

# 2003年9月の十勝沖地震に伴い発生した津波の河川溯上

安田 浩保<sup>1</sup>・渡邊 康玄<sup>2</sup>・藤間 功司<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 博(工学) 北海道開発土木研究所 環境水工部河川研究室 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

<sup>2</sup>正会員 博(工学) 北海道開発土木研究所 環境水工部河川研究室

<sup>3</sup>正会員 工博 防衛大学校教授 システム工学群建設環境工学科

十勝沖を震源とする地震が2003年9月26日の早朝に2度にわたり発生し、北海道の太平洋沿岸を中心とした広い範囲に大きな被害を及ぼした。この地震を原因とする津波が北海道の太平洋沿岸全域から本州北部の太平洋沿岸の広い範囲で観測された。今回の津波は沿岸部に甚大な被害をもたらすことはなかったものの、例外的な長時間にわたる水面変動が継続したこと、複数の河川で河口から浸入した津波が河口から10km程度も上流までを溯ったことがその特徴として挙げられよう。本文では、この津波の河道への浸入が認められた、十勝川、釧路川、沙流川、鶴川に関する水位記録、現地調査結果をとりまとめるとともにこれらに対して考察を加え、河川を溯上する津波の危険性を指摘した。

**Key Words :** Tokachi-oki earthquake, river-ascending Tsunami, Tokachi river, Kushiro river, Saru river, Mu river, hydrograph of the water level

## 1. はじめに

十勝沖を震源とする地震が2003年9月26日の早朝に2度にわたり発生し、北海道の太平洋沿岸を中心とした広い範囲に大きな被害を及ぼした。この地震では、4時50分にM8.0、6時08分にM7.0の強い揺れが記録された。そして、これらを原因とする津波が北海道の太平洋沿岸全域から本州北部の太平洋沿岸の広い範囲で長時間にわたり観測された。過去50年の間に北海道の太平洋沿岸は、1952年の十勝沖地震<sup>1)</sup>、1960年のチリ沖地震、1973年の根室沖地震<sup>3)</sup>、そして1993年の釧路沖地震<sup>4)</sup>を発生原因とした津波の来襲を受けている。

今回の津波は沿岸部に甚大な被害をもたらすことはなかった。しかし、エッジ波と呼ばれる海岸線に沿って押し寄せる波が発生し、これが原因となり、沿岸域では例外的な長時間にわたる水面変動が継続した。これは今回の津波の特徴の一つとして挙げられよう。一方、複数の河川において津波が河口から浸入して河道内を溯上したことが認められている。河川によっては河口から10km以上も上流まで溯っており、これはもう一つの特徴として挙げられる。なお、幸いにも、この津波の河道への浸入を原因とした護岸の流失などの復旧を必要とする被害や人的被害はいずれの河川でも発生しなかった。

このような津波の河川溯上については以前からその危険性について指摘されてはいたものの、現在においてもなお十分な知見が得られていない状態にある。近

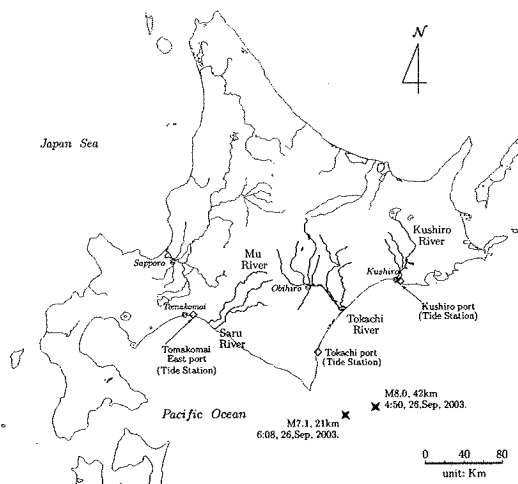


図-1 調査対象とした河川、検潮所、地震の震源の位置

年の国内における類似例として、1983年の日本海中部地震での米代川、1993年の北海道南西沖地震での後志利別川などにおける事例があるが、いずれとも現象を解明し得るに十分なだけの観測資料は残っていない。

今回の津波では、複数の河川で津波が河道内に到達したことを顕著に示す水位記録のほか、ソリトン波列を伴い河川を溯上する映像が撮影されるなど有用な資料が多数得られた。この地震に伴う津波の河川への浸入は、図-1に示す十勝川、釧路川、沙流川、鶴川で確

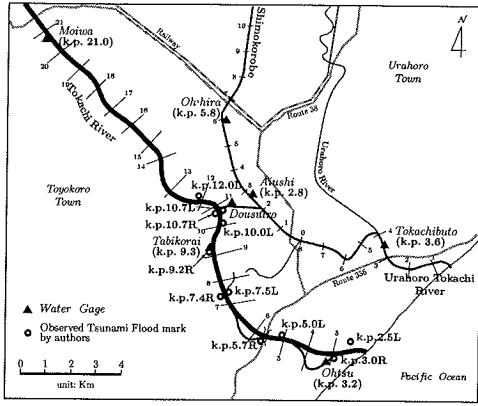


図-2 十勝川下流域とその支川の概況，水位観測所

認められた。本文は、これら4河川における水位記録の分析，現地調査結果，およびこれらの資料に基づく考察について論じたものである。

## 2. 十勝川とその支川

### (1) 概要

十勝川は、十勝岳にその源流を發し、音更川、札内川などの多くの支川を有する北海道内第2位の流域面積 9,010km<sup>2</sup> を誇る一級河川である。本川の流路延長は156km におよぶ。

今回、津波が浸入したと考えられる区間は、本川下流区間と、これと並行して流れる支川浦幌十勝川、下頃辺川である。この区間の本川の平均河床勾配は1/5,000程度、堤々間の距離は1000m 前後である。

