# ２００３年十勝沖地震により発生した津波の特性

藤間功司[1]・今村文彦[2]・高橋智幸[3]・谷岡勇市郎[4]

[1]正会員　工博　防衛大学校助教授　システム工学群建設環境工学科（〒239-8686 横須賀市走水1-10-20）
E-mail:fujima@nda.ac.jp
[2]正会員　工博　東北大学大学院教授　工学研究科災害制御研究センター（〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉06）
[3]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（〒010-8502 秋田市手形学園町1-1）
[4]正会員　理博　北海道大学大学院助教授　理学研究科地球惑星科学専攻（〒060-0810 札幌市北区北10条西8丁目）

津波は地震発生後約20分後に十勝，釧路，浦河などに到達した．この津波により，十勝港で港湾施設が浸水したのをはじめ，水産業等にも被害が発生した．最大の津波痕跡高は約4m程度で，飛び抜けて大きな痕跡高はない．しかし，津波継続時間は非常に長く，北海道太平洋沿岸岸東・中部では津波警報が約4時間続き，全面的に津波注意報が解除されたのは地震発生から13時間以上も経過した後であった．いくつかの港では，第1波到達から数時間後に最大波が現れた．また，津波が11kmも河川遡上するなど，いくつかの特徴を持った津波だった．

***Key Words :*** *tsunami, edge wave, river runup, tokachi-oki*

## １．津波による被害の概要

9 月 26 日 04 時 50 分に地震が発生した後，北海道から東北地方にかけての太平洋岸で津波が観測された．この津波により，十勝港や大津漁港で港湾施設や駐車していた車などが浸水し，釧路川で木材が流出したのをはじめ，水産業等にも被害が発生した．**図-1** から**図-4** に，例として被害の写真を示す．

**図-1** は十勝港の概略の浸水範囲を表している．沖合から大きな波が押し寄せたという感覚ではなく，海面がそのまま上昇してきた感じだということである．**図-2** は十勝港の津波痕跡例である．十勝港では津波の浸水による被害が出たほか，液状化による被害も大きかった．ただし，港湾機能を損なうほどではなかったようである．また，木材集積場が浸水地区の中にあったが，木材の流出はなかった．浸水深がそれほど大きくなく，木材が山積みされていたため，木材が浮き上がらなかったためと考えられる．

**図-1**　十勝港の浸水範囲

**図-2**　十勝港の津波痕跡の例

図-3　大津漁港の津波痕跡の例

**図-3, 4** は大津漁港の津波痕跡の例である．大津漁港でも津波の浸水があり，浮き桟橋も被害を受けた．浮き桟橋は**図-4** のような 4 本の支柱を支えにローラーで上下する仕組みになっているが，津波により浮き桟橋が水平方向に力を受け，ローラーが破損してしまった．また港の入り口で津波による渦が観測されている．

その他の港でも，根室の花咲港，浜中町の榊町港，釧路町の昆布森港，釧路港，厚内漁港などで津波が港の岸壁を越えたことが確認されている．

水産被害に関しては，京都大学防災研究所の原田や東京大学地震研究所の都司が調べている．宮古市宮古湾，閉伊川，山田町大沢，陸前高田市小友，大船渡市赤碕，唐桑町，気仙沼市大島などで魚網やカキ・ホタテの養殖筏が損傷を受けた．

図-4　大津漁港の津波痕跡の例(浮き桟橋)

## ２．津波の到達時刻

気象庁が発表した津波第 1 波の到達時刻（第 1 波のピーク時刻ではない）と第 1 波の高さを**表-1** に示す[1),2)]．この表から，津波は地震発生後約 20 分後には厚岸，釧路，十勝港，浦河などに，1 時間後までに青森県から岩手県にかけての海岸に到達し，さらに福島県小名浜にも 85 分後に到達していることが分かる．また，概ね津波第 1 波は寄せから始まっている．

