

津波河川遡上予測の手引き(案)

平成25年3月

(独)土木研究所 寒地土木研究所
寒地水圏研究グループ 寒地河川チーム
寒地技術推進室 道東支所
寒地技術推進室 道北支所

River Engineering Research Team

はじめに.....	3
河川津波における遡上距離・遡上高推定手法.....	4
CERI1Dによる河川津波計算.....	9
CERI1Dによる河川津波計算事例.....	23
CERI1Dを活用した遡上距離・遡上高推定手法.....	28
お問い合わせ先.....	37

はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震津波は、河川を遡上し堤防を越えて周辺地域へと流れ被害を拡大させた。これを受け、国土交通省河川津波対策検討会では、河川堤防、津波水門等により津波災害を防御する必要性と、津波防災まちづくりと一体となり減災を目指すことの必要性を提言しているところである。そのためには、河川津波の特性を十分に理解し、科学的・工学的な手続きに基づき、対策検討を実施する必要がある。

また、実際に津波が河川を遡上する場合においては、堤内地への浸水を防止するための樋門操作や、危険箇所の河川巡視を行い、適切な借置を限られた時間の中で迅速に行うことが必要となる。これらの防災・減災対応を的確に行うためには、その時の河川流量と津波規模に応じた河川遡上距離や危険箇所を事前に検討しておくことが有効である。

本手引きは、(独)土木研究所寒地土木研究所の研究成果により、開発した1次元解析モデル「CERI1D」を活用した河川津波計算の手順を詳細に述べるものである。本手引きは2つの事例を扱っており、一つ目は東北地方太平洋沖地震津波の新釧路川への遡上再現計算、もう一つは同じく新釧路川を想定し、一例としてある流量の場合の津波波高別の最大水位分布(遡上高)の評価手順を示している。

河川津波の機構については既往の研究成果によりかなりの程度まで明らかにされてきた。それらの成果を十分に河川管理や河川計画に役立ててほしいと考え、本手引きを作成した。本手引きは行政の担当者が河川津波の遡上計算が可能となるように取りまとめたものである。本手引きの検討成果が防災・減災対策の立案に貢献することを望む。

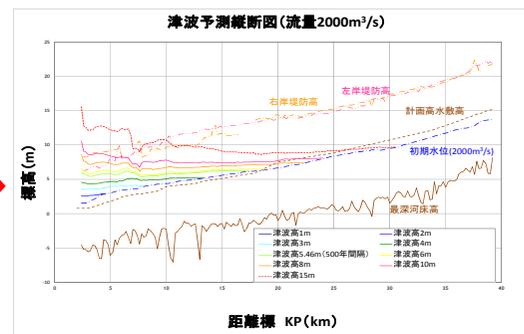
- 河川津波における遡上距離・遡上高推定手法

河川津波における遡上距離・遡上高推定手法の概要

- 本手法は、河川津波の**遡上距離**および**遡上高**を求めるものである
- 事前に津波規模と河川流量に応じた河川津波の遡上距離および遡上高を計算しておき、河川津波予測縦断図を作成
- 河川津波が発生した場合には、その時の津波規模と河川流量に応じた河川津波予測縦断図を用いて、**瞬時に遡上距離と遡上高の値を得ることが可能**
- 河川管理者が防災・減災対応の判断を行う上での基礎資料となる

本手法の計算
モデルによる
事前検討

河川津波予測縦断図



地震発生

遡上距離

遡上高

津波規模 H
河川流量 Q

国交省河川津波対策検討会では、
施設画面上の津波、最大クラスの津波
に分けて対策実施することを提言（H23.8月）

河川管理上の課題：
津波がどこまで河川を遡上するかの予測
→樋門操作・河川巡視範囲などの判断

様々な河川流量と津波規模に応じて、河川遡上距離や
危険箇所を事前に明らかにしておき、津波来襲時の
判断材料を得ておくことが肝要（数値計算が有利）



本技術の活用による河川津波予測

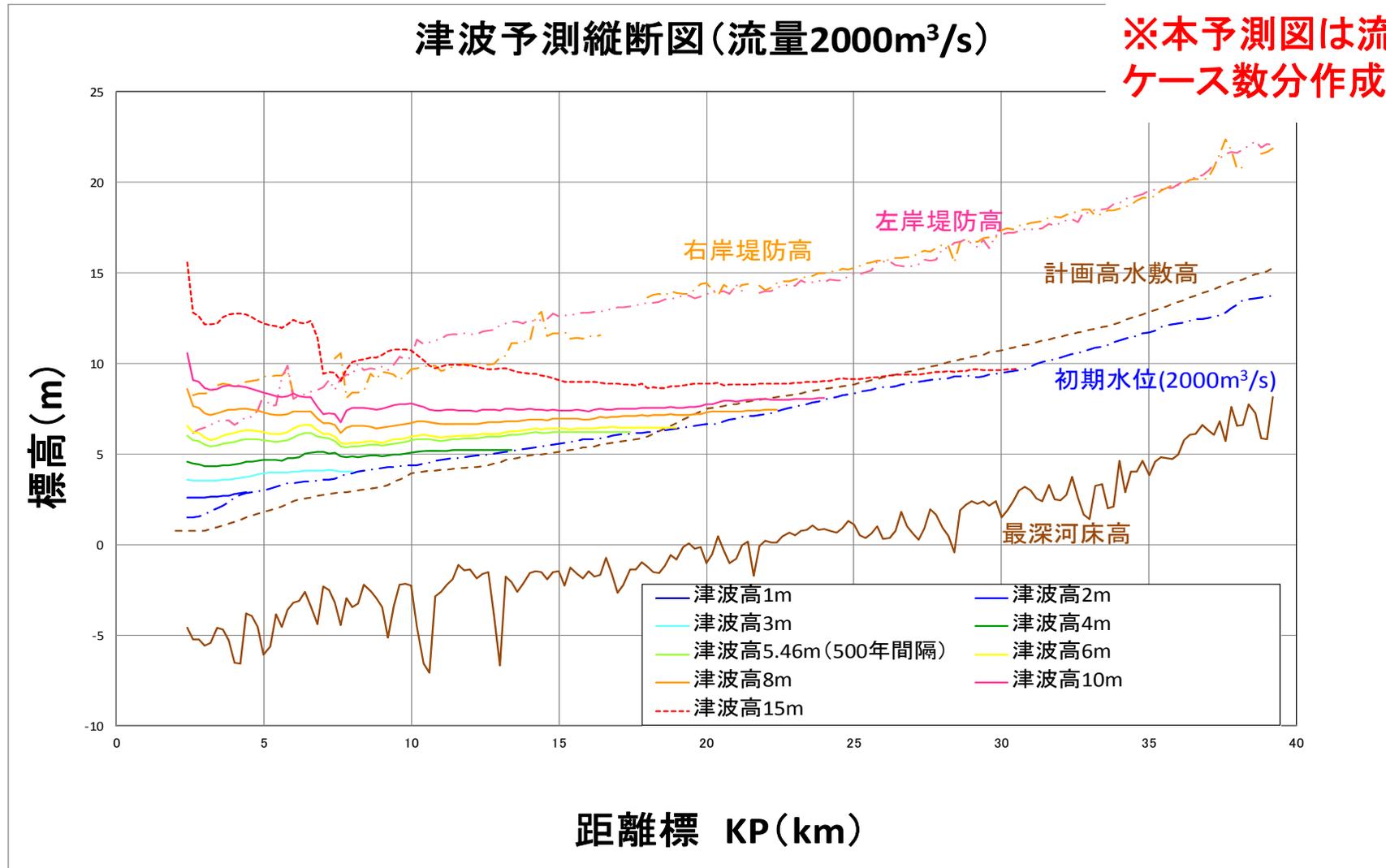
- 一次元不定流計算モデル
- 横断測量データに基づき、河道断面形状を考慮
- 大規模津波発生時の越流も考慮(改良モデル使用時)

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial}{\partial x} (z + h) + \frac{g n^2 u^2 S}{R^{1/3}} = \frac{R^2}{3} \frac{\partial^3 Q}{\partial t \partial x^2} \quad (2)$$

ここで、 A [m²] : 流積、 Q [m³/s] : 流量、 t [sec] : 時間、 x [m] : 距離、 g [m/s²] : 重力加速度、 z [m] : 河床高、 h [m] : 水深、 n [s/m^{1/3}] : マニングの粗度係数、 u [m/s] : 流速、 R [m] : 径深、 S [m] : 潤辺である。

河川津波来襲時の判断材料を提供



津波高の情報が得られれば、近い流量のグラフを元に河川縦断的な最高水位を瞬時に予測可能

- CERI1Dによる河川津波計算

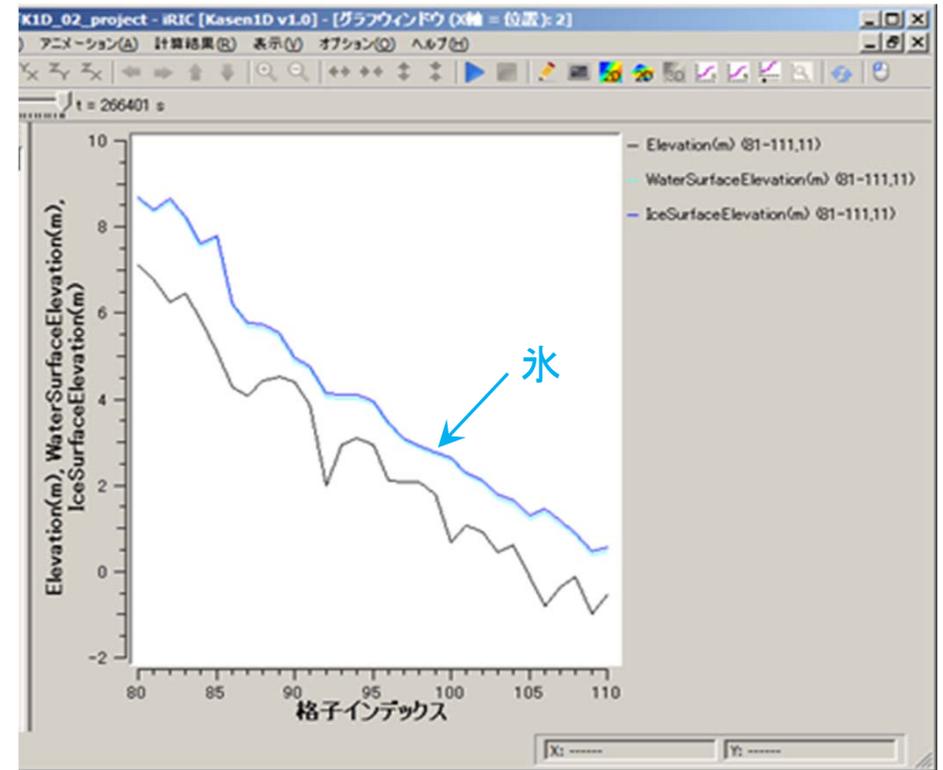
CERI1Dについて

- 一次元不定流計算用ソルバー
 - 洪水の計算
 - 津波の計算
 - 河氷変動計算
 - 結氷河川における津波計算
- 2013年4月にiRICソフトウェアに統合

URL

<http://river.ceri.go.jp/> (寒地河川チーム)

<http://i-ric.org/ja/> (iRICソフトウェア)



