

発生が憂慮される広域・都市型津波災害 — 東南海・南海地震津波災害 —

河田恵昭

工博 京都大学教授 防災研究所巨大災害研究センター (〒611-0011 宇治市五ヶ庄)

2040年頃にマグニチュード8.4クラスの東南海・南海地震が起こると予測されている。もしそれが起これば、激しい地震動はもとより、巨大な津波が伊豆半島以西の太平洋沿岸と一部瀬戸内海まで達し、巨大災害となることが懸念される。震度5弱以上となる府県は神奈川県と富山県を結ぶ線より西側で鹿児島県に至るすべての府県に及び、地震被害と津波被害は太平洋沿岸のベルト状に超広域に拡がると予想される。このような状況では、陸の孤島になる自治体が多数発生するであろう。とくに、わが国初の都市型津波災害になり、沿岸のエネルギー施設の破壊や停泊中のタンカーなどの大型船舶の陸上乗り上げと大火災の発生、地下街・地下鉄などの地下空間への浸水被害が懸念される。

Key Words: tsunami, urban tsunami disaster, Tou-Nankai earthquake, Nankai earthquake, tsunami flooding, catastrophic disaster

1. 緒言

わが国の西日本の地震発生を支配しているのは、南海トラフ沿いの海洋型地震である。紀伊半島沖には、南海トラフと呼ばれる平均水深4,000mの海溝が東西に走行し、東端は駿河湾に達している。ここでは、北上するフィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に毎年約4cmの速度で潜り込んでおり、この運動は数百万年間も継続していると言われている。この潜り込み量が累計約5mを超えると破壊が発生する。これがマグニチュード8クラスの巨大地震となるわけである。

周知のように、1944年の東南海地震（地震マグニチュード7.9）では、断層の破壊が駿河湾まで達しなかったために、歪みが解放されずに残っていることから、1976年に東海地震説が発表された。これに基づき、1978年に大規模地震対策特別措置法によって、東海地方は地震観測強化地域に指定され、これまで約1兆円に達する公的資金が静岡県を中心に投入されてきた。一方、1946年の南海地震は地震マグニチュード8.0であり、過去の同海域での8.4クラスの地震に比べて小さかったこと、そして1995年の兵庫県南部地震がつぎの南海地震の活動期に入った証拠とする地震学者のほぼ統一的な見解があり、2040年を中心とした前後10年以内になると予測されている。

この南海地震と東隣の東南海地震は双子地震と呼ばれており、歴史上8回の発生が確認されており、その内2回は両者がほぼ同時に発生していることがわかっている。そこで、心配されるのは、東海、東南海及び南海地震がそれぞれ独立に起こるのではなく、東から西へ連続的に断層破壊が進むことである（歴史的には、ほぼいつも東南海地震が先に起こっている）。もしそれが起これば、400kmから600kmの長さの断層が連続的に破壊し、地震マグニチュードが8.4から8.6程度になり、激しい地震動はもとより、巨大な津波が伊豆半島以西の太平洋沿岸と一部瀬戸内海まで達し、広域巨大災害となることが懸念される。震度5強以上となる府県は神奈川県から鹿児島県に及び、地震被害と津波被害は太平洋沿岸のベルト状に超広域に拡がると予想される。このような状況では、府県単位で陸の孤島になるものが複数発生するであろう。このように、南海地震津波と東南海地震津波の同時的発生は、その災害対策を講ずる上で、きわめて切迫性の高い問題なのである。本文では、長期的な視点に立って、今後津波対策を進める上で必要な、しかもこれまでの津波災害で見られなかった被災シナリオを提示したい。

2. 津波災害研究の現状

2.1 最近の津波災害

1990年代に入って、世界各地で津波災害が頻発している。まず、1992年9月のニカラグア地震津波、同年12月のインドネシア・フローレス島地震津波、1993年7月の北海道南西沖地震津波、1994年6月の東ジャワ島地震津波、同年10月の北海道東方沖地震津波である。その後、1995年5月のサハリン北部地震津波や1996年2月のインドネシア・イリアンジャヤ地震津波というように、近年立て続けに津波災害が発生している。こうした津波被害発生共通点は、どれもが津波氾濫原の住民数が最大千人程度の沿岸集落や漁港における単発被害だという点にある。しかしながら、来るべき東南海・南海地震津波で予想される近代臨海都市や港湾を広域的に襲う「都市型津波災害」は、これまで経験したことがない全く別種の災害なのである。したがって、過去の津波災害の教訓は、人口数万から百万人規模の臨海低平都市域や沿岸部の自治体を連ねる居住域を広域に津波が襲った場合には、そのまま適用することがきわめて難しいと考えられる。

