

災害復興新生研究機構シンポジウム  
社会とともに  
防災力・減災力の向上を目指して  
平成31年2月13日

# 最近の津波被害の特徴と防災の取組

## ー3.11東日本大震災からインドネシア・パル地震津波，スンダ海峡津波

東北大学災害科学国際研究所長  
災害復興新生研究機構副機構長 教授  
今村文彦

1. 東日本大震災から8年間が経ちます

繰り返される自然災害

# 近年の主な自然災害

- 2014年8月 広島豪雨・土砂災害
- 2014年9月 御嶽山噴火
- 2015年5月 口永良部島噴火
- 2015年9月 関東・東北豪雨
- 2016年4月 熊本地震(Mj7.3)
- 2016年8月 平成28年度台風10号
- 2016年10月 鳥取県中部地震(M6.6)
- 2016年11月 福島沖地震・津波(M7.4)
- 2017年7月 九州北部豪雨
- 2018年6月 大阪北部地震(Mj6.1)
- 2018年7-9月 西日本豪雨, 高潮・台風
- 2018年9月 北海道胆振東部地震(Mj6.7)

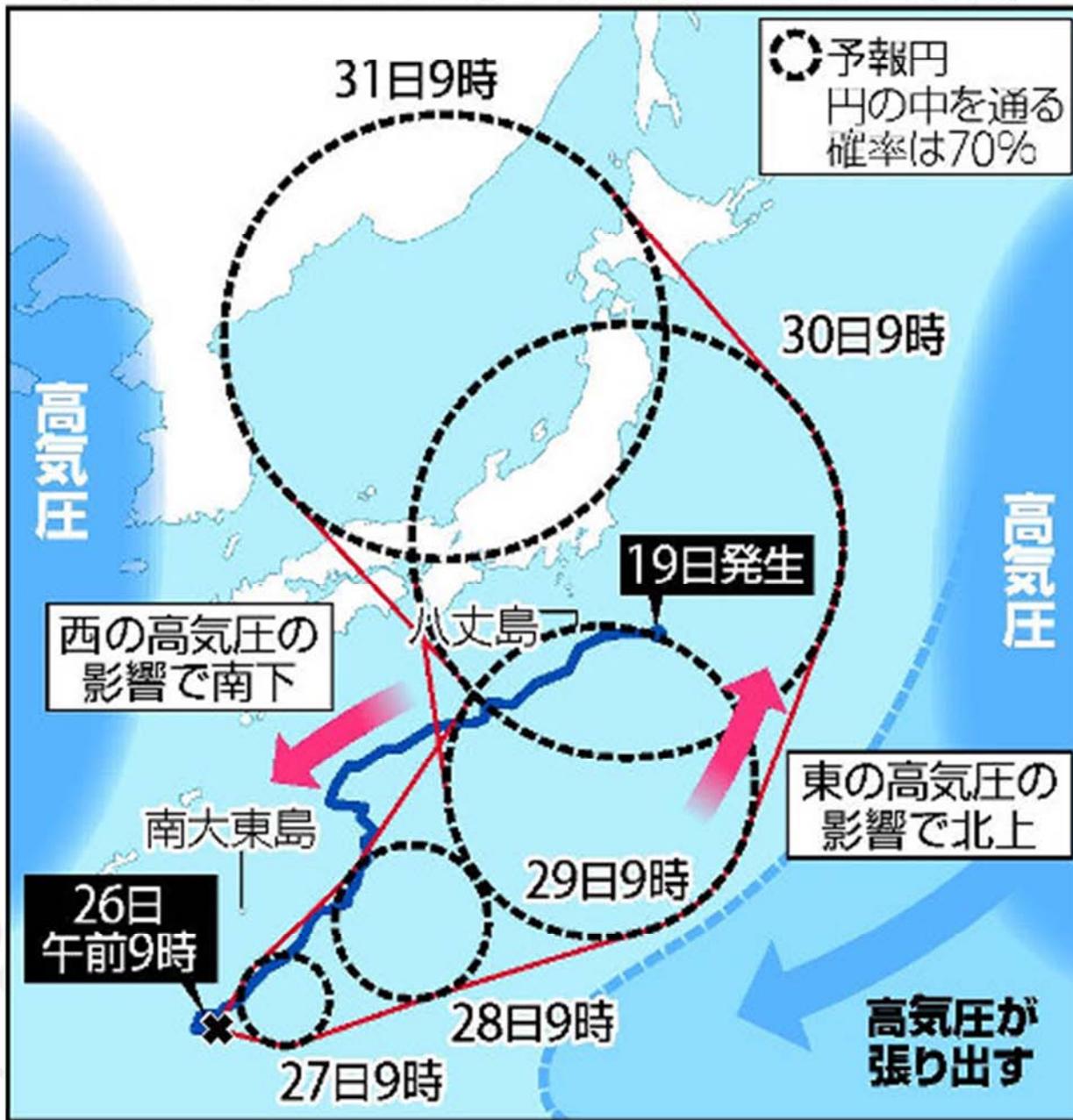
# 近年の主な自然災害の空間分布



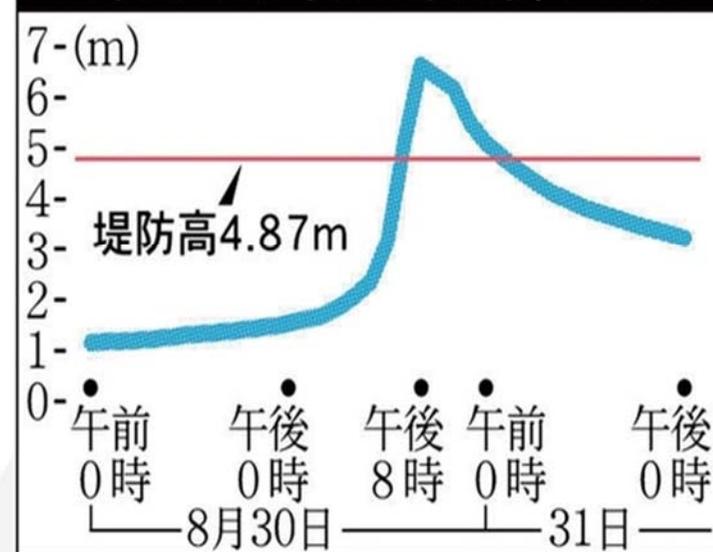
[https://4.bp.blogspot.com/-](https://4.bp.blogspot.com/-3ci05PUfGdQ/V7QBW6R7fZI/AAAAAAAAADy4/A6r6Amk2rHMg3W691n1chyO0922PuQ4wQCLcB/s1600/23907f1727637c2c23a87eb18f3fd4eb.jpg)

[3ci05PUfGdQ/V7QBW6R7fZI/AAAAAAAAADy4/A6r6Amk2rHMg3W691n1chyO0922PuQ4wQCLcB/s1600/23907f1727637c2c23a87eb18f3fd4eb.jpg](https://4.bp.blogspot.com/-3ci05PUfGdQ/V7QBW6R7fZI/AAAAAAAAADy4/A6r6Amk2rHMg3W691n1chyO0922PuQ4wQCLcB/s1600/23907f1727637c2c23a87eb18f3fd4eb.jpg)

# 台風10号の経路と予想進路 (26日午前9時現在)



## 岩泉町の小本川・赤鹿橋の水位



朝日新聞(2016)より

# 「災」年などの被害・教訓

- 時期(観光シーズン), 時間帯(早朝, 昼間, 深夜)により人的被害大(豪雨, 御嶽山)
- 土地利用の変化, リスクの高い場所での被害(岩泉老人ホーム)
- 震災関連死の増加(熊本地震)
  
- 隘路(空港・港湾・橋梁・隧道)の弱さが孤立を招く(関西空港)
- 集中化・効率化による広域被害(ブラックアウト, 北海道)
- 広域での被害対応での支援は困難(対応資源が不足)(西日本豪雨)
- 行政の防災担当者不足, 支援・受援体制不足(熊本地震)
- 観光地での風評被害, 外国人向けの災害情報不足(北海道)

## 2. 東日本大震災を振り返る

# 東日本大震災とは？

- 過去に経験の無い大災害
- 地震，津波の第二段階の被害に加えて，原発事故の第三段階 ー複合災害
- 関東大震災は，地震と火事により，赤い色の印象
- 東日本大震災の色は？
- 津波の濁流の色，沿岸での瓦礫の色
- さらに，色も臭いもない放射能の影響

Photo taken at Miyako City, Iwate Prefecture 岩手県宮古市  
Courtesy of Tarocho Fisheries Cooperative Association

# 津波の濁流の色，沿岸での瓦礫の色





JAPAN, Miyako : This picture taken by a Miyako City official on March 11, 2011 and released on March 18, 2011 shows a tsunami breaching an embankment and flowing into the city of Miyako in Iwate prefecture shortly after a 9.0 magnitude earthquake hit the region of northern Japan. The official number of dead and missing after the devastating earthquake and tsunami that flattened Japan's northeast coast a week ago has topped 16,600, with 6,405 confirmed dead, it was announced on March 18, 2011. AFP PHOTO / JIJI PRESS

■クレジットAFP ■ソース JIJI PRESS ■作成日 2011-03-11 00:35 +00:00 ■カメラマン JIJI PRESS ■ドキュメント参照  
コード Hkg4703442 ■分類タグ CORRECTION - JAPAN - QUAKE

# 地震規模・タイプと被害の特徴

名称	発生年	死者・行方不明・関連死	地震タイプ, 被害	M・最大震度	補記
関東大震災	1923	105,385	南関東直下地震, 火災(焼死)	M <sub>w</sub> 7.9-8.2 震度6	1703年元禄関東地震との類似性
阪神淡路大震災	1995	6,434	兵庫県南部地震・都市直下, 家屋倒壊・インフラ被害	M <sub>s</sub> 7.3, 震度7	仮設住宅, 罹災認定, ボランティア
中越地震	2004	68	内陸直下地震, 地盤災害	M6.8・ 震度7	河道閉塞, エコノミー症候群
東日本大震災	2011	22,081 (2017.9月時点)	プレート境界地震, 巨大津波・原発事故	M <sub>w</sub> 9・ 震度6強	広域・複合災害
熊本地震	2016	267	内陸直下地震, 本震・余震, 断層帯	M <sub>w</sub> 7・ 震度7	関連死(212名)
北海道胆振東部地震	2018	41	直下型地震, 地盤災害	M <sub>w</sub> 6.6・ 震度7	全域停電

# 来襲する津波(仙台平野)

Tsunami First arrival at Sendai

11日午後3時56分



(毎日新聞)

[http://www.boston.com/bigpicture/2011/03/massive\\_earthquake\\_hits\\_japan.html](http://www.boston.com/bigpicture/2011/03/massive_earthquake_hits_japan.html)  
<http://irides.tohoku.ac.jp/>

# 来襲する津波(仙台平野)



(毎日新聞) [http://www.boston.com/bigpicture/2011/03/massive\\_earthquake\\_hits\\_japan.html](http://www.boston.com/bigpicture/2011/03/massive_earthquake_hits_japan.html)  
<http://irides.tohoku.ac.jp/>

誘因	素因	影響（拡大要因）	被害
----	----	----------	----

浸水（泥水）	地形，海水（塩分），土砂移動，火災発生	溺死（呼吸困難，津波肺），延焼，海水植物枯	地域崩壊，火災，農業被害
--------	---------------------	-----------------------	--------------



流れ	漂流物・船舶，土砂，可燃物	破壊，浸食堆積，火災延焼，土砂移動	家屋・施設被害，インフラ被害，環境破壊
----	---------------	-------------------	---------------------

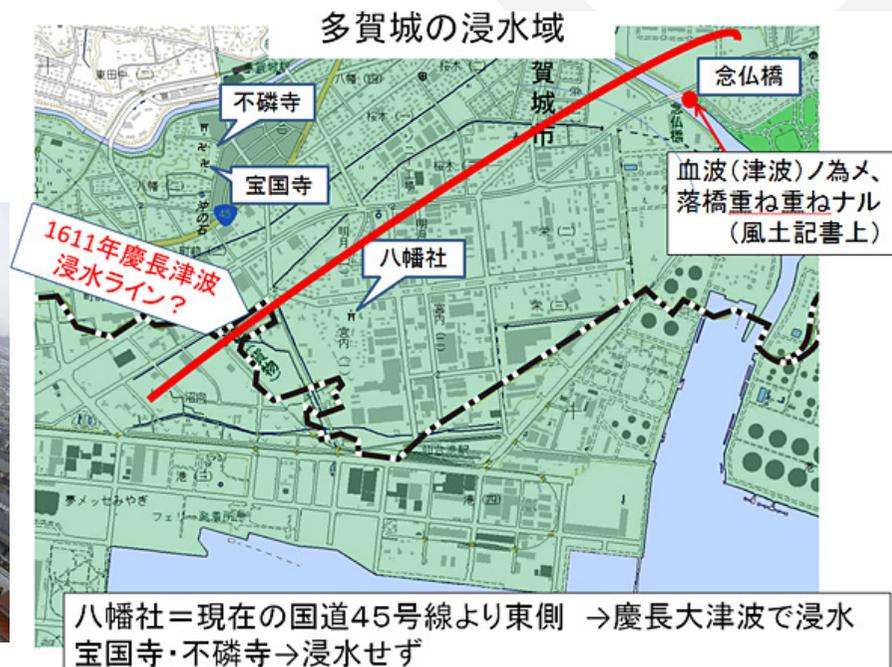


波力	浸水 x 流れ <sup>2</sup>	破壊力（破壊増）	家屋・施設被害，インフラ被害
----	----------------------	----------	----------------



