

津波の予測精度高度化についての概要
釜石湾口防波堤の効果と被災メカニズムの検討

港湾空港技術研究所

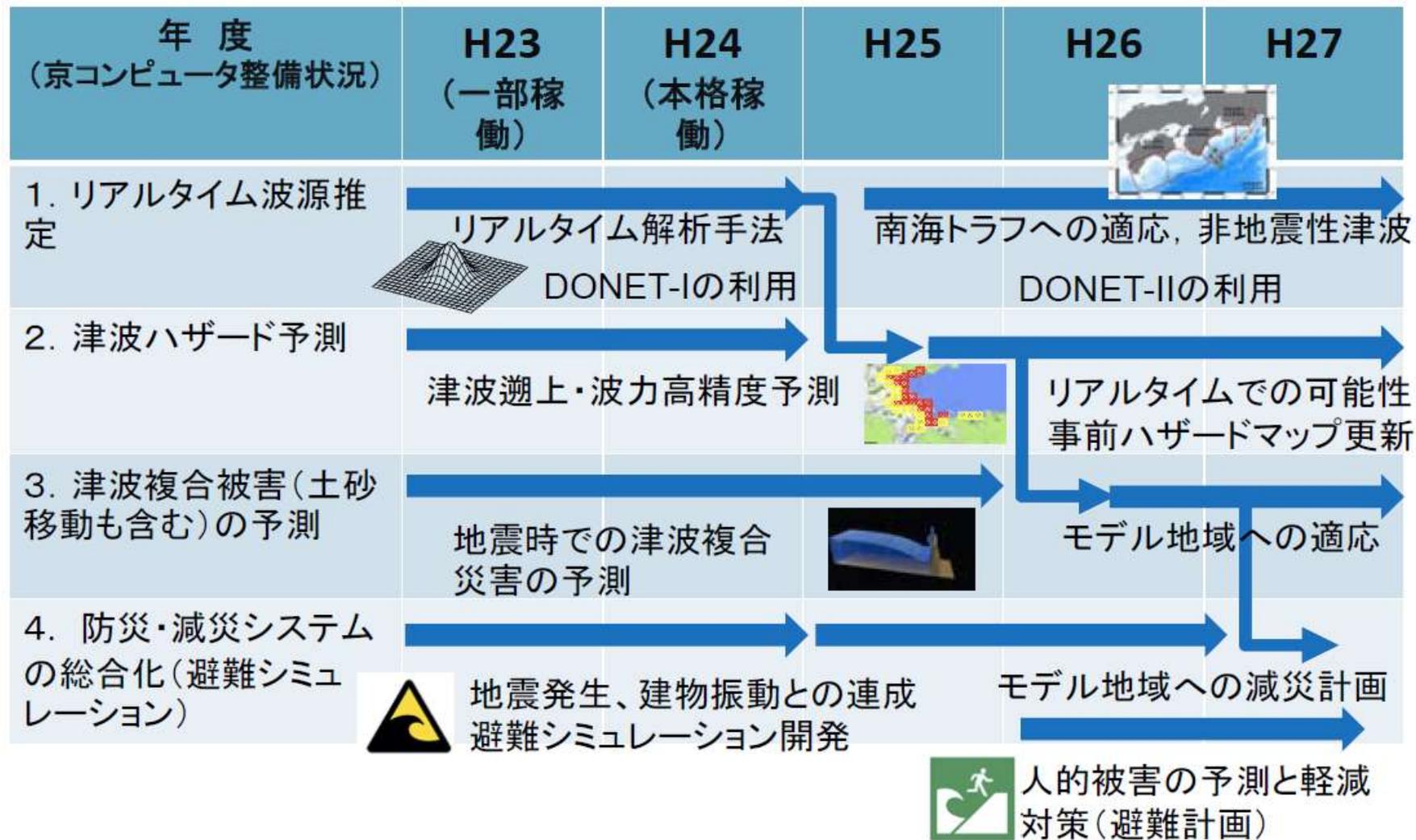
有川太郎・富田孝史・下迫健一郎

津波分野サブグループ

	現状と課題	手法	革新	期待される結果
リアルタイムでの波源推定 気象研・JMASTEC	波源の低い精度, 非地震性に対応できない, 観測網の充実化期待	リアルタイム観測 AQUA ,DONETシステムの活用,	大規模グリーン関数群の作成, 3次元流体インバージョン	詳細・迅速かつ正確な波源推定, 詳細かつ信頼の高い津波予測への提供
津波ハザード(浸水)の推定 東北大学	津波警報と避難計画が連携していない, 低避難率	津波発生モデル(シナリオ地震), メタ津波情報	モンテカルロシミュレーションとの融合, 南海トラフでの地震津波を対象に検討	高精度津波伝播・遡上の予測, 不確定性の考慮, 信頼の高い津波予測に基づく減災行動できる情報の提供
津波ハザード(流速・波力)の推定 防衛大	不確定性の位置づけが不明確	インターラクティブな機能(学習機能)	波力, 漂流物衝撃力の推定, 可能性被害	確率津波ハザード予測・事前ハザードマップの更新
津波複合被害の予測 港湾空港研	津波等による被害の定量評価	大型水理実験成果と融合した被害予測手法	構造・流体連成解析プログラムの構築	巨大複合災害の予測
津波による土砂移動 関西大学	土砂移動による影響実態不明	砂粒子の濃度分布および流砂量フラックス	砂粒子単位に多体問題を適用	砂移動に伴う被害の事前予測および被災後の迅速な防災対応

地震津波防災分野(津波の予測精度の向上)

5カ年計画



釜石湾口防波堤の効果と被災メカニズム の検討

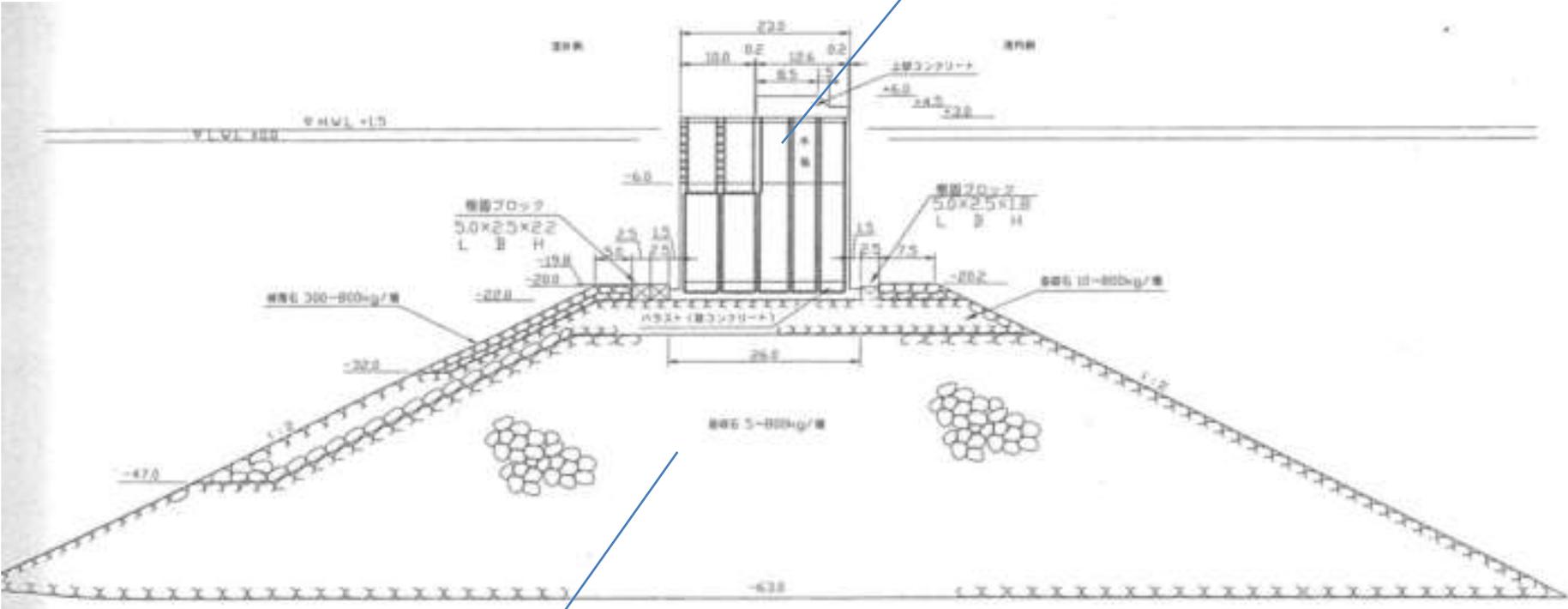
- 防護施設の津波による被災メカニズム
- 防護施設の効果

釜石を例として

釜石湾口防波堤



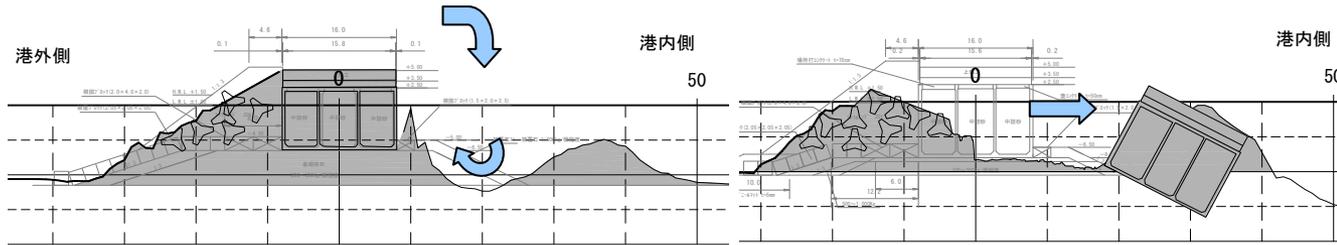
ケーソン(コンクリートの箱)



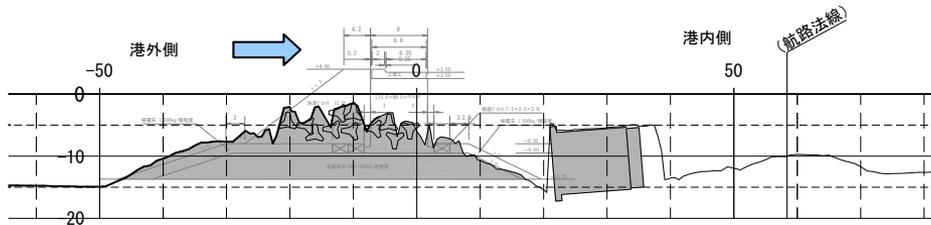
捨石(大きな石)

防波堤

越流洗掘型



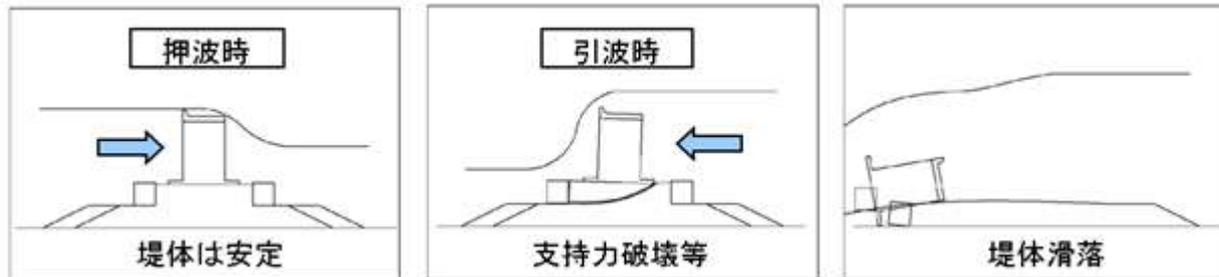
津波波力型(主に港内外の水位差による)



