

地震及び火山噴火予知研究計画に関する 外部評価報告書

平成19年6月28日

地震及び火山噴火予知研究計画に関する外部評価委員会

目 次

評価の概要	1
1. 評価の趣旨	1
2. 評価の対象	1
3. 評価の実施体制	1
4. 評価の観点	1
5. 評価結果の取扱い	2
評価結果	3
1. 総 評	3
2. 地震予知のための新たな観測研究計画（第2次）について	4
2.1. 現計画に対する評価	4
(1) 目標の達成度	4
(2) 実施体制の妥当性	5
(3) 学術的意義	5
(4) 社会的貢献	6
2.2. 今後の計画の在り方に関する意見・提言	6
(1) 地震予知のための研究の考え方	6
(2) 今後の実施体制の在り方	7
(3) 研究と社会とのかかわり	8
3. 第7次火山噴火予知計画について	9
3.1. 現計画に対する評価	9
(1) 目標の達成度	9
(2) 実施体制の妥当性	9
(3) 学術的意義	10
(4) 社会的貢献	11
3.2. 今後の計画の在り方に関する意見・提言	11
(1) 今後の観測・監視体制の在り方	11
(2) 火山噴火予知研究の考え方	12
(3) 研究と社会とのかかわり	12

【参考資料】

参考資料 1	地震及び火山噴火予知計画に関する外部評価委員会について (平成19年3月9日研究開発局長決定)	17
参考資料 2	地震及び火山噴火予知計画に関する外部評価委員会構成員 . . .	18
参考資料 3	地震及び火山噴火予知計画に関する外部評価委員会審議経過 . . .	19
参考資料 4	「地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)」の実施状況 等のレビューについて(報告)の概要(第1回外部評価委員会 資料)	20
参考資料 5	「第7次火山噴火予知計画」の実施状況等のレビューについて (報告)の概要(第1回外部評価委員会資料)	30
参考資料 6	我が国の地震防災に関する政策体系 (第2回外部評価委員会資料)	43
参考資料 7	地震調査研究の推進について - 地震に関する観測、測量、調査 及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策 - (概略図) (第2回外部評価委員会資料)	43
参考資料 8	地震予知計画関連の各年度における予算額推移 (平成11年度~)(第3回外部評価委員会資料)	44
参考資料 9	火山噴火予知計画関連の各年度における予算額推移 (平成11年度~)(第3回外部評価委員会資料)	45

評価の概要

1. 評価の趣旨

我が国の地震及び火山噴火予知に関する研究は、平成15年7月に科学技術・学術審議会が建議した「地震予知のための新たな観測研究計画（第2次）」及び「第7次火山噴火予知計画」（いずれも平成16～20年度）に基づき推進されている。

科学技術・学術審議会測地学分科会では、これらの計画が平成20年度に終了することから、次期計画の策定に向けて現計画の実施状況、成果及び今後の課題についてレビューを実施し、本年1月に報告書をまとめたところである。

このレビュー報告書に基づき、外部評価（第三者評価）を実施し、「今後の計画の在り方」に関する意見・提言の取りまとめを行う。

2. 評価の対象

「地震予知のための新たな観測研究計画（第2次）」

「第7次火山噴火予知計画」

3. 評価の実施体制

公正で透明な評価を行う観点から、研究開発局長の私的諮問機関として、外部有識者で構成する「地震及び火山噴火予知研究計画に関する外部評価委員会」を新たに設置し評価を行った。

評価に当たっては、科学技術・学術審議会測地学分科会にて取りまとめられた「レビュー報告書」並びに関係各機関から提出されたレビュー資料等を活用した。

また、「レビュー報告書」の取りまとめに当たった測地学分科会の地震部会及び火山部会の部会長等との意見交換の機会を確保することとした。

4. 評価の観点

「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」の評価の基本的考え方に基づき、外部評価（第三者評価）を実施した。特に留意した観点は以下のとおりである。

目標の達成度・・・「有効性」

（計画に沿って順調に進捗^{ちよく}しているか）

（情勢の変化等（国立大学の法人化等）に対して適切に対処できているか）

実施体制の妥当性・・・「効率性」

(実施機関・研究者間の連携が適切にとれていたか)

(研究テーマの重複がないように調整は図られているか)

学術的意義・・・・・・・・「必要性」

(独創性の高い内容になっているか)

(原著論文の発表は適切に行われているか)

社会的貢献・・・・・・・・「必要性」

(防災にどのように役立っているのか)

(今後の社会情報・社会経済の活性化への貢献が期待できるか)

(成果は当該分野や関連分野の研究者等への科学的・技術的波及効果が期待できるものか)