# 都市型(河川)津波

都市域で見られる腹蔵災害  
河川遡上と浸水  
建物間の流れ(縮流)  
車による被害



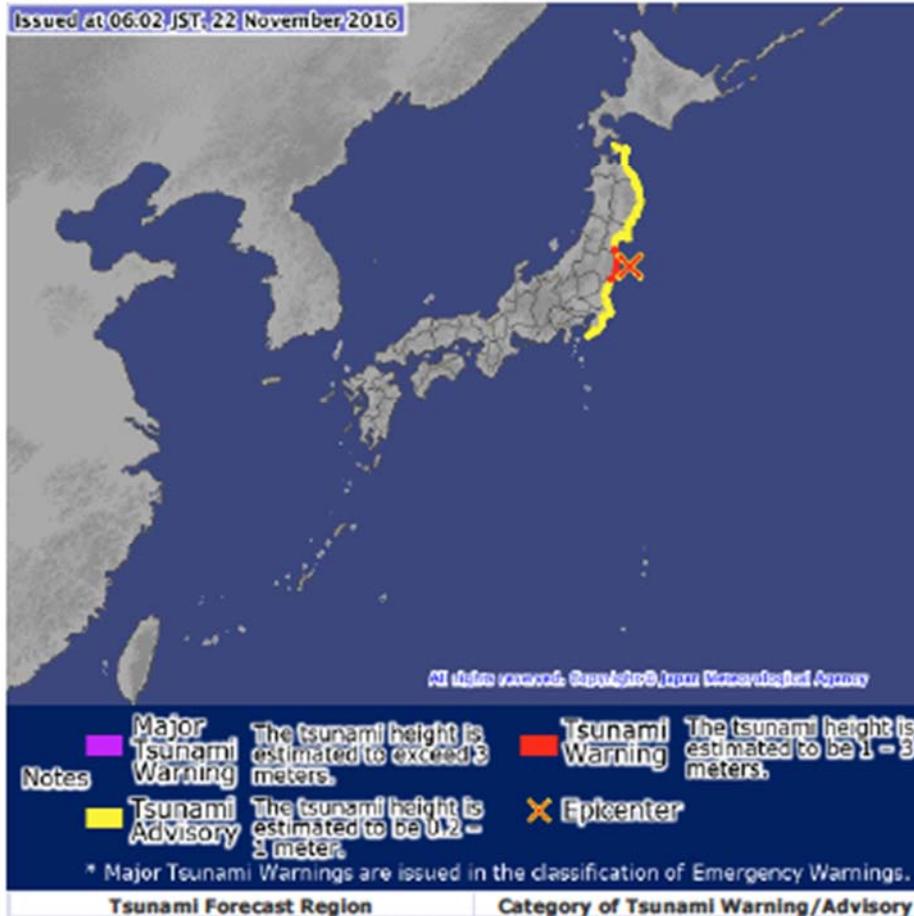
# 2016年11月22日5時59分 福島県沖の地震と津波

3.11 地震の余震・関連地震  
正断層型でありM7.4(7.3から更新)  
深さ25km(速報10kmから更新)

## Tsunami Warnings/Advisories

Occurred at 05:59 JST, 22 Nov. 2016  
Region name Fukushima-ken Oki  
Depth about 10 km  
Magnitude 7.3

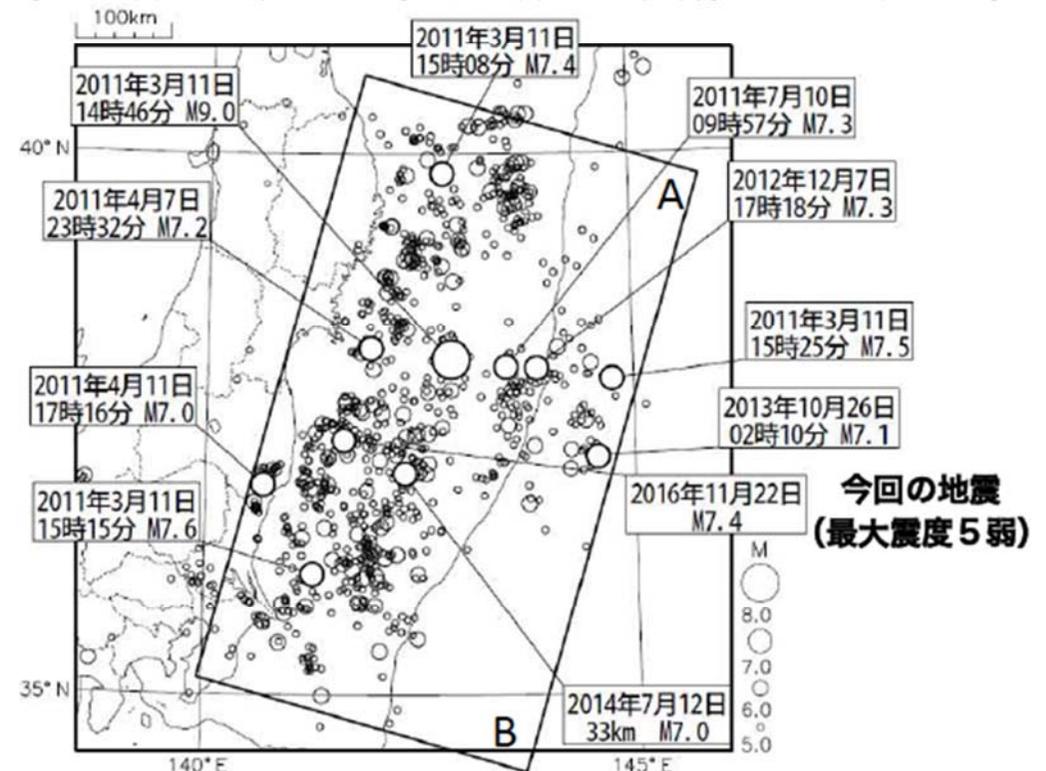
Issued at 06:02 JST, 22 November 2016



## 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震 余震の発生状況

### 震央分布図

2011年3月11日12時00分～2016年11月22日06時00分、深さ0～90km、M ≥ 5.0



丸の大きさはマグニチュードの大きさを表す。  
M7.0以上の地震と今回の地震に吹き出しをつけている。

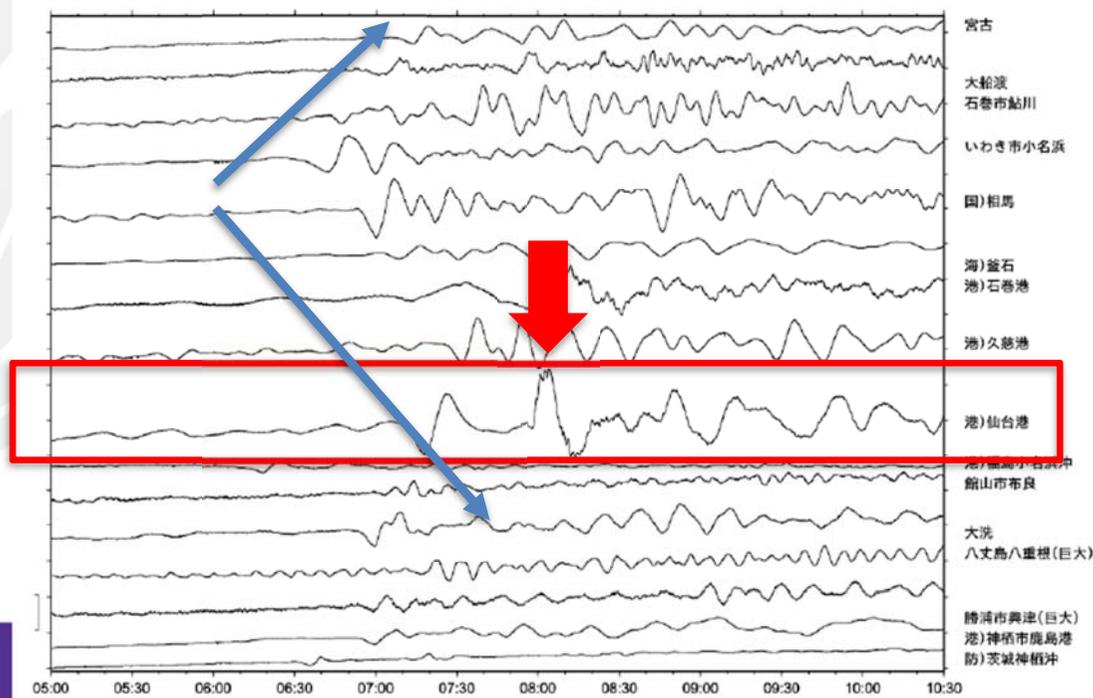
# 2016年11月の福島県沖の地震



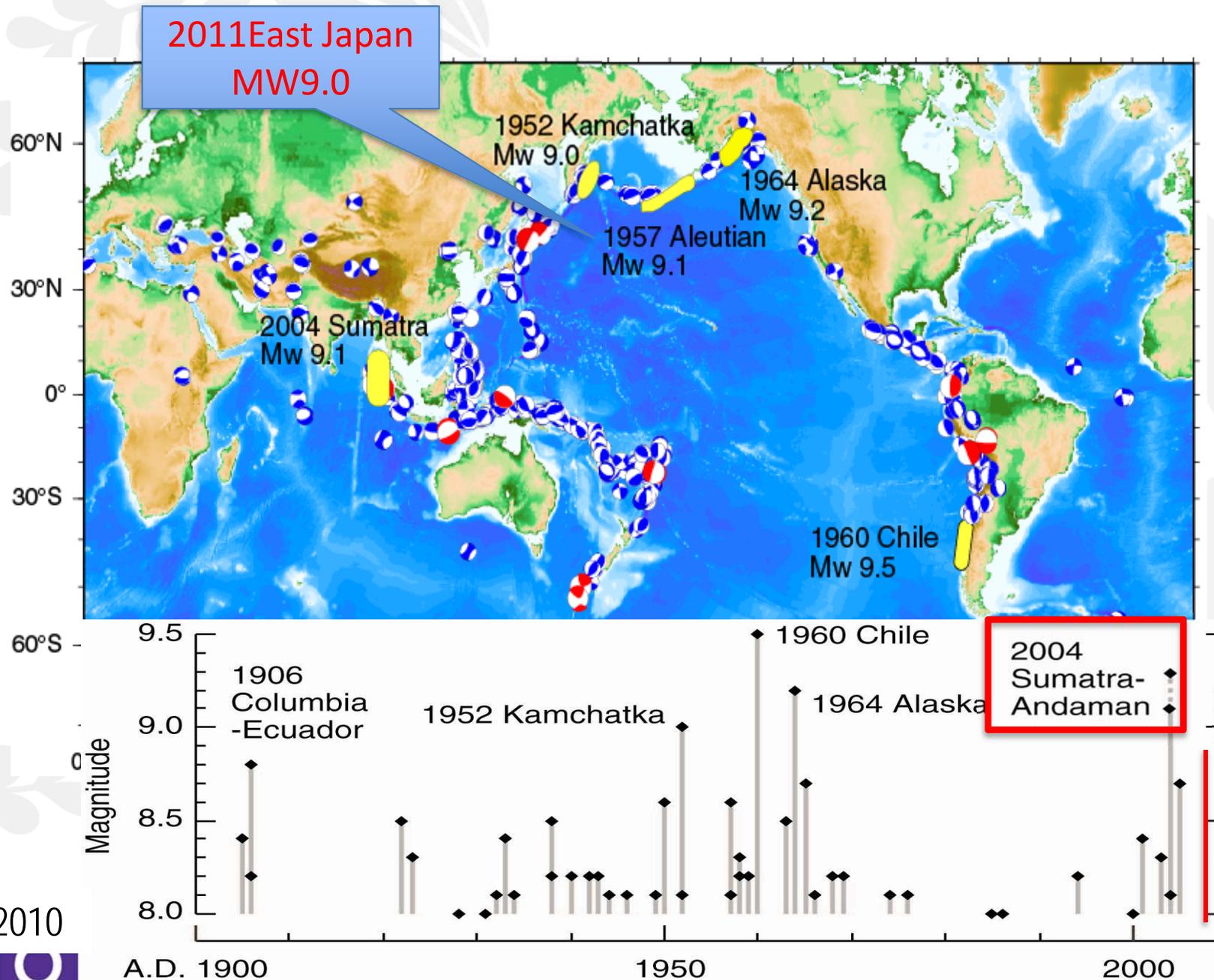
## 津波警報・津波注意報の発表履歴

津波予報区	発表時刻			
	22日06時02分	22日07時26分	22日08時09分	22日09時46分
青森県太平洋沿岸	津波注意報	津波注意報	津波注意報	若干の海面変動
岩手県	津波注意報	津波注意報	津波注意報	津波注意報
宮城県	津波注意報	津波注意報	津波警報	津波注意報
福島県	津波警報	津波警報	津波警報	津波注意報
茨城県	津波注意報	津波注意報	津波注意報	津波注意報
千葉県九十九里・外房	津波注意報	津波注意報	津波注意報	若干の海面変動
千葉県内房	若干の海面変動	津波注意報	津波注意報	若干の海面変動
伊豆諸島	若干の海面変動	津波注意報	津波注意報	若干の海面変動

