



# 平成29年度 気象研究所研究成果発表会

## 発表要旨集

平成29年12月2日(土) 13時30分～16時30分  
一橋大学 一橋講堂



気象庁気象研究所

## ごあいさつ

本日は、気象研究所研究成果発表会にご来場いただきありがとうございます。

気象研究所は、気象庁の施設等機関として、科学技術を基盤に行政を実施する気象庁の技術を支える研究開発を実施することを通じて気象業務の発展に貢献しております。気象研究所では、概ね5年毎の期間を対象とする「気象研究所中期研究計画」（現計画は平成26年度から30年度）を定めており（<http://www.mri-jma.go.jp/Research/mri-plan.pdf>）、自然災害の軽減や地球環境問題対応に資する研究として、3つの柱「台風・集中豪雨等対策の強化に関する研究」「地震・津波・火山対策の強化に関する研究」「気候変動・地球環境対策の強化に関する研究」を立てて、研究を行っています。

こうした私どもの研究活動を広く皆様方にお知らせして、気象研究所をより身近な存在として感じていただくために、平成15年度からこの研究成果発表会を実施しております。今回は、より多くの方々にこの発表会に来ていただけるよう、今までの平日開催から土曜開催とさせていただきます。自然災害のリスクについて社会の関心が高まりつつあることもあり、今回は「自然を知り自然災害に挑む」というテーマで、自然災害に関係する研究の最前線を紹介いたします。

こうした私どもの研究活動を広く皆様方にお知らせして、気象研究所をより身近な存在として感じていただくために、平成15年度からこの研究成果発表会を実施しております。今回は、より多くの方々にこの発表会に来ていただけるよう、今までの平日開催から土曜開催とさせていただきます。自然災害のリスクについて社会の関心が高まりつつあることもあり、今回は「自然を知り自然災害に挑む」というテーマで、自然災害に関係する研究の最前線を紹介いたします。

本日の発表会では、まず個別の発表に先立ち、気象研究所の紹介を兼ねて、当所の研究を取り巻く状況、研究の状況等をお話させていただきます。研究発表の1件目は、今年7月に発生した「平成29年7月九州北部豪雨」の発生要因についてです。今回の大雨の原因となった線状降水帯が形成・維持された原因として、大量の水蒸気の流入や上空の寒気の流入の影響に加え、脊振山地など周囲の地形がどのように影響しているかについて調べています。このような大雨の要因の解明は気象予測情報の改善に寄与することが期待されています。

2件目は、日本における極端降水の将来変化です。地球温暖化によって、将来的に極端な降水現象の発生頻度がどう変わるかという研究です。地球温暖化への適応策として、今後の防災を考える上で重要であると考えられます。

3件目は、次世代の緊急地震速報に関する発表です。今までの手法と全く異なり、震源・マグニチュード計算を行わず、刻々と広がっていく地震波の様子を用いて、揺れを予測するという手法です。今後の緊急地震速報の迅速化や高精度化に寄与することが期待されます。

最後の4件目は、西之島の火山活動についてです。2013年から2015年にかけての噴火で急速な島の広がりを見せ、大きな注目を受けていた西之島ですが、その後噴火活動が低下していました。2017年に入り、再び火山活動が活発化しており、気象研究所が調査を行ったところ、前回の噴火と同程度の活発化をしていることが分かりました。火山国日本といえども貴重な火山活動のデータが得られており、このような知見を積み重ねていくことが今後の火山業務においても重要と考えています。

なお、気象研究所では、この研究成果発表会以外にも、気象研究所ホームページからの情報発信、施設公開やお天気フェアなど一般の方々への広報活動を行っております。今回の研究成果発表会を通じて、気象研究所の活動についてさらにご理解を賜りますとともに、今後の一層のご支援をお願いいたします。

気象研究所長 隈 健一

## プログラム

寺川 奈津美 氏  
(気象キャスター)

13:30-13:50 気象研究所での自然災害軽減に向けた研究の最前線

気象研究所長 隈 健一

13:50-14:20 「平成 29 年 7 月九州北部豪雨」の発生要因について  
-線状降水帯の形成・維持メカニズム-

予報研究部 主任研究官 津口 裕茂

14:25-14:55 日本における極端降水の将来変化

環境・応用気象研究部 主任研究官 村田 昭彦

15:00-15:10 休 憩

15:10-15:40 揺れの数値予報：次世代の緊急地震速報を目指して

地震津波研究部 室長 干場 充之

15:45-16:15 気象庁海洋気象観測船「啓風丸」で観測された西之島の火山活動

火山研究部 室長 高木 朗充

16:20-16:30 閉会の挨拶

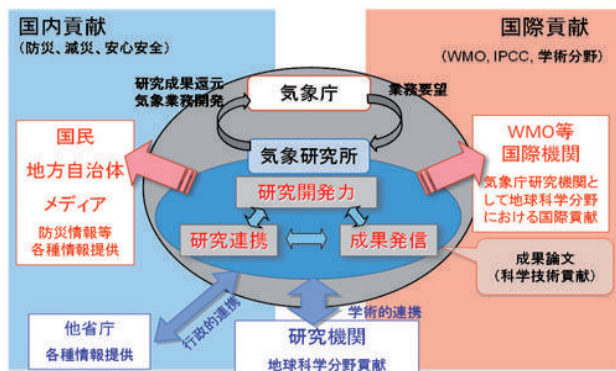
研究総務官 齊藤 和雄

# 気象研究所での自然災害軽減に向けた研究の最前線

○隈健一(気象研究所長)

## 1. 気象研究所の任務

気象研究所は、気象業務と一体的に研究を実施するわが国唯一の国立研究機関として、科学技術に立脚した気象業務の改善のため、研究開発を実施している。世界の最高水準の技術で気象業務が遂行できるよう、国際連携や国内研究機関との連携のもと、先進的な研究開発を行っている。また、専門家としての知見を生かし、気象技術の各分野での利活用の推進やIPCC(気候変動に関する政府間パネル)などの国際的な活動にも寄与している。



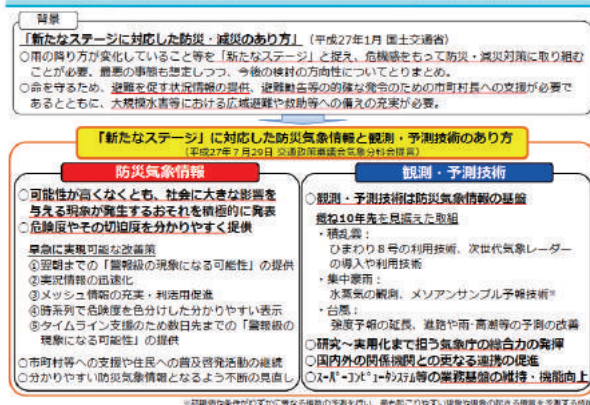
第1図: 気象研究所での研究の基本方針

## 2. 気象業務、気象研究を取り巻く近年の情勢

気象研究のあり方については、以下に示すように近年の自然災害の発生状況や科学技術の発展等を踏まえた対応が必要である。

- 国土交通省の「新たなステージに対応した防災・減災のあり方」を受けた交通政策審議会気象分科会での提言(第2図)。
- 上記提言で強化を打ち出された観測・予測技術に関連して、新世代の静止気象衛星ひまわり8号の運用開始や数値予報モデル開発懇談会の開始。
- 御嶽山噴火を踏まえた中央防災会議及び火山噴火予知連絡会の対応策の提言。火山の観測・評価技術の確立、火山研究体制の強化の必要性を強く指摘されたことへの対応。
- 地球温暖化について、パリ協定の締結(平成27年12月)、気候変動の影響への適応計画の閣議決定(平成27年11月)。
- 国土交通省生産性革命本部のもと、気象データの高度利用を通じて気象ビジネス市場の創出を図る気象ビジネス推進コンソーシアムの設立(平成29年3月)