堤頭部洗掘型



引波水位差型



主な被災施設

八戸港八太郎防波堤
(中央部)

八戸港八太郎防波堤
(ハネ部)

釜石港湾口防波堤(北)

大船渡港湾口防波堤

相馬港沖防波堤

宮古港竜神崎防波堤

宮古港藤原防波堤

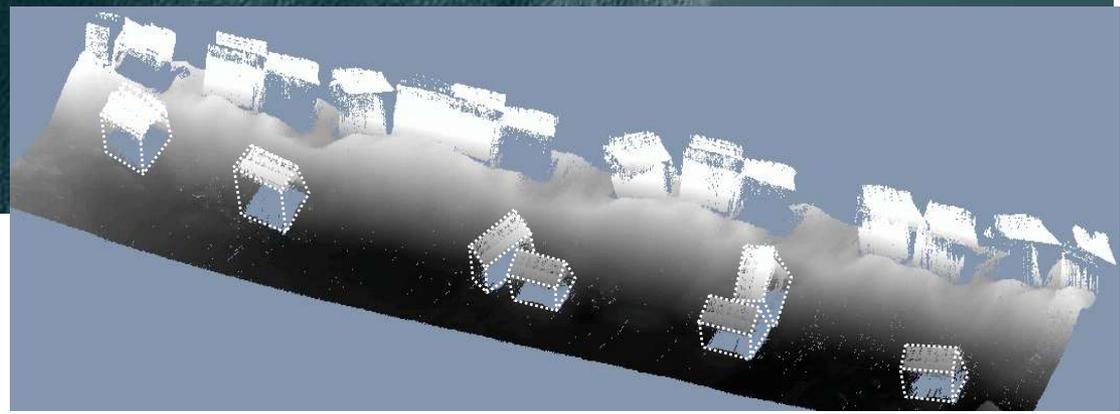
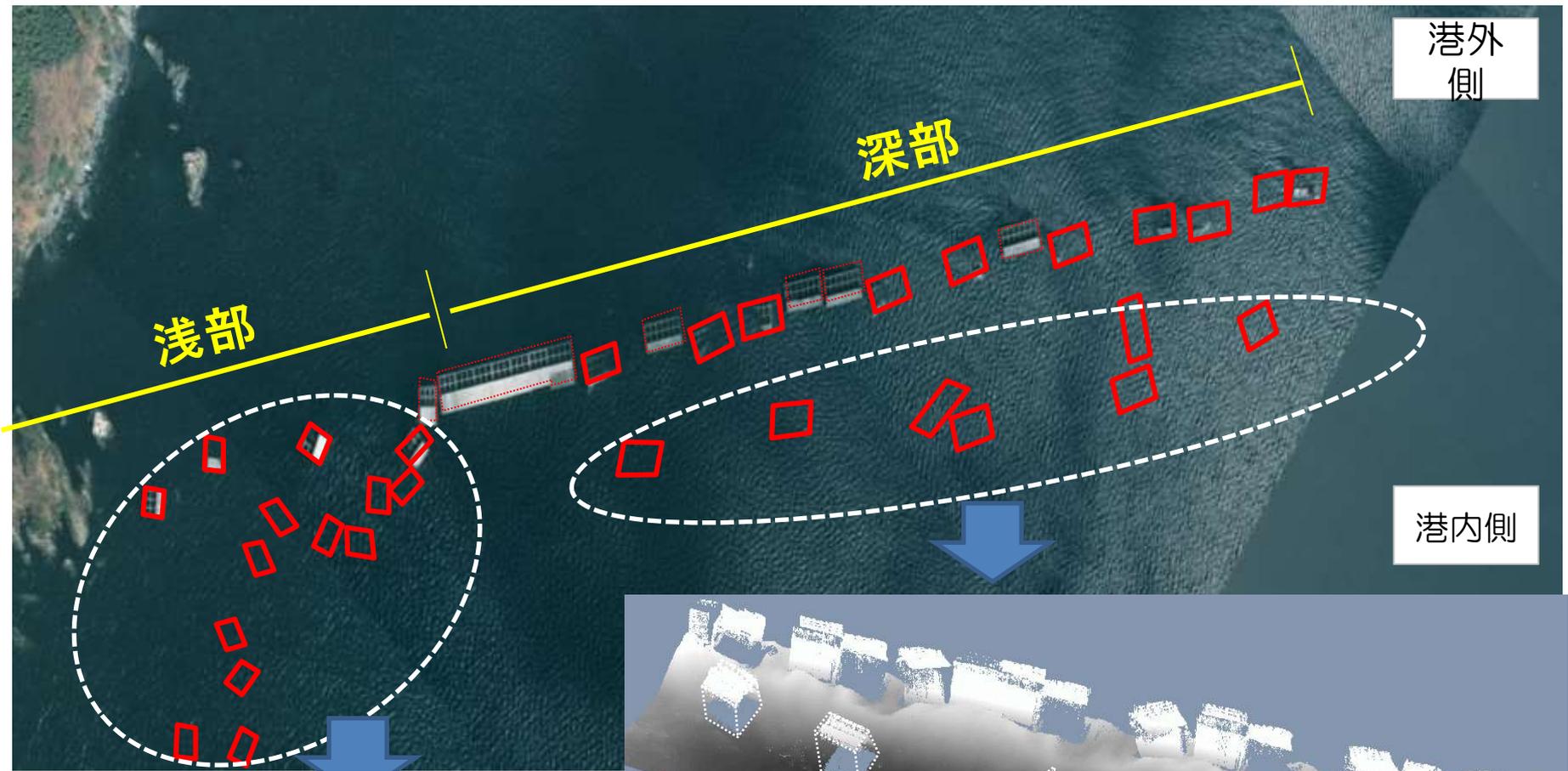
八戸港中央防波堤

八戸港第二中央防波堤

女川港防波堤

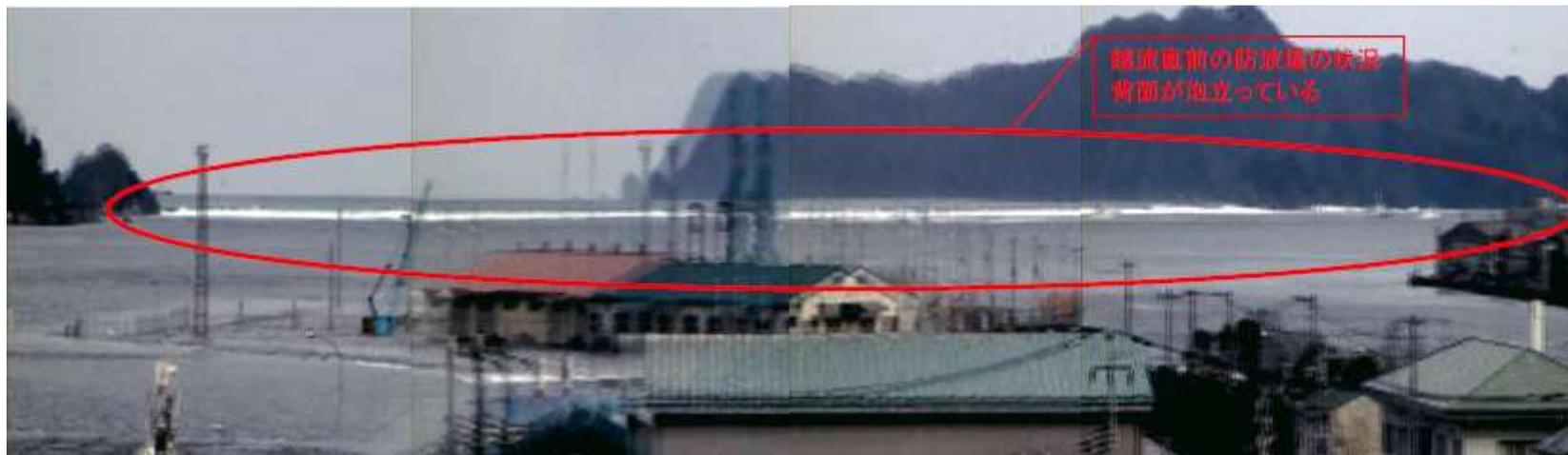
釜石港湾口防波堤 被災状況【北堤】

北堤では浅部がほぼ全壊（散乱）、深部がケーソン（堤体）の滑落と残存による歯抜けの状態となっている



ビデオから

第1波押波時(15:18)

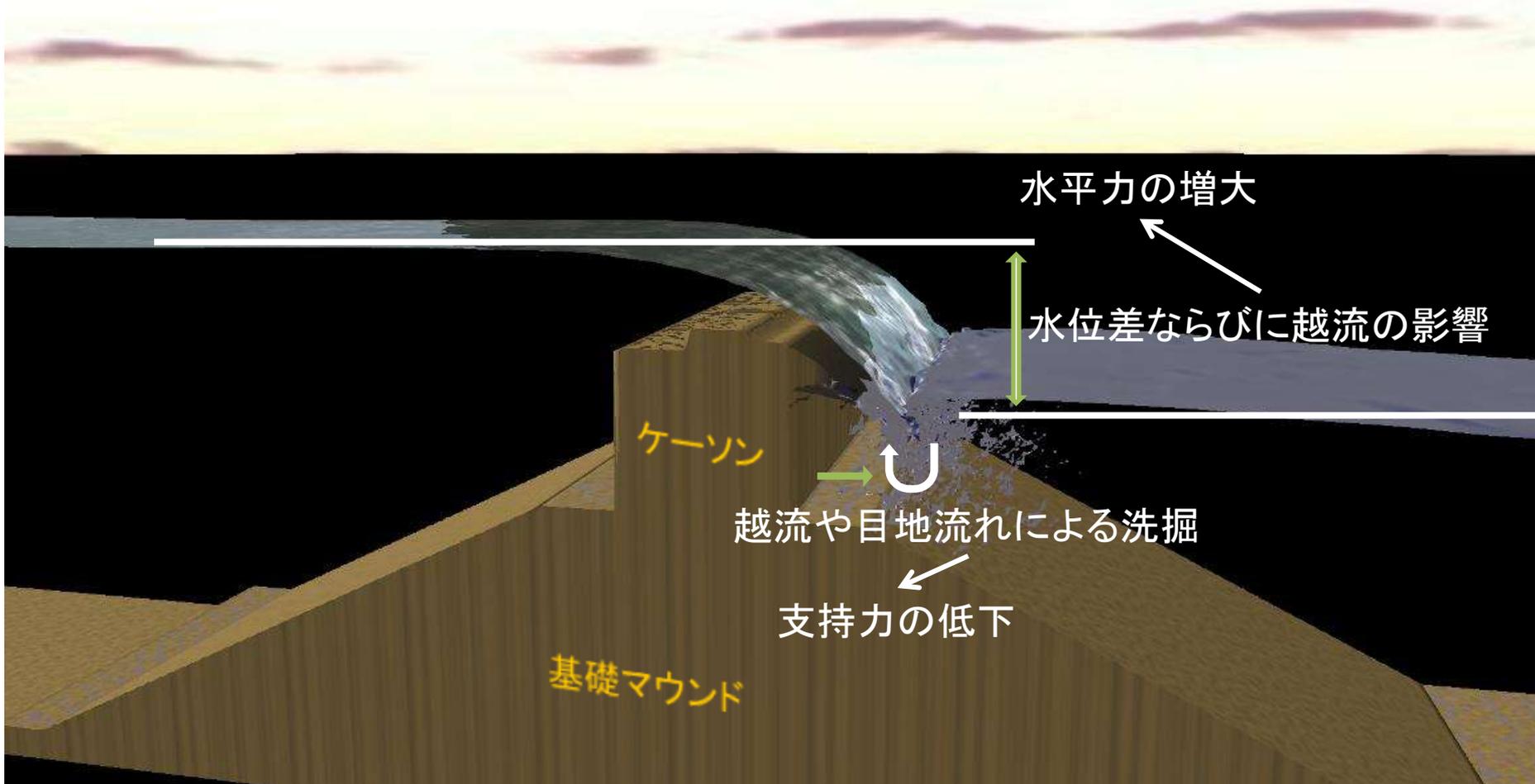


第1波引波時(15:28)