2.2 津波災害研究の最近の取り組み

津波災害についての研究の目標は、被害を軽減することであるから、それにつながる研究が重要であろう。人的被害を軽減するためには、地震直後にすぐに自主避難することであろう。自主避難するには、事前に津波の危険性を正確に理解しておく必要がある。どのような危険性かと言えば、それはつぎの情報である。

1) 自分の住んでいるところにどの程度の大きさの津波がやってきて、わが家は大丈夫なのかどうか：津波は市街地や家屋が単に浸水するのではない。高速の氾濫流としてやってくるので、水深が浅くても避難中に足がさらわれたり、道路上に置かれているいろいろなものや倒壊家屋の残骸や家具などが津波と一緒に運ばれてくる。過去の例では、1896年と1933年三陸地震、1983年日本海中部地震や1993年北海道南西沖地震時に津波と一緒に漁船なども市街地に突入してきたことがあった。木造家屋の破壊条件も、水深と流速がわかれば、およそ判断することができる。

2) 地震のあとどれくらいで津波がやってくるのか：海洋性地震の震源位置は固定されているわけではなく、変化する。したがって、過去の地震災害の例がそのまま役に立つとは限らない。低頻度災害の場合の教訓の一般化が難しいのは、この点にある。

起こり得る震源位置で地震が発生した場合、一番早い到達時間を事前に知っておくことは極めて大切である。通常、第1波のピークを対象とするが、夏の海水浴シーズンの場合、30cm程度の津波の波高でも、遊泳客や養殖いかだに被害が発生することがあるので、これくらいの波高の場合の到達時間も必要であろう。要は、数字の背景が理解されていないと、的確な行動はとられにくいと言うことであろう。

3) 津波の来襲はどれくらいの時間、継続するのか：津波は長波であるから、反射率は大きく、崖や防波堤に衝突すればほぼ完全に反射する。したがって、日本海のように周囲が陸地で囲まれた海域では、津波が半日以上継続する場合がある。大阪湾でも同じである。反射した津波が重なるので、決して第1波が大きいととは限らない。図-1は地震マグニチュード8.4の東南海地震の場合の三重県・尾鷲の津波波形である。第2波の津波高さが第1波の40%も大きくなっている。1944年東南海地震では、第1波で助かった住民が、自宅に貴重品を取りに戻って第2波の津波で犠牲になった例が多かったと報告されている。

4) わがまちの津波被害は最悪の場合どの程度になるのか：津波災害では、まず、「自分の命は自分で守る」であり、つぎに、「自分のまちは自分たちで守る」であろう。たとえば、津波の最短の来襲時間が事前にわかっておれば、それを基準として、たとえば隣近所の社会的弱者に手を差し伸べたり、水門を閉める作業を手伝ったりできる。また、自治体の被害想定作業によって、最悪の場合の人的被害の大きさを事前に知っておれば、事前のわが家、わが家族の対策を講ずることが可能になろう。

現在、津波の基礎式の数値計算は、最小25mメッシュで前進差分によって行われている。しかし、上で述べたような情報を提供するには、この方法は必ずしも適切ではないと考えられる。なぜなら、氾濫解析では、越流する護岸や河川堤防の方向、家屋の配置などの要素をどのように取り込むかがポイントであって、従来の方法は必ずしも適切でない。

そこで、著者らは、有限要素法を用いて、これらの問題を解消することを試みた。その結果を、図-2に示す。これは、和歌山県の湯浅町・広川町に適用した例である。第二次世界大戦の前の国定教科書に紹介されている『稲むらの火』の舞台になったところである。この図は、安政南海地震津波が来襲したときの、現在の地形での浸水深の地域分布を示したものである。計算での三角形の一辺の最小値は2mであり、小水路や家屋の配置、複雑な道路網が考慮されている。この計算では、自分の家にどの程度の津波が、地震後どの程度経過してからやってくるかが

