

2016年福島県沖を震源とする地震・津波 に関する調査報告会

4.沿岸域での津波等の現地調査報告

サッパシー アナワット 准教授（災害リスク研究部門 津波工学研究分野）
ローバー フォルカ 助教（災害リスク研究部門 国際災害リスク研究分野）
山下 啓 助教（地震津波リスク評価（東京海上日動）寄附研究部門）

東北大学 災害科学国際研究所

2016年12月22日

現地調査の概要



場所

- 宮戸島
- 砂押川
- 仙台港

主な成果報告

- 津波浸水高・遡上高
- 海域での被害
- 被害予測
- 津波の流速
- 推定津波浸水域

調査・解析のメンバー

山下、アナワット、ローバー・フォルカ、林、大平、福井、パーノン
+津波工学研究分野

津波の高さを表す用語

「津波の高さ」、「遡上高」は、ともに津波がなかった場合の通常の高さを基準にしています。

「津波の高さ」とは海岸に達した津波の高さで、検潮所などの観測施設で観測します。

気象庁が津波予報で予想する津波の高さは、この「津波の高さ」です。

(狭まった湾の奥や岬の先端等では地形の影響により、「津波の高さ」は更に高くなります。)

「遡上高」とは海岸から進入してきた津波が、陸上を這(は)上がった最高地点の高さのことで、

「遡上高」は漂流物などの痕跡から確認することができます。

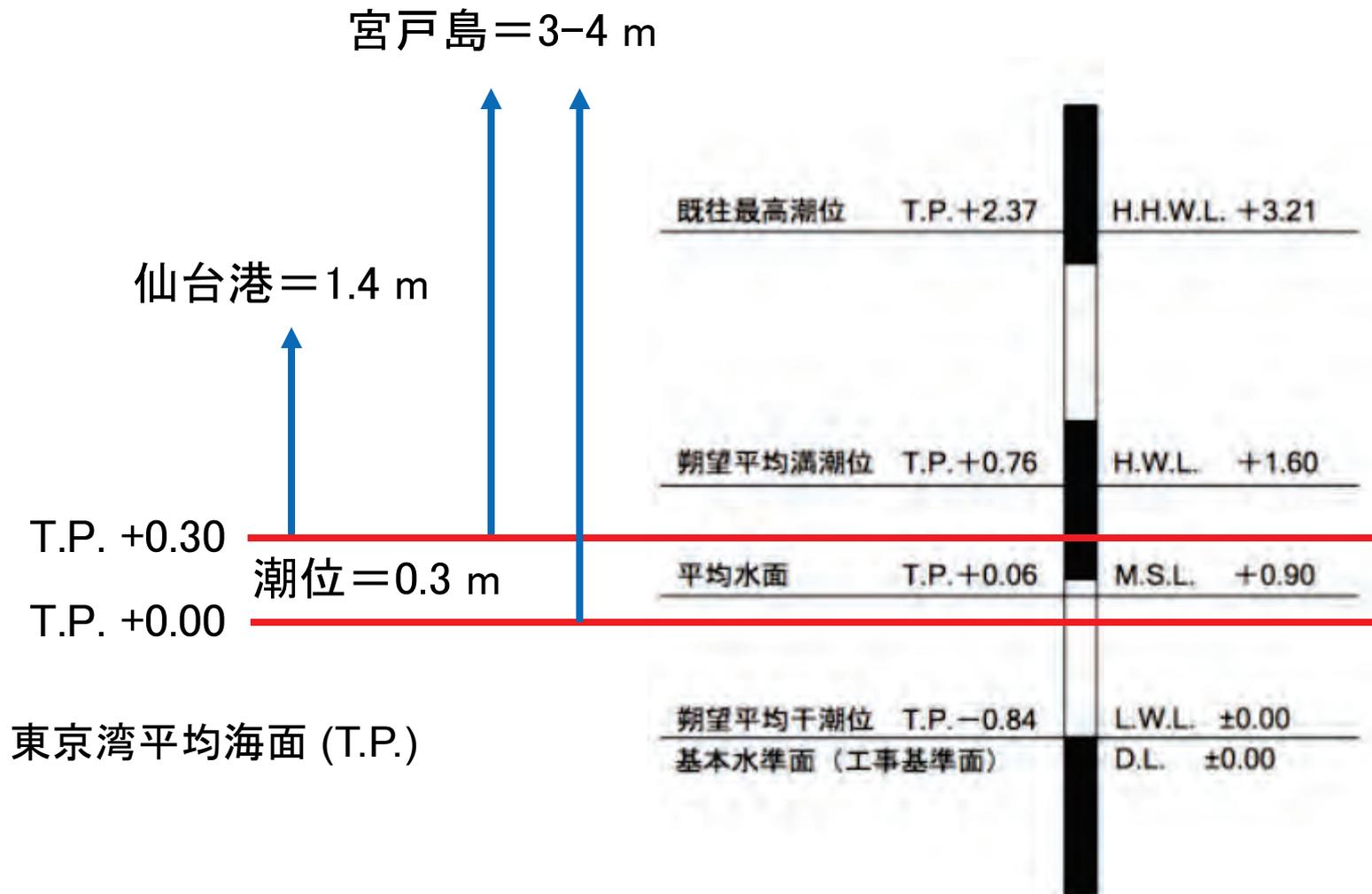
一般に「遡上高」は「津波の高さ」の約2~4倍程度高くなるのが過去の調査から分かっています。津波警報や津波注意報が発表された時は、「津波の高さ」だけでなく「遡上高」も考慮して、より高い場所への避難がもっとも重要です。



引用：宮古島市、宮古島地方気象台

<http://www.city.miyakojima.lg.jp/kurashi/bousai/bousaijyouhou/bousaimemo/2011/68.html>

仙台港での基準水面と潮位の関係



調査内容(11月26日)

目的:津波痕跡高の測量、養殖筏被害のヒアリング

メンバー:サッパシー・大平・山下

経路:

9:00 - 10:00 移動:災害研から東松島(大浜漁港・月浜漁港)へ

10:00 - 11:00 調査:東松島で浸水痕跡調査と養殖被害のヒアリング

11:00 - 13:00 移動:松島へ移動・昼食

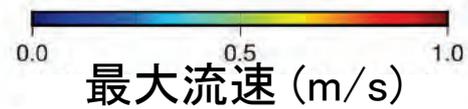
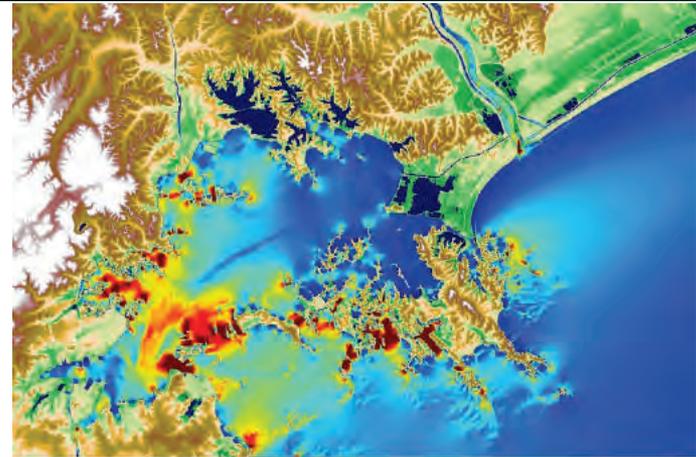
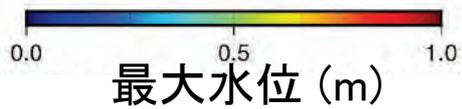
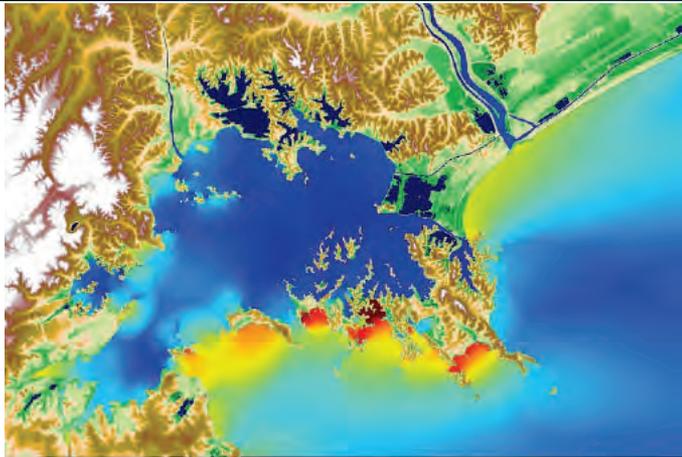
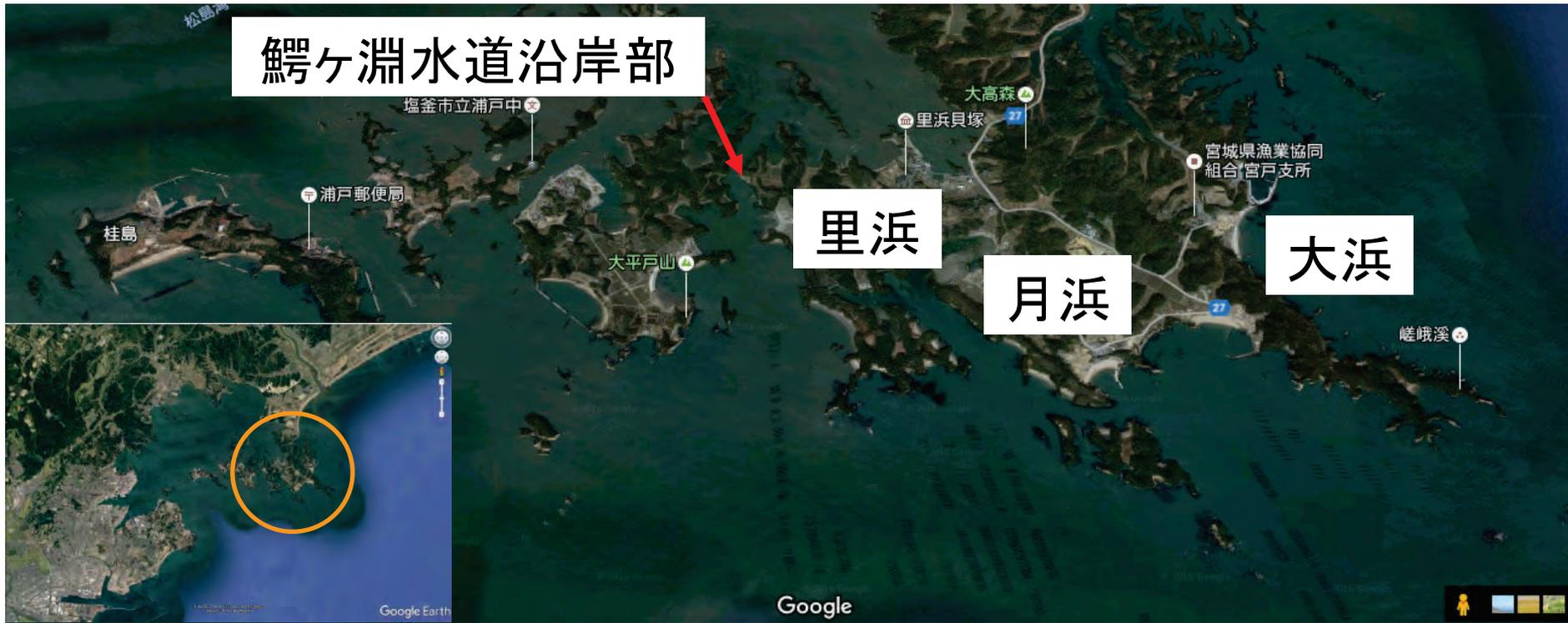
13:00 - 14:30 調査:塩釜にて養殖被害のヒアリング(予定)

14:30 - 15:30 移動:災害研に到着・解散

移動手段:レンタカー

機材:スタッフ・プロマーク・レーザー距離計・GPSロガー・デジカメ

鰐ヶ淵水道沿岸部



東松島市大浜漁港



津波による漂流物（漁具やドラム缶）

東松島市大浜漁港

10:30 到着

10:40 測量準備開始

10:50 測量開始

11:30 測量終了



① 民家前面の斜面(海岸線からの直線距離60m程度)で目撃された
遡上高(2.2m+地盤高TP1.9m)の測量を実施。

→ 遡上高はTP4.1m → **最大波到達時の推定潮位からの高さは3.8m**

東松島市大浜漁港

10:30 到着

10:40 測量準備開始

10:50 測量開始

11:30 測量終了



② ブロック塀に浸水高の痕跡痕の情報も痕跡を確認できず。

→ 詳細情報を入手後、浸水高を特定。

➔ 12月15日の調査で判明した(後述)

東松島市大浜漁港

10:30 到着

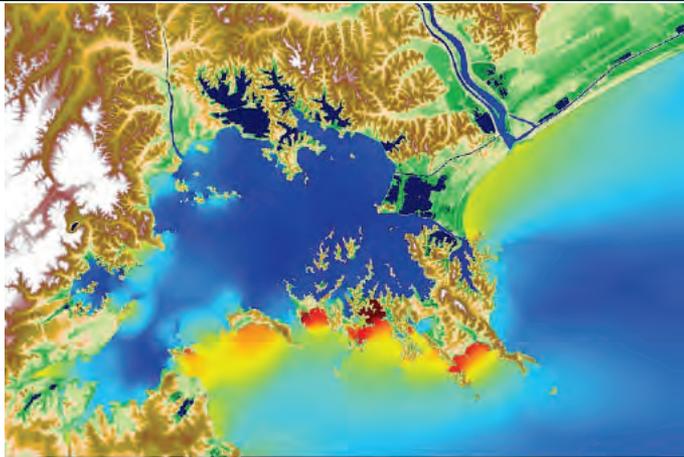
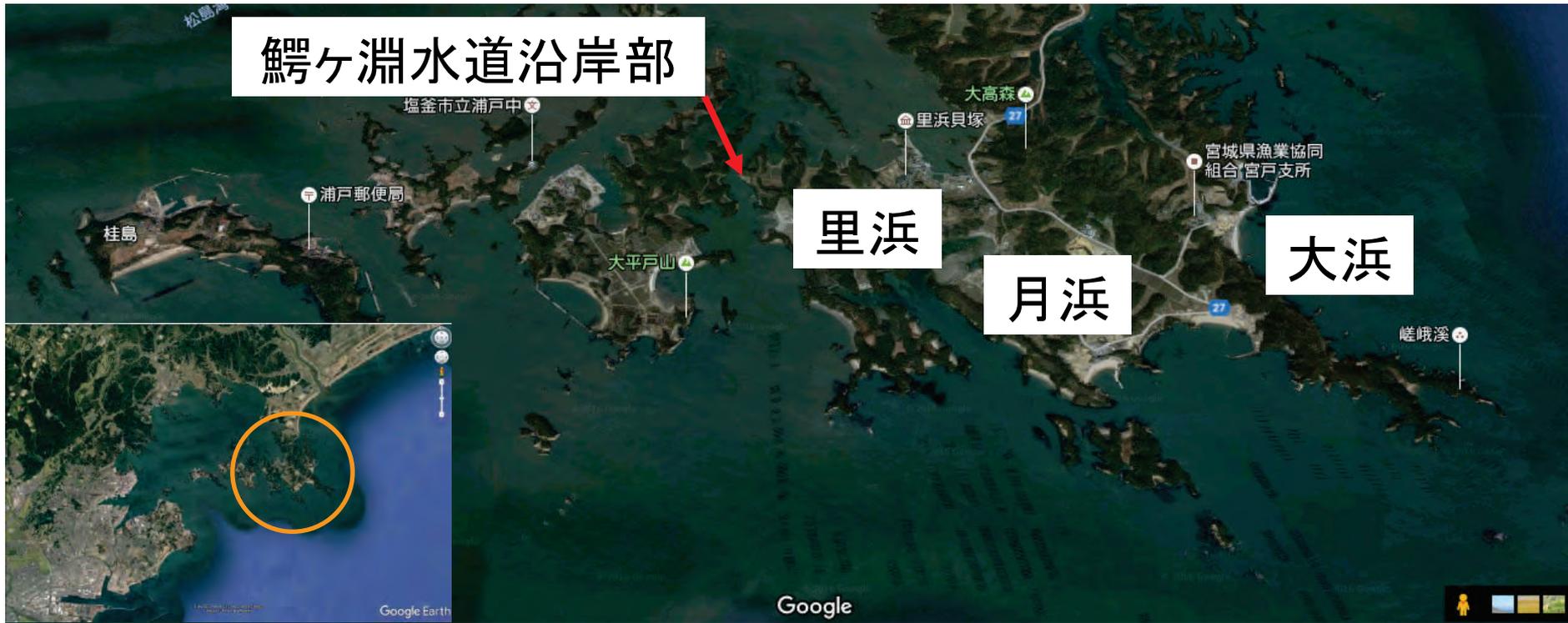
10:40 測量準備開始