### 「新たなステージ」に対応した防災気象情報と観測・予測技術のあり方(提言の概要)



第2図: 交通政策審議会第23回気象分科会提言より

## 3. 気象研究所で実施している研究の概要

気象研究所では、概ね5年毎の期間を対象とする「気象研究所中期研究計画」(現計画は平成26年度から30年度)を定めており(<http://www.mri-jma.go.jp/Research/mri-plan.pdf>)、防災情報や地球環境関連情報の一層の精度向上を目指す研究として、3つの柱「台風・集中豪雨等対策の強化に関する研究」「地震・津波・火山対策の強化に関する研究」「気候変動・地球環境対策の強化に関する研究」を立てて、研究を実施している。

本研究発表会ではこれら研究計画のもと進められている研究の中から、本年7月に発生した「平成29年7月九州北部豪雨」の発生要因について、日本における極端降水の将来変化について、次世代の緊急地震速報、西之島の火山活動についての発表を行う。本日発表される研究以外にも、さまざまな重要な研究成果があり、その一部を本講演で簡単に紹介させていただきます。

## 4. 将来の研究計画に向けて

平成31年度からスタートする新たな中期研究計画について、上述の近年の情勢を踏まえつつ、より効果的な研究計画となるよう、検討を進めているところである。自然災害の軽減や地球温暖化という、わが国そして世界の大きな課題に対して、地球科学の専門家として貢献できるよう、取り組みを推進してまいりたい。

# 「平成29年7月九州北部豪雨」の発生要因について

## － 線状降水帯の形成・維持メカニズム －

○津口裕茂(予報研究部)

### 1. はじめに

2017年7月5日から6日にかけて、福岡県・大分県を中心に記録的な大雨が発生した(第1図)。気象庁は、この大雨を「平成29年7月九州北部豪雨」と命名した。福岡県朝倉(アメダス)では、最大1時間降水量で129.5ミリ、最大24時間降水量で545.5ミリを観測し、いずれも観測史上1位を大幅に更新した。この大雨により、福岡県・大分県では土砂崩れや河川のはん濫などの甚大な災害が発生し、30名を超える死者が出た。気象研究所は、大雨発生から約1週間後に大雨の発生要因についての報道発表を行い、その後も本事例に関する研究に継続して取り組んでいる。このような大きな災害をもたらす大雨の発生要因についての知見を得ることは、気象庁の予警報業務や気象解説業務の改善に資するものである。本発表では、これまでの解析から明らかになった大雨の発生要因について報告する。

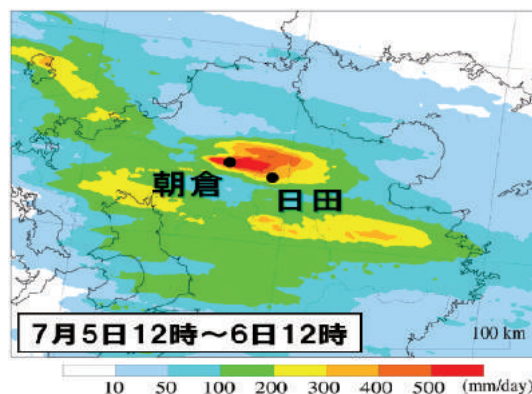
### 2. 大雨をもたらした線状降水帯の特徴

この大雨は、線状降水帯がほぼ同じ場所に長時間にわたって停滞することで引き起こされた。この線状降水帯は、福岡県と佐賀県の県境付近にあたる脊振山地付近で積乱雲が繰り返し発生し、それらが猛烈に発達しながら東へ移動することで形成・維持されていた(第2図)。線状降水帯のこのような形成過程を、「バックビルディング型形成」と呼ぶ。

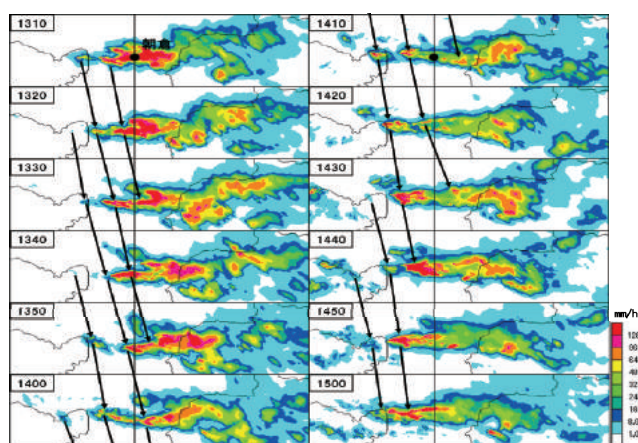
### 3. 線状降水帯が形成・維持された環境場

梅雨前線の南100～200kmに位置していた九州北部付近の大気下層(地上から高度1km付近)には、太平洋高気圧の縁を回るようにして南西風によって東シナ海から大量の水蒸気が継続的に流入していた(第3図左)。また、九州北部付近の上空5500m付近には、平年よりも気温が約3℃低い、-7℃以下の寒気が流入していた(第3図右)。これらのことから、九州北部付近は、積乱雲が発生・発達しやすい不安定な大気状態となっていた。

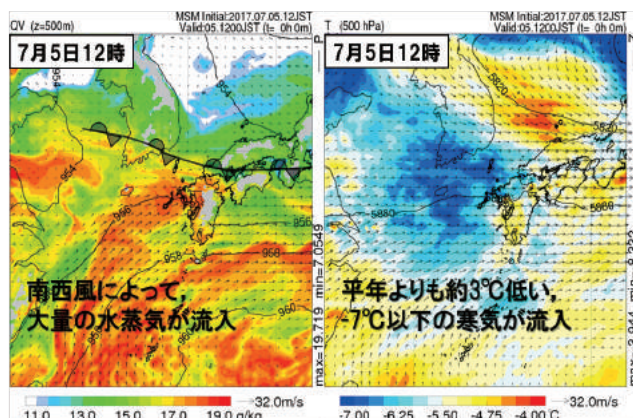
このような不安定な大気状態が持続する中、九州北部付近には、地表に温度傾度帯(気温の等値線の水平間隔が混んでいる場所)が存在していた。また、この温度傾度帯は、中国・四国地方付近の降水の蒸発による冷却された空気が流入することで強化されていた(第4図)。この温度傾度帯付近で



第1図:7月5日12時から6日12時までの24時間積算降水量分布(解析雨量、mm)。



第2図:7月5日13時10分～15時00分の実況の高解像度降水ナウキャストによる降水強度分布(mm/h)の10分毎の時系列。矢印は線状降水帯を形成する積乱雲の動きを示す。



第3図:左図は、7月5日12時の高度500mの大気1kgあたりの水蒸気量分布(カラー:g/kg)、気圧(等値線:hPa)と風ベクトル。右図は、左図と同じ時刻の500hPa(高度約5500m)の気温分布(カラー:℃)、高度(等値線:m)と風ベクトル。

は、積乱雲が次々と発生し、それらが東西に連なることで線状降水帯が形成・維持されていた。

#### 4. 地形の影響に関する数値シミュレーション

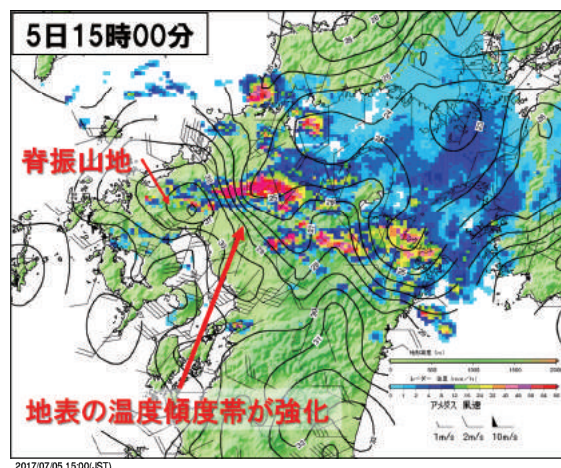
大雨をもたらした線状降水帯を形成する積乱雲は、脊振山地地付近で発生していたように見える。このことから、線状降水帯の形成・維持に対して、脊振山地の影響が示唆される。また、九州北部には標高が1000mを超える山地がいくつか存在しており、これらの地形の影響も考えられる。これらのことを調べるために、気象庁非静力学モデル(JMA-NHM)を用いた数値シミュレーションを行った。

