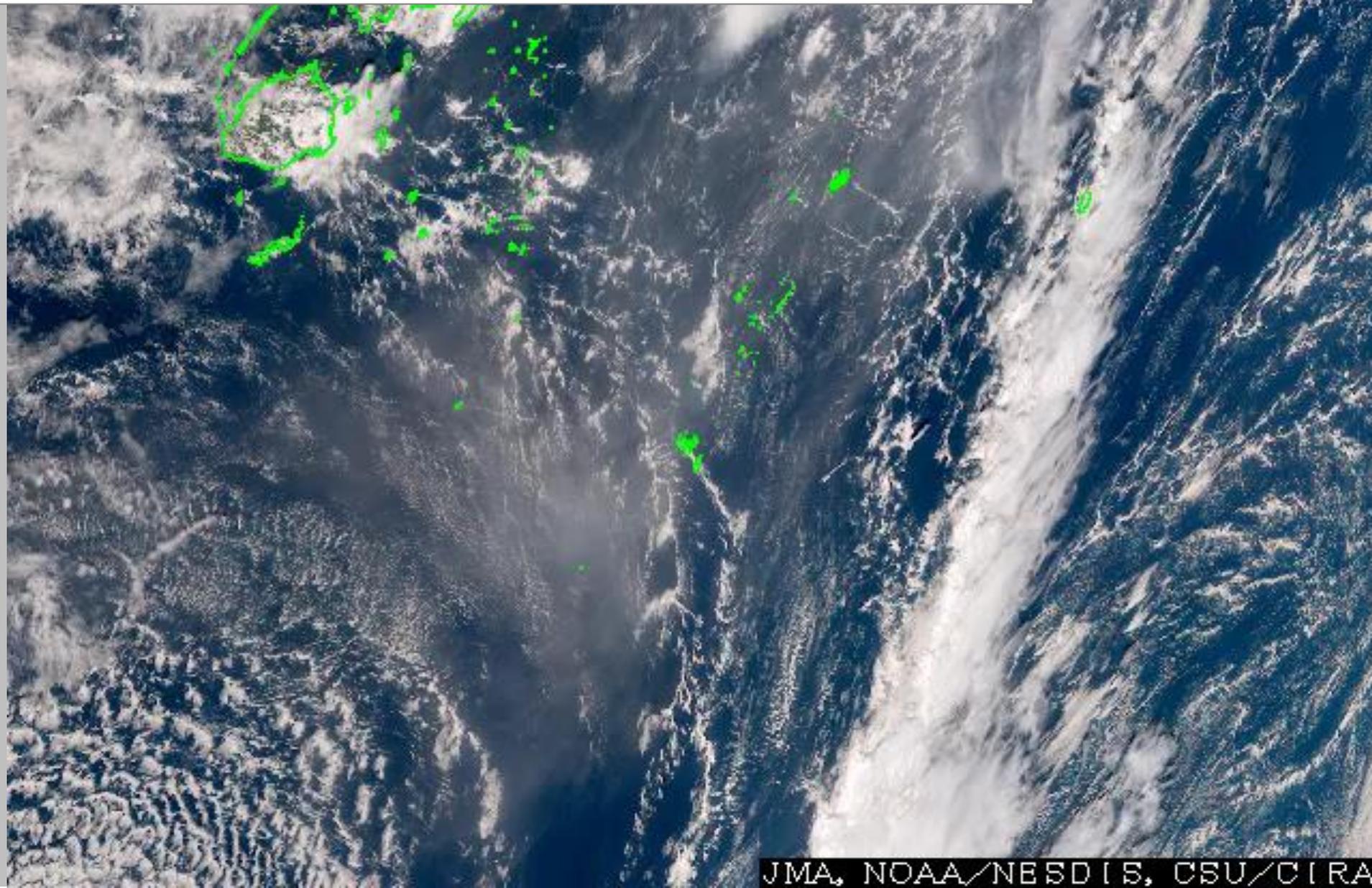


2022年トンガ火山噴火によって 生じた「津波」の正体 ～観測とシミュレーションの組み合わせから探る～

久保 久彦（防災科学技術研究所）

Himawari-8 2022.01.15 12:10:00JST

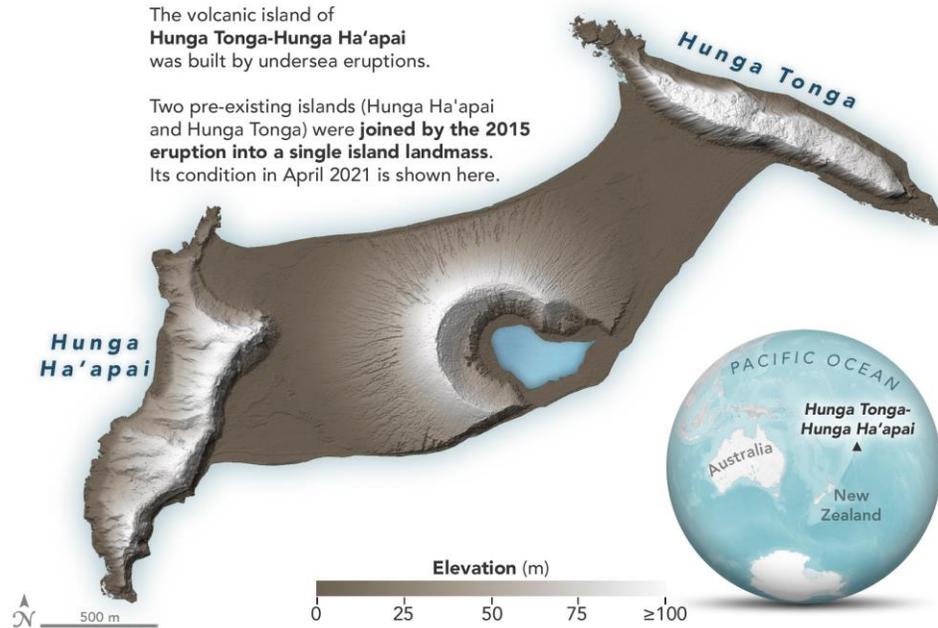
気象庁 ひまわり8号がとらえた噴火の様子



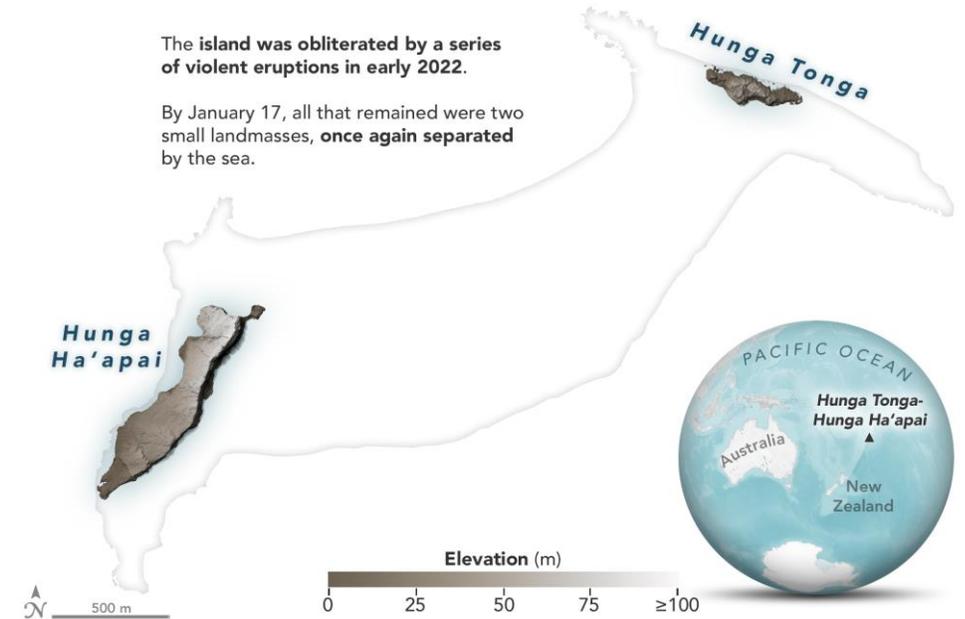
JMA, NOAA/NESDIS, CSU/CIRA

2022年トンガ火山噴火

噴火前（2021年4月）



噴火後（2022年1月17日）



<https://earthobservatory.nasa.gov/images/149367/dramatic-changes-at-hunga-tonga-hunga-haapai>