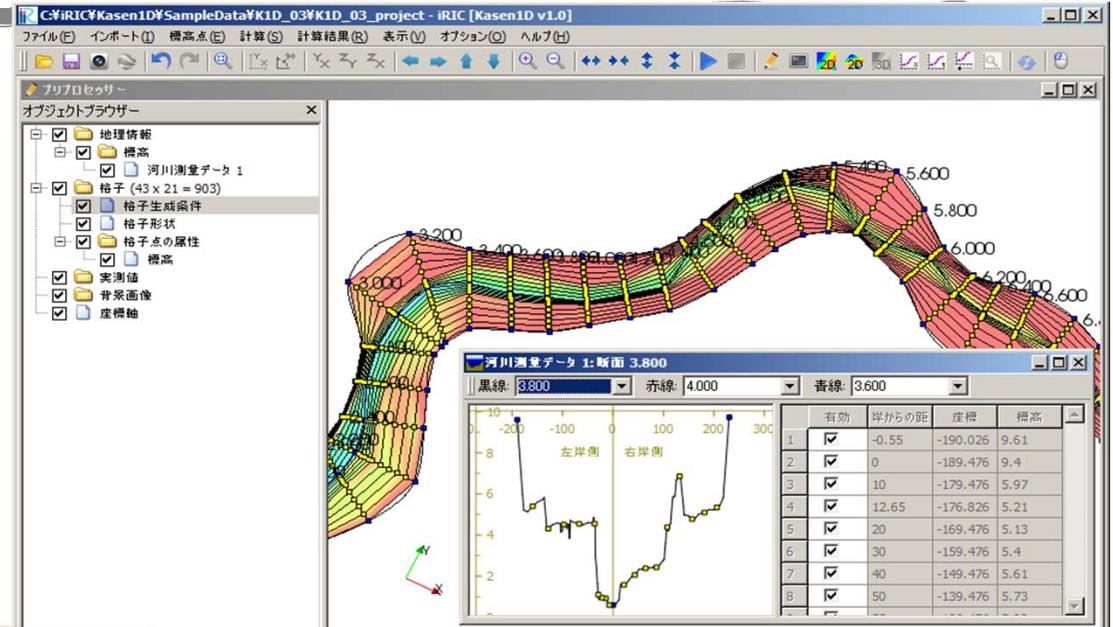
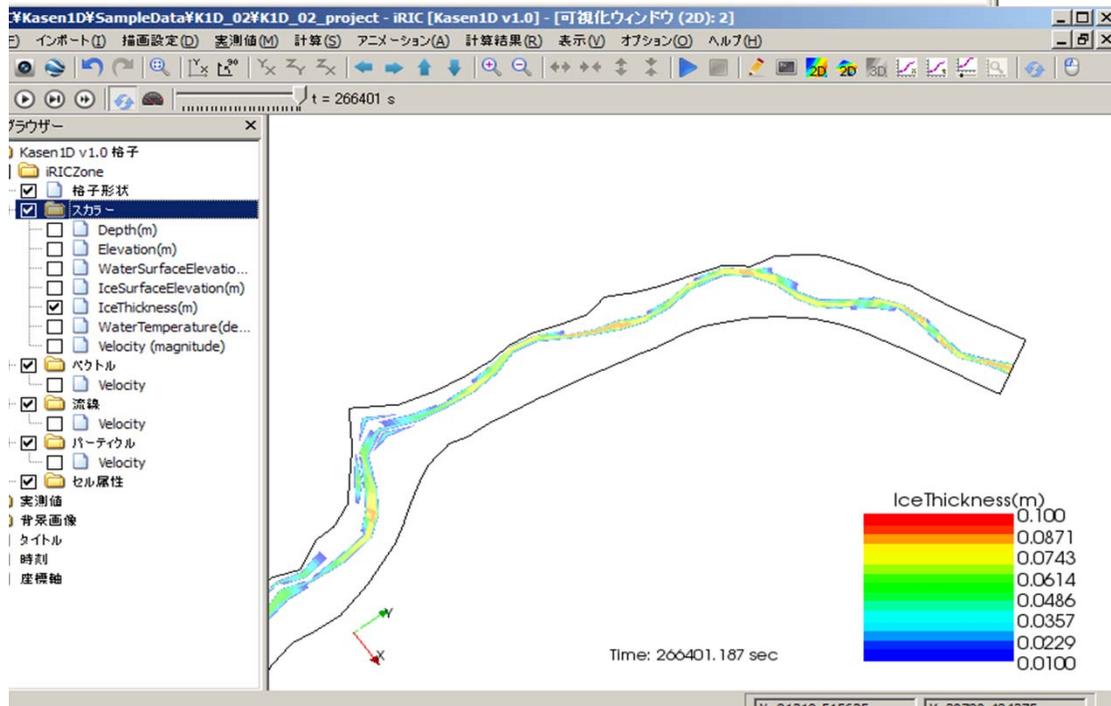
1次元河氷変動計算モデルにより、河川の津波遡上や縦断的な河川結氷の予測が可能です。

CERI1Dについて

CERI1D

- 使いやすいiRICのインターフェイス
- 河氷変動計算が可能
- 河川津波計算が可能

河氷変動計算結果(河氷厚)の平面的な可視化



横断測量データの調整作業

CERI1Dによる津波計算の流れ

STEP1.

計算格子の作成

地形データの読み込み
(一般断面)

下流端水位として津波
波形を設定します

STEP2.

計算条件の設定

流入流量の設定
下流端水位の設定
粗度の設定
(河氷有りの場合)
流入河氷量の設定
水温・気温の設定

STEP3.

計算実行

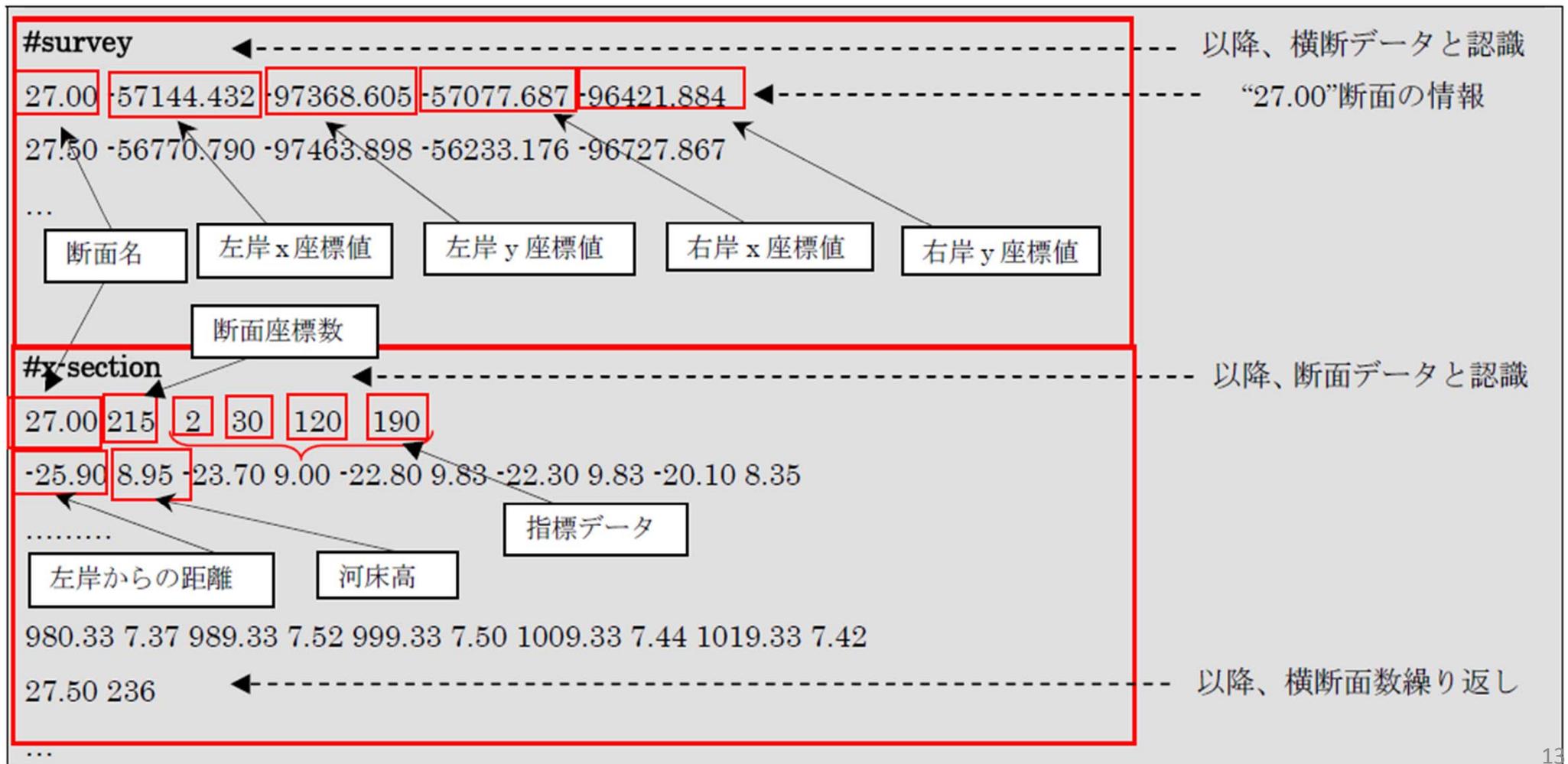
可視化処理など

CERI1Dによる津波計算の流れ(STEP1.)

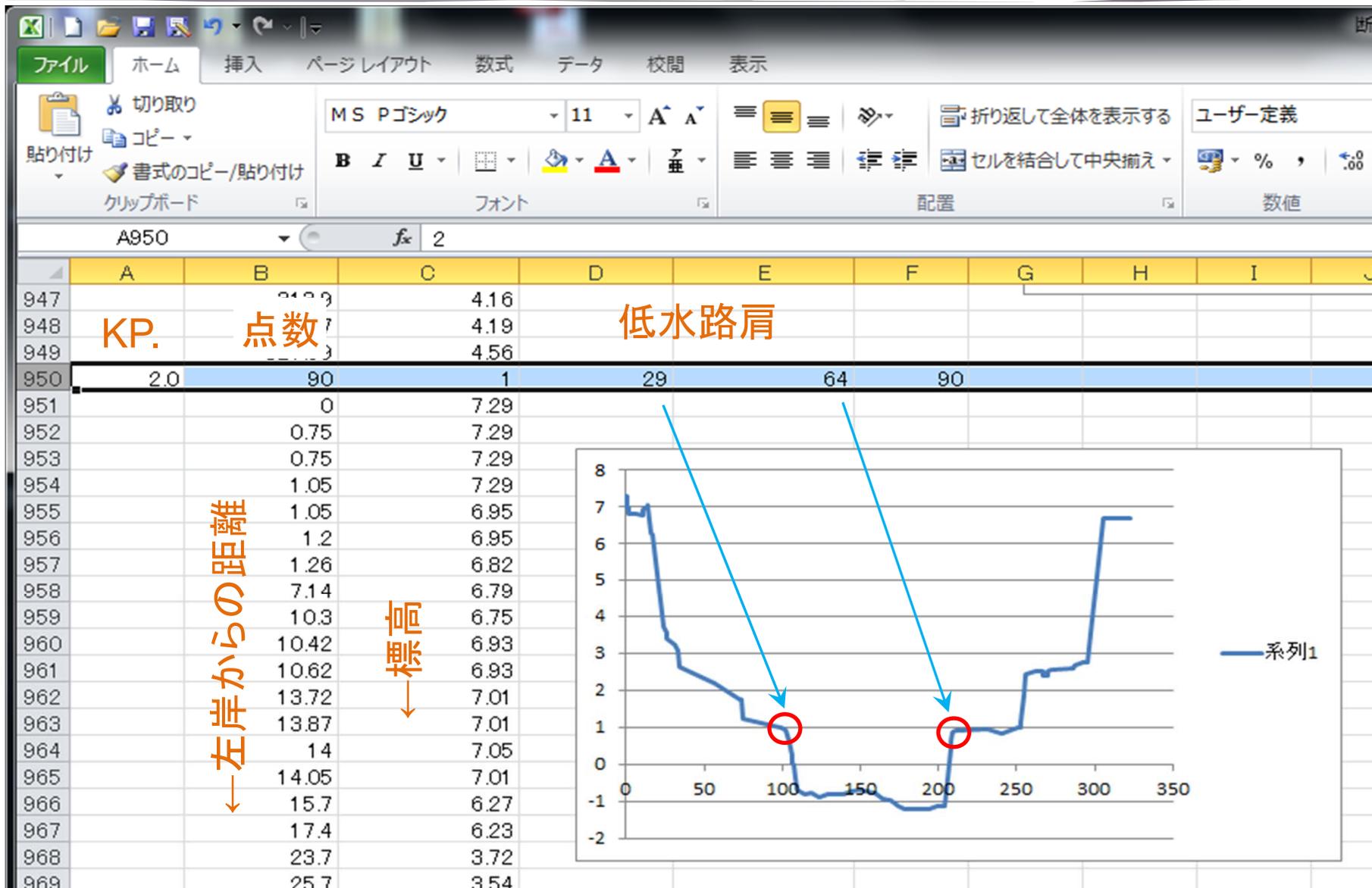
河川測量ファイル(.rivファイル)を用意

iRICユーザーズマニュアルP191より抜粋

表 6-1 河川測量ファイルの構造



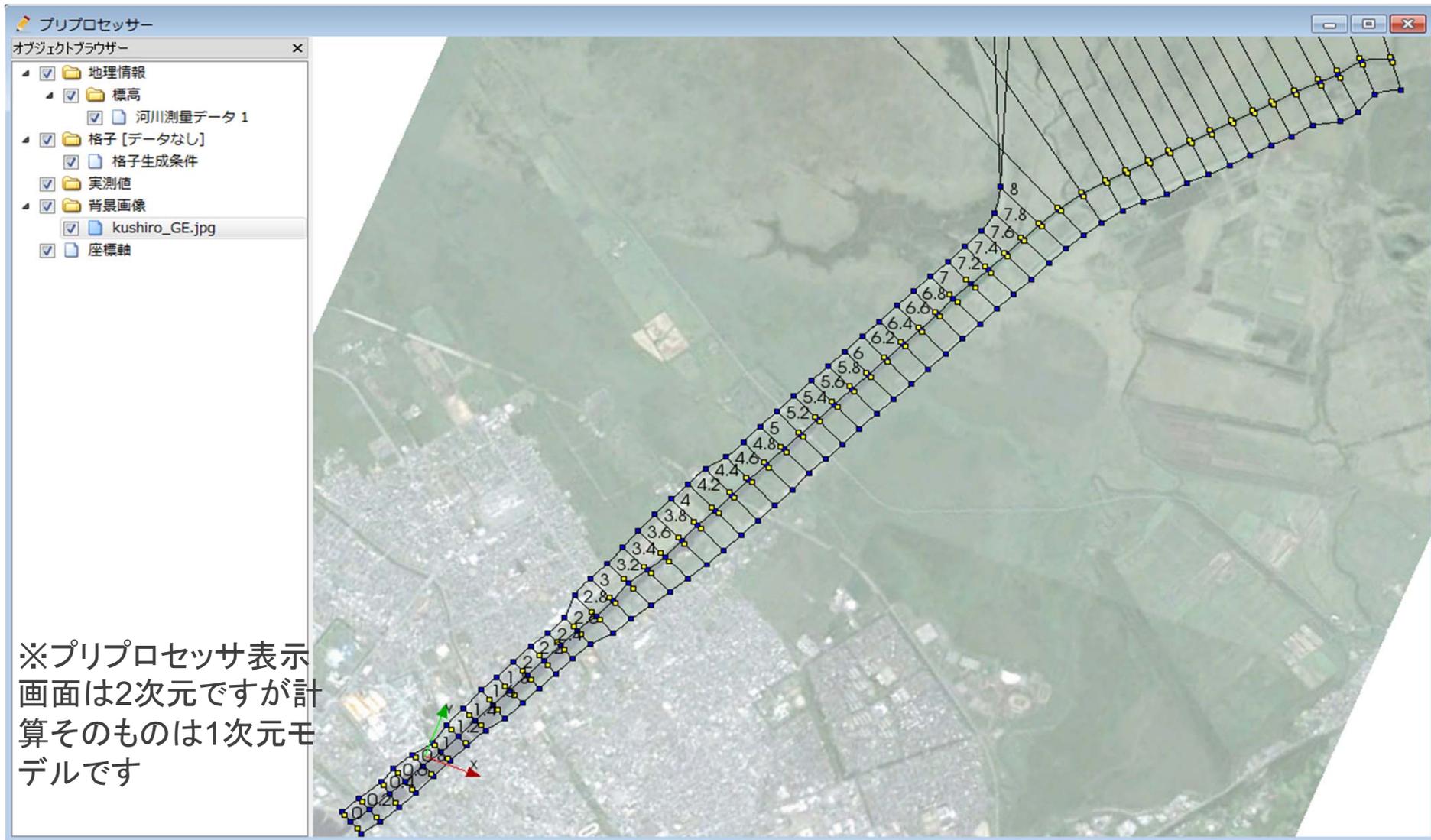
CERI1Dによる津波計算の流れ(STEP1.)