**表-1** には津波の最大高さと最大高さになった時刻もあわせて示してある．地震発生時刻は満潮から干潮に向けて潮位が低下しつつある時間帯だった．そのため，第 1 波が最大水位だった所が多いが，浦河では 06 時 24 分（5 波目=1.3m）が最大水位だった．

また，潮位を差し引いた津波だけの高さに関しては，**表-1** にも示したように，釧路で地震発生後 4 時間後の 09 時頃，苫小牧西港では地震発生から 7 時間以上経過した 12 時 30 分頃の波が最も大きかった．表には掲載していないが，大津漁港でも約 2 時間後の波が最大だったようである．アラスカやチリなどで発生して長距離を伝播してくる，いわゆる遠地津波の場合には，分散性の影響により最大波発生時刻が遅くなることが知られている．しかし，今回の津波は，近地津波であるにも関わらず地震発生から数時間も経過してから最大波が発生したことになる．これは，今回の津波の大きな特徴のひとつである．

表-1　検潮記録による津波第１波および最大波の時刻と高さ（気象庁による[1)]）

| | 第１波到達時刻 | 第１波の高さ | 最大値出現時刻 | 最大値 |
|---|---|---|---|---|
| 根室市花咲 | ２６日０５時２７分 | （＋）　０．９０ｍ | ２６日０５時４０分 | ０．９０ｍ |
| 霧多布 | ２６日０５時２３分 | （＋）　０．４３ｍ | ２６日０８時２５分 | １．３０ｍ |
| 厚岸 | ２６日０５時０６分 | （＋）　０．１７ｍ | ２６日０７時１１分 | １．１４ｍ |
| 釧路 | ２６日０５時０６分 | （＋）　１．０２ｍ | ２６日０９時０３分 | １．１８ｍ |
| 十勝港 | ２６日０５時０６分 | （＋）　２．５４ｍ | ２６日０５時２４分 | ２．５４ｍ |
| 浦河 | ２６日０５時０７分 | （＋）　０．２０ｍ | ２６日０６時２４分 | １．２９ｍ |
| 苫小牧東港 | ２６日０５時４５分 | （＋）　０．４５ｍ | ２６日０９時０６分 | １．０９ｍ |
| 苫小牧西港 | ２６日０５時４９分 | （＋）　０．３２ｍ | ２６日１２時３１分 | ０．９６ｍ |
| 室蘭 | ２６日０６時０３分 | （＋）　０．２５ｍ | ２６日０７時２８分 | ０．２６ｍ |
| 函館 | ２６日０６時０５分 | （＋）　０．３０ｍ | ２６日０８時１８分 | ０．７８ｍ |
| むつ市関根浜 | ２６日０５時３９分 | （＋）　０．３５ｍ | ２６日０７時４７分 | ０．４８ｍ |
| 八戸 | ２６日０５時４４分 | （＋）　０．６３ｍ | ２６日０８時１７分 | ０．９９ｍ |
| 宮古 | ２６日０５時３４分 | （＋）　０．５７ｍ | ２６日０５時４４分 | ０．５７ｍ |
| 釜石 | ２６日０５時４０分 | （＋）　０．４２ｍ | ２６日０６時３９分 | ０．４２ｍ |
| 大船渡 | ２６日０５時４４分 | （＋）　０．２２ｍ | ２６日０５時４９分 | ０．２２ｍ |
| 牡鹿町鮎川 | ２６日０５時５９分 | （＋）　０．１６ｍ | ２６日０９時００分 | ０．２７ｍ |
| いわき市小名浜 | ２６日０６時１５分 | （＋）　０．１２ｍ | ２６日０８時２３分 | ０．１８ｍ |

## ３．津波の痕跡高

地震発生後，各機関が現地に入り津波の高さなどを調べている．各機関が測定した痕跡高を谷岡がまとめた結果（速報値）を**図-5** に示す[3),4)]．図から分かるように，北海道での津波痕跡高は 1m－4m 程度である．本州での痕跡高は尻屋崎周辺を除くと 1m 以下のものが多い．ただし，秋田大学の松冨の調査によると，信頼性の低いものを含めると三陸でも 2m 程度の痕跡もあった．また，都司によると，久慈市玉の脇で 1.3m，宮古市赤前で 2.5m との新聞報道があったようである．