日本での津波

当初予想：若干の海面変動あり

気象庁 緊急記者会見 (2022-01-16 02:00)

- 想定よりも早い20時ごろから潮位変化あり
- 同時間帯に全国各地で気圧変化を観測
- 23時を過ぎて1mを超える潮位変化あり
- 津波警報・津波注意報の仕組みで防災対応を呼びかけ
- (会見の時点では) (通常の) 津波かどうかわかっていない

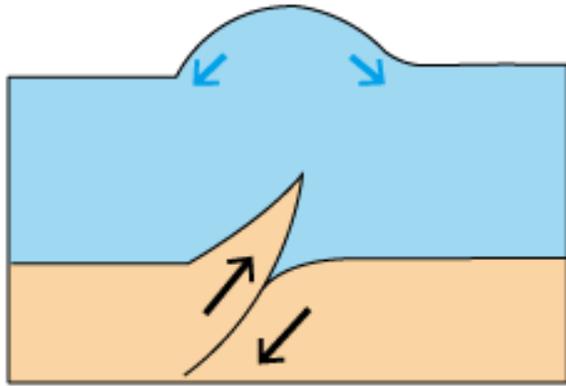


<https://www.youtube.com/watch?v=EuN4RAb8Rww>

漁業関係の施設への被害、漁船の転覆・沈没などが発生

津波の原因 = 急激な海水面の変動

地震



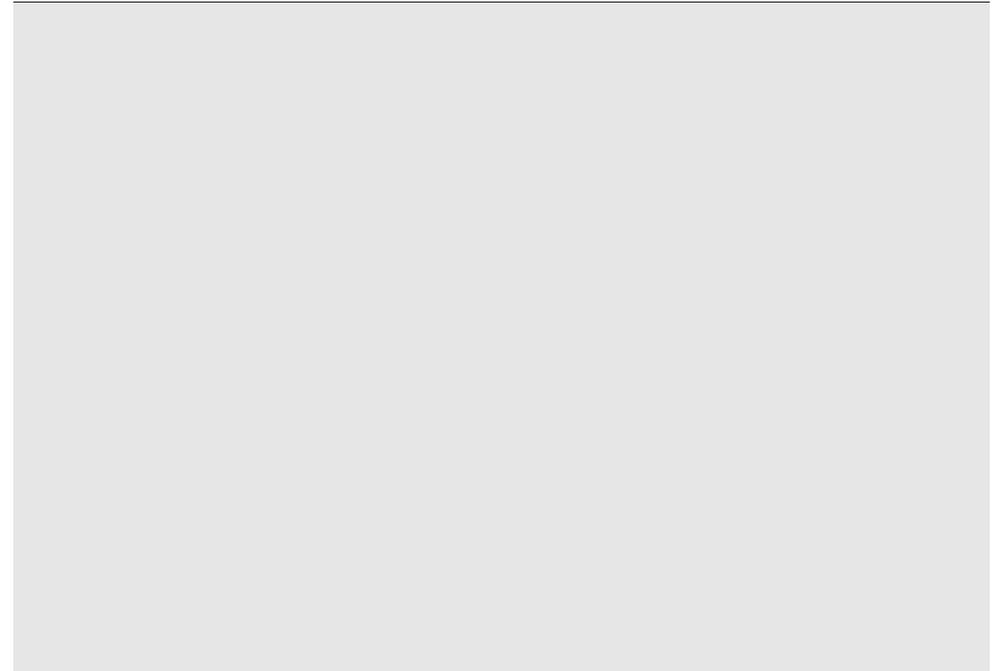
火山噴火



他にも
海底カルデラ形成
火砕流

...

島原大變・肥後迷惑
(1792年5月21日)



寛政四子年肥前国嶋原山々燃崩城下 町々村々破損ノ圖
東京大学地震研究所所蔵

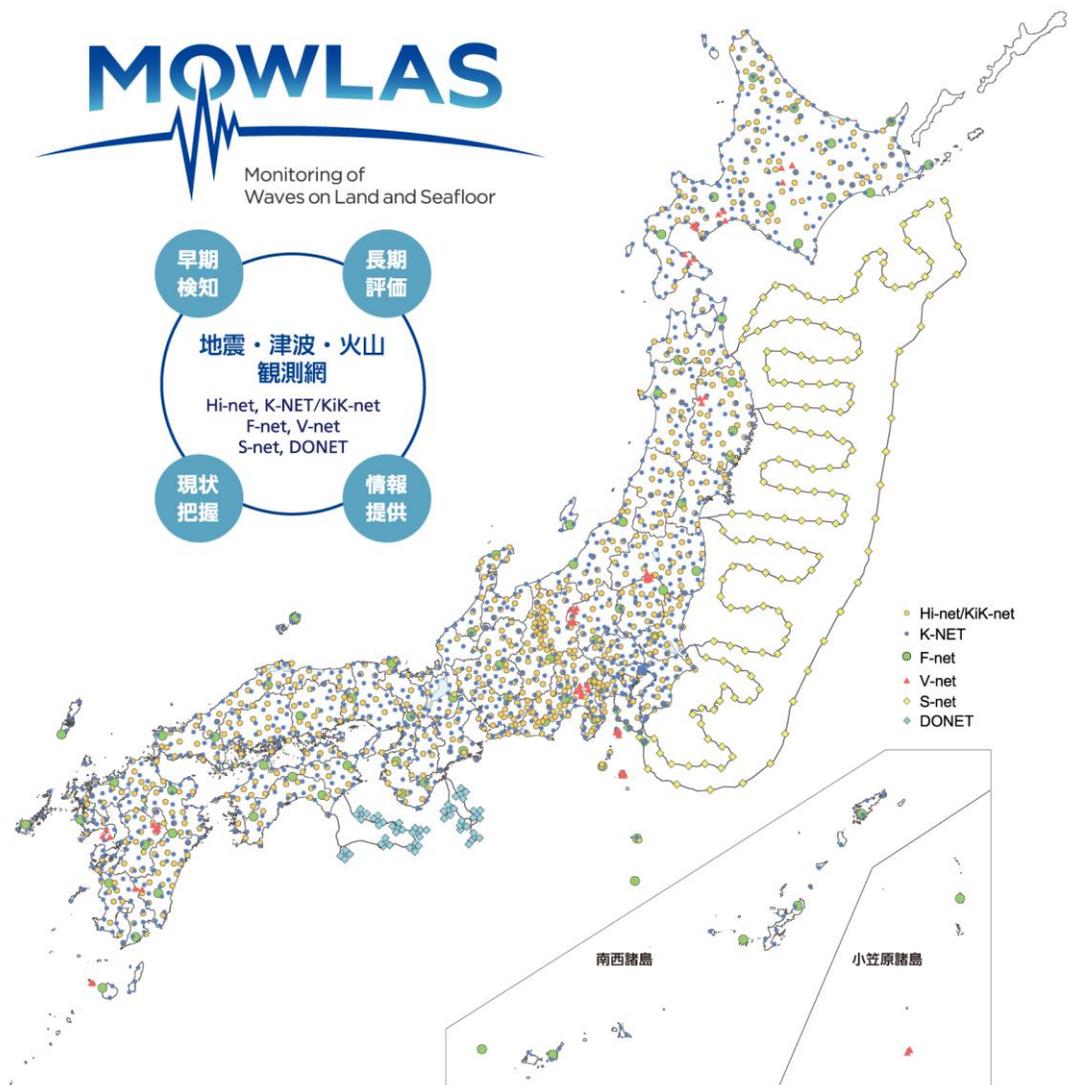
日本史上最大規模の火山災害（犠牲者は約1万5000人）

日本での津波の特徴

1. 当初の予想よりも早く日本に到来

2. 当初の予想よりも大きな海面変動だった

全国の陸と海を網羅する地震・津波・火山の7観測網



- **高感度地震観測網 (Hi-net)**
極めて小さな揺れを観測 (約800ヶ所)



- ● **強震観測網 (K-NET・KiK-net)**
強い揺れを観測 (約1000ヶ所+約700ヶ所)



- **広帯域地震観測網 (F-net)**
様々な周期の揺れを観測 (73ヶ所)



- ▲ **火山観測網 (V-net)**
全国16火山に展開 (55ヶ所)



- **日本海溝海底地震津波観測網 (S-net)**
日本海溝をカバーする海底観測網 (150ヶ所)