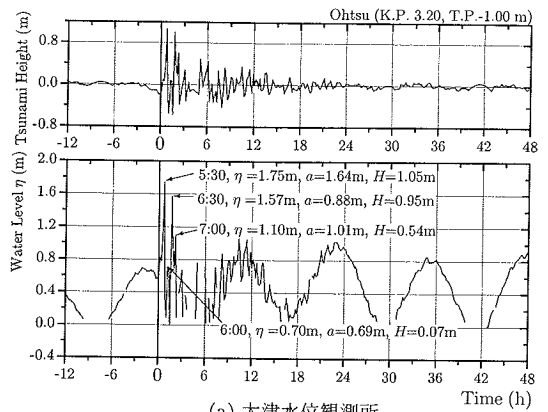
図-2は本川およびこれら支川の位置関係，水位観測所を示している。図中の河道を横断する細線は河口からの概略の距離を表すキロポスト（以下、k.p.と省略する。支川の場合は、本川との合流点からの距離）、▲は水位観測所の位置とそのk.p.を示している。また、○は、後述したとおり著者らが発見した津波痕跡の標高観測地点を示している。

本川と並行して流れる支川浦幌十勝川、下頃辺川は、本川のk.p.11.0付近で導水路によって本川と接続されている。この導水路には本川から支川への流入量の調整用水門が設置されているが、津波の浸入当時、この水門はほぼ全開となっていた。

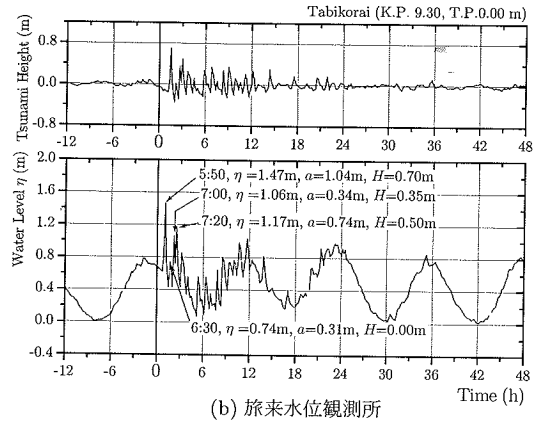
### (2) 十勝川本川の水位記録

#### a) 河道内の水位変動の特徴

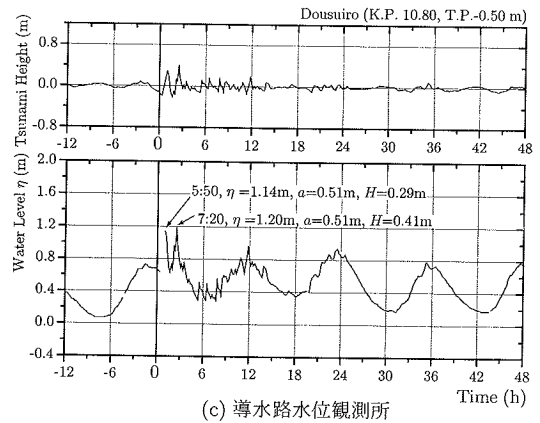
十勝川本川の下流区間には、k.p.3.2付近に大津(Ohtsu)水位観測所、k.p.9.3付近に旅来(Tabikorai)水位観測所、k.p.21.0付近に茂岩(Moiwa)水位観測所、そ



(a) 大津水位観測所



(b) 旅来水位観測所



(c) 導水路水位観測所

図-3 十勝川本川に設置されている水位観測所の10分間隔水位記録（下段）とFFT解析を利用して抽出した津波成分（上段，地震発生12時間前～48時間後）

してk.p.11.0付近の下頃辺川へ接続する導水路に導水路(Dousuiro)水位観測所が設置されている。

図-3(a)～(c)の各図は、地震発生時刻の4:50を時刻の原点とした地震発生12時間前から発生48時間後までの10分間隔の水位記録を下段に、さらにこれに対し

て高速 Fourier 変換 (FFT) 解析を利用して抽出した津波成分を上段にそれぞれ示している。ここで、 $\eta$  は河川水位、 $a$  は着目した時刻における波峰とその後現れる波谷との水位差、 $H$  は津波成分、すなわち河川水位からの水位変動量である。なお、水位計の構造に起因する短周期の変動に対する濾波特性、および 10 分間隔の記録のために十分な精度で記録できていない可能性があることに留意する必要がある。

大津水位観測所では、図-3 (a) から分かるように地震発生から約 40 分後の 5 時 30 分に最大水位 1.75m を記録している。その一方で、さらに 20 分後の 5 時 50 分頃には急激に水位は低下して 0.09m を記録している。この 20 分の間におよそ 1.7m の水位変動が発生しており、これは通常の河川の水位変動とは異なる津波の湖上に伴う特有の挙動といえよう。6 時 30 分に観測された波峰は、5 時 30 分に観測されたそれと津波成分の大きさなどの観点から比較すると同程度の規模であることが見て取れる。地震発生から約 3 時間が経過するころから津波が原因と考えられる水面の振幅は時間とともに減衰傾向に転じていくものの、この水位変動は地震発生から 23 時間後程度まで認められる。また、この地点で観測された津波の周期  $T_t$  を調べたところ、10 分間隔での観測記録のため正確な値とは言い難いが、それは 30 分から 40 分程度であった。ただし、津波の周期  $T_t$  は、極小水位から次の極小水位 (trough to trough) までの時間とした。

旅来水位観測所では、図-3 (b) から分かるように地震発生後から約 60 分後の 5 時 50 分に最大水位 1.47m を記録している。後述のとおり現地調査を行ったが、この地点近傍の河岸で今回の津波の痕跡と考えられる、泥の付着した笹筒が上流に向かって倒伏した箇所を確認した。この地点では、地震発生後の 3 時間後から 15 時間後程度までの間、津波が原因と考えられる 0.50m 程度の振幅の水位変動が継続し、それはやがて減衰していき、少なくとも 24 時間後程度まで見られた。その後は、風波成分などのノイズと同程度となった。また、この地点で観測された津波の周期は 40 分程度であった。

本川と浦幌十勝川を結ぶ導水路内に設置されている導水路水位観測所では図-3 (c) に示すように地震発生から約 60 分後の 5 時 50 分に 1 度目の波峰が到達して 1.14m の水位、7 時 20 分に 2 度目の波峰が到達して 1.20m の水位を記録している。この地点では、地震発生後の 3 時間後から 15 時間後程度までの間、0.30m 程度の振幅の水位変動が継続し、旅来水位観測所と同様にそれはやがて減衰していき、少なくとも 24 時間後程度まで見られた。また、この地点で観測された津波の周期は 40~50 分程度であった。