(情報発信・情報提供は適切に行われているか)

5．評価結果の取扱い

本評価結果については、科学技術・学術審議会測地学分科会で検討される次期計画の検討に当たり、適切に反映させることを目的とする。

なお、これらの評価経過や評価結果等については、ホームページ等を活用して広く公表することとする。

評価結果

1. 総 評

我が国は、世界有数の地震・火山大国であり、有史以来、数多くの地震災害や火山噴火災害に見舞われてきた。これらの災害から国民の生命・財産を守り、安全で安心な社会を実現し、「世界一安全な国、日本」を復活させることは、国の基本的な責務である。そのような中で、地震や火山噴火を理解し、適切な防災・減災対策につなげていくための研究に対する社会的な要請は極めて高い。

地震予知研究については、昭和40年から地震予知計画の下で推進され、「地震予知のための新たな観測研究計画（第1次）」までの間、地震の発生場所や繰り返し時間間隔に関する知見の習得など、数多くの成果を上げてきた。また、火山噴火予知研究についても、昭和49年から火山噴火予知計画の下で推進され、第6次までの間に観測体制は順次整備され、特定の火山では微細な前兆現象をほぼ確実に検出可能となるなど、多大な成果を上げてきた。現在、平成16年度から20年度までの5年間は、「地震予知のための新たな観測研究計画（第2次）」（以下「第2次新計画」という。）及び「第7次火山噴火予知計画」（以下「第7次計画」という。）に基づき、それぞれの研究が推進されており、今回そのレビュー報告書について外部評価を行った。

その結果、両計画は科学技術・学術的な意義の極めて高いものであること、また、これらの計画に基づいて行われている地震予知研究及び火山噴火予知研究は、関係機関において科学的・社会的ニーズ等を踏まえつつ、適切に行われていることを高く評価した。

一方で、幾つかの課題を指摘した。特に、若手研究者の確保も含めた人材養成への対応、観測研究の縮小が危惧されることから火山観測・監視体制の維持への対応などについては具体的な対策の検討が必要であること、また、地球規模での観測研究の推進の観点から国際共同研究が重要であること、社会とのかかわりを重視する上で予知研究の現状を国民や防災担当者に十分な説明を行い、計画の理解増進を図ることが重要であることなどを指摘した。

今後は、本報告書の評価結果を十分踏まえつつ、現行の計画を途切れさせることのないよう着実に引き継ぐため、次期の地震予知のための新たな観測研究計画及び火山噴火予知計画を策定していく必要がある。なお、その際には、地震活動と火山活動は密接に関連した現象であることから、両計画に基づく研究について一層の連携を図るとともに、次期計画が多大な研究成果を生み出し、社会に大きく貢献していくことを強く期待する。

2. 地震予知のための新たな観測研究計画（第2次）について

2.1. 現計画に対する評価

(1) 目標の達成度

「第2次新計画」では、前兆現象に依拠した経験的な地震予知の実用化ではなく、第1次新計画に引き続き、地震発生に至る地殻活動の理解、モデル化、モニタリングを統合したものとして、「総合予測システム」を構築し、「地震がいつ、どこで、どの程度の規模で発生するか」を定量的に予測することを長期的な目標としつつ、地震発生に至る地殻活動解明のための観測研究の推進、地殻活動の予測シミュレーションとモニタリングのための観測研究の推進、新たな観測・実験技術の開発、計画推進のための体制の整備、の四つの基本方針の下で、計画を推進することとしている。

地震先行現象の発見に重きを置いた観測研究から脱皮し、第2次新計画では地震発生モデルを立ててそれを検証するという方法論に沿って研究を進めてきたこと自体を評価するとともに、政府の地震調査研究推進本部（以下「推進本部」という。）の下で整備された日本独自の稠密な基盤観測網を活用することで、多くの成果が上がっており、おおむね目標に沿って着実に進められていると考える。

プレート境界地震については、これらの観測網と相補的に展開された臨時機動観測及び過去の地震の再解析に基づき、アスペリティモデルの有効性が検証されたことは高く評価できる。

内陸地震の発生機構については、地殻・マントル内の不均質な粘弾性・塑性変形に着目した地震発生モデルが構築されるなど、地震像の詳細が明らかになるとともに、震源域での高精度な構造調査が余震発生の原因を理解する上でも重要であることが示された。一方で、プレート境界地震と比べ、内陸地震の理解とモデル化の達成度には大きな差があり、今後の更なる発展が期待される。

新観測技術の開発については、海底測位システムは意欲的な計画であり、その努力及び進展は評価できる。今後、プレート境界でのすべりの精密な時空間変動をモニターできるよう、更なる取組に期待する。一方で、地下構造モニターシステムについては、一層の努力が求められる。