- **地震・津波観測監視システム (DONET)**
南海トラフをカバーする海底観測網 (51ヶ所)



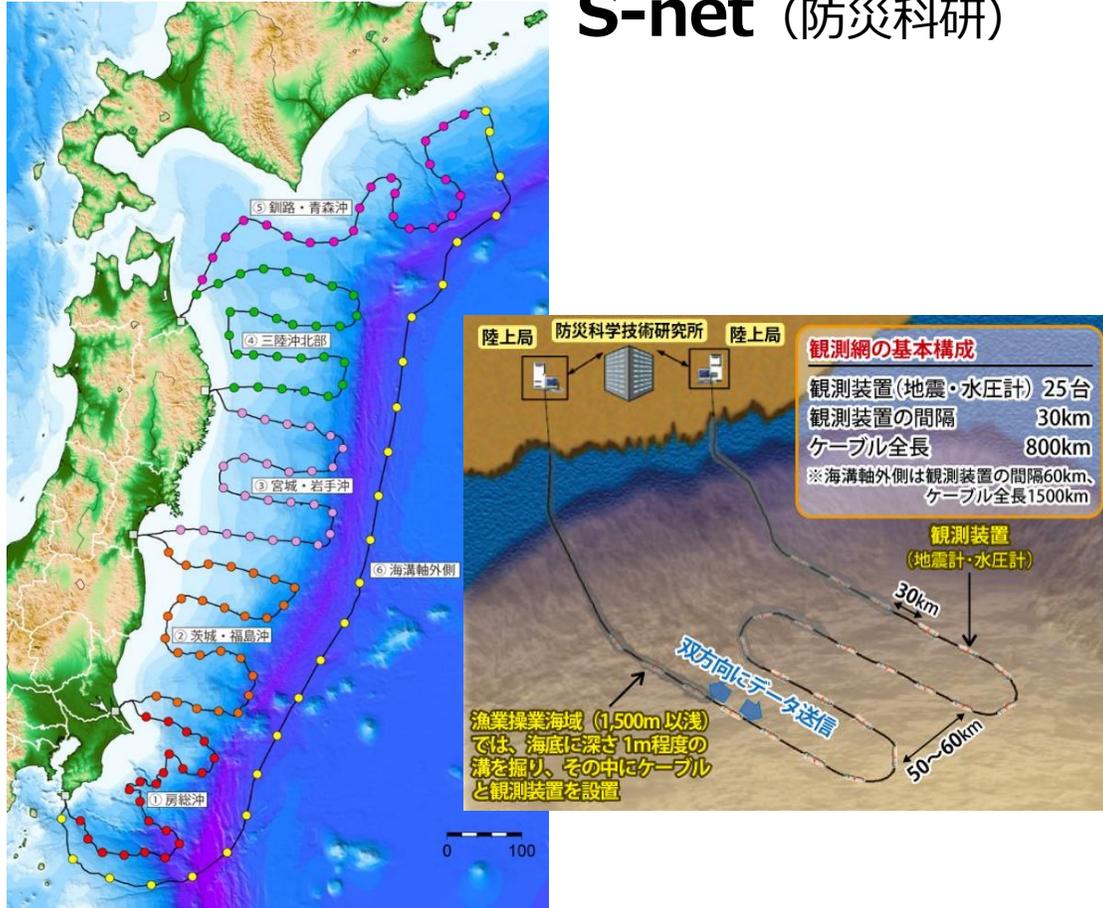
陸域

海域

海底水圧変動の観測

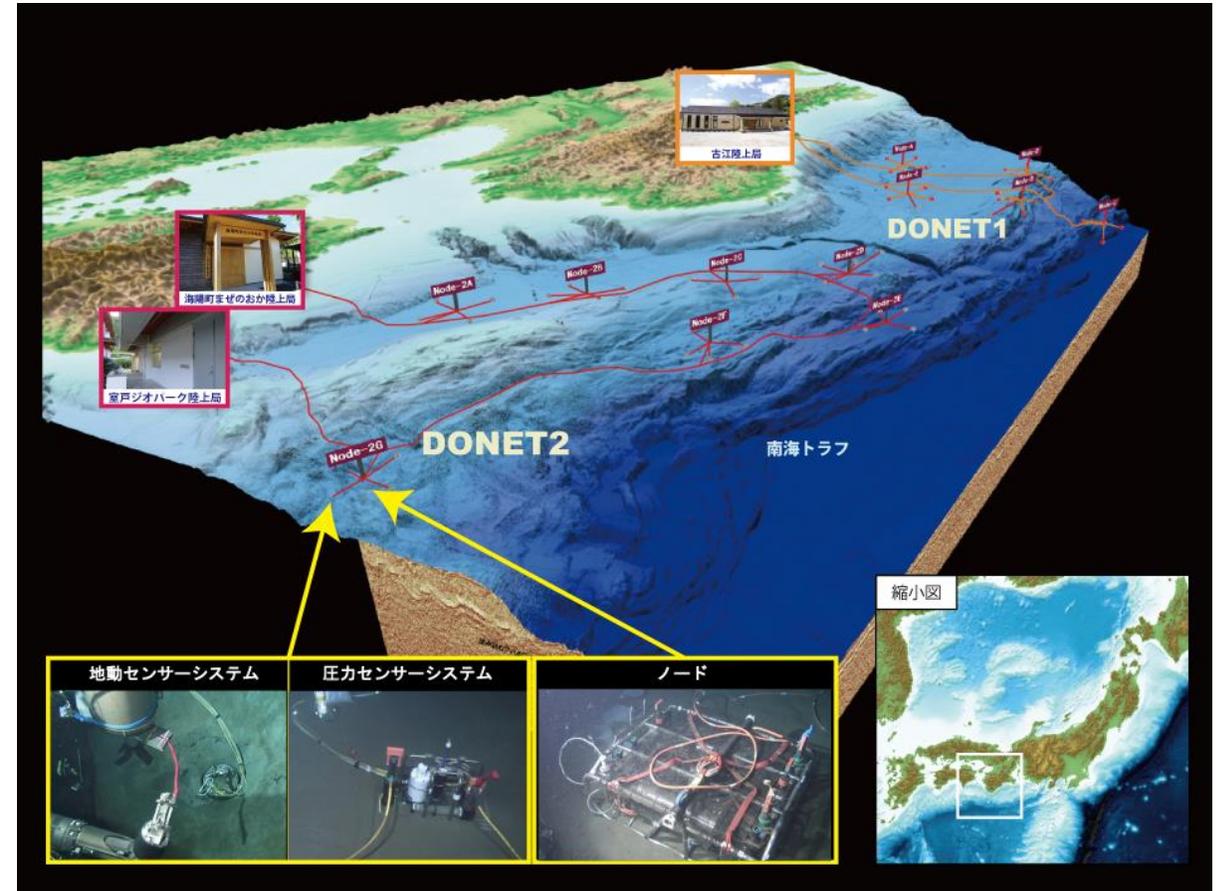
日本海溝海底地震津波観測網

S-net (防災科研)



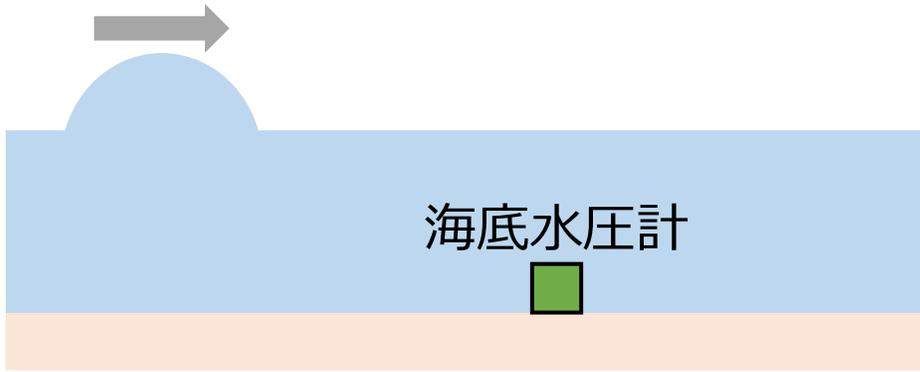
地震・津波観測監視システム

DONET (防災科研)



