

2003 年十勝沖地震津波に関する現地調査

高橋 智幸* ・ 今村 文彦** ・ 谷岡 勇市郎***
西村 裕一**** ・ 松 富 英 夫***** ・ 長谷川 洋平*****
小林 政樹***** ・ 上 川 明 保***** ・ 七 山 太*****
眞 坂 精 一***** ・ 藤 間 功 司***** ・ 原 田 賢 治*****
越 村 俊 一***** ・ 富 田 孝 史*****

2003 年 9 月 26 日早朝に北海道十勝沖を震源とするマグニチュード 8.0 の地震が発生し、それに伴う津波が北海道から東北地方の太平洋沿岸の広い範囲に襲撃して各地に人的及び物的被害を与えた。そこで、発災直後に津波に関する合同現地調査を実施し、被害の発生過程や来襲状況等について調べた。この調査結果及び検潮記録や各種の映像資料等を合わせて今回の津波災害の特徴を明らかにした。また、1952 年に発生した津波との比較を行うことにより、今回の津波の波源が西方に位置している可能性を示した。

1. はじめに

2003 年 9 月 26 日の午前 4 時 50 分頃に北海道十勝沖を震源とするマグニチュード 8.0 の地震が発生した。この地震に伴う津波は北海道から東北地方の太平洋沿岸の広い範囲に襲撃して各地に人的及び物的被害を与えた。十勝沖では 1952 年にも M 8.2 の地震が発生している上、地震調査研究推進本部 (2003) による千島海溝における地震活動の長期評価の中で最も発生確率の高い地域であった。また、千島海溝沿いにはさらに三つの想定震源域が存在し、依然として地震及び津波災害の危険性が高い地域である。したがって、今回の津波災害を調べて資料としてまとめ、被害の発生過程や来襲状況、津波発生外力としての地震モデル等を明らかにすることは、今後の津波防災を考える上で極めて重要である。そこで、発災直後に津波に関する合同現地調査を実施した。この調査結果に検潮記録や各種の映像資料等を合わせて、今回の津波災害の特徴を明らかにする。

2. 2003 年十勝沖地震及び津波の特徴

(1) 地震発生以前に指摘されていた危険性

東日本の太平洋側では太平洋プレートがオホーツク

* 正会員	博(工)	秋田大学助教授	工学資源学部土木環境工学科
** 正会員	工 博	東北大学教授	大学院工学研究科付属災害制御研究センター
***	理 博	北海道大学助教授	大学院理学研究科
****	理 修	北海道大学助手	大学院理学研究科
***** 正会員	工 博	秋田大学助教授	工学資源学部土木環境工学科
*****	理 修	気象研究所主任研究官	
*****		気象庁札幌管区气象台	
*****		気象庁札幌管区气象台	
*****	理 博	(独法)産業技術研究所	気象庁
*****	正会員	工 博	防衛大学校助教授 建設環境工学科
*****	正会員	博(工)	京都大学 COE 研究員 防災研究所
*****	正会員	博(工)	人と防災未来センター専任研究員
*****	正会員	博(工)	(独法)港湾空港技術研究所海洋・水工部高潮津波研究室長

プレート (あるいは北米プレート) の下部に潜り込んでおり、日本海溝・千島海溝を形成している。今回の十勝沖地震は千島海溝の西部で発生しているが、ここは巨大地震の発生が以前から懸念されていた地域である。図-1 に示すように、千島海溝付近では 1952 年に十勝沖で、1963 年に択捉島沖で、1969 年に色丹島沖で、1973 年に根室沖で巨大地震が発生している。文部科学省の地震調査研究推進本部 (2003) によると千島海溝付近での巨大地震の平均発生間隔は 77.4 年と推定されており、発生の危険性が最も高いのは十勝沖であった。その発生確率は今後 10 年以内で 10%~20%、今後 20 年以内で 40%程度、今後 30 年以内で 60%程度と指摘されていた。この十勝沖想定震源域において今回の地震は発生したのである。