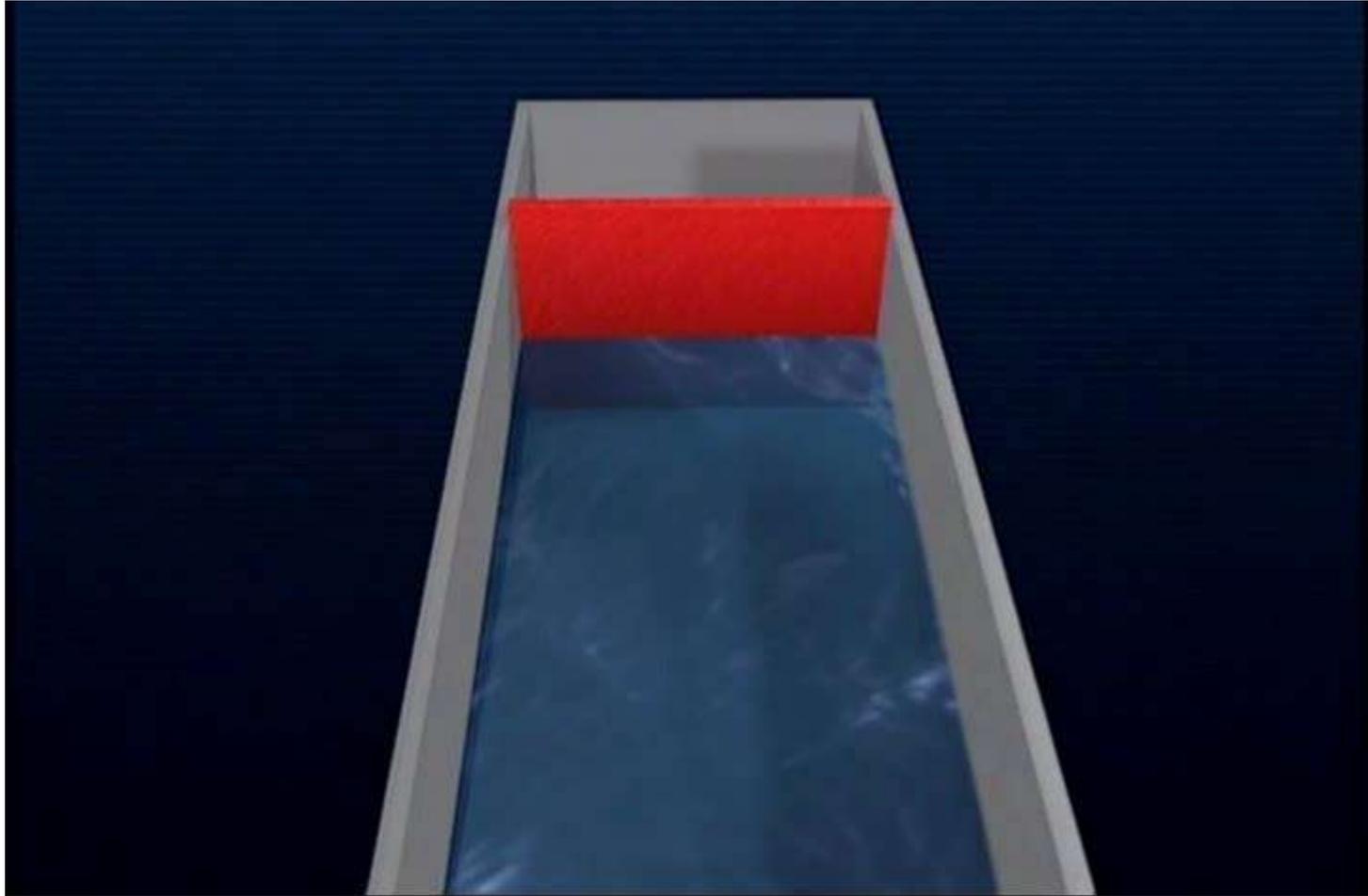
釜石湾口防波堤の堤幹部の被災メカニズム

津波越流時の主たる被災メカニズム



$$\text{滑動安全率} = \frac{\text{抵抗力}}{\text{水平力}}$$





実験の様子



釜石湾口防波堤の堤幹部の被災メカニズム

北堤堤幹部の被災状況

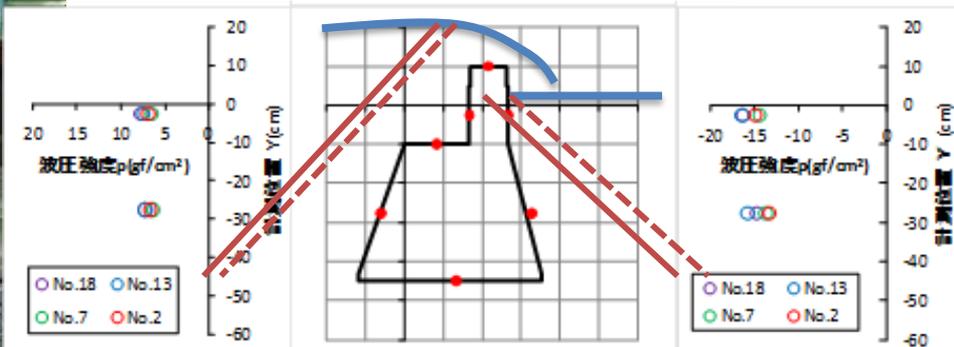


大規模実験
における津
波越流時の
様子

水平力の増大のメカニズム



実験結果(小型実験)



越流により背面の水圧が静水圧に比べて10%程度減圧したことにより、水平力が水位差に水圧差より増大した

津波レベルの設定方針

↑ 構造物の設計外力を考えるためのレベル

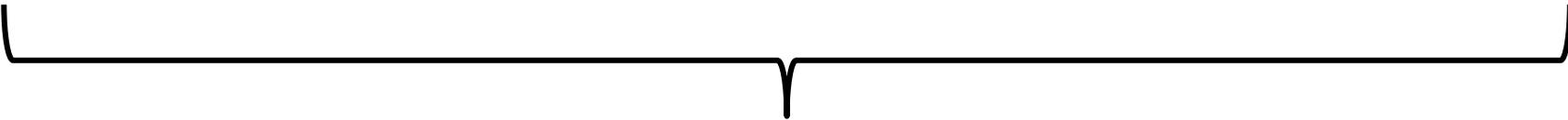
津波レベル	定義	防護目標	計画・設計
津波防護レベル (L1)	数十年～百数十年に1回の頻度で発生すると考えられる津波	<ul style="list-style-type: none">・ 人命を守る・ 財産を守る・ 経済活動の継続・ 発災直後に必要な沿岸部の機能の継続	堤内地の浸水を防止するよう計画・設計
津波減災レベル (L2)	津波防護レベルをはるかに上回り、構造物対策の適用限界を超過する津波	<ul style="list-style-type: none">・ 人命を守る・ 経済的損失の軽減・ 大きな二次災害の防止・ 早期復旧	堤内地の浸水を許すが、破壊・倒壊をにくくし、被害が拡大しないよう計画・設計

↓ 避難計画, 被害想定を考えるためのレベル

考え方

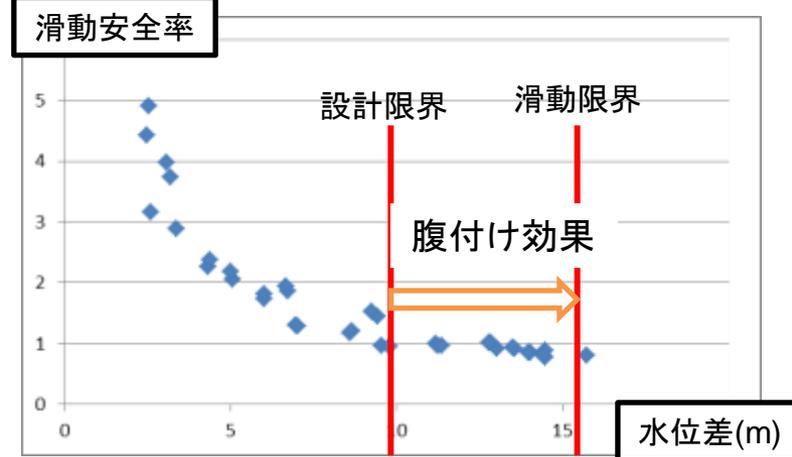
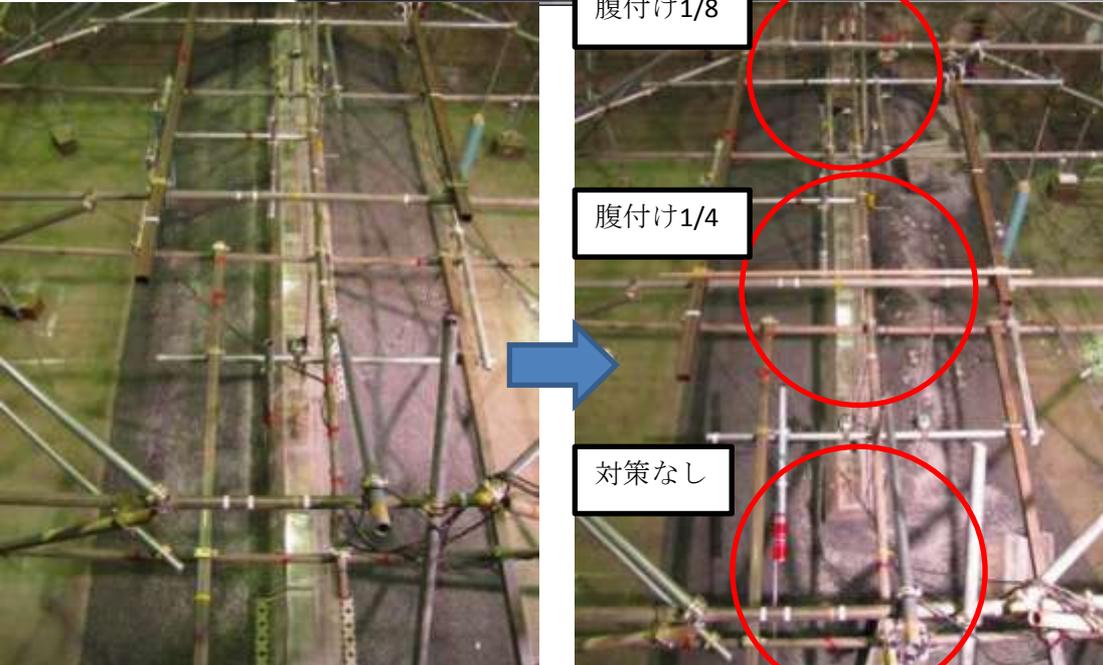
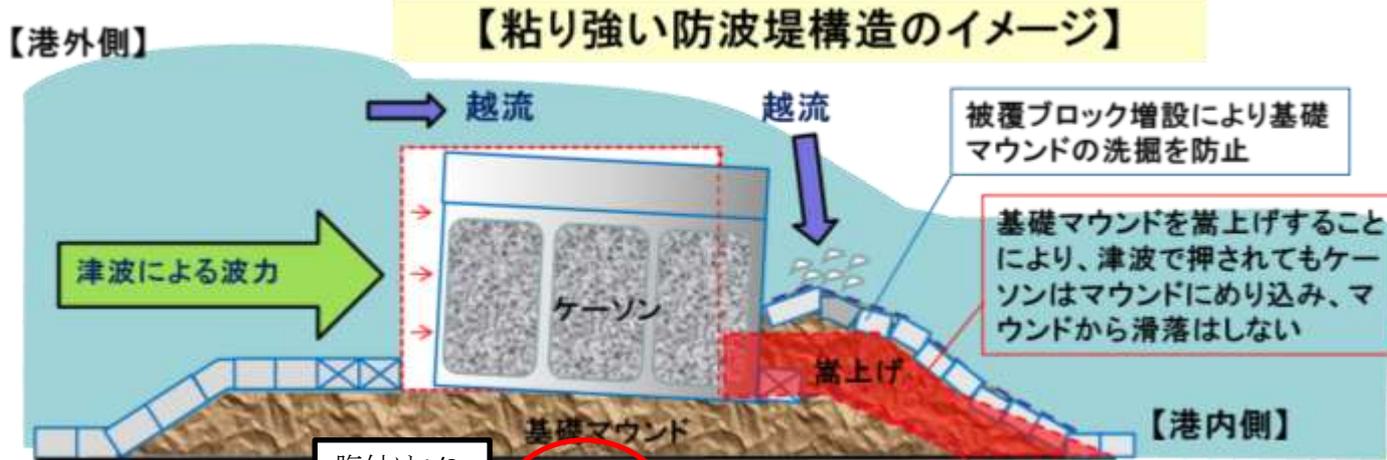
最悪のシナリオを
想定して、避難計
画や被害想定を
策定する

