

環太平洋での津波対策の過去と現状

—我が国の防災対策への教訓—

COUNTERMEASURE FOR TSUNAMI DISASTER MITIGATION IN PACIFIC OCEAN
—LESSONS FOR JAPAN—

今村文彦¹・

Fumihiko Imamura

¹正会員 工博 東北大学教授 大学院工学研究科附属災害制御研究センター
(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉06)

The paper introduces the activity for disaster mitigation of tsunami in Pacific ocean after the 1960 Chilean tsunami, which should be lessons to improve the research and public work for the mitigation in Japan. The Japan Meteorological Agency (JMA) failed to issue an effective tsunami warning for the tsunamis of the 1960 Chile Earthquake, being aware that international cooperation is essential. Through the experience of the 1960 tsunami, the two international cooperation organizations; ICG/ITSU and PTWC were started to establish the far-field tsunami warning system in the Pacific ocean. JMA also exchanges of tidal data with the United States of America and other states, monitoring the data of foreign eighteen stations in this area. DART, TIME in US, and Pacific museum are introduced for the early time warning system with high accuracy, making hazards maps to increase people awareness and evacuation system, and public education by providing documentation, exhibition, workshops, and lectures.

Key Words : 1960 Chilean tsunami, Pacific ocean, tsunami counter measure, international organization

1. はじめに

我が国は、代表的な津波常襲国の1つであり、過去の大きな津波災害（1,000以上の犠牲者）は21例を数えるが、その内10例が我が国で発生している¹⁾。そのため、過去の被害経験を教訓に、津波発生機構、被災メカニズム、防災教育、地域防災町作り、津波警報体制など、世界でも先進的に研究や対策を実施している。

ただし、我が国は以下にまとめる重要な課題も指摘されており、自国だけでは対応できない内容や海外に学ぶべき内容もあると思われる。本文は、チリ津波以降における環太平洋を中心にした国際的な活動の過去と現在を紹介しながら、我が国の津波防災に役立つ情報や協力すべき事項などを整理したい。

まずは、我が国の津波防災対策において大きな課題を4つ挙げる²⁾：

(1) 地域に即した防災計画

最も基本的な津波対策は高地移転であり、浸水の影響を受けない場所で生活等をすることが重要であり、災害に強いまちづくりになる。さらに、防災施設の整備また避難体制などのソフト対策が3つの大きな柱になっている。我が国では、これらの指針と

して防災計画のための「強化の手引き」が出来上がったが、それが十分に活用されているとは云えない。津波は、非常に局所的に変化し、波高や到達時間を変える。また、地域により、防災の市民意識や防災施設状況、特有の土地利用形態があり、そこでの被害像も異なる。このような地域での状況を踏まえた対策が必要であるが、実態としては画一化した内容であり、対象地点の人間社会の特性・将来の発展の方向を熟知した防災計画は立てられていない。

(2) 老朽化する防災施設

防潮堤の多くは、いわゆる三面張りの海岸堤防である。本体は土砂で、その表法、天端、裏法の三面をコンクリートで覆った構造となっている。建設してから年月が経過すると、被覆コンクリートに大きな亀裂が見られたり、中の砂などが沈下し空洞化する施設は増えつつある。弱点の早期発見及び修復が必要となる時期となっている。特に、防潮堤は海辺近くに建設され、前面の浜の消長により風波の影響を受け易い。また、軟弱地盤の上に建造された例もある。こうしたものは、時間が経つにつれ、強度や機能が劣化することを免れない。

(3) 風化する災害記憶

甚大な被害を生じさせる津波の発生頻度は極めて

低い。災害の恐ろしさを知りながら、自分だけは大丈夫だろうとの希望の中で生きる。10年も経つと、これで災害は起こらないであろうと期待し、備えを忘れる。さらに、世代が替わると、体験したことの無い災害は単なる話でしかなく、平時の関心の的にはならない。更に、自分流の経験に基づいた判断が、避難行動を支配する。

こうした状況が重なって、津波警報や避難勧告への対応が鈍くなりつつある。避難勧告が出されても、対象人数の数パーセントしか避難しないと云う事態が発生している。また一方、災害情報伝達・提供の整備が進む中、情報依存の体質が顕著になっており、危険な地域にある自宅でテレビやラジオを聞いており、避難行動が遅れるという状況が生まれている。