なお、他地域での今後 30 年以内の発生確率は根室沖と色丹島沖が 20%~30%、択捉島沖が 40%程度であり、今回の十勝沖地震を考慮しても、千島海溝付近での巨大地震発生の危険性は依然として高い状態にある。

(2) 地震発生後に気象庁等から提供された情報

地震発生直後の午前 4 時 56 分には気象庁より津波警

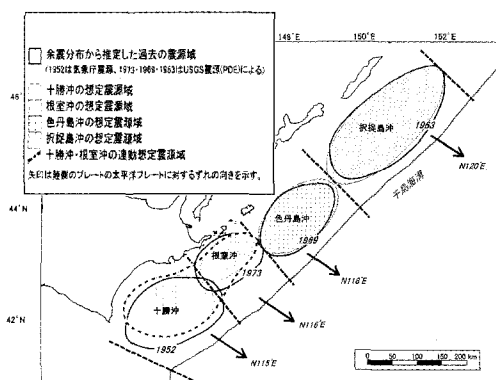


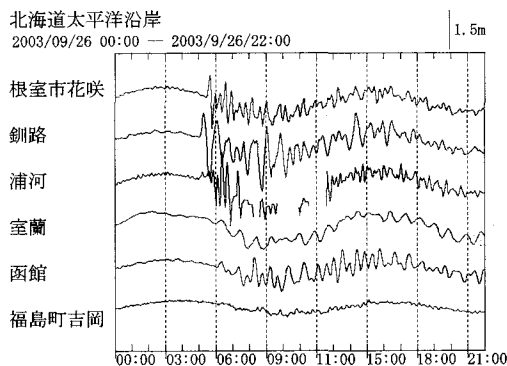
図-1 余震分布から推定した過去の震源域、及び想定震源域 (地震調査研究推進本部, 2003 を修正)

報と津波注意報が発令された。各予報区での内容は、北海道太平洋沿岸東部と北海道太平洋沿岸中部で津波警報、北海道太平洋沿岸西部、青森県日本海沿岸、青森県太平洋沿岸、岩手県、宮城県、福島県で津波注意報であった。同時に震度情報も提供され始め、最大で震度 6 弱が観測されている。

各地の検潮所では津波による海面変動が観測され始め、随時インターネット等により公開されていた。図—2 に各機関の検潮所で観測された最大値の分布を示す（気象庁ら，2003）。北海道開発局の十勝港での記録は約 2.5 m と他の記録に比べて著しく高いが、設置場所の地形条件等の局所的な影響が考えられるため、この付近に最大の津波が来襲したとは断定できない。むしろ、この分布は、苫小牧から霧多布に至る広い範囲にわたって 1 m を越える津波が観測されたことを示していると見るべきである。

しかし、検潮所での記録値は、実際に陸域へ遡上した津波に比べて小さくなることが多い。これは検潮記録の目的が潮位観測であり、潮位の周期に合わせて設計されているためである。したがって、潮位変化に比べて周期の短い津波の振幅は減衰して記録される場合が多い（首藤ら，1988）。また、検潮記録には津波が検潮所を通過する際の水位が記録されているが、遡上高は津波の進行が終了した時、すなわち位置エネルギーのみになった時の高さを測定している（厳密には遡上に伴う底面摩擦によるエネルギー損失もある）。そのため、実際に来襲した津波の高さは後述する現地調査に頼らなくてはならない。むしろ、検潮記録は津波の到達時間や波の押し引き等の時間変化を調べるのに適している。

気象庁の検潮所での記録を図—3 に示す（気象庁，2003）。釧路では第 1 波が午前 5 時 6 分に到達しており、地震発生から 10 分程度で津波が来襲していることが分かる。このような短時間で来襲する場合は漁船等の避難は危険であり、海岸付近にいる人は迅速に標高の高い場所へ避難する必要がある。さらに注目すべきは第 1 波以降も大きな津波が来襲している点である。第 1 波の波高は 1.0 m であるが、最大波高の 1.2 m は約 4 時間後の午