津波波形 (2016年11月22日10時30分現在)

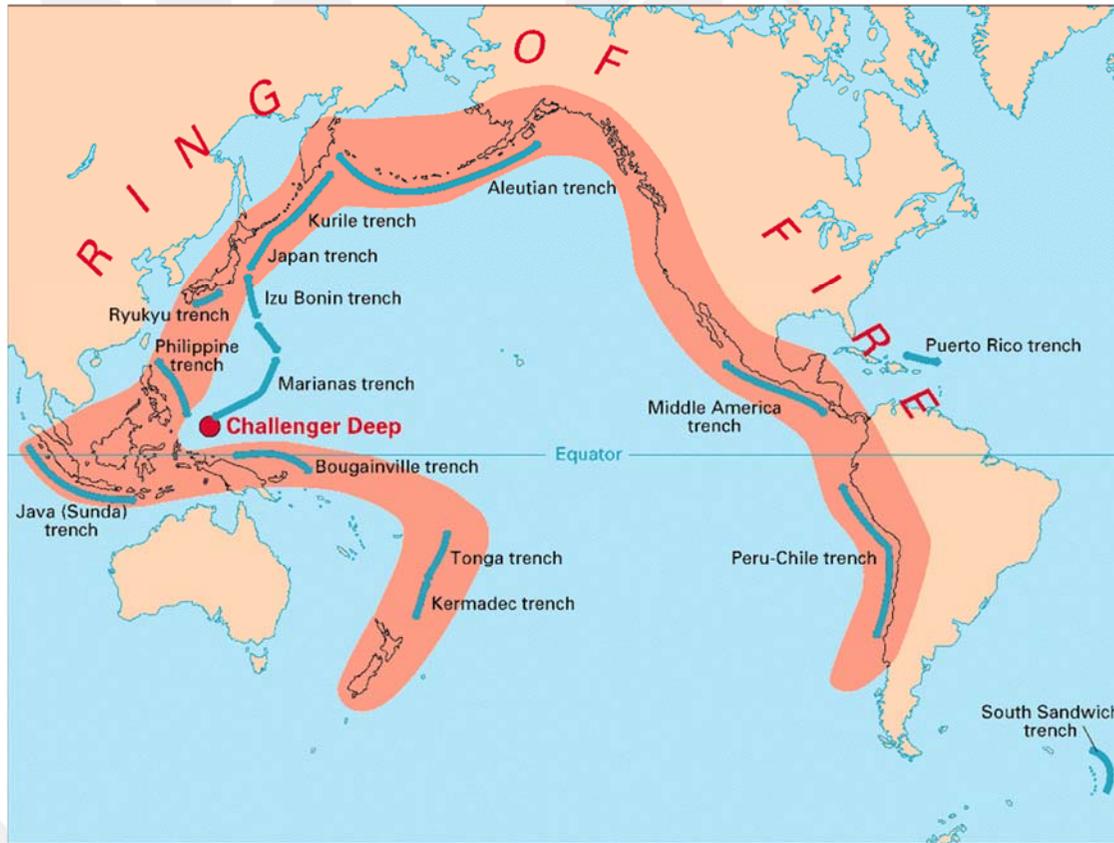


# 過去100年での巨大地震の発生



Satake, 2010

# Ring of fire 環太平洋地震・火山地帶



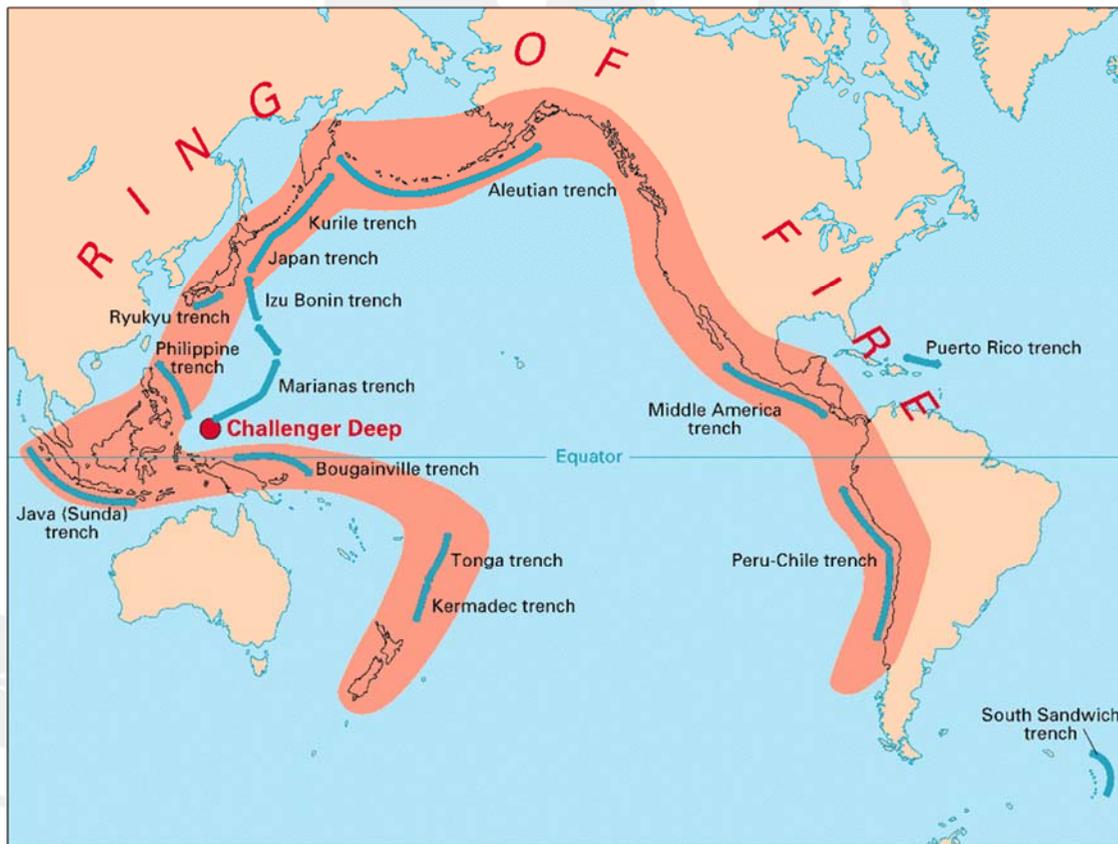
We are living in the area of Asian and Pacific Ocean where a large number of earthquakes, tsunami and volcanic eruptions occur. This is called ring of fire.

In a 40,000 km (25,000 mi) horseshoe shape, it is associated with a nearly continuous series of oceanic trenches, volcanic arcs, and volcanic belts and plate movements.

<https://www.thinglink.com/scene/626446973402087425>

# Ring of fire 環太平洋地震・火山地帯

経験・教訓のバトンリレー; 阪神—台湾—中越—インド  
ネシア・中国—東日本—タイ・フィリピン・ネパール—熊  
本—メキシコ・インドネシア



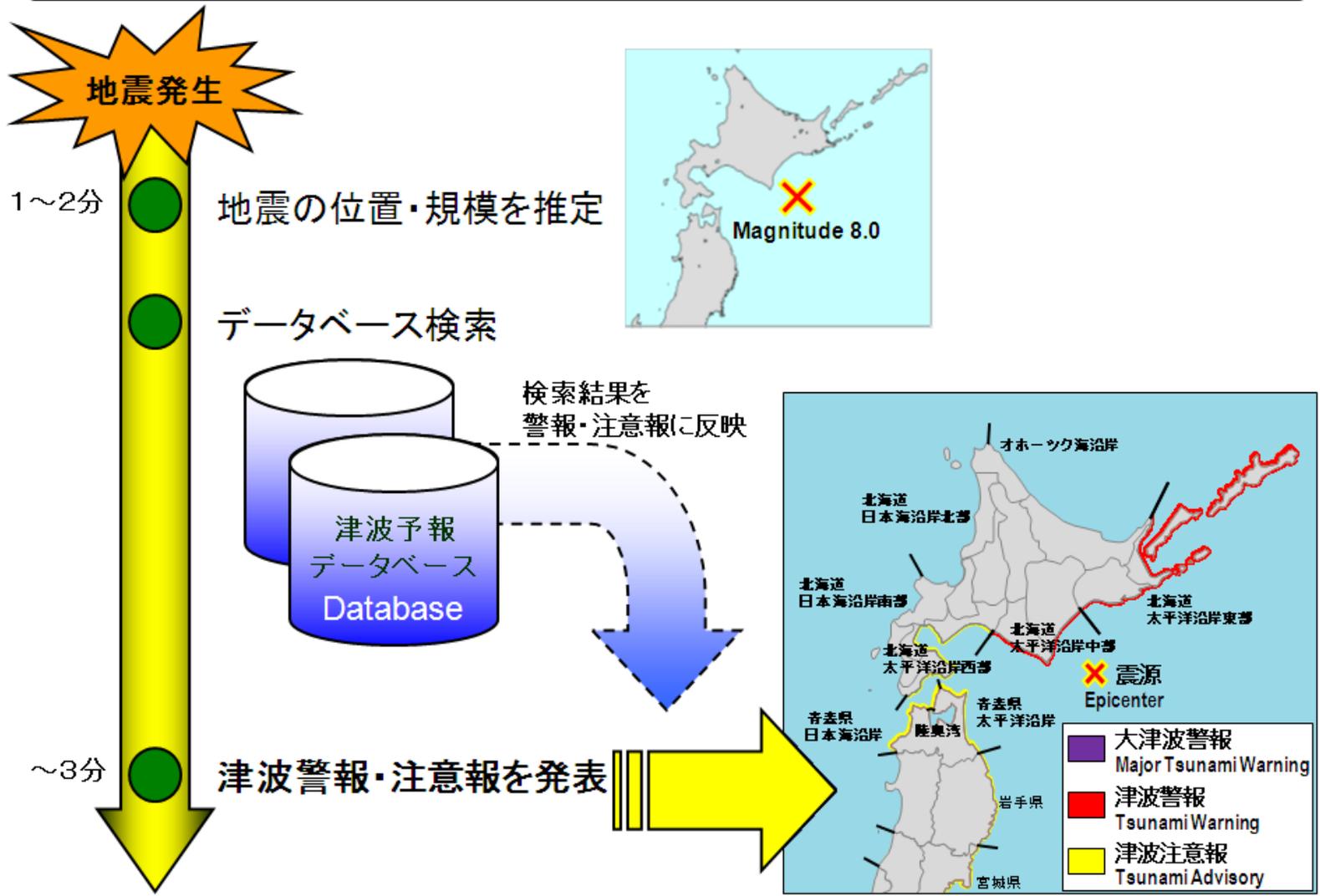
We are living in the area of Asian and Pacific Ocean where a large number of earthquakes, tsunami and volcanic eruptions occur. This is called ring of fire.

In a 40,000 km (25,000 mi) horseshoe shape, it is associated with a nearly continuous series of oceanic trenches, volcanic arcs, and volcanic belts and plate movements.