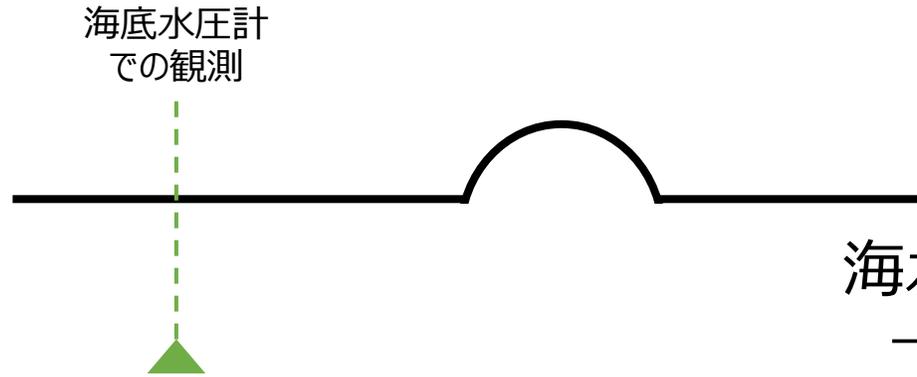
海底水圧変動の観測

海水面の動き

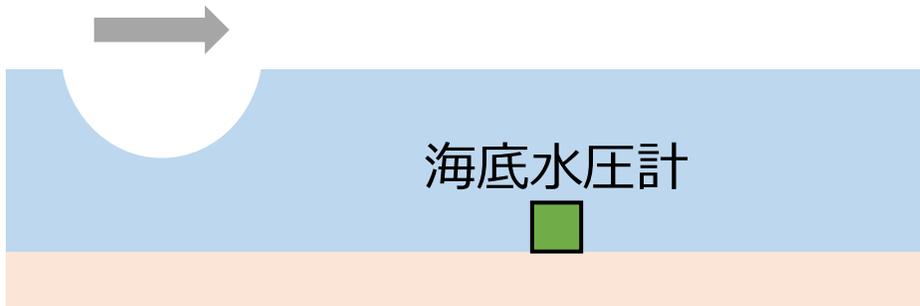


海底水圧計

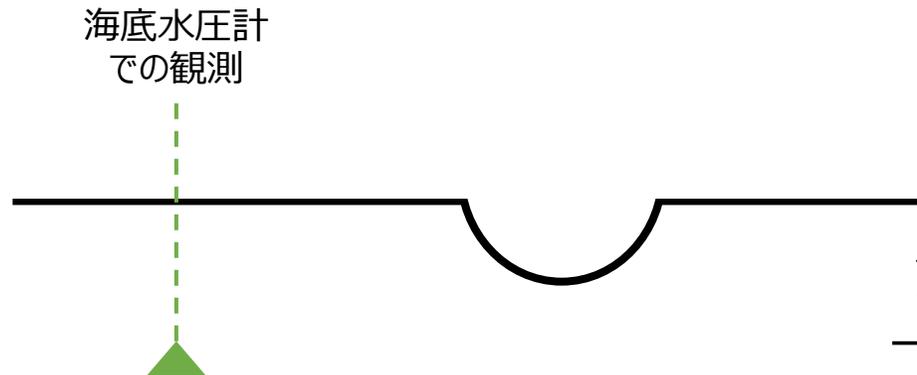
海底水圧の変動



海水面が盛り上がった津波
→ **正**の海底水圧変動



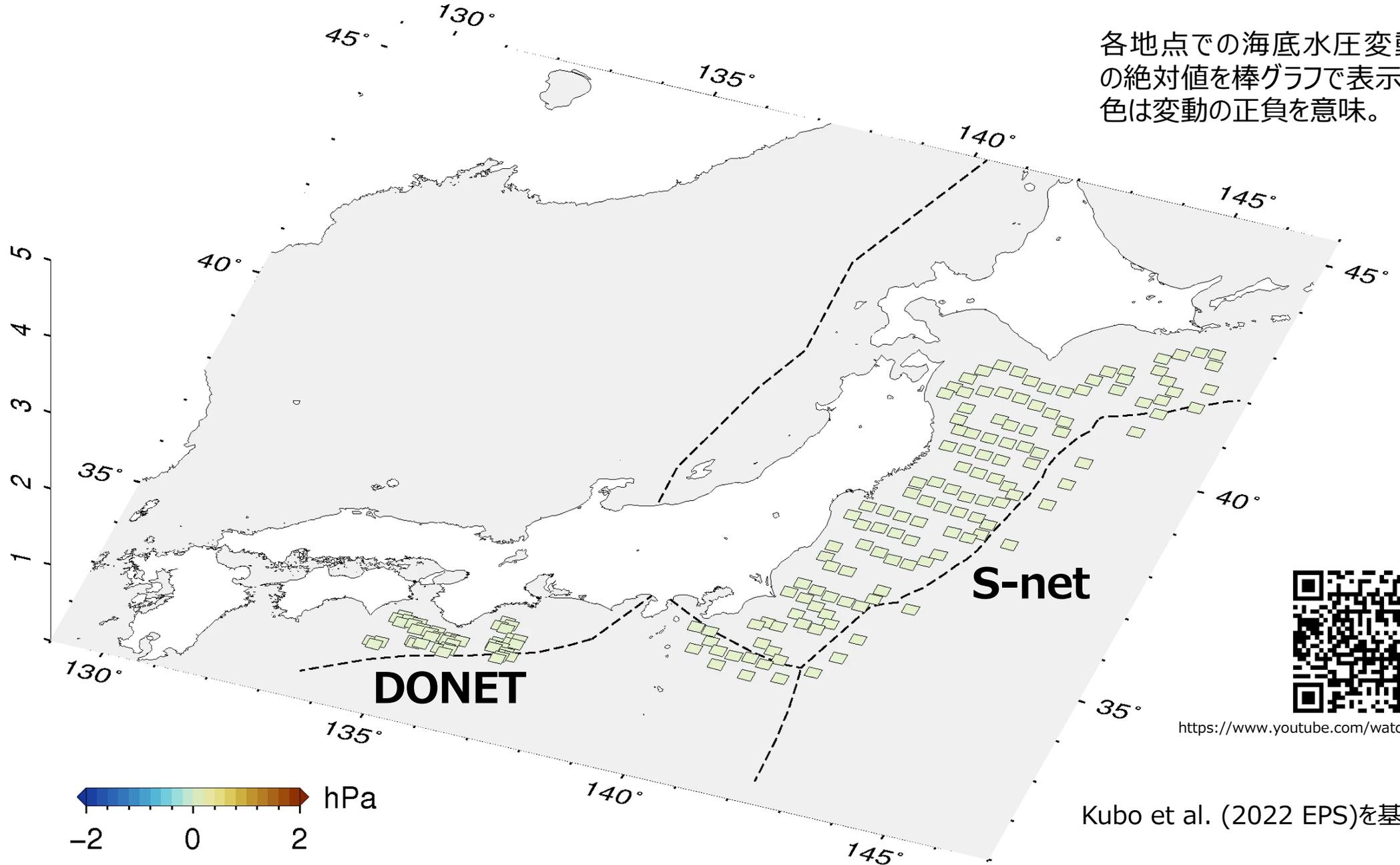
海底水圧計



海水面が凹んだ津波
→ **負**の海底水圧変動

2022-01-15 19:00:00 [JST]