10:50 測量開始

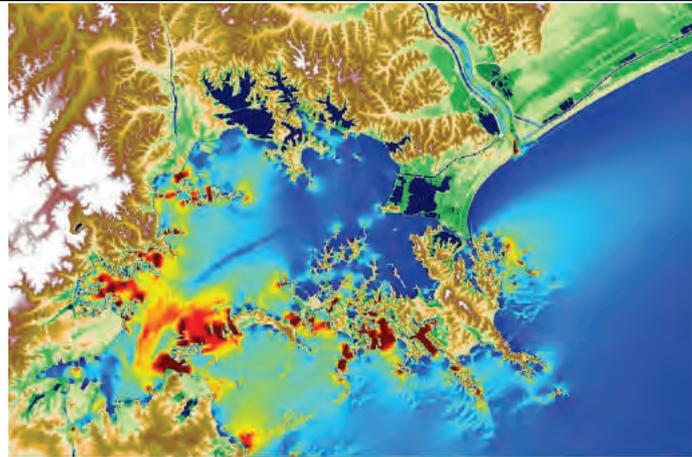
11:30 測量終了



③ 多数の漁具やドラム缶が斜面隣の敷地に漂着したことをヒアリングにて確認。



0.0 0.5 1.0
最大水位 (m)



0.0 0.5 1.0
最大流速 (m/s)

東松島市月浜海水浴場

11:40 測量開始

11:50 測量終了



① 防潮堤上段に、浸水痕跡らしきライン状に留まった流木やゴミを確認。

→ 遡上高はTP3.4m → **最大波到達時の推定潮位からの高さは3.1m**

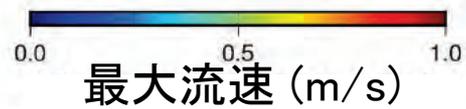
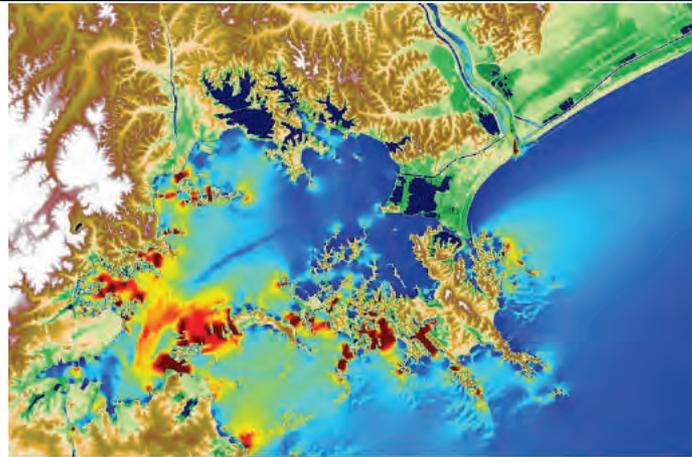
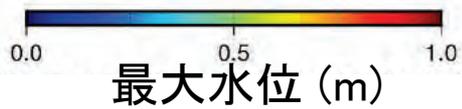
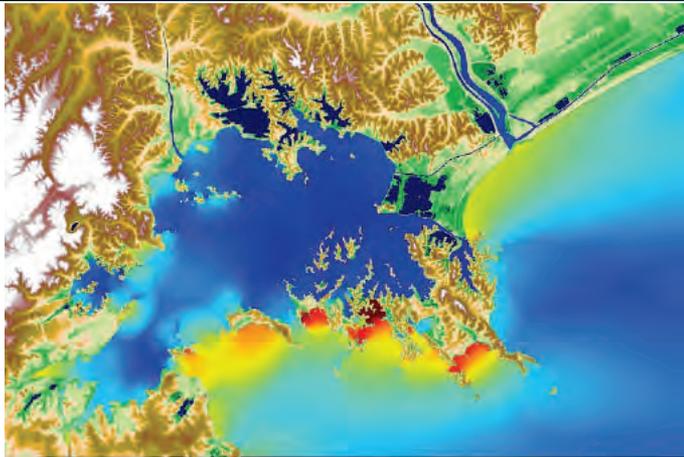
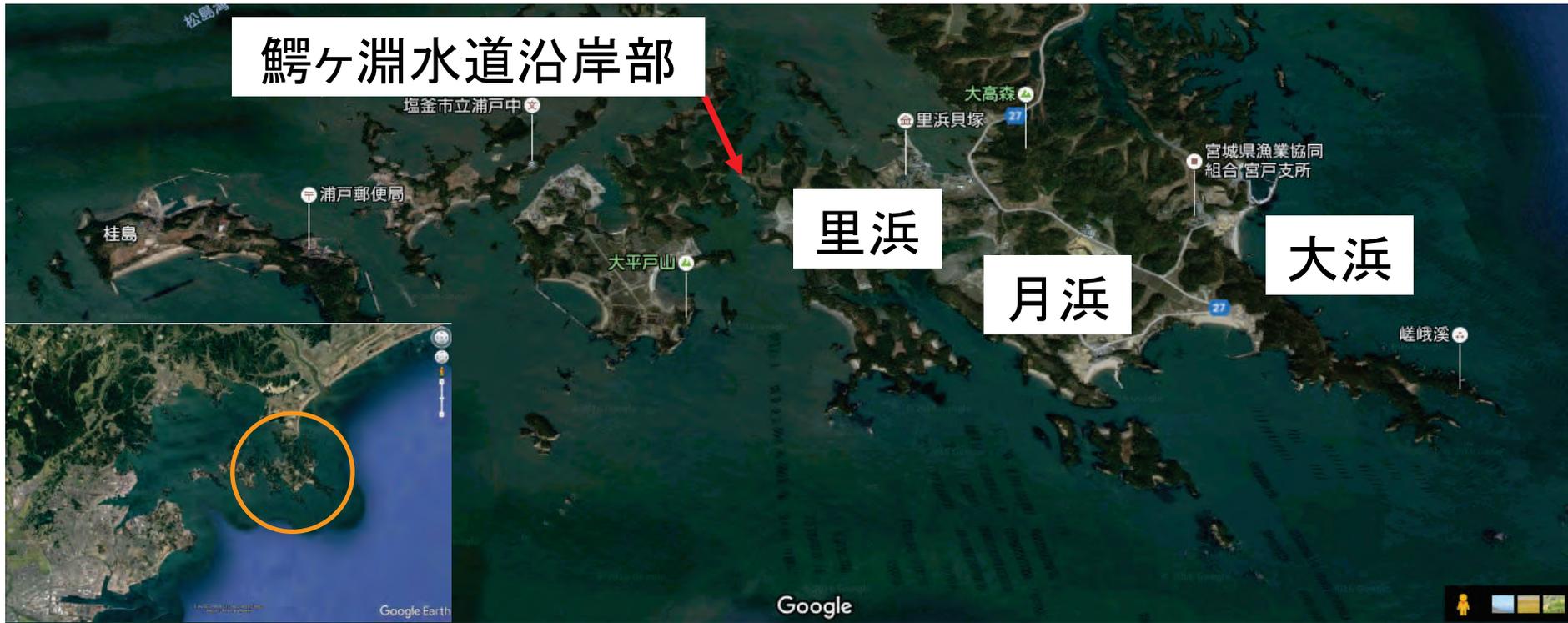
東松島市月浜海水浴場