### 3. インドネシアでの災害

非地震性津波の発生  
津波警報体制の盲点

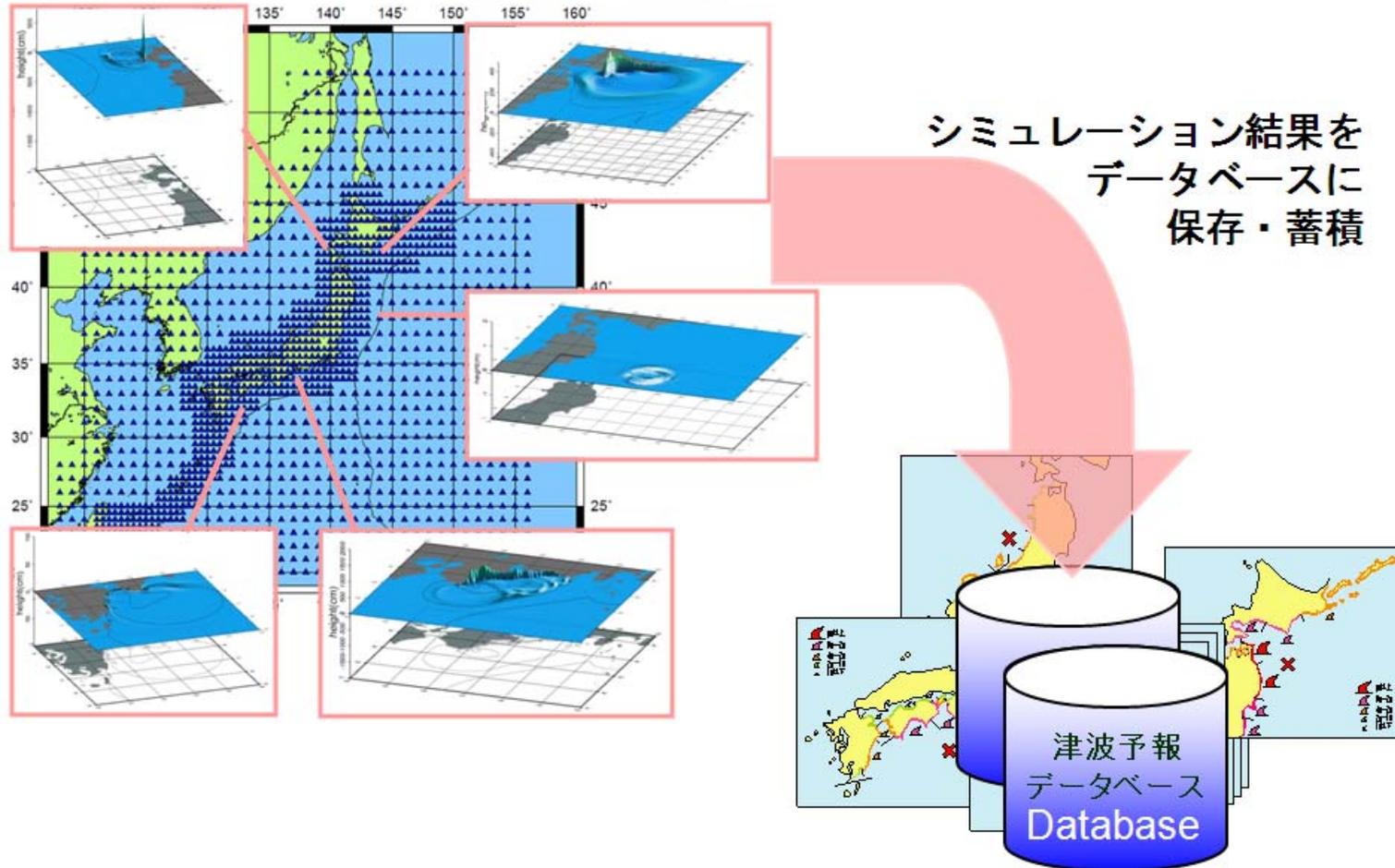
# 津波予報データベースを用いた津波警報・注意報の発表手順



<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/tsunami/ryoteki.html>

# 津波予報データベースの構築

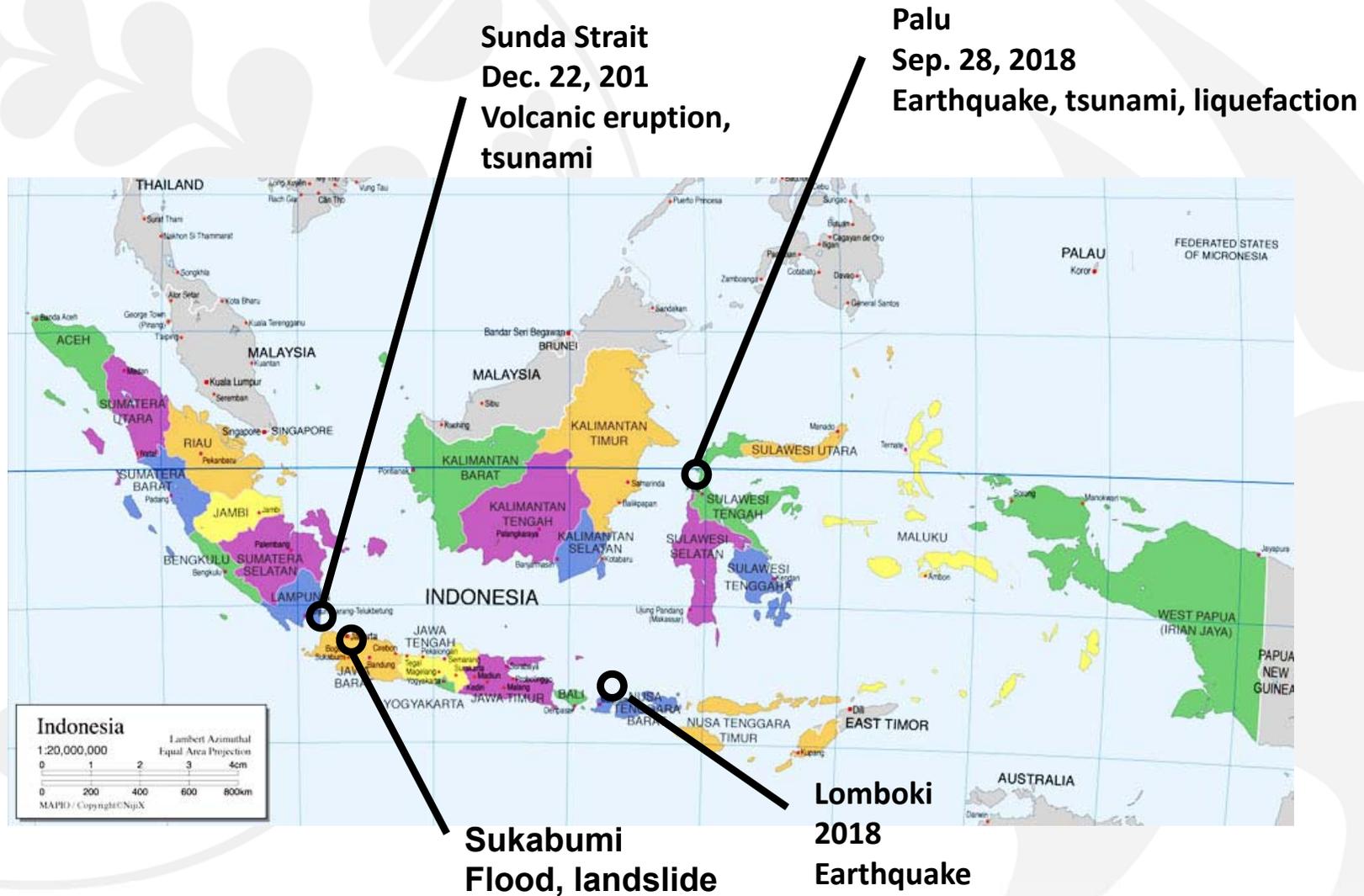
津波の数値シミュレーションを多数実施



<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/tsunami/ryoteki.html>

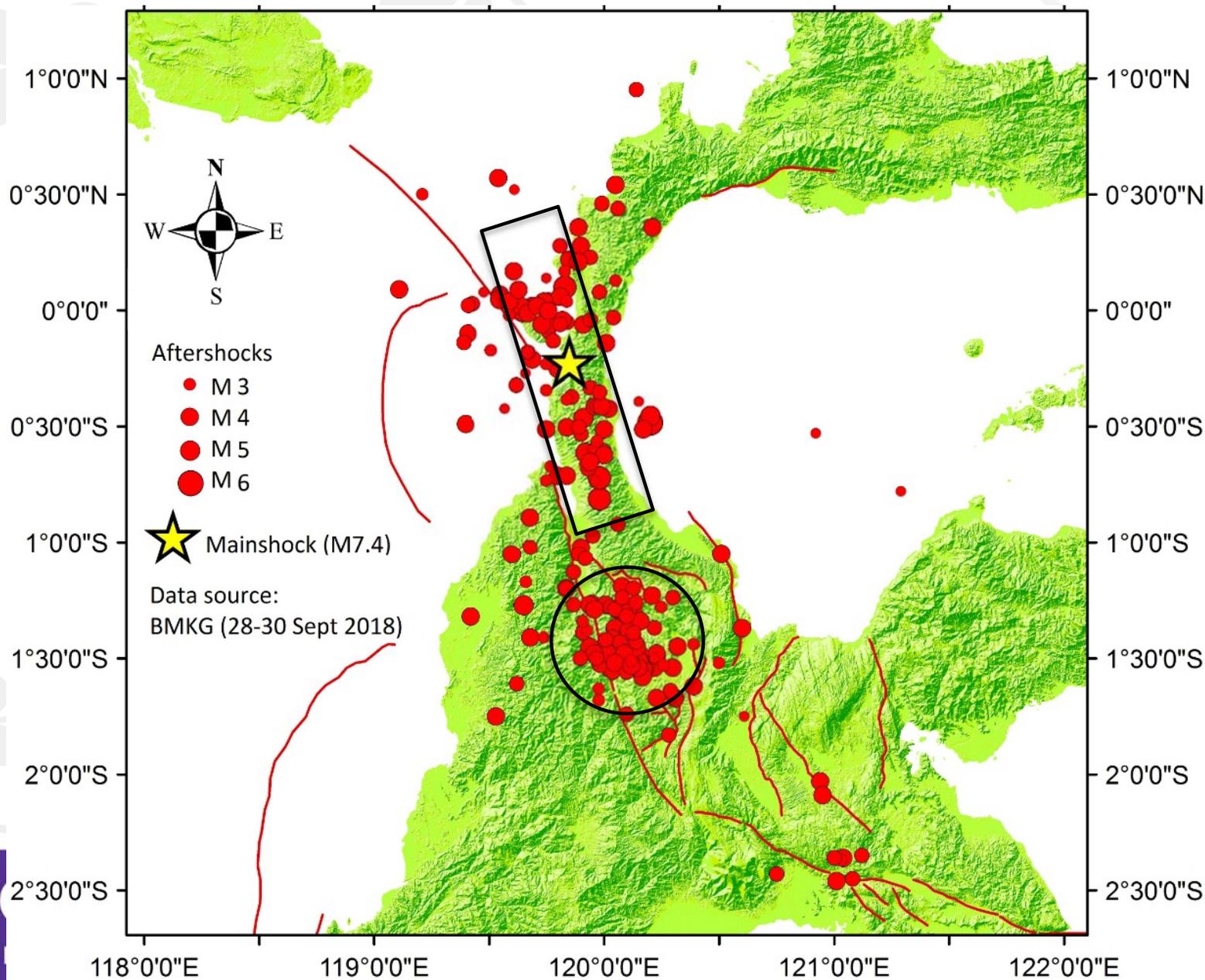
# 2018年でのインドネシアでの自然災害

## Natural disasters in Indonesia , 2018



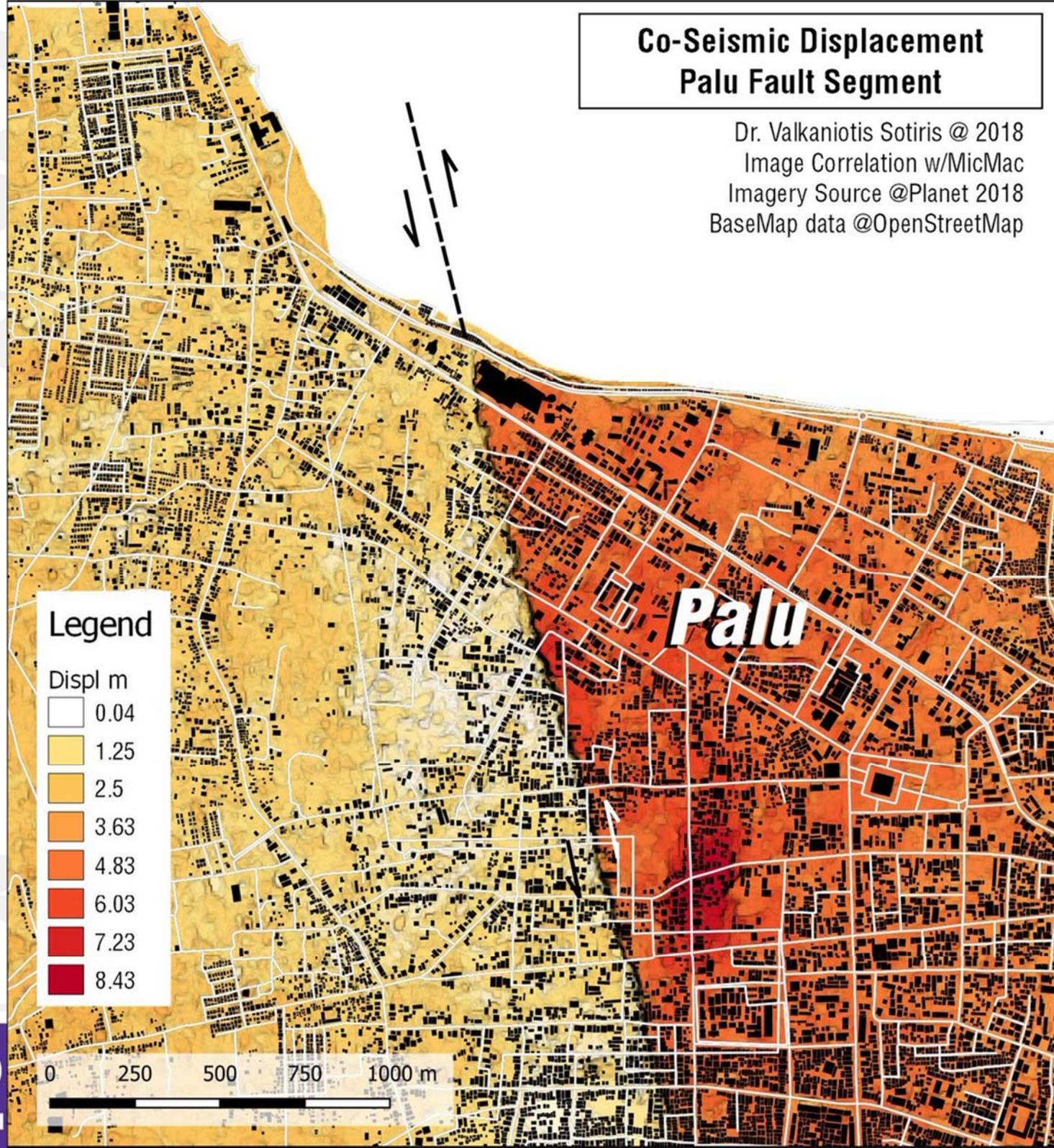
# スラウェシ島中部地震

## Earthquake | Sept 28, 2018



# Co-Seismic Displacement Palu Fault Segment

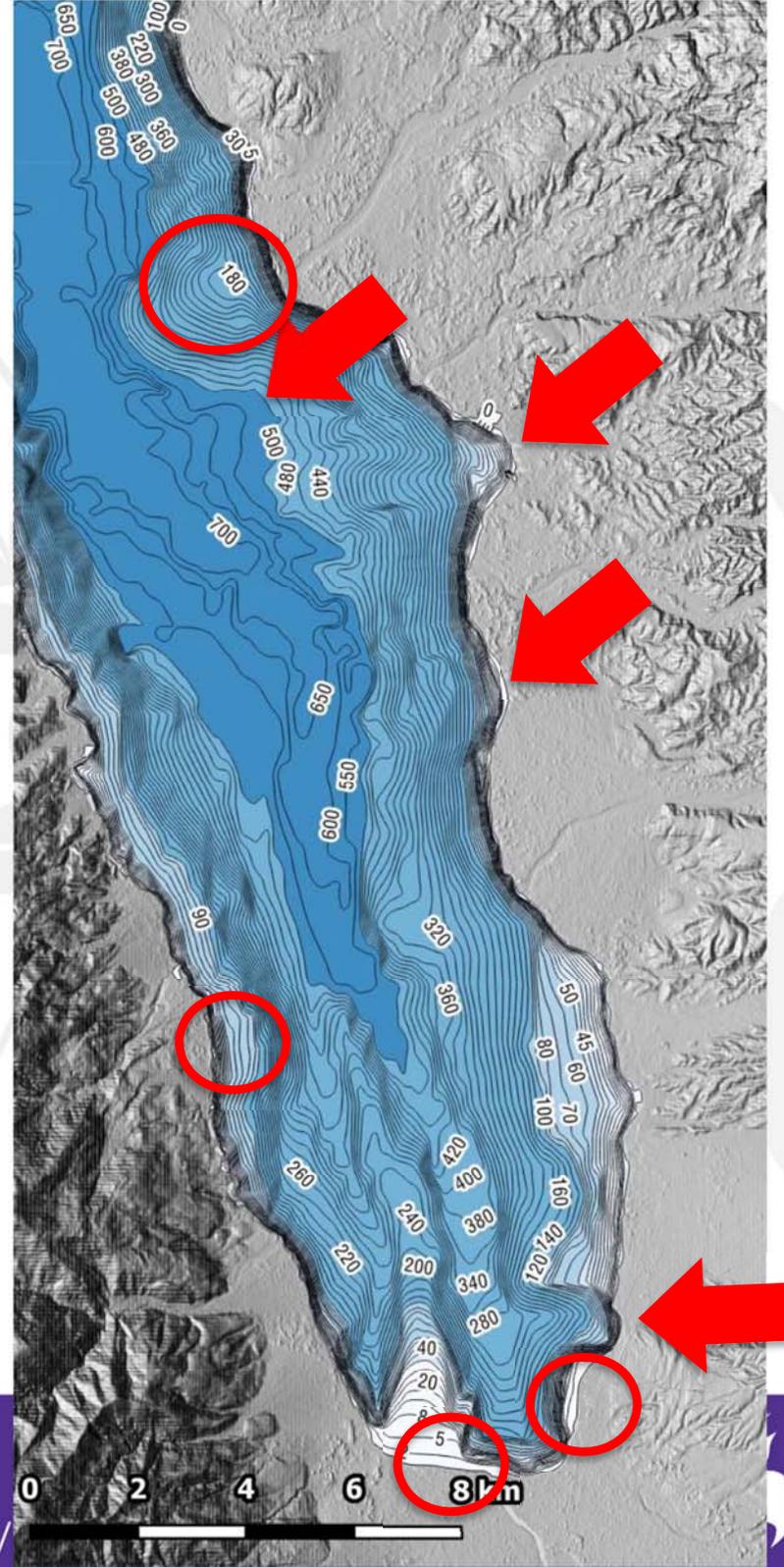
Dr. Valkaniotis Sotiris @ 2018  
Image Correlation w/MicMac  