(4) 新しい形態の災害への対処

日本の沿岸地帯の状況は、チリ津波以降急速に変貌した。過去の津波時には存在しなかった様々な施設が沿岸に建設され、沿岸での里浜作りやレジャーなどの利用も高まっている。これまでの防災対策は過去の事例に基づいてなされてきたが、津波の洗礼を受けていない地域や施設については、事例経験ではなく想像力に従って対策を講じる必要がある。特に、懸念されているのが、臨海工業地帯での新しい被災パターンであり、可燃物、大型船舶、高密度交通網さらには、地下空間などの被害が重要であると考えられている。

最近、ハザードマップ作成・整備・利用が進められている。津波浸水域や到達時間というハザード(外力)の情報が地域の地図上に載せるものであり、対策立案や住民意識高揚に大きな期待がある。さらには、外力による被害形態や規模、それらの対策なども含んだ、災害マップ、防災マップに進化していくが、複合災害や新しい被害の推定についての課題が残されている。

2. 我が国の1960チリ沖地震津波の教訓

以下、関田³⁾による報告を中心に当時何が課題であったかを整理する。1960年5月23日に発生したチリ地震津波に対しては、気象庁は有効な津波警報を発表することができず、我が国での津波災害の発生を防ぐことができなかった。南米チリで発生した津波は、翌24日午前2時30分頃(日本時間)から、北海道、東北の太平洋沿岸に到達し始め、午前4時過ぎには災害を発生させるような大きな水位変化となった。しかし、これらの変化がチリ地震の津波であると認識され、津波警報が発表されたのは、午前5時前後のことである。

気象庁観測部地震課では23日昼までには、チリで大地震が発生したこと、津波が日本に來襲するとすれば24日午前2時過ぎになることを把握していた。にもかかわらず有効な津波警報が発せられなかった理由は、次の2点であると考えられる。

- 日本での津波の高さを、高くても50cm程度と推定したこと。

- ホノルルの地磁気観測所から津波観測との連絡がなかったため、津波は発生しなかったと認識したこと。

安政東海地震(1854年)におけるサンフランシスコでの津波の高さは約30cm、また、昭和三陸地震津波(1933年)の際のチリでの津波の高さは20cm程度であったことから、地震課ではチリ地震津波の日本での高さを30cm～50cmと見積もった。この高さでは、津波警報の基準に達せず、津波注意報がない当時では、津波予報は発表されないことになる。残念ながら1877年のチリ地震で、三陸沿岸に3mの津波が來襲したことについての認識はなかったようである。

以上から、遠地津波への認識不足と外国機関との連絡の不徹底が、チリ地震津波に対して有効な津波予報が実施できなかった原因であると言える。これらの課題は我が国に限ったことではなかった。

3. 国際協力・連携の契機 —国際機関設立

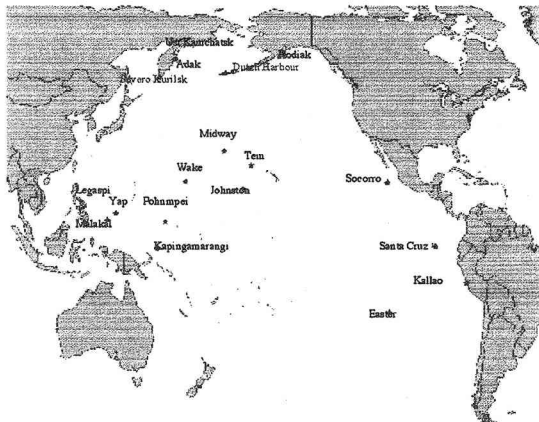
チリ津波のような環太平洋全域にわたった被害軽減・対策改善のためには、国際協力体制の確立が不可欠であることは明らかであった。このような認識の下、ユネスコ政府間海洋学委員会(IOC/UNESCO)第3回総会(1964年)の決議に基づいて、1965年4月にホノルルで「太平洋津波警報組織の国際協力に係る作業グループの会合」が開催された。この会合で日本は次の2つの機関を設置するという重要な提案を行った。一つは、地震発生時に関係各国の地震、津波に関する情報を収集し、収集した情報を関係国へ提供する情報センターであり、もう一つは、関係国間における情報交換、意見調整等を行うための国際調整委員会である。

この提案はIOCの採択するところとなり、前者の機関としてはホノルルの地磁気観測所が、太平洋津波警報センター(PTWC)として改組・発足し、また後者の機関としては、太平洋津波警報組織国際調整グループ(ICG/ITSU)の下に、国際津波情報センター(ITIC)が設立され、津波警報システムの改善の提案、研修や情報提供による各国の津波予報業務への支援を行っている(表—1参照)。