11:40 測量開始

11:50 測量終了



② 海水浴場隣の民宿の宿主さんに注意報解除後における状況をヒアリング → 防潮堤の一部を越水した痕跡があったらしい。
(海水浴場の砂) → この場合の遡上高はTP4.3mを超える(不確定)



東松島市鰐ヶ淵水道沿岸部

12:40 測量開始

12:50 測量終了



海面から盛土の中段までの
高さは 1.9 m であった。

① 工事現場の方に被害状況をヒアリング

--> 発電機などの機材が浸水により被災

→ 浸水高はTP2.5m → **最大波到達時の推定潮位からの高さは2.2m**

(大浜漁港の遡上・浸水高よりは低い)

調査内容(12月14日)

目的: 多賀城市における砂押川の河川遡上津波に関するヒアリング

メンバー: サッパシー・林・山下

経路:

14:00 – 15:00 現場視察と津波痕跡調査

15:00 – 15:30 ヒアリング

移動手段: 公用車

機材: レーザー距離計・GPS付きデジカメ

情報提供: 大成・あおみ・深松建設工事共同企業体

砂押川外河川災害復旧工事作業所



砂押川

旧砂押川

調査範囲

砂押貞山運河

宮城県警察

宮城県警察

Google Earth

多賀城市大代の砂押貞山運河

津波痕跡



砂押川（貞山運河）における津波状況（11月22日、8時17分に撮影）
（写真提供：大成・あおみ・深松建設工事共同企業体
砂押川外河川災害復旧工事作業所）



【証言】

0. 避難場所の屋上にいたが、河川の水位が下がり始めたため、屋上から下に下り、橋の上で観察した。
1. 撮影の10分位前に、最も大きな津波が遡上した。危険だと判断して再び避難場所の屋上に避難し、何かの役に立つと思い、避難場所の屋上から写真を撮影した。
2. 1m位の津波が後まで高さを保った状態で遡上してきた。波形は切り立っていたが、サーフィンの波のように巻いてはいなかった。
3. 非常に恐ろしかった。映像で見るのとは比べ物にならない。
4. 自転車よりも速かった。
5. 波群は形成されていなかった。
6. 普段、流れがない川がザーッと引いた。音はしていなかった。濁っていた。
7. 午前9時頃までの間に約3回、遡上した。

【調査】遡上高：TP1.2m

1. 仙台港での潮位記録時間を考えると、第二波に対応していると推定される。
2. 当時の潮位と河川水位が同じと考えると、津波の高さは 0.9m である。
4. 波速は5~6m/s 程度 > 自転車速度（4~5m/s）

調査内容(12月15日)

目的:津波痕跡高の測量、養殖筏被害のヒアリング

メンバー:ローバー・林・大平・山下

経路:

10:00 - 10:30 養殖筏被害のヒアリング調査

10:30 - 13:30 大浜漁港・海水浴場における津波痕跡調査

移動手段:公用車

機材:ドローン・スタッフ・プロマーク・レーザー距離計・GPS付きデジカメ

協力:宮城県漁業協同組合 宮戸支所・宮戸西部支所

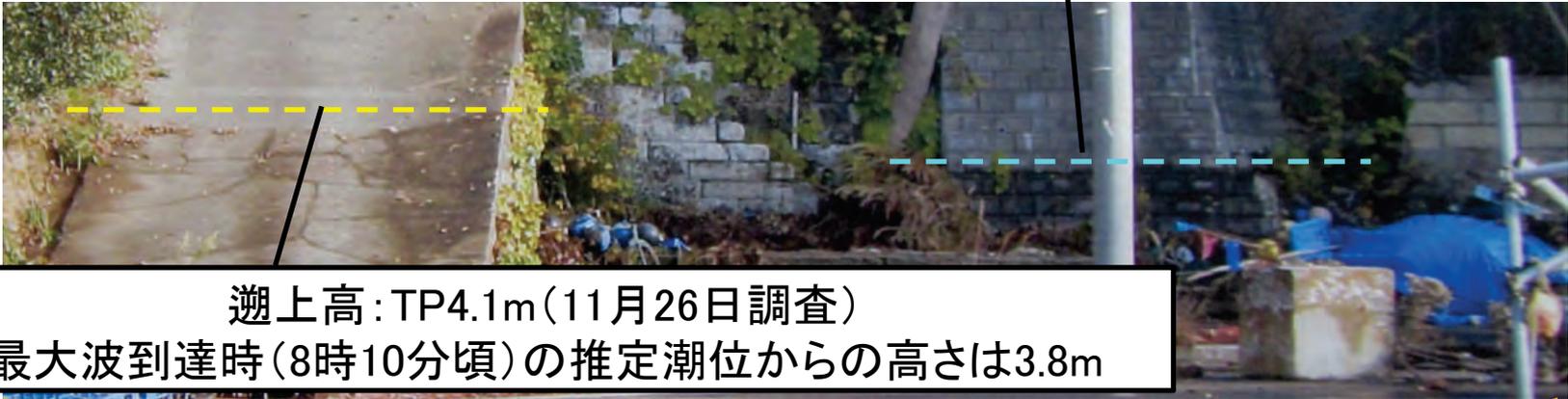
東松島市大浜漁港

11月26日の調査の後日、新たな情報（写真）を入手

→ 浸水高を知る手がかり → 再現計算の精度向上にとって大いに役立つ

浸水高: TP3.6m(12月15日調査)

最大波到達時(8時10分頃)の推定潮位からの高さは3.3m



津波後の津波痕跡写真（写真提供：宮城県漁業協同組合宮戸支所）



ドローンによる大浜漁港の3Dイメージ（作成：ローバー助教）

東松島市大浜海水浴場



津波後の津波痕跡写真
(写真提供：宮城県漁業協同組合宮戸支所)