通常，津波痕跡高を詳細に調べると，局所的な地形の影響を受け，周辺に比べて飛び抜けて大きな痕跡高が現れることが多いが，今回そのような傾向は少なかった．これは，十勝・日高地方の海底地形が比較的単調で，津波エネルギーが 1 箇所に集中することがなかったためと思われる．

1952 年の十勝沖地震では厚岸・霧多布付近で大きな痕跡高が得られている．1952 年の十勝沖地震と今回の十勝沖地震では，震源位置に大きな違いがない．しかし，津波痕跡高分布が大きく異なることは，1952 年と今回の地震で，動いた地震断層が必ずしも同じでないことを意味しているのかもしれない．

なお，東京大学地震研究所の阿部によると，地震マグニチュード（気象庁マグニチュード）8 に対し，検潮記録から算出する津波マグニチュードも 8 である．したがって，統計的に見ると，M8 クラスの地震に対して平均的な規模の津波が発生しているといえる．

今回の地震の規模を考えれば，津波による被害は驚くほど少なかったと言ってよい．津波の高さが 4m 程度だったことが，今回の津波で比較的被害が少なかった主要因のひとつである．ただし，日本海中部地震のときに遠足に来ていた小学生が被害にあった男鹿半島の加茂青砂の痕跡高も 3m－4m 程度であり，4m の津波なら必ず被害が小さいというわけではない．地震発生が朝 5 時頃で，観光客がまだ出

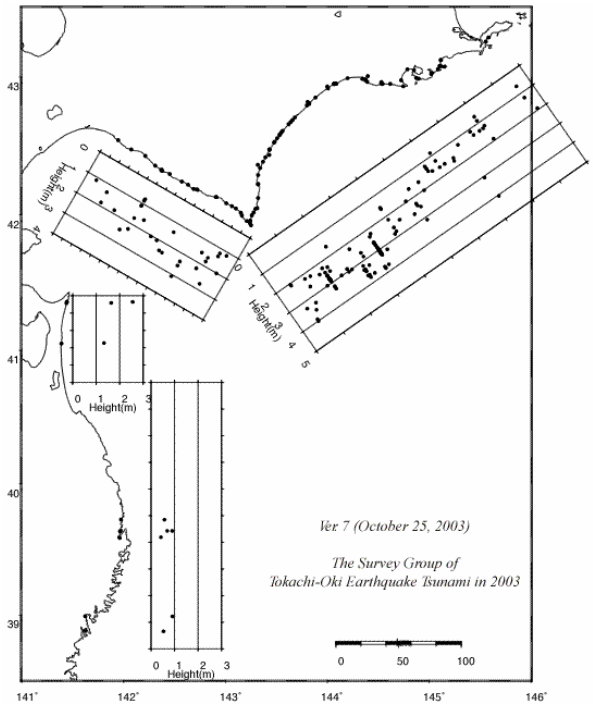


図-5　合同調査団による津波痕跡高（速報値）

歩いておらず，一方で多くの漁船がすでに出港していたか，または出港準備が整っていたという幸運に恵まれたこと，そして住民の避難率が高かったことも，今回の津波による被害が少なかった原因と思われる．住民の避難率が高かったことは，地震の揺れが強かったことや，地方自治体の広報活動や過去の地震・津波の経験・教訓が生きていたことによると思われる．

## ４．津波の継続時間

気象庁では，04時56分に，北海道太平洋沿岸東部および中部に「津波」の津波警報，北海道太平洋沿岸西部，青森県（日本海沿岸，太平洋沿岸），岩手県，宮城県，福島県に「津波注意」の津波注意報を発表した．09時に北海洋太平洋沿岸東部および中部の津波警報が「津波注意」の注意報に切り替えられた．注意報が解除されたのは宮城県，福島県が15時，青森県，岩手県が16時30分で，最終的にすべての予報区で注意報が解除されたのは18時30分だった．すなわち，北海道では津波注意が13時間も続いたことになる．実際の津波は，小さなものも含めるとさらに長時間継続している．

