、そういう目で古文書を発掘すると同時に、新しい式を見直して、歴史地震自体も評価し直していかないとはいけません。

今村：大変ありがとうございます。今回の大震災は、過去の規模を上回りましたので、それを受けてもう一度再評価する。津波に関して、実はそうできて、羽鳥先生が当時の被害率で浸水高を決めたのですけれども、その評価の見直しもやって、定量的に実態をもう一回再評価したいと思っています。参考になりました。

質問者 C: 今日のフォーラムの演題は、これからの防災研究の展望となっていたと思います。難しい面もあると思いますが、今回の震災を受けて、色々なものが変わった気がします。今回の震災は規模は大きいですが、起きている現象の一つ一つのパーツは、今まで指摘されてきた問題とそんなに大きく変わらない。しかし結局こういう大きな被害が生じてしまった。このような状況の中で、これからの防災研究をどうすべきかは、私自身も非常に悩んでいるところです。今日の議論の中で、その辺りに関してもう少しご意見を頂ければと思います。私自身としては、今の話にもありましたが、想定を精緻化せよとか、技術的に強いものを造れというのは確かですが、本当にそれが我々が目指すべき防災研究の方向なのか、ちょっと疑問に感じるところがあります。どなたでも結構ですので、これからの防災研究としてどういったことに取り組んでいくべきか、ご意見頂ければと思います。

目黒: この質問には、私がお答えしましょう。実は、この質問に関する答えは、最後のまとめでお話しようと思っていたものです。

もし他にご意見があるようでしたら、そちらへの回答を先にさせて頂いて、質問者 C への回答は最後にまとめとしてお話ししたいと思います。

岡田: 確かに、つめていくと、繰り返されている事がかなり多くあると思います。その点はきちんと抑えていく必要がある。ただ、それ以外のこともあるであろうと、私は考えています、特に、私の専門性に引き寄せて言えば、もうこれからは、間違いなく、この災害リスクの問題に踏み込まないと、街づくりを議論し、都市を行政が計画していく上で、魂を入れたことにならない。そういう認識が不可欠となる。ですから、これをきっかけに、それを制度的にも実践面でもどういうふうに実体化するかということが、ひとつの重要な役割だと思っています。その中には先ほどから申し上げている、アダプティヴマネジメント的なやり方があるのですが、それは率直に言ってまだ、街づくりを含めて、十分に研究され実践されているものではありません。これが全てとは言いませんが、ひとつの方法論としてやっていかなければならないし、それを実践する地域をどういうふうに特定し、実行していくのかということは大きなチャレンジだと思います。もう一点、「想定」という議論がありますが、私は「想定」に関しては、行政なりエンジニアがデザインする上で、どうしても必要な不可欠な想定と、「想定」について如何に研究するかという研究という観点で見れば、「実は想定できなかった」ということを研究者が言うことは、研究者の命を絶つことだと私は思っています。ただ、行政とかエンジニアとして、実務に携わる人には逆に、「想定」は必要であり、その想定を持っている意味をより正確に、社会に対して伝えるという努力も含めての能力が、今試されていると思います。ところで、例えば先ほどの鉄塔が倒れるという話ひとつをとっても、複数のハザードが繋がっている。ということになれば、鉄塔を造るとか、「地盤のハザードをどう押さえるかという想定」と、「原子力の問題の想定」と、「津波の想定」と、「地震の想定」と、みんな「想定」があって、それがどこかで、実はモザイク的なのですが、つながってくる可能性がある。ところがその

ような想定はされていないのです。個々のハザードの想定の間が切れている。これがある種のラストマイルにもなってくる。このラストマイルというのは、実は大きくて、想定の外に想定を作っても実は隙間が出来る。じゃあ、全体をどうやって繋げるのかという、実は結構謎解きみたいな問題があるのかなと思います。私は、究極は、最後はいくら想定していても、結局自然はその裏をかいてくる。それは、自然の方が凄い。だから、最後は自然と如何にコミュニケーションを図り、ヴィクティムとなりうる我々は、そこに対して最低限の守りをどういうふうにするのかという、もうひとつの抑えの科学が必要ではなかろうかと考えています。