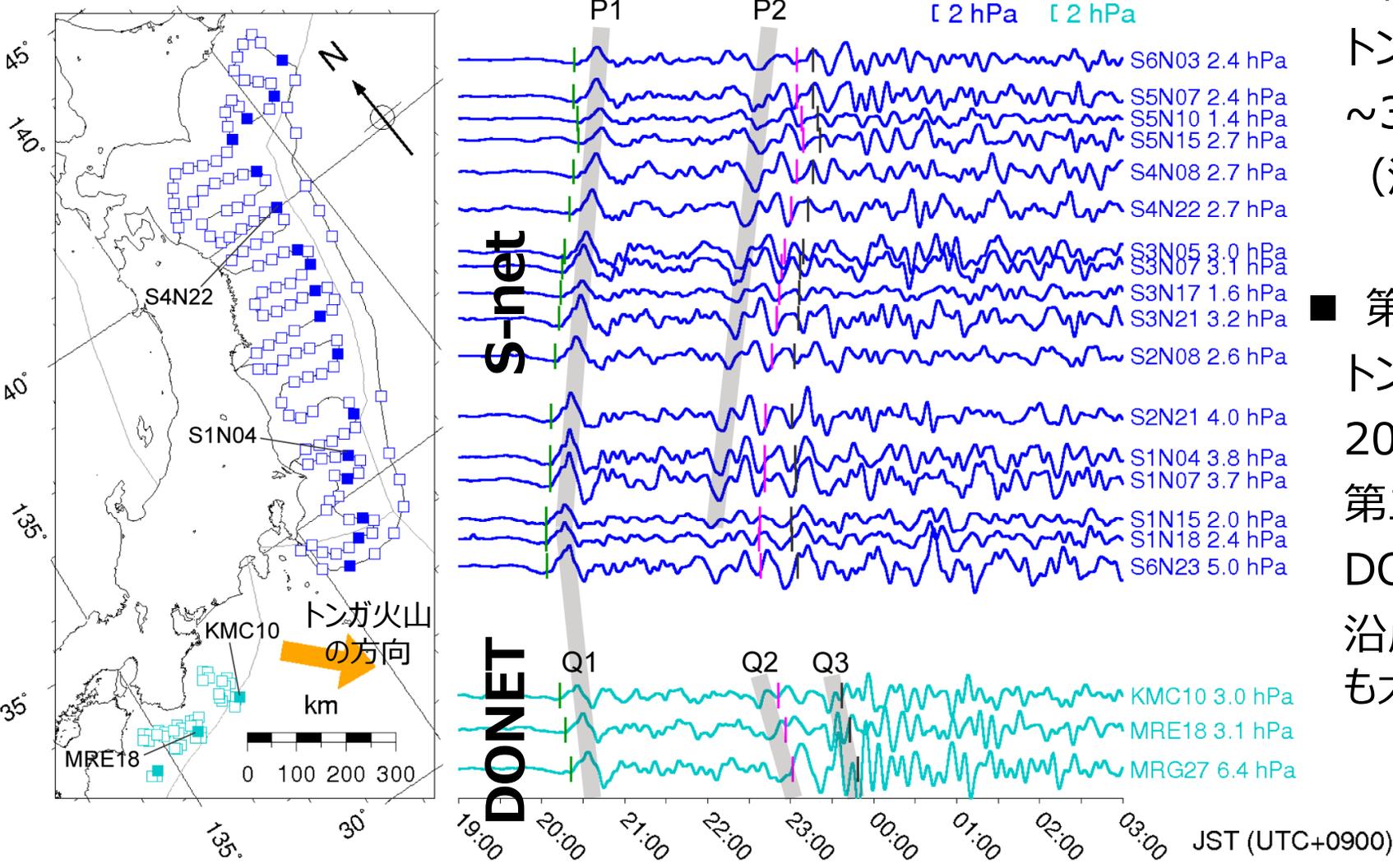
各地点での海底水圧変動の絶対値を棒グラフで表示。色は変動の正負を意味。



<https://www.youtube.com/watch?v=eQdmfmpvH4A>

Kubo et al. (2022 EPS)を基に作成

海底水圧変動の観測



- 第一波が20時~21時に到着
トンガ方向からの正のパルス
~300 m/sで太平洋を伝播
(津波の理論到達時刻は23~24時)
- 第二波 + aが22時以降に到着
トンガ方向から
200~250 m/sで太平洋を伝播
第二波は負のパルス
DONETでは23時以降に顕著な波群あり
沿岸近くでの海底圧力変動は第一波よりも大きい

津波が火山から300m/sで伝播した場合の到達時刻
 津波が火山から220m/sで伝播した場合の到達時刻
 津波の理論到達時刻

日本での津波の特徴

1. 当初の予想よりも早く日本に到来

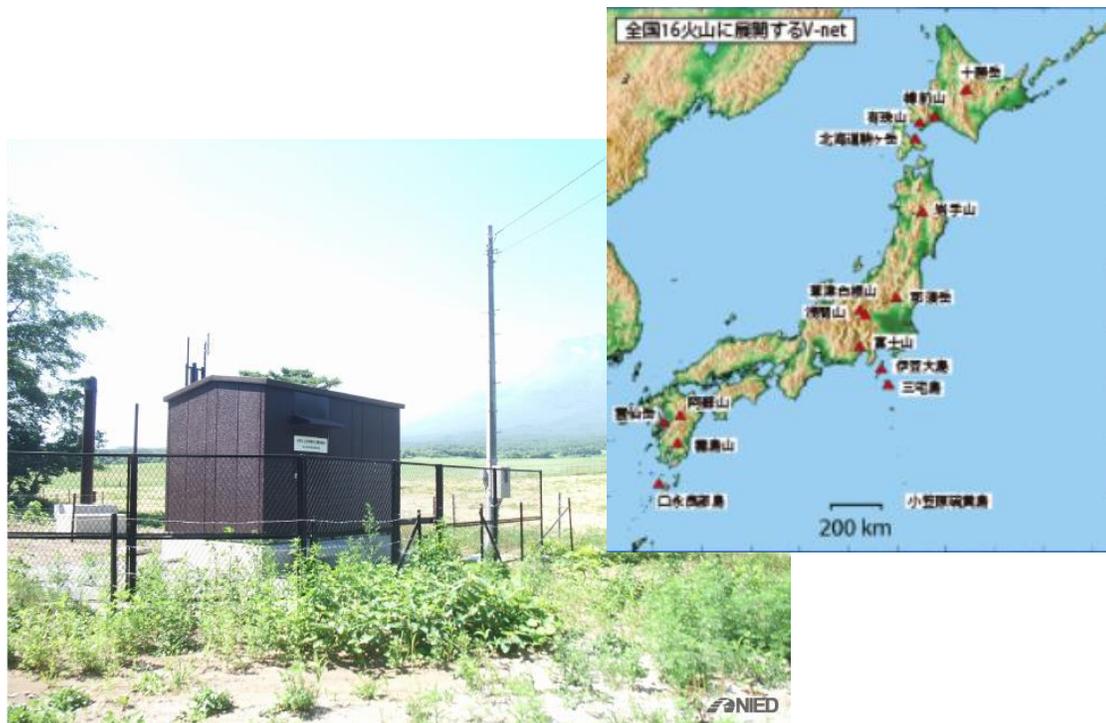
- 第一波（20時～21時）の到達が早かった

2. 当初の予想よりも大きな海面変動だった

- 22時以降の第二波およびそれに続く海洋波による

陸域での大気圧の観測

基盤的火山観測網 V-net (防災科研)



高性能気象IoTセンサー ソラテナ (ウェザーニューズ)

