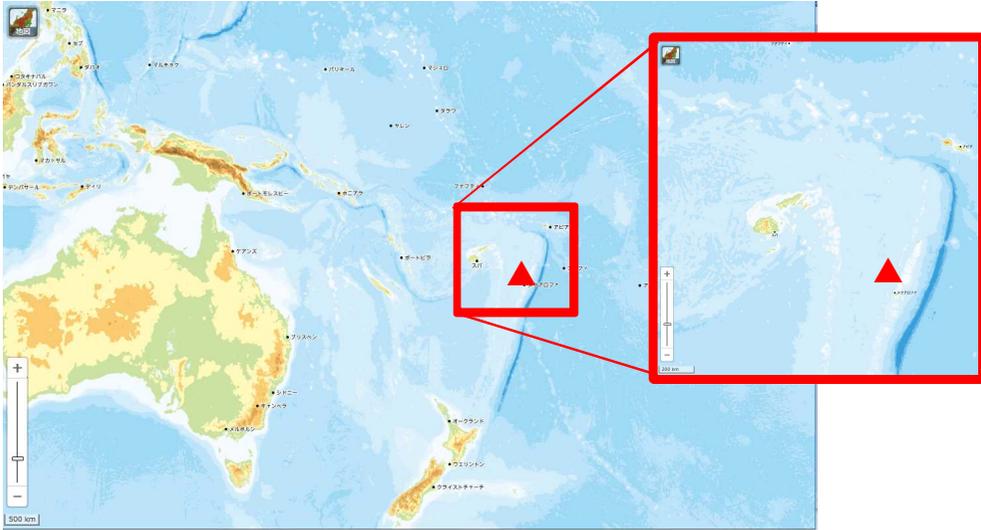


フンガ・トンガ-フンガ・ハアパイ火山噴火時の気象庁の対応 及びその後の検討状況や当面の対応について

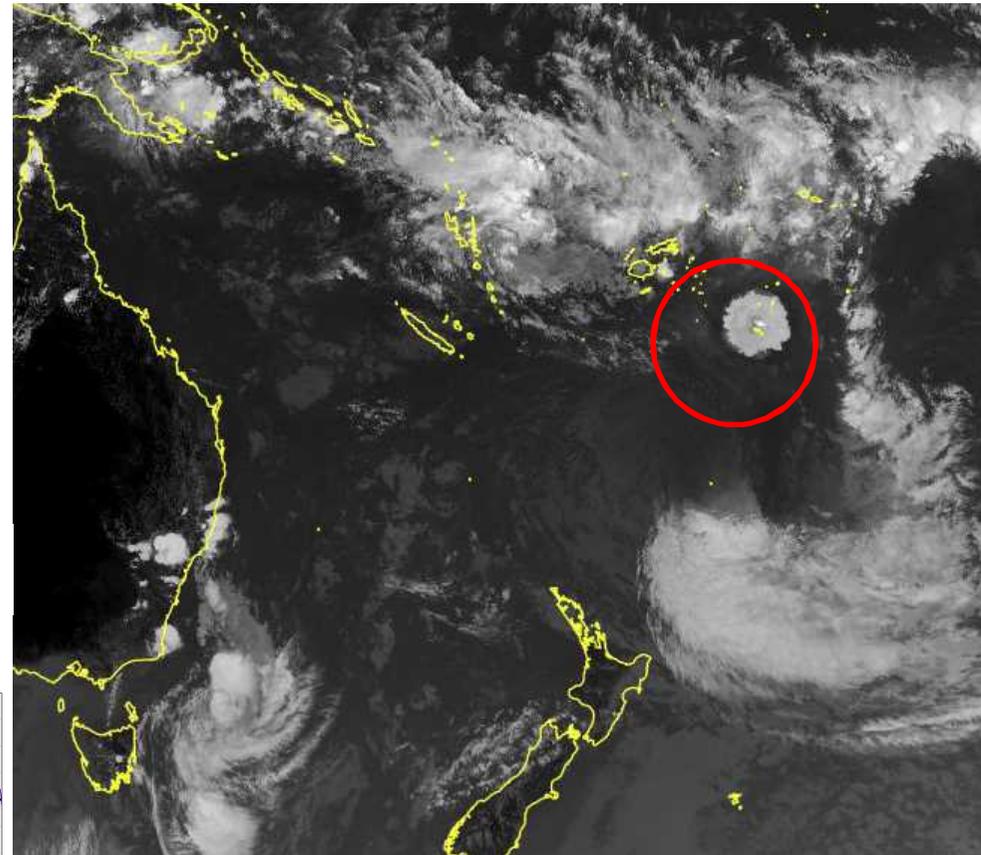
令和4年1月15日のトンガ諸島の噴火に伴う潮位変化について

- 令和4年1月15日13時頃(日本時間)に、南太平洋のフンガ・トンガ-フンガ・ハアパイ火山(トンガ諸島)で大規模な噴火が発生。気象衛星ひまわりによる観測では、噴煙高度は約16,000メートルまで達した。
- 日本では、15日20時頃からこの噴火に伴うものと考えられる潮位変化が観測された(最大134cm: 鹿児島県奄美市小湊)。
- この潮位変化に対し、16日00時15分に奄美群島・トカラ列島に、02時54分に岩手県に津波警報を発表した。07時30分に奄美群島・トカラ列島、11時20分に岩手県を津波注意報に切り替え。14時00分にすべて解除した。