体制の整備については、データの公開・流通が、基盤観測網及びデータ公開・流通網の整備により可能となったことで、学術的な波及効果のみならず、教育・啓発にとっても重要な役割を果たしたことを高く評価する。一方、人材の育成について

は計画開始当時よりも後退した印象がある。今後、大学院教育を活性化するとともに若手研究者の活躍の場を設けるなど、具体的な対策を打ち出していく必要がある。

(2) 実施体制の妥当性

「地震予知のための観測研究の推進」は、推進本部が策定した「地震調査研究の推進について - 地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的施策 - (平成11年4月)」(以下「総合基本施策」という。)の一つとして位置づけられており、国の施策としてその重要性は強く認識されている。

科学技術・学術審議会測地学分科会では、地震部会の下に観測研究計画推進委員会を置き、大学や関係機関において、研究テーマの重複がないよう調整が図られている。また、大学間においては、地震予知研究協議会と火山噴火予知研究協議会が統合されたことにより、これまで独自に実施されてきた大学の地震予知と火山噴火予知に関する研究を統合的に進めるとともに、研究計画の策定等における相互連携を図るなど、実務的な実施体制としては適切であると考ええる。

一方、推進本部と第2次新計画との関係、大学と関係機関との連携協力体制、個々の研究組織の責任体制等について、より明確にしていくことが求められる。また、現在でも全国共同利用研究所である東京大学地震研究所を中心に共同研究が行われているが、より多くの研究者が参画できるような取組が期待される。

第2次新計画に関係する大学や関係機関間の連携・交流は図られているものの、活断層など他の関係プロジェクトとの連携が必ずしも十分ではないと考える。特に、アスペリティモデルの進展や、詳細な地下構造の解明に関する研究成果については、連携・協力を十分に図ることによって、推進本部が進めている地震動予測の向上に貢献できると考える。

(3) 学術的意義

プレート境界地震に関しては、相似地震のモニタリングによるプレート間滑りの推定、地震時の滑りと余効滑りの相補性、大きな地震のアスペリティ破壊様式の多様性、フィリピン海プレートの沈み込みに伴う低周波微動とゆっくり滑りの発見など、学術的に質の高い独創的な研究を生み出してきたと評価できる。

基盤的地震観測網の一つであるHi-net(防災科学技術研究所が全国に展開している高感度地震観測網)に用いられている高感度ボアホール地震観測方式など、過去の地震予知計画によって開発された日本独自の計測器を高密度に設置展開し、多数の異なる周期帯の時系列データを俯瞰的に見ることができ環境が、基盤的地震観

測網の整備により整ったことで、学術的にも価値の高い研究が生み出されたと考える。

沈み込み帯での大地震発生の理解については、かつて欧米、とりわけ米国の研究に圧倒されていたが、世界最高水準の観測網が設置されたことにより、地震発生機構の解明が進み、米国をものぐ成果が揃ってきたことは高く評価できる。また、国際誌などにおける日本の研究者の論文発表は活発であり、全体のレベルアップが図られたと評価できる。

(4) 社会的貢献

地震防災にどの程度役立っているかを考えるに当たっては、我が国全体の地震防災体制の中での役割分担を踏まえる必要があるが、第2次新計画は、推進本部地震調査委員会の評価に活用されるなど、我が国の地震防災に適切に役立てられていると評価できる。

大学や関係機関では、地震活動に関する情報提供や教育活動を積極的に実施している。特に、大きな地震が発生した際には、地震の概況と過去の履歴を早急に発信しており、評価できる。また、地震工学、耐震工学分野をはじめとして、関連分野の研究者等への科学的・技術的な波及効果が期待できる。

一方、第2次新計画の研究は、国民の間では、いまだ、地震発生直前に警報を出せるような精度で行う地震予知のための研究という期待がある。地震予知研究の現状から、直前予知は一定条件が整った場合にのみ可能と考えられる想定東海地震を除き、一般的には困難であることを丁寧に発信すべきである。

2.2. 今後の計画の在り方に関する意見・提言

(1) 地震予知のための研究の考え方

地震研究、とりわけ、発生機構の解明による予測研究は、日本列島に住む国民にとって極めて重要なものである。今後の研究の在り方については、斬新な発想を開拓するため、学協会等に自由な論議の場を設けてもらうなどの協力を求めるべきである。こうした論議の成果を基に、実現可能性、緊急性などを考慮して優先順位を付け、新たな計画を立案すべきである。

