

大規模地震・津波への備え

著者	河田 恵昭
雑誌名	港湾
巻	81
号	10
ページ	8-13
発行年	2004-10
URL	http://hdl.handle.net/10112/4064

大規模地震・津波への備え

京都大学防災研究所巨大災害研究センター センター長・教授

河田 恵昭

まえがき

昨年9月の十勝沖地震から丸1年経過して、今年は昨年に比べて地震が少ないと思っていた矢先の9月5日の午後7時7分と11時57分に立て続けに紀伊半島南東沖で地震が発生した。これらの地震マグニチュードや震源の深さは地震直後には発表されなかった。大阪の自宅で経験したとき、脳裏をかすめたのは東海地震のことであった。大阪はいずれの地震に際し震度4とはいえ、不気味な横揺れが1分以上続いた。しかも、待てど暮らせど震源位置や地震マグニチュードが発表されないのである。これではどの程度の高さの津波が来襲するか、専門家といえども予想もできない。現場から津波第1波の到達時間と高さが伝えられてきたが、この計測作業はとんでもない危険を伴うことが関係者に理解されているのか疑問に思った。ともあれ、多くの教訓をこの地震は残していつてくれた。

最近起こった地震・津波の教訓

筆者は、文部科学省がRR2000の一環として実施している大都市大震災軽減化特別プロジェクト（略称、大大特）において「巨大地震・津波による太平洋沿岸巨大連担都市圏の総合的対応シミュレーションとその活用手法の開発」の研究代表者として、来るべき東海・東南海・南海地震による被害の総体として極小化を目的とした研究を2002年度より5年計画で推進してきた。本年9月の地震発生に鑑み、この研究課題の参加者を中心に、本地震に関する総合的な検討を行うタスクフォースを編成し、検討にあたることになった。また、昨年9月の

十勝沖地震災害の現地調査も行った。前者についてはもちろん結果が出たわけではないが、現在わかっていることを中心に検討してみたい。

(1) 震度6弱で既存の港湾、漁港施設などの社会基盤施設の大きな被災

十勝沖地震では、河川堤防80カ所、道路・橋梁96カ所、港湾130施設、漁港16施設で被害が発生した。いずれも主因は地震動による液状化被害の発生である。とくに象徴的であったのは、釧路港の第4埠頭の被災であった。これは2002年10月に竣工した最新の埠頭で、裏込め土を改良するなどして液状化対策を一応は実施していた。しかし、14m水深のエプロン部分が平均50cm沈下したのである。PL値という液状化指数では表し得ない対策の困難さが浮き彫りにされた。

十勝沖地震のような典型的なプレート境界地震では、地震マグニチュードが8にも達すると、強い横揺れは2分程度以上継続する。そうすると時間的に液状化が単純に進行するのではなく、再び固化するなど、複雑に挙動することがわかっている。すなわち、現状では液状化過程が厳密に解析されたわけではないのである。そのように考えると既設の国道などは橋梁部分を除いて液状化対策は実施されていない。だから、十勝川の河口部周辺の軟弱地盤地帯で大きな被害が発生した。いま、地震発生 of 切迫性が認められるのは、宮城県沖地震、首都直下地震、東海・東南海・南海地震などである。それらによる地震動と液状化の被害はわが国を代表する港湾群に現れることは必定である。

(2) タンクのスロッシング被害

十勝沖地震で震源から約250km離れた、

震度5弱の苫小牧で、出光興産の北海道精油所のタンク群約100基のうち、約50基に被害が発生し、2基から火災が発生した。直径40m、高さ25mのタンクに貯蔵されていた約3万klの原油とナフサから出火したのである。地震波を解析すると周期が1秒から10秒までの間で、応答スペクトルの値は減衰せずに高い値のまま、かつ7秒程度などの幾つかのピークが現れている。同じ現象が1999年トルコ・マルマラ地震の際に規模としてヨーロッパ6位に位置するチュプラの精油所でも大規模に発生した。そのとき対岸の火事としてわが国の石油精製会社やコンビナート関係者が調査に入っていないのは残念である。わが国では、タンク火災は年1例を想定して、消火剤が備蓄されていたに過ぎない。背筋がゾットするような暢気さである。