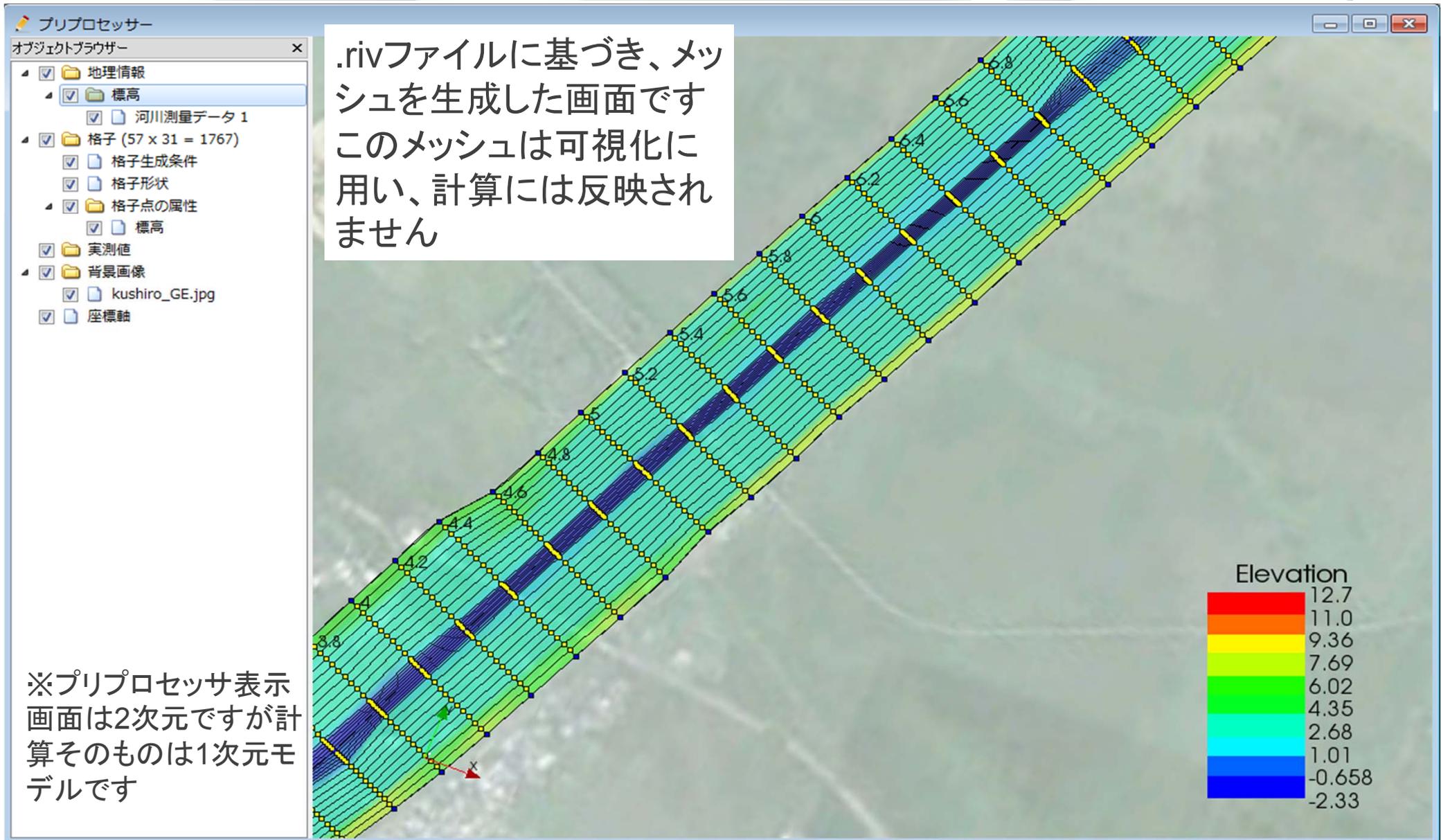
.rivファイルの構造はKP.(河口からの距離)、測量断面の標高などからなります

CERI1Dによる津波計算の流れ(STEP1.)

.rivファイルを読み込み、衛星写真と重ね合わせた状況です



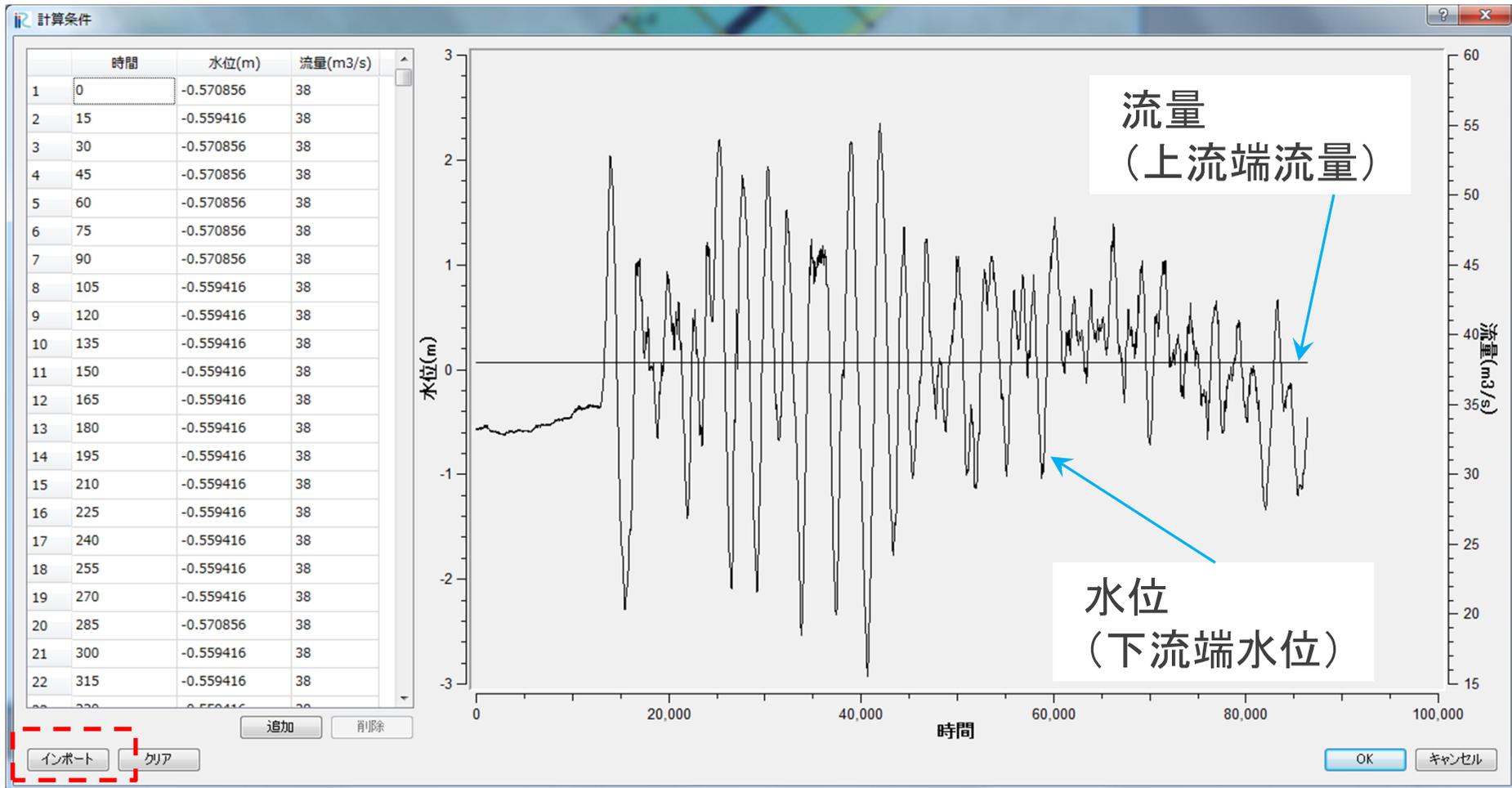
CERI1Dによる津波計算の流れ(STEP1.)



CERI1Dによる津波計算の流れ(STEP2.)

- 境界条件の設定
 - 流入流量の設定
 - 下流端水位の設定

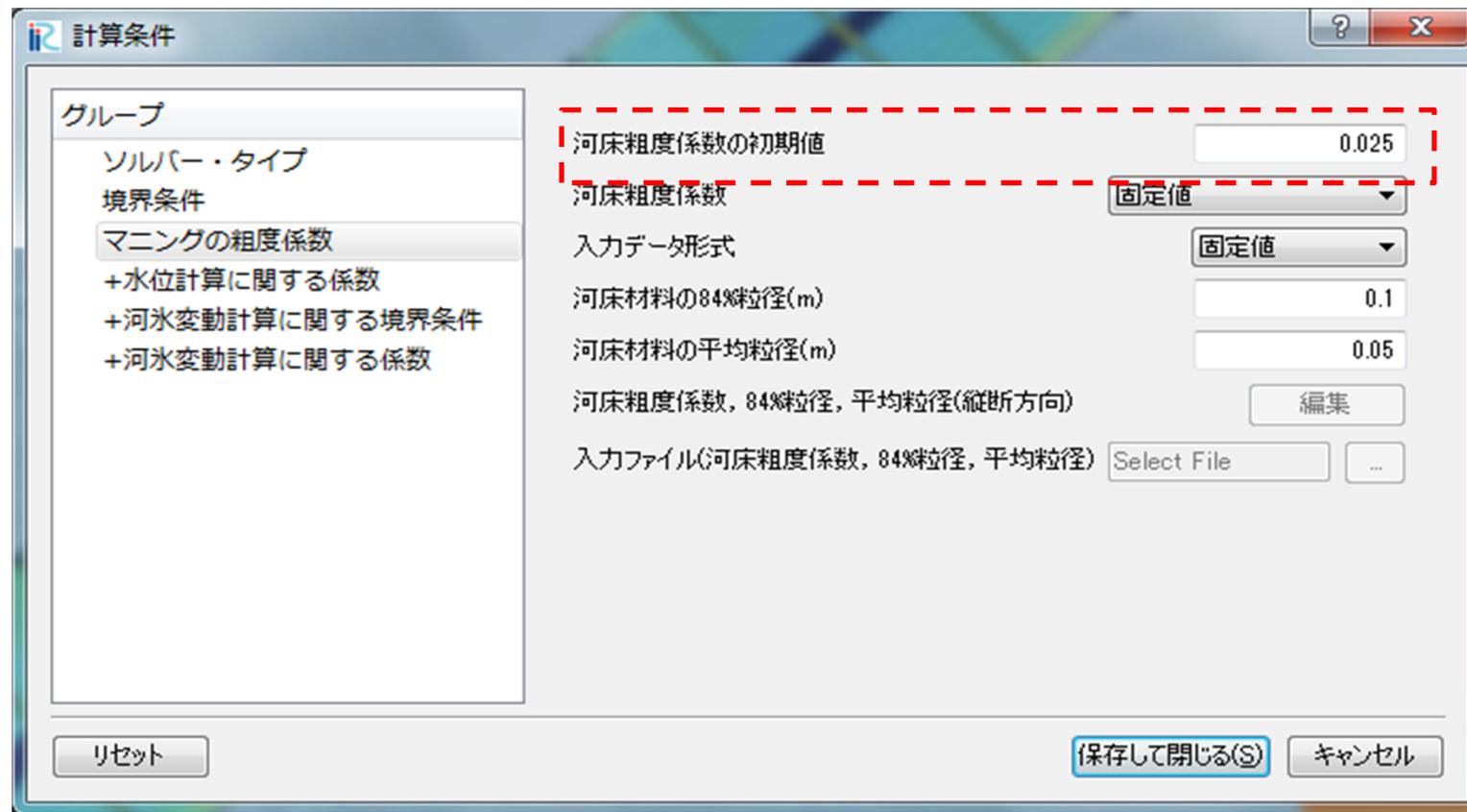
メニューの
計算条件>設定>境界条件
を開き、予め用意しておいた境界条件ファ
イルを読み込みます



CERI1Dによる津波計算の流れ(STEP2.)