また，第2節でも述べた通り，津波第1波が最大だった場所がある一方，第1波到達から数時間後に最大波が観測されたところもある．エッジ波（陸棚波）が発生し，多重反射を繰り返した結果だと考えられる．これは，人と防災未来センターの越村によるシミュレーション結果（http://www.asahi-net.or.jp/~qu9s-ksmr/tokachi/）からも裏付けられる．

海岸線付近で発生した地震によりエッジ波が形成されるメカニズムは藤間ら[5]が理論的に検討している．越村のシミュレーション結果を見ると，襟裳岬の西側の海岸では藤間らの論文のCase 1（ゼロ次モードのエッジ波が海岸線沿いに進む）に類似した現象が起きており，襟裳岬の東側ではCase 2（海岸線で反射した波が屈折して再び海岸線に戻ってくる）に類似した現象が起きていたようである．

いずれにせよ，このような状況になると，地震発生後かなりの時間が経過した後でも大きな津波が発生する可能性があり，長時間の警戒が必要になる．

## ５．津波の河川遡上

今回の津波では，北海道開発局や北海道開発土木研究所が河川遡上に関する多くのデータを収集している[6),7)]．北海道開発土木研究所の調査では，津波は十勝川を少なくとも約 11km 遡り，高水敷まで達していたと見られている[6)]．十勝川高水敷の痕跡高は標高 1m－2m 程度である．

図-6 に，十勝川河口部に位置する大津観測所の水位記録を示す．水位記録は 10 分間隔なので，ピークを捕らえていない可能性があるが，地震発生時の河川水位が 0.6m程度で，05 時 30 分に 1.75mの水位を記録しているから，少なくとも津波により 1m 程度の河川水位の上昇があったことになる．