■フンガ・トンガ-フンガ・ハアパイ火山の位置



■フンガ・トンガ-フンガ・ハアパイ火山の噴火の衛星画像 (2022年1月15日14時00分時点: 赤外画像)

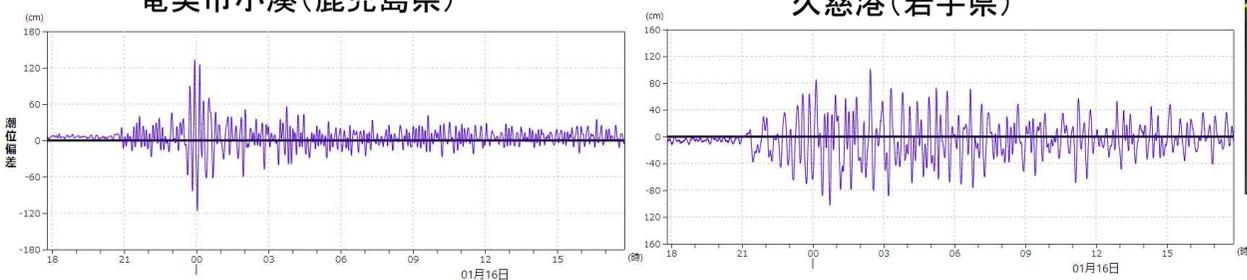


■潮位変化の観測状況

奄美市小湊で134cm、久慈港で107cm(暫定値)のほか、各地で潮位変化を観測

奄美市小湊(鹿児島県)

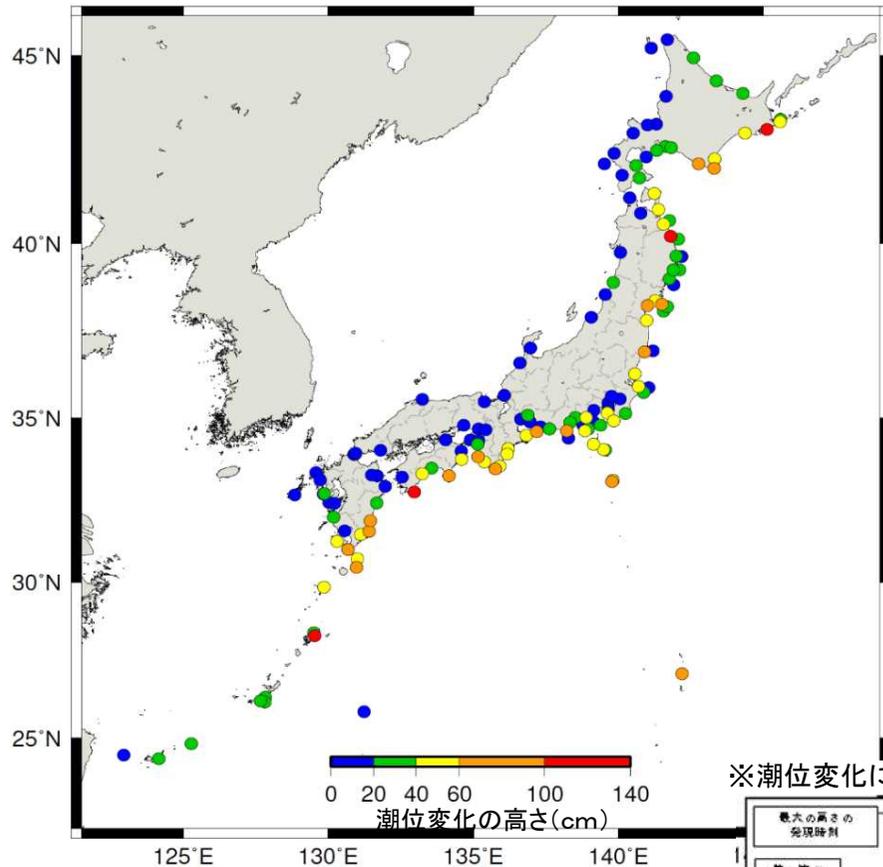
久慈港(岩手県)