現場の気象を見える化

作業の安全対策、遠隔監視、屋外施設やイベント運営の最適化、マーケティング施策や分析など幅広く活用頂けます。



より安全な
作業実施に



高温・低温
対策に



施設 (店舗や工場)
の安全対策に。



売上や
マーケティング
施策の分析に

NEWS RELEASE



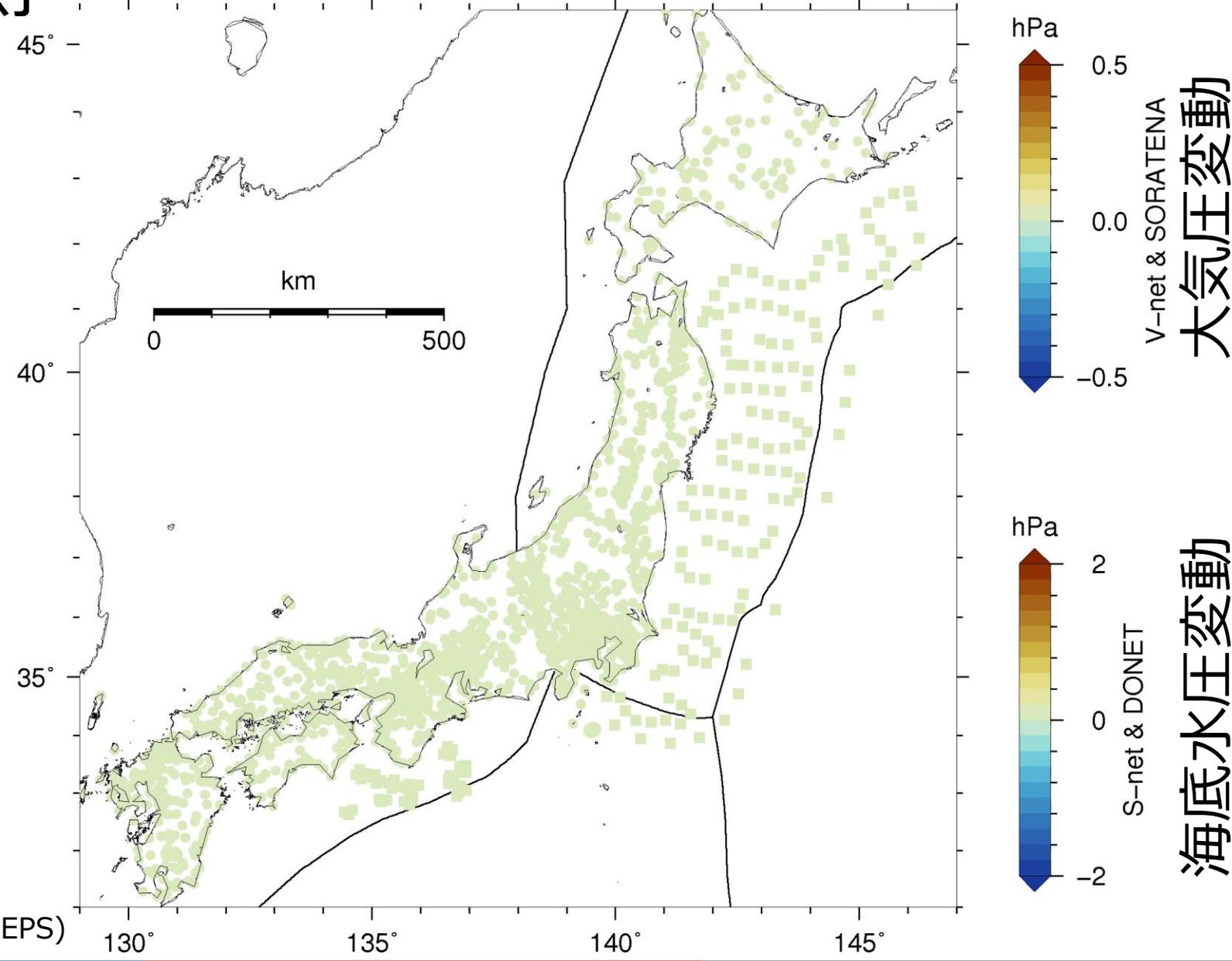
2022年1月19日

**15日トンガ火山噴火による衝撃波に伴う急激な気圧変化を観測
気象観測機「ソラテナ」の気圧データを研究者向けに無償提供
全国3000カ所の観測網で17日も気圧変化を確認、衝撃波が地球1周して再来か**

株式会社ウェザーニューズ (本社：千葉市美浜区、代表取締役社長：草開 千仁) は、トンガ諸島付近で発生した大規模な火山噴火の影響とみられる急激な気圧変化について、全国約3000カ所に設置された独自の気象観測機「ソラテナ」が高密度に観測していることを確認しました。当社は、研究者によるメカニズム解明のため、今回の気圧の観測データを無償で提供いたします。

1月15日13時頃にトンガ諸島周辺のフンガトンガ・フンガハアパイで大規模な噴火が発生した影響で、全国で一時的な気圧変化が観測されました。15日20時頃に「ソラテナ」が観測した気圧変化は、15日の噴火に伴う衝撃波「空振」によるものとみられます。また、17日9時頃にも同様の気圧変化を捉えており、これは空振が地球を1周して再び日本に到達したことで引き起こされた可能性が考えられます。

陸域と海底の同時観測 2022-01-15 19:00:00 [JST]



日本での津波の特徴

1. 当初の予想よりも早く日本に到来

- 第一波（20時～21時）の到達が早かった
- 対応する顕著な大気圧変動あり

2. 当初の予想よりも大きな海面変動だった

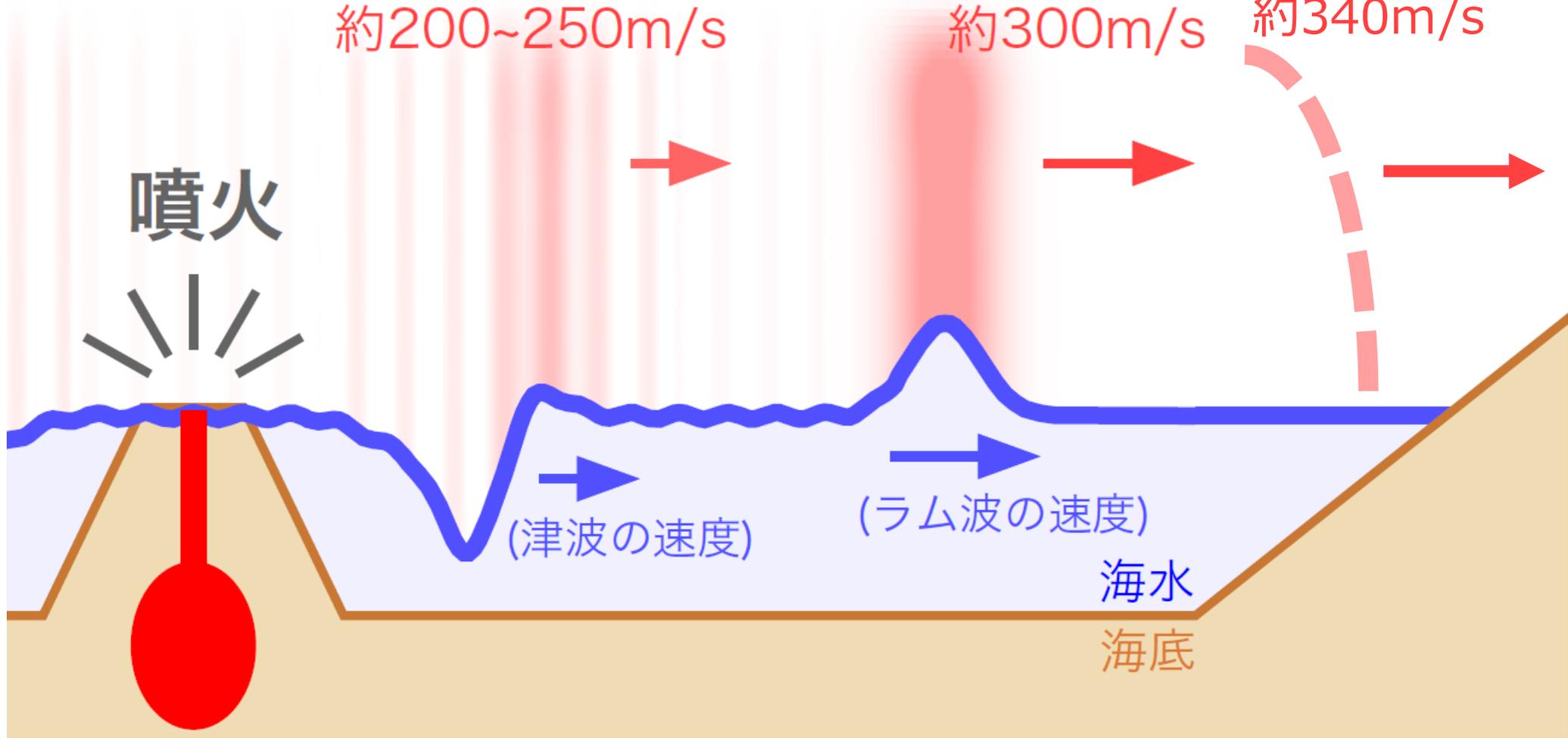
- 22時以降の第二波およびそれに続く海洋波による
- 対応しそうな弱めの大気圧変動あり