- 粗度の設定

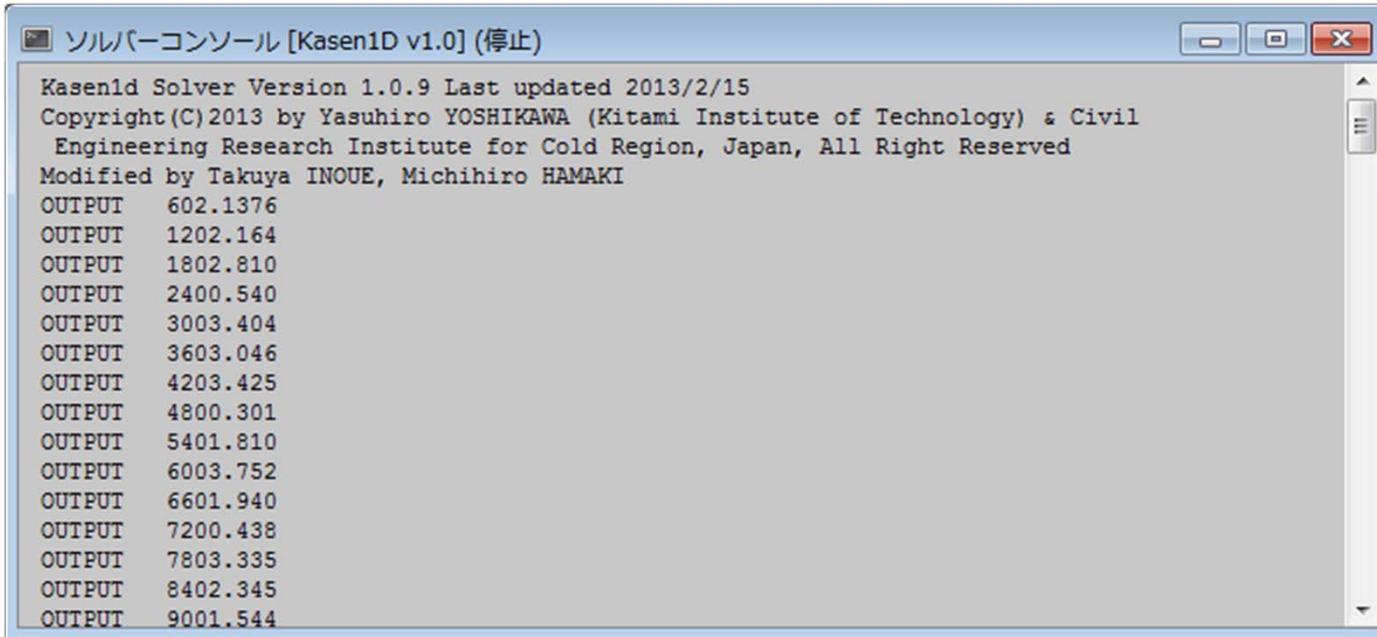
マンシングの粗度係数を設定します
粒径分布データから推定することも可能です。その場合は予めファイルを用意しておきます



氷を考慮しない津波計算では、設定は以上で終わりです

CERI1Dによる津波計算の流れ(STEP3.)

- 計算実行



```
ソルバーコンソール [Kasen1D v1.0] (停止)
Kasen1d Solver Version 1.0.9 Last updated 2013/2/15
Copyright(C)2013 by Yasuhiro YOSHIKAWA (Kitami Institute of Technology) & Civil
Engineering Research Institute for Cold Region, Japan, All Right Reserved
Modified by Takuya INOUE, Michihiro HAMAKI
OUTPUT 602.1376
OUTPUT 1202.164
OUTPUT 1802.810
OUTPUT 2400.540
OUTPUT 3003.404
OUTPUT 3603.046
OUTPUT 4203.425
OUTPUT 4800.301
OUTPUT 5401.810
OUTPUT 6003.752
OUTPUT 6601.940
OUTPUT 7200.438
OUTPUT 7803.335
OUTPUT 8402.345
OUTPUT 9001.544
```

CERI1Dの場合計算そのものよりもデータの書き出しの方が時間がかかります

1日分(86400s)の計算に対して:

600s間隔出力→2秒で終了

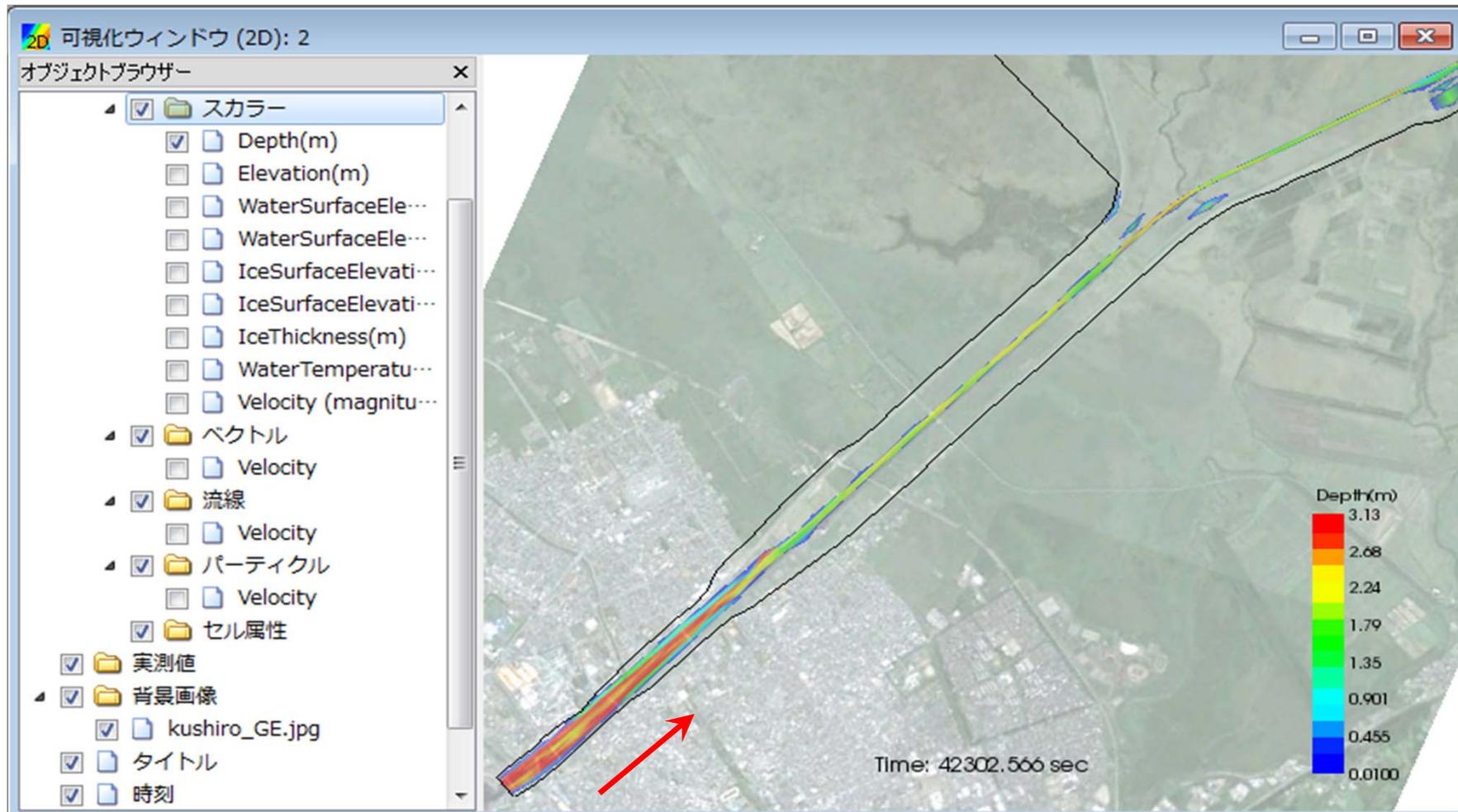
60s間隔出力→12秒で終了

※Intel Xeon CPU 3.07GHz (4コア) 8GB RAM

CERI1Dによる津波計算の流れ(STEP3.)

- 平面的な可視化

可視化ウィンドウで、先ほど作成したメッシュ上で水位・水深などを確認できます



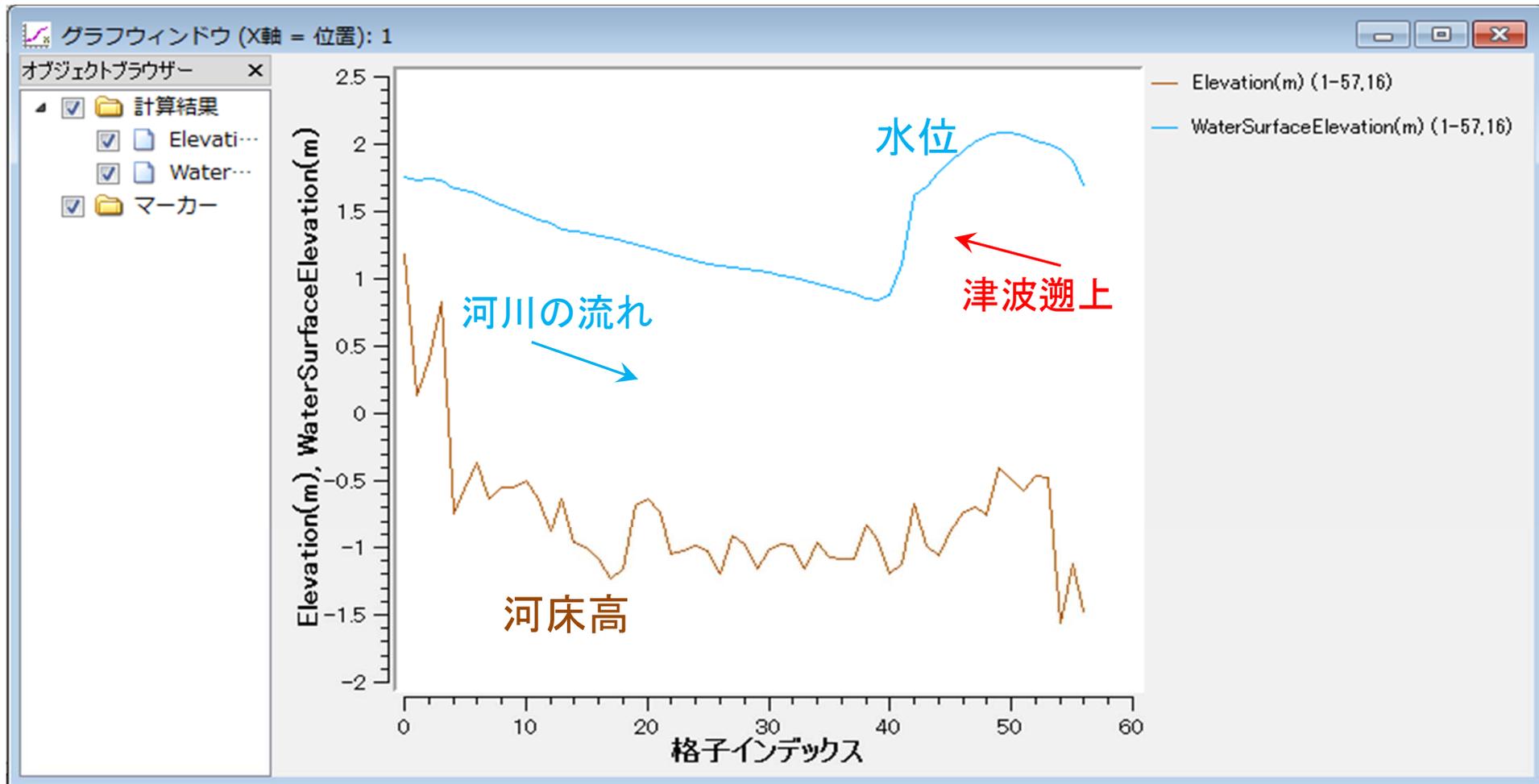
※最大波発生時

※可視化ウィンドウ(ポストプロセッサ)表示画面は2次元ですが計算そのものは1次元モデルです

CERI1Dによる津波計算の流れ(STEP3.)

- 縦断的な可視化

グラフウィンドウでは、縦断的な可視化も可能です



※最大波発生時(1つ前のスライドと同時刻)

CERI1Dによる津波計算の流れ(STEP3.)