国立研究機関の独立行政法人化や国立大学の法人化により、第2次新計画の実施を担保する予算的な枠組みが変化している。国の研究資金の配分については、基盤的な経費は削減傾向にあり、逆に競争的資金が増加傾向にある。実現可能性が高い

目標を設定して、そのための資源を保証するための計画とするのか、あるいは広く
学術研究者に協力を求めるための計画とするのかを整理する必要がある。

プレート境界地震については、アスペリティそのものの実体、性質、変化を明らか
にすることが重要であり、当面、アスペリティモデルの構築と検証を一層推し進
め、定量的予知の可能性を追求すべきと考える。

日本列島全体で見た場合、内陸地震による被害が各地で出ていることから、内陸
地震についてもプレート境界のアスペリティモデルに対応する応力集中過程のモ
デル化の推進が望まれる。

プレート境界地震の予測のためには、海域での構造推定と地震・地殻変動観測が
最も重要と考えられる。海底地震観測による震源決定精度の向上、並びに海底測位
技術の向上に重点をおいた機器開発が強く望まれる。また、内陸地震研究を進展さ
せるため、空間分解能の飛躍的向上を目指した合成開口レーダー（SAR）等のリモ
ート新技術など、必要な研究や新技術について検討し、その研究開発を推進してい
くことが望まれる。

Hi-net 等の整備により多くの高精度の多点地震波形データが収集されるよう
になったが、短周期地震波形データを解析するのに既往の手法では十分とはいえない。
制御震源を用いた能動的測定方法の開発改良をも含め、他分野（特に、物理探査関
連の研究分野）との連携を図りつつ短周期波形の解析方法をさらに発展させること
が重要と考える。

これまでの研究から明らかになりつつある数十年周期でのアスペリティの繰り
返し活動から外れた地震（例：北海道・千島南部や日向灘から沖縄にかけての超巨
大地震、日本海側の沈み込み型の大地震）が発生しても、国民の信頼を落とすこと
のないよう成果発表及び計画推進には十分注意を払う必要がある。

海溝型の地震については、沈み込み帯の地震多発帯を有する国との国際共同研究
をさらに活発にし、定常的な共同観測研究を実施することが必要である。観測事例
を短期間に増やすことで再来間隔の長い大地震の発生機構に関する知識を向上さ
せることができ、地震予知研究自体にとっても有効と考える。

(2) 今後の実施体制の在り方

国立研究機関の独立行政法人化や国立大学の法人化により、予知研究をめぐる環
境は大きく変わった。特に大学の地震火山噴火予知研究計画事業は特別教育研究経
費として措置されているが、施設運営経費等も含めた予算は運営費交付金の内数で

あり、どの程度の研究費が投資されたのかが分かりにくい。地震予知計画に投じられている総予算と人員数を示し、予知研究の意義について理解を求めていくことが必要である。

大学の観測設備の老朽化については、大学の観測網が基盤観測網の重要な一部を構成していることを再認識し、現在の基盤観測の水準を維持するための必要な措置を講ずるべきと考える。

北大、東北大、名古屋大、九州大などでは、地震予知研究を担う部門は研究科に属する研究センターであり、研究のみならず教育への参加も求められている。このような状況を考慮し、地震予知研究を着実に推進できるような人員の安定確保について検討する必要がある。

長期的かつ継続的な研究の推進のためには、人材の養成・確保が重要な課題であり、特に研究者の高齢化への対応は深刻な問題である。このことから、地震学が若者から見て魅力ある研究分野となるよう、若手研究者の養成・確保を図っていくための具体的な方策について検討する必要がある。

近年、膨大な観測データを取り扱うことから、研究補助業務とも呼ぶべき作業に多くの若手研究者の時間が割かれており、今後は、解析業務を効率的に処理するための体制の充実・強化について検討する必要がある。

(3) 研究と社会とのかかわり

地震災害に対する社会の防災力・減災力を高める観点から、地震予知研究について、既知と未知の内容をしっかりと国民に示すことが必要である。我が国では、いつでもどこでもある程度の地震が発生する可能性があることを国民に対して十分に説明しつつ、成果については、マスコミや防災関係者と密接に連携して積極的に活用すべきである。

地方自治体の防災担当者に分かりやすく研究成果を発表する機会を設けるなど、地震予知の現状を防災担当者に理解してもらうことが重要である。また、国民に対する理解増進を図るため、情報発信・情報提供の際に、専門知識を持たない人でも研究や成果を理解できるように分かり易くする工夫が必要である。