実際の状況にもっとも近い実験(標準実験)では、九州北部付近に実況(第5図左上)とよく似た線状降水帯を再現できた(第5図右上)。この結果を基に、地形の影響に関する感度実験を行った。まず、脊振山地だけを除去した実験の結果(第5図左下)をみると、脊振山地が無くても線状降水帯が形成された。ただし、標準実験と比較して、降水が広範囲に広がり、降水量の最大値も小さくなっていた。次に、九州北部の山地をすべて除去した実験の結果(第5図右下)をみると、降水の分布は脊振山地だけを除去した実験とよく似ており、この実験でも線状降水帯が形成された。以上のことから、脊振山地や九州北部の山地は、線状降水帯の形成にとって必要不可欠ではなく、その強化・維持に寄与していたと考えられる。

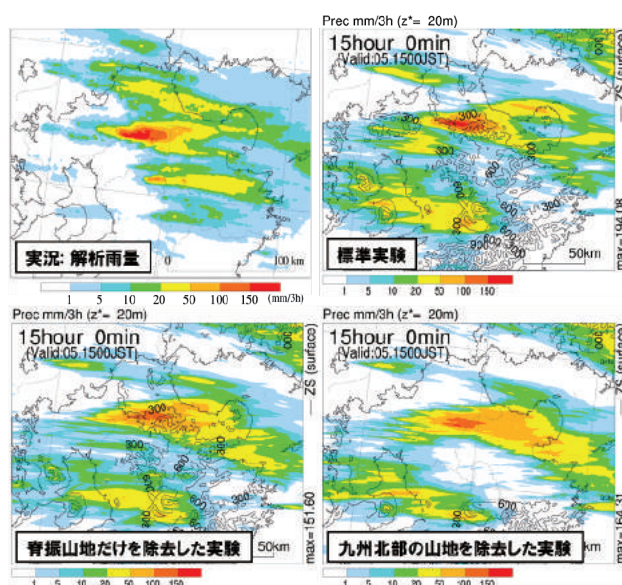
#### 5. まとめ

これまでの解析から、「平成29年7月九州北部豪雨」の発生要因として以下のことがわかった。また、この大雨の発生要因についての概念図を第6図に示す。

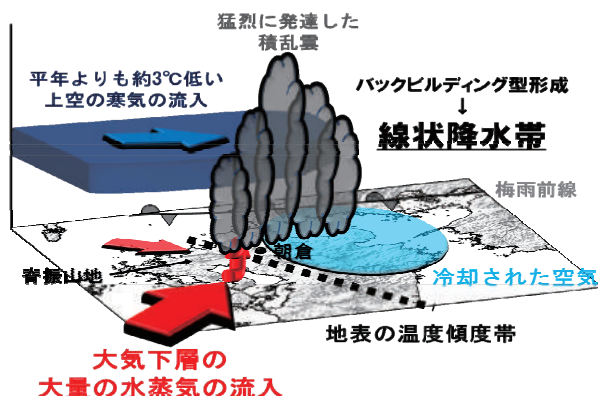
- ① 梅雨前線の南側に位置していた九州北部付近の大気下層には、南西風によって大量の水蒸気が流入していた。
- ② 九州北部付近の上空5500m付近には、平年よりも気温が約3℃低い寒気が流入していたため、積乱雲が発生・発達しやすい不安定な大気状態となっていた。
- ③ 不安定な大気状態が持続する中、九州北部付近の地表には温度傾度帯が形成されていた。また、この温度傾度帯は、中国・四国地方付近の降水の蒸発による冷却された空気が流入することで強化されていた。
- ④ 温度傾度帯付近では積乱雲が次々と発生し、それらが東西に連なることで線状降水帯が形成・維持されていた。線状降水帯が長時間にわたって停滞・維持したために、朝倉・日田付近では大雨となった。
- ⑤ 数値シミュレーションの結果から、脊振山地や九州北部の山地は、線状降水帯の強化・維持に寄与していた可能性がある。



第4図:7月5日15時のレーダー強度(カラー:mm/h)とアメダスデータから解析した地上の気温と風の分布。気温(等値線:℃)と矢羽根による風向風速。



第5図:左上図は、解析雨量による実況の降水分布、その他は水平格子間隔500mの気象庁非静力学モデル(JMA-NHM)による数値シミュレーションの結果。すべて5日12～15時の3時間積算降水量分布(mm)。右上図は実際の状況にもっとも近い実験(標準実験)、左下図は脊振山地だけを除去した実験、右下図は九州北部の山地をすべて除去した実験。



第6図:今回の大雨の発生要因の概念図。

# 日本における極端降水の将来変化

○村田昭彦(環境・応用気象研究部)

## 1. はじめに

地球温暖化が進行した場合に日本の気候はどのように変化するのだろうか？ このことが分かれば、温暖化に対する緩和策・適応策を考える上で非常に有用である。特に、災害をもたらすような極端降水の将来変化を予測することは重要な課題である。しかしながら、極端降水については、これまで十分な予測が行われてきたとは言い難い。なぜなら、予測データを作成する際に用いる数値モデルの解像度が雲を表現するには粗かったためである。そこで、本研究では、雲を解像する能力のある地域気候モデルを用いた将来気候予測シミュレーションを実施した。これによって、日本を対象とした極端降水の将来予測の精度向上が期待される。

## 2. 極端降水の将来変化予測結果

### 2. 1. 数値シミュレーションの方法

数値シミュレーションに用いたモデルは、格子間隔2kmの非静力学地域気候モデル(NHRCM02)である。予測対象期間は21世紀末の2076年9月から2096年8月であり、温室効果気体に関するシナリオ(放射強制力)としてRCP8.5と呼ばれるものを用いた。このシナリオは温室効果気体の排出量が比較的多いと想定されているもので、21世紀末の地上気温が現在と比べて、平均で4度程度上昇することになる。

今回のシミュレーションにおいては、将来予測の不確実性を出来る限り低減するため、条件を変えた4種類のシミュレーションを実施した。シミュレーションの種類はそれほど多いとは言えないものの、雲解像モデルを用いた長期シミュレーションで複数の種類のシミュレーションが実施されたことは有意義なことである。4種類のシミュレーション(それぞれ、メンバーC0, C1, C2, C3と呼ぶ)の違いはモデルの境界に与えるデータが異なることである。主に海面水温分布の違いの影響が大きい。C1, C2, C3の海面水温はそれぞれ比較的低め、中庸、高めであり、C0は上記3つの平均的なものとなっている。

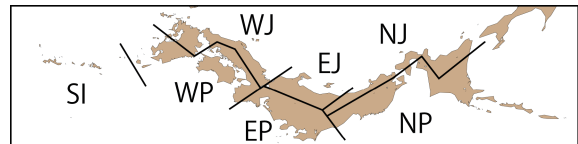
### 2. 2. 極端降水の定義

極端降水量の指標については様々なものが考えられるが、ここでは各地点において以下のような手順で求める。まず、各年における時間降水量の最大値(年最大1時間降水量)を抽出する。次に、これらを期間平均して極端降水量の指標(20年平均年最大1時間降水量)とする。ここで、各実験の積

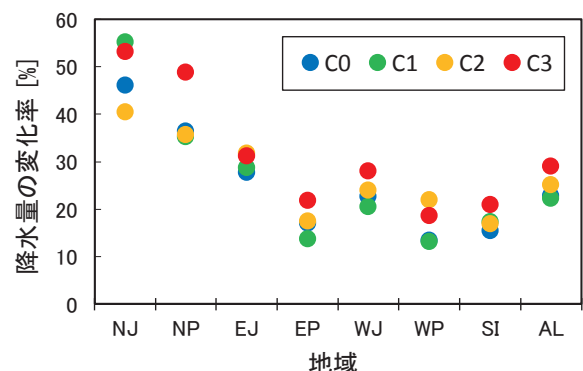
分期間は20年であるので、20個のデータから平均値を計算することになる。また、最大値を求める際の期間を年ではなく各月に対しても同様な指標(20年平均月最大1時間降水量)を計算することができる。