- 最大水位分布はテキストファイルから読み出し

HZmax(i) : 最高水位 (各計算横断面における計算期間中の最大値)

HZ+Himax : 最高河氷面高 (各計算横断面における計算期間中の最大値)

Umax(i) : 最大流速 (各計算横断面における計算期間中の最大値)

time=		3602.33									
L(i)	Z(i)	Q(i)	HZ(i)	Hi(i)	HZ+Hi(i)	U(i)	Tw(i)	Nb(i)	HZmax(i)	HZ+Himax	Umax
0.00	-0.10	-192.50	0.80	0.00	0.80	-0.41	0.00	0.035	2.30	2.30	1.39
288.09	-0.03	-81.45	0.70	0.00	0.70	-0.36	0.00	0.035	2.31	2.31	1.00
510.95	-0.20	6.10	0.68	0.00	0.68	0.04	0.00	0.035	2.30	2.30	0.95
720.12	-0.225	57.36	0.53	0.00	0.53	0.56	0.00	0.035	2.27	2.27	0.93
...
8721.17	-0.225	57.36	0.53	0.00	0.53	0.56	0.00	0.035	2.27	2.27	0.93
time=		7213.38									
L(i)	Z(i)	Q(i)	HZ(i)	Hi(i)	HZ+Hi(i)	U(i)	Tw(i)	Nb(i)	HZmax(i)	HZ+Himax	Umax
0.00	-0.10	-192.50	0.80	0.00	0.80	-0.41	0.00	0.035	2.30	2.30	1.39
...

図 V-1 出力ファイル例

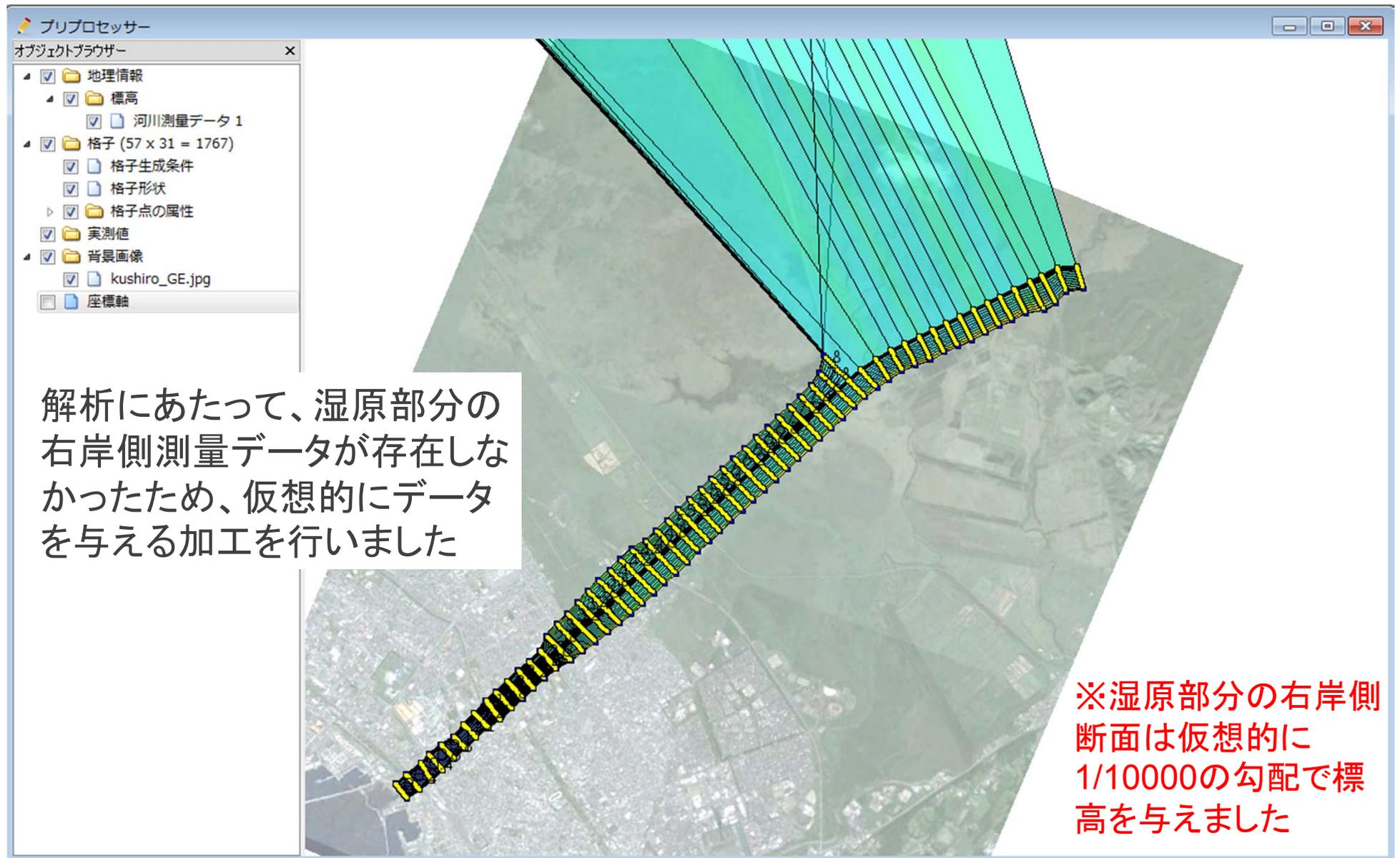
CERI1DソルバーマニュアルP19より抜粋

・出力時間間隔毎に、全計算断面の水量を繰り返し出力

CERI1Dの計算プロジェクトのフォルダ内に、上記内容のテキストファイルが生成されます
このデータを整理することで、最大水位分布の検討などに活用できます

- CERI1Dによる河川津波計算事例

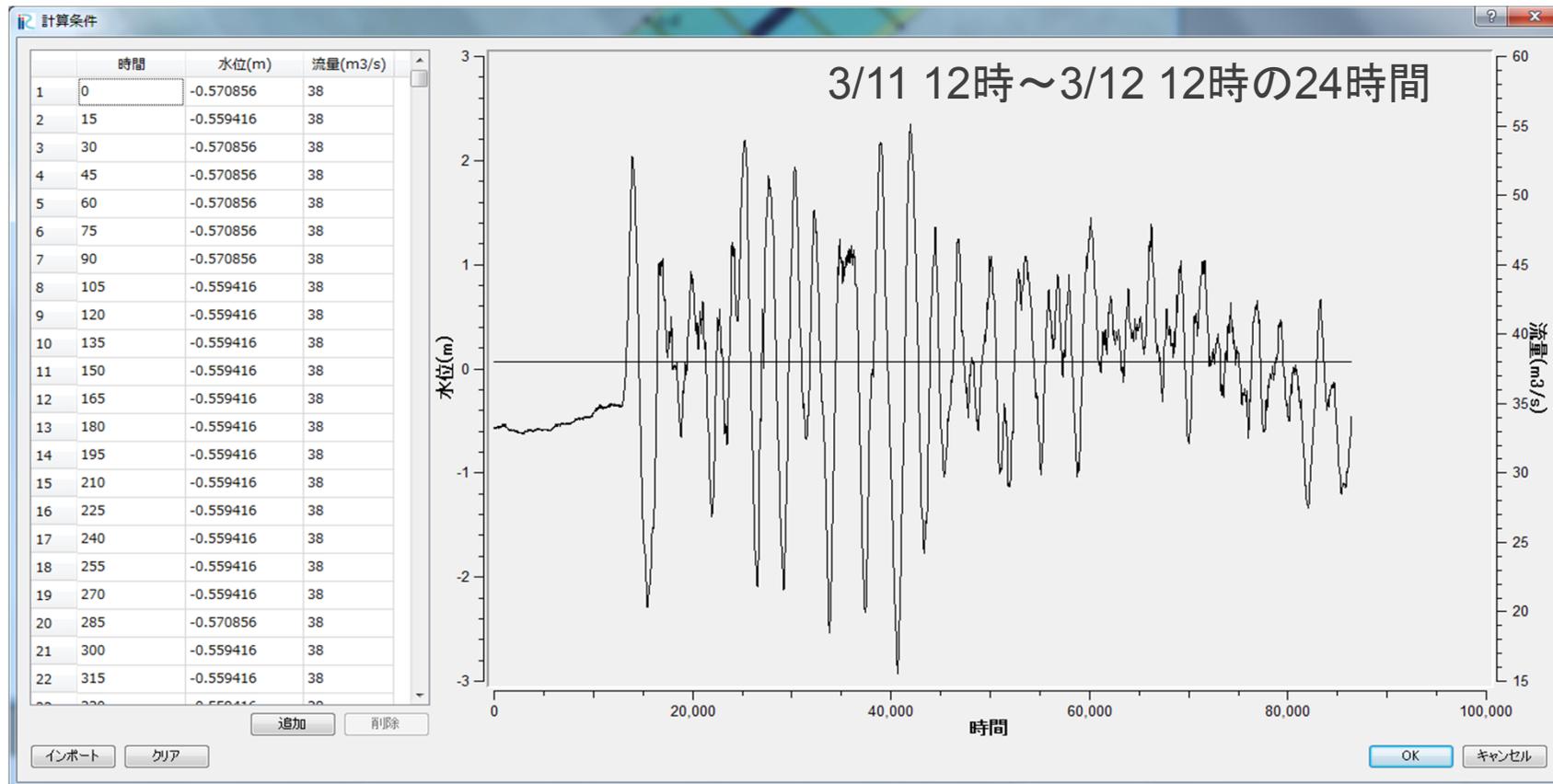
事例1：新釧路川(3.11)



事例1：新釧路川(3.11)

● 計算条件

- 上流端条件：流入流量 $38\text{m}^3/\text{s}$
- 下流端条件：釧路港の潮位変動を1.04倍して与えた
- 粗度係数：0.025(=固定値)

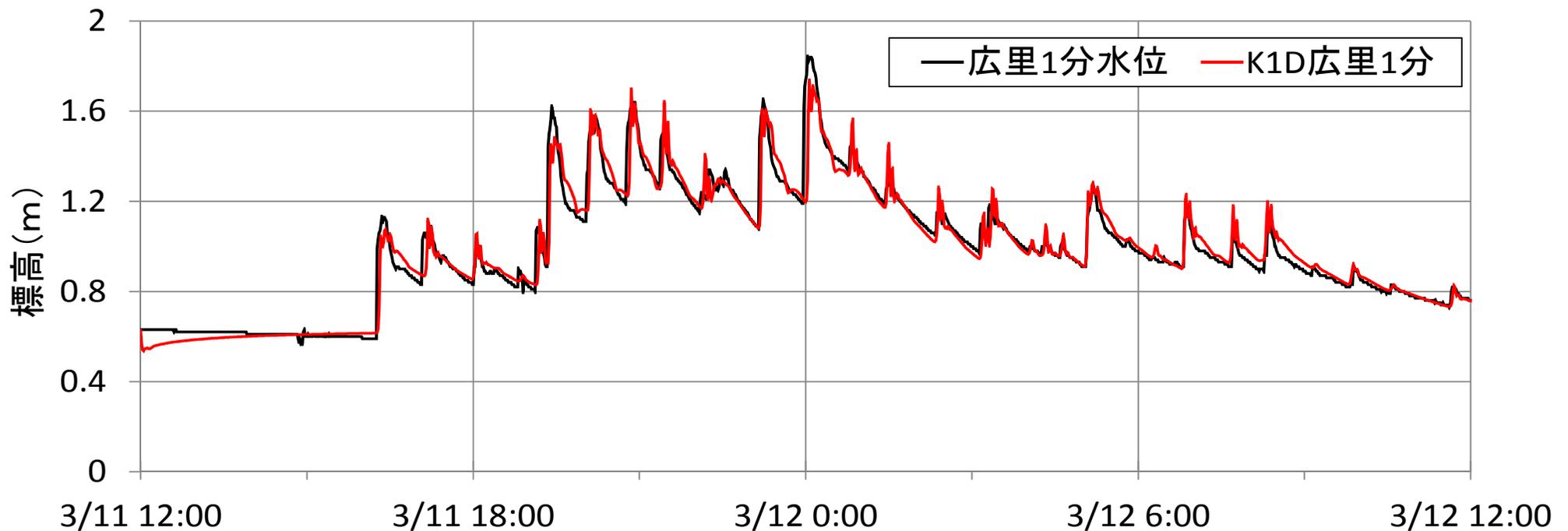


函館海洋気象台様より潮位データをご提供頂きました

事例1：新釧路川(3.11)