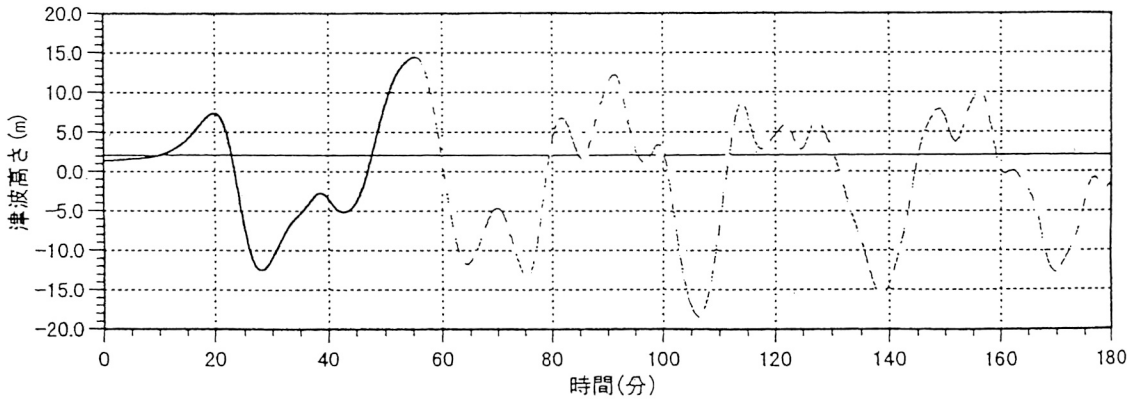


図-1 想定東南海地震津波による計算波形（尾鷲）

求められる。

3. 都市型津波災害の新しい被災シナリオ

なぜ“都市型”なのかを説明しよう。わが国が近代以降被った津波災害の中で、人的被害の大きさから順位をつければ、つぎのようになる。

- 1位：1886年明治三陸津波 死者数 21,959名
- 2位：1933年昭和三陸津波 3,068名
- 3位：1946年南海地震津波 1,330名
- 4位：1944年東南海地震津波 1,223名
- 5位：1993年北海道南西沖地震津波 230名
- 6位：1960年チリ地震津波 142名
- 7位：1983年日本海中部地震津波 104名

ただし、この数字には地震による被害者も含まれている。これらの津波災害は、すべて漁港や港湾をもつ人口数万以下の地方の集落を襲ったものであって、大規模な近代港湾都市を襲ったものではない。これは、世界的にも言えることであって、これまでの大津波災害は、すべて田園災害の様相を示している。ところが、つぎの東南海・南海地震では被災形態がこれまでの津波災害のものに加えて、さらに劇的に変わる可能性がある。想定される新しい被災シナリオとして、つぎのものが挙げられる。

1) 予想以上の津波の可能性：想定津波は、昭和東南海・南海地震と同じ震源位置で、地震マグニチュード8.4の地震で発生するとして、沿岸各地の津波の波高と到達時間を求めている。そこで、予想以上の津波が起こるケースは、つぎの2ケースが考えられる。その1つは、震源位置が東西に移動する場合であり、ほかの1つは地震マグニチュードが8.4以上となる場合である。前者の背景は、つぎの通りである。昭和南海地震のみが地震計の記録による震源位置の決定であり、それ以前のマグニチュード8以上の巨大地

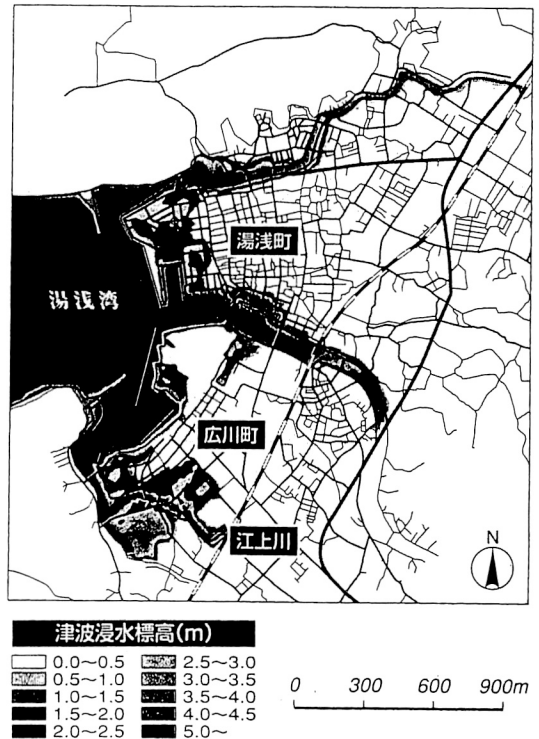


図-2 和歌山県広川町・湯浅町における1854年南海地震津波の氾濫計算結果

震の震源は、津波の特性から推定したものである。したがって、精度的には昭和南海地震に比べて悪くなるのがわかっている。これらの結果は、震源の位置が東西に約200km程度も分布することにつながっている。また一方では、東南海や南海地震による断層の破壊は場所的に無秩序に起こっているのではなく、一定のパターンをもっていると指摘されている。これらのことから、震源位置をむしろ固定する方が妥当とも言える。このような状況から、震源位置の