3. 第7次火山噴火予知計画について

3.1. 現計画に対する評価

(1) 目標の達成度

「第7次計画」では、「長期的な噴火ポテンシャルの評価を行うとともに、火山活動の変化に際しては、観測データを物理化学モデルに基づいて定量的に評価し、噴火の場所、時期、規模、様式及び推移を予測する」ことを長期的な目標としつつ、火山観測研究の強化、火山噴火予知高度化のための基礎研究の推進、火山噴火予知体制の整備、の三つの基本方針の下で、計画を推進することとしている。

一部の特定の火山については、各種観測に基づき、火山体の地下構造やマグマ供給系が明らかになるとともに、マグマ移動のモデルが作成され時間的な推移を的確にとらえることができるようになったことは高く評価できる。また、少ない資源を効率的に用いて多くの成果が挙がっており、おおむね目標に沿って順調に進捗していると考えられる。

ただし、国立大学の法人化など情勢の変化に必ずしも対応できておらず、予算的な問題で予定された研究が実施できなかったことは、極めて憂慮すべき事態である。

特に大学では、近年、観測点が減少傾向にあるが、現在の火山噴火の監視体制は大学等からのデータ分岐に頼っていることから、大学の機器更新・定常点増設が進まないという状況にあることは、火山活動の監視の上でも問題であり、必要な予算措置等が求められる。また、後継となり得る研究者や技術者などの人材の養成及び確保する体制が十分ではなく、早急に対策を検討する必要がある。なお、これらの検討に当たっては、投入されている予算や人的資源の不足の現況、他の研究プロジェクトとの関連などについて十分な説明が必要である。

噴火活動時には、火山噴火予知連絡会の下で観測体制の戦略が練られるが、想定していなかった噴火活動へと展開していった際に、どのように観測・防災体制に変更すべきかといった戦略を示していくことが望まれる。

(2) 実施体制の妥当性

地震活動の基盤的調査観測網や地方公共団体等の観測網を有効利用することにより、地震観測網がない火山についてもある程度の火山性地震活動の監視が可能になったことは評価できる。また、大学間においては、火山噴火予知研究協議会と地震予知研究協議会が統合されたことにより、これまで独自に実施されてきた大学の

火山噴火予知と地震予知に関する研究を統合的に進めるとともに、研究計画の策定等における相互連携を図るなど、実務的な実施体制としては適切であると考える。

一方、監視体制が十分に整備されていない火山が多い。さらに、財政的な支援の問題、国立大学の法人化に伴う研究者や技術者の確保の問題等により、これまでの監視体制や機能が維持できなくなるおそれがあることから、安定した実施体制を確立する必要があると考える。

研究テーマに重複はないが、異なる機関や異なる手法、そして異なる火山の成果をどのように総合化し、個々の火山の構造と活動の全体的理解（モデル作成）及び火山現象の共通理解に生かしていくかといった研究交流の促進について検討が必要である。

(3) 学術的意義

富士山の火山体構造とその活動史の解明、浅間山2004年噴火に関するマグマ供給系の把握は、学術的に高く評価できる。また、地殻中・深部にマグマと思われるものを検出し、今後、この深さから浅部にわたるダイナミクスを解明することによって、噴火予知だけでなく、火山学の発展に大きく寄与できると期待される。

また、桜島に関しては、地球物理学的（特に地震学的・測地学的）な研究に多くの進展が見られるが、他の地球物理的結果あるいは地球化学的結果も含め、より総合的なモデルを目指すことが期待される。

テレメータ観測が行われている火山では、不意に大きな噴火に見舞われることはほとんどなく、観測の継続によって、活動傾向の的確な予測ができるようになってきた。一方で、三宅島噴火の場合のように、予測が必ずしも原因の解明に基づいているわけではなく、現象的判断に留まっている現状もあり、噴火推移も含めた火山噴火予知には至っていない。

火山学の研究者によって編纂^{さん}された「火山性地震・微動に関するデータベース」の刊行は、学術的にも貴重である。火山現象とはどのようなものであるか、どのような形をとって現れるかといったことを、地方自治体の防災担当者等に伝える上でも重要な情報源として考えられ、学術的意義のみならず社会的貢献の視点からも高く評価できる。

多様な国際誌に論文が掲載されるなど、原著論文の発表は適切に行われていると考えられるが、例えば、集中総合観測等については、より一層の成果発信が望まれる。

(4) 社会的貢献

噴火情報・避難情報の発信やその後の対応が適切に行われ、社会的にも高く評価された事例が多く見られるなど、研究成果は、防災に極めて大きな貢献をしていると考える。

火山防災という実学的側面を持った成果が出ており、その重要性の社会への発信を一層進めていくことが望まれる。また、人口の多い本土の火山のみならず、離島や海底火山といった人口過疎地、あるいは無人地域も、漁業や交通など国民生活に大きな影響を及ぼす可能性がある。この点についても、研究の社会貢献を積極的に広報していくことが必要である。