目黒: ありがとうございます。では次の方どうぞ。

質問者 D: 普段、企業の経営者の方々と、リスクマネジメントという話をする機会があります。私自身、防災格付け融資という仕事をやらせて頂いているのですが、実務の声として聞こえてくるのは、「日本をもう出ようか」というものです。こんなメガリスクの中で本社の機能や主たる工場を置けないということです。それは、翻って見ますと、公が決めた基準が信用できないという話にもなりますし、そんなところに投資は出来ない、という話にもなります。これに対して、どういふ答えを出せば良いのかというご相談です。これは、どなたにお答えいただいても結構です。

もうひとつは、グローバルな観点から、日本ブランドを守るといふか、このメガリスクを抱えた国の課題、そして国内の問題としては人口が減る、労働人口も減る、高齢化になる、他方で財政の健全化もしなければならぬ、エコに配慮しなければならぬ、などの課題を解決するのか。他方で、海外においては、アジア、中国といった脅威がある中で、メガリスクを抱えたこの日本を、どういふふうに国土経営していったら良いのかという点についても、何かアイデア、方向性を示して頂ければと思います。

今村: 最初の質問に対して、一般的な答えになるかと思いますが、確かに日本というのは、ハザードはレベルが高くて、しかも多彩です。しかし、それに対応する防災なり減災の技術がありますので、結果としてリスクなり損害というのは、他の全く無防備なところと比べて、高くはないと思っております。やはり、技術なり伝統なりがあるところは商談においても対応が可能であると、そこでの日本の役割は大きいと思えますし、リスクに関しては高いとはいえないと思っております。

小長井: 今村先生のお答えと重なりますけれども、タイでは洪水が起り、パキスタンではモンスーンでかなりの平野部が水につき、世界各地で色々な災害が起っております。しかもそれが長く続いています。地震がきっかけでじわじわ地盤が変形していくところに雨が降ってというところはいやになるほど見えています。そういう中で、今村先生がおっしゃった様に、わりと日本は、情報が科学的に、精緻に書ける程度には集まっている。それをどういふふうに評価するかという点には色々議論はあるのだと思います。

当麻: おっしゃるとおり、公の基準が日本では信用できなくなっ

てきたという状況があるかと思えます。しかし、私の最初の話題提供でも申し上げたとおり、日本の耐震基準は世界に冠たるものである事は間違いない。従って、海外に行ったときにその土地の基準でやったら、リスクが本当に減るのかわかりません。日本の基準を持って行って、耐震なり、それを海外で適用すれば、それは相当良いものが出来るだろうと思えます。もちろん、ローカルな事情と耐震の基準、それから施工技術など、色々なものを考え合わせた上で判断していく必要があると思えます。

岡田：後の方のご質問ですが、その話をやれば多分、徹夜で…。まあ、日本をどう再生するか、このストレスを受けてということ、これから色々な議論が出てきますが、それを如何に国民的議論に結び付けていくか、学会の役割等、色々あるかと、リスクを如何にはね返すか、地域力とか国力が総じて強い国であるということも含めて、どういうふうに世界に前向きに発信するかということがひとつあると思えます。それから、ハザードの話がありました。ハザードの面もさることながら、バルナラビリティーとかソーシャルレジリエンスとか、そういう観点も含めたときに、果たして日本が、それほどリスクが高いのかどうかということについてはきちんと検証し、積極的に伝えるべきは伝えていくべきでしょう。ただ、これは色々なレベルの話があるので、それをどう整理するのか。もうひとつは、日本は、日本の国の痛いところを含めて、赤裸々に伝えて、しかし、それを乗り越えるくらいのある種の強い発信力、リスクをあえて乗り越える意気ごみについての発信力という意味で、戦略を欠いていると私は思います。そういう意味では、例えばいわゆる HAZUS とか色々なスキームをもって、米国等は戦略的にやっている。確かにそれは、我々から見ると非常にまだ拙い部分もあるけれども、とりあえずコンプリートにしてパーフェクトは狙わずに地道に進んでいけば良い、そんな考え方です。これに対して、我々は色々なモデルを持っていて、それぞれは精緻なのですけれど、それをもう少し国家戦略的にあるいは、総合的な観点からスタンダードにして、バージョンアップしていく、そういう努力というのが求められるのだと思います。そうすれば、決して日本は捨てたものではないと、私は思います。