さらに上流の k.p.21.0 に茂岩水位観測所が設置され



写真-1 ソリトン波列を伴い十勝川を湖上する津波 (陸上自衛隊北部方面隊撮影。2003 年 9 月 26 日 AM6:25 頃、十勝川河口橋付近 (k.p.5.7 付近) より河口方向を望む。)

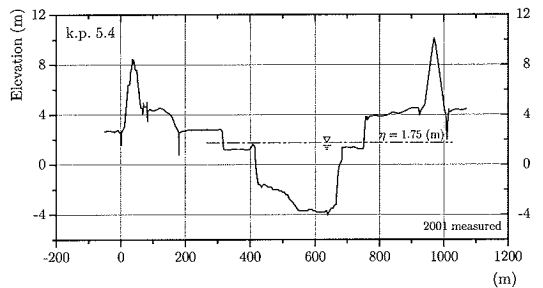


図-4 十勝川本川 k.p.5.4 の横断図と大津水位観測所の最大水位の関係

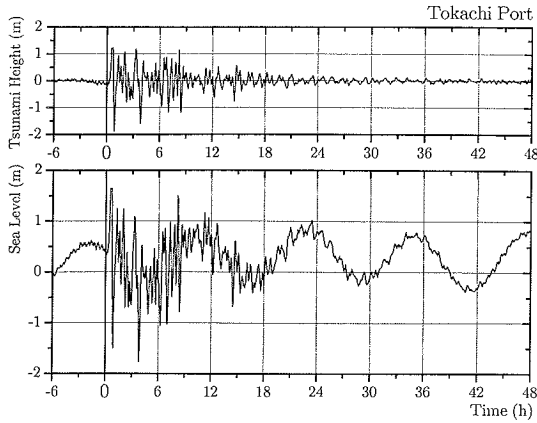
ているが、この地点の水位記録には津波の影響と考えられる水位変動は見られなかった。

河口から浸入してきた津波は、これらの水位記録から少なくとも導水路水位観測所の位置する k.p.11.0 付近までは到達したものと考えられる。導水路水位観測所よりさらに上流まで津波が溯った可能性は十分にあるが、その水位は低く高水敷の高さまで至らなかったこと、導水路水位観測所と茂岩水位観測所間に観測所が設置されていないためにその事実を把握することは困難である。

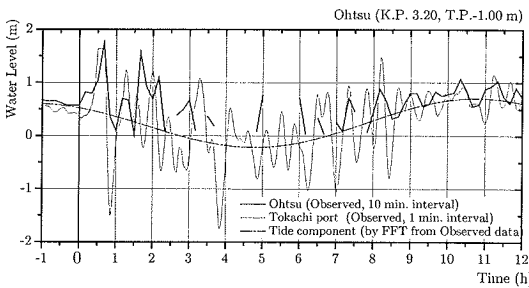
なお、大津と旅来水位観測所の第 1 波の記録時刻を利用して、この津波が河川を溯上する速度を概算したところ、約 5.0m/s であった。

#### b) ビデオ映像に捉えられた津波の推定

十勝川において津波による顕著な水位変動が見られたのは、地震発生から 3 時間程度までであることが図-3 (a)~(c) を通して分かる。大津水位観測所で 6 時 00 分に観測された波峰を第 2 波と定義すると、他地点におけるこの波峰と考えられるものも同様に小さく、十勝川に浸入した津波の第 2 波は小規模であったものと推定される。



(a) 十勝港で観測された潮位（下段）と FFT 解析を利用して抽出した津波成分（上段，地震発生 6 時間前～48 時間後，1 分間隔記録）



(b) 地震発生 1 時間前～12 時間後（十勝港潮位との比較）

図-5 十勝港で観測された潮位と大津観測所での水位記録との比較

写真-1 は，陸上自衛隊北部方面隊が撮影した十勝川を溯上する津波のビデオ映像を静止画化したものである。この映像は，k.p.5.7の十勝河口橋付近から河口方向に向かって撮影したもので，撮影時刻は映像と同時に記録された GPS 情報によると 6 時 25 分頃である。つまり，図-3 (a)，(b) から，ここで撮影された津波は，第 3 波の立ち上がり部分であると推測できる。

c) 高水敷への到達の可能性

十勝川 k.p.5.4 の横断面は図-4 に示したとおりで，左岸の高水敷境界部の標高は 1.4m 程度である。大津水位観測所の水位記録とこの横断面図とを照合すると，少なくとも十勝川に浸入してきた津波のうち第 1 波，第 3 波は高水敷上にまで到達した可能性が高いと考えられる。

d) 河道内と沿岸域の水位変動の関係

ここでは，沿岸域と大津水位観測所の水位記録の比較を行った。十勝川の河口部に最も近い潮位観測実施港として大津漁港が存在するが，津波来襲時は欠測となっていた。次に十勝川の河口部に近い観測実施港として，それぞれ 50km 程度離れて十勝港と釧路港があ