火山噴火によって生じる気圧波

大気重力波
約200~250m/s

ラム波
約300m/s

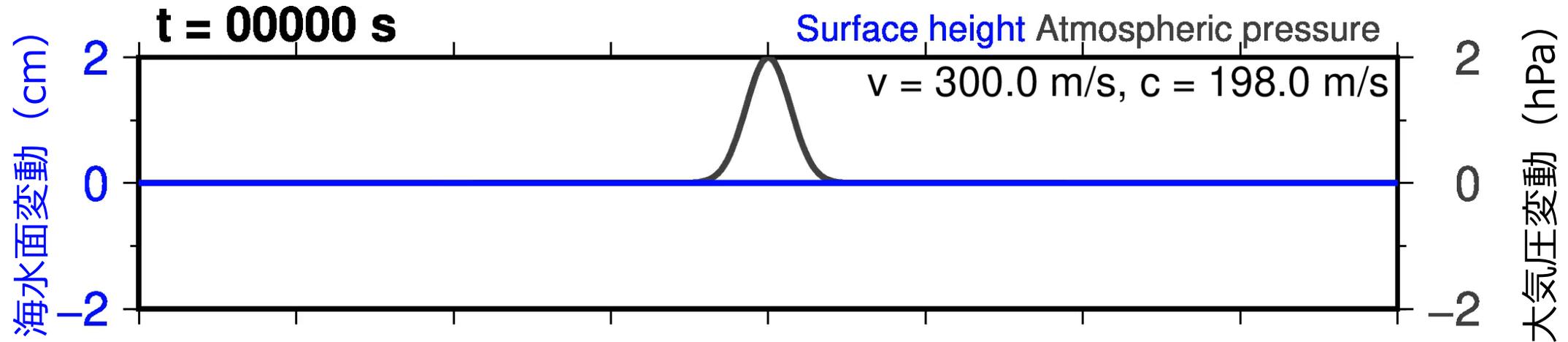
音波
約340m/s



第一波：ラム波による強制振動

ラム波は $\sim 300\text{m/s}$ で伝播していく

これは太平洋における平均的な津波伝播速度（ $200\sim 250\text{m/s}$ ）より早い



Kubota et al. (2022 Science)

第一波のときに海底で観測したもの：

海底水圧 = ラム波自体の大気圧変動

+ ラム波による強制的な海水面変動

第一波：ラム波による強制振動

ラム波による津波の発生・伝播をシミュレーション

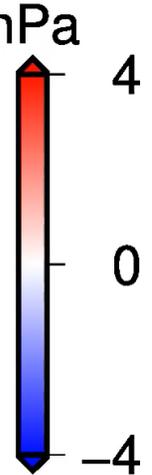
(Kubota et al., 2022 Science)