### 2. 3. 地域別の極端降水量の将来変化

日本全国を7つの地域(第1図)に分け、各地域で空間平均された20年平均年最大1時間降水量の変化率を示したものが第2図である。



第1図: 日本全国を地域に分割する方法。分けられた地域は、北日本日本海側(NJ)、北日本太平洋側(NP)、東日本日本海側(EJ)、東日本太平洋側(EP)、西日本日本海側(WJ)、西日本太平洋側(WP)、南西諸島地域(SI)の7つである。なお、NHRCM02の全体の計算領域は、ここで示した範囲よりもかなり広く設定している。



第2図: 各地域(第1図参照)における、空間平均した20年平均年最大1時間降水量の将来変化(変化率)。ALは日本全国を表す。変化率[%]は、 $100 \times (\text{将来} / \text{現在} - 1)$ で定義(現在は1980年9月~2000年8月)。全ての地域、メンバー(C0, C1, C2, C3)において、統計的に有意な変化(有意水準5%)を示している。

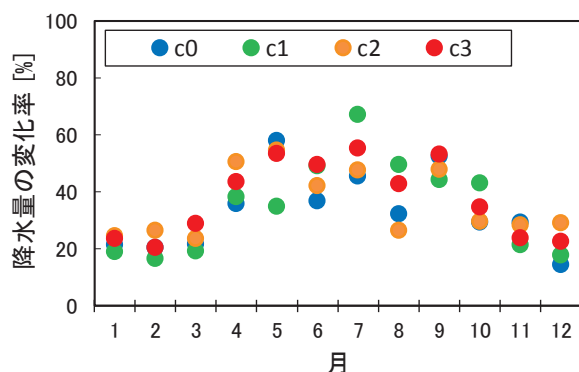
第2図によると、全ての地域、メンバーにおいて、年最大1時間降水量が統計的に有意な増加を示している。しかしながら、増加率は地域によってばらついており、北日本(NJ地域及びNP地域)で比較的大きな値を示している。特に、NJ地域では4メンバーとも増加率が40%を超えている。

## 2. 4. 北日本における極端降水量の将来変化

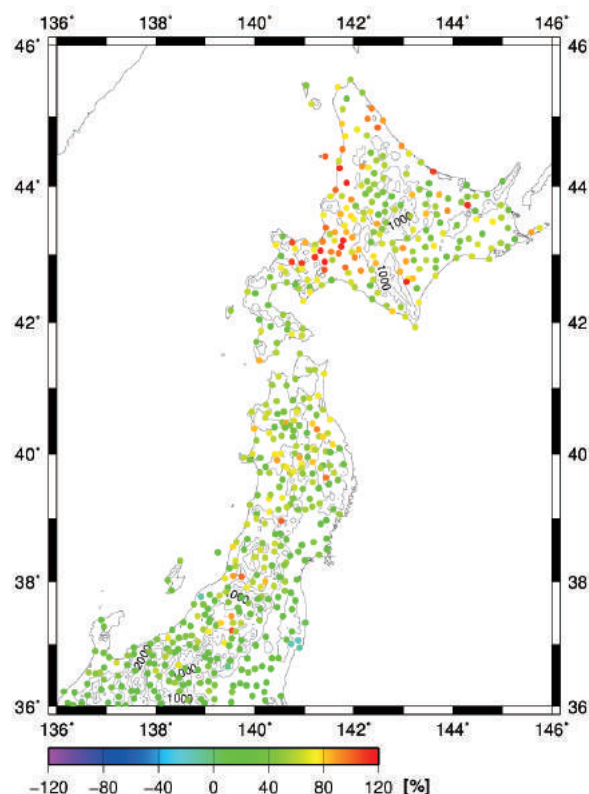
前章では北日本、特にNJ地域での極端降水量の将来変化が大きくなるという結果が得られたが、これは年間で見た場合の極端降水量(年最大1時間降水量)であった。季節別に見た場合にどうなるのかということも、当然興味のあるところである。そこで、NJ地域について、各月の20年平均月最大1時間降水量の変化率を計算したものが第3図である。

これによると、全ての月、メンバーにおいて、月最大1時間降水量が統計的に有意な増加を示している。しかしながら、増加率は季節によってばらついており、概して暖候期に大きな値を示している。その中で、7月の値がピークとなっていることが分かる。

7月の月最大1時間降水量の変化に対して、どの領域の影響が大きいのか興味のあるところである。これに答えるのが第4図である。これは、NJ地域を含む北日本における月最大1時間降水量の将来変化を平面分布図として示したものである。NJ地域は北海道及び東北地方の日本海側で構成されている(第1図参照)が、その中で北海道の日本海側の地域での変化率が比較的高い。さらに、北海道の日本海側の地域の中においても、変化率の高い場所と低い場所が混在していることが分かる。従って、場所を絞って極端降水量の将来変化の原因を探っていくことが肝要であると考えられる。



第3図: NJ地域における、空間平均した20年平均月最大1時間降水量の将来変化(変化率)。変化率[%]は、 $100 \times (\text{将来} / \text{現在} - 1)$ で定義。全ての月、メンバー(C0, C1, C2, C3)において、統計的に有意な変化(有意水準5%)を示している。



第4図: 北日本における、7月の20年平均月最大1時間降水量の将来変化(変化率)。変化率[%]は、 $100 \times (\text{将来} / \text{現在} - 1)$ で定義。ここで、「将来」には、4メンバーの平均値を使用。等値線は標高[m]を表す(500m毎)。

## 3. まとめ

RCP8.5シナリオを用いた雲解像アンサンブル地域気候シミュレーションによって、21世紀末の日本における極端降水を予測した。その結果、日本の全ての地域において、極端降水量が増加するという予測結果が得られた。特に、暖候期における北日本の日本海側での増加率が高く、北海道西部の寄与が大きいという結果となった。発表では、極端降水量が変化する物理的メカニズムについても触れる予定である。

## 謝辞

本研究は文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム(テーマC)」及び「統合的気候モデル高度化研究プログラム(テーマC)」の支援のもと、地球シミュレータを用いて実施された。

## 参考文献

- (1) 村田昭彦, 佐々木秀孝, 川瀬宏明, 野坂真也, 青柳曉典, 大泉三津夫, 2017: 雲解像アンサンブル地域気候シミュレーションによる日本の極端な降水量の将来予測, 日本気象学会2017年度春季大会予稿集, A308.

# 揺れの数値予報: 次世代の緊急地震速報を目指して

○干場充之(地震津波研究部)

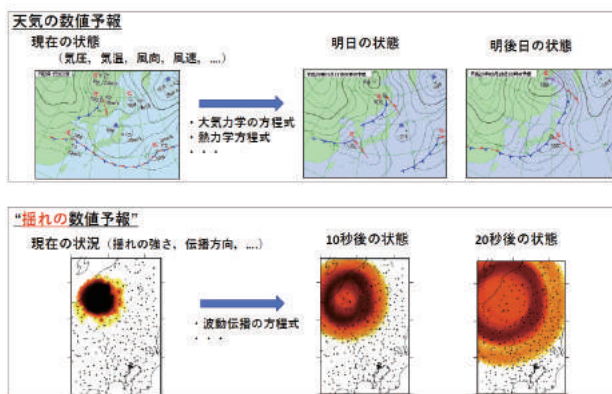
## 1. はじめに

地震動即時予測は、2007年から気象庁が緊急地震速報の業務を始めるなど、地震減災に結びつく技術として期待されている。地震の発生そのものを予測する地震予知とは異なり、(地震の発生後であるけれども)強く揺れる前に知らせることで、地震災害の軽減を狙うものである。緊急地震速報は、2011年の東北地方太平洋沖地震(M9.0; 以下、東北地震)では、東北地方に対しては想定通りの速さで警報を発し、所定の効果を発揮したといえよう。一方で、関東地方では震度4と予測した地域でも実際には震度6強で揺れた地点もあった。これは、マグニチュード9という巨大地震による広い震源域(東北地震では、震源域の長さが約500km)と、長い破壊継続時間(130秒以上)への対応が必ずしも十分ではなかったためである。また、広範囲にわたる非常に活発な余震活動のため、ほぼ同時に発生した複数の小さな余震を適切に分離できず1つの大きな地震として処理し、その結果、過大な警報を発することが相次いだ。これらの課題を根本的に解決し、さらに精度向上と迅速性を高める手法を構築することが求められていた。これらに向けた研究について紹介する。