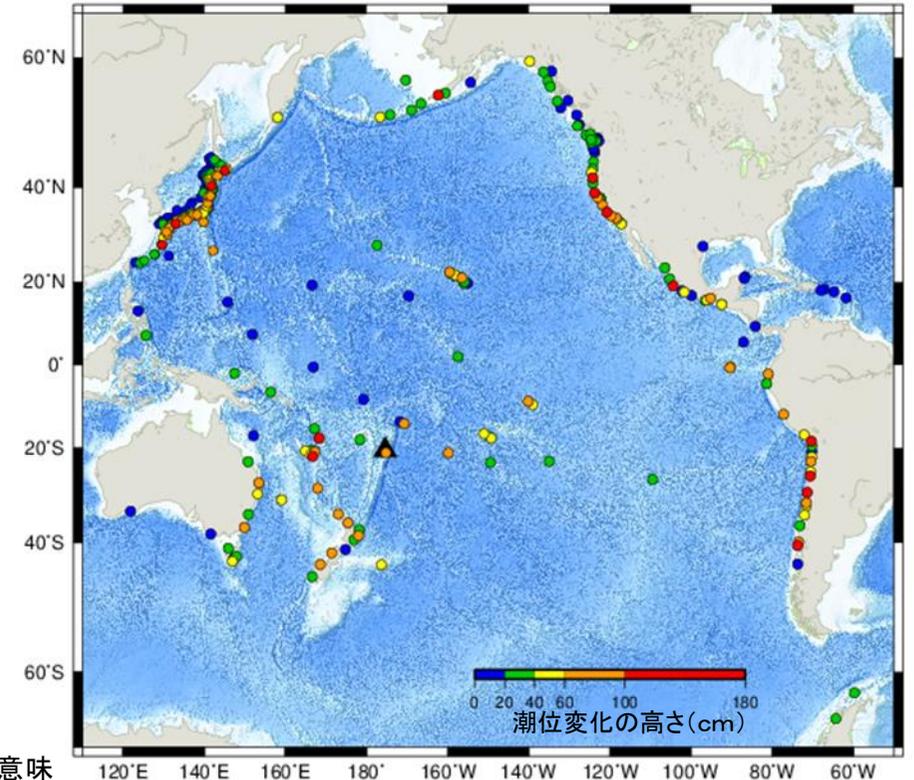
令和4年1月15日のトンガ諸島の噴火に伴う潮位変化について（続き）

- フンガ・トンガ-フンガ・ハアパイ火山(トンガ諸島)の大規模な噴火に伴い、日本の太平洋沿岸では、高いところで1mを超える高さの潮位変化が観測され、日本海沿岸でも潮位変化が観測された。
- 太平洋の各国の沿岸でも、ところによって1mを超える高さの潮位変化が観測された。
- カリブ海やメキシコ湾でも潮位変化が観測されている。

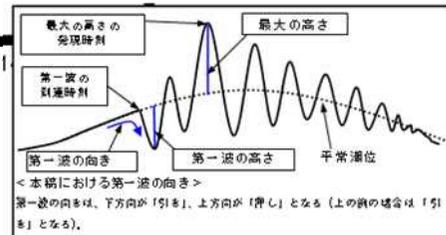
■ 国内の津波観測施設で観測した潮位変化の最大値



■ 海外の津波観測施設で観測した潮位変化の最大値



※潮位変化に関する用語が示す意味



▲印はフンガ・トンガ-フンガ・ハアパイ火山の位置を示す)
※海外の津波観測施設の観測値は米国海洋大気庁 (NOAA) による (2022年2月9日現在)