TP4.3mの防潮堤（東松島市）を
局所的に越水した形跡が確認される。

最大波到達時(8時10分頃)の推定潮位
からのこの防潮堤の高さは 4.0m である。

防波堤がない分、局所的な風浪の影響
が強かったと考えられる。



ドローンによる大浜漁港の3Dイメージ（作成：ローバー助教）

津波痕跡高の調査結果まとめ

最大波到達時(8時3分~11分頃)の
推定潮位(T.P.+0.3m)から痕跡までの高さ(暫定値)を表示。

浸水高

遡上高

験潮記録

月浜海水浴場: 3.1 m

大浜海水浴場: 4.0 m

鰐ヶ淵水道沿岸部: 2.2 m

砂押貞山運河: 0.9 m

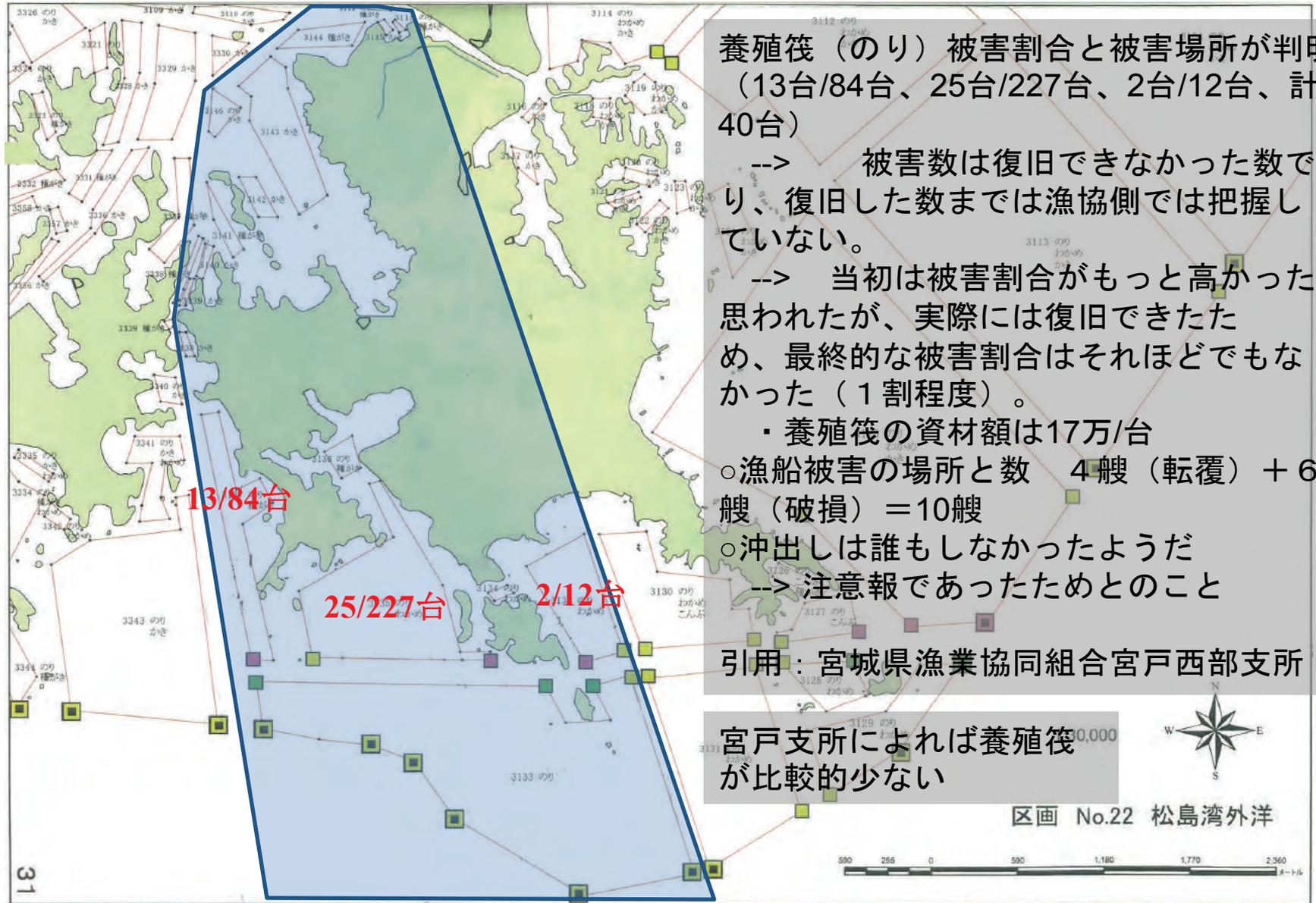
大浜漁港: 3.8 m

大浜漁港: 3.3 m

仙台新港: 1.4 m
(気象庁)

調査結果を踏まえた **津波波源の精度向上** を目指す。
→ 再現計算の精度向上
→ 今次津波の挙動の把握
→ 津波挙動(外力)と水産業被害との関係性を評価
→ 津波防災・減災に繋げる

養殖筏（のり）の被害



養殖筏（のり）被害割合と被害場所が判明
（13台/84台、25台/227台、2台/12台、計
40台）

--> 被害数は復旧できなかった数であり、復旧した数までは漁協側では把握していない。

--> 当初は被害割合がもっと高かったと思われたが、実際には復旧できたため、最終的な被害割合はそれほどでもなかった（1割程度）。

・ 養殖筏の資材額は17万/台

○ 漁船被害の場所と数 4艘（転覆）+ 6艘（破損）= 10艘

○ 沖出しは誰もしなかったようだ

--> 注意報であったためとのこと

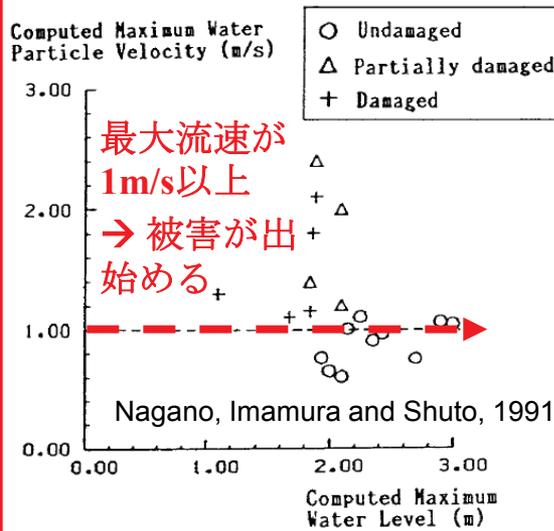
引用：宮城県漁業協同組合宮戸西部支所

宮戸支所によれば養殖筏
が比較的少ない

区画 No.22 松島湾外洋

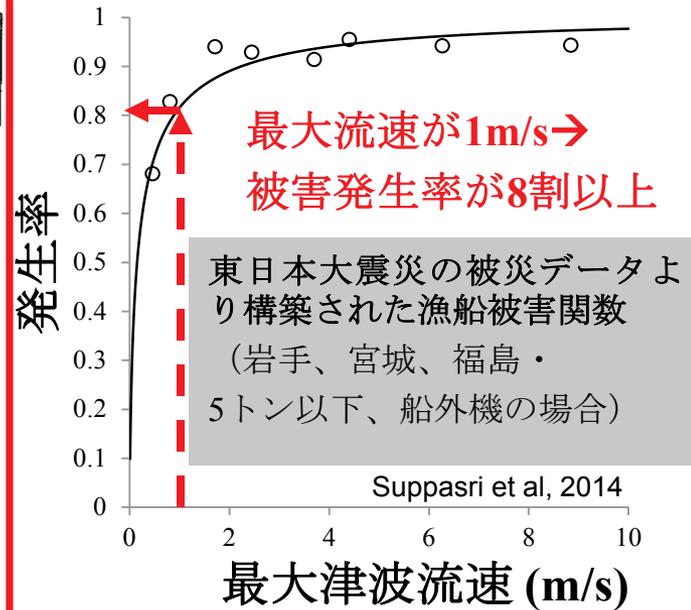
養殖筏・漁船・アマモ場の被害予測

養殖筏

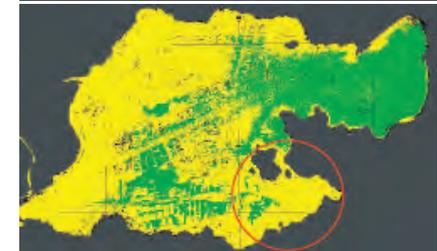
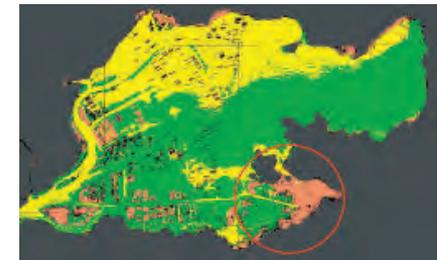
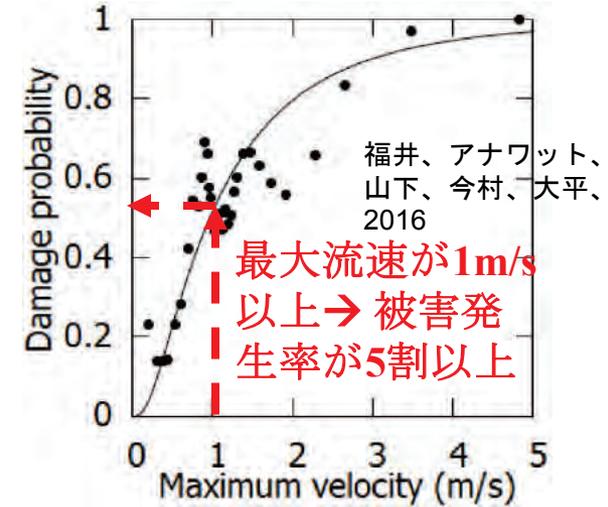