火山の熱水系の重要性が認識され、多くの火山地下で確認されるようになっていく。これらは、噴火予知、火山そのものの理解に寄与するだけでなく、地熱エネルギーの利用進展等への波及効果が期待される。

3.2. 今後の計画の在り方に関する意見・提言

(1) 今後の観測・監視体制の在り方

火山研究の人材、資源が置かれた状況は極めて深刻であり、これまで有効な手立てを講じてこられなかった学協会並びに行政機関は、この事態を深刻に受け止めるべきである。火山噴火予知研究は、今後も着実に進めていかねばならないが、同時に、研究資源の配分などで抜本的な対策が必要と考える。

例えば、地震調査研究推進本部のように、噴火予知研究の方針・総予算・実行計画を統括する組織を設けることが望まれる。厳しい予算・人員削減の中で、これまで構築された多数の観測点や観測項目を現状のまま維持していくことは、困難と考えられることから、噴火中でない火山に対して観測点数の見直し等を検討する一方、活動の兆候が見えた火山については、研究資源を集中的に投資するなど、必要な体制を検討することが求められる。

長期にわたる基盤的な観測と、卓越した異なる観測技術を持つ複数のグループによる複数の火山を対象とした機動的観測を組み合わせるような方法を検討すべきである。また、地震のように、長期にわたる基盤的な観測データを共有する仕組みをつくることも重要と考える。

国立研究機関の独立行政法人化や国立大学の法人化により、予知研究をめぐる環境は大きく変わった。特に大学の地震火山噴火予知研究計画事業は特別教育研究経費として措置されているが、施設運営経費等も含めた予算は運営費交付金の内数であり、どの程度の研究費が投資されたのかが分かりにくい。火山噴火予知計画に投じられている総予算と人員数を示し、予知研究の意義について理解を求めていくことが必要である。

大学等の観測データは気象庁の火山情報の発信に大きく貢献しているが、今後は観測施設の維持が困難な状況が考えられることから、業務観測を担う気象庁の努力を促す計画とするとともに、計画自体がその実現の必要性を訴えるものにするのが望ましい。また、いつまでに、どの火山について、どこまで明らかにする、というようなタイムスケジュールを示していくことも重要である。

(2) 火山噴火予知研究の考え方

マグマの動きや噴火の推移を的確にとらえることに成功しつつあり、マグマの浅所での移動や変化、噴火の機構解明につながる基礎データが充実してきているが、観測網の整った火山が限られていること、経験則や火山個別の事情に依存し、どのような噴火がいつどの程度の規模で起こるのかを予測するための物理機構や場の理解が遅れていることなどの問題もある。

将来的に物理モデルの構築を志向することは必要であるが、当面、多くの前兆的变化を検出することを目指し、経験的な活動予測を目指すことが必要である。また、「すべての活動的火山の活動度を定量的に把握する」という目標に到達するには時間が必要だと考える。

火山観測に特化した機器開発やそれをを用いた機動的な観測に基づくマグマ供給系の解明、マグマの上昇と爆発（発泡）現象の解明などの基礎研究の推進が必要である。また、今後の火山研究の推進に当たっては、幅広い防災分野との連携や研究者の育成、社会への発信が望まれる。

(3) 研究と社会とのかかわり

近い将来に火山活動が活発化する可能性や巨大噴火が起こる可能性に関すること、また、防災関係者と密接な連携によりこれらの噴火で引き起こされる被害の程度などについて、具体的なデータを示して社会に対して説明する必要がある。

国立大学の財政状況等により今後の観測・監視体制の維持が困難な状況が予想されること、これまでも108の活火山のうち常時監視されているのは40火山以下

に過ぎないこと、火山噴火は限られた地域に被害を与えるだけでなく異常気象などの地球規模の問題にもつながること、などを社会に対して周知していく必要がある。

火山に関しては、所在地域や隣接地域でないと火山噴火についての危険が認識されていない場合があり、火山噴火の対応策を伝えるアドバイザーのような人員や講演会の機会も少ない。発災時を具体的にイメージできることが防災対策に有効であることから、土石流、溶岩の流出、火山ガスの放出による被害や降灰による生活への影響等について、防災関係者と密接に連携しつつ、国民に対する理解増進を図っていくことが望まれる。

火山噴火予知研究の成果の普及に当たっては、地元の教育現場や火山に関連のある市民グループなど、幅広い層からの協力を得ることによって、地域社会の火山に対する興味や理解、噴火予知に対する理解を深めていくことが望まれる。