壊れ方を予測で
きる技術を磨き、
粘り強い構造物
を建造する



想定外でも被害を最小化できるまちづくり

防波堤の粘り強い構造



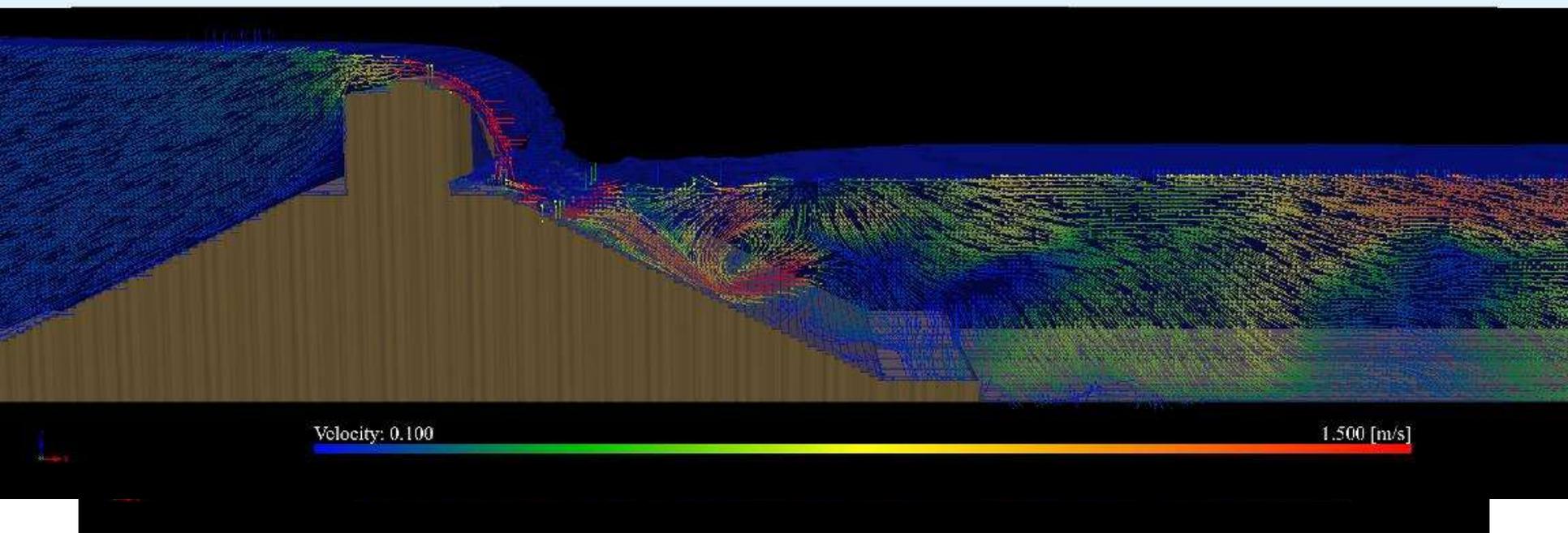
防波堤に作用する外力としては、滑動安全率が1.0以下の状態になっているが、腹付けがあり、水平抵抗力としての効果を発揮し、実質的に滑動抵抗力を増大させた

対策なし、ケーソンの高さの1/8まで腹付けしたものの、ケーソンの高さの1/4まで腹付けしたものをそれぞれならべ、同時に津波の外力を作用させた結果となる。これを見ると、腹付け1/4のみケーソンが流されていないことがわかる。これは、腹付け1/8では越流による洗掘によりその効果がほとんど見受けられず、一方で、1/4程度の高さであれば、実験の作用時間程度では洗掘されきれず、津波力に耐えられたことが示されている。越流による洗掘は課題となる

背後が掘られる問題

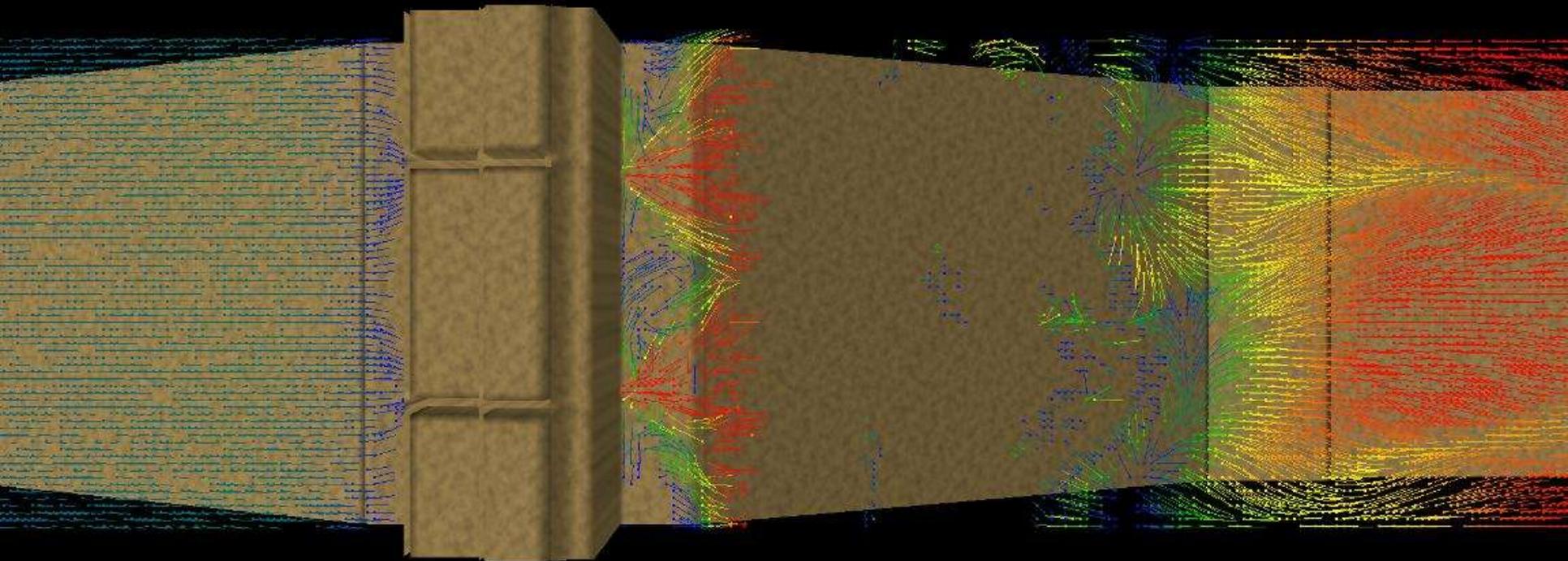


60.00 s



水槽試験を格子サイズ5cmで計算(約1000万格子, 32cpuで7日程度)

70.00 s



Velocity: 0.100

1.500 [m/s]