後で調べてみるとわが国には500kl以上の容量のタンクが約13,000基あり、その64%に当たる約8,500基が耐震不適格、もしくは耐震診断を受けていない古いものであることがわかった。消防法適用の猶予の形で、実質的に放置を許してきた消防庁の罪は極めて重い。8,500基のうち横浜や東京港などの大港湾を控えた東京湾周辺に約2,000基、大阪湾周辺に約500基があり、前述の地震切迫性の下で、差し当たりこれをどうするのが緊急課題である。たとえば、東海地震が起これば、東京湾周辺は震度4から5弱であり、必ずタンクのスロッシングは起こるのである。紀伊半島南東沖の地震でも、やや長周期の7秒程度の地震動が関東地方で、5秒程度が中部や近畿地方で観測されたことがわかっている。さらに問題は、容量が500kl以下の古い燃料タンクや化学物資貯蔵タンクが全国の港湾や漁港地区に無数と言ってよいくらい存在することだ。蛇足だが、最近の水族館は大型水槽を売り物にしたものが増えている。ここでもスロッシング対策は必定である。

(3) 気象庁の津波注意報・警報発令と

解除時刻の不備と自治体の避難勧告の不発令もしくは発令遅れ

気象庁は十勝沖地震に際し、地震発生後

約4時間で津波警報を解除してしまった。ところが、釧路港などではその後最高潮位が観測された。道東海岸の大陸棚に捕捉されたエッジ波の発生を予測できなかったからである。紀伊半島南東沖の地震では、最初の9月5日午後7時7分の地震に際し、注意報の発令が7分も要したのをはじめ、地震マグニチュードや震源位置の発表も極めて遅かった。しかも震源深さは当初10kmと発表されたが、翌朝に約40kmと訂正された。

新聞によれば精度を上げるために時間を要したと言うことであるが、精度も大事であるが、被害を軽減するためには早く注意報や警報を出さねばならない。気象庁は一体誰に顔を向けて仕事をやっているのかという不満が出てくる。精度が悪くても津波が来襲するかどうかの方が住民には重要なのである。その上、マグニチュードや震源位置がわからなければ、どれくらいの高さの津波がいつ頃来るかわからないのである。今回問題となった三重県、和歌山県は県レベルで阪神・淡路大震災後にすでに第1次の地震・津波被害想定作業は終わっているのである。地震マグニチュードが8前後であれば各地の津波高さや来襲時刻もわかっているのである。

一方、津波警報が発令された沿岸部の自治体では相変わらず、避難勧告の発令に関してバラバラな対応が目立った。十勝沖地震では警報が発令された自治体のうち、避難勧告を出したのは17市町であり、釧路市のように4市町では避難勧告を出さなかった。釧路市は1994年の北海道東方沖地震に際しても避難勧告を出さなかったので問題になった。いずれの地震でも釧路市の臨海地域で津波浸水被害が発生しているのである。市のトップの自らの経験に基づく勝手な判断が、必ず将来、人的被害を招くと断言してよいだろう。

ところで、紀伊半島南東沖の地震では、津波警報が発令された和歌山県で、避難勧告を出したのは和歌山市と紀伊勝浦町の2市町に過ぎなかった。残りの市町村は、出さなかった理由として、第1波が小さかつ

たから、あるいは揺れが小さかったからとか、色々の理由を挙げている。しかし、本番の南海地震が起これば、海岸や漁港に近づくことは死につながる。津波警報発令下で消防署員・消防団や警察官が臨海地帯を警戒活動することは犬死にするようなものであることを関係者は深刻に受け止めなければならない。

また、たとえ揺れが小さくても津波が大きくなる津波地震の発生を無視するわけにはいかない。事実、1605年の南海地震では、揺れによる被害は古文書には残っておらず、津波被害のみ記述されている。結局、今回の津波避難の軽視は、市町村レベルでの津波災害に対する事前の知識の貧弱さと応急対応の重要性に対する認識の欠如にあると断言できる。

(4) 住民避難の少なさ

津波の人的被害の原則は『逃げるが勝ち』である。いかに早く安全なところに逃げるかということが人的被害の大きさを決める。この点に関して、2003年5月26日に発生した三陸南地震に際して、震度5弱以上の沿岸地域、及び本年の紀伊半島南東沖の地震で津波警報が発令された沿岸地域の住民の対応は落第であった。もちろん避難勧告を発令しなかった市町村当局にも問題がある。しかし、串本町などのように東南海や南海地震時に避難勧告の発令を待っているのは避難が間に合わない地域が歴然と存在しているのである。先の十勝沖地震に際しても、津波警報が発令された沿岸住民の約15%しか避難しなかったことが問題となった。しかし、その後の詳細な調査によって、1952年の十勝沖地震で人的被害が発生した地域では100%に近い避難率であったことがわかった。