【参 考 资 料】

地震及び火山噴火予知研究計画に関する外部評価委員会について

平成 19 年 3 月 9 日
研究開発局長決定

1 趣 旨

科学技術・学術審議会の建議で策定された「地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)」及び「第7次火山噴火予知計画」に係る観測研究の実施状況、成果並びに進捗状況等について外部の有識者による評価を行い、次期計画に向けて「今後の計画の在り方」に関する意見・提言を行う。

2 評価対象

「地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)」
「第7次火山噴火予知計画」

3 評価実施方法

- (1) 別紙の有識者の協力を得て評価を行う。
- (2) 科学技術・学術審議会測地学分科会にて取りまとめられた「レビュー報告書」及びレビューを行うに当たって関係各機関から提出されたレビュー資料等を活用する。
- (3) 地震及び火山部会の部会長等との意見交換の機会を確保する。
- (4) 評価に当たっては、必要に応じ別紙以外の者の協力を得ることができる。

4 評価の観点

評価に当たっては、以下の観点から評価を行う。
「必要性」...科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、国費を用いた研究開発としての妥当性等
「有効性」...目標の達成度、波及効果の内容、人材の養成等
「効率性」...計画・実施体制の妥当性等

5 実施期間

平成 19 年 3 月から 3 か月程度とする。

6 庶 務

本委員会の庶務は、研究開発局地震・防災研究課において処理する。

地震及び火山噴火予知研究計画に関する外部評価委員会 構成員

主査	木村 孟	(独)大学評価・学位授与機構長
	井川 陽次郎	読売新聞東京本社論説委員
	岩森 光	東京大学大学院理学系研究科准教授
	江原 幸雄	九州大学大学院工学研究院教授
	国崎 信江	危機管理アドバイザー
	小林 佐登志	静岡県防災局長
	佐藤 春夫	東北大学大学院理学研究科教授
	重川 希志依	富士常葉大学環境防災学部教授
	下田 隆二	東京工業大学統合研究院イノベーションシステム研究センター長
	杉 憲子	共立女子大学家政学部准教授
	福和 伸夫	名古屋大学大学院環境学研究科教授
	蓬田 清	北海道大学大学院理学研究院教授

地震及び火山噴火予知計画に関する外部評価委員会 審議経過

第 1 回外部評価委員会 平成 19 年 4 月 10 日(火) 14:30 - 17:30

- ・ 評価方法、評価事項等を決定
- ・ レビュー報告(概要)について、測地学分科会委員より説明聴取、質疑応答

第 1 回目以降の作業

- ・ 第 1 回外部評価委員会の説明を踏まえ、評価委員からの意見を集約

第 2 回外部評価委員会 平成 19 年 4 月 26 日(木) 13:30 - 16:30

- ・ 評価委員からの意見書に基づき、測地学分科会委員と質疑応答及び討議

第 2 回以降の作業

- ・ 第 2 回外部評価委員会の議論を踏まえ、事務局にて外部評価報告書(たたき台)を作成し、各委員に意見照会
- ・ 各委員から提出された意見を基に、修正した外部評価報告書(案)を第 3 回外部評価委員会に提出

第 3 回外部評価委員会 平成 19 年 6 月 14 日(木) 15:00 - 17:00

- ・ 外部評価報告書の取りまとめ

地震及び火山噴火予知計画に関する外部評価委員会(第1回) 平成19年4月10日

地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)の 実施状況等のレビューについて(報告)【概要】

(科学技術・学術審議会 測地学分科会)

(平成19年1月15日)

レビューの背景

- ★ 我が国の地震予知に関する観測研究は、平成15年7月に科学技術・学術審議会が建議した「地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)」(平成16～20年度)により推進。
- ★ 20年度に終了することから、次期計画策定に向けて現計画の実施状況、成果及び今後の課題についてレビューを実施。

1

地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)の概要

地震予知計画(第1～7次)(昭和40年度～平成10年度)

基本観測網の整備により地震の長期予知を行い、地震の差し迫っている地域において直前予知を捉える

「地震予知のための新たな観測研究計画」(平成11～15年度)

地震発生に至る全過程の理解により、その最終段階で発現する現象を理解し、信頼性の高い地震発生予測を目指す

地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)の基本的方針

1. 地震発生に至る地殻活動を解明するための総合的観測研究
2. 地殻活動予測シミュレーションモデルの構築及び地殻活動モニタリングシステムの高度化
3. 地殻現象を高精度で検出するための新たな観測・実験技術の開発研究
4. 各大学や関係機関が、密接な協力・連携の下に計画全体を組織的に推進する体制の整備



海底地震観測



2004年新潟県中越地震の余震観測

実施内容(平成16～20年度)