質問者 E：興味深い話、どうもありがとうございます。常々、疑問というか、私どう整理したらいいのかと思っている点についての質問です。今回の地震を受け、その被害がかなり強烈だったということで、今までのハード対策が、例えば防潮堤が壊されてしまったと、原子力発電所も想定を越える被害があったということで、中央防災会議は2段階でこれからの防災を考えることになりました。第一段階は、生命と財産を守る。第二段階は、財産は捨てて、生命は最低限守るということです。そこで質問なのですが、第1点はどこで線引きをするのか。例えばそれが津波であれば、どのように設定津波を定義するのかというものの考え方です。先ほど当麻さんがおっしゃった様に、浜岡の18mの堤防を一体どうやって決めたのかということ。その辺のものの考え方を、工学に携っている者はきちんと言わなければならないと思うのです。それが第一点。

次は、想定を越えてやってくる外力についてです。原子力の

世界では、それに対する防御ということで第2のリスクを考えなければいけない点が問題になると思えます。これらの問題は確率論的な方法として、超過確率によって表そうとするかと思うのですが、それが一般の人にどのように伝わるのか。どうやって説明し、正しく理解してもらうのかも、きちんと考えなければいけないと思えます。

以上の二つ、どのように考えていけばいいのか、どのように説明すればいいのかについてお聞きしたいと思えます。

今村：最初のご質問は、レベル1の設定ですね。従来は、レベル1、2というのはなくて、歴史的な最大の津波に対して構造物でがんばって守ろうという思想でした。三陸では、明治津波では一部では20m、25mに達した箇所もありますけれども、防策対策の実態は15mというところでした。これはかなり曖昧というか、合意形成の中で決めていって、そこに技術なりサイクルという考えは入りませんでした。しかし今回の震災を受けまして、レベル1は、津波のハザードの発生間隔と、構造物、防潮堤、防波堤のサイクルと、あと我々のライフサイクル、それらを含めて50年から150年という目安を提案させていただいた。地域はそれを踏まえて、今回を含めて過去の津波を並べて、その範囲のレベル1の想定として、それが決まれば後は計算の世界なので、高さを設定していく。ですので、ひとつの合理性はでているかと思えますが、原発の18mの合理性はわかりません。なぜ、全国で一律かとか、目標のサイクルはどれぐらいというのは、ちょっと見えてこない。

小長井：数日前に、土木学会で講演会をして、東北地方整備局の方と岩手県の方にお話をさせていただきました。その話から、各地方自治体と国との間で、ここの町はこれくらいの高さにしようという堤防高の大体の目安が出てきたというふうに理解しています。その高さは、今回の遡上高、浸水高と比べると、ずいぶん低いところがいっぱいあるわけです。ということは、今の段階でも、超える事を覚悟しての対応になっているということです。超えた場合には、色々な町で町全体のしくみとして、どういうふうに広報するのかという戦略を描いているのだろうと私は思います。ただ、これから何十年という長い時間が経って行って、今一生懸命努力した事が、日本人の頭の中に残しておけるか、あるいはリマインドできるかが、これから非常に難しい課題になると思っています。

当麻：堤防高さですけれども、私も18mの理由は良くわかりません。しかし想像するに、想定津波に対する数値シミュレーションの結果に上乘せしなさいという指導が、地震の後にありましたので、恐らくそれが背景にあるのではないかと思います。ただ津波高さに関しては地域々々によるわけで、科学的な合理性はないと思えます。従って、当の電力会社も説明に困っているのではないかと想像しますし、私にもその辺は良くわかりません。それから、確率論的なものについては、地震も津波もそうだと思いますが、確率論から何かを決めていくというのは非常に難しいと私は感じます。地震本部の長期評価部会の確率論的な地震マップがありますが、過去数年の実態を見ても、確率の低いところで地震

がいくつも起こっています。従って、防災上、ミスリーディングになりやすいと感じます。あのデータの使い方、それからこれから行われるであろう津波の確率論的なハザードの評価データは、そこから何かを決めるというよりは、決定論的に決めたものが、確率的にどのくらいの意味を持つのかを考えるためのものと位置づけるべきではないでしょうか。またそのために情報を共有して、それが他の色々なリスクとどういう関係にあるかを国民的な議論にしていく必要があると私は考えています。