t = 0 min

Atmospheric pressure

Surface height

Bottom pressure



大気圧変動

海水面変動

海底水圧変動

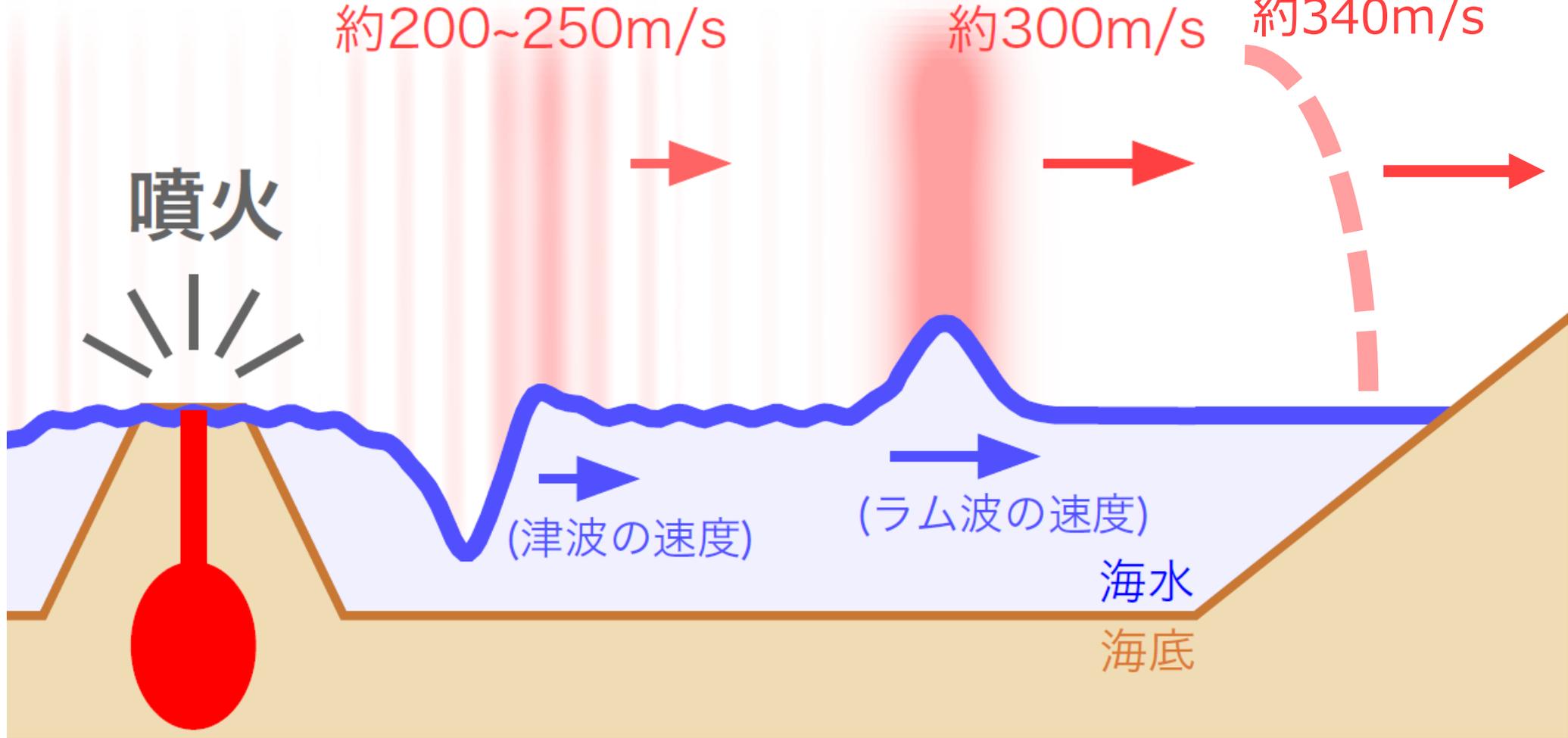
シミュレーション結果は観測された第一波を再現

火山噴火によって生じる気圧波

大気重力波
約200~250m/s

ラム波
約300m/s

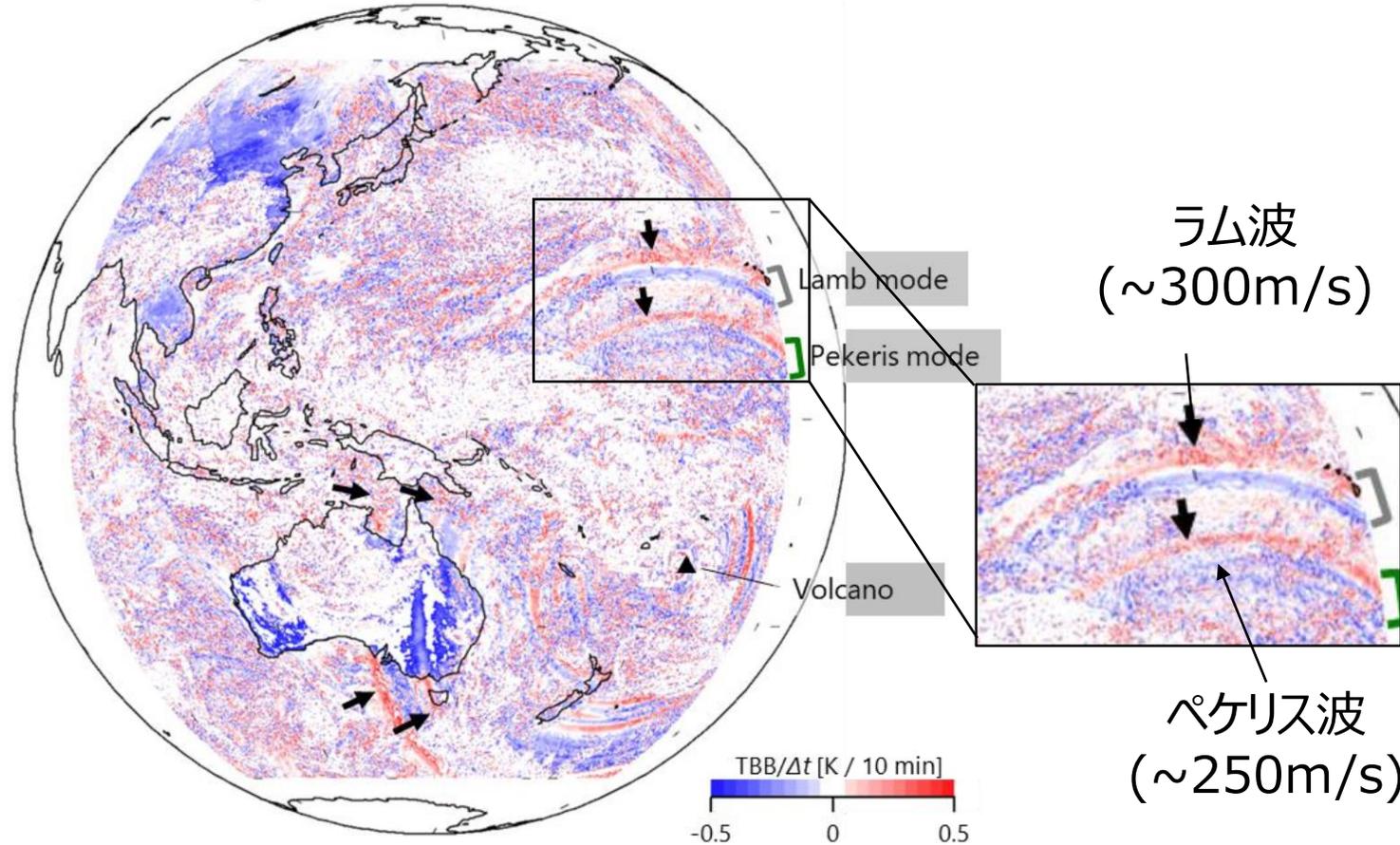
音波
約340m/s



第二波以降

大気重力波の一つであるペケリス波の伝播を実際に観測

08:40UT 15 January 2022



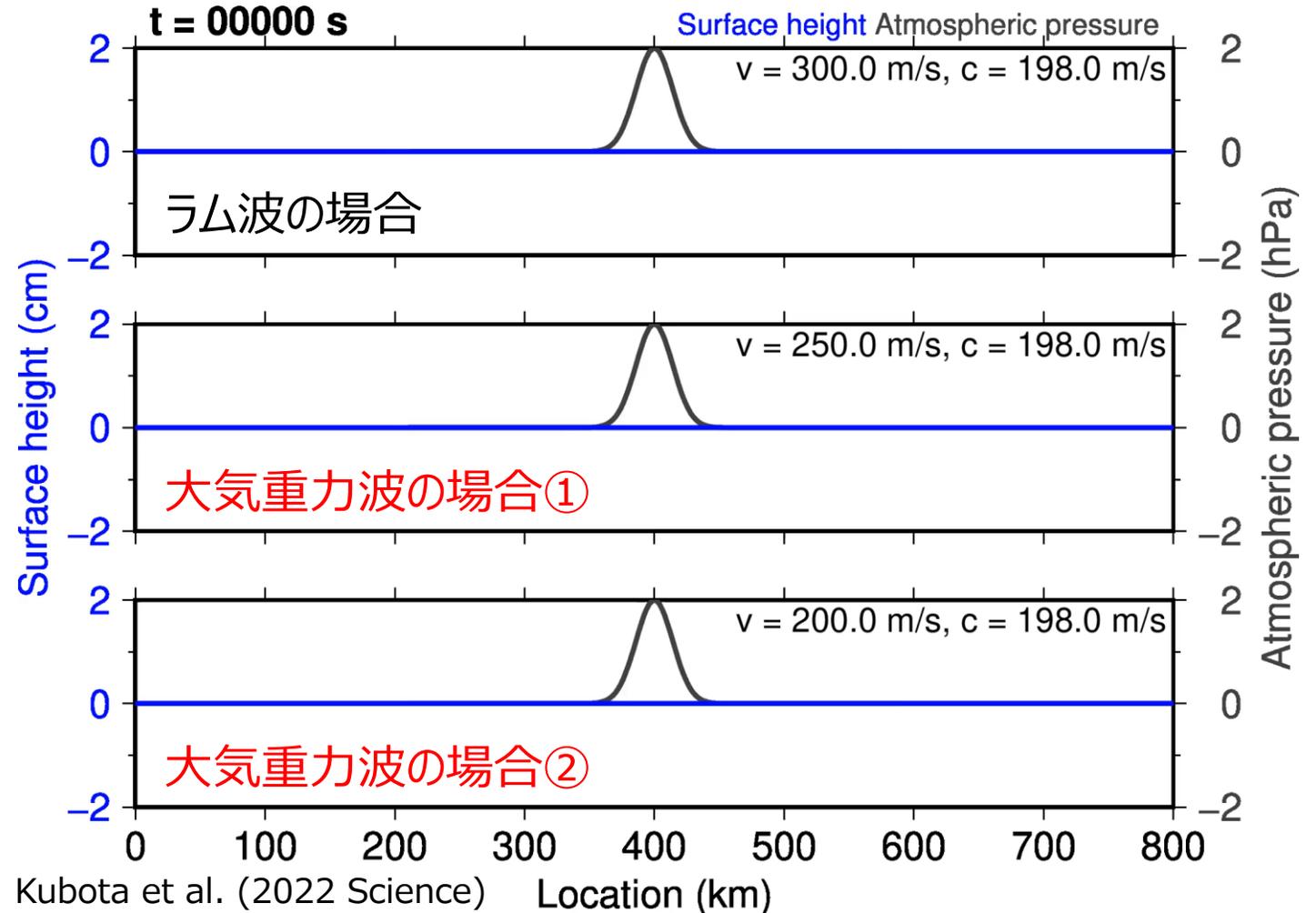
Watanabe et al. (2022, JAS)に加筆

第二波以降：大気重力波と津波の共振が強く作用

気圧波と津波の伝播速度が近いと、「共振」によって、伝播すればするほど津波が大きくなっていく：

- 大気重力波の伝播速度 (200~250m/s)
- 太平洋における平均的な津波伝播速度 (200~250m/s)

* 海底の凸凹による副次的な津波や火山噴火による海底地形変形で生じた津波なども同時に到来

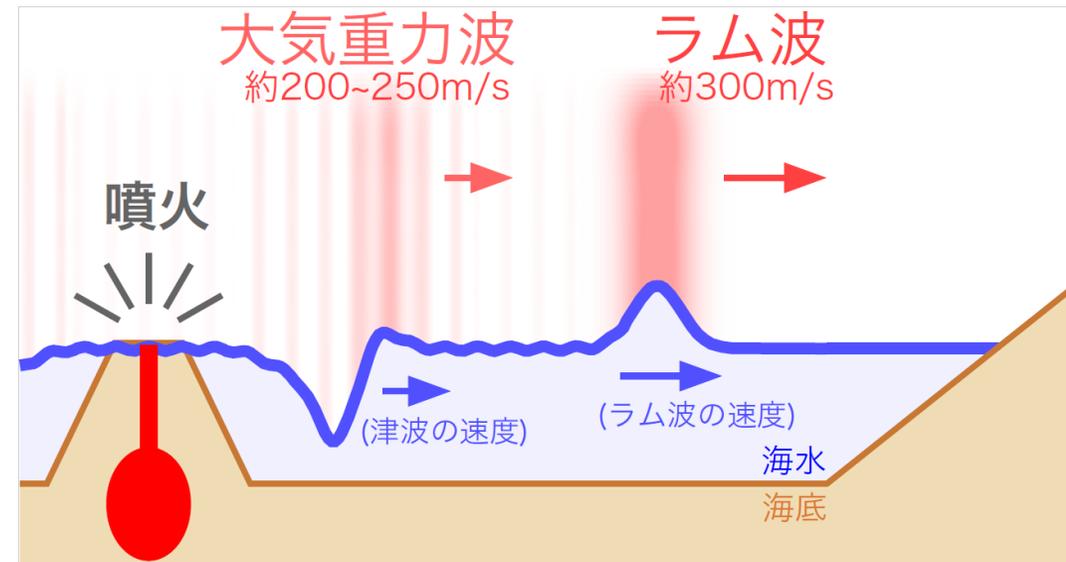


まとめと課題

2022年トンガ火山噴火による日本での潮位変化に

- ラム波による強制振動 (20時~21時)
- 大気重力波と津波の共振 (22時以降)

が特に影響していたことが、国内の海と陸での観測とシミュレーションを組み合わせた解析から分かった。



津波に関する情報発信に海底水圧のリアルタイム観測情報は有効。

課題：

- 更なる「津波」の理解 (特に、23時以降に西日本に到来した津波)
- 今回のような火山噴火はどのような条件で生じるのか？ その発生リスクはどの程度か？