このように近年に被災経験しないと避難しないという傾向は、地震毎の津波の来襲特性が変化する現状では、極めて危険な対応と言わざるを得ない。まして三陸南地震の時にほとんど津波避難しなかった三陸沿岸部の住民のように、『喉もと過ぎれば熱さを忘れる』では困るのである。たとえば気仙沼市では80%を超える住民が津波の心

配があったにもかかわらず、実際には避難していない。これは、防災・減災では自助努力が基本となっていることをもっと周知徹底しなければならないことを示している。

(5) 津波と高潮の同時生起

あつてはならないけれども、今年のように9月上旬までに7台風が上陸するようなことが起こると、津波と高潮の同時生起確率を求め、これを港湾整備計画に反映する必要があるが出てきている。計画津波は、朔望平均満潮位のもとで来襲すると仮定して、最高水位などを求めることが基本であった。ところが、とくに瀬戸内海などでは、9月は大潮の潮位上昇が他の月よりも平均30cm程度高くなっている。台風16号や18号が瀬戸内海近傍を通過したとき、とくに香川、岡山両県の臨海部で吸い上げで30cm、吹き寄せで30cm程度の高潮が発生している。したがって、海面は通常の満潮位よりも1m近く上昇し、両県で前者の台風によって浸水被害家屋が3万3,700棟を数えた。瀬戸内海各地では、この程度の水位上昇は南海地震津波などで容易に発生し、高いところでは想定津波の高さが2mを超える地域が存在することがわかっている。したがって、これまでの津波の計算条件に9月の大潮の水位上昇時、あるいは高潮と津波の結合発生確率の減災対策への導入も新しい課題となろう。

地震・津波に強い港

災害時に被災しない港の重要性は誰もが認める。しかし、内容を十分理解した上での判断であれば問題はないのであるが、どうもそうでないようである。地震・津波に強い港とは、

- ・施設が被災しない、あるいは被災しても機能を失わない（施設の耐震性・対波性強化）。
- ・港を支えるロジスティックス（人、もの、情報、資金）が災害時でも確保される（ロジスティックスの安定継続）。
- ・日常的に港が地域で活用されている（日常の活用）、

ことが満たされていることが条件となる。そこで、詳しく検討してみよう。

(1) 施設の耐震性・対波性強化

これについては論を待たないであろう。耐震強化岸壁の建設や液状化対策は着実に進めなければならない。発生が近い将来に想定されている首都直下地震では、東京、横浜、川崎の各港が、東海・東南海・南海地震では、東京湾以西の太平洋に面する港湾、漁港で液状化被害の発生が懸念されている。これらの地震が起こるといずれも広域災害になることが必定であるから、港湾施設が被災すれば救援活動や復旧に重大な支障が発生するだろう。とくに国が積極的に整備しようとしている基幹的広域防災拠点の活動は海路が中心である。これらの拠点が機能麻痺に陥り、被災地の復旧・復興の遅れにつながる。

港湾・漁港施設の被害は地震動や液状化によるものだけではない。津波が来襲すれば、船舶が座礁する危険だけでなく、動揺あるいは移動して埠頭を破損する恐れがある。たとえば、南海地震津波は沿岸各地に20分から50分の周期で来襲するが、同時に波高は低くても10数秒から数10秒の長周期波浪も重なってくるのである。これらの周期帯で係留中の大型船舶が船腹方向へ数mのスウェーを起こすことがわかっている。埠頭はこのような横力に弱いことを忘れてはならない。

また、津波の越流による外郭施設の被災も見落としてはいけないだろう。たとえば押し波や引き波の時に津波が海岸堤防を越流するようなことが起きると、混成堤のマウンドが洗掘されて転倒することがおこる。洗掘は防波堤先端でも発生する。したがって、これらの部分の補強も必要となるう。