図—3 北海道太平洋沿岸での検潮記録（気象庁，2003）

前 9 時 3 分に来襲している。今回は最大波の到達時刻には引き潮で潮位が下がっていたため、海面の上昇自体は第 1 波には及ばなかった。しかし、もし上げ潮に重なっていたら第 1 波を大きく上回る津波が来襲していたと考えられる。事実、地震発生から約 9 時間 30 分後の午後 2 時 20 分頃に比較的大きな波が発生しているが、上げ潮時間と重なっていたため第 1 波と同程度の海面上昇を観測している。

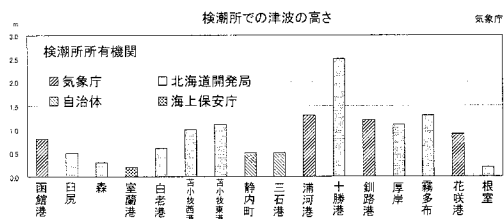
このように第 1 波以降も大きな波が来襲する原因としては幾つか考えられるが、今回の津波ではエッジ波（陸棚波，境界波）が発生していた可能性が高い。通常、沿岸部に来襲した津波は反射して沖に戻ろうとするが、海岸線に対して斜めに入射すると反射波の一部は屈折し、再び海岸付近へ来襲する。これを繰り返すことにより、津波はサイクロイド形の進行経路をとって、陸棚付近を伝播していくことになる。そのため波源域から直接来襲する津波だけではなく、陸棚付近を伝播してくるエッジ波によっても津波被害が発生する。また、エッジ波以外にも、港湾等の閉鎖的な海域では共振が発生し、大きな津波が継続する場合もあるので防災上は注意を要する。

このように大きな波が継続的に来襲するという津波の性質や潮位変化の影響等が相互に関係し、地震発生後数時間が経っていても大きな津波が来襲する危険性がある。したがって、第 1 波が終わったからといって海岸へ見物に行かないことはもちろんのこと、不必要に海岸へ近づかないことが重要である。どうしても海岸付近に行かなくてはならない場合は、海面の上昇に気を配るとともに、気象庁の津波警報や津波注意報に関する情報を絶えず入手しておく必要がある。

3. 2003 年十勝沖地震津波に関する現地調査

(1) 現地調査の概要

前述のように検潮記録では津波が小さく記録されることがあるため、現地調査を行なって実際に来襲した津波



図—2 各機関の検潮所で観測された津波の最大値の分布（気象庁ら，2003 を修正）

の大きさを調べる必要がある。今回の津波では、北海道大学、秋田大学、東北大学、京都大学、東京大学、気象庁、産業技術総合研究所、国土技術政策総合研究所、海洋科学技術センター、人と防災未来センター等の研究機関に加えて、アイ・エヌ・エーや日本工営等の民間企業が合同で調査を実施した。通常、国内外を問わず被災地では被害者救援が最優先されるべきであるため、学術調査は現地の救援活動の進捗状況を確認してから実施される。しかし、今回の津波では人的被害が少なかったこと(津波によると思われる行方不明者が2名)、日本では経済活動が活発なため津波の来襲を示す痕跡が急速に失われることを考慮して、被災当日の9月26日の午後には数グループが現地に入った。その後調査グループを増やし、最終的には10月15日まで断続的ではあるが調査を継続した。調査範囲は、北海道においては苫小牧から襟裳岬、納沙布岬を経て標津まで、東北地方においては青森県の太平洋側から岩手県、宮城県に至っている。

調査は主に目撃者への聞き取りや津波来襲の痕跡の測量(写真-1)等から来襲の状況や遡上高を調べた。今回の津波の規模は1993年北海道南西沖地震津波等と比べると小さく、遡上高としては高潮や高波浪と同程度の地域が多かった。したがって、痕跡だけでは信頼性が保証されないため、複数の目撃証言による裏付けを重視して調査を行なった。このようにして得られた調査結果は9月27日からインターネットのホームページ(<http://www.hel.ce.akita-u.ac.jp/>)において公開を開始し、調査範囲の拡大及びデータの増加に合わせて順次更新を行なっていった。