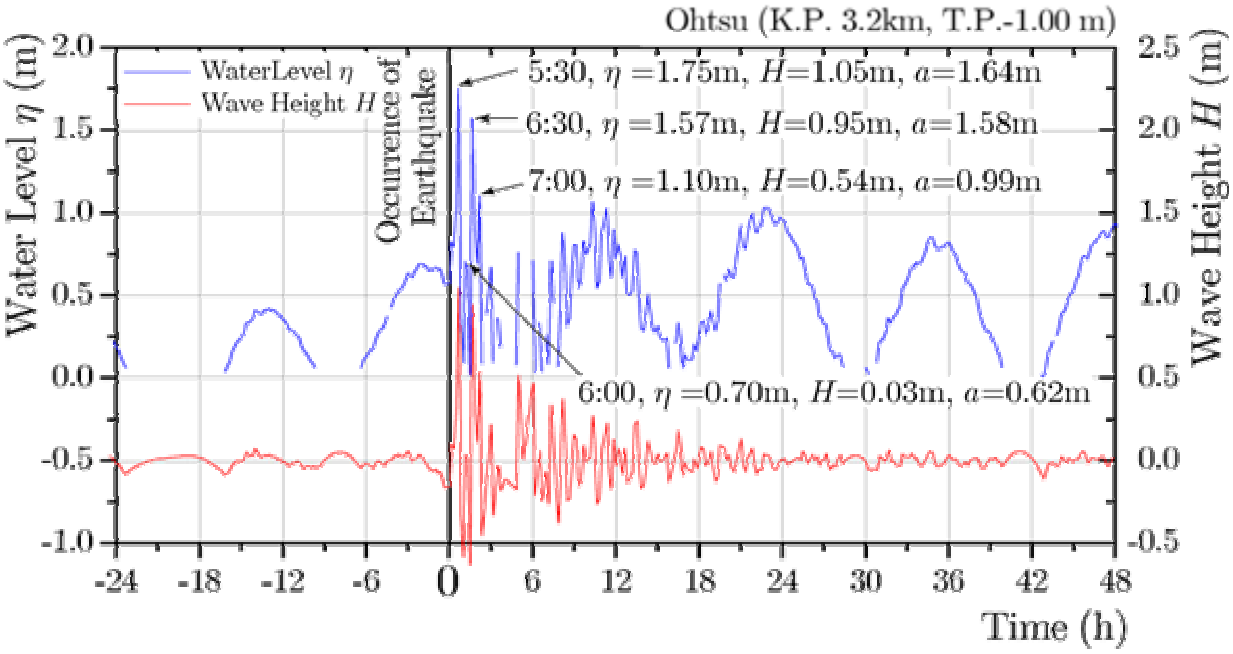


図-6　大津観測所の水位記録（安田[6)]による．10分間隔のデータであることに注意）

また，陸上自衛隊が波状段波となり十勝川を遡る津波の様子を撮影し，TV ニュースで公開していた．陸上自衛隊がビデオを撮影したのは 06 時 25 分である．津波が大津観測所からビデオの撮影場所である十勝川河口橋に達するのに 7,8 分かかるはずなので，ビデオに撮られた津波は，大津観測所での 06 時 15 分から 20 分にかけてのものに対応する．すなわち，河川水位が最低だった時間帯であり，ビデオに撮影されたのは，津波が波谷から水位上昇に転ずる様子だったと考えられる．

北海道開発土木研究所の調査によると，釧路川でも少なくとも 7km 地点までは津波が到達している．その他，沙流川，鵡川でも津波の河川遡上が観測されている．霧多布の新川では水門が閉められたため河川遡上は免れたが，水門でせき止められた津波が川からあふれ，周辺に浸水している．

従来の津波被害推定においても，津波が河川遡上し堤防を越えると浸水域が広がるという程度の認識はあった．しかし，今回の十勝沖地震では，地震の強い揺れによって十勝川の堤防が大きな被害を受けている．したがって津波が天端高を越えなくとも，破壊箇所まで津波が到達していたら，さらに大きな被害が発生していた可能性もある．今後この種の複合災害に対しても検討が必要だろう．

**謝辞**：本文をまとめるにあたり，土木学会地震工学委員会・海岸工学委員会「津波被害推定ならびに軽減技術研究小委員会」をはじめ，関係各機関の皆様から貴重なデータやご助言をいただきました．ここに記して謝意を表します．

**参考文献**

1) 気象庁：地震概況，日本地震学会ニュースレター，Vol. 15，No. 4， pp.16-26，2003．
2) 気象庁：http://www.jma.go.jp/JMA_HP/jp/wave_j/
3) 秋田大学：http://www.hel.ce.akita-u.ac.jp/tsunami/tokachi2003/
4) Tanioka et al., Tsunami run-up heights of the 2003 Tokachi-oki earthquake, submitted to Earth Planet and Sapce.
5) 藤間功司，正村憲史，堂園良一，重村利幸，後藤智明：陸棚で発生した津波に関する基礎的研究， 土木学会論文集，No.621/II-47，pp.141-151， 1999.
6) 安田浩保：津波の河川遡上，平成15年（2003年）十勝沖地震被害調査報告，北海道開発土木研究所月報特集号，pp.15-22， 2003.
7) 北海道開発土木研究所：http://river.ceri.go.jp/rprt/tokachi/tokachi01.htm/

## CHARACTERISTICS OF TSUNAMI GENERATED BY 2003 TOKACHI-OKI EARETQUAKE

Koji FUJIMA, Fumihiko IMAMURA, Tomoyuki TAKAHASHI and Yuichiro TANIOKA

The tsunami arrived Tokachi, Urakawa and Kushiro within 20 minutes after the earthquake, and inundated Tokachi and other some ports. The maximum tsunami trace height was about 4m. This height was not so large, although the tsunami continuance time was very long. The tsunami warning kept more than 13 hours. The maximum waveheight was observed several hours after the aeeival time of the leading wave in some ports. Further, the tsunami run up some rivers in Hokkaido. The trace height in high-water channel was 1m-2m.