## 2. 揺れの数値予報

### 2.1. 考え方

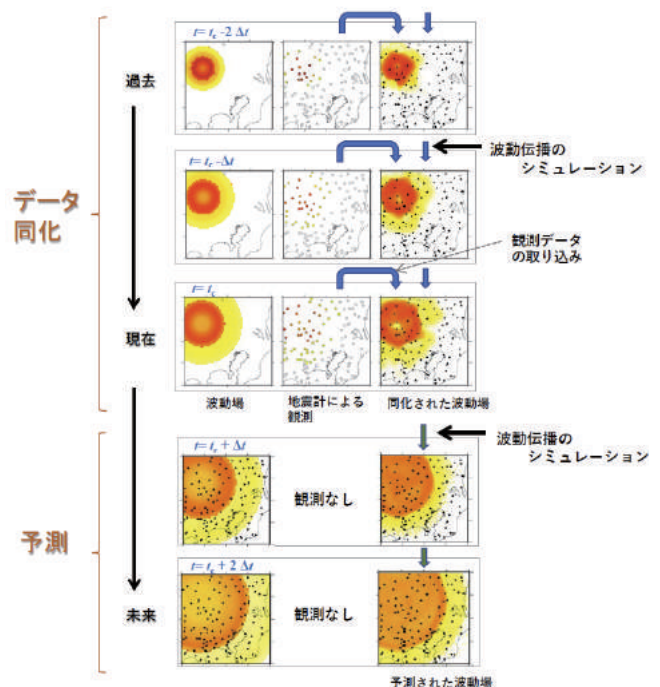
現在の緊急地震速報では、震源位置とマグニチュード(M)を即時に推定(以下、「震源とMの即時推定」)し、それを用いて、各地の揺れの強さを予測している。一方、実時間で揺れが伝わってくる様子を把握できれば、人間は「間もなく揺れる」



第1図: 天気の数値予報と、揺れの数値予報。

ことを直観的に予測することができる。そこでは、震源位置とMを求めているわけではなく、刻々と変化する波面の広がり具合(実況値)から未来を予測している。この考え方に則った予測法を構築する(Hoshiba and Aoki, 2015)。これは、天気予報での数値予報の考え方に似ており、その類似性から、“揺れの数値予報”と呼んでいる(第1図)。

“揺れの数値予報”では、①データ同化手法を用いて地震の揺れの実況分布を正確に把握(波動場の把握)し、②それから波動伝播の物理に則り、つまり、波動伝播シミュレーションを用いて、未来を予測するものである(第2図)。①のデータ同化では、実際の観測データを波動伝播シミュレーションに逐次取り入れることを行い、過去から現在までの全ての観測データを使って現在の実況分布(リアルタイムShake-map)を正確に把握する。②では、①で得られた分布、リアルタイムShake-map、を初期値として、波動伝播シミュレーションを行うことで未来の分布を予測する。この方法では、震源位置やMの情報を必ずしも必要としないため、広い震源域であっても



第2図: 揺れの数値予報の考え方: 波動伝播のシミュレーションに逐次観測データを取り入れることでデータ同化を行い現状を正確に把握する。それを初期値として波動伝播シミュレーションを行うことで未来の分布を予測する。

同時に複数の地震が発生していても、特別な処理を必要とすることなく、対応することができる。

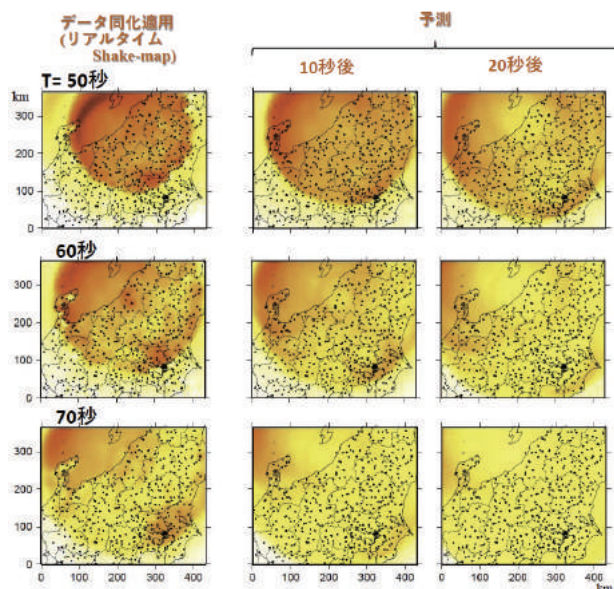
## 2. 2. 適用例1(中越地震の最大余震:M6.5)

2004年新潟県中越地震の最大余震(M6.5)に適用した例を示す。この地震では、特に東京の方向に強い揺れが伝播していく特徴があるが、震源位置とMだけではこの特徴を表現することは出来ない。よって、精度の高い震度予測が難しい。

“揺れの数値予報”では、第3図(上)に示すように、50秒の時点で、特に東京に向かって強い揺れが伝播していく様子を把握している。この情報をもとに、10秒後に東京に強い揺れが到着すること、また、東京は周囲に比べてやや揺れが強くなることを予測している。実際、東京は周囲に比べてやや大きな震度を観測している(第3図中)。この様に、精度の高い震度予測に結びついている。

## 2. 3. 適用例2(東北地震:M9.0)

次に、東北地震に適用した例を示す。東北地震では、地震の発生から130秒以上にわたって断層の破壊が継続したことが知れており(つまり、130秒以上にわたって揺れが生成し続けた)、特に、強い生成域が少なくとも4か所あったことが知られている。破壊の前半である1番目と2番目の生成域は宮城県沖に、後半である3番目と4番目は福島・茨城県境沖に位置し、関東地方を強く揺らしたのは、このうち、3番目と4番目の生成域からのものである。関東地方では、1番目と2番目の生成域からの揺れではせいぜい震度4程度であったと思われるが、3番目と4番目の生成域からの揺れにより、震度6強を観測している。震源とMの即時推定という考え方では、このよう



第3図:2004年新潟県中越地震の最大余震(M6.5)への適用例。50秒の時点で比較的強い揺れが東京に向かっていくことを把握し、10秒後に到達すると予測している。

に広い震源域で破壊継続時間が長い地震への対応は難しかった。

第4図に“揺れの数値予報”の結果を示す。130秒の時点で北関東に強い揺れを把握し、この揺れは、20秒後(つまり、150秒の時点)に東京に到達すると予測している。実際、150秒の時点で、東京は強く揺れている。

このように、広い震源域で破壊継続時間が長い地震に対しても対応することが可能である。

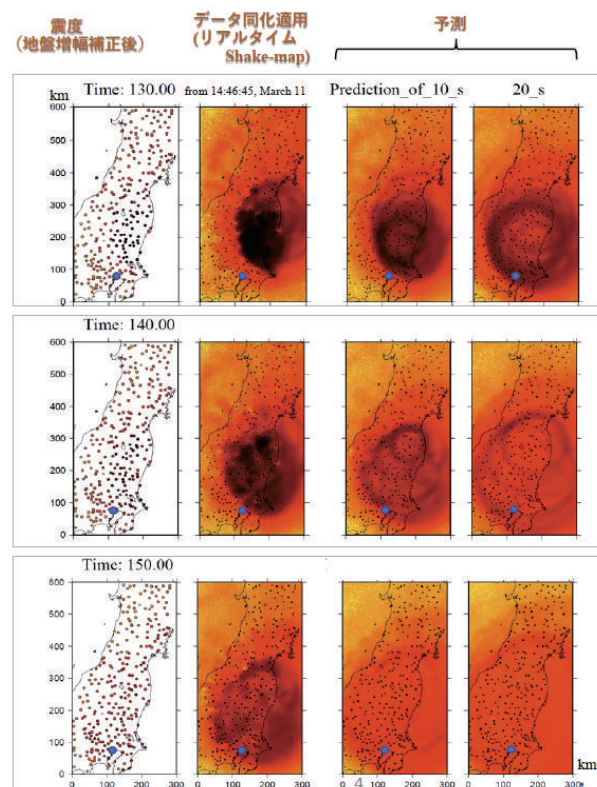
## 3. まとめ

震源とMの即時推定という考え方では難しかった広い震源域をもつ巨大地震や、同時に多発する複数の地震についても、“揺れの数値予報”では精度の高い震度の即時予測に結びつけることができる。