(2) 現地調査結果

遡上高の調査においては、その認定根拠を浮遊物、目撃証言、建造物痕跡、海岸痕跡、その他の5つに分類した。調査時の潮位と津波来襲時の潮位は異なるため、6地点の検潮記録(花咲、釧路、浦河、下北、八戸、宮古、大船渡)と気象庁の潮位表から計算可能な6地点(落石、厚岸、十勝(広尾)、歌露、山田、気仙沼)から最も近い記録を選び潮位補正を行った。最大津波の到達時刻は近傍の検潮記録より推定した。ただし、えりも岬の西側及びえりも岬から浦河の区間では、第一波ではなく後続波により最大津波が発生しており、検潮記録のみから推定するのは難しいため、Taniokaら(2004)による津波数値計算結果から最大波到達時刻を推定した。

全測定データは241地点で得られているが、信頼度が低いと考えられるものは参考値とした。例えば、9月26日に測定されたデータは測定時にまだ津波がおさまっていないため潮位補正誤差が大きい。また、根室半島北側などで、津波が来襲していないことが確認できた地点も参考値として整理した。参考値を除いた測定データは

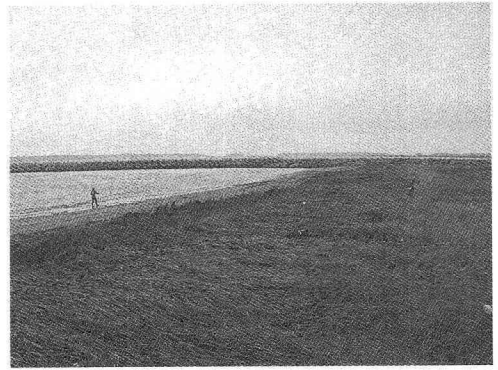


写真-1 樽山港付近の津波により倒された草むら

202地点となる。各地点の地名、緯度・経度、測定日時、認定根拠、測定値、補正值などの詳細は津波合同調査団(2004)にまとめられている。ここでは北海道および東北の太平洋沿岸における津波の遡上高の分布を図-4に示す。なお、同図には比較のため1952年に発生した地震による津波の現地調査結果もプロットしてある。

地形条件により局所的に高くなっている地点もあるが、全体的には襟裳岬の西部に最も高い津波が来襲しており、そこから東西に離れるほど津波の高さは低くなる傾向を示している。しかし、図-1に示した十勝沖地震の想定震源域は襟裳岬から霧多布付近まで広がっており、同領域で津波が発生したと仮定すると厚岸周辺にもより大きな津波が来襲すると考えられる。事実、同領域で発生した1952年十勝沖地震津波においては霧多布で3.2m、厚岸で6.5m、昆布森で3.1mを記録しており(渡辺, 1998)、今回の津波での1.5m前後と比べて大きく異なっている。また、襟裳岬のすぐ東西付近では、1952年の津波では2.0m弱であるのに対し、今回の津波では4m程度と著しく大きな津波が来襲している。

このような相違は、今回の津波のエネルギーが西方により多く分布していることを示しており、地震自体も想定震源域の西部でより多くの応力を開放した可能性がある。この場合、想定震源域の東部では依然として応力が蓄積された状態を維持していることになり、新たな地震の発生が懸念される。さらに東部は根室沖地震の想定震源域と接続されているため、根室沖地震と同時に発生する可能性も高く、その場合は想定されているマグニチュード7.7程度を大きく上回る危険性がある。

(3) 映像資料にみられる津波の特徴

a) 水位の上昇

写真-2, 3は午前5時40分頃の花咲港の様子で、第1波の浸水と打上げられた船が撮影されている。ただし、花咲港では迅速に陸間が閉められ、市街地へ浸水することはなかった。比較的ゆっくり水位が上昇してきており、