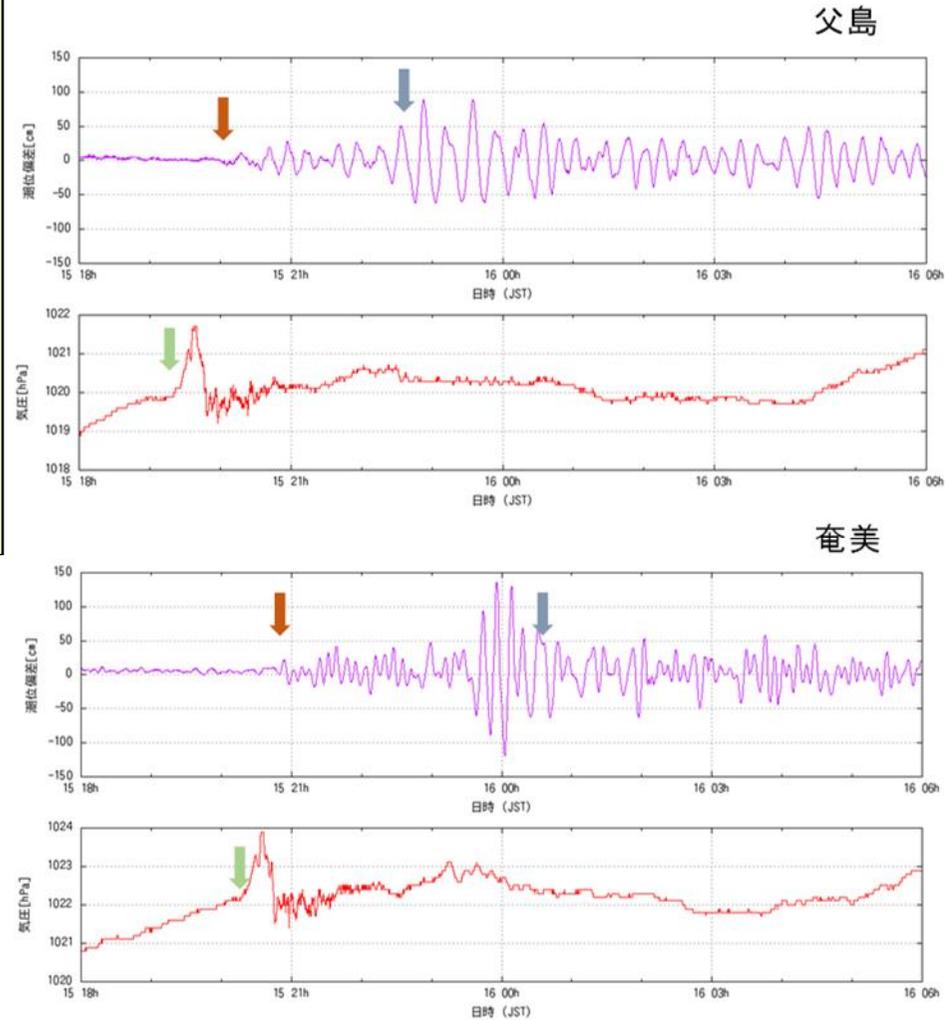
津波警報等の発表の経緯について

- 今般の潮位変化は、地震ではなく噴火に伴うものであり、日本へ津波の伝わる経路上にある太平洋の津波観測点で大きな潮位変化が観測されていなかった。このため、当初は「若干の海面変動がみられる可能性がある」旨発表した。
- また、潮位変化は、地震に伴う津波の到達予想時刻より数時間早く到達するなど、通常の津波とは異なる性質であった。
- 一方で、各地で観測された大きな潮位変化に最大限の警戒を呼びかけるためには、津波警報・注意報の枠組みを用いることが適切との結論に至り、津波警報等を発表した。

<対応経過>

- 15日13時頃 噴火発生
(太平洋上の海外の観測点で大きな潮位変化は観測されず)
- 15日19時03分 太平洋沿岸に津波予報(若干の海面変動)発表
- 15日20時台 父島をはじめ、各地で潮位変化が始まる
- 15日23時台 潮位変化が大きくなる
⇒ 通常の津波と異なるが津波警報等で注意喚起することを判断
- 16日00時15分 津波警報・津波注意報発表

■ 父島と奄美での気圧変化と潮位変化



潮位変化と気圧変化の時系列表示 (1月15日18:00~16日06:00)

- ↓: 潮位変化開始時刻
- ↓: 到達予想時刻
※時刻の求め方は勉強会報告書本文参照
- ↓: 気圧変化開始時刻
- 上段: 潮位偏差(cm)
(観測潮位-天文潮位)
- 下段: 気圧(hPa)

津波警報等の発表基準

- 大津波警報: 3m < 予想される津波の高さ
- 津波警報: 1m < 予想される津波の高さ ≤ 3m
- 津波注意報: 0.2m ≤ 予想される津波の高さ ≤ 1m

○ 今般の潮位変化を受け、津波警報を発表した2予報区を中心に、地元気象台と地方公共団体とで対応の振り返りを行った。

(自治体からの主な意見)

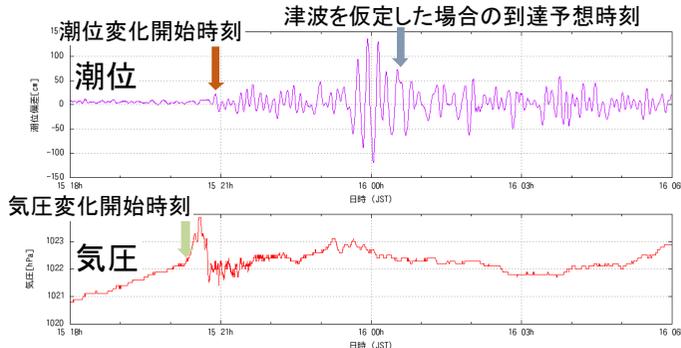
- ・1月15日19時の「若干の海面変動」の情報を受け安心し、津波注意報発表時に慌てて対応を行った。
- ・今回のように太平洋広域に津波の可能性がある場合には不確定情報であっても連絡して欲しい。
- ・居住地域の標高を踏まえ、避難指示の対応は行わなかった。
- ・いつ津波警報が解除になるのかわからなかった。
- ・避難が長時間に及ぶため、避難を継続してもらうためにも情報が必要。
- ・避難先から4時～5時頃に帰宅する住民もいた。
- ・長時間の対応の際は特にホットライン情報は有効と考える。

フンガ・トンガ・フンガ・ハアパイ火山の噴火により発生した潮位変化に関する報告書(概要)

津波予測技術に関する勉強会 令和4年4月

1. はじめに

- 令和4年1月15日13時頃(日本時間)に、トンガ諸島のフンガ・トンガ・フンガ・ハアパイ火山で大規模な噴火が発生
 - 噴火後観測された潮位変化は、津波の伝播速度から予想される到達時刻より数時間早く観測される等、通常の津波とは異なる性質
 - 気象庁は、各地で観測された大きな潮位変化に最大限の警戒を呼びかけるために津波警報・注意報の枠組みを用いて情報発表
 - 観測された時点では潮位変化のメカニズム等が明らかでなかったため津波警報等の発表までに時間を要した、噴火発生から津波警報等の発表までの間の情報発信が不十分だった等の課題
- ⇒本勉強会では潮位変化がどのようなメカニズムで発生したと考えられるのか検討



潮位変化と気圧変化の比較(奄美の例)