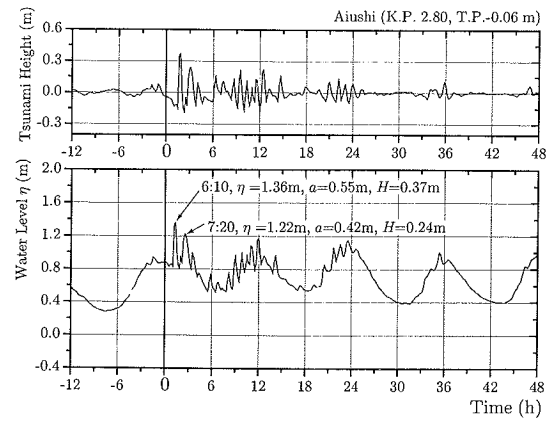


図-6 愛牛水位観測所の 10 分間隔水位記録（下段）と FFT 解析を利用して抽出した津波成分（上段，地震発生 12 時間前～48 時間後）

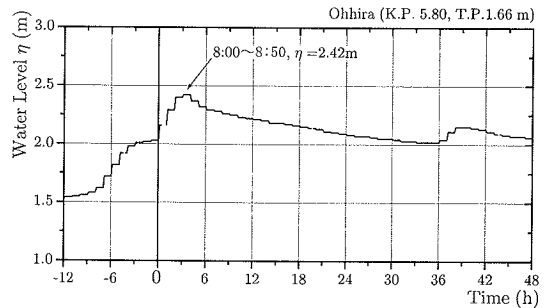


図-7 大平橋水位観測所の 10 分間隔水位記録（地震発生 12 時間前～48 時間後）

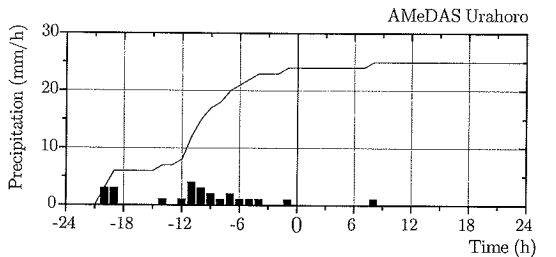
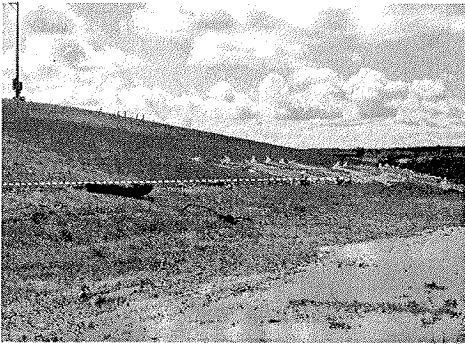


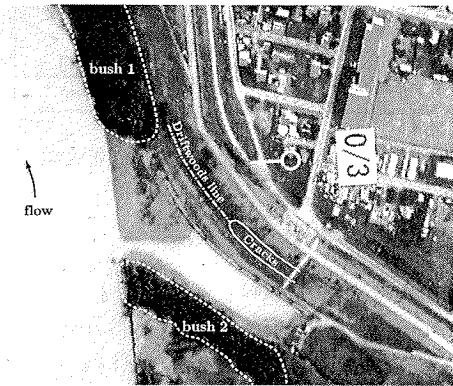
図-8 AMeDAS 浦幌観測所の降水量記録と累積降雨（地震発生 24 時間前～24 時間後）

る。このうち，震源からの距離が十勝川河口と同等の十勝港を比較対象とした。

図-5 (a) は，下段に十勝港の検潮記録，上段にそこから FFT 解析を利用して抽出した津波成分を示している。同図 (b) はこれと大津水位観測所の水位記録を比較した結果を示しており，太実線は大津水位観測所の水位，細実線は十勝港の潮位記録，一点鎖線がこの潮位記録に対して FFT 解析を利用して抽出した潮汐成分を示している。なお，検潮記録は標高表示となるように変換した。



(a) k.p.3.0 付近で見られた痕跡



(b) k.p.3.0 付近の航空写真

写真-2 k.p.3.0 付近右岸で見られた痕跡 ((a) は河岸より上流に向かって丘陵堤を撮影。2003年9月30日 AM12:00頃。丘陵堤上に多くの流木が河岸に平行に並んでいることが認められる。しかも、その痕跡の一部はシートで覆われた亀裂の発生箇所と重複している。)

本図 (b) から、第1波に関しては位相、波高ともに、第2波に関しては波高は異なるものの位相は一致していることが分かった。その後も長時間にわたり両者の波高や位相は概ね一致していた。つまり、これらのことから、大津水位観測所への津波の到達時刻は大津漁港よりも遅れるはずであるから、大津漁港には十勝港よりも数分早く津波が到達したことが推測できる。

### (3) 浦幌十勝川・下頓辺川の水位記録

愛牛 (Aiushi) 橋水位観測所では、図-6 から分かるように地震発生後から約90分後の6時20分に最大水位1.36mを記録している。この観測所は導水路との合流点から800m程度上流に位置している。津波の浸入時に導水路に設置されていた水門は全開となっていたため、浦幌十勝川の河口から浸入してきた津波と導水路から浸入してきた津波の両者の影響を受けている可能性がある。この地点でも本川の他の地点と同様に津波の影響と考えられる水位変動が34時間後程度まで見ら

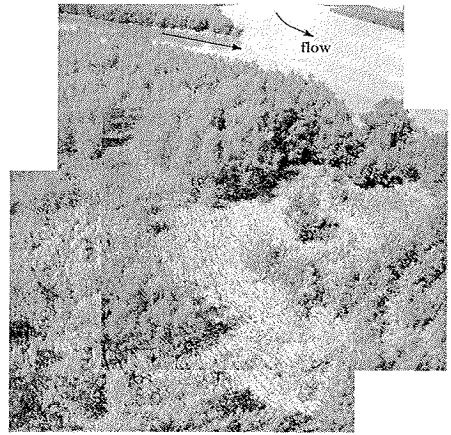


写真-3 k.p.5.7 付近右岸で見られた痕跡 (十勝河口橋上より上流に向かって撮影。2003年9月30日 AM11:30頃。高水敷上の植生が倒伏し、その一部の倒伏方向は上流に向かっていていることが分かる。)

れた。また、この地点で観測された津波の周期は50分程度であった。

大平 (Oh-hira) 橋水位観測所では、図-7 から分かるように地震発生後から約3時間後の8時00分から50分の間に最大水位2.42mを記録している。図-8 に示したとおり、大平橋水位観測所に近接の AMeDAS 浦幌観測所では、地震発生前日の9月25日17時から26日1時までの間に23mmの降水を記録しており、これに対応すると推測される水位上昇が同時期にあった。この降水の影響や水位記録の解像度の問題で、今回の津波がこの地点まで到達したか否かを断定することは困難である。しかし、この地点における地震発生後から5時間程度間の水位変化、および愛牛橋水位観測所の水位記録との対応関係に基づく類推から、津波がこの地点まで到達した可能性が高いものと考えられる。

なお、愛牛橋水位観測所よりもさらに下流側に十勝太 (Tokachibuto) 水位観測所が設置されているが、1時間間隔の計測のため、本文ではこれに関する掲載を割愛した。