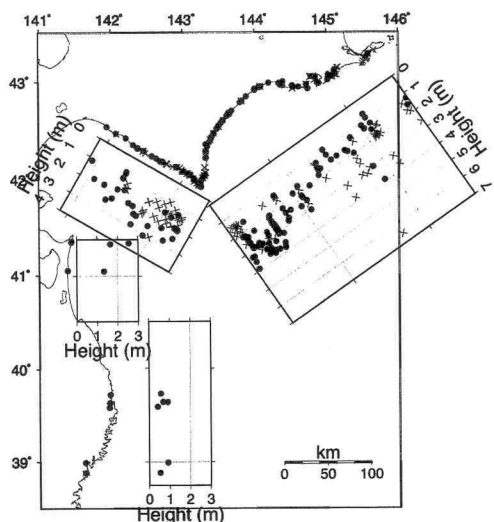


図-4 北海道及び東北地方の太平洋沿岸における津波の痕跡調査結果 (●は2003年津波, ×は1952年津波を示す)

1983年日本海中部地震津波や1993年北海道南西沖地震津波とは異なっている。

b) 港湾で発生する渦

写真-4は釧路港に進入する津波を撮影したものである。湾口部では流速が大きくなる上、渦がしばしば発生する。このような渦は大規模な港湾だけではなく、写真-5に示すような小規模な漁港でも発生する。よって、漁船の避難は極めて危険であり、時間的に余裕のない場合は漁船避難は行うべきではない。

c) 河川遡上

写真-6は十勝川を遡上する津波で、先端部はボア状段波となり、非線形分散効果により形成された短周期成分が後方を伝播している。河川では津波が遡上しやすく、今回の津波も11 km上流まで到達している。

さらに、津波は漂流物を運ぶため、被害の拡大を招く場合がある。写真-7は釧路川の支流に貯木場から流出した材木が漂着している様子である。ここでは橋脚がなく、堤防も高かったため二次被害は発生していないが、津波防災上は注意すべき特性である。

4. おわりに

合同現地調査結果や検潮記録、各種の映像資料等を用いて、2003年十勝沖地震津波の特徴を明らかにした。特に、1952年の津波と比較して、波源が西方に位置している可能性があることを示した。もし、地震調査研究推進本部(2003)の想定している十勝沖想定震源域内の東側部分において、今回の地震により歪みエネルギーが開放されていないとすると、その東方にある根室沖想定震源

域と連動して巨大地震の発生する可能性もある。したがって、今回の津波に関する詳細な数値解析を実施して、波源の推定を行う必要がある。

謝辞：現地調査には著者以外にも秋田大学の今井健太郎氏、大沼康太郎氏、神昭平氏、村上哲朗氏、鈴鹿陽氏、

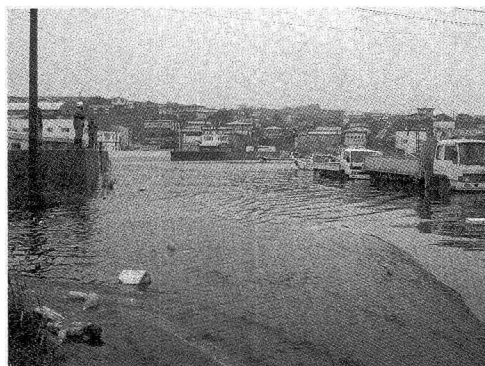


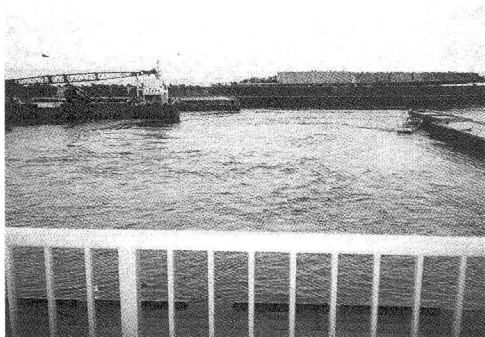
写真-2 花咲港へ来襲する津波
(撮影：海上保安庁の山中亮氏)