防護施設の効果

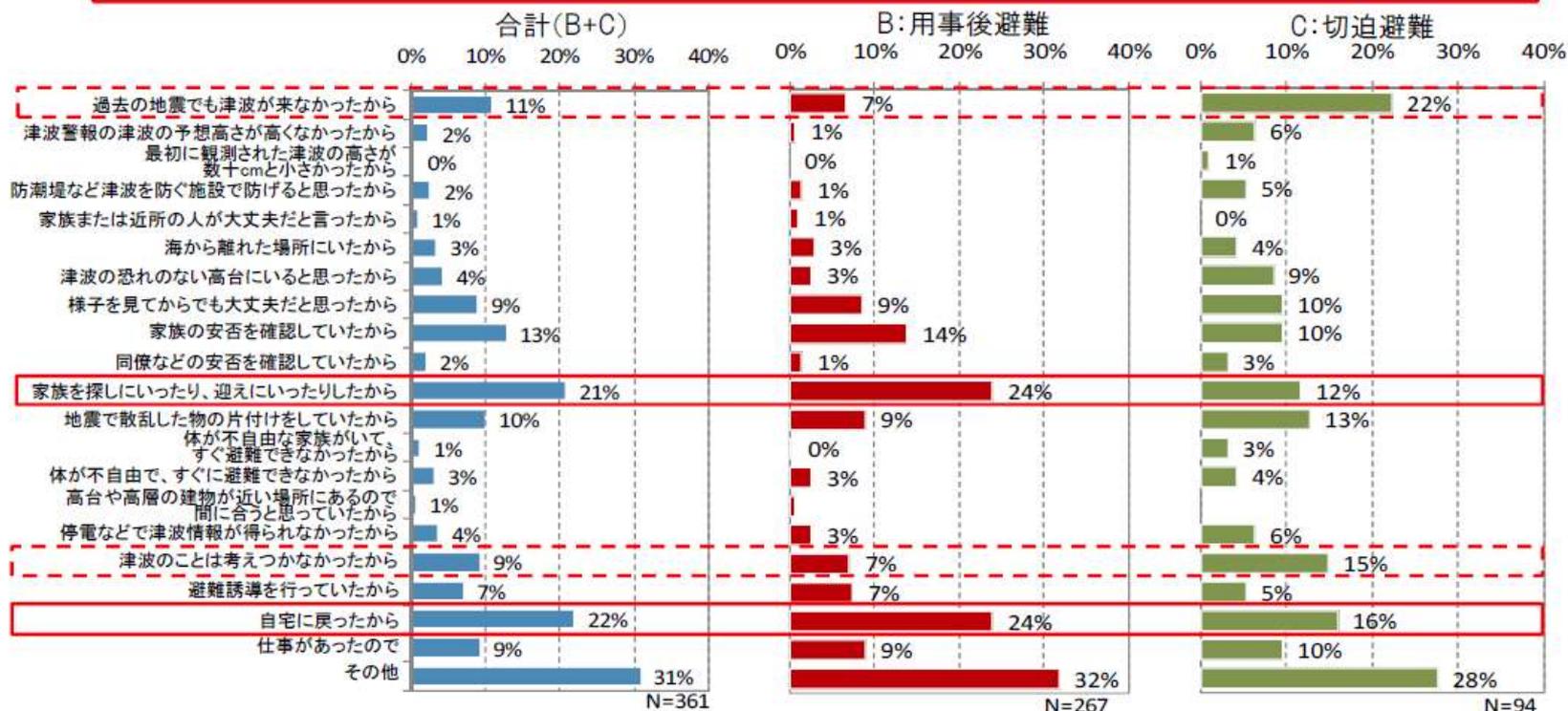
- 津波防護効果と逃げ遅れ効果

避難行動パターンとすぐに避難しなかった理由

※N=361(B+C)

行動パターン「B:用事後避難」「C:切迫避難」の方に対して、すぐに避難しなかった理由を調査した結果、「B:用事後避難」の人は、「家族を探しにいたり、迎えにいたりしたから」「自宅に戻ったから」という理由が多い。一方、「C:切迫避難」の人は「過去の地震でも津波が来なかったから」、「津波のことは考えつかなかったから」といった津波への意識が薄いと考えられる理由が多い。

「家族を探す」、「自宅へ戻る」といった行動が、迅速な避難行動を妨げる要因になっている
この要因を減らすことが被害軽減に結びつく

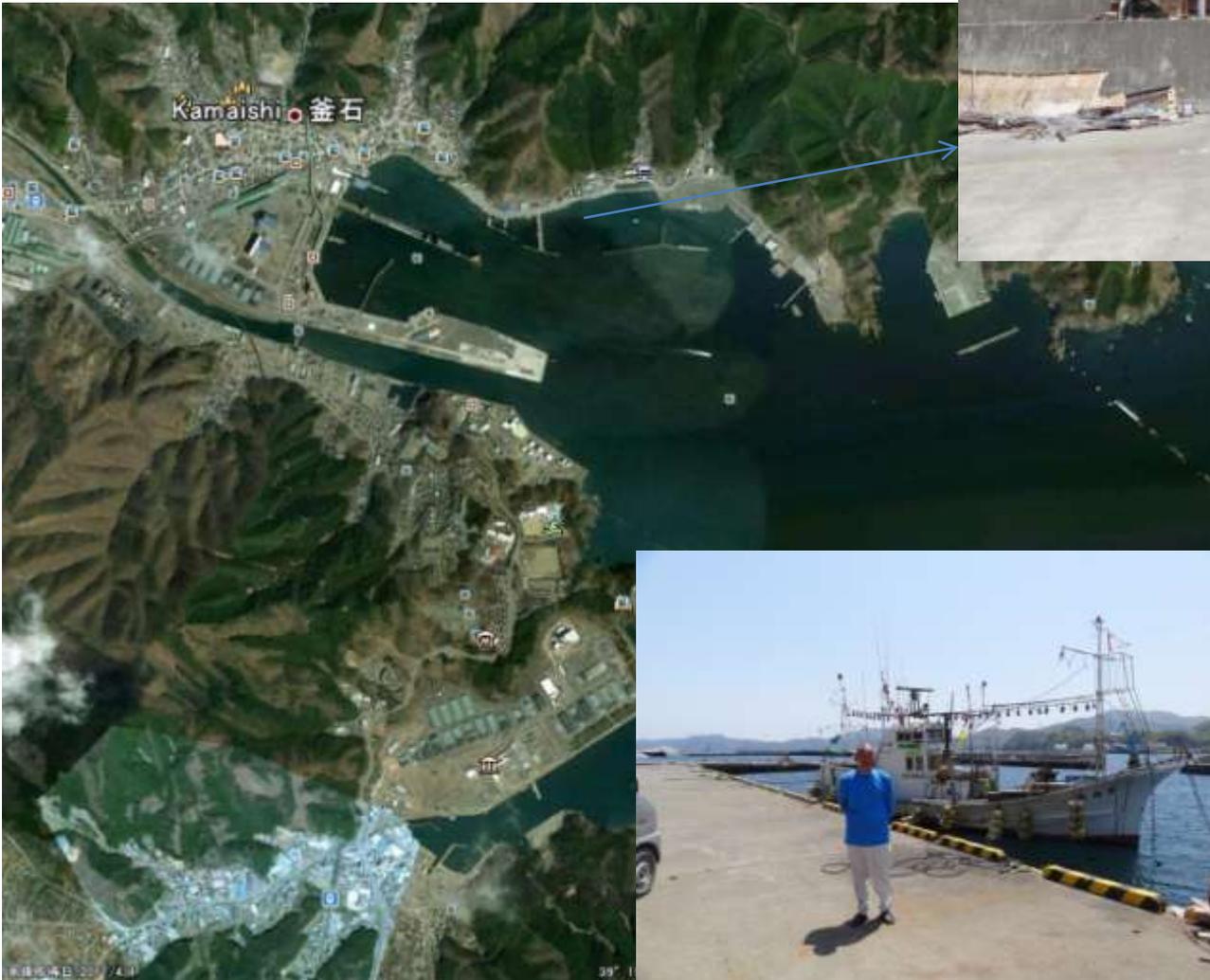


※その他(身内や知人等の世話をしていた、会社や家族の指示で待機していた、避難の準備をしていた など)

(複数回答)

図 すぐに避難しなかった理由

釜石湾内の被害



隣の家で2名(30代)
隣の隣の家で2名(60代)
逃げる途中に3名程度

階層型連携シミュレーションの構築

準3次元モデル(多層レベルモデル)