• 精度の検証

－ 広里水位観測所における時系列水位比較



水位データとの比較より、良好な精度を有していることが確認できます

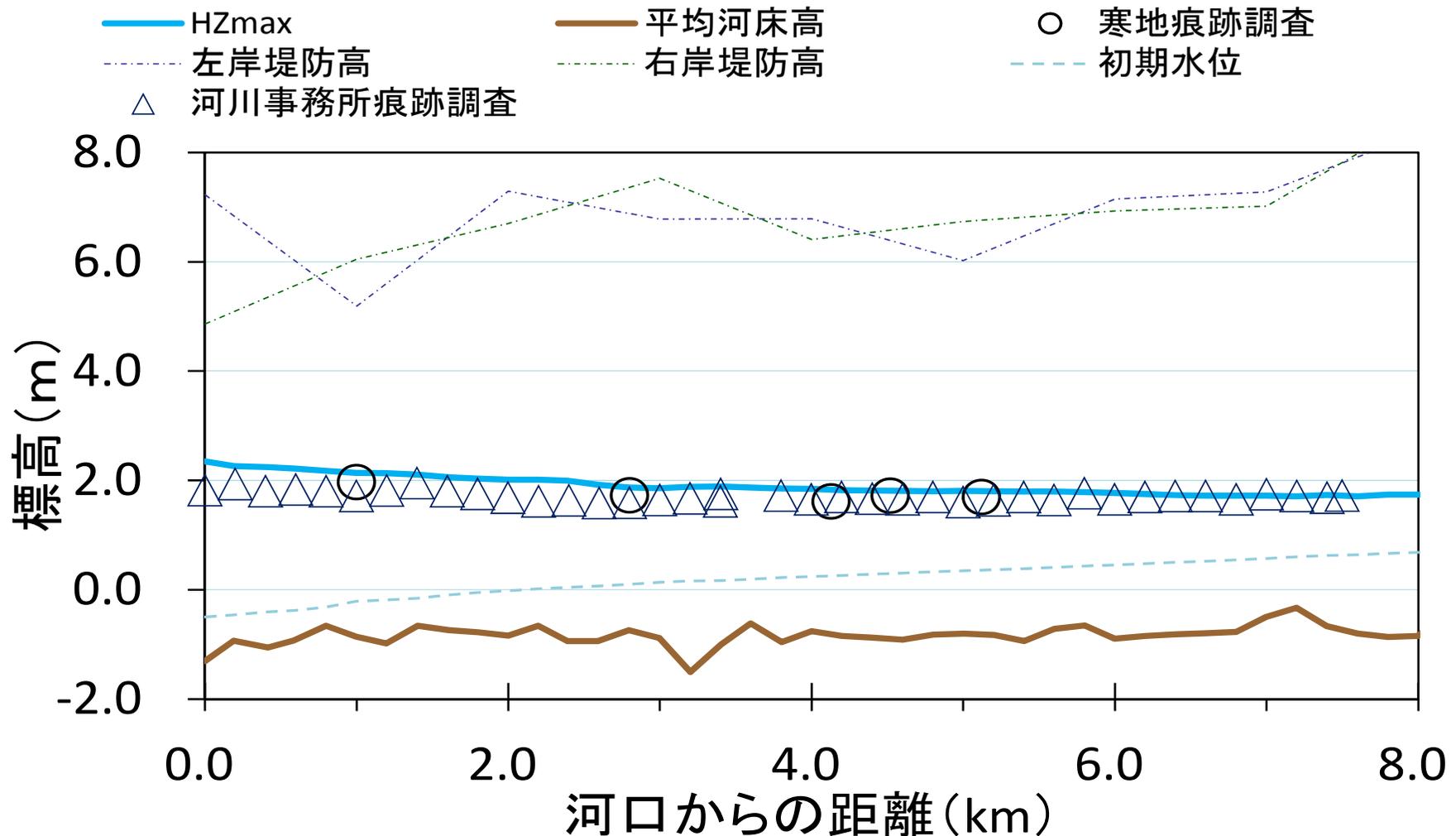
釧路開建治水課様より水位データをご提供頂きました

事例1：新釧路川(3.11)

精度の検証

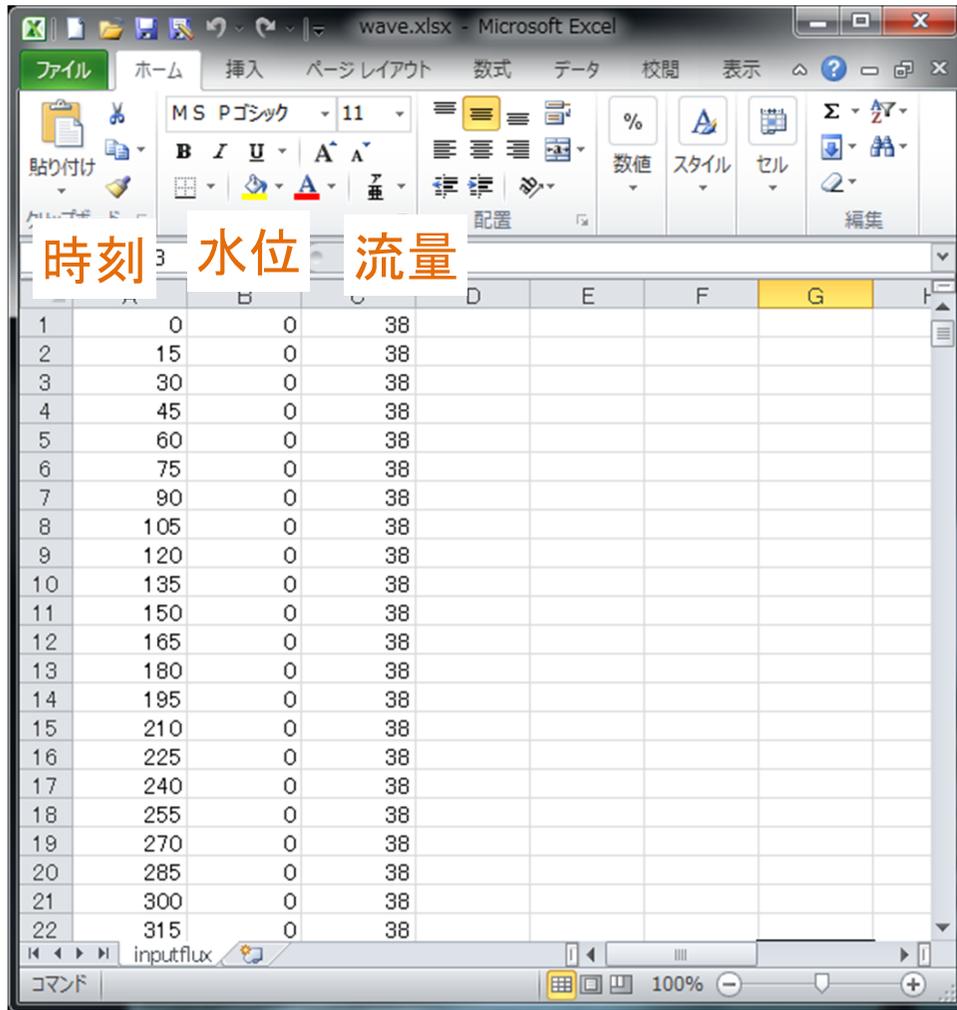
解析上得られた最大水位分布と痕跡調査結果とは概ね良好に一致していました

－ 最大水位と痕跡標高との比較



- CERI1Dを活用した遡上距離・遡上高推定手法

事例2:新釧路川(波高別)



時刻	水位	流量
0	0	38
15	0	38
30	0	38
45	0	38
60	0	38
75	0	38
90	0	38
105	0	38
120	0	38
135	0	38
150	0	38
165	0	38
180	0	38
195	0	38
210	0	38
225	0	38
240	0	38
255	0	38
270	0	38
285	0	38
300	0	38
315	0	38