1. 地震発生に至る地殻活動解明のための観測研究の推進

- (1) 日本列島及び周辺域の長期広域地殻活動
- (2) 地震発生に至る準備・直前過程における地殻活動
- (3) 地震破壊過程と強震動
- (4) 地震発生の素過程

2. 地殻活動の予測シミュレーションとモニタリングのための観測研究の推進

- (1) 地殻活動予測シミュレーションモデルの構築
- (2) 地殻活動モニタリングシステムの高度化
- (3) 地殻活動情報総合データベースの開発

3. 新たな観測・実験技術の開発

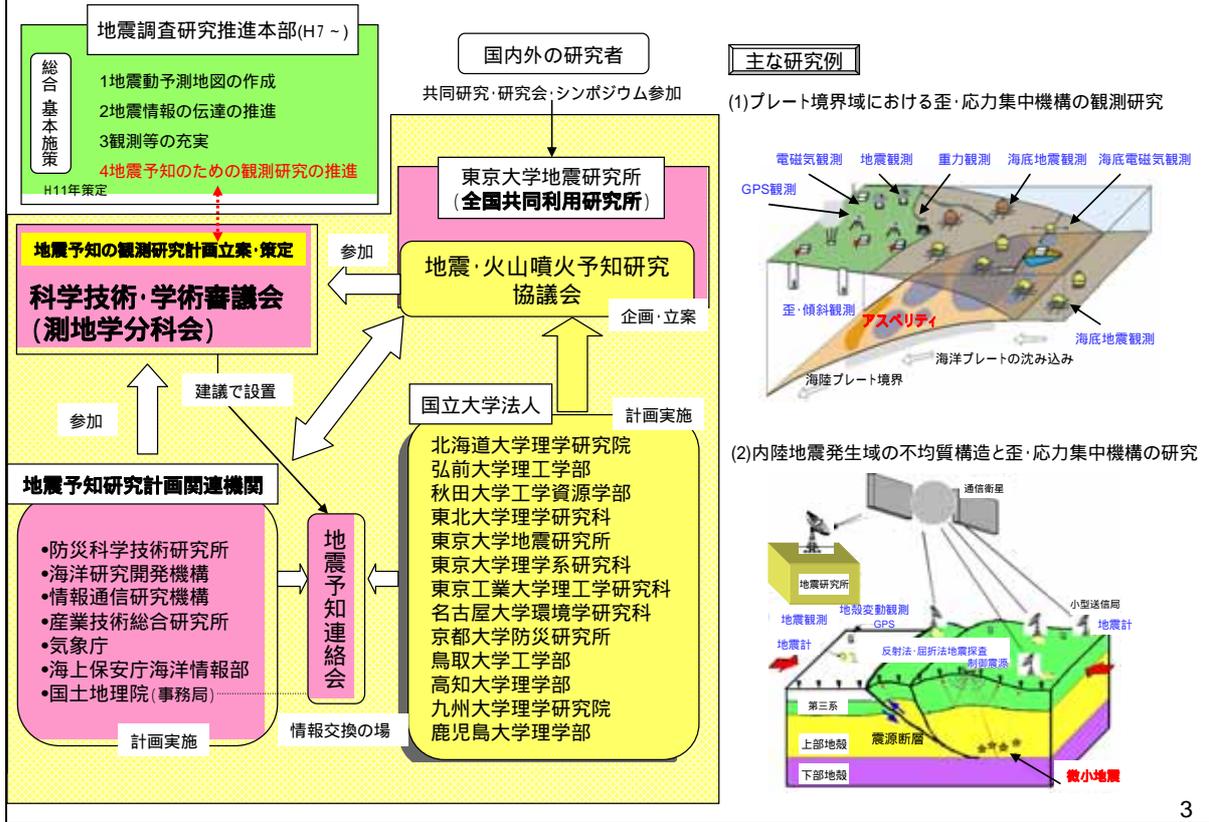
- (1) 海底諸観測技術の開発と高度化
- (2) ボアホールによる地下深部計測技術の開発と高度化
- (3) 地下構造と状態変化をモニターするための技術の開発と高度化
- (4) 宇宙技術等の利用の高度化

4. 計画推進のための体制の整備

- (1) 計画を一層効果的に推進する体制の整備(全国共同利用研究所の機能充実等)
- (2) 地震調査研究推進本部との役割分担
- (3) 情報交換等の場としての地震予知連絡会の充実
- (4) 人材の養成と確保
- (5) 火山噴火予知研究等との連携
- (6) 国際協力の推進
- (7) 研究成果の社会への効果的伝達

2

地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)実施の体制