Imagery Source @Planet 2018  
BaseMap data @OpenStreetMap



# 地震前の海底地形 (以前から地滑りの 発生の可能性)

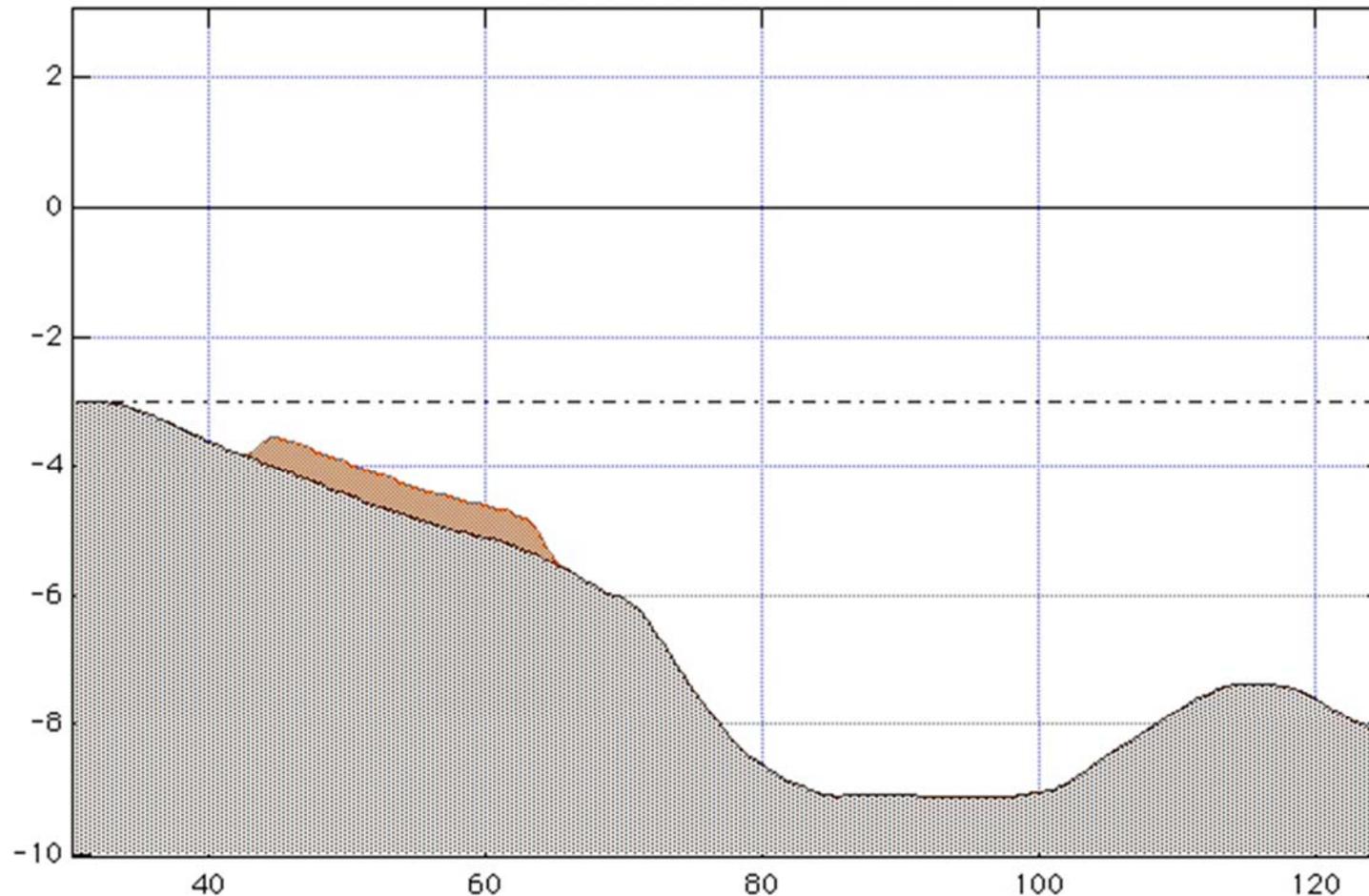
Bathymetry before 2018  
suggesting landslides  
undersea in the past  
and future

Sotris Valcaniotis and BIG  
<http://www.big.go.id/>



# パプアニューギニアでの海底地滑りによる津波発生

Analysis of tsunami caused by marine land slide at the case of the 1998 PNG earthquake and tsunami



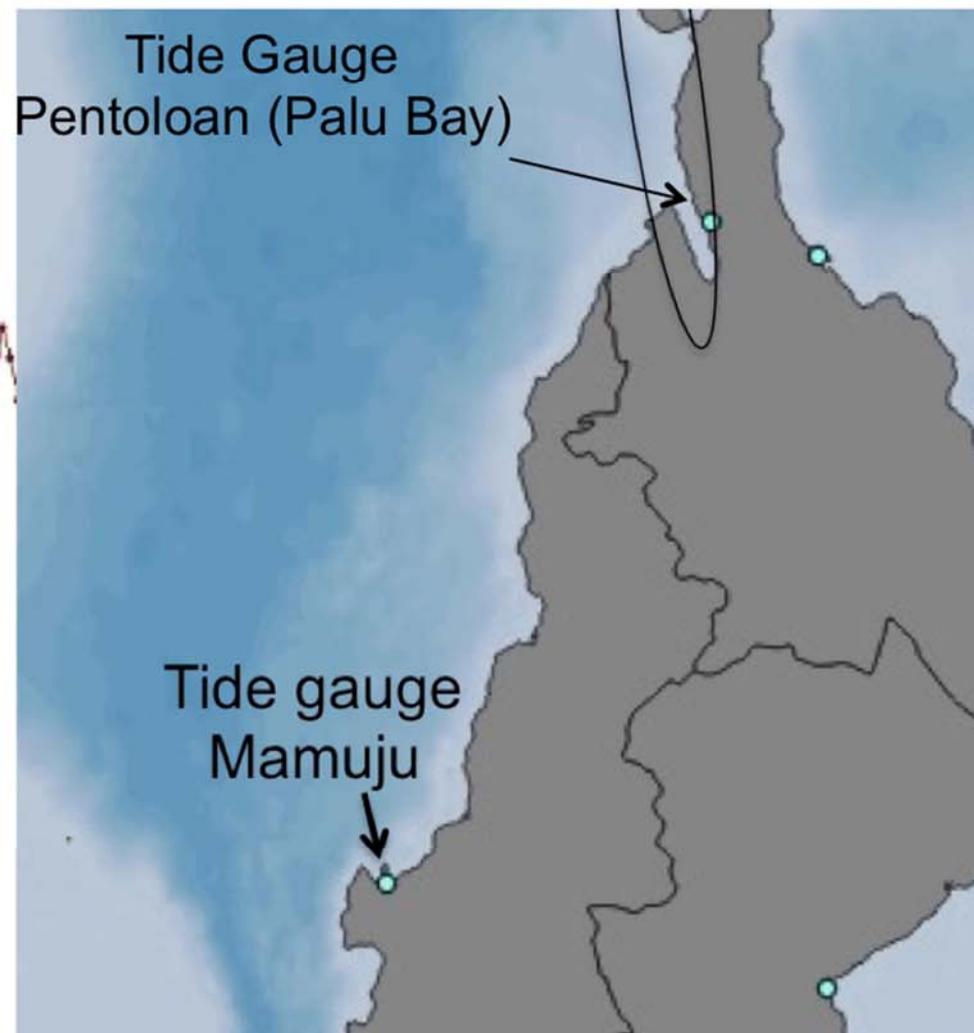
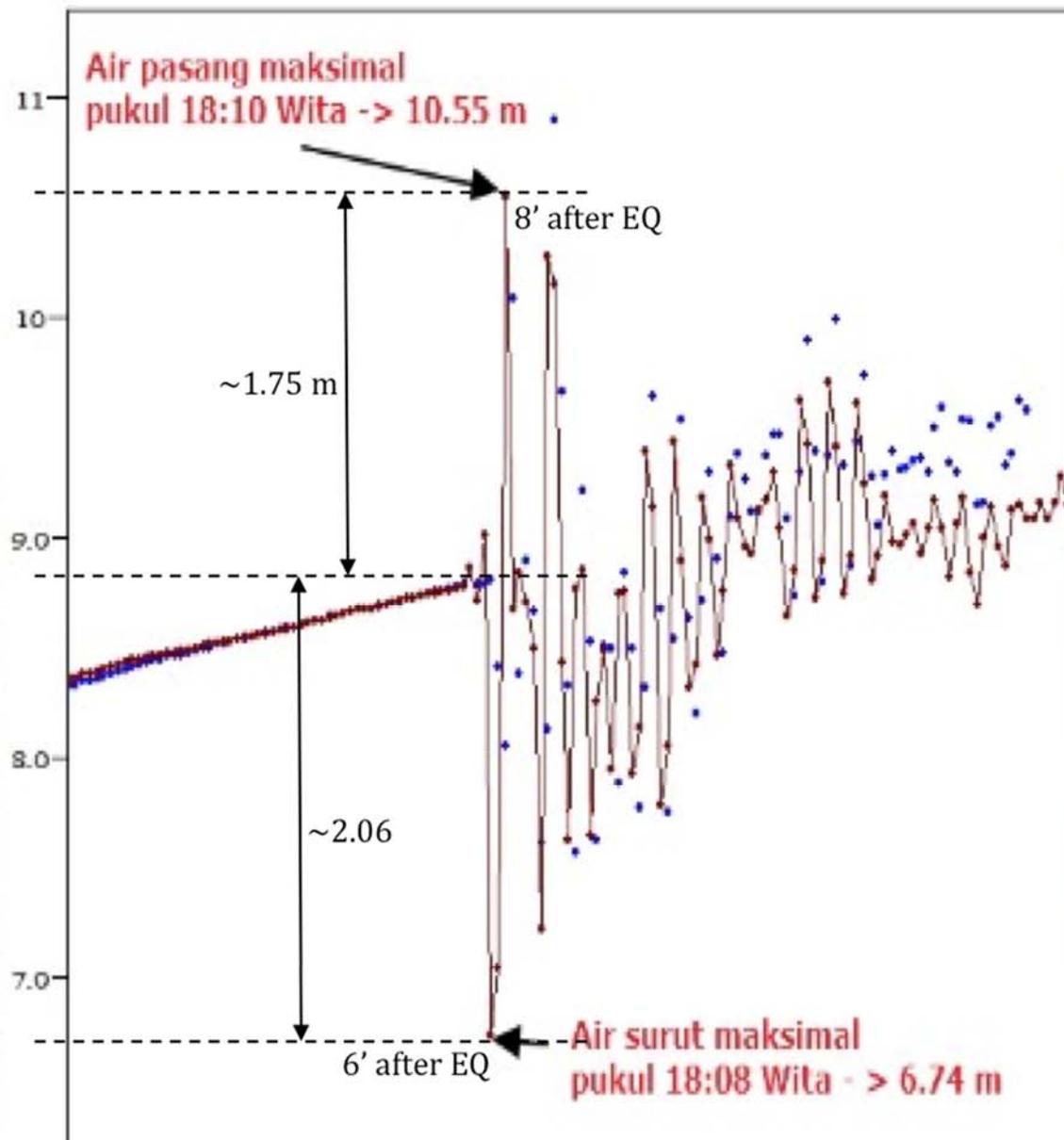
Imamura, F., K.Hashi and MD. M.A.Imteaz; Modeling for tsunamis generated by landsliding and debris flow, Tsunami Research at the End of a Critical Decade, Ed. by G.T.Hebenstreit, Kluwer Academic Pub., pp.209-228, 2001.