波形データの式は、 $H \cdot \sin((\text{時刻}-3600)/1800 \cdot \text{PI}())$ を用いた
H: 波高

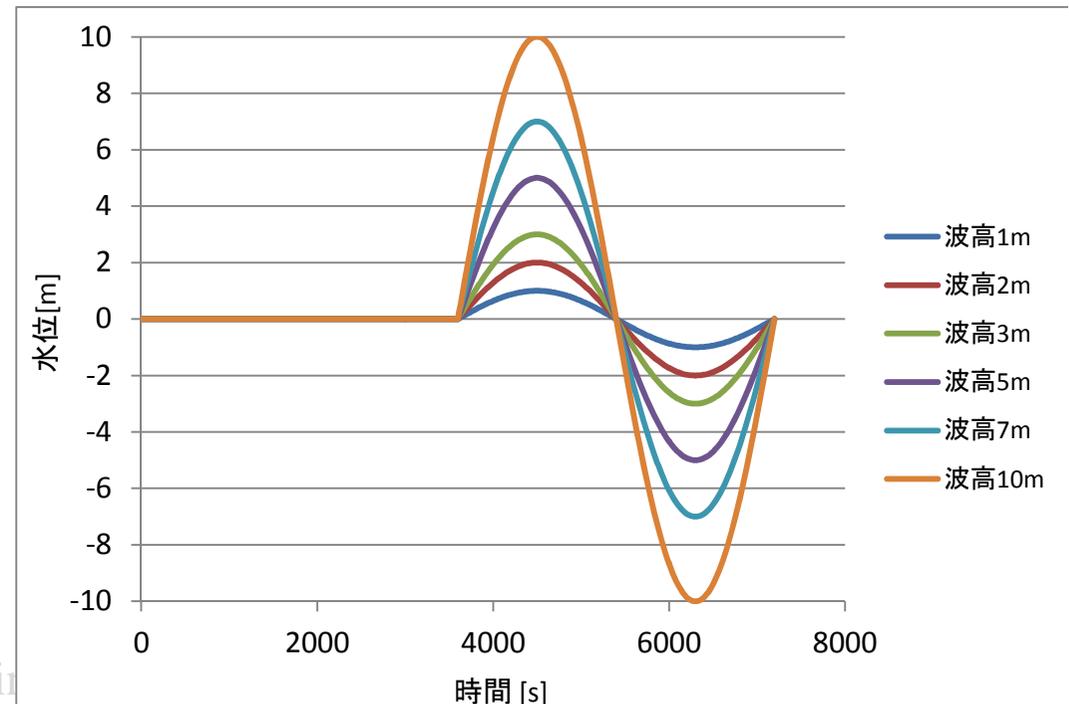
sin: 正弦波を仮定

0-3600s間は一定水位を仮定

3600-7200s間で押し波と引き波を仮定

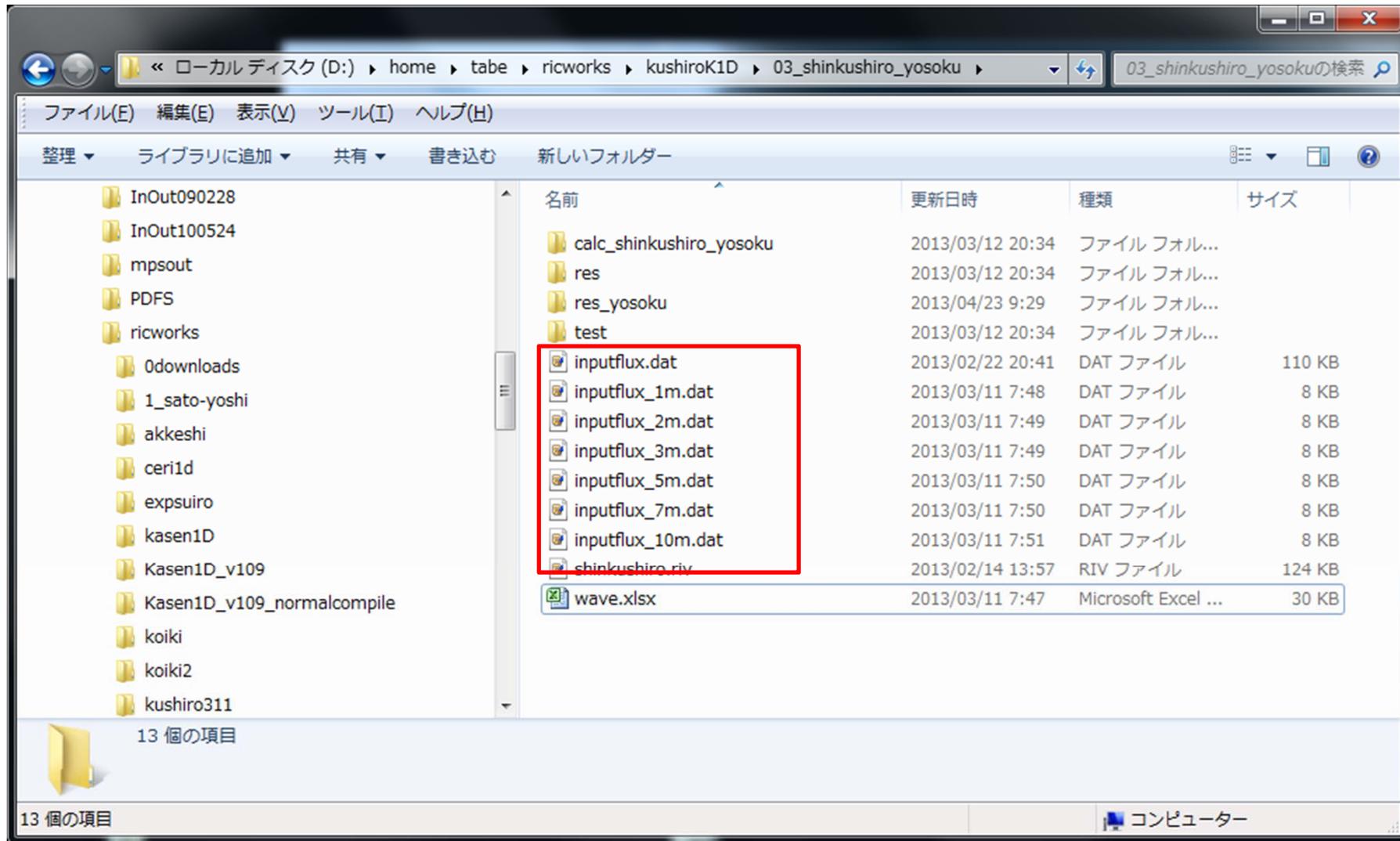
PI()は円周率

Excel上で作業し、タブ区切りテキストファイルとして出力することを想定



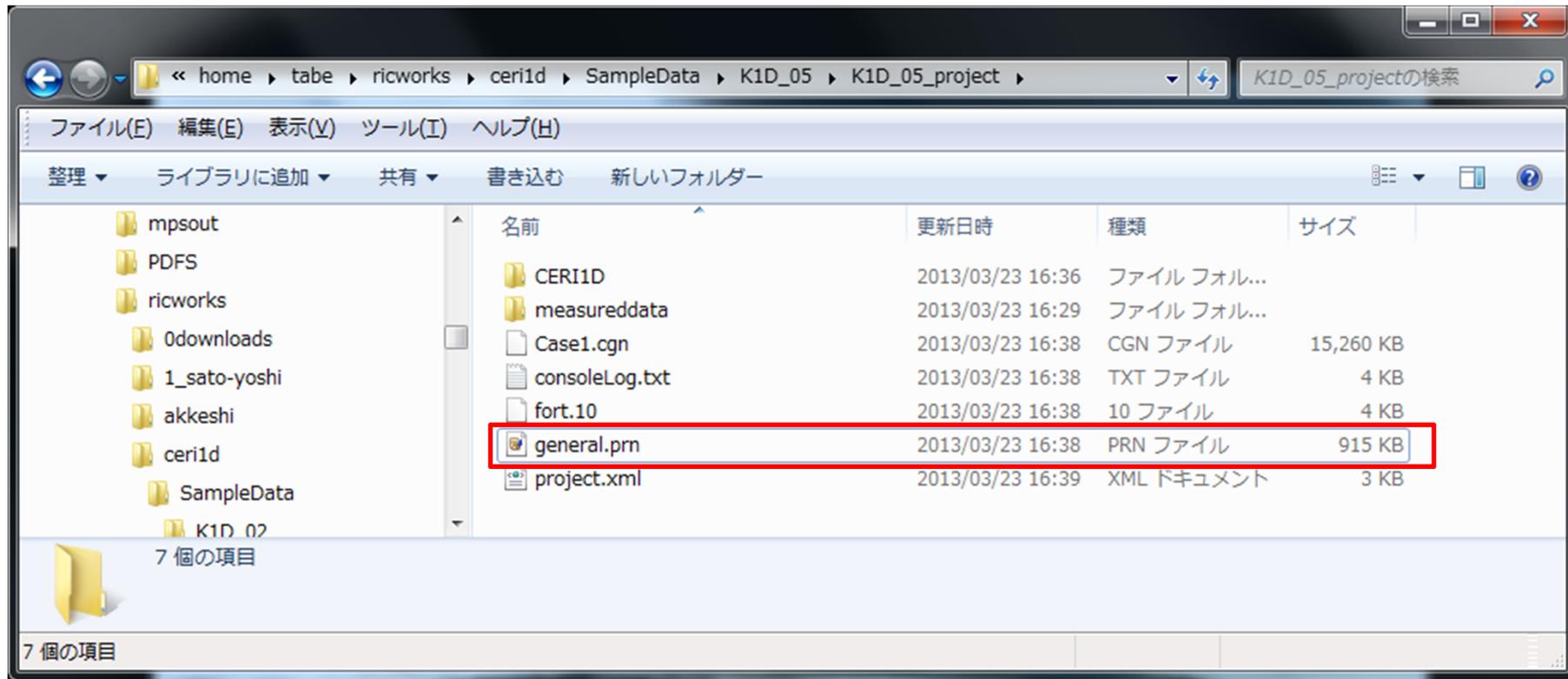
事例2: 新釧路川(波高別)

下記のように波高別に用意した境界条件データにより、順次解析を行います



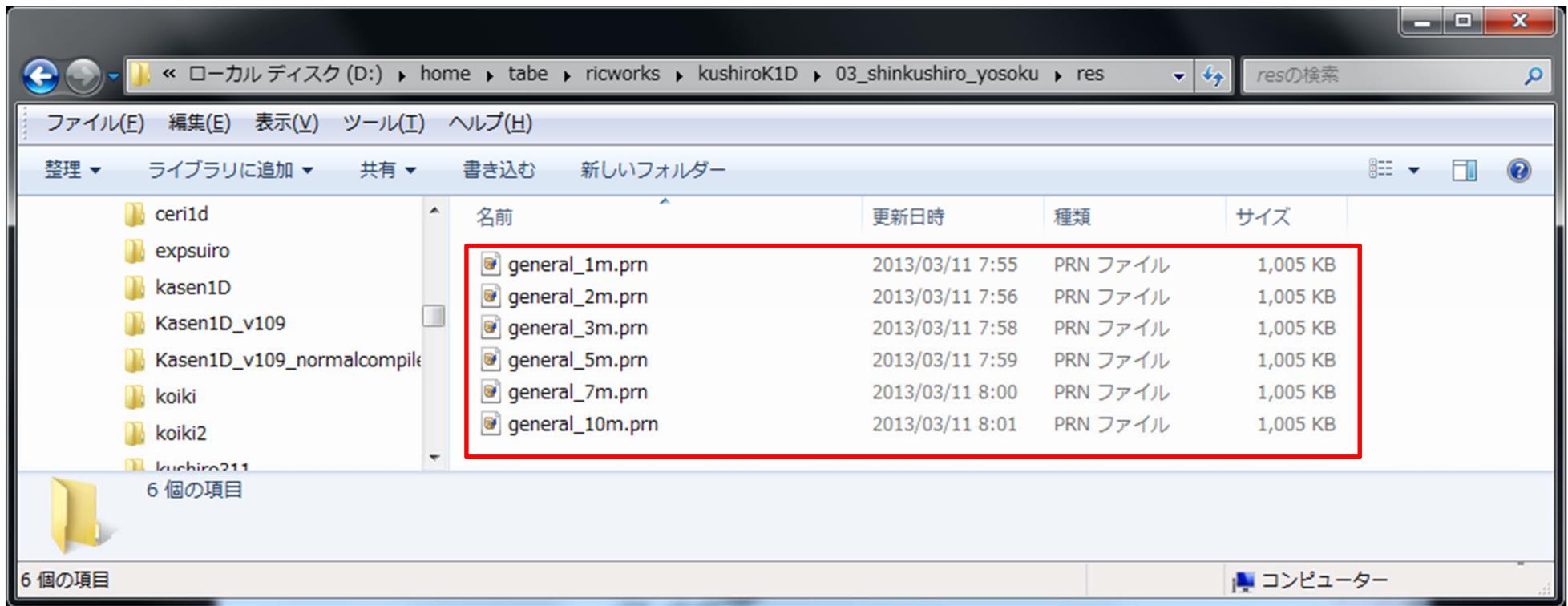
事例2:新釧路川(波高別)

計算が終わるとCERI1Dのプロジェクトフォルダ内に”general.prn”というファイルが生成されます



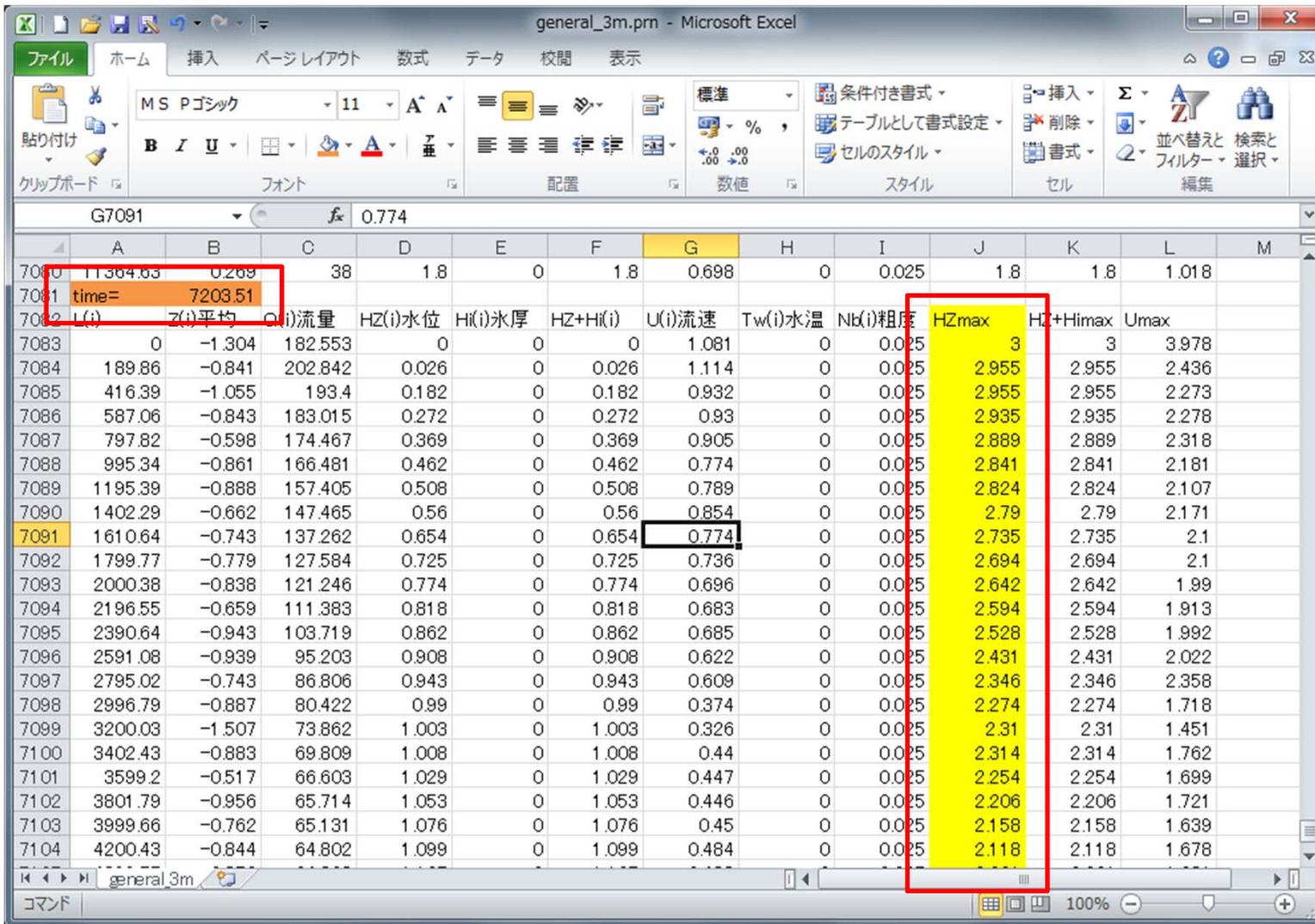
事例2: 新釧路川(波高別)

波高別計算結果であるgeneral.prnファイルに分かりやすい名前を付け、別フォルダに保存しておきます



事例2: 新釧路川(波高別)

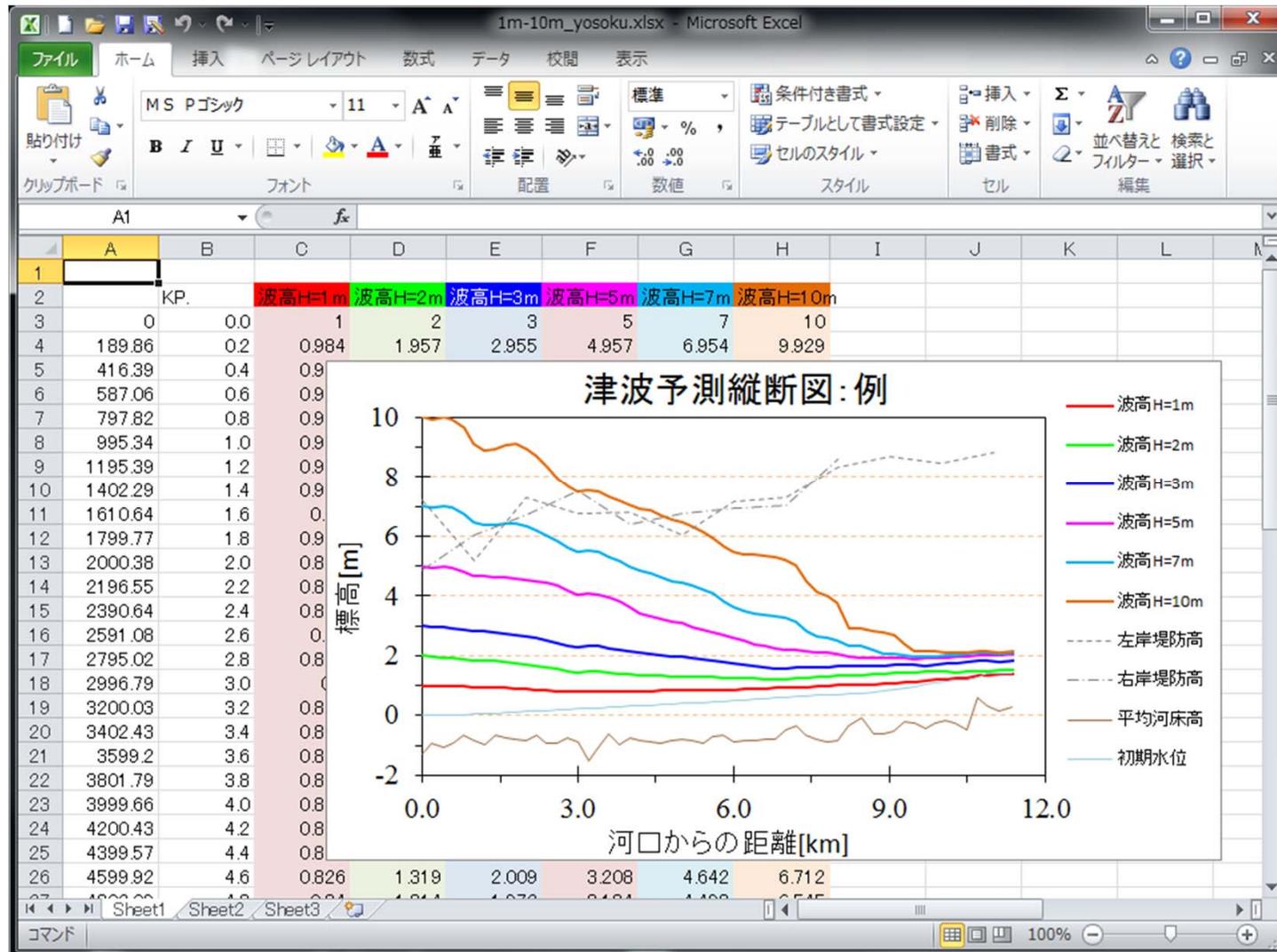
general.prnをExcelで開いた画面の例
出力された最終時刻(下では7203s)のHZmaxが、計算上得られた津波遡上後の最大水位分布です