3. 様々な現象に伴う潮位変化

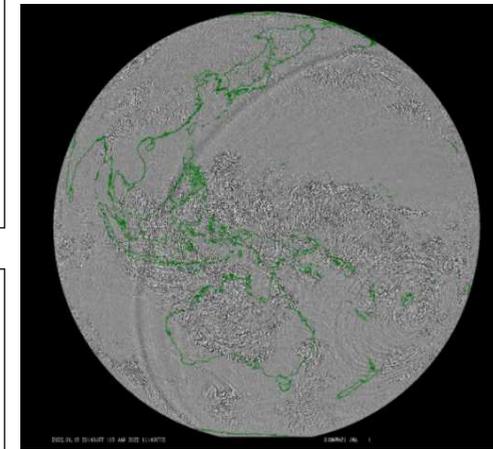
- 災害をもたらす潮位変化には高潮、津波、副振動等があり、これらはそれぞれ異なるメカニズムにより発生
- 副振動のうち気圧擾乱のプラウドマン共鳴等によって作られた通常の津波と同程度の周期を持つ振動を、学術分野では近年、「気象津波」と呼ぶ
- 高潮は気圧変化量と潮位変化量が比例関係にあるが、**気象津波ではプラウドマン共鳴により、潮位変化量が気圧変化量以上に大きくなる特徴**がある
- 波として気圧変化が伝播する主な現象：
 - ・音波(音速:常温で340m/s程度)
 - ・海面等との境界に捕捉されて伝播する**大気境界波(ラム波、300m/s程度)**
 - ・重力を復元力とする**大気重力波(周期によって速度が異なる)**

4. 今般の現象のメカニズム

- 噴火によって大気擾乱が発生し、これが気圧波として伝播
- ラム波に伴う潮位変化が日本では最初に発生したと考えられる**
- ラム波と同じ位相速度の潮位変化によってプラウドマン共鳴が励起されるためには10,000m近い水深が必要**となるが、これに満たない水深でも広い海洋を伝わる間、長く相互作用が維持されれば、潮位変化は大きく増幅される。今回の事例でのプラウドマン共鳴による増幅効果について今後の調査が必要
- 大気重力波の到達は、観測からははっきりしない。今回の潮位変化に**大気重力波がどの程度寄与したかについて今後、詳細に分析することが必要**

2. 今般の噴火で観測された気圧、潮位の変化

- 「ひまわり」の画像から空振が15日20時40分頃に本州付近に到達(右図)
- 同時時間帯に日本国内で南東方向から北西方向への2hPa程度の気圧変化**
- 気圧変化から30分~1時間程度遅れて、**通常の津波の伝播速度と比較して3~4時間程度早く潮位変化が開始**(左図)
- 観測された潮位変化の周期は概ね港湾の固有周期と一致
- 漁具・養殖施設の被害、船の転覆・沈没等、通常の津波で生じるのと同様に流速が原因だと考えられる被害が発生



気象衛星「ひまわり」で観測された空振(日本付近を通過した1月15日20:40)

5. 同様の現象の予測可能性

- 火山の噴火様式や噴火の規模と空振との間には全体として相関関係が見られるものの、**噴煙高度のような観測しやすい現象から、噴火により発生する大気中の気圧変化を定量的に予測することは困難**
- 海外で観測された気圧や潮位から日本沿岸での潮位変化を定量的に予測することも現時点では困難**だが、潮位変化の発生する可能性があるかと判断することは可能と考えられる
- 潮位変化が発生する時刻については、ラム波の典型的な伝播速度を仮定して、最も早く到達した場合の時刻を予測するのが一つの方法**
- 現時点でシミュレーションによる予測は難しいため、海外の潮位観測点や沖合水圧計、DARTパイ等により日本に接近する潮位変化を監視することが重要
- 同様の現象の発生に**特に注意が必要なのは、日本列島との間に水深が深い太平洋が存在する火山**である。それ以外の火山であっても、地球の反対側から伝播した気圧波が太平洋を通過してくる際に潮位変化を励起させる可能性はあるが、その前に、世界中で気圧変化や潮位変化が観測され、観測結果に応じた日本国内への注意喚起が可能と考えられる

6. 今後の課題

- 引き続き、今回の現象の観測結果に関する丁寧な分析と、これら**観測事実に基づくメカニズムの全容解明が、学術的な観点からも、防災対応を推進する上でも重要**
- 現時点で明らかになっているメカニズムに関する知見を活用し、今後、大規模な噴火が発生した際に、速やかに適切な情報を国民に提供することも重要**
- 中長期的には、大規模噴火が発生した際の気圧波により励起された潮位変化の最大振幅の大きさ等、日本沿岸の潮位変化を定量的に予測することが課題
- そのためには、大気中の風の場合や海洋中の精緻な海底地形も考慮した、複雑なメカニズムの解明とともに、データ同化等の解析技術の高度化も重要

海外で大規模噴火が発生した際の当面の対応

- 当面の情報発信として、海外で大規模噴火が発生した場合や、大規模噴火後に日本へ津波の伝わる経路上にある海外の津波観測点で潮位変化が観測された場合に、「遠地地震に関する情報」により、日本でも火山噴火等に伴う潮位変化が観測される可能性がある旨をお知らせ。
- 「津波予測技術に関する勉強会」の報告を踏まえ、最も早く潮位変化が発生する場合の到達予想時刻を記載する改善を実施。
- その後の国内各地の潮位変化に応じて、津波警報等の仕組みを活用して津波警報や津波注意報を発表。

「遠地地震に関する情報」を活用した情報発信

遠地地震に関する情報

海外の火山で大規模噴火が発生し、今後の情報に注意する旨を発表

遠地地震に関する情報

海外の検潮所で津波を観測し、今後の情報に注意する旨を発表
又は
海外の検潮所で津波は観測していないものの、今後の情報に注意する旨を発表

津波警報・津波注意報

(基準に達している場合)