表—1 津波関連の国際機関

UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission
ICG/ITSU	International Coordination Group for the Tsunami Warning System in the Pacific
ITIC	International Tsunami Information Center
USDC	United States Department of Commerce
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NWS	National Weather Service
PTWC	Pacific Tsunami Warning Center

PTWCは、太平洋一帯における地震発生に伴う津波発生の有無を検知し、情報提供を行うことを目的とする。ITWS（国際津波予報システム）の本部であり、太平洋一帯に存在する地震観測所および潮位観測設備（表1-参照）を監視する責務を有する地域および国立のセンターと協力して、地震発生に伴う津波発生の有無を評価する。太平洋において津波を発生させるのに十分な地震が起こった場合、PTWCの職員は震央位置を決定する。もし震央が海洋下あるいは海洋付近であれば津波発生の可能性がある。地震学的な証拠を基に、PTWCはメンバー国に対し、地震が起こったこと、それがいつどこで起こったかおよび津波発生の可能性などを伝える津波監視情報を伝達する。



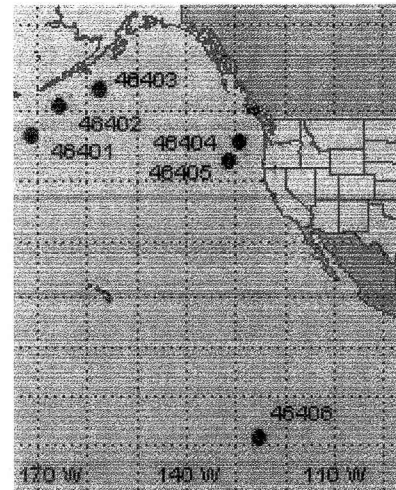
図—1 環太平洋での潮位計及び津波計の設置場所（2000年現在）³⁾

ITICの責任は主に次の事項である。太平洋における国際的な津波予報活動の監視と、情報伝達、データネットワーク、データ収集および情報提供に関する改善を勧告する。さらには、メンバー国および非メンバー国に対して、津波予報システム、ITICに関する情報およびICG/ITSUの活動に参加するための方法などの情報を提供する。また、ITSUのメンバー国に対する津波予報システム構築への支援および太平洋に面する全ての国に対する津波への備えの改善を行う。最後に、津波による人命の損失や財貨の損害を防止するために、津波に関する情報を収集・提供し、津波の調査研究およびその結果の応用を促進させる。

4. 監視・観測プロジェクト —DART

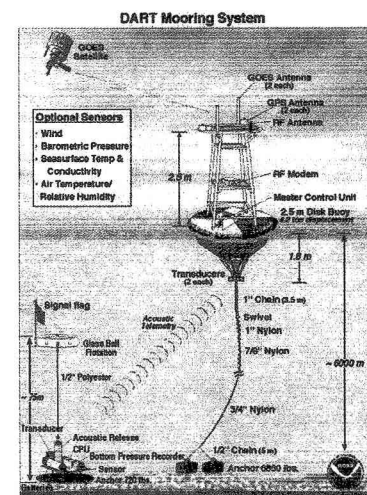
米国 NOAA(海洋大気局)は、津波をリアルタイムで監視・観測できる6つの海底津波計を開発し（図—2(a)）、データをネットワークするプロジェクトを推進させている。このプロジェクトは、深海津波探知装置（Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis）と言われる。環太平洋に配置された地震計は、すぐに地震の位置・規模を特定する、次の瞬間、複雑なコンピューターシステム

が、発生した津波がどのくらいの時間でハワイなど米国各地に到達するのかを予測する。数分後、沿岸部に設置された潮位計が津波を観測する。このリアルタイムの観測は大変重要で、本当に破壊的な津波が遠方にも到達するかどうかを確かめる唯一の方法になる。



図—2 (a) 米国での DART による津波計設置位置

理論的には、リアルタイムで津波を探知する考えは可能なものであるが、実用化するためには、かなりの技術や論理的な試みが必要であった。DART システムは、海底圧力計に依存しており、太平洋海洋環境研究所で過去 10 年以上をかけて完成させようとしている。津波の波峰が通過すると、海底圧力計がすでにある静水圧からの増加を探知することができる（図—2(b)）。たとえば、6,000m の深海であっても、高精度な測定器が数センチにも満たない津波を探知できる。一方、船や高波は感知されない、なぜならば、それらの波長は短く海底までその圧力変化を伝えないからである。1986 年に初めて測定装置を北太平洋の海底に設置し、それ以来津波を探知し続けている。