一方、津波のために海面が低下して船舶が座礁・転覆する恐れもある。筆者ら(2004)は2002年度の1年間に大阪の堺・泉北港に入港した23,590隻の船舶を対象として、南海地震津波来襲時の座礁の危険評価を行い、座礁安全マップの作成を提案した。図はその1例を示したものである。これに

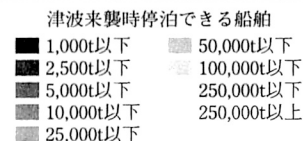
よると、2.4mの津波高さの来襲によって、タンカーは干潮位で95%以上、満潮位でも50%以上が座礁するという恐るべき結果が判明した。このような図面が事前に各港湾ごとに用意できれば、座礁の危険性は少なくなると考えられる。



貨物船



タンカー



南海地震津波来襲時の座礁安全マップ

なお、本年8月末に上陸した台風16号と9月上旬の台風18号によって外国船籍の貨物船が相次いで大きな被害を被り、死者・行方不明者が30名にも達している。台風の強風で操船不能になったのが原因であろう。このような状況は、津波来襲時でも起こりえる。すなわち、沿岸部を航行中の、あるいは港に停泊中の外国船籍の船には通常、外国船員が乗り組んでいる。彼らは津波そのものがどういものかよくわかっていないのが通例であるから、これらの船舶が海岸護岸や港湾施設に衝突するようなことも起こると想定しなければいけない。早急に対策を検討しなければならないだろう。

(2) ロジスティックスの安定継続

これは案外見落とされがちである。港湾や漁港が地震や津波で被災しなくても、連絡道路や橋梁が被災して通行不可能になったり、広域災害のために全面的に停電することも起こりえるのである。全国の電力会社はいずれも、電力供給能力の8%程度を安定供給の目安としているようであるが、夏期のように受給電力量が逼迫した状況で首都直下地震や南海地震などが起こると、電力ネットワーク全体がダウンする危険も存在するのである。もし、自家発電装置があれば、その燃料備蓄量をあらかじめ再検討しておかなければならないだろう。ニューヨークの9/11同時テロ事件の教訓から、1週間以上の備蓄も考慮しなければならぬかも知れない。

(3) 日常の活用

港湾施設を日頃から使用することの重要性である。なぜなら日常的に機能させるための種々のノウハウが各港毎に存在するはずで、災害時はこれを基本とした対応となるからであって、日頃からオペレーションを習熟しておくことは必定である。

津波から地域を守る

本年9月5日に発生した紀伊半島南東沖の地震では津波に対する地域防災力に大きな問題が存在することがわかった。現在、三重、和歌山、高知、徳島各県の協力を得て、市町村レベルでの注意報、警報発令下での避難勧告の発令の問題などを調査中である。これらの地震マグニチュードが6.9と7.4だったために、東南海や南海地震で想定した地震マグニチュードより約1小さかったので、地震と津波による人的被害がほとんどなかったことは、幸いであった。

防災の基本は、自助、共助、公助である。これらが組み合わさって社会の防災力が構成される。しかも、これらの割合が7:2:1であることが歴史的にわかっている。阪神・淡路大震災の復旧・復興でもそうであった。ところが、住民は1:2:7と誤解している。この誤解の解消を図らないと、防

災・減災はいつまで経っても行政に任せておけばよいことになってしまう。そこで、まず、行政上の課題は、次のようである。

(1) 気象庁からの津波注意報・警報発令と地震マグニチュードと震源深さに関する情報提供の迅速化

気象業務のエンドユーザーは国民、市民、住民であることを忘れてはいけない。科学的な正確性を要求するのは研究者の論理であり、津波情報は早く発令して防災・減災に役立つようにしなければならない。昨年十勝沖地震の際にも問題となったが注意報・警報発令業務における気象庁と津波常襲地帯を管轄する仙台、大阪管区気象台などとの連携や調整ももっと事前に進めておかなければならない。

(2) 自治体は計測震度計の記録を活用し、それを避難勧告に応用

阪神・淡路大震災の後、大部分の自治体と気象庁によって約3,500基の計測震度計が設置されている。これとあらかじめ想定されたプレート境界地震の地震動や津波の大きさを結合させるのである。内陸直下型地震の周辺に何重にも地震計網があるのと相違して、プレート境界地震では地震計の配置が震源を取り囲めないことが多く、震源やマグニチュード決定には時間がかかり、精度もよくない。事実、紀伊半島南東沖地震ではそうであった。そして、計測震度が5強以上の自治体では自動的に避難勧告を各戸に防災無線の戸別受信機を通して配信し、すばやい避難を促すべきであろう。