※ 通常の津波における到達予想時刻を過ぎても国内の検潮所で津波が観測されないことを確認した場合は、「遠地地震に関する情報」を用いて日本への津波の心配はない旨を発表

大規模噴火
発生

海外で大規模噴火が発生した際の当面の対応（情報文のイメージ）

①大規模噴火が観測された際に発表する「遠地地震に関する情報」

地震情報（遠地地震に関する情報）

15日13時10分ごろ、海外で規模の大きな地震がありました。
震源地は、南太平洋（南緯20.3度、西経175.2度）と推定されます。
詳しい震源の位置はトンガ諸島です。

日本への津波の有無については現在調査中です。

令和4年1月15日13時10分頃（日本時間）にフンガ・トンガ・フンガ・ハアパイ火山で大規模な噴火が発生しました（ウェリントン航空路火山灰情報センター（VAAAC）による）。

この噴火に伴って通常とは異なる津波が発生して日本へ到達する場合、到達予想時刻は早いところ（【領域名】）で、〇〇日〇〇時〇〇分頃です。予想される津波の高さは不明です。

海外の検潮所での津波の観測状況については、随時お知らせします。
今後の情報に注意してください。

（注1）本情報の冒頭に「海外で規模の大きな地震がありました。」や「震源地」とありますが、これは「遠地地震に関する情報」を作成する際に自動的に付与される文言です。実際には、規模の大きな地震は発生していない点に留意してください。

（注2）火山噴火に伴う潮位変化の呼称については、今後検討していきますが、当面は防災対応の呼びかけとして「津波」と表記します。

（注3）早い場合の日本への到達予想時刻は、火山の大規模噴火により発生した気圧波が310m/sで伝播し潮位変化させたと想定した時刻です。

（注4）地震に伴い発生する通常の津波が日本に到達する場合、【領域名】で〇〇日〇〇時頃と予想されます。

②大規模噴火に伴い、海外の検潮所で潮位変化が観測された際に発表する「遠地地震に関する情報」

地震情報（遠地地震に関する情報）

15日13時10分ごろ、海外で規模の大きな地震がありました。
震源地は、南太平洋（南緯20.3度、西経175.2度）と推定されます。
詳しい震源の位置はトンガ諸島です。

日本への津波の有無については現在調査中です。
太平洋の広域に津波発生の可能性があります。

令和4年1月15日13時10分頃（日本時間）にフンガ・トンガ・フンガ・ハアパイ火山で大規模な噴火が発生しました（ウェリントン航空路火山灰情報センター（VAAAC）による）。

既に観測された各地の津波の高さは以下のとおりです。

* 印の津波の高さは太平洋津波警報センター（PTWC）による。

国・地域名	検潮所名	津波の高さ
トンガ	ヌクアロファ	0.8m*
フィジー	スバ	0.3m*
米領サモア	パゴパゴ	0.6m*
クック諸島	ラロトンガ島	0.3m*
サモア	アピア	0.2m*

この噴火に伴って通常とは異なる津波が発生して日本へ到達する場合、到達予想時刻は早いところ（【領域名】）で、〇〇日〇〇時〇〇分頃です。予想される津波の高さは不明です。
今後の情報に注意してください。

