

特別講演

巨大災害の時代における防災・減災の取り組み — 3.11など最近の災害経験を踏まえて

ご講演者：東北大学災害科学国際研究所 所長 今村文彦氏

講演日：2019年11月18日（月） 於：星陵会館

(本稿は、コースタル・テクノロジー2019の特別講演を抜粋し、編集した内容となっています。)

●21世紀になって災害が多発している

21世紀に入って、地震津波だけではなく、気候変動等による様々な災害があります。2019年5月に、国連に国連防災機関という名称の組織が立ち上がりました。その機関が18年の11月に、国際社会において防災は非常に重要になっていると報告しました(図1)。

我が国では、主なものだけでも、2014年8月の広島豪雨から始まってたくさんの災害がありました。御嶽山の噴火、福島での余震、九州、西日本、そして今年の台風の影響もあります。

今年の台風15号、19号がかなり巨大化してしまった原因について、最も議論されているのが海水温の上昇です。海水温が2度上昇したために、台風がエネルギーを軽減することなく、むしろ巨大化して直撃しました。台風19号では沖合でも915hPaです。これもおそらく100年に1回とか、もう少し低頻度ではあると思うのですが、地球規模の気候変動により確実に海水温が高くなっている、こういう傾向は残念ながら続くと見られると、専門家のかたたちは述べています。

これらの災害は規模も大きいのですが、カスケーディアという、連鎖的、複合的な影響が大きくなっています。改めてこのような視点から、3.11を振り返らせて頂きたいと思います。

2018年11月UNDRR(国連防災機関)発表

- 過去20年間(1998-2017)での津波災害の発生は過去にない頻度、規模、様相である。
- その前の20年(1978-1997)と比較して、人的被害、経済被害はそれぞれ200および100倍に増加
- 251,770 deaths and US\$280 billion (1998-2017), 998 deaths and US\$2.7 billion(1978-1997)
- 関連災害も含めて、カスケーディング災害(連鎖)の分類になる。外力、脆弱性、2次災害、サプライチェーンなどの主要素が議論されている。
- ただし、地震発生から僅かな猶予時間があるために、適切な避難を行えば、津波による人的被害ゼロに抑えることも可能な災害である。

図1

●3.11地震について

まず1つめは、宮城県沖で発生したマグニチュード9の地震です。このあたりでは、太平洋プレートが沈み込んでいるのですが、どうも突起物のようなものがありまして、アスペリティと呼んでいるのですが、比較的ストレスを溜めやすく、小刻みに解放しやすいのです。宮城県沖地震というのは40年弱周期で発生しています。おそらく今後もそのようなことになるかと思いません。当時、2010年に入ったときも、今後30年間で99%、確立としては99.9%くらいの数字になっていたかもしれません。

確実に発生するというので、行政、地域、また色々な専門家が、耐震化をしたり、避難訓練をしたり、啓発事業をしていました。非常に先進的な地域と言ってもいいと思います。

当時の文科省の評価においては、この地点で地震が近く来る、しかし規模としてはM7.5、または連動型でM8というものでした。3.11はまさにタイミングと場所は一致していたわけですが、規模がM9であり1以上違っていました。1違うということは30数倍、おそらくラフにいうと100倍ぐらい違っていたというのが実態です。

その地震はこういう揺れ方でした。第1回の揺れが始まりました。1分間です。この地震だけの推定マグニチュードはおそらく8クラスなので、先ほどの評価は実は間違っていなかったわけです。しかしながら第2回の揺れが始まってしまいました。

つまり震源でのストレスの解放だけではなく、実は周りで、沈み込み帯のごくごく浅いところでも歪みが解放してしまったのです。その量も、断層で沈み込んだものが跳ね返るんですけど、何と20mを超え、局所的には40m以上ありました。1回でこれだけの量が解放されてしまった。数十m蓄積するためには数百年の歪みの蓄積が必要です。そういう規模のものがこちらの第2回の揺れにあったということになります。