提供：宮戸西部支所

漁船

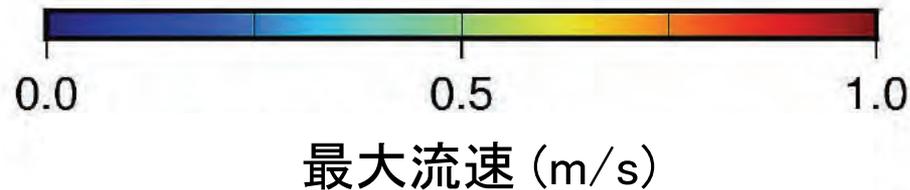
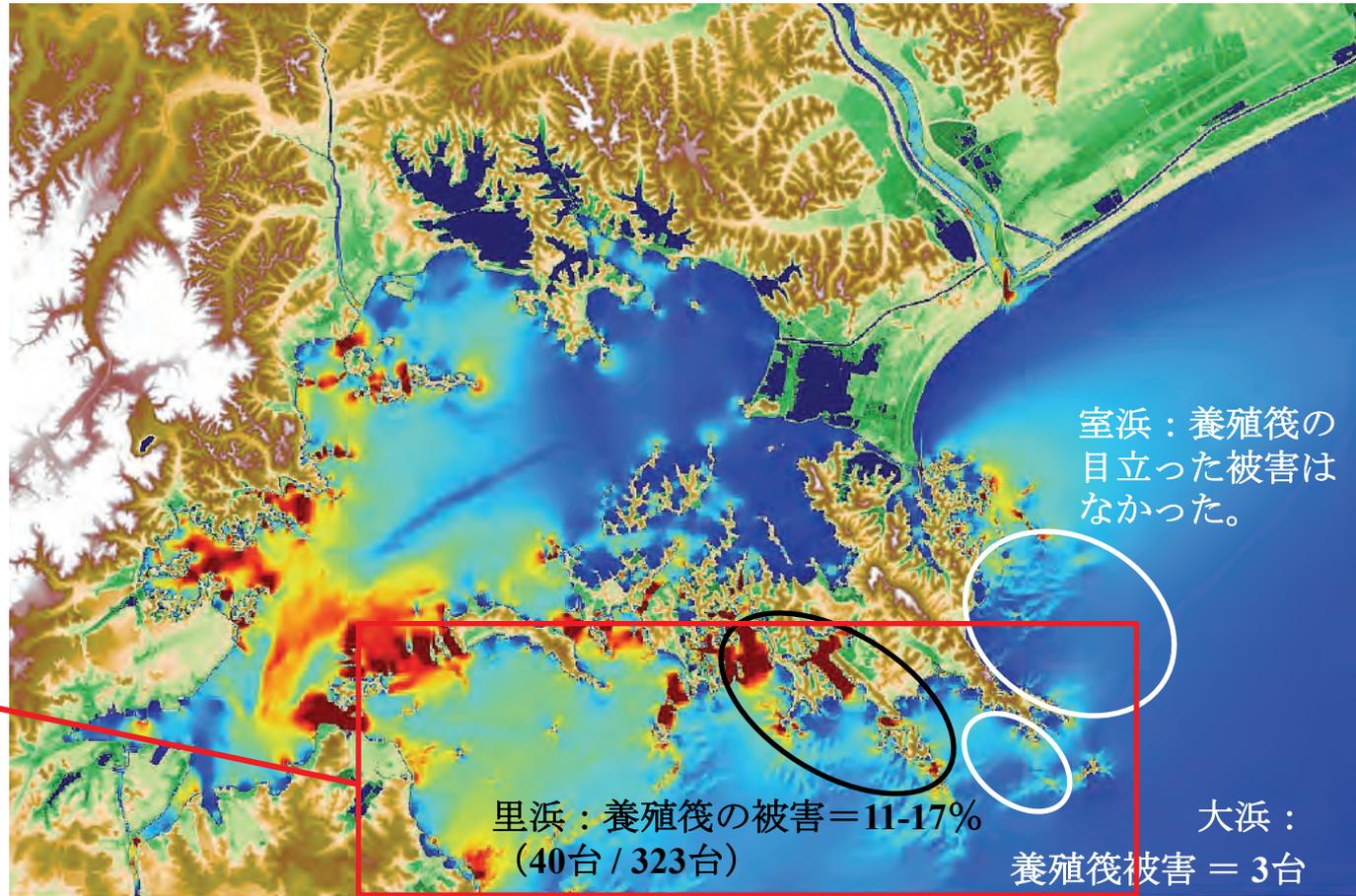


アマモ場



(財) 環日本海環境協力センター
東京大学 大気海洋研究所

最大流速と漁船・養殖筏の被害



津波流速の観測データ

女川での観測について
 ■ 観測水深：2 m と 8 m
 ■ 観測間隔：20分 (30回)



東北大学大学院農学研究科・農学部
 東北マリンサイエンス拠点形成事業「海洋生態系の調査研究」

◎ホーム ◎リンク ◎サイトマップ ENGLISH



概要
 Outline

研究内容
 Research Topics

メンバー
 Members

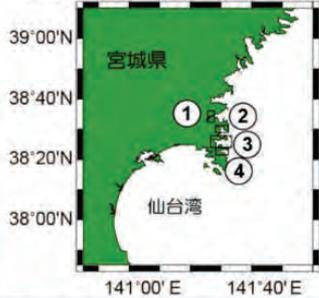
調査報告
 Research Reports

お問合せ
 Contact Us

海洋環境リアルタイムモニタリング

東北大学は、東北マリンサイエンス拠点形成事業—海洋生態系の調査研究—の一環として、宮城県女川湾、雄勝湾、鮫浦湾および長面浦の下図の測点に設置している自動観測機器で集められた海洋環境データをリアルタイムで公開しています。