# パル湾で記録された津波(験潮記録)

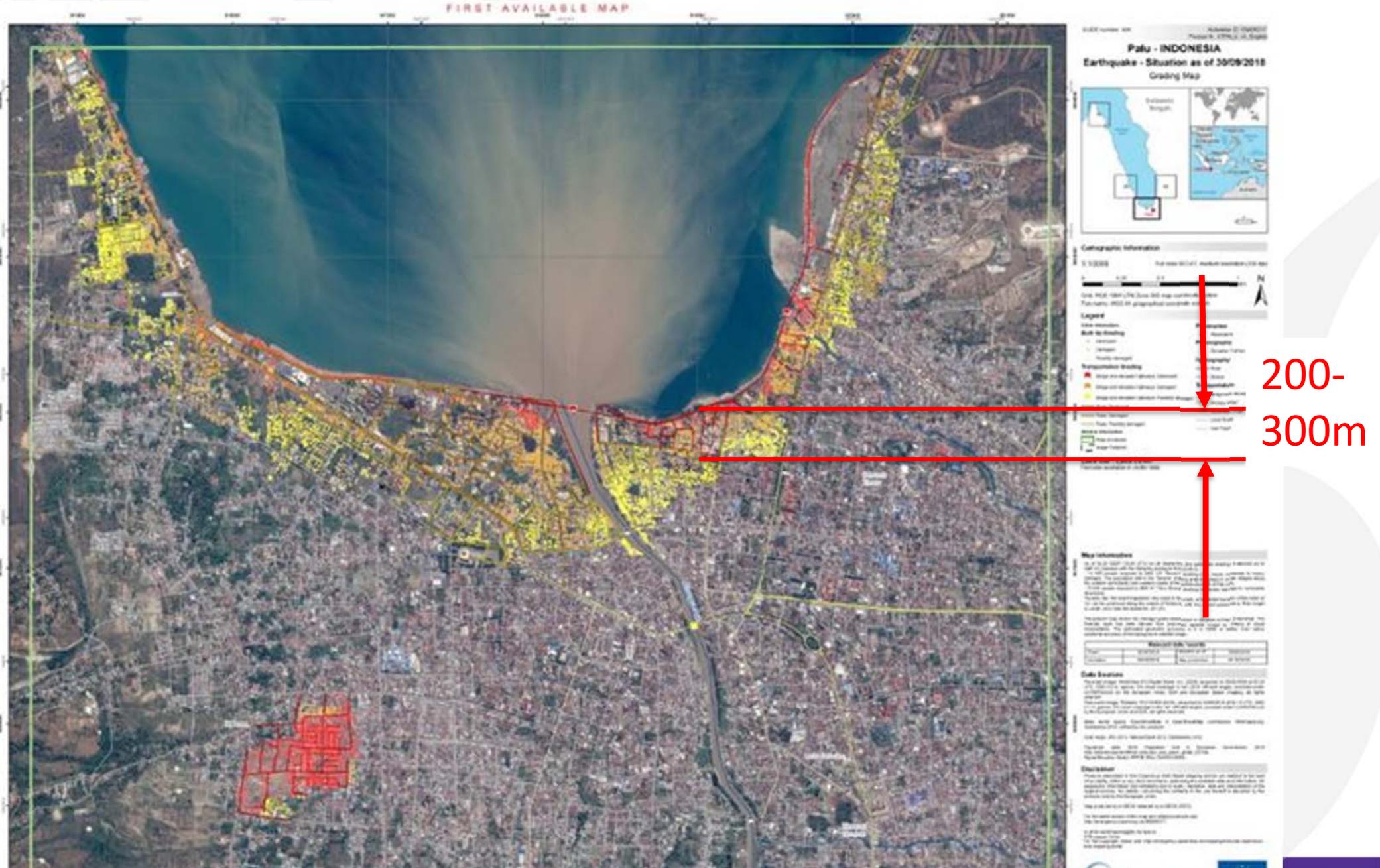
- Tsunami is preceded by receding water up to ~2.06
- Maximum tsunami