### (4) 現地調査

#### a) 高水敷における津波痕跡の調査

水位記録の検証と低水路から高水敷へ溢れた津波の平面的な広がりを把握することを目的に、津波の痕跡調査を9月30日から10月2日にかけて行った。その結果、今回の津波が残したと考えられる複数の痕跡が図-2中に○印で示した地点において発見された。その一例が写真-2, 3である。

写真-2 (a), (b) は、k.p.3.0 右岸付近で発見された痕跡である。同写真 (a) は河岸上から上流に向かって撮影

表-1 十勝川の高水敷で見られた津波痕跡の標高

(a) 十勝川左岸

地点名	痕跡標高 (m)	痕跡物証
k.p. 2.5L	0.82	倒伏した植生群
k.p. 5.0L	1.22	倒伏した植生群
k.p. 7.5L	2.31	倒伏した笹群
k.p.10.0L	1.16	消波ブロック側面の連続線
k.p.10.7L	1.22	倒伏した植生群
k.p. 12.0L	(痕跡なし)	—

(b) 十勝川右岸

地点名	痕跡標高 (m)	痕跡物証
k.p. 3.0R	1.60	丘陵堤上の連続線状の流木片
k.p. 5.7R	1.97	植物に絡み付いたゴミ、泥
k.p. 7.4R	1.82	植物に絡み付いたゴミ、泥
k.p. 9.2R	1.36	倒伏した植物に付着した泥
k.p. 10.7R	1.29	砂質高水敷上の連続線状流木片

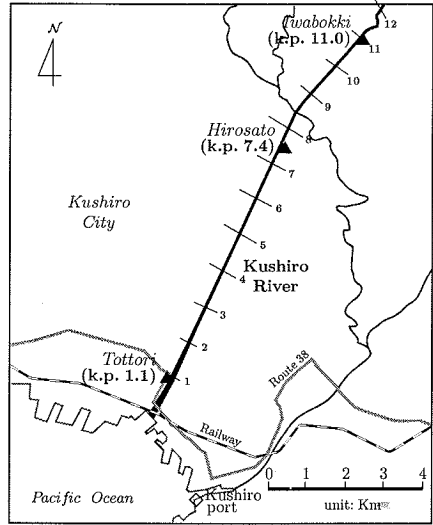


図-9 釧路川下流域の概況，水位観測所

したもので、写真中の点線で示した部分に流木の連なりから形成された痕跡が認められた。この流木帯と周囲との平面的な位置関係は同写真 (b) に示したとおりで、この流木帯は1点破線のようにであった。この付近の下流側には同写真 (b) 内の bush 1 と示した樹林帯が存在している。津波により上流に向かって輸送された流木は、この樹林帯から濾過効果を受けたため、写真中の鎖線区間にだけ残されたものと考えられる。

同写真 (a) 内のシートで覆われている部分は、地震によって堤体上に亀裂が生じた箇所である。発見された流木帯の上流側への到達位置はそのシートのために詳細を把握することができなかつたものの、一部は確実にこの箇所にもまで及んでいた。津波の流勢は非常に強烈なため、津波の規模がさらに大きく、しかも堤体の破壊がさらに大規模となっていた場合、その堤体の被災箇所は津波によって急速に洗掘されて決壊などの思わぬ2次災害に繋がった可能性がある。

写真-3は、k.p.5.7右岸付近で発見された痕跡で、十勝河口橋上から上流に向かって撮影したものである。高水敷上の植生の多くが倒伏し、その一部は上流に向かって倒伏していることが認められる。水位記録、この断面前後の横断面図を参照した結果から今回の津波による痕跡であるものと考えられる。すなわち、津波の湖上に伴う水位上昇により、高水敷の一部にまで水位が到達した可能性は大きい。

### b) 痕跡標高値の計測結果

この現地調査で発見された明瞭な津波の湖上痕跡に対し、その標高を含む位置座標をRTK (Real Time Kinematic) GPSを利用して計測した。ただし、計測に利用した電子基準点が今回の地震の影響で移動している可能性があり、現在のところその補正量が確定していない。このため、観測値の平面位置、標高は最終的な値ではない。

各痕跡の位置は図-2中の○印、その標高は表-1 (a), (b) に示すとおりである。この計測結果と各水位観測所における最大水位の対応関係は概ね良好であると言える。

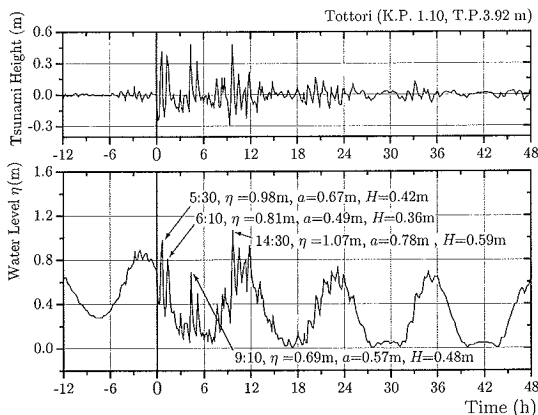
なお、導水路水位観測所の水位記録を見るとさらに上流部まで津波が到達した可能性がある。今回の調査でもこれより上流部まで調査を行ったが、これより上流では高水敷に達するほどの水位に満たなかったなどの理由から、それを確認することはできなかった。

## 3. 釧路川

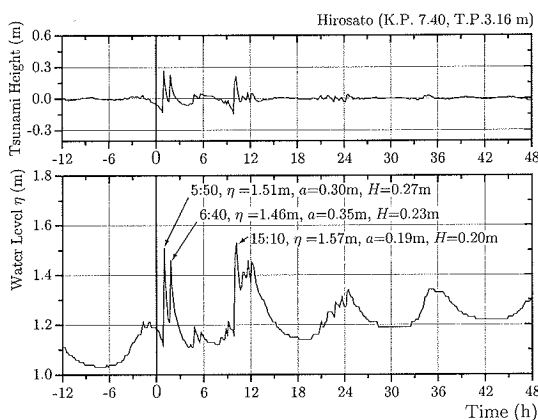
### (1) 概要

釧路川は、屈斜路湖に源流を発して釧路市街を貫き太平洋へ注ぐ、流域面積2,510km<sup>2</sup>、本川流路延長が154kmの一級河川である。また、釧路市街の数km北部には広大な釧路湿原が広がっており、釧路川はその中を縦断するように流れている。