リアルタイムモニタリングシステム設置地点



① 長面浦



↑長面浦設置自動観測機器
 ←雄勝湾、女川湾、鮫浦湾設置自動観測機器

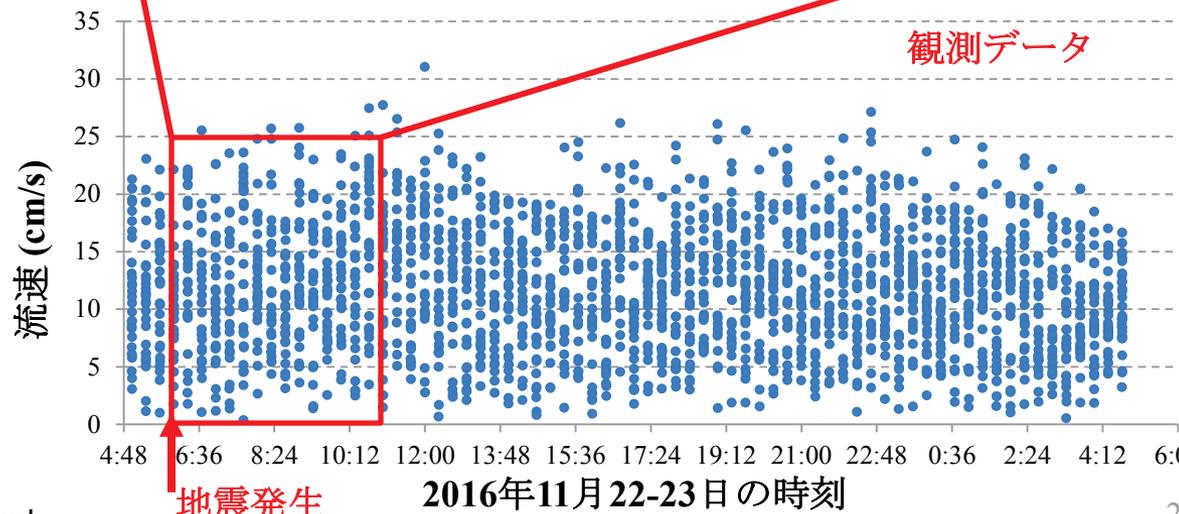
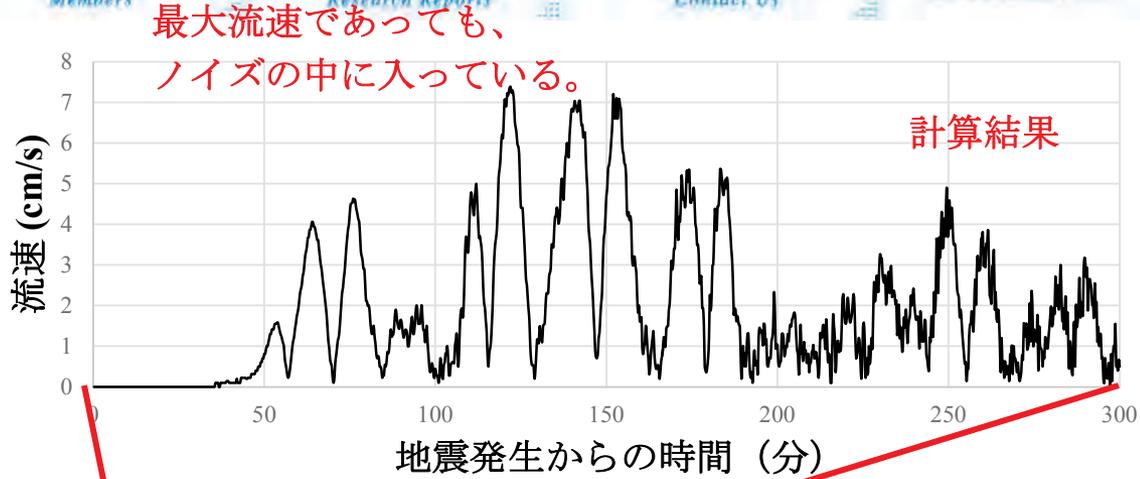
② 雄勝湾



③ 女川湾



④ 鮫浦湾



Fukushima-oki Tsunami Survey

Volker Roeber

**International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS),
Hazard and Risk Evaluation
Tohoku University, JAPAN**

Greatly appreciated sponsorships:



National
Tsunami
Hazard
Mitigation
Program



日本学術振興会
Japan Society for the Promotion of Science

Wave/Tsunami Approach at Sendai Shinko



台風10号の前
Before typhoon



台風10号の後、被害あり *After typhoon*



After tsunami

津波の後、さらなる被害なし



Typhoon 10 and 11 caused massive erosion near container terminal.

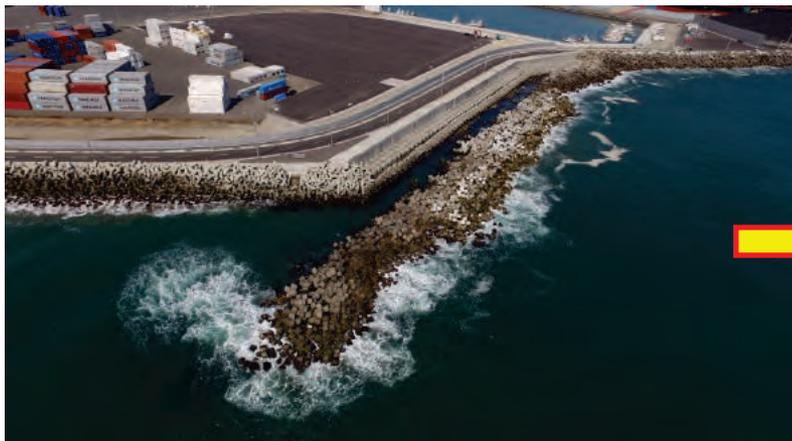
The tsunami intensified the problem but did not cause significantly more erosion.

台風10号と11号によって大規模の海岸浸食が発生したが、今回の津波は、そうではなかった。

Explanation: Typhoon wave are attacking the coast over many hours with hundreds or thousands of waves. The tsunami contained only few waves.

台風による高潮は何時間も、数百、数千波が襲来したが、津波の場合の波数が少なかった。

Stick groin near container terminal



Intact groin before typhoon
台風10号の前

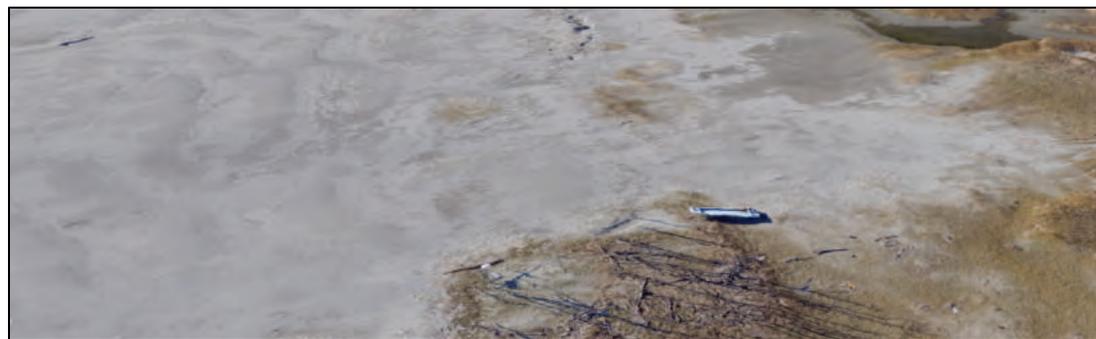
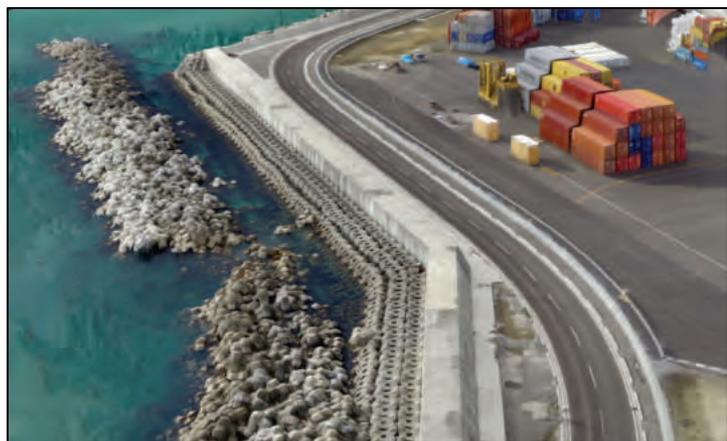