岡田:「アクセプタブルリスク」をどういうふうを設定するかということ、そしてそれを社会システムの中にどう組み込んでいくかという話は、これはこれで興味深い話なのですが、もうひとつ私が常々思っているのは、流域委員会とかそういうところの話です。結局ソリューションというのを専門家が、これが良いと考えても、それを社会がそう受け入れないとしたら、それはどこがネックになっているのか、あるいは市民はどこがわからないかということ、実は専門家は知らない。それを知らないということは、実は我々にとってもリスクなので、それ自身が、色々な別の意味でのリスクマネジメント上の課題を社会的に引き起こしているという認識が必要です。もうひとつは、実は先ほども申し上げましたが、我々専門家も、例えば土木、建築の方もいらっしゃるかもしれませんが、「我々はその専門家だから、皆同じように考えている」、「私は土木の専門化だ」、「私は都市の専門化だ」と言い得意と思う、違う処方箋を押しつける傾向がある。つまり外科的な対策と内科的な対策の合わせ技をするということの、共同的な営みということについては、我々自身があまりノウハウを持っていない。意外とお互いに知らない事があるので、実は堤防と道路とまちづくりと、いろんなものを組み合わせる事のウィン-ウィンの意味というものを我々専門家ももっときちんと知り合うということ自体が、非常に積極的な意味になると思います。ですから、そういう学習、研鑽を我々がしていくべきだと考えます。

目黒:ありがとうございます。時間が少し超過しました。最後、私が5分ぐらいの時間を頂戴して、全体をまとめさせて頂きたいと思いますが、その前に、ご意見があったいくつかの点に対してコメントします。基準の設定に関しては、基準の変更が変更前との比較の中で、将来の被害を定量的にどのくらい減らすのか、一方で税金をはじめとする経費をどれくらい増加させるのかを、もっと開示し、その効果を広く議論する事が重要だと思います。兵庫県南部地震の後もそうでしたが、土木構造物の基準と建築構造物の基準の考え方というか改定の仕方には、すごくコントラストがあったと思います。土木の側は基準をすぐに引き上げました。十分高い設計外力を基準として設定できなかったことを問題視し、これを改善したわけです。外力のレベルを上げれば将来の被害は確実に減少するので、その点で関係者への非難は確実に減ります。しかし一方で、外力のレベルを上げることでインフラ建設費は確実に増加しますが、これは税金であり、国民の皆さんは直接的には感知しない。一方、建築の方は基準を上げることで生じる建設費の増加分は施主さんからの支払額の増加に直結するので、基準の変更には慎重でした。

以前に私の研究室で、過去の100年ほどの期間の中で起こっ

た地震のイベントを対象に、建築基準の変遷がそれぞれ軽減した被害額と増加させた建設費を分析しました。具体的には、現在の建物がそれぞれ全て1951年、1971年、1981年の基準で建設されたと仮定し、それぞれが過去の100年間の地震イベントに被災した場合に発生する被害額と建設費の増加額を比較し、どの基準の改訂が最も高い費用対効果で被害を減らす事に貢献したのかを調べてみると、1971年の基準が断トツで1番でした。その後の改訂は、お金がかかるわりには、その前の基準に比べて被害を減らす効果は低いという結果でした。

このような効果と経費の関係をわかりやすく示した上で、広く議論する場を作っていくことが重要であると思います。

それから、公共事業と国防事業という考え方も必要なのではないかと思えます。国家の存続に関わるような大規模災害を防ぐためのインフラ整備は、一般の公共事業の予算から捻出するのではなく、国策としてのセキュリティの問題として国防事業の一環として位置づけた予算措置も必要ではないかということです。

さらに確率論の話ですが、私はよく使われる「今後〇〇(例えば30)年の発生確率」という言い方が良くないと思っているのです。海洋性の100年~150年に1回起こる地震と1000年~2000年に1回起こるような活断層タイプの地震の発生確率を、同じ年数の30年確率で比較すると、発生周期が大きく異なることを原因として、数値の大きさが全く異なったものになってしまい、活断層タイプの地震の切迫性を伝えることは不可能です。そこで私が一生懸命主張しているのは、これは賛同しない人も多いのですが、最後に起こってから今日までに起こってもおかしくなかった確率で比較するというものです。例えば、活断層をトレンチ調査した結果、過去4回地震を起こしている履歴がはっきり分かり、その平均周期は1,500年である。そして最後に地震が起こったのは、今から1,800年前である。この状況でも30年確率を求めればせいぜい数%。それが、最後に起こってから今日まで起こってもおかしくなかった確率を求めれば90をゆうに超える。どちらの確率の話も正しいのですが、与える印象はずいぶん違いますよね。対策をとってほしいのだとすれば、少し工夫をしたほうが良いと思いませんか。