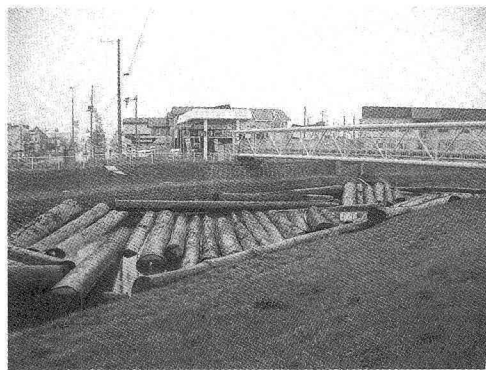
写真-3 花咲港で津波に打上げられた漁船
(撮影：海上保安庁の山中亮氏)



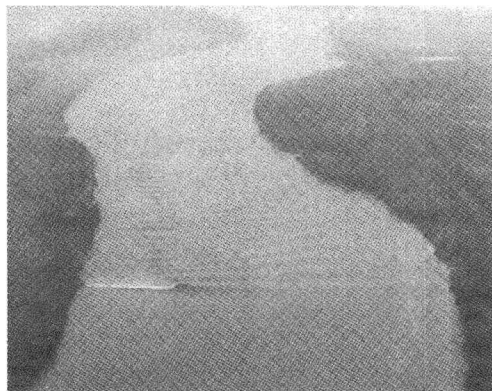
写真-4 釧路港で発生した渦
(撮影：海上保安庁)



写真—5 昆布森漁港で津波により発生した渦
(提供：昆布森漁業協同組合の椎野清一氏)



写真—7 貯木場から流出した木材



写真—6 十勝川の河口付近を遡上する津波
(撮影：陸上自衛隊)

永田祐一郎氏，東北大学の阿部郁男氏，安部祥氏，進藤一弥氏，京都大学の奥村与志弘氏，河野哲彦氏，東京大学の行谷佑一氏，気象庁の林豊氏，吉川章文氏，志賀透氏，国土技術政策総合研究所の小田勝也氏，港湾空港技術研究所の柿沼太郎氏，産業技術総合研究所の佐竹健治氏，鎌滝孝信氏，海洋研究開発機構の平田賢治氏，人と防災未来センターの河田恵昭氏，深澤良信氏，秦康範氏，

東井裕介氏，海洋研究開発機構の平田賢治氏，株式会社アイ・エヌ・エイの藤井裕之氏，日本工営株式会社の千田健一氏に参加して頂いた。また，海上保安庁の山中亮氏と昆布森漁業協同組合の椎野清一氏には貴重な写真を提供していただいた。調査の一部は科学技術振興調整費「平成 15 年（2003 年）十勝沖地震に関する緊急調査」による。ここに記して感謝の意を表わします。

参 考 文 献

- 気象庁（2003）：2003 年 9 月 26 日 04 時 50 分頃の釧路沖の地震について（第 5 報），報道発表資料，平成 15 年 9 月 26 日。
- 気象庁ら（2003）：「平成 15 年（2003 年）十勝沖地震」の津波現地調査について—気象庁と大学等との津波の共同調査（速報）—，報道発表資料，平成 15 年 10 月 6 日。
- 地震調査研究推進本部（2003）：千島海溝沿いの地震活動の長期評価，p. 29，平成 15 年 3 月 24 日。
- 首藤伸夫ら（1988）：日本海中部地震津波の発生・増幅機構と破壊力，文部省科学研究費報告書，p. 324。
- 津波合同調査団（2004）：2003 年十勝沖地震津波調査報告，津波工学研究報告，第 21 号，第 2 編，p. 237。
- 渡辺偉夫（1998）：日本被害津波総覧，第 2 版，東京大学出版会，p. 238。
- Tanioka Y, et al. (2004): Tsunami run-up heights of the 2003 Tokachi-oki earthquake, Earth Planets Space, Vo. 56, pp. 359-365.