各層では静水圧を仮定

計算負荷: 軽

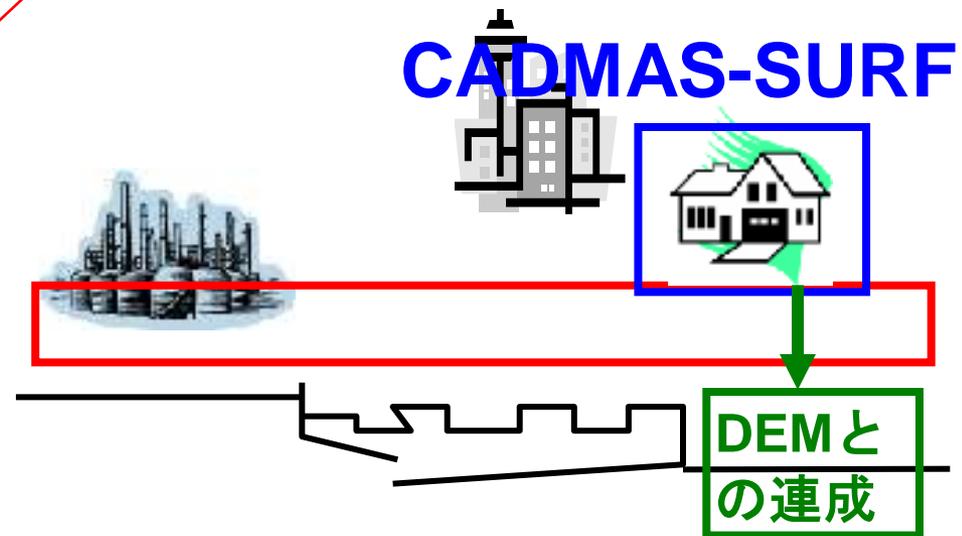


3次元モデル

水表面をVOF法により推定

計算負荷: 重

CADMAS-SURF



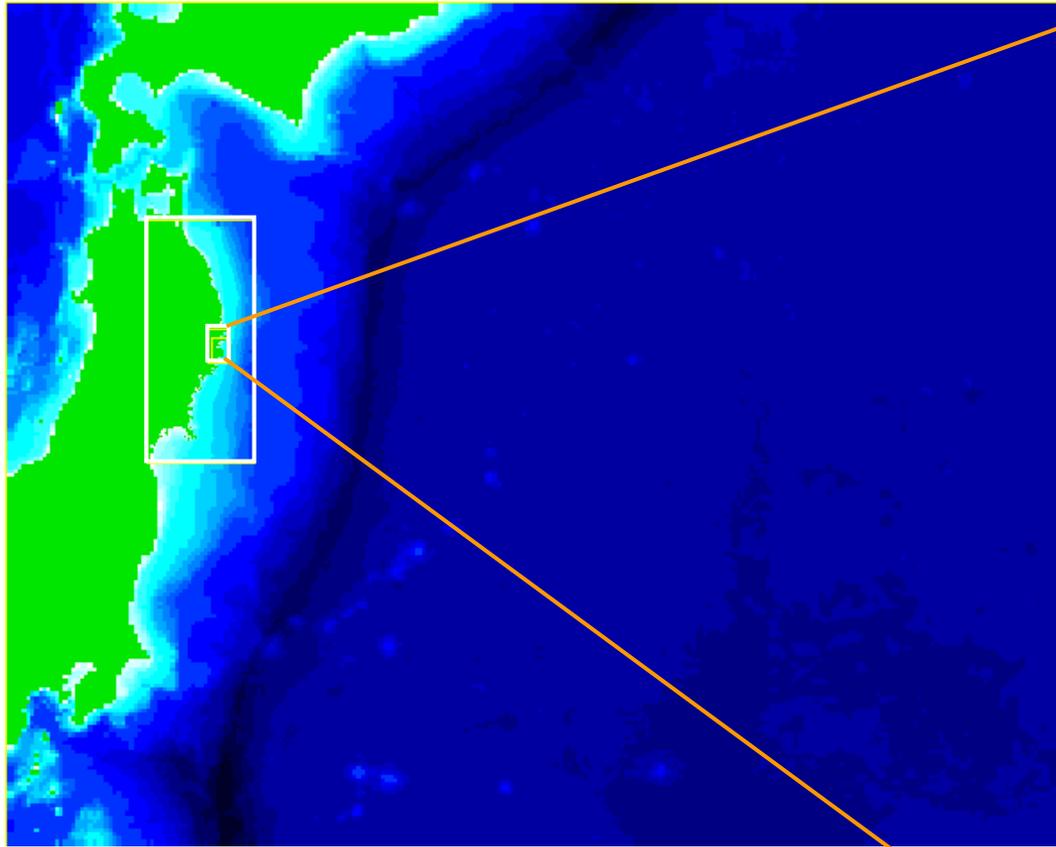
STOC-IC

3次元モデル

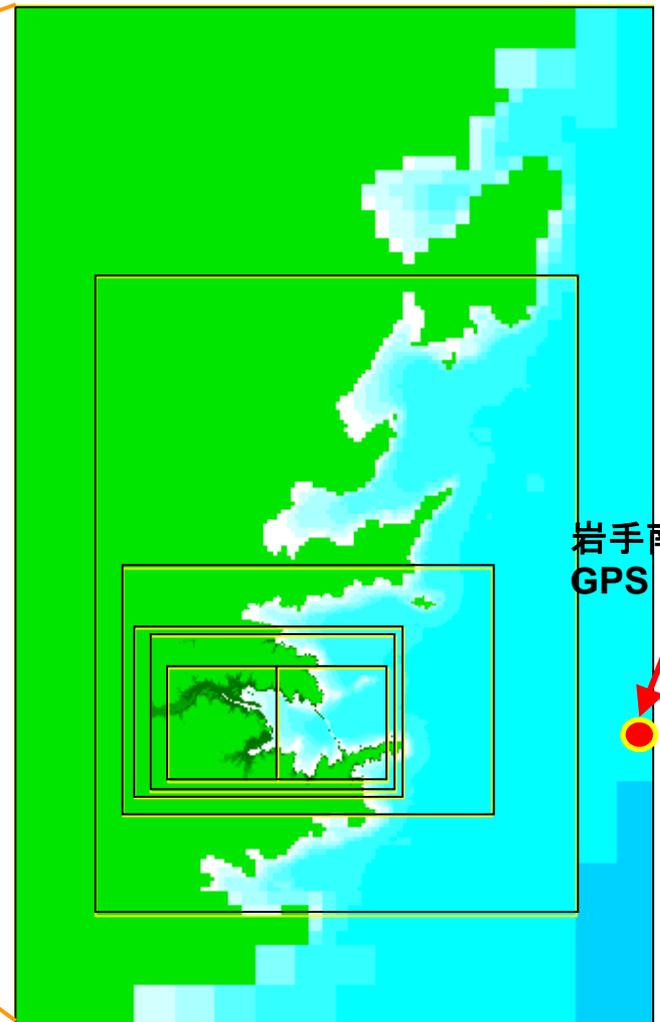
水表面を鉛直方向に積分した連続式から算出

計算負荷: 中

計算領域



1-3領域



岩手南部沖
GPS

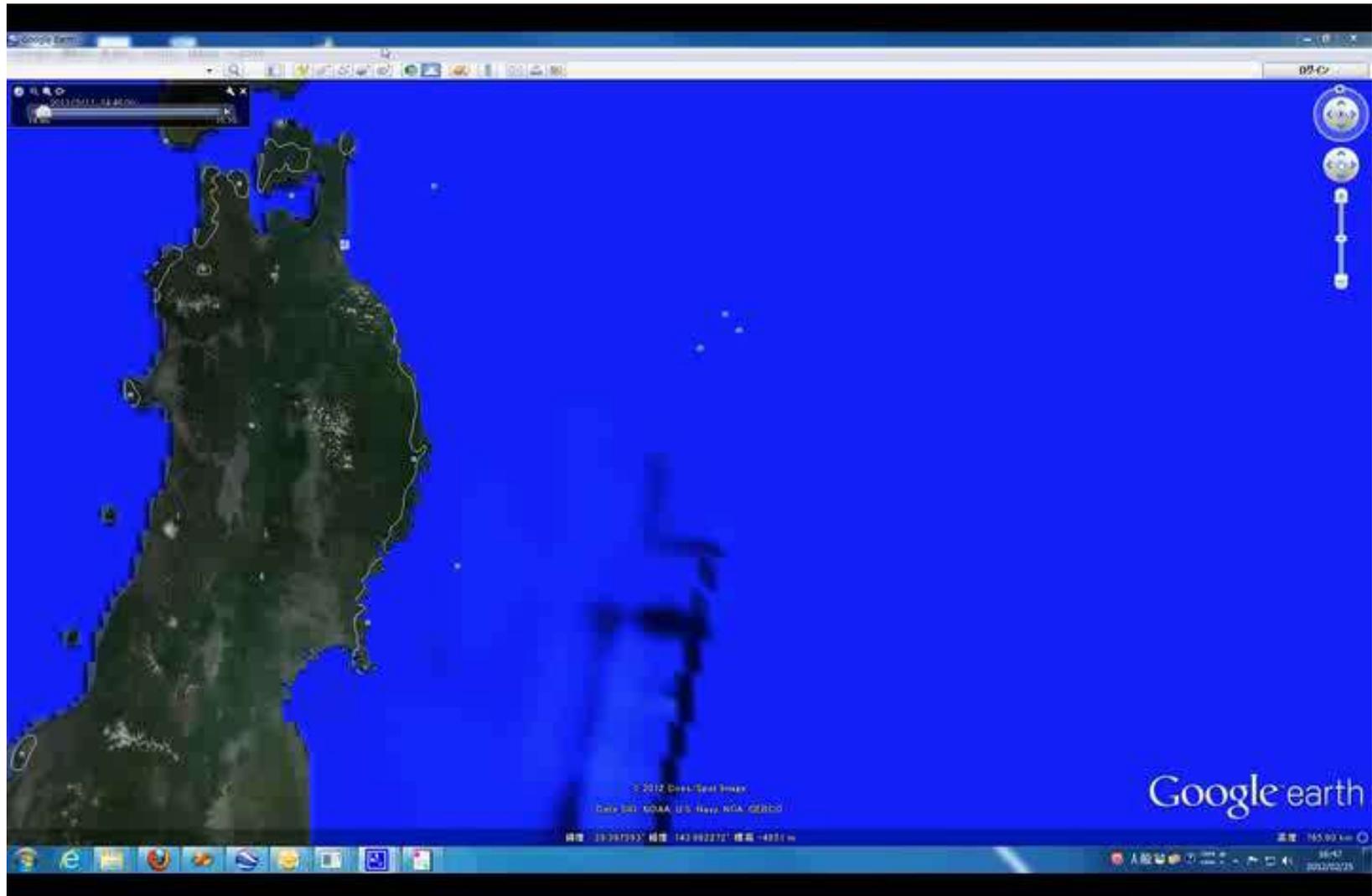
第3-8領域

(領域8は2分割して並列計算)

領域の設定条件

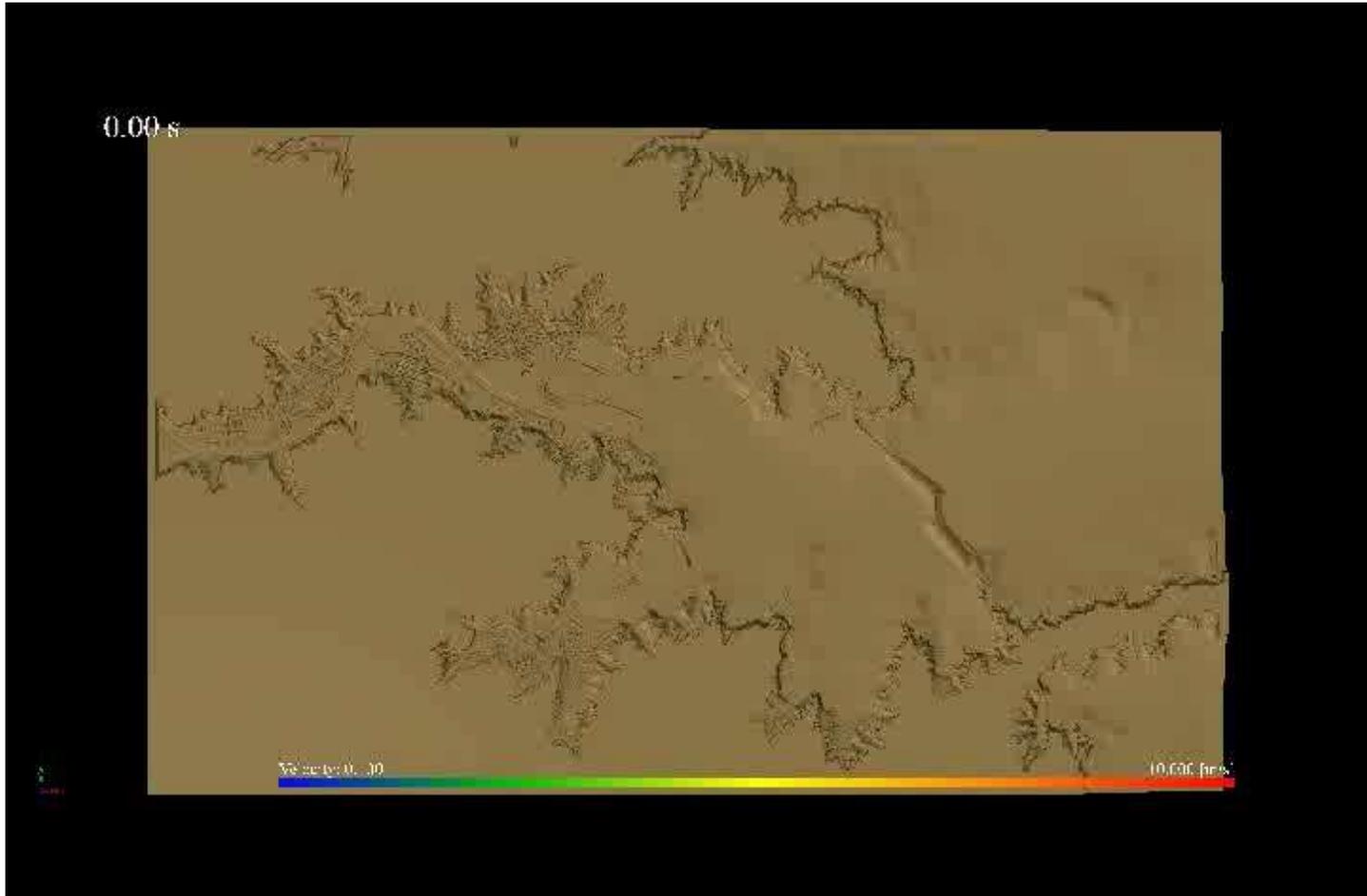
領域番号	分割数NI	分割数NJ	格子サイズ	南西端(E)	南西端(N)	最大水深	遡上計算
単位	-	-	m	°	°	°	-
a01	256	205	5,400	138.8560	33.4172	9,285	なし
a02	78	177	1,800	140.8298	37.9597	1,166	なし
a03	48	75	600	141.7667	39.1398	249	なし
a04	108	141	200	141.8089	39.1827	185	なし
a05	166	110	100	141.8234	39.2222	137	なし
a06	240	150	50	141.8304	39.2293	100	なし
a07	1100	690	10	141.8386	39.2320	106	あり
a08	1970 →2分割	1000	5	141.8479	39.2359	96	あり