ここからがまとめです。我々防災に関して色々な事を言いますが、対策はここに書いた7通りに分類できます(写真 4-2:被害抑止力、被害軽減力、災害予知と早期警報、被害評価、災害対応、復旧、復興)。この7通りのどれが不十分で被害が起こったのかを考える事が重要だし、その際に担い手としての「自助・共助・公助」と対策の種類としての「ハードとソフト」を考えることが重要だという話です。それらを踏まえて、我々がこれまでどんな貢献をしてきたのかを調べてみました。

防災に関係する地域安全学会、土木学会、建築学会、自然災害学会、日本地震工学会、地盤工学会など…、発表論文数の多い年次大会の論文を対象に、どんな災害のどんな対策や内容の研究を実施しているのかを分析しました。学会の大きさが異なるので、論文数は6,000くらいから60まで色々あるのですが、それらの論文の全テキストを対象に、データマイニングをして分析したわけです。その結果の一例が、ここに示したマトリクスで、横軸には発生メカニズムから情報伝達までの9つの対策、縦軸には地震、津波などのいろんなハザードを7つとって、どんな災

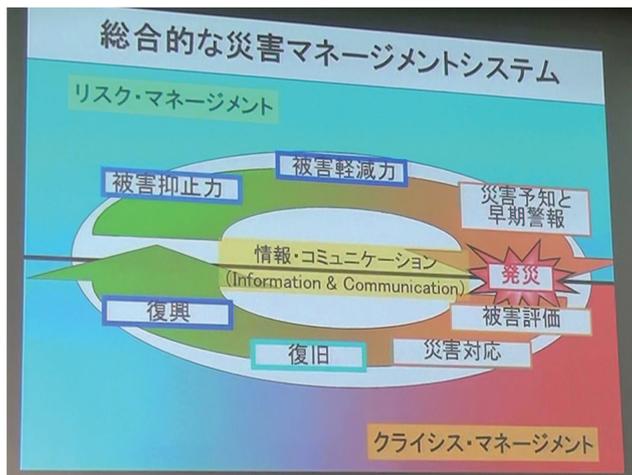


写真 4-2 モデレータが示した、防災に関連すると思われる7つの要素：被害抑止力、被害軽減力、災害予知と早期警報、被害評価、災害対応、復旧、復興

害のどんな分野の研究を多く実施しているのかを分析しました。9×7のマトリックスの63の各欄に設定したキーワードの出現回数をもとに、1編の論文の研究課題のウェイトを63の各欄に分配し、それをすべての論文に関して足し合わせることで各学会の研究分野の特徴を明らかにしました。

時間がなくて詳細は懇談会でご紹介したいと思いますが、全体として言えることが、各学会の研究分野が非常に重複しており、防災の研究分野をバランス良くカバーしていないということです。このままでは、研究が実施されていない分野は、いつになっても問題解決できないということになります。このような実態を関係者で確認し、適切に資源配分しないと、取り残された対策の進んでいないところが弱点となって大きな被害を受けてしまう状況は改善されないことにあります。

次に地方自治体が作成する地域防災計画についての話をします。先ほど紹介した被害抑止力から復興までの7つの防災対策はすべてのハザードに対して存在し、その担い手として自助に対応する市民や法人、共助としての市民や法人のコミュニティ、そして公助としての国から市町村までの行政、対策の種別としてのハードとソフトがあります。横軸に7つの対策、縦軸に担い手としての3者を取り、それぞれの担い手が実施すべき各種の対策をできるだけ書き出してもらいます。これが対策の「あるべき姿マトリクス」ですが、これを用意すると自助と共助の欄に多くの防災対策が書き込めることがわかります。災害対策基本法に基づいて作成する地域防災計画の立案に際し、市民が自分の住む地域の防災計画の立案に参画できないことが大きな問題となっていますが、このマトリクスを用意すると、行政はいや応なしに、自助と共助の貢献が大きいことが分かり、彼らの参画が促進されます。次に、同様のマトリクスを用いて、これまでに自分たちが実施してきた対策を書き込んだものを用意してもらいます。これが現在の状況を表す「ありのままの姿マトリクス」です。先に用意した「あるべき姿マトリクス」から「ありのままの姿マトリクス」を引き算するとこれから実施すべき対策を表す「実施すべき対策マトリクス」が得られます。これを対象となる全てのハザードに対して行います。その上で「実施すべきマトリクス」の各対策にその対策を実施する上で必要となる「時間、費用、その効果」を貼り付けます。これが用意できると、時間と予算が与えられる