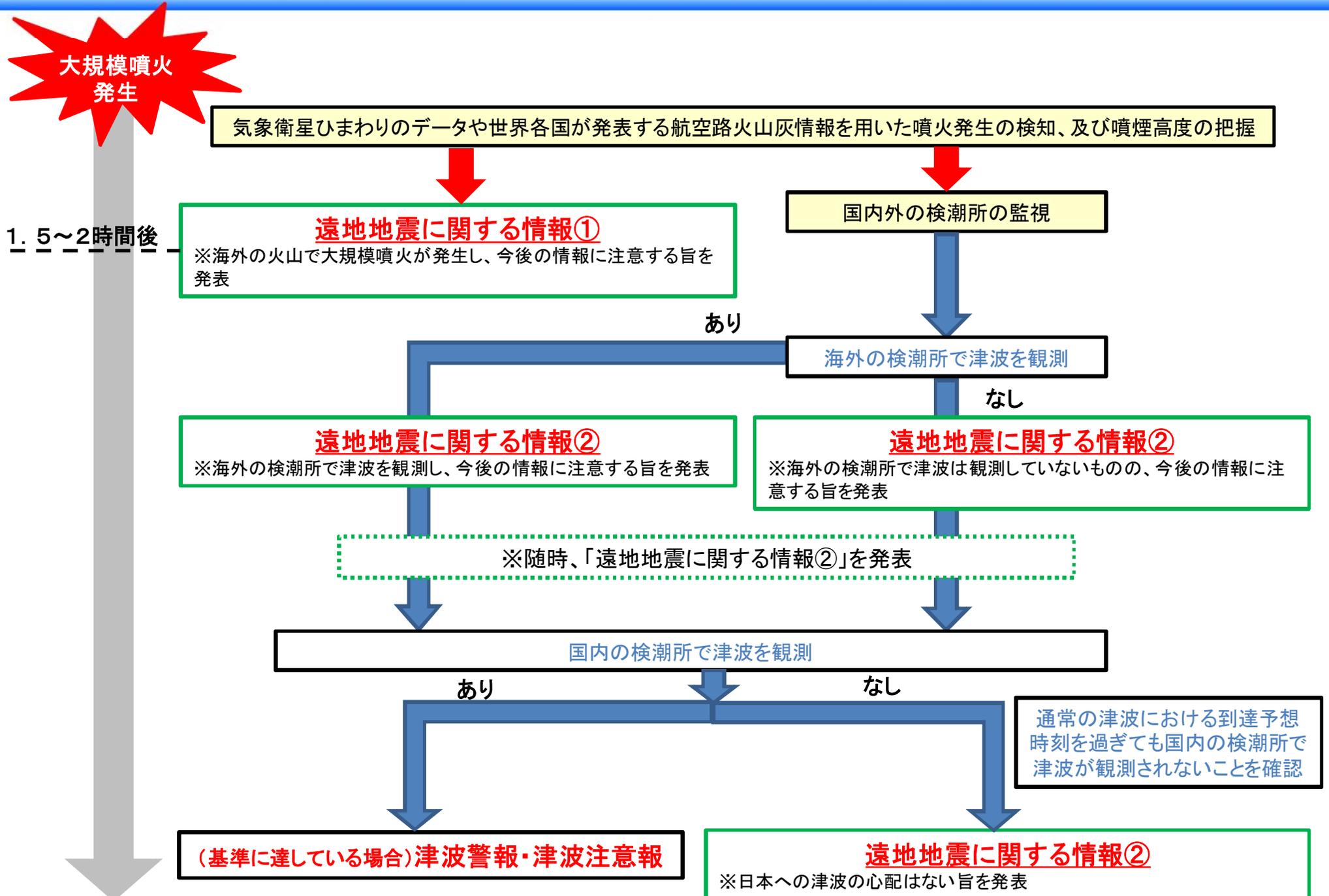
（注1）本情報の冒頭に「海外で規模の大きな地震がありました。」や「震源地」とありますが、これは「遠地地震に関する情報」を作成する際に自動的に付与される文言です。実際には、規模の大きな地震は発生していない点に留意してください。

（注2）火山噴火に伴う潮位変化の呼称については、今後検討していきますが、当面は防災対応の呼びかけとして「津波」と表記します。

（注3）早い場合の日本への到達予想時刻は、火山の大規模噴火により発生した気圧波が310m/sで伝播し潮位変化させたと想定した時刻です。

（注4）地震に伴い発生する通常の津波が日本に到達する場合、【領域名】で〇〇日〇〇時頃と予想されます。

海外で大規模噴火が発生した際の当面の対応（情報発表の流れ）



(注)火山が日本に近い等の場合、「遠地地震に関する情報」を出さずに、津波警報・津波注意報を発表する場合がある

(参考) 勉強会報告書を踏まえた対応 (1)

- 「津波予測技術に関する勉強会」において、「同様の現象の予測可能性」及び「今後の課題」としたものの一部は、当面の対応としての情報発信の改善を実施。

津波予測技術に関する勉強会報告書 「5. 同様の現象の予測可能性」より

潮位変化が発生する時刻については、伝播経路中の気温や、偏西風等の風の状況等にも依存すると考えられ、詳細な予測をすることは現時点では難しいため、ラム波の典型的な伝播速度を仮定して、最も早く到達した場合の時刻を予測するのが一つの方法。

(当面の対応として実施済)

「遠地地震に関する情報」において、ラム波の伝播速度を仮定した到達予測時刻の提供を開始。

津波予測技術に関する勉強会報告書 「6. 今後の課題」より

メカニズムが解明される前であっても、現時点で明らかになっているメカニズムに関する知見を活用し、今後、大規模な噴火が発生した際に、速やかに適切な情報を国民に提供することも重要。

例えば、典型的なラム波の速度と、気圧変化から潮位変化までの時間差(今回の事象では30分～1時間程度)を考慮することで、潮位変化の開始時刻をある程度予測することが可能であると考えられる。こうして求めた潮位変化の開始時刻を、海外で大規模噴火が発生した後、速やかに発表することが防災対応に活用できる可能性。

(当面の対応として実施済)