当時私はたまたま気象庁の検討会で、午前中東京にいて、その後に震が関東でこの揺れを感じました。1回のピークでした。2回ではなかったです。だんだんだんだん揺れてきまして、全然

止まらなかったですね。本当に「東海地震が起きたな」と「でも待てよ、長すぎるな」と思いました。

インターネットは通じましたので、すぐに震源を調べましたら、なんと宮城沖だったということで、大変にショックでした。その後、海上保安庁のリアルタイムの推計が当時ネット上で確認できたのですが、三陸沖で引き波がずっと始まりまして、それが1mを超えて、これは本当に巨大だということが分かりました。

●3.11 第2段階の災害津波について

そして地震の後の津波が第2段階の災害でした。日本では気象庁の警報システムがありますので、3分後に第1報が出ました。もちろん、大波浪警報です。しかしながら当時の情報は、マグニチュードは7.9、宮城県で6m、岩手で3m、福島で3mでした。この評価が高さの過小評価につながってしまいました。

通常の地震では大きな揺れは10秒ぐらいです。しかもマグニチュードというのは初動の振幅で決まりますので、あのデータのごく一部しか評価できなかったのです。こういう地震というのは過去にはなかった。これも想定外とか色々なことが言われるのですが、3分間地震計のデータをとって、津波警報を出そうとするに当然時間が足りませんよね。これは今も改善がなかなか難しいことではあります。

特に岩手の3mというのは厳しかったと思います。なぜかというと岩手は津波常襲地帯でありますので、沿岸部では5m、10mを超えたかなり強固な防潮堤が建設されて、地域のかたは大体何mだというのは知っておられるわけですね。また2日前に前震がありました。あのときも結構強く揺れたんですけども、津波注意報であり、実際には目撃できないような津波だったわけです。それも一つのバイアスだったかもしれません。1年前のチリもそうでしたね。津波警報が出たんですけども被害はごく一部、気仙沼のところで少し報告されただけでした。こういうことも積み重なりまして、この3mというのは厳しかったと思います。

このデータのM7.9というのはずっと続きます。しかし3時過ぎには津波の高さ情報が変わりました。第2報です。これは本当に良かったと思います。時間的には厳しかったと思いますけれども、三陸沖でのGPS波浪計で、地震だけによらない、津波をしっかり捉えることによって、その実態を伝えることができたと思います。これは沖合ですので、若干引いた後の押し波、これがすでに6mありました。沖合での津波はだんだんと高く、2倍、3倍になります。6mということは10mを超え、20mに達するような津波がまさにGPSで記録されているということが、気象庁の担当者に伝わったわけです。そのためにこのような情報がアップされ、さらなる避難を誘導できたのではないかと思います。ただ

し、遅かった地域もありました。

災害情報においては残念ながらトレードオフがあります。短期間、直後に推定するものに関しては、不確実性が高くなりますので、たとえ台風の予測であってもやはり幅があります。地震、津波においても、今後同じです。しかしだんだん時間が経つにつれ、観測データ、また解析が進みますので正確にはなる。その時には時間的には余裕がなくなるということになります。どちらをとるのかではなくて、その不確定な情報の中で、我々は何をアクションしなければいけないのか、その後どういう情報を得て、次に何をしなければいけないのかという、いわゆるタイムラインを考えていかなければいけないのかなと思っております。

●3.11 津波のスケール感

次に2次的な津波の影響ですが、地形の変化、火災、車、漁船等漂流物による影響などがあります。20分後には引き波が、30分後には押し波が三陸沿岸部に入ってくる、そして福島、仙台湾、仙台沿岸を高さ10mの津波が襲っていったわけです。1時間後にはほぼ沿岸部に到達します。津波はものすごい勢いで遡上してきますので、重いのです。重いのでまた海の方に戻っていきます。これが戻り流れで、また違う地域に伝播していきます。津波は第1波だけではない、ということがよく啓発で言われるのですが、入射、反射を繰り返し、この場合は2日間震動していました。このときの津波は、実は日本列島の逆側のハワイ、チリに伝わり、1日かけて南米に行きました。そこで反射したものがまた1日かけて日本まで戻ってきたんですね。そこでやっと収斂したということなんです。これが3.11の津波のスケール感です。