図—2 (b) 津波観測システムの概要

また、我が国にも海底地震津波計が、十勝沖、釜石沖、房総沖、御前崎沖、四国沖に設置されており、24時間リアルタイムで津波を観測している。また一方、最近 GPS 津波計を開発し、安価で精度の高い津波計が開発されつつある。沖合での津波観測システムは、津波地震や地震以外の原因により発生した津波に対しても的確に捉えることができるので、大変信頼性が高い。より沖合で津波を確認することにより、沿岸までの所要時間を稼ぐことができ、警報伝達や避難に役立つことになる。ただし、沖合での観測点は限られていること、できれば来襲までの時間的余裕を出来るだけ確保したいこと、から数値シミュレーションなどの予測技術との融合は不可欠となっている。

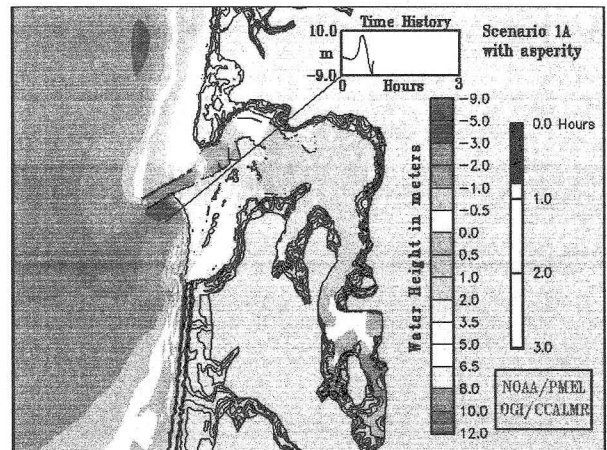
5. 津波浸水域マップ作成活動 —米国TIMEプロジェクト

Tsunami Inundation Mapping Efforts (TIME). というプロジェクトが実施されている。1992年のメンドシオ岬での地震津波の直後に、米国危機管理局と米国海洋大気局は北カリフォルニア州での地震の想定を行い、この州のユーレカ (Eureka) とクレセントシティ (Crescent City) の2カ所で津波浸水域図を作成した。成果として得られた複合災害図 (ハザードマップ) は米国にとって初めてのものであった。これは、津波浸水域、地震動、液状化、地滑りなどの影響範囲を明示している。さらに、カスケード沈み込み帯 (米国西海岸) での地震や津波の影響についても取り組んでいる。この地域では約30万人が沿岸に住んだり働いており、毎年同じ数だけの観光客がいる。周辺海域で発生した局所的な津波は、大きな揺れの後、数分以内でこの地域に來襲するために、正式な警報を出す余裕がないであろう。カスケード津波による被害額は、奥尻津波の例に基づき控えめに見積もっても、12億5千万ドルから62億5千万ドルとなる。

カスケード沈み込み帯での地震・津波の研究と、また、この10年の津波被害の報告は、米国での津波災害対策を検討するための組織的な活動を具体化させている。1997年議会は米国津波減災プログラムを開始するために2300万ドルを予算化した。アラスカ、カリフォルニア、ハワイ、オレゴン、ワシントンの各州は、海洋大気局、危機管理局、地質調査所と、近地・遠地津波の両方に対する脅威に対して対策に取り組むために協力関係を結んだ。この協力関係は、①特定の地域への危険の評価、②津波の早期発見技術の向上、③津波来襲時の適切な対応をとるための地域教育、の3つの柱に焦点をあてている。

特定な沿岸域への危険性は、最新のコンピュータ技術を用いてユーレカやクレセントシティで作成されたような津波浸水域図によって、把握することができる。これらの図は、避難ルートを取り扱う地域

危機対策の計画担当者に対して、情報や指針を与える。現在、ハワイにおいてのみ、そのような図が数年かけて組織的に作成されている。いま現在、オレゴン州の地域でハザードマップが配布され (図—3参照)、また、オレゴン、ワシントン、カリフォルニアの各州で6つの図が、アラスカで3つの図が、整備され順次配布されている。



図—3 オレゴン州 Newport での津波浸水域マップの事例 (これは animation でも提供されている)
<http://www.pmel.noaa.gov/tsunami/time/or/animations.shtml>