Damage after typhoon
台風10号の後、被害あり



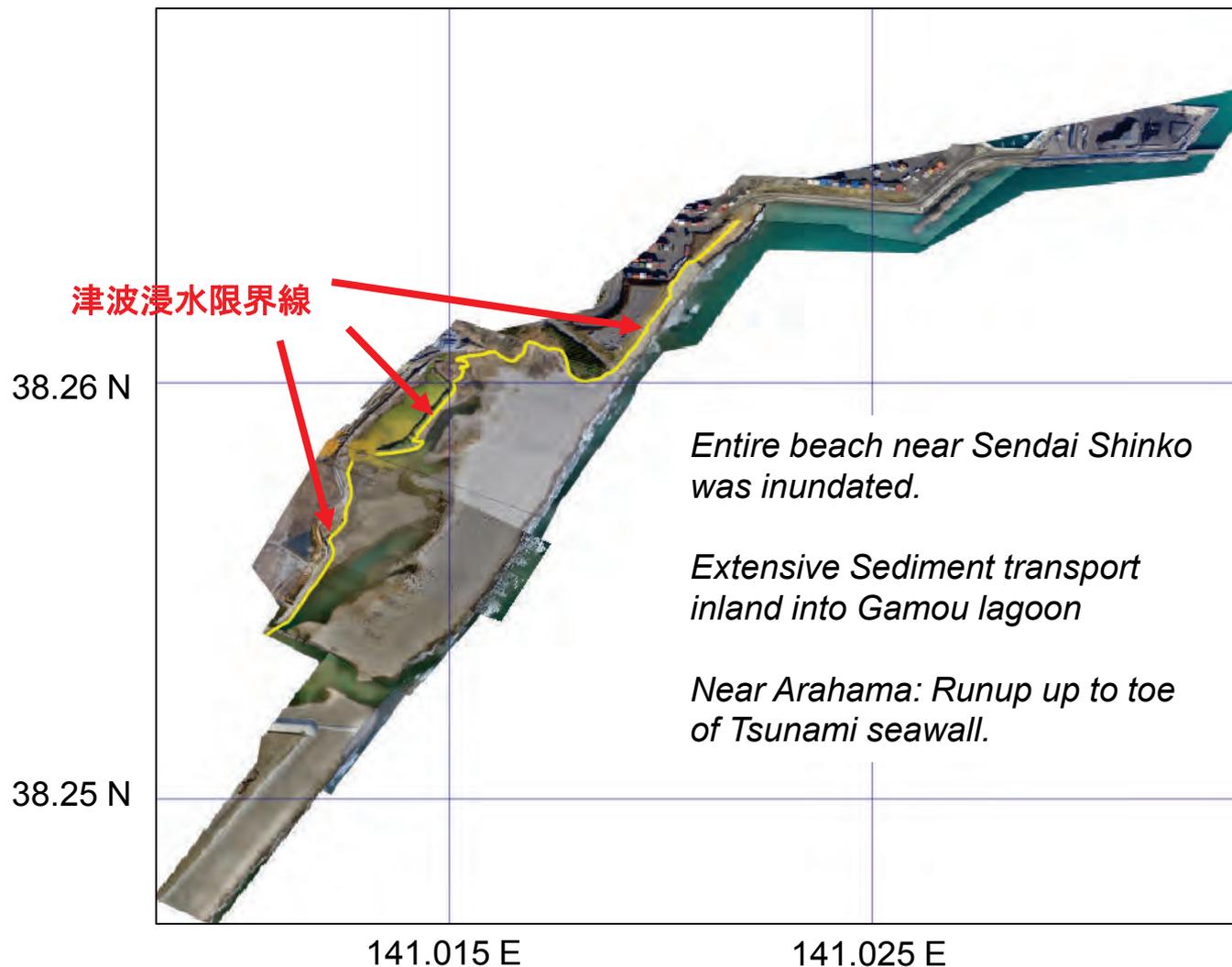
Tsunami did not cause further damage
津波の後、さらなる被害なし

*Changes in morphology and debris location
with 3D images*
3次元画像による地形変化と漂流物の場所の確認



Tsunami Inundation Limit

漂流物による津波浸水限界・浸水域



Inundation line was derived from debris limit.
Approximation!

Geo-referenced mosaic from over 3000 images

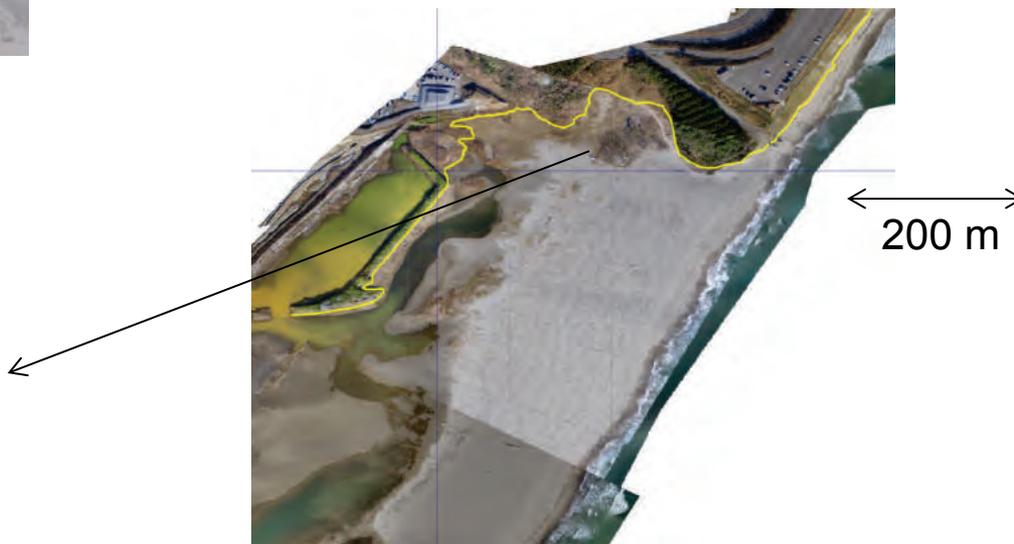
Debris Motion



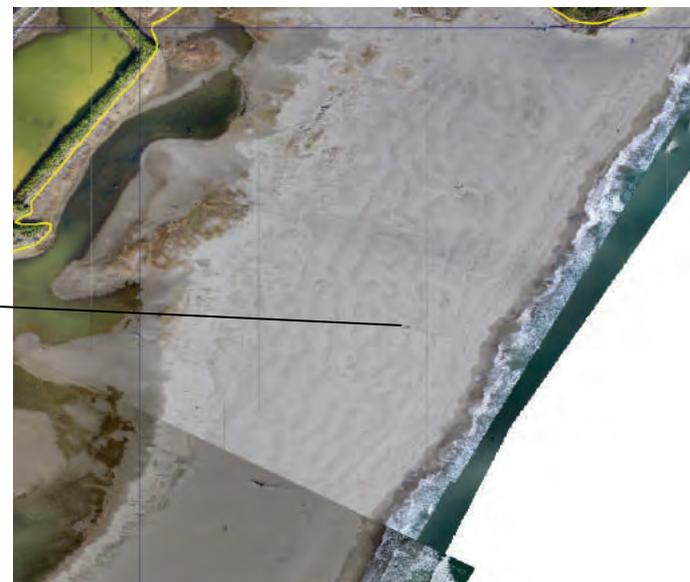
High resolution 3D images
to analyze debris motion



Boat from 2011 tsunami
was displaced by 15 m



Debris Motion



←————→
200 m

Steel frame from 2011 tsunami was displaced by 25 m during typhoon.
It did not move during tsunami !

Debris Motion



Many car tires along the beach.
Some tires were washed inland
by over 200-300 m.

← 200 m →

結論

■ 何が起きた？

- ✓ 宮戸島では、局所的に、T.P. +3-4m以上の津波が遡上した
- ✓ 蒲生（防潮堤無し）では200-300mの津波が浸水した

■ 何が出来た？

- ✓ 潮位観測記録がない地域における津波の実態（高さ情報）を把握できた。これらは、津波数値解析の検証データとして有用な情報であり、今後、調査結果を踏まえた津波波源の精度向上を目指す。これによって次のことが期待される。
 - 再現計算の精度向上
 - 今次津波の挙動の把握
 - 津波挙動（外力）と水産業被害との関係性を評価
 - 津波防災・減災に繋げる
- ✓ 宮戸島大平洋側沖合の養殖筏の被害割合は1割程度であった（宮戸西部支所）
 - 既往研究と整合する

■ 何が課題として残った？

- ✓ 数値解析によって、仙台港などの観測波形は概ね再現することに成功したが、宮戸島における浸水高や遡上高を過小評価する傾向にあるので、津波波源の改善が今後の課題である。
- ✓ 高精度な被害予測の向上ができるか？