今回、津波が浸入したと考えられる区間の平均河床勾配は1/7,500程度、この区間の堤々間の距離は500m



(a) 鳥取水位観測所



(b) 広里水位観測所

図-10 釧路川に設置されている水位観測所の10分間隔水位記録(下段)とFFT解析を利用して抽出した津波成分(上段, 地震発生12時間前~48時間後)

程度である。図-9は、釧路川と周囲との位置関係、図中の▲印は水位観測所、河道を横断する細線は距離標のk.p.を表している。

## (2) 水位記録

### a) 河道内の水位変動

釧路川の下流区間には、k.p.1.1に鳥取(Tottori)水位観測所、k.p.7.4に広里(Hirosato)水位観測所、k.p.11.0に岩保木(Iwabokki)水位観測所が設置されている。鳥取、広里の両地点における地震発生12時間前から発生48時間後の10分間隔の水位記録を図-10(a)、(b)の下段に、およびこれに高速Fourier変換を実施して抽出した津波成分を同図の上段に示す。

地震発生後の3時間程度の間とその影響が集中した十勝川とは異なり、釧路川における今回の津波による影響は、図-10(a)から波高の大きな津波が地震発生後

10時間頃までに3度にわたり入射してきていたことが分かる。また、地震発生から10分の間に河口付近の鳥取観測所では0.3mも水位が低下した点も十勝川とは異なる。

鳥取水位観測所では、図-10(a)から分かるように地震発生後から約40分後の5時30分頃に1度目の波峰が到達して0.98mの水位を記録し、その後、6時10分にそれと同程度の津波が入射してきている。さらに、大きな波峰の入射が9時10分、14時10分と断続的に見られた。津波の影響と考えられる0.30m程度の振幅の水位変動は、断言は困難であるが、地震発生後から34時間以上も継続していたことが分かった。また、この地点で観測された津波の周期は40分程度であった。

広里水位観測所では、図-10(b)から分かるように地震発生後から60分後の5時50分頃に1度目の波峰が到達して1.51mの水位を記録している。続いて6時40分にそれと同程度の規模と考えられる津波による水位上昇が認められる。さらに約10時間後の15時10分頃に最大水位1.57mを記録している。この地点における津波が原因と考えられる大きな水位変動は地震発生から12時間後程度までで収束している。その後、確たる事は言えないが、津波が原因と考えられる0.10m程度の振幅の小さな水位変動は、地震発生後から34時間以上も継続しているように見える。また、この地点で観測された津波の周期は50分程度であった。この他、この図から、釧路川においては、河口から浸入したこの津波は少なくともこの地点まで到達していることが分かる。

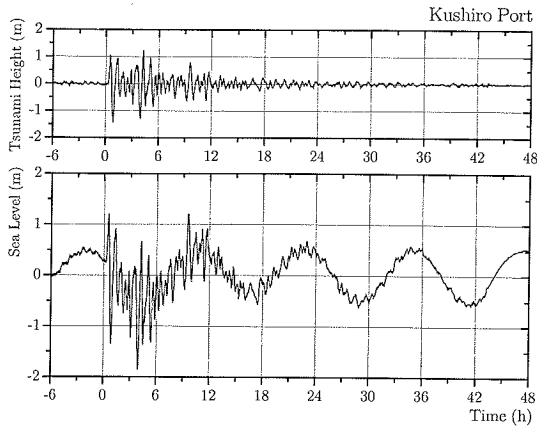
広里観測地点よりさらに上流に岩保木水位観測所がある。この地点では地震発生後から約1時間後の6時10分頃に突然水位が5cm上昇したことが記録された。この地点は、過去に干潮時潮位の影響が到達した記録がないうえ、その水位変動は釧路湿原からの流出による緩慢な動きが支配的<sup>5)</sup>である。これらのことから、この地点で見られた突然の水位変動は津波の到達が原因となっている可能性が高い。

なお、鳥取と広里水位観測所の第1波の記録時刻を利用して、この津波が河川を溯上する平均的な速度を概算したところ、約3.5m/sであった。

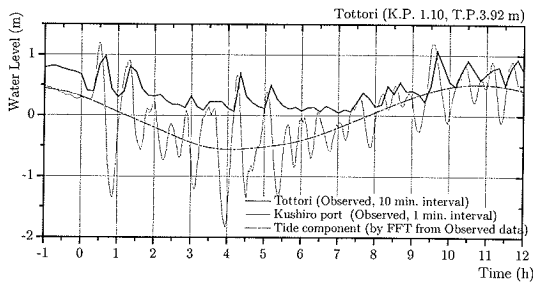
### b) 河道内と沿岸域の水位変動の関係

鳥取水位観測所の水位記録と釧路港の潮位記録の比較を行った。釧路港の検潮所は図-9の◇に位置している。

図-11(a)は、下段に釧路港の検潮記録、上段にそこからFFT解析を利用して抽出した津波成分を示している。同図(b)はこれと鳥取水位観測所の水位記録を比較した結果を示しており、太実線は鳥取水位観測所の水位、細実線は釧路港の潮位記録、一点鎖線がこの潮位記録から抽出した潮汐成分を示している。なお、検



(a) 釧路港で観測された潮位（下段）とFFT解析を利用して抽出した津波成分（上段）（地震発生6時間前～48時間後、1分間隔記録<sup>6</sup>）。ただし、速報値。）