計算結果



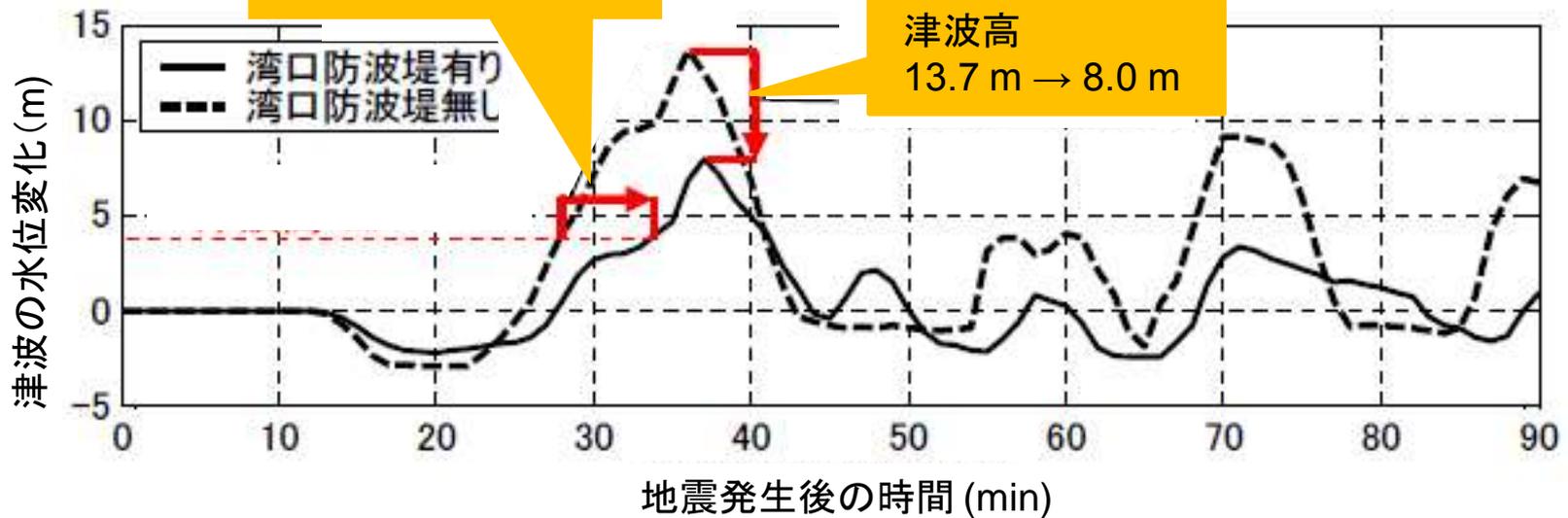
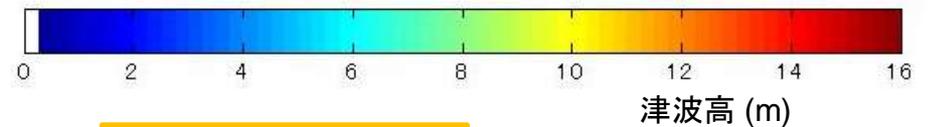
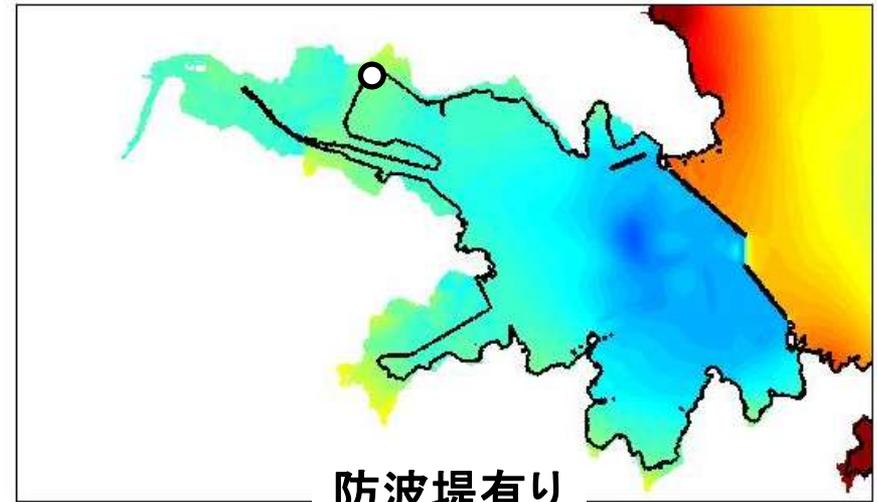
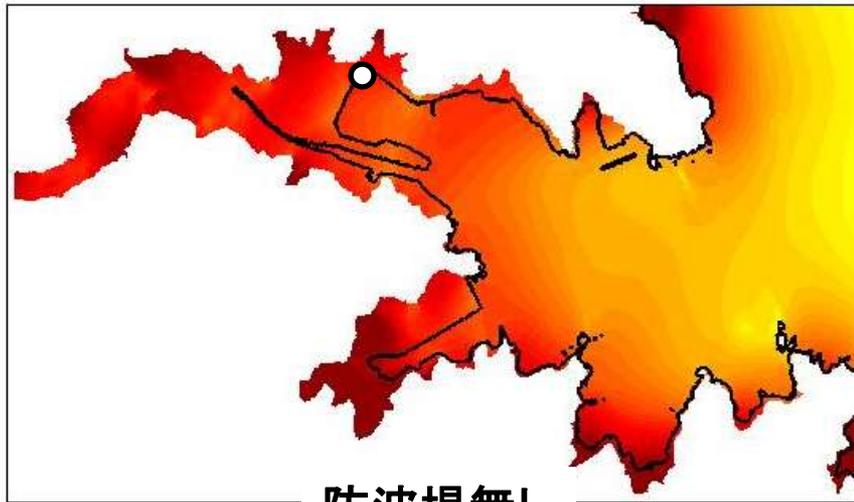


釜石湾内(5mの格子で計算)