当時気象庁も1日半警報を解除できませんでした。途中で残念ながら避難を自主的に解除してしまい、ご自宅に戻って亡くなられたかたも少なからずおられます。

整備局が防災ヘリで捉えた映像を一部見て頂きたいと思えます。仙台空港を3時23分に離陸できました。当時の仙台市内は火災も起きていませんし、建物も健全です。1時間後には津波が川を遡上してしまいました。河口は海に接続し、しかもオープンなので、津波はまず入ってきます。スピードも速いですし、エネルギーも減衰せずに侵入してくる。それが蒲生の干潟に入ってきて、ここにおいて実は高さが10m近くある壁だったわけです。荒浜地区の2階建ての建物では残念ながら高さが足りなかったのですね。

仙台空港では、3階建てのターミナルがありまして、ここに1000名を超える乗客のかた、スタッフのかた、そして周辺の住民のかたが避難されていました。ここが避難場所になりました。

そして釜石です。ご存じの通り、津波湾口防波堤、世界でも最

大規模のものが、かなりの部分は押さえてくれたんですけども、一部乗り越えた津波が街中に入ってきました。この時の津波の浸水深は1mありません。高さではなく、流れなんです。流れが強いと木造住宅は残念ながら強度がないということです。

これは当時の仙台の写真で、右下が空港です(図2)。1611年、伊達政宗が慶長のときに地震津波を経験しまして、そのときに防潮林を設置しました。津波、または高潮、高波から地域を守るのだということで、素晴らしい防潮施設としてグリーンベルトを整備して頂いたわけですが、今回の津波に対しては残念ながら8割方強度が足りませんでした。よく見ると残っている地域もありますね。そんなに大きくない松であったり、屋敷林だったりしております。

何が明暗を分けたかといいますと、地盤の高さです。空港を利用して頂きますと、ここは小高い自然堤防になっていることが分かって頂けるかと思えますけれども、わずか1m、1m50cmの差が明暗を分けました。地盤がとても低いところだと、たとえ松が10mを超える立派なものであっても、地下水が近いので根が張らないんです。横には張りますが、深さはわずか50cmなり1m弱です。津波が侵入して表面を洗い流します。そうすると根がむき出しになって、流されてしまう。陸前高田でも、あの一本松もとても立派でしたが、このように浅い根のために被害を受けて、またこの松が漂流物となって被害を拡大したと考えています。



図2(毎日新聞)

多賀城での状況はいわゆる都市型の津波の姿であるかと思えます。仙台港を含め、中小河川を遡上していき、建物と建物間に津波が入り込んで、縮流の効果で陸上に上がった後で加速をしてしまった状況です。

当時の状況を見て頂きたいと思ひまして、ここでもCGを作ってみました(図3)。これは水位ではなく流速に色を付けてさらに矢印を書いてみました。仙台港に入ってくるところです。このあたりは色々な施設の建物がありますので、建物と建物間で、ピ