(b) 地震発生1時間前～12時間後（釧路港潮位との比較）

図-11 釧路港で観測された潮位と鳥取水位観測所での水位記録との比較

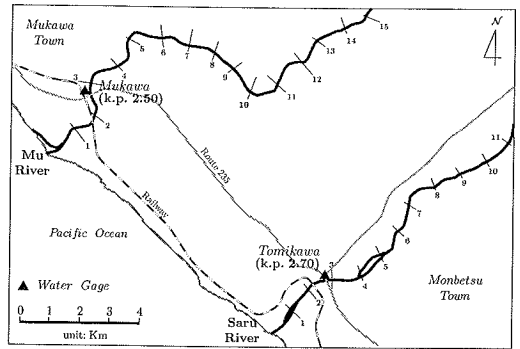


図-12 沙流川・鶴川下流域の概況，水位観測所

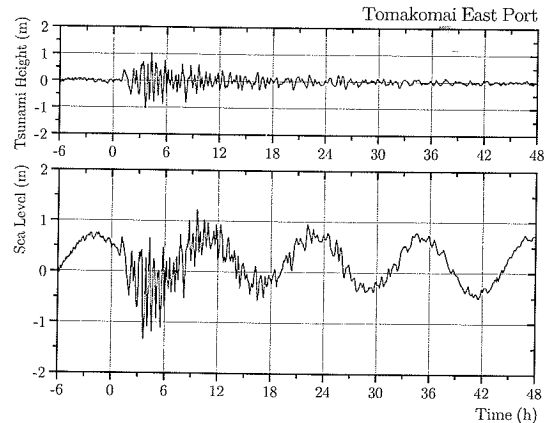


図-13 苫小牧東港で観測された潮位（下段）とFFT解析を利用して抽出した津波成分（上段）（地震発生6時間前～48時間後、1分間隔記録）

潮記録は標高表示となるように変換した。

両者を比較した結果、鳥取水位観測所と釧路港の水位は同調して変動していたことが分かった。観測記録の取得間隔が異なるために明言は難しいが、いずれの極大水位においても両者間で10分程度の位相の遅れが見られた。これは、釧路川河口部に到達した津波が鳥取水位観測所へ到達するのに有した時間と同程度であると考えられる。また、干潮時前後は、満潮時前後と比べ、津波成分から河道内の水位変動が受ける影響は小さい傾向にあることが見て取れる。

一方、津波の周期から両者について見てみると、観測時間間隔の違いの問題もあるが、港内の津波の周期は20分程度であるのに対し、鳥取水位観測所のそれは40分程度であった。両者の周期特性は大きく異なっていたことが分かった。特にこの水位変動の周期特性が異なるのは、極小水位へ向かう際の時間変化量である。この他、河道内の水位が極小値となる時刻に、港内の水位は極大値を迎える少し前であったことも興味深い点である。

## 4. 鶴川・沙流川

### (1) 概要

鶴川と沙流川はその下流区間では平行して流れ、両者はともに一級河川である。図-12は鶴川、沙流川的位置関係、▲印は水位観測所の位置、河道を横断する細線は距離標 k.p. を表している。

鶴川は占冠村のトマム山に源流を發し、流路延長は135kmである。その流域面積は1,270km<sup>2</sup>で、このうち90%以上が山地である。河口から7.0kmまでの平均的な河床勾配が1/1,150程度の比較的急勾配な河川である。

沙流川は日高町に位置する芽室岳に源流を發し、河口から21kmの地点に二風谷ダムを有し、本川の流路延長は104kmである。流域面積は1,345km<sup>2</sup>で、鶴川と同様にその90%程度が山地である。下流区間の河床勾配は鶴川よりもさらに急勾配の約1/800である。



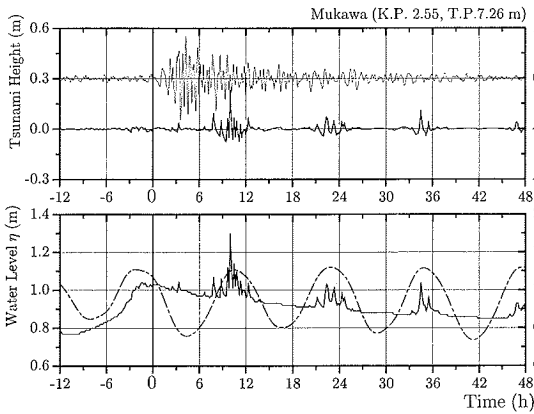


図-14 鶴川水位観測所の10分間隔水位記録と苫小牧東港の潮位記録からFFT解析を利用して抽出した潮汐成分(下段), FFT解析を利用して抽出した鶴川水位観測所と苫小牧東港の津波成分(上段, 地震発生12時間前~48時間後)

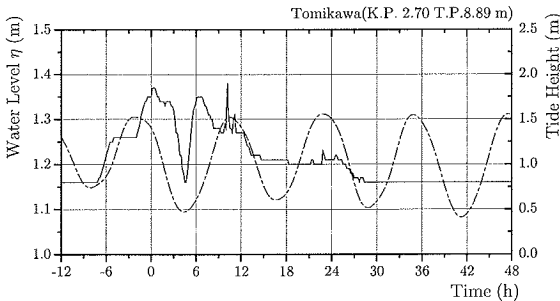


図-15 富川水位観測所の10分間隔水位記録と苫小牧東港の潮位記録からFFT解析を利用して抽出した潮汐成分(地震発生12時間前~48時間後)

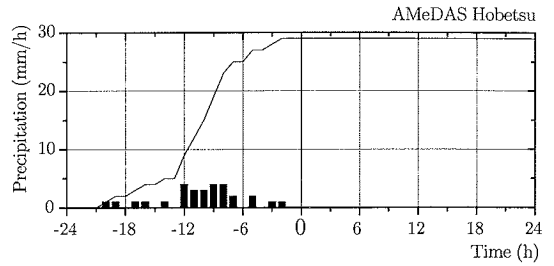
なお、鶴川の河口から北西に約11km、沙流川の河口から同方向21kmには苫小牧東港が位置しており、潮位観測を行っている。今回の地震が発生する6時間前から発生48時間後の1分間隔の潮位記録を図-13の下段に、これに対してFFT解析を利用して抽出した津波成分を同図の上段に示した。

## (2) 水位記録

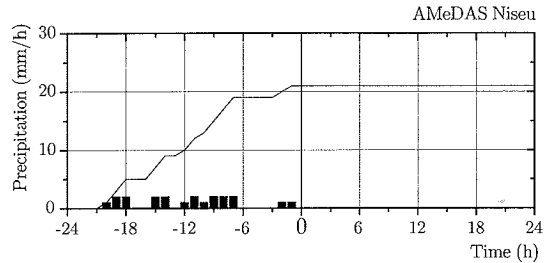
鶴川の downstream 区間には k.p.2.5 に鶴川 (Mukawa) 水位観測所が設置されている。沙流川の downstream 区間には k.p.2.7 に富川 (Tomikawa) 水位観測所が設置されている。図-14, 15 に両地点における地震発生12時間前から発生48時間後の10分間隔の水位記録, FFT解析を利用して抽出した津波成分, 潮汐成分を示している。