## Pel. Pantoloan - Sulteng

Pantoloan Tidal Data Station:  
-0.711605 N 119.857279 E



# 衛星画像により推定された建物被害率



# 被害現地調査報告(1)



# 被害現地調査報告(2)

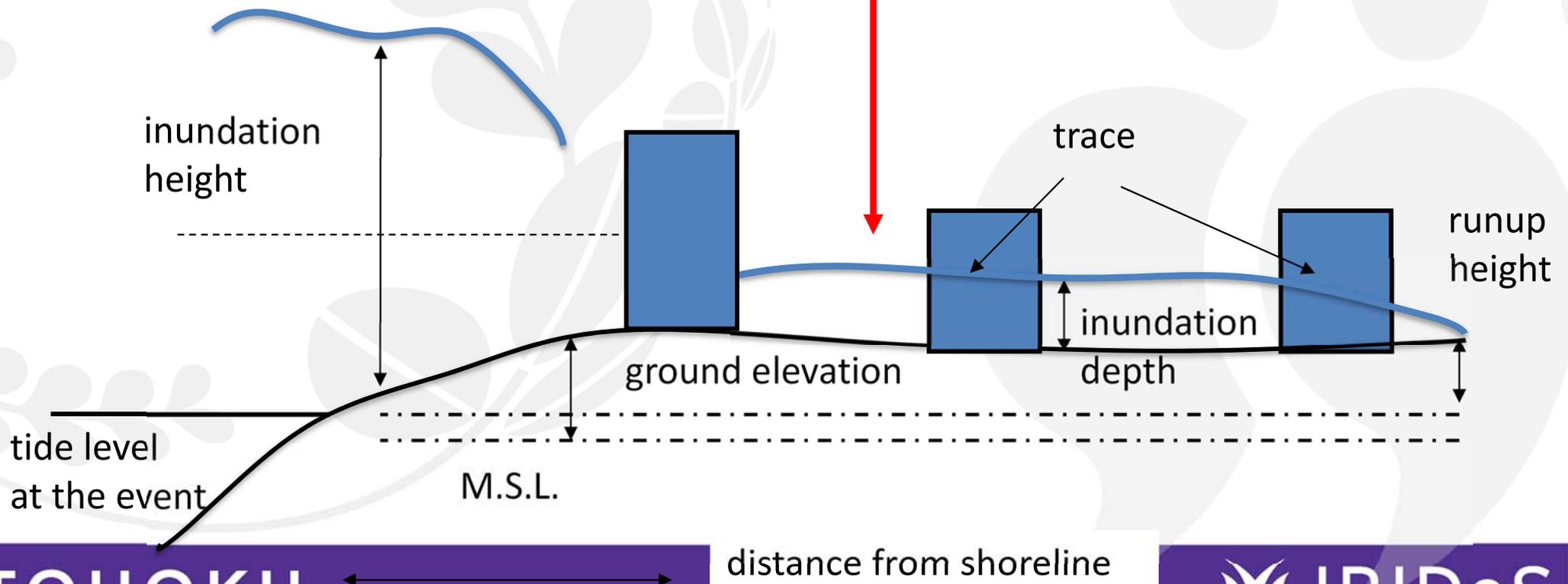


# 被害現地調査報告(3)



# 被害現地調査報告(4)

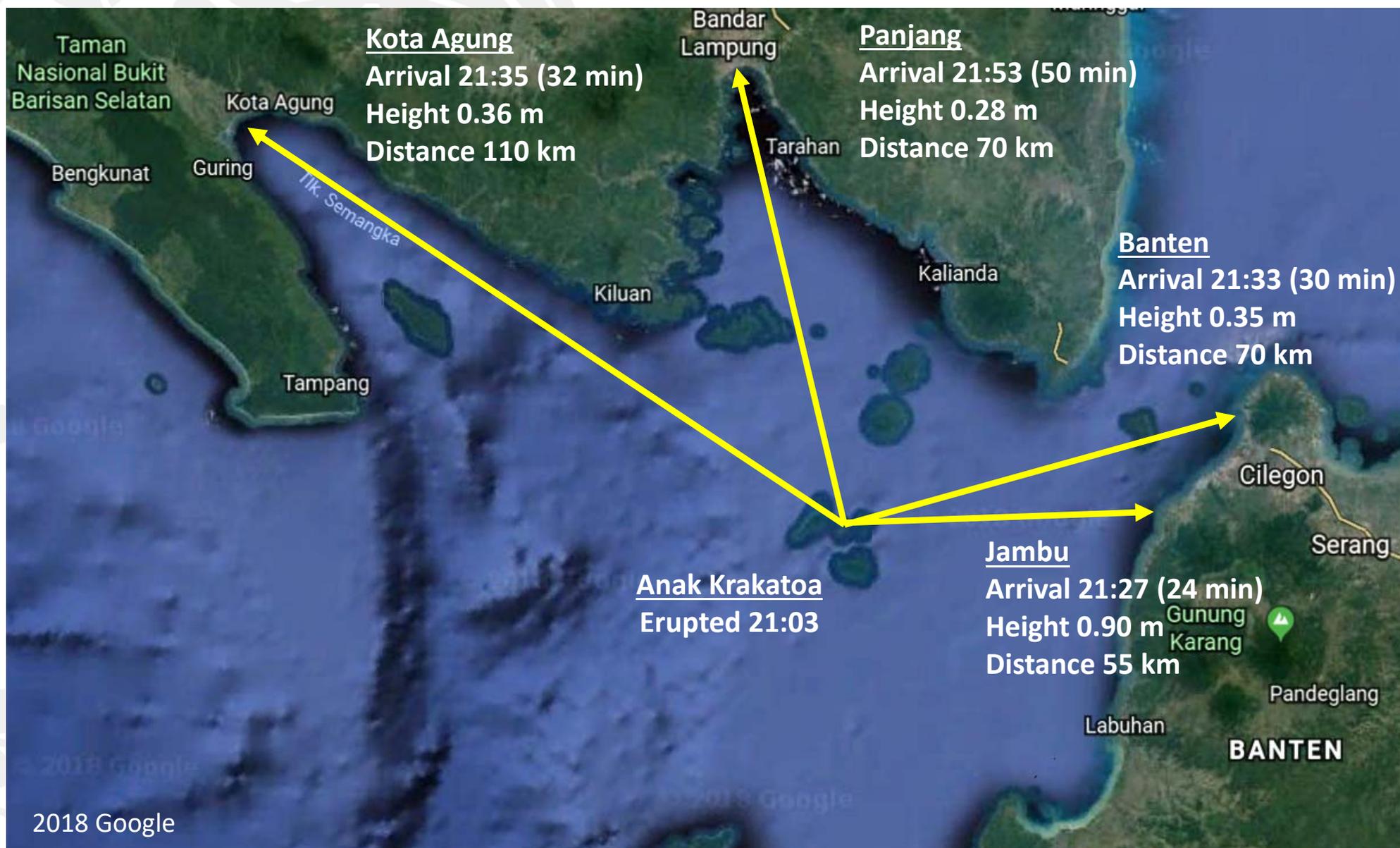




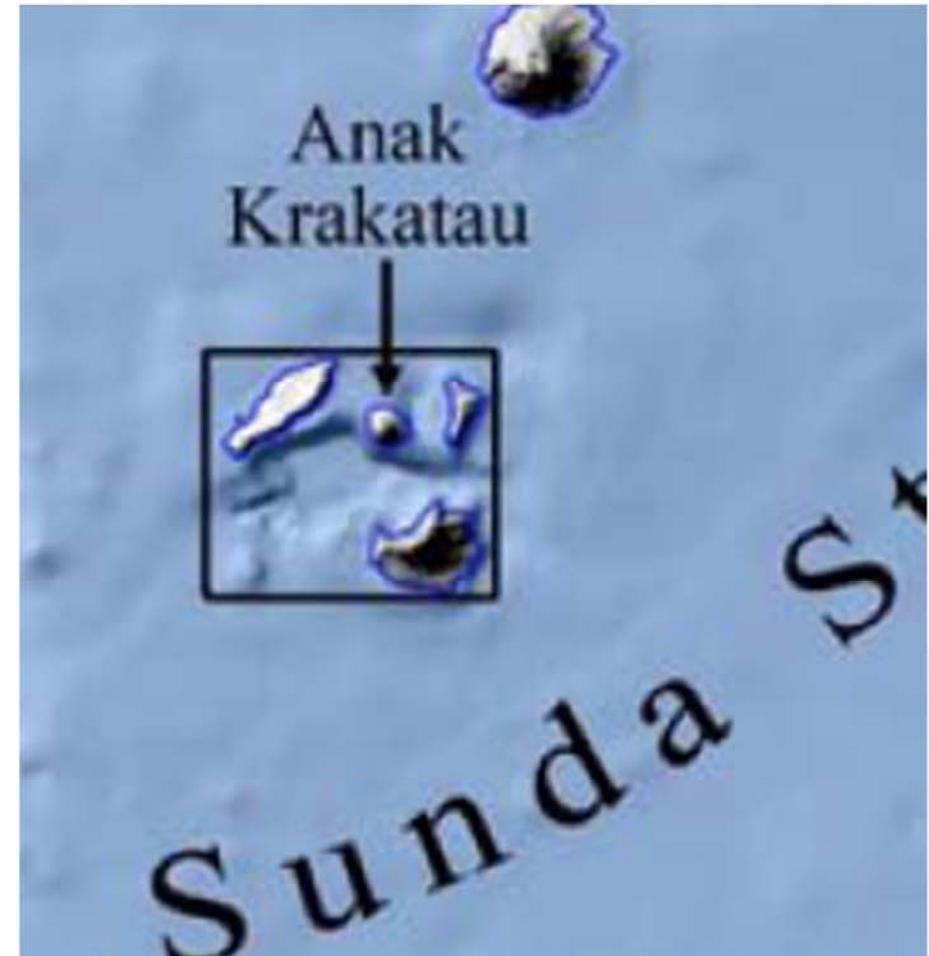
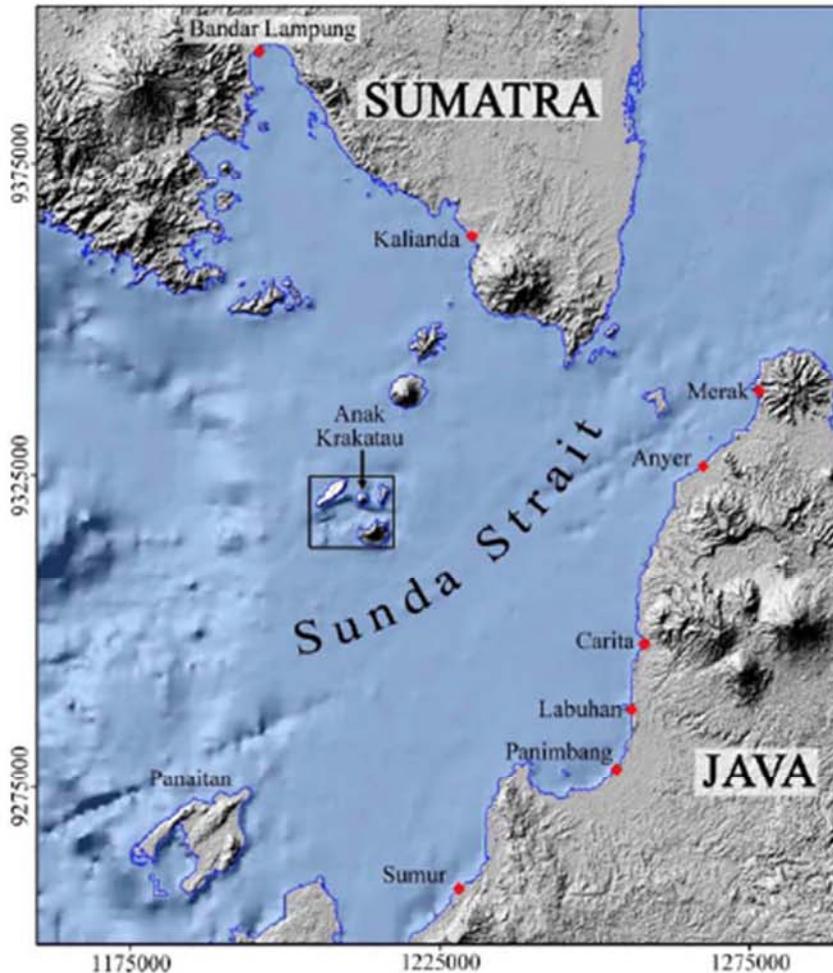
## 4. インドネシアでの災害

スンダ海峡津波 — アナ・クラカタ島噴火

# スンダ海峽とアナ・クラカタウ島



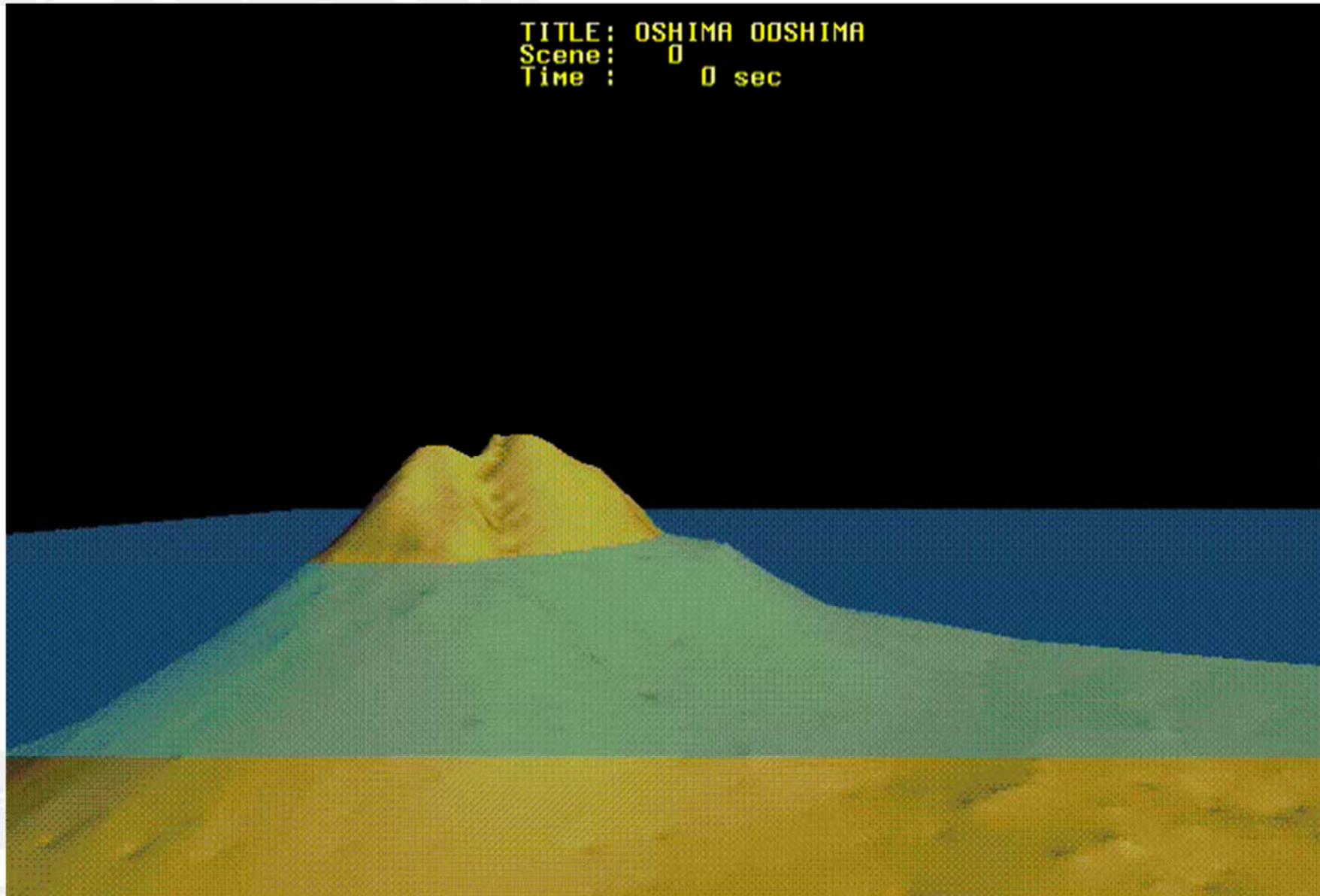
# アナ・クラカタウ島周辺の地図



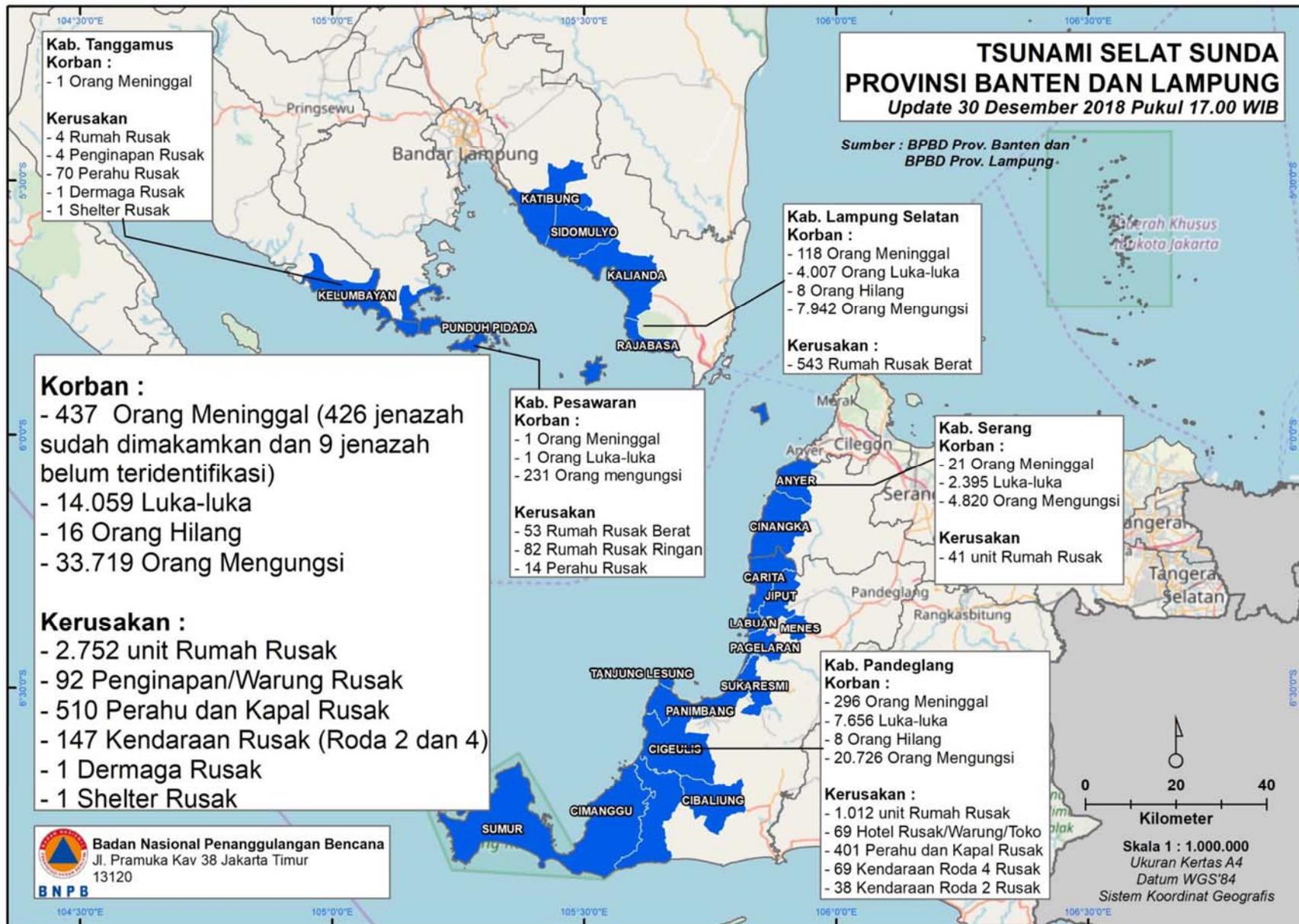
**Fig. 1.** Shaded relief representation of the DEM (100 m resolution) of Sunda Strait, based on ASTER topography, GEBCO bathymetry and a digitization of the bathymetric map of Krakatau from Deplus *et al.* (1995, their fig. 7). This DEM is the calculation grid used to simulate the Anak Krakatau landslide and the subsequent tsunami propagation (calculations were made at a resolution of 200 m). The main coastal cities or important infrastructures around the Sunda Strait are indicated by red diamonds. The black frame around the Krakatau Archipelago corresponds to the limits of Figure 2b, c. Geographical co-ordinates are in metres.