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
7080	11364.63	0.269	38	1.8	0	1.8	0.698	0	0.025	1.8	1.8	1.018	
7081	time=	7203.51											
7082	U(i)	Z(i)平均	Q(i)流量	HZ(i)水位	HI(i)氷厚	HZ+HI(i)	U(i)流速	Tw(i)水温	Nb(i)粗度	HZmax	HZ+Himax	Umax	
7083	0	-1.304	182.553	0	0	0	1.081	0	0.025	3	3	3.978	
7084	189.86	-0.841	202.842	0.026	0	0.026	1.114	0	0.025	2.955	2.955	2.436	
7085	416.39	-1.055	193.4	0.182	0	0.182	0.932	0	0.025	2.955	2.955	2.273	
7086	587.06	-0.843	183.015	0.272	0	0.272	0.93	0	0.025	2.935	2.935	2.278	
7087	797.82	-0.598	174.467	0.369	0	0.369	0.905	0	0.025	2.889	2.889	2.318	
7088	995.34	-0.861	166.481	0.462	0	0.462	0.774	0	0.025	2.841	2.841	2.181	
7089	1195.39	-0.888	157.405	0.508	0	0.508	0.789	0	0.025	2.824	2.824	2.107	
7090	1402.29	-0.662	147.465	0.56	0	0.56	0.854	0	0.025	2.79	2.79	2.171	
7091	1610.64	-0.743	137.262	0.654	0	0.654	0.774	0	0.025	2.735	2.735	2.1	
7092	1799.77	-0.779	127.584	0.725	0	0.725	0.736	0	0.025	2.694	2.694	2.1	
7093	2000.38	-0.838	121.246	0.774	0	0.774	0.696	0	0.025	2.642	2.642	1.99	
7094	2196.55	-0.659	111.383	0.818	0	0.818	0.683	0	0.025	2.594	2.594	1.913	
7095	2390.64	-0.943	103.719	0.862	0	0.862	0.685	0	0.025	2.528	2.528	1.992	
7096	2591.08	-0.939	95.203	0.908	0	0.908	0.622	0	0.025	2.431	2.431	2.022	
7097	2795.02	-0.743	86.806	0.943	0	0.943	0.609	0	0.025	2.346	2.346	2.358	
7098	2996.79	-0.887	80.422	0.99	0	0.99	0.374	0	0.025	2.274	2.274	1.718	
7099	3200.03	-1.507	73.862	1.003	0	1.003	0.326	0	0.025	2.31	2.31	1.451	
7100	3402.43	-0.883	69.809	1.008	0	1.008	0.44	0	0.025	2.314	2.314	1.762	
7101	3599.2	-0.517	66.603	1.029	0	1.029	0.447	0	0.025	2.254	2.254	1.699	
7102	3801.79	-0.956	65.714	1.053	0	1.053	0.446	0	0.025	2.206	2.206	1.721	
7103	3999.66	-0.762	65.131	1.076	0	1.076	0.45	0	0.025	2.158	2.158	1.639	
7104	4200.43	-0.844	64.802	1.099	0	1.099	0.484	0	0.025	2.118	2.118	1.678	

事例2:新釧路川(波高別)

波高別のgeneral.prnファイルからHZmaxの列を抜き出し、Excel上で整理した画面です
これらの結果から、目的の津波予測縦断図が作成できます



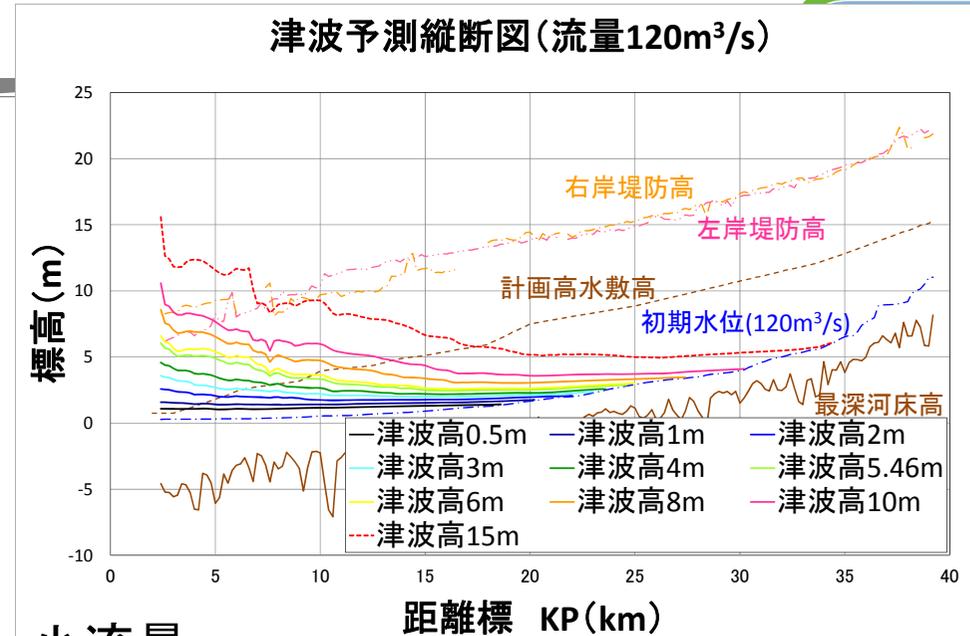
留意事項1

Microsoft Excel screenshot showing a data table with columns for time, water level, and flow rate. The 'flow rate' column is highlighted with a red box.

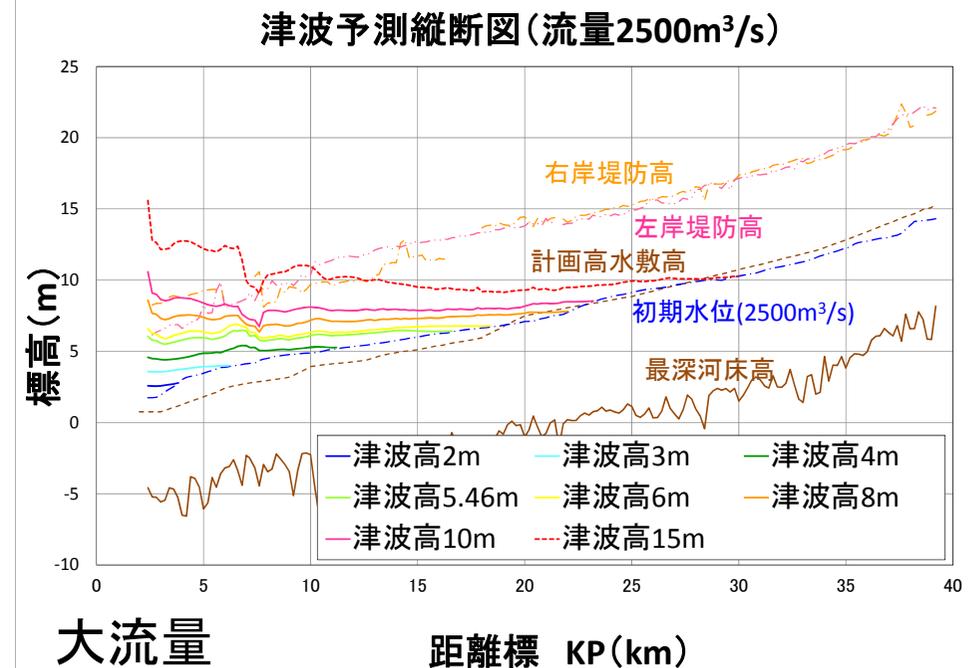
時刻	水位	流量
1	0	38
2	15	38
3	30	38
4	45	38
5	60	38
6	75	38
7	90	38
8	105	38
9	120	38
10	135	38
11	150	38
12	165	38
13	180	38
14	195	38
15	210	38
16	225	38
17	240	38
18	255	38
19	270	38
20	285	38
21	300	38
22	315	38

実際の河川では流量によって初期水位が変化し、遡上距離も変化します(例:右図)

波高の他に流量を変化させた解析を行う場合は、境界条件ファイルの流量の列を編集します

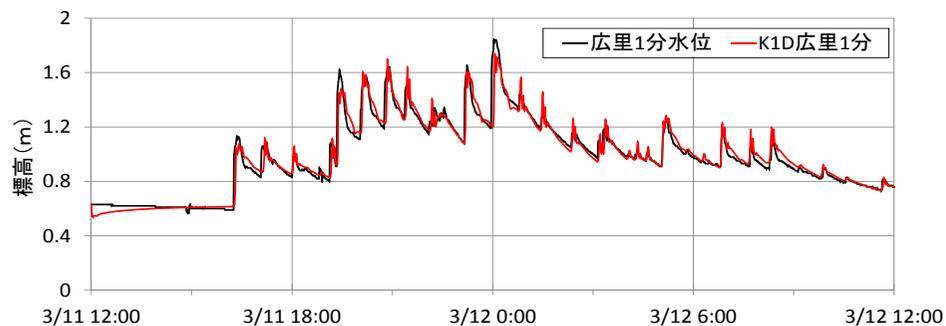


小流量



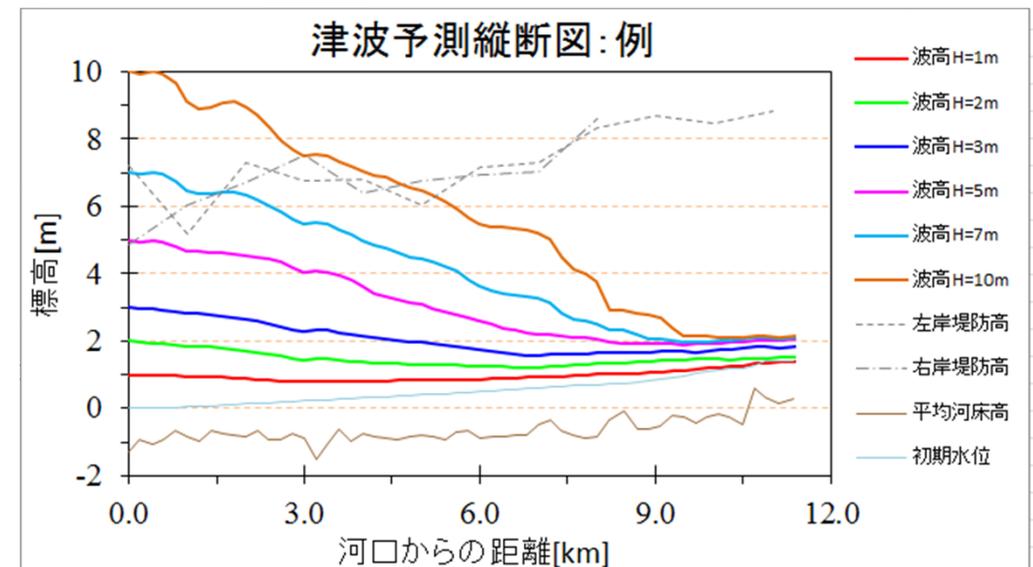
大流量

- CERI1Dによる津波遡上計算の基本的な流れを示しました
- CERI1Dによる津波計算について、3.11の際の新釧路川再現計算を実施し、水位データから妥当性の検証を行った事例を示しました
- CERI1Dを活用し、様々な津波規模に対して遡上距離(範囲)や遡上高(最大水位分布)を推定する手順を示しました



↑東北地方太平洋沖地震津波の再現計算結果

波高別の津波遡上予測縦断図の例→



お問い合わせ先

寒地技術推進室(技術相談窓口)

・・・本技術全般や導入について

寒地河川チーム

・・・計算モデル詳細や今後の普及について
(担当: 柿沼・阿部)

TEL 011-841-1639

寒地河川

検索



寒地土木研究所のホームページ



技術相談窓口

※お問い合わせメールフォームよりお願い致します。

津波河川遡上予測の手引き

平成25年3月

(独)土木研究所 寒地土木研究所
寒地水圏研究グループ 寒地河川チーム
寒地技術推進室 道東支所 道北支所

〒062-8602

札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号

独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所

TEL : 011-841-1639

FAX : 011-820-4246

E-mail : kasen@ceri.go.jp

WEB : <http://river.ceri.go.jp/>