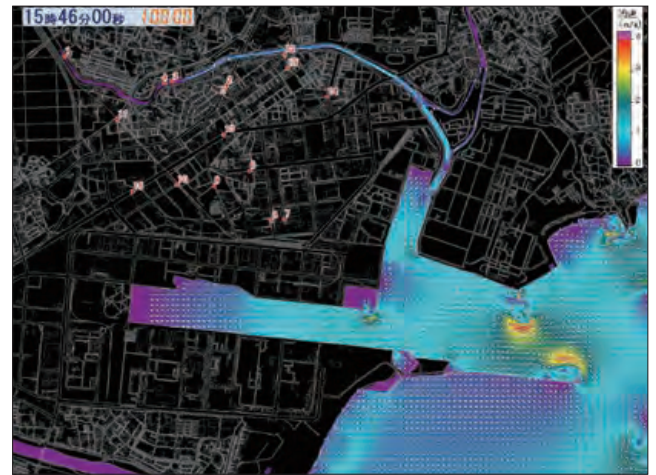


図3

ンクの加速している状況が筋のように分かりますね。ここが道路になるわけです。砂押川を逆流した津波がかなり上流側から侵入しています。

都市型津波は複雑です。海からだけではないんですね。河川とか、主要道路とか、色々な経路から入っていきます。こういう状況も当時の教訓ではないかなと思っております。

●広域性が3.11津波被害の特徴

複合災害の最後の主なものが福島原発で、残念ながら最悪のレベル7です。今も廃炉事業を進めておりますが、なかなか難しいですね。

第1波の津波は福島原発のサイトに入ってきました。当時の従業員のかたが写真を撮られて、あといつ電流関係が喪失したかというデータもあります。時間をチェックしなければいけませんけれども、非常用バッテリーがいつ機能を喪失して冷却できなくなったのかという、本当の原因を探る重要なものになります。

こういう写真(図4)を見て、我々は「陸上からこう上がって行って、建物に入って、入り口を壊して、1階から入って、地下に入ったのかな」と考えます。

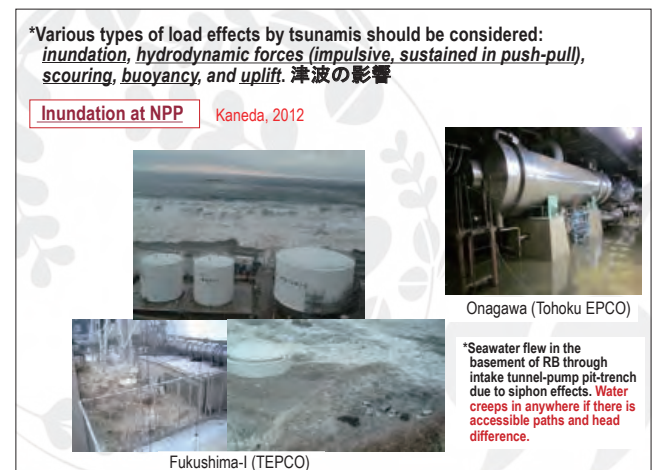


図4(京大 亀田弘行名誉教授 提供)

我々もこういう実態を少しずつ見ておりますので、改めて当時の津波の来襲、これは陸上遡上だけを考えてやったわけですけども、その経路だけで全てを解決できるのか、また地下のところはまだ不明なのですが、そういう経路はあったのかなかったのか、こういうところをきちんとみなければ、本当の原因はわからないのかなと思っております。

3.11の津波被害の特徴なのですが、とにかく広域です。地震、津波が南北500kmにわたったわけです。広域で広範囲の侵入、またものすごい破壊力、そして残念ながら安全であるべき学校とか色々な施設へも影響してしまいました。

3.11の特徴は浸水、流れ・漂流物、波力です。揺れであったり、色々な状況が、これも複合的に作用したのだと思います。

●死者ゼロを目指す

改めて我々が今までやってきた津波対策、防災対策は無意味だったのかというと、そうではありません。これは東北大学の越村先生がまとめて下さったのですが(図5)、明治が赤、黄緑が昭和、ブルーが3.11なのですけれども、死亡率に対する津波の高さです。過去においてはやはり1m、2mでもこれだけの犠牲が出ていたのですね。ところが3.11を見て下さい。ある程度の平均なんですけれども、一定の高さまでは犠牲の率は高くなかった。しかし一定値を超えてしまうと、これほど急激に上がるといふことになります。

これを受けて我々は、死者ゼロを目指すことが必要ではないかと思えます。今我々は臨海地域で川崎市や富士通、東大地震研などと協力させて頂いて、色々な新しい技術を使って研究をしています。

実は昨日川崎市の四谷小学校でスマホやAIを使ってシミュレーションをしたりする第2回の避難訓練を行いました。こういう都市域では、例えば川崎だけでも浸水範囲に30万人のかたがいます。プラス、車がものすごくありますので、そのかたたちが