6. 津波防災啓蒙活動 —アジア防災センター及び太平洋津波博物館

(1) PNGでの津波ハザードマップ

1998年7月パプアニューギニア (PNG) の北西沿岸部沖で発生した地震のため大規模な津波が発生し、シサノラグーンを中心として2,100名以上の犠牲者が出るなど沿岸地域に大きな被害をもたらした。パプアニューギニア政府は、国際的な援助も受けた上で被災住民のケア、同地域の復旧にあたっているが、災害後1周年を迎えるにあたり、将来の災害に備えるため国家災害対策部 (NDES) を中心に、被災住民や国民への防災情報提供、防災計画策定など津波防災の諸対策を実施した⁴⁾。特に、我が国のアジア防災センターは、パプアニューギニア政府の要請に基づき、被災住民や国民への防災情報提供のため、同国及び関係者と協力しパンフレットを作成することにより、防災知識の普及及び防災意識の向上に寄与した。2002年に同国ニューアイルランド島付近の地震により津波も発生したが、避難が迅速に行われ現地新聞報道によると津波による人的被害はなかったとされている。

(2) 太平洋津波博物館 Pacific Tsunami Museum

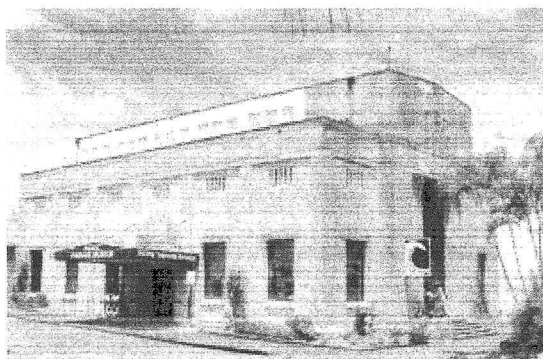
国際的な教育啓蒙機関としてハワイ島ヒロに太平洋津波博物館がある (図—4)。前述した国際津波情報センター、太平洋津波警報センター、ハワイ大学 (ヒロと Manoa 両方で) と州・郡民間防衛政府機関とが共同し博物館という非営利組織を設立させて1994年8月に法人登録された。この博物館は企業

共同体の種々のセクターからの代表を含む理事会を持っている。メンバーの多くがいずれかの津波生存者であるか、あるいは直接過去の津波により大きな影響を受けた親族を持つ。また、同じく国際的に認められた津波研究者を含む科学的な諮問委員会を有している。

太平洋津波博物館は極めて必要とされる津波教育プログラムを住民とハワイ州への訪問者に提供している。この博物館をユニークにしていることの1つが、過去の津波により生命を失ったという経験・記録（一種の記念碑）である。これらは、津波生存者による口述から引用された実際の証言と科学的な知見とを融合させ、その展示と公共教育プログラムでその結果を提供している。これらは、津波体験をその経験者だけではなく、博物館の訪問者や教育プログラムの参加者に共有化することを可能にさせている。毎年4、5月には、1946年アリューシャン津波、1960年チリ津波を記念して様々な活動が企画されており、今年(2004)の場合には、テレビ・ラジオの特別番組、学校やヨットクラブでの講演、Story Festivalが企画されている。

国際的な学術レベルの上に、太平洋津波博物館は津波研究のための世界的なセンターになるように企画されている。チリと日本からの科学者がすでに博物館と協力することに対しての協力の意図を示している。博物館との共同プログラムで、オフィススペースと研究図書室のような支援サービスを専門家に提供する予定である。

我が国では、教育啓蒙機関として、宮城県唐桑町津波体験館、北海道奥尻島津波館がある。いずれも展示、資料室としての機能がある。類似機関との連携、研究者への支援や住民・見学者への参加型イベント企画などが今後必要であると思われる。



図—4 ハワイ島にある太平洋津波博物館



図—5 津波防災啓蒙活動

7. おわりに

1960年チリ津波が環太平洋の各地を襲い大きな被害を出した後、国際的な津波警報・対応機関などが設立され、一国の防災対策だけに留まらない体制をとれるようになった。そこでの課題は、津波観測、予測技術、教育啓蒙活動などが大きな柱であり、共通な課題と伴に地域的な課題が多くある。これらを共有化することは大変重要で、我が国の役割が期待されている。

謝辞：本研究の一部は、科研費基盤(B)(2)(12574016)や特定研究(2)(14080203)の補助を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 今村文彦・首藤伸夫：世界語になったTSUNAMIの研究・技術，土木学会誌，12月号，pp. 59-64，2000.
- 2) 首藤伸夫，チリ津波前後を概観する，特集チリ津波40周年，自然災害科学，Vol. 19, pp. 275-280，2000
- 3) 関田康雄，チリ地震津波は津波予報をどう変えたか，特集チリ津波40周年，自然災害科学，Vol. 19, pp. 291-294，2000
- 4) 今村文彦・日下太一：パプアニューギニア地震津波被災から1年後の活動- PARTIC会議を通じた復興と今後の対策への模索-，自然災害科学，Vol. 16, No. 2, pp. 61-68，2000