今後、波動伝播シミュレーションに減衰構造や速度構造を導入するなど、さらなる精度向上を目指していきたい。

## 参考文献

- (1) Hoshiba and Aoki, 2015, Bull. Seism. Soc. Am, 105, 1324-1338, doi:10.1785/012014028



第4図:2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)への適用例。130秒の時点で北関東に強い揺れを把握し、20秒後に東京に到達すると予測している。実際、20秒後(150秒の時点)、東京は強く揺れている。

# 気象庁海洋気象観測船「啓風丸」で観測された西之島の火山活動

○高木朗充、長岡優、谷口無我(火山研究部)

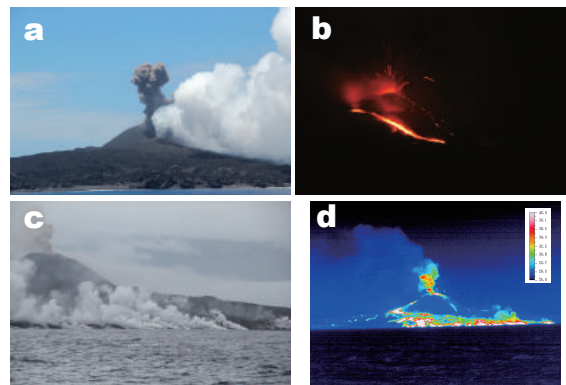
## 1. はじめに

小笠原諸島の西之島沖で、2013年11月に39年ぶりに活発な海底噴火が始まった。噴火活動は継続し、膨大な量の溶岩を流出させて直径約2km、高さ約150mの火山島を形成した。気象研究所では、人工衛星を用いた陸域面積や放熱量や輝度温度の解析、観測船を用いた火山ガスの放出量や海底地震計による観測を行い、噴火活動は2015年7月頃から低下して年末にほぼ噴火活動を終えたことがわかった(高木他2017)。ところが、2017年4月下旬に噴火活動が再開し、海上保安庁の上空からの観測では溶岩の流出が確認された。

膨大な量の溶岩が長期にわたり噴出し続ける火山島の実体に迫るため、気象研究所は気象庁海洋気象観測船「啓風丸」の協力を得て、2017年5月25～27日に西之島の噴火活動を観測した。噴火様式、噴煙中の火山ガスの放出率、および火山灰の観測を行い、分析した研究成果について報告する。

## 2. 噴火活動の観察

西之島の噴火様式は多様であり、観測期間中には3つの様式が確認された。(1)空気振動(空振)や大きな爆発音を伴って火山灰や火山岩塊を爆発的に放出するブルカノ式噴火(第1図a)、(2)間欠的に多数の火山弾(大型の溶岩のかたまり)などを数10～数100メートル噴き上げるストロンボリ式噴火(第1図b)、(3)継続的に流出する溶岩流(第1図c)、である。2017年5月27日10時30分～15時に発生した噴火について、ブルカノ式噴火は平均すると1時間に1回程度、ストロンボリ式噴火は1分間に1回程度の頻度で発生していることがわかった。中央火口北側から継続的に流出する溶岩流は、島の南西部の海岸から海に流れ込み、二次爆発(水蒸気爆発)が発



第1図: 観測船から見た西之島の噴火活動 2017年5月: (a)ブルカノ式噴火。(b)ストロンボリ式噴火と溶岩流。(c)海に流れ込む溶岩流と二次爆発。(d)熱赤外観測による温度分布。

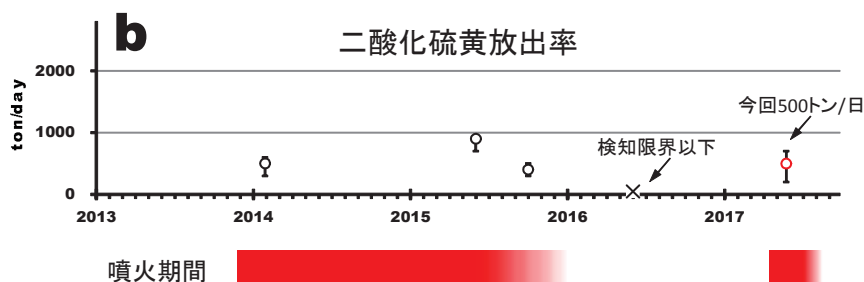
生し100m近くの高さまで水蒸気の噴煙を上げていた。

これらの噴火活動は、熱赤外カメラによる温度分布からも、明確に確認された(第1図d)。

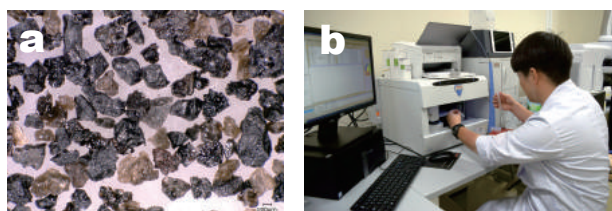
## 3. 二酸化硫黄放出率の観測

火山の噴煙の中には様々な火山性ガスが含まれているが、マグマの活動を最も反映している成分は二酸化硫黄( $\text{SO}_2$ )である。この放出率を観測することで火山島下のマグマの活動度を知ることができる。このため、我々は紫外線分光計(Mori et al. 2007)を用いて、西之島火山からの噴煙の中の二酸化硫黄の放出率を2014年以降観測してきた。

今回の航海観測では、5月26日09:00～12:00に、西之島の中央火口から北東に流れる噴煙の下を、繰り返し観測船で横切るようにして(火口から2.3km、海岸から1.5km)、5回の測定を実施した(第2図a)。二酸化硫黄の繰り返し観測の平均は



第2図: 西之島の二酸化硫黄ガス放出率観測: (a)啓風丸船上での火山ガス観測の様子(2017年5月26日)。西之島北方沖約1.5km。西之島の火口(右奥)から流れる噴煙の下を観測船で横切って測定する。(b)2014～2017年の観測結果。今回の観測値は2015年10月とほぼ同程度であった。



第3図: 火山灰に付着した火山ガスの水溶性成分の分析:  
(a) 西之島北東沖の船上で採取された火山灰のマイクロスコ  
プ写真。(b) 実験室におけるイオンクロマトグラフの成分分析。

500トン/日(最大700トン/日、最小200トン/日)であり、こ  
れまでに実施してきたうちの2015年10月(400トン/日)と同程  
度のレベルであったことがわかった(第2図b)。

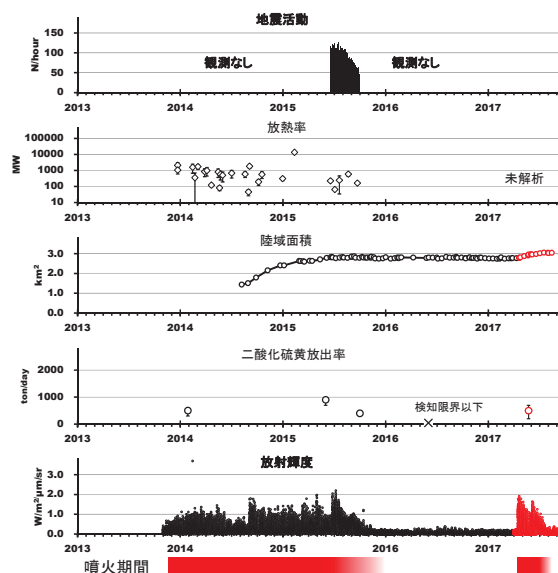
#### 4. 火山灰に付着した火山ガスの分析

火山ガスの放出率を観測することに加え、直接火山ガスを  
採取してその成分を分析することは、マグマ活動を評価する  
上で重要である。なぜなら、火山ガスには多様な成分が含ま  
れており、それらの成分の濃度比などで、地下のマグマの活  
動度を評価できると期待されているからである。しかし、噴火  
活動中の西之島では、直接火山ガスを採取することは困難で  
ある。そこで、噴火で生じる火山灰には、水溶性の火山ガス  
が付着していることに着目した。火山灰を採取すれば、直接  
火山ガスを採取することなく水溶性の火山ガス成分を分析す  
ることが可能である。そこで、噴火する西之島の噴煙下にお  
いて船上に降り落ちる火山灰を採取し分析を行った。この分  
析手法が西之島で試みられたのは今回が初めてである。