と、その条件の中で最も効果の高い対策の組み合わせを見出すことが可能になります。このような具体的な手続き論が必要なのは、防災担当者の圧倒的な人員不足があるからです。平成の市町村の大合併の後でも、全国の市町村の85%が人口10万人以下、53%が人口3万人以下です。防災担当部局の職員数は人口10万人で3人程度、3万人では他の部局を兼務して1、2人です。なので、説明したような作業を現業の人たちと実施してもらうことが重要です。このような方法で俯瞰して次の対策を考えないと、どうしても効果の乏しい偏った対策の上乗せのものが多くなるのです。

もうひとつ重要なことは、公助の「国と都道府県と市町村」の関係です。災害対応においてまず責任を持つことになっている市町村が自分の地域防災計画立案の基礎情報を得るために実施する被害想定において、これまで自分達の対応能力を遥かに超えるハザードを想定できたかという、これは絶対にできません。先程のマトリクスで言えば、縦軸に市町村の欄だけを用意して対策を考えていたからです。市町村の下に都道府県、その下に国の欄を用意し、自分達が対応できない部分を都道府県や国の欄に書き込めるようにして初めて、自分たちの能力を越える巨大ハザードを考慮できるのです。一方都道府県も、市町村からの依頼を待つだけでなく、大きなハザードが対象の場合は市町村自体が被災して要請を出せなくなるので、その場合は自分たちが出ていかなくていけないことに初めて気づくのです。

最後に、「想定外の〇〇」に関してですが、本来設計とは達成すべき機能を議論し、これを決めた上でその機能を有するシステムを実現するために行う論理的な検討と思考の過程なのです。すなわち、議論して決定した機能を保持すべき環境条件を検討・分析し、それを設計外力として定め、その外力に対して十分機能する、言い換えれば許容される障害率以下で性能を発揮するシステムを実現させる多種多様な方法を考えることなので、外的環境が設計外力を超える状況を考えなくていいと言うものではありません。しかし設計行為がルーチン化してくると、設計とは誰かによって定められた設計外力に対してある基準以下の被害率で収まるものを考えるだけの行為と位置づけられてしまう。結果として、設計外力を上回る状況に関しての検討は設計の範疇外となるが、もちろんこれでは設計として不十分である。外力を想定値よりも大きくしていくと、どこで被害が急激に増加するのかを見極めておくこと、対象が街であればどの時点で壊滅的な被害になるのかを知っておくことが非常に重要です。この点を理解して想定外力を見ている人と、想定外力以上は見ようとしなない人とは想定をこえる状況下での対応が全く異なるのです。違った視点から言うと、例えば組織の体力を十分理解し、自分達の組織は被害率50%が組織対応の限界だということが分かっていたら、それは今の時点では想定外力がいくつに相当するのかがわかるということ。事前の対策で被害を減らすことができるようになると、それは対応できる想定外力がどれだけ向上したことに相当するかが理解できることになるわけです。このような考え方の検討が、今後重要なのではないかと思います。

約束の時間が少し過ぎてしまいましたので、パネルディスカッションはこれでお開きとさせていただきます。今日は、会場の皆様のご協力を得まして、大変良い議論をさせて頂く事が出来たこ

とを深く感謝するとともに、司会である私の能力不足で時間が超過したことをお詫び申し上げます。本日のパネルディスカッションはこれで終わりですが、各種の具体的な対策に対する検討や研究課題の抽出とそれを実施していく上での議論はこれからもずっと続けていく必要があります。自然災害学会も土木学会の地震工学委員会もベクトルを合わせて、オールジャパンとして、トータルとして価値の高い研究を実施し、海外からも見えやすい学会となっていく事が求められていると思います。その意味では、限りある資源を重複するのではなく、バランス良く効率的に活用する方法を考えながら、学会活動を進めていければと思っている次第です。

今日は、パネリストの先生方、会場の皆様、どうもありがとうございました。