決定にはまだまだ議論の余地があり、固定することは必ずしも適切とは断言できない。

一方、後者については、東南海地震と南海地震がほぼ同時に起これば（1707年の宝永地震がそうだったと言われている）、地震マグニチュードはおおよそ8.6になると推定される。そこで、これについて計算したところ、大阪湾沿岸各地で8.4の場合に比べて、波高は約20%大きくなり、第1波の到達時間はほとんど変化しなかった。その場合でも、府下の全域で防潮堤や護岸を越流することは生じなかった。なお、地震マグニチュードが7以上の場合の断層パラメータは、相似則が成立するかどうかは現在不明である。以上のことから、予想以上の津波の可能性は、現時点ではないとは断言できない。

2) 水門・防潮扉からの浸水：たとえば、大阪府下には沿岸部と河川に沿った地域で、約900の水門・防潮扉が存在すると言われている。このうち、大阪府と大阪市の直接の管理のものを除いて、多くの水門・防潮扉は民間に管理を委託する形となっている。そして、管理形態は、使用しないときには閉じることになっているが、現実にはほとんどのものが開いたままとなっている。さらに、想定南海地震が起こった場合、府下全域の地震動の大きさは、兵庫県南部地震とはほぼ同程度であると推定されている。したがって、水門・防潮扉のうち、いくつかは閉じることが不可能になると判断される。これらのことから、南海地震が起こって津波が来襲した場合、現状では臨海部は水門・防潮扉からの浸水を想定しなければならない。津波が浸入した場合、遡上する範囲は、過去の資料解析から、おおよそ津波の高さに相当する地盤高までである。ただし、水門・防潮扉からの浸水であるから、その断面積と流速の積で求められる流量が入ってくることになるので、護岸を全面的に越流するのと違って、有限量に押さえられ、必ずしも津波の波高に相当する標高まで浸水するわけではない。このことは、津波高と水門・防潮扉の敷居高の差及び水門・防潮扉の開口幅が小さければそれだけ流入する流量が減ることを示している。

3) 港湾・船舶の被害：想定津波による港湾施設の被害は、たとえば、防波堤の倒壊などは津波がこれを越流しないかぎりほとんど発生しないと考えられる。もし起こるとすれば、係留船舶が津波によって動揺して岸壁に衝突して破損したり、乗り上げて発生する可能性がある。地震後、津波は、たとえば大阪府沿岸には、南部で1時間、大阪港で2時間程度で来襲するため、係留船舶の港外避難は不可能と考えたほうがよい。人的な被害の拡大につながる、つぎの2つのケースが重要である。その1つは、沿岸部を

航行中の船舶が、津波に翻弄されて運ばれ、直接、防潮施設や護岸に衝突して破壊する場合である。小型船舶の場合には河川を遡上して橋脚の破壊やひどい場合には落橋につながる恐れがある。ほかの1つは、比較的大型の係留船舶が津波によって座礁し、これがつぎにやってくる津波とともに陸上部に向かって流され、防潮施設などの海岸構造物を破壊する場合である。これら両者では、破堤規模が衝突船舶の大きさに依存するので、もし大型船舶の場合には、大量の海水が津波とともに流入する危険がある。また、衝突船舶が石油タンカーや液化天然ガス運搬船の場合には、石油類の流出、ガスの漏出、出火などが起こり、広域火災に結びつくかも知れない。これらは、規模によっては大被害になる。

4) 要避難者：東南海・南海地震で家屋が全壊や半壊にならない限り、避難所への住民の避難は発生しないと考えられる。それでは、津波警報が出たときにはどのように対応しなければならないかを示す。まず、臨海部の氾濫危険地域に居住している住民は、学校などの指定避難所か、近所の3階建て以上の鉄筋コンクリートの3階以上の階に避難する必要がある。つぎに、問題としなければならないことは、津波警報が発令された場合である。この場合、津波は河川を遡上するので、まず住民が河川敷に避難しないように徹底することが必要である。また、たとえば、大阪市では南海地震後、2時間弱以内に、南と北の地下街の閉鎖、大阪市営地下鉄、阪急、阪神、京阪、JR西日本の地下線から車両を地上に上げなければならない。また、そのほかにビルの地下の部分や地下駐車場への立ち入りも禁止する措置が必要であろう（これらの対応を円滑に進めるには、津波氾濫危険図を作り、公開する必要がある）。なお、市内を走行中の自動車を高所に退避させる施策も必要となろう。また、南海地震津波が5波程度来襲することから、警報が解除されるまで避難所などから自分の判断で帰宅などしないような注意の徹底も重要であろう。

4. 結 語

都市型津波災害は、東南海・南海地震津波に限らず三陸津波でも懸念される。わが国では1960年代に激しい都市化に見舞われた。そして、都市の構造が変化し、これに呼応して災害対策を立てなければならないのであるが、現実は大変遅れていると言える。被災シナリオに沿った長期的な災害対策を立てることがまず被害軽減に寄与するものと考えられる。