火山灰から水溶性付着成分を抽出し、イオンクロマトグラフ  
法で陰イオン成分を分析した(第3図)。その結果、フッ化物イ  
オン $F^-$ 、塩化物イオン $Cl^-$ 、硫酸イオン $SO_4^{2-}$ を検出し、 $Cl^-$ と  
 $SO_4^{2-}$ から計算される $Cl/S$  モル比は2.0 と高いことがわかつ  
た。これらの水溶性付着成分は、マグマ噴火に伴う高温の火  
山ガスに由来するものであり、さらに塩化物イオンと硫酸イオ  
ンのモル比( $Cl/S$ )が高いと高温のガスがより多く関与してい  
ると考えられている。過去の国内で発生したマグマ噴火の同  
手法による分析では、例えば、1707年富士山噴火では1.7、  
1974年桜島噴火では0.2~0.7、2000年三宅島噴火では0.01~  
1.5の値が報告されており、西之島の火山灰からもこれらと同  
様、高温の火山ガスの活動であると推測される。

#### 5. まとめ

気象庁海洋気象観測船「啓風丸」により、2017年5月に行っ  
た西之島の火山観測やその後の分析の結果、活発な火山活  
動を示す結果が得られた(第4図)。火山ガス(二酸化硫黄)  
の放出率は、前回の噴火活動中の値とほぼ同程度に復活し  
た。火山ガス成分比は、マグマ噴火に伴う高温の火山ガス由



第4図: 西之島の火山活動 2013~2017年: 上から、地震活動  
(観測期間: 2015年5~10月)、放熱量、陸域面積、二酸化硫黄  
放出率、放射輝度。高木他(2017)に加筆。

来の値を示した。溶岩流を継続的に流出しながら、1分間に1  
回程度のストロンボリ式噴火、1時間に1回程度のブルカノ式  
噴火を繰り返す活発な噴火活動が継続していた。

これらのことから、一旦休止していると考えられていた噴火  
活動が、2013~2015年と同程度まで、活発になっていたこと  
が分かった。

近年は人工衛星を用いたりリモートセンシングが火山活動監  
視に用いられるようになったが、現地における観測と比べると  
得られる情報量には限界がある。とりわけ西之島のような外  
海の離島火山のモニタリング研究においては、今後も観測船  
を利用した観測は欠かすことができない。

#### 謝辞

観測は気象庁地球環境・海洋部の海洋気象観測船「啓風  
丸」の協力で行われました。

#### 参考文献

- (1) Mori, T., J. Hirabayashi, K. Kazahaya, T. Mori, M.  
Ohwada, M. Miyashita, H. Iino and Y. Nakahori 2007: A  
Compact Ultraviolet Spectrometer System (COMPUS)  
for Monitoring Volcanic  $SO_2$  Emission: Validation and  
Preliminary Observation, Bull. Volcanol. Soc. Japan, 52,  
105-112.
- (2) 高木朗充・長岡優・福井敬一・安藤忍・木村一洋・土山博  
昭 2017: 2013-2015年西之島噴火のモニタリングに関  
する研究, 気象研究所技術報告, 78, 72p.  
<http://dx.doi.org/10.11483/mritechrepo.78>

# 気象研究所で行っている研究について

気象研究所では、気象庁が発表する気象や地震・火山、気候等に関する各種情報の高度化に向けた実用的な研究を重点的に実施しています。また、将来に向けた我が国の気象業務の健全な発達を図るため、長期的に各種情報の高度化等を見据えた基礎的・基盤的な研究や、世界をリードする研究を実施しています。

## 1 重点研究

各種防災情報や地球環境情報の高度化など気象業務への貢献を目指し、5年以内に業務化のめどをつける実用的な研究課題で、台風・集中豪雨等対策、地震・火山・津波対策及び気候変動・地球環境対策の強化に資する研究を重点的に実施しています。

### 1. 1 台風・集中豪雨等対策の強化に関する研究

気象災害を防止・軽減するには、災害をもたらす現象の観測・解析技術及び予測技術を高度化し、予報・警報等の防災情報を避難等防災活動の早期準備や迅速・的確な実施に一層活用可能なものにしていく必要があります。このため以下の研究に取り組んでいます。

- A1 メソスケール気象予測の改善と防災気象情報の高度化に関する研究
- A2 顕著現象監視予測技術の高度化に関する研究
- A3 台風の進路予報・強度解析の精度向上に資する研究
- A4 沿岸海況予測技術の高度化に関する研究

### 1. 2 地震・火山・津波対策の強化に関する研究

地震、火山及び津波に関する防災情報をよりの確なものとし、それらによる災害を防止・軽減するためには、発生した現象の推移をよりの確に観測・解析する技術を開発するとともに、地震の予知技術、火山噴火及び津波の予測技術の高精度化を進める必要があります。このため、以下の研究に取り組んでいます。

- B1 緊急地震速報の予測手法の高度化に関する研究
- B2 地震活動・地殻変動監視の高度化に関する研究
- B3 津波の予測手法の高度化に関する研究
- B4 大規模噴火時の火山現象の即時把握及び予測技術の高度化に関する研究
- B5 地殻変動観測による火山活動評価・予測の高度化に関する研究
- B6 南海トラフ沿いのプレート間固着状態監視と津波地震の発生状況即時把握に関する研究
- B7 火山ガス観測による火山活動監視・予測に関する研究

### 1. 3 気候変動・地球環境対策の強化に関する研究

地球温暖化やオゾン層破壊、国境を越えた大気汚染など地球規模の環境問題が顕在化する中、環境と経済を両立し持続可能な社会の発展を実現するため、気候及び地球環境に関する信頼性の高い情報が求められています。このため、以下の研究に取り組んでいます。

- C1 気候モデルの高度化と気候・環境の長期変動に関する研究
- C2 季節予報の高度化と異常気象の要因解明に関する研究
- C3 地球環境監視・診断・予測技術高度化に関する研究

## 2 一般研究

気象庁が発表する各種情報の高度化等気象業務への将来の実用化を見据えた基礎的・基盤的な研究や、世界をリードする革新的テーマに挑戦する研究を推進しています。

## 3 地方共同研究

気象業務の現場において取り組むべき研究課題について、気象研究所と気象官署が共同し地方共同研究として実施しています。地方共同研究により、気象業務の現場における潜在的なニーズを的確に捉え、気象研究所の研究方針や内容に適宜反映させることによって、気象業務の高度化に貢献しています。さらに、研究活動を通じて気象研究所と気象官署の連携を強化し、気象官署における調査業務の支援を図るとともに、職員の資質向上にも貢献しています。

## 4 機動的な研究

竜巻、集中豪雨、地震、火山噴火等の大きな災害を伴う顕著現象が発生した場合は、気象庁本庁・管区気象台・地方気象台等と連携し、現地調査を含む調査研究等を機動的に実施しています。