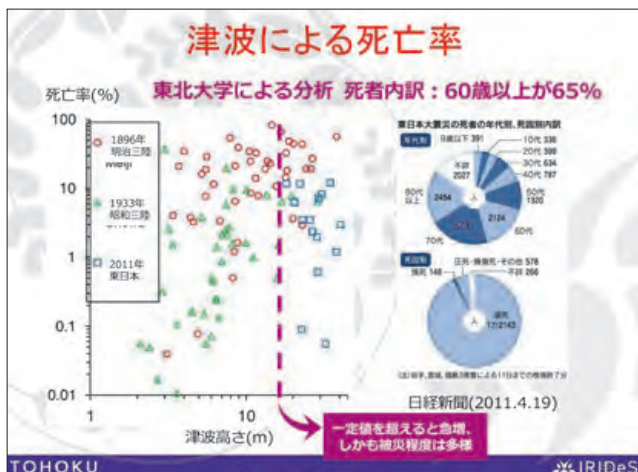


図5(東北大 越村俊一教授 提供)

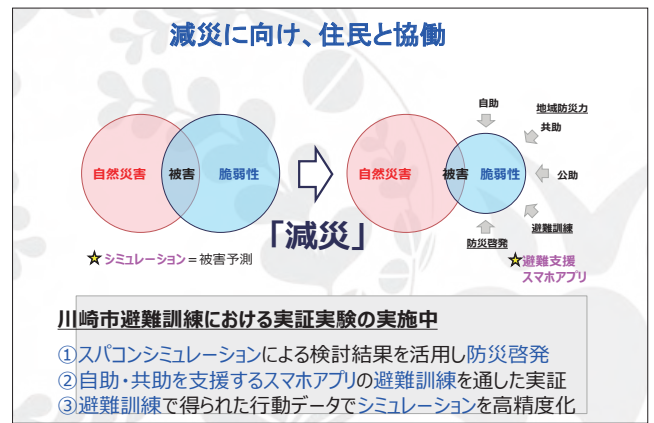


図6

一斉に避難をしたら、大渋滞です。避難施設にも入れません。これに対してどう解決したらいいかという命題があります。

最終的には津波はコントロールできませんけれども、自助・共助・公助によって弱いところを少なくする、それによって被害が軽減できるのではないかと思っております(図6)。

●防災に関するISOの必要性

我々も改めて防災に関してISOを作った方がいいのではないかと考えています。危機管理のISOはあるのですが、総合防災のISOはないんですね。日本では、地域で色々な経験とか知識、あるいは資産を使って地域で生かすという「地産地防」という言葉が今つくられています。こういうものを活かして、ただ地域だけで連携してはいけない、それをどんどん広げていこう、そしてそれを世界ISOにしようというセッションが世界BOSAIフォーラムで設けられ、経産省とか色々な関係のかたに来て頂きました。

地産地防とは何か、なぜ標準化が必要なのか、また防災に対してどういうふうに貢献できるのか。また、もしISOがきちんとできれば、我が国の技術が客観的に海外に伝わるわけです。それは新しい産業に向けてのステップアップになるのではないかと。

重要なのは情報だけではなくてエネルギーもありますし、グリーンインフラ、ツーリズム、コミュニティもあります。これらを個々に検討していきながら、日本発のISOに向けてこれから活動をしていきたいと思っております。

本日は、ご清聴ありがとうございました。

【今村文彦氏 プロフィール】

- 1989年 東北大学大学院工学研究科博士後期課程修了(工博)
- 1992年 東北大学助教授
- 1993年 アジア工科大学院助教授(派遣、2年間)
- 1997年 京都大学客員助教授防災研究所(併任、3年間)
- 2000年 東北大学教授
- 2014年 東北大学災害科学国際研究所長(現在に至る)
- The 1999 Coastal Engineering Journal Award、土木学会論文賞、NHK放送文化賞、第5回中曽根康弘賞奨励賞などを受賞