流れの状況

湾口防波堤の津波低減効果



釜石港湾口防波堤の減災効果

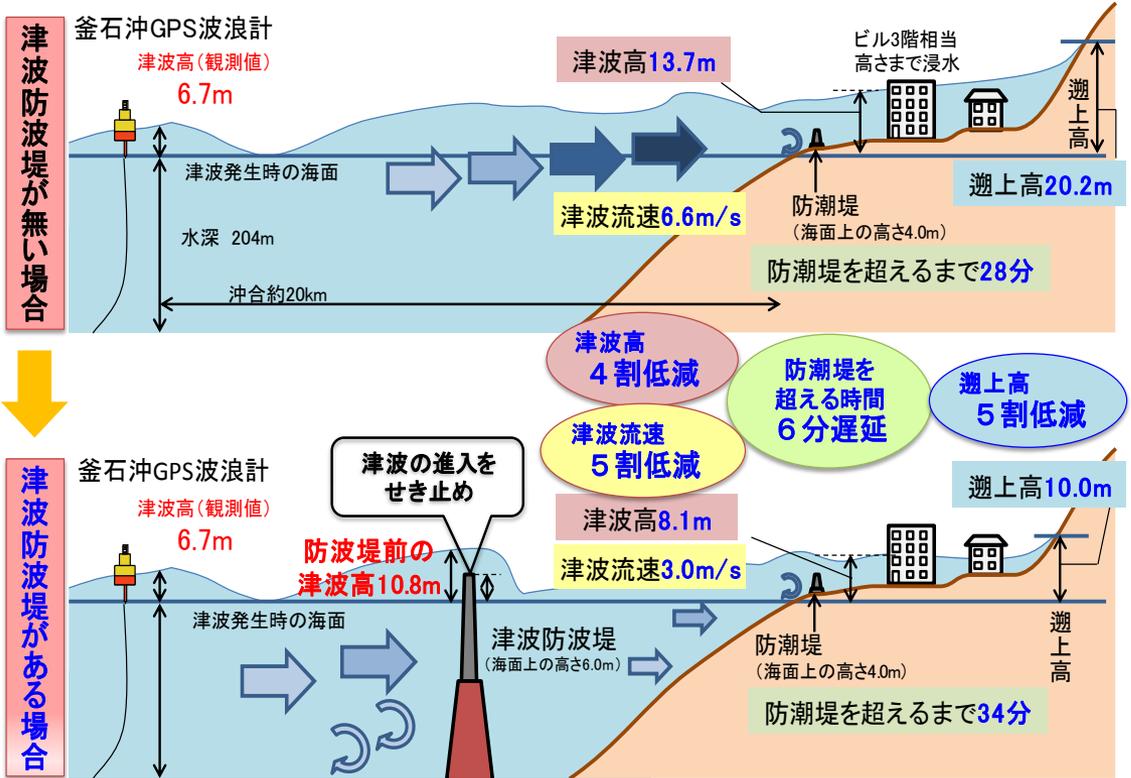
<津波防波堤の効果>

防波堤で湾の入口を絞り、湾内への海水の流入を絞る



- ①津波高を低減
- ②港内の水位上昇を遅延（避難時間確保）
- ③流速を弱め破壊力を低減

<防波堤有／無を計算で比較>



<津波の襲来状況> 国交省釜石港湾事務所撮影



地震発生26分後：津波第1波がケーソン目地から流入



地震発生31分後：津波第1波が北堤を越流（斜下図）



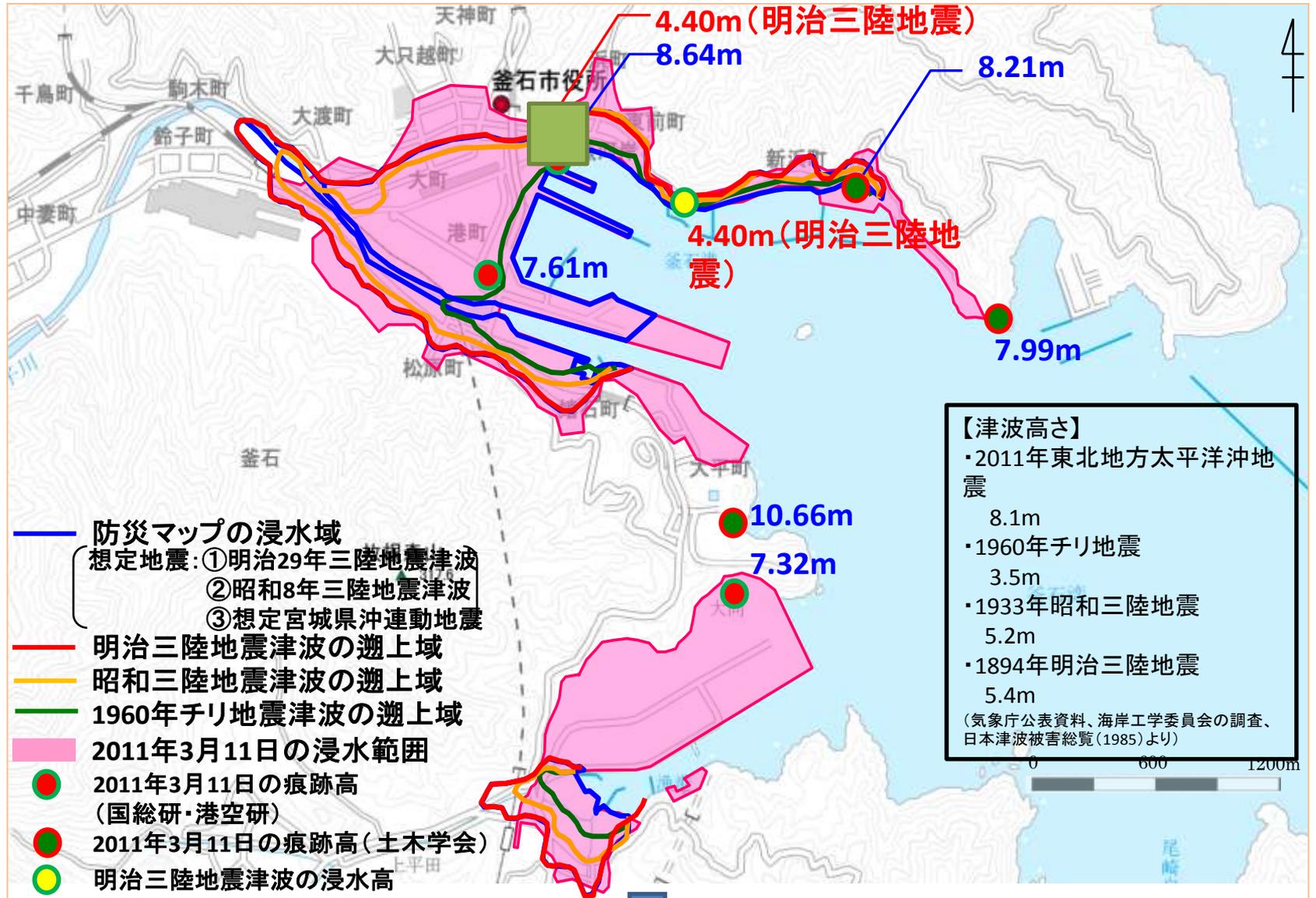
地震発生34分後：津波第1波が防潮堤を越流



地震発生46分後：津波第1波が引き一部欠けた北堤

※ 津波防波堤がある場合の津波高さ(8.1m)は現地津波痕跡高、防潮堤を越えるまでの時間(34分)は現地事務所での計測値。それ以外はシミュレーション結果による。

釜石港の浸水状況



300m程度の地区だけ1m格子で連成



撮影:NHK記者



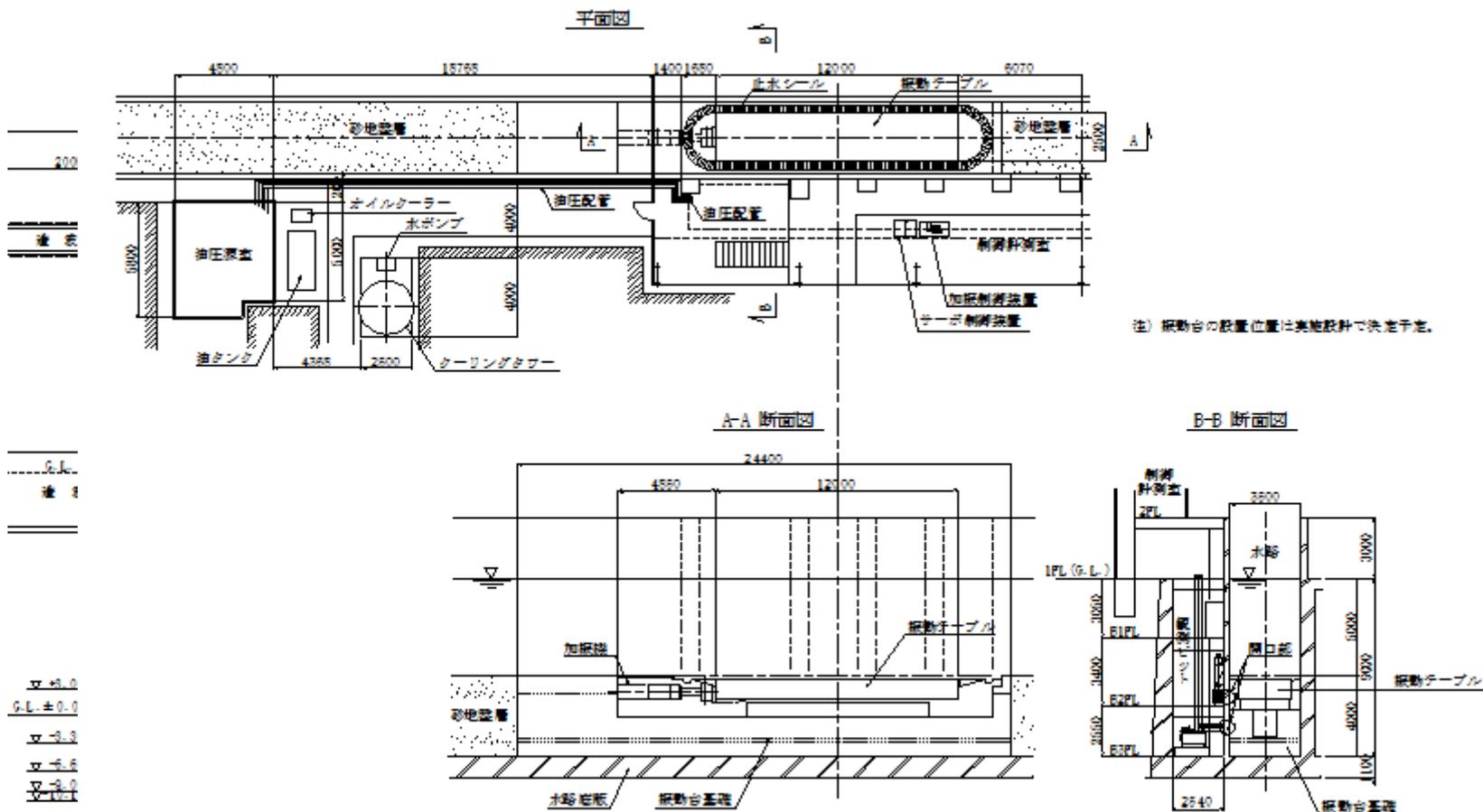
2160.01 s



1m格子部は, 約1000万格子, 24cpuの連成計算で, 5分積分時間で, およそ1日必要

地震との複合災害

・数値計算と模型実験との相互の検証



砕波段波(岩手県久慈)



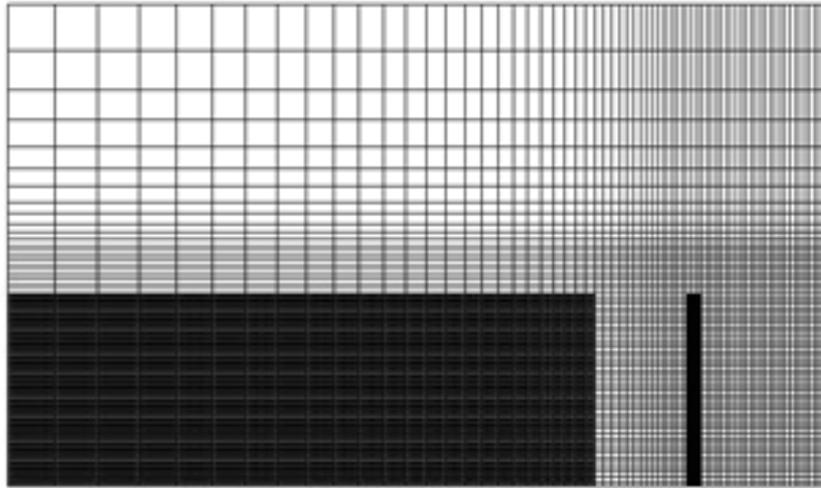
NHK スペシャル 2011年5月7日
住民撮影, NHK提供

衝撃段波力による壁面破壊実験

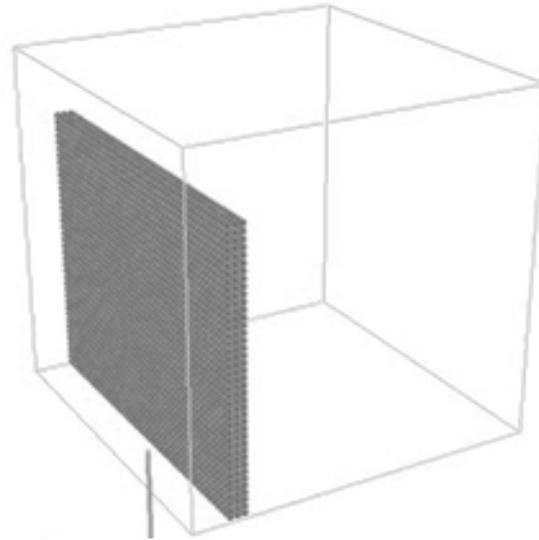
thickness 60mm



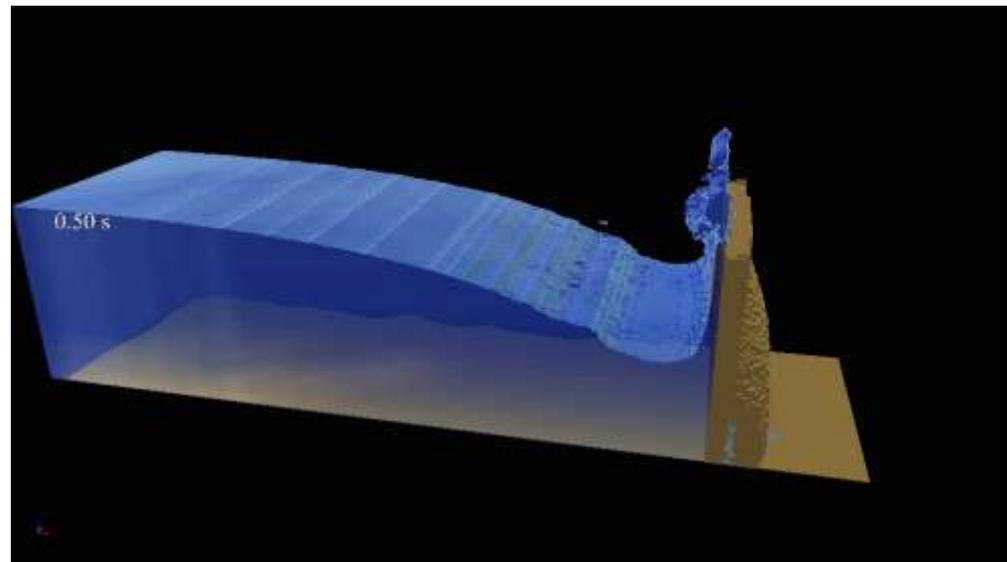
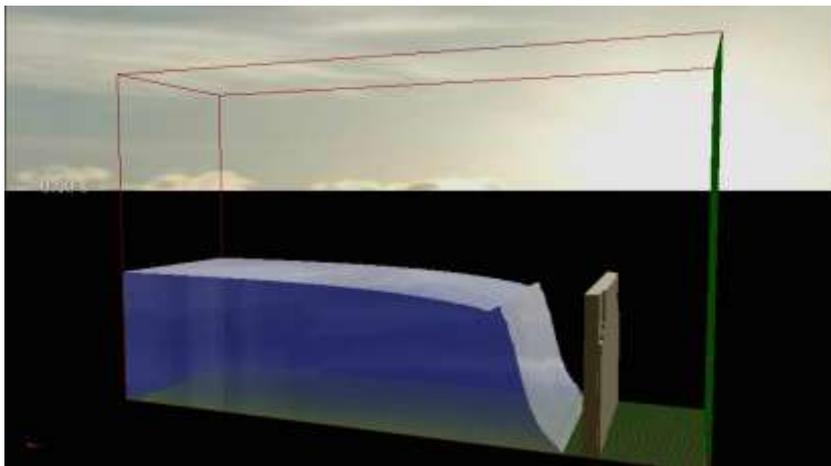
DEMとの連成



VOF domain



DEM domain



ありがとうございました