### a) 鶴川

鶴川は、これまでに考察を加えてきた他の2つの河川とは異なり河床が比較的急勾配の河川である。そのうえ、鶴川水位観測所の設置位置の標高は約7mと高



(a) 穂別観測所(鶴川 k.p.42.0 付近)



(b) 仁世宇観測所(沙流川上流域)

図-16 AMeDASの降水量記録と累積降水量(地震発生24時間前~24時間後)

い位置にあるが、それにもかかわらず潮汐の影響を若干受ける地点である。しかも、図-16(a)に示したように、地震発生前日にこの流域では30mm程度の降雨が発生しており、その流出のピークを地震発生の約2時間前に迎えている。このため、今回の津波の侵入をこの水位記録から推測することは難しい。

しかし、図-14下段の水位記録から、干潮時のために微小であるがまず地震発生から約3時間後、つぎに約9時間前後、約22時間前後、そして約33時間前後の満潮時と重なった時刻にこの地点まで津波が到達したことを読みとることができる。したがって、十勝川や釧路川に関しても同程度まで津波の影響を受けていた可能性がある。

さらに、同図上段において、鶴川水位観測所の水位記録と苫小牧東港の潮位記録に対してFFT解析を利用して抽出した津波成分の比較した。その結果、河道における津波成分で見られた高周波成分の周期は、苫小牧東港のそれと長時間にわたり概ね一致することが分かった。このことから、同図下段の水位記録で見られた地震発生33時間後までにおよび見られた高周波成分は、津波の河川への侵入が原因であるものと裏付けられる。

ただし、鶴川の河道内に到達した津波の規模は小さいうえ、水位観測所が少ないためにこの津波が河口からどの程度まで上流まで溯ったかは不明である。

### b) 沙流川

沙流川の富川水位観測所も前述の鶴川水位観測所と同様の地形および気象条件である。図-15にその水位

記録を示す。この地点では地震発生後から約9時間後の水位の鋭い立ち上がりが見られた。これと同時に鶴川水位観測所でも同様の挙動が記録されていることから、この地点まで津波が到達した可能性は高い。ただし、この津波が河口からどの程度まで溯ったか、および地震発生後から何時間程度まで津波の影響を受けたかについては鶴川と同様の理由で不明である。

## 5. まとめ

今回の地震による津波から北海道の太平洋に面する河川が受けた影響は、水位記録、および現地調査により得られた結果から次のように整理することができる。

津波の浸入が原因と考えられる河道内の水位変動は、少なくとも24時間以上にわたって継続したことが明らかになった。しかもその長時間にわたる水位変動は河口付近だけにとどまらず、上流(内陸部)に設置された水位観測所の記録ですら同様の傾向を示した。すなわち、このことは、沿岸部と同様に河道の沿川においても長時間にわたり津波に対する警戒の必要性を示唆するものである。

十勝川、釧路川では流路実延長で約10kmの非常に長距離の区間にわたり津波の浸入が認められた。津波は地震によって起こされることがほとんどであり、河道に浸入してきた津波が地震によって脆弱化した堤防を猛烈な勢いで洗掘する可能性は大きい。最悪の場合、堤内地への氾濫を引き起こす大規模な2次災害が発生することも考えられる。現に、十勝川では多くの区間で地震によって築堤が亀裂や崩壊の被害を受け、このような被災箇所よりも高い位置に津波の痕跡が残され

ていたことが確認された。

将来、今回の津波の規模を上回る津波が発生する可能性は否めず、それによる被害は計り知れない。現在のところ、河川を溯上する津波に関する流体力学的な性質は十分に解明されておらず、今後、理論および数値解析手法に関する研究を進展させていく必要がある。また、これらの研究成果を活かし、2級河川を含めた河川計画の基準にこのような津波の影響を反映する必要があるものと考えられる。このほか、河道沿川においても沿岸部の津波防災と連携を取った対策、津波の予警報の体制が必要であると考えられる。

謝辞： 本文をとりまとめるにあたり、国土交通省北海道開発局からは水位記録、潮位記録、航空写真、河道形状データなど、陸上自衛隊からはビデオ映像の貴重な資料を提供して頂いた。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 北海道開発局土木試験所：十勝沖地震調査報告，土木試験所彙報，第4号，1954。
- 2) 北海道開発局土木試験所：1968年十勝沖地震被害調査報告，土木試験所報告，第49号，1968。
- 3) 北海道開発局土木試験所：1973年根室半島沖地震被害調査報告，土木試験所報告，第62号，1974。
- 4) 北海道開発局土木研究所：1993年釧路沖地震被害調査報告，開発土木研究所報告，第100号，1993。
- 5) 国土交通省北海道開発局釧路開発建設部：十勝沖地震に伴い発生した津波の釧路川の溯上について，私信，2003。
- 6) 気象庁釧路地方気象台：釧路港潮位データ，2003，ただし速報値。

(2004. 2.16 受付)

# REPORT ON RIVER-RUNUP OF TSUNAMI GENERATED BY THE TOKACHI-OKI EARTHQUAKE ON 26 SEPTEMBER, 2003

Hiroyasu YASUDA, Yasuharu WATANABE and Koji FUJIMA

Two strong earthquakes occurred off the southeastern coast of Hokkaido in northern Japan on 26 September 2003. The earthquakes gave various damage in the southeastern part of Hokkaido. A number of tsunamis associated with the earthquakes have been observed on the southern coast of Hokkaido as well as the northern part of Japanese mainland. The characteristics of the tsunami are that the wave propagation exceptionally continued longer than a day because of the generation of edge wave, and the tsunami ascended many rivers as much as approximately 10 km away from the river mouth. In this paper, the properties of the river-runup of the tsunami were discussed on the basis of the hydrographs of the water level and results of the field surveys on Tokachi river, Kusiro river, Saru river and Mu river. We pointed out that understanding the risk of the river-ascending tsunami is particularly important for hazard mitigation.