「遠地地震に関する情報」において、ラム波の伝播速度を仮定した到達予測時刻の提供を開始。

- 「津波予測技術に関する勉強会」において、「同様の現象の予測可能性」及び「今後の課題」とされたものの一部は、当面の対応としての情報発信の改善を実施。

津波予測技術に関する勉強会報告書 「5. 同様の現象の予測可能性」より

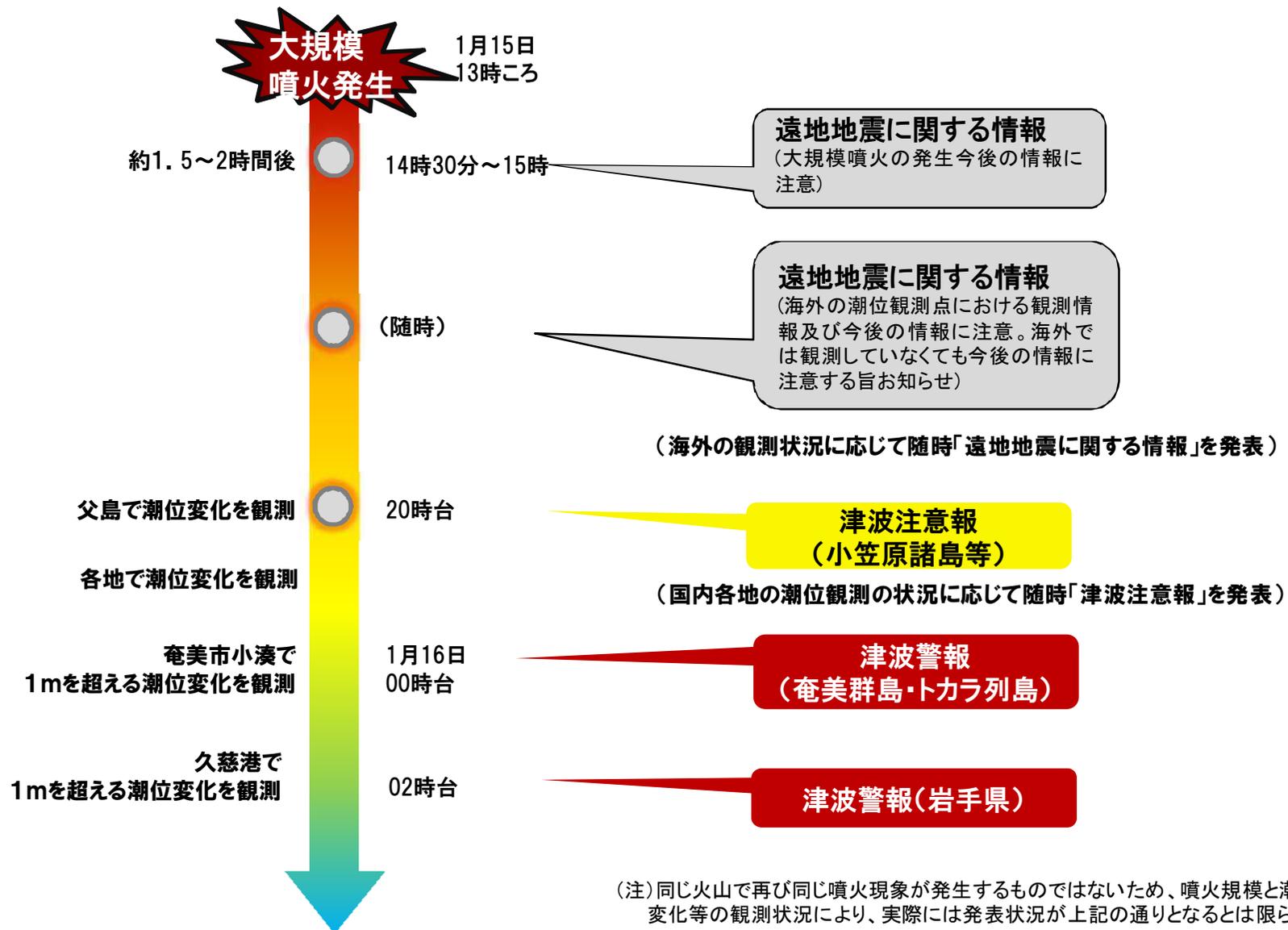
大規模な噴火が発生した場合に今般のような潮位変化が発生する可能性があると思われ、その旨を周知することは一定の合理性があると考えられる。ただし、今般のような大気中の気圧変化を発生させる噴火の基準を明確にすることは困難であることに留意する必要がある。

(当面の対応として実施)

「遠地地震に関する情報」にて大規模な噴火の発生について情報発信を実施。

トンガ諸島の噴火を現時点の対応（当面の対応）に当てはめた場合

○ 海外で大規模噴火が発生した際の「当面の対応」を、1月15日のトンガ諸島の噴火に対して実施した場合には、以下の情報提供を行うことが想定される。



(注) 同じ火山で再び同じ噴火現象が発生するものではないため、噴火規模と潮位変化等の観測状況により、実際には発表状況が上記の通りとなるとは限らない。

○ 今般の噴火と対応を踏まえ、本検討会における検討課題を以下のように設定。

<本検討会における検討課題>

(個々の課題の内容については後程議論)

- 勉強会で判明したメカニズムから、火山噴火により発生した気圧波等に起因する潮位変化に対しては、**どのような情報により注意警戒を呼びかけるべきか。**
- 海外における大規模噴火の発生から日本で潮位が変化するまでの間、防災対応に資する観点から、**どのような内容の情報を、どのようなタイミングで発信すべきか。**
- 防災対応に資する観点から、発信する情報において、今般のような潮位変化を**どのように呼称すべきか。**

火山現象のうち、(山体崩壊等の)気圧波以外に起因する潮位変化に対して、どのような対応ができるのかについても、現時点の状況を整理する。また、監視・評価に資する技術開発等、中長期的に取り組むべき課題への対応方針も議論する。

<検討スケジュール>

5月10日 第1回検討会

- ・勉強会の報告を踏まえた検討課題・論点の整理
- ・現在発表している情報や監視可能なデータ等の整理

6月上旬 第2回検討会

- ・火山噴火による潮位変化に関する情報内容の検討
- ・火山噴火の発生から潮位変化の発生までの間の情報内容の検討

6月下旬 第3回検討会

- ・とりまとめ(案)の検討