## 気象研究所成果報告会 発表題目(平成19年度以降)

|     |                                                                             |          |                |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|
| H28 | 気象研究所での自然災害の軽減に向けた研究の概要                                                     | 齊藤和雄     | 研究総務官          |
| H28 | 豪雨予測への貢献をめざした海洋での GNSS 水蒸気観測                                                | 小司禎教     | 気象衛星・観測システム研究部 |
| H28 | 気象衛星ひまわり8号の大気追跡風を用いて捉えた台風の強化                                                | 小山 亮     | 台風研究部          |
| H28 | 伊豆大島で進行するマグマ蓄積 ～火山性地殻変動は何を明らかにしたか～                                          | 山本哲也     | 火山研究部          |
| H28 | 熊本地震 ～地震発生状況の即時把握技術の開発～                                                     | 溜瀧功史     | 地震津波研究部        |
| H27 | 気象研究所での気候変動研究概要                                                             | 蒲地政文     | 研究総務官          |
| H27 | 気候変動予測研究の過去・現在・未来                                                           | 尾瀬智昭     | 気候研究部          |
| H27 | 温暖化予測情報をどう使うか                                                               | 高藪 出     | 環境・応用気象研究部     |
| H27 | エルニーニョなどの海洋の変化を予測するために                                                      | 山中吾郎     | 海洋・地球化学研究部     |
| H27 | 成層圏の変動の気候への影響について                                                           | 黒田友二     | 気候研究部          |
| H26 | 御嶽山噴火 ―水蒸気噴火のメカニズム解明に向けて―                                                   | 横山博文     | 火山研究部          |
| H26 | 南海トラフ沿い巨大地震は予知できるか? ―地震発生シミュレーションからの知見―                                     | 弘瀬冬樹     | 地震津波研究部        |
| H26 | 竜巻等突風の探知 ―フェーズドアレイレーダーが切り拓く世界―                                              | 楠 研一     | 気象衛星・観測システム研究部 |
| H26 | 集中豪雨の発生メカニズム解明に向けて ―平成 26 年 8 月 20 日広島豪雨事例―                                 | 加藤輝之     | 予報研究部          |
| H26 | 温暖化に伴い強雨は増えるのか? ―アメダス観測が示す気温と強雨の関係―                                         | 藤部文昭     | 環境・応用気象研究部     |
| H26 | CONTRAIL プロジェクト ―大型旅客機による地球規模の温室効果ガス観測―                                     | 松枝秀和     | 海洋・地球化学研究部     |
| H25 | GPS が拓く突風・大雨の予測・監視への道                                                       | 小司禎教     | 気象衛星・観測システム研究部 |
| H25 | 局地的豪雨等の予測精度向上に向けた取り組み                                                       | 瀬古 弘     | 予報研究部          |
| H25 | 津波予測の新展開 ―迫り来る津波を捉え予測する―                                                    | 林 豊      | 地震火山研究部        |
| H25 | 地球温暖化とともに変わりゆく日本の気候を考える                                                     | 佐々木秀孝    | 環境・応用気象研究部     |
| H25 | 海洋の CO2 増加と酸性化 ―西部北太平洋熱帯・亜熱帯域における実態―                                        | 石井雅男     | 海洋・地球化学研究部     |
| H24 | 地震の揺れのリアルタイム予測: 次世代の緊急地震速報を目指して                                             | 干場充之     | 地震火山研究部        |
| H24 | ヒートアイランドの現在と未来                                                              | 青柳曉典     | 環境・応用気象研究部     |
| H24 | グリーンランドから地球温暖化をみる                                                           | 青木輝夫     | 物理気象研究部        |
| H24 | つくば竜巻: 二重偏波レーダーによる実態解明                                                      | 山内 洋     | 気象衛星・観測システム研究部 |
| H24 | 社会的に大きな影響があった顕著現象(平成 24 年)～急発達した低気圧・つくば竜巻・九州北部豪雨～                           | 加藤輝之     | 予報研究部          |
| H23 | 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震の地震像と巨大地震の早期規模推定に向けた取り組み                           | 吉田康宏     | 地震火山研究部        |
| H23 | 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震に伴う津波と津波即時予測の研究                                    | 対馬弘晃     | 地震火山研究部        |
| H23 | 2011 年霧島山(新燃岳)噴火対応～噴煙エコーの解析と降灰の量的予測に関する研究～                                  | 新堀敏基     | 地震火山研究部        |
| H23 | 集中豪雨の統計的・解析的研究 ―2010 年 10 月 20 日の奄美豪雨―                                      | 津口裕茂     | 予報研究部          |
| H23 | 福島第一原子力発電所事故に伴う大気・海洋の人工放射能の変動                                               | 青山道夫     | 地球化学研究部        |
| H22 | 台風に伴う竜巻等突風の発生機構―2006 年台風第 13 号に伴う延岡竜巻の数値シミュレーション―                           | 益子 渉     | 予報研究部          |
| H22 | 気候研究のための長期日降水グリッドデータの作成                                                     | 上口賢治     | 気候研究部          |
| H22 | 数値モデルを用いた地球環境解析                                                             | 眞木貴史     | 環境・応用気象研究部     |
| H22 | 衛星データの利用技術に関する研究                                                            | 増田一彦     | 気象衛星・観測システム研究部 |
| H22 | 【記念講演】気象観測鉄塔                                                                | 石原正仁     | 気象衛星・観測システム研究部 |
| H21 | 東南アジア地域の気象災害軽減国際共同研究                                                        | 齊藤和雄     | 予報研究部          |
| H21 | 2008 年台風特別観測(T-PARC)結果                                                      | 中澤哲夫     | 台風研究部          |
| H21 | 伊勢湾台風再現実験プロジェクト(re-analysis/forecast of Typhoon Vera(1959) project: ReVera) | 別所康太郎    | 台風研究部          |
| H21 | 相似地震の発生予測実験                                                                 | 岡田正実(客員) | 地震火山研究部        |
| H21 | 地震波で地下の時間変動を監視する                                                            | 吉田康宏     | 地震火山研究部        |
| H21 | 温暖化による日本付近の詳細な気候変化予測                                                        | 行本誠史 他   | 気候研究部ほか        |
| H20 | 海洋における炭素循環の変動に関する観測的研究 II                                                   | 緑川 貴     | 地球化学研究部        |
| H20 | 物質循環モデルの開発改良と地球環境への影響評価に関する研究                                               | 柴田清孝     | 環境・応用気象研究部     |
| H20 | 接地境界層における乱流の構造に関する研究                                                        | 毛利英明     | 物理気象研究部        |
| H20 | 地震・地殻変動観測データの高度利用に関する研究                                                     | 前田憲二 他   | 地震火山研究部        |
| H20 | 津波の予測精度向上に関する研究                                                             | 林 豊      | 地震火山研究部        |
| H20 | 火山観測データの気象補正等による高精度化に関する研究-ノイズの中から火山活動を抽出する-                                | 山里 平     | 地震火山研究部        |
| H20 | 新地殻変動観測手法の研究-スロースリップ検知を目指したレーザー式変位計の開発-                                     | 勝間田明男    | 地震火山研究部        |
| H20 | 3次元数値モデルによる地震発生シミュレーションの研究                                                  | 弘瀬冬樹     | 地震火山研究部        |
| H19 | 氷晶発生過程に関する研究                                                                | 村上正隆     | 物理気象研究部        |
| H19 | 上陸台風の構造変化過程とそれに伴う暴風、豪雨、高潮の発生に関する研究                                          | 中澤哲夫     | 台風研究部          |
| H19 | 日本の異常気象の実態及び気候変動との関連に関する研究                                                  | 藤部文昭 他   | 予報研究部ほか        |
| H19 | 気候システムとその変動特性のモデルによる研究                                                      | 楠 昌司     | 気候研究部          |
| H19 | 高解像度(渦解像)海洋大循環モデルの開発とそれによる水塊の形成、維持、及び変動機構の解明                                | 本井達夫     | 海洋研究部          |
| H19 | 海洋データ同化システムの高精度化と海洋現象の季節から経年変動の解析                                           | 蒲地政文     | 海洋研究部          |
| H19 | アジア大陸の影響による大気微量気体・エアロゾル・降水降下塵の化学組成変動に関する研究                                  | 松枝秀和     | 地球化学研究部        |

## 気象庁気象研究所

連 絡 先: 気象庁気象研究所企画室  
〒305-0052 茨城県つくば市長峰1-1  
TEL 029-853-8546  
e-mail: ngmn11ts@mri-jma.go.jp

ホームページアドレス: <http://www.mri-jma.go.jp>