(3) ハザードマップの普及と活用

本年3月末に高潮・津波ハザードマップの作成マニュアルが公表された。かつて阿武隈川が増水したときに、郡山市民の中で、事前にハザードマップを見た住民の避難行動がそうでない住民より早いという結果が得られた。このことは、ハザードマップが災害時の避難対策として有効な手段であることを示している。また、津波ハザードマップの作成に関してこれまでも先進的な自治体ごとに様々な取組みがなされてきた。それにもかかわらず、津波ハザードマップの全国的な整備は進んでいない状況にあ

る。その要因としては、ハザードマップの作成主体である市町村の防災担当者にとって、

- ①津波ハザードマップがどのようなものであるか具体的なイメージが分からない
- ②高潮・津波ハザードマップは誰のために作成し、どのように活用するものであるかが明確でない
- ③高潮・津波ハザードマップ作成方法が難しい（技術力不足）、多額の費用を要する

ことなどが挙げられている。そこで、国土交通省の港湾局と河川局を事務局として、関係省庁が集まり、2002年度に高潮・津波ハザードマップ研究会が発足し、作成マニュアルが検討されてきた。すなわち、高潮・津波ハザードマップの全国的な整備の推進を目指し、高潮・津波ハザードマップの作成担当者を支援するために、①高潮・津波ハザードマップの作成目的、作成主体の役割分担（国や都道府県の支援）、利活用方策、などの基本的考え方を明確にするとともに、②浸水予測計算、高潮・津波ハザードマップの記載事項、表現方法及び利活用方法など、高潮・津波ハザードマップ作成に関する標準的な事項をとりまとめたものである。冒頭に紹介した現在進行中の大大特の研究成果普及事業では、津波ハザードマップ作成を一つの項目に取り上げ、協議することになっている。

(4) 高齢者対策

2004年7月の新潟・福島集中豪雨災害から9月の台風18号災害まで、全国各地で93名の死者・行方不明者を数えている。その内、65歳以上の高齢者は50%強である。これには外国船籍の遭難による船員の死者・行方不明者が30名を数えるのでこれを除外すれば、75%強となる。高齢化社会の犠牲者の出方がここに来て顕在化したと言える。特に東海・東南海・南海地震が起これば、津波による人的被害が大きくなると予想されている市町村では、沿岸部の集落は高齢化が進んだ地域が大半を占めることがわかっている。これらの地域では共助がと

くに重要であり、自主防災組織などの実質的な活動目標として、救助訓練などを繰り返すことが重要となっている。

(5) 地下鉄・地下街対策

我が国の地下街の防災は火災とガス爆発事故が対象となっており、津波氾濫に対する安全性に関しては、未だ研究レベルにとどまっている。とくに気をつけなければならないことは、地震と津波の組み合わせによる都市複合災害の発生である。地震揺れや液状化によって水門・鉄扉・陸閘が被災したり、海岸護岸や河口部の河川堤防が沈下したりすれば、そこから津波氾濫水が容易に市街地に進入することになる。この場合、津波がそれほど大きくなくても氾濫が長時間にわたって継続することが起こる。市街地氾濫を起こすのは河川の洪水、集中豪雨の内水、高潮、津波の氾濫であるが、とくに津波は防災・減災対策を実行する時間的な余裕が極めて少ない。したがって、日常的な操作を対策の基本とするような（たとえば、使っていない水門は常時閉めておく）考え方の採用も必要となっている。

あとがき

港湾や住民の津波対策には基本がある。我が国は過去から何度も悲惨な津波被害を経験しているので、それに基づく対策である。しかし、これだけでは不十分である。あらたな被災形態に対する洞察によって対策を進める必要がある。ここでは、とくに後者に重点を置いて、最近の災害事例からの教訓を学ぶ形で考察した結果を報告した。今後、これらの内容がさらに豊かになることが、総合的な津波防災・減災対策につながるものと考えられる。

参考文献

河田恵昭ほか（2004）：津波による船舶被害の評価手法の提案、土木学会海岸工学論文集、第51巻（印刷中）