(Giachetti et al., Geological Society, 2012)

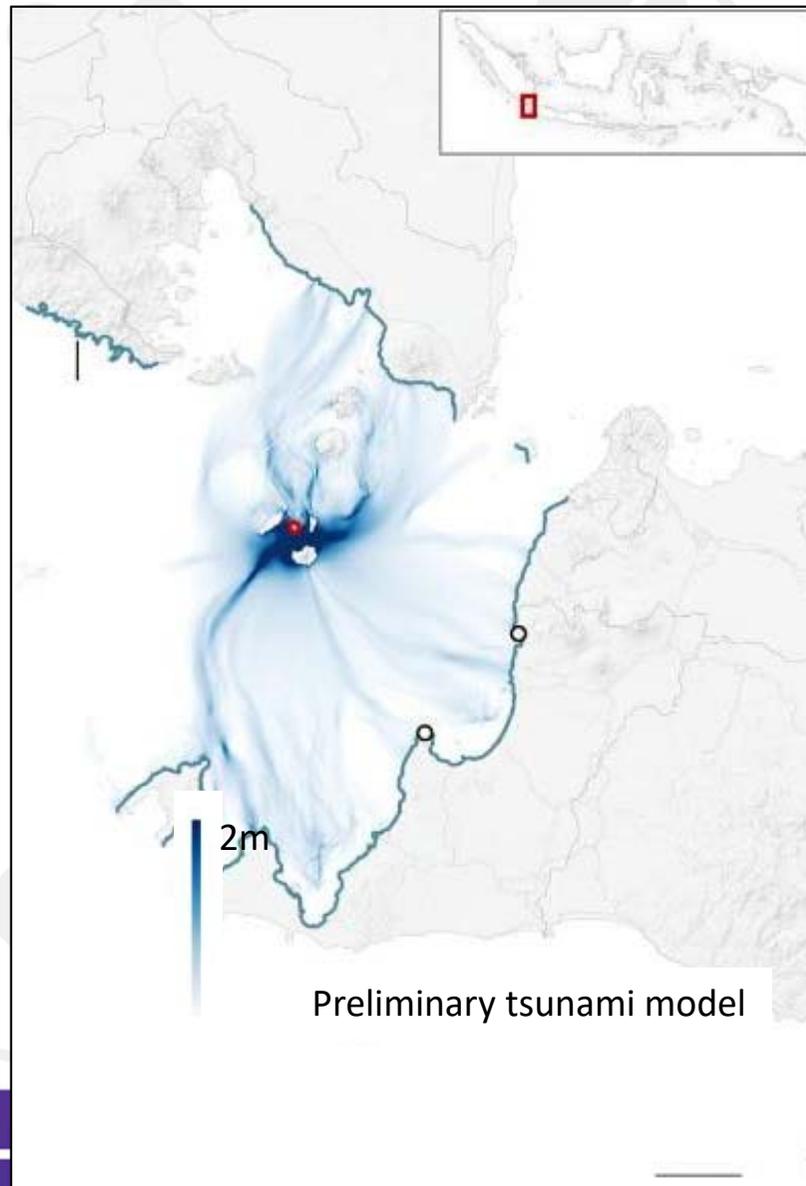
# 山体崩壊による津波の発生(北海道渡島大島)



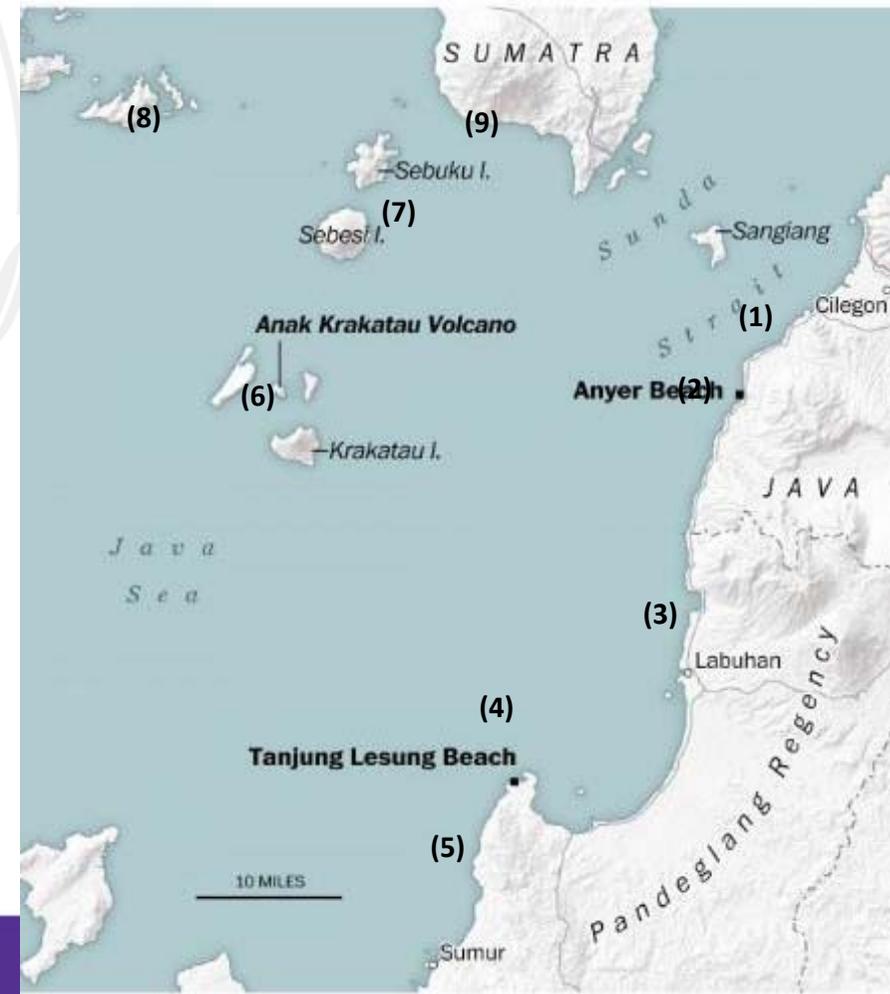
# スンダ海峽津波による被害状況 (インドネシア政府発表)



# スンダ海峡津波の現地調査計画



- Lokasi (1) s/d (5): 26-27 Dec 2018
- Lokasi (6) s/d (8): Flight Susi Air (if possible) or by using KKP boat
- Lokasi (9): 28-29 Dec 2018



# スンダ海峽津波の現地調査チーム

## 現地調査チーム

Abdul Muhari, MMAF, リーダー  
Fumihiko Imamura, IRIDeS, Tohoku Univ  
Taro Arikawa, Chuo Univ  
Bagus Afriyanto, MMAF  
Boby Arianto, MMAF  
Hiroshi Okada, Pacific Consultants Co., LTD.

Result of post-tsunami survey conducted by Ministry of Marine Affairs and Fisheries on Dec 26-30. Tsunami run-up reached up to 13.4m and maximum inundation distance of ~160m.

Severe impacts localised at the south part of Pandeglang indicating tsunami energy somehow concentrated in that area, while less impacts in the north Anyer and Cilegon.

... of small islands surrounding Anak Krakatau might influence propagation. The difference of ground level between low land and beach plays important role as well.

... still we don't understand the mechanism of the tsunami yet, but we are trying to figure out what was the cause of disaster by documenting the ...  
Virginia Gunawan Taro Arikawa 今村文彦



# スンダ海峽津波の現地調査対象地域



現地調査対象領域(主に3箇所)



じゃかるた新聞 (2018.12.26)

Google Earth

Image © 2018 CNES / Airbus

©2018 Google

Image Landsat / Copernicus

Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

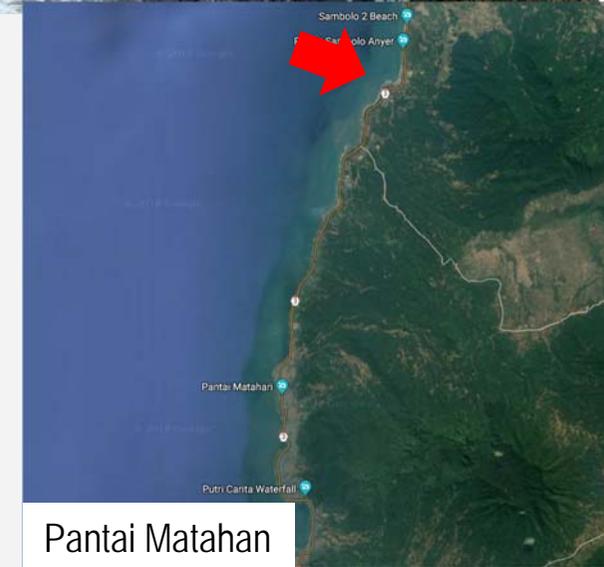
# スンダ海峡津波の現地調査結果(1)



Tsunami maximum level; 2.3-3.6m



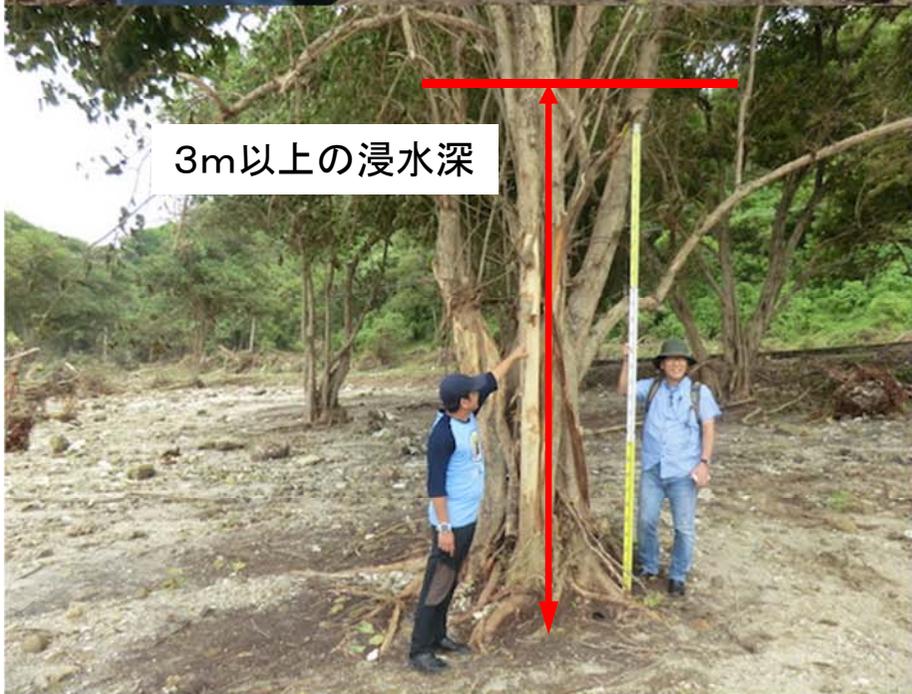
Carita 付近



Pantai Matahan

# スンダ海峡津波の現地調査結果(2)

## Tanjung Lesung半島



樹木の幹に明確な津波痕が残された。  
漂流物が部分的に衝突したよりも、強い流れが長時間継続した可能性が高い

Tsunami maximum level: 7.8 m



# スンダ海峡津波の現地調査結果(3)



# スンダ海峡津波の現地調査結果(4)

Tanjung Lesung半島



沿岸域に一気に津波が来襲, 多くの珊瑚岩(大小)が打ち上げされていた。

Tsunami maximum level; 9.2 m

# スンダ海峡津波の現地調査結果(5)



Tanjung Lesung半島



Tanjung Lesung

沿岸域に一気に津波が来襲, 多くの珊瑚岩(大小)が打ち上げされていた. 巨大なものは1883年の噴火性津波の際に打ち上げられ, 今回, 再移動した可能性がある.

Tsunami maximum level; 9.3m



# 終わりに

- 東日本大震災以降，国内外で様々な自然災害が発生，多くの教訓を残す．
- 東日本大震災の余震・誘発地震などが発生続けている．
- インドネシアでの非地震性津波が発生．津波警報システムに課題を残す．メカニズムの解明やリアルタイム観測網の整備が必要
- 想定を超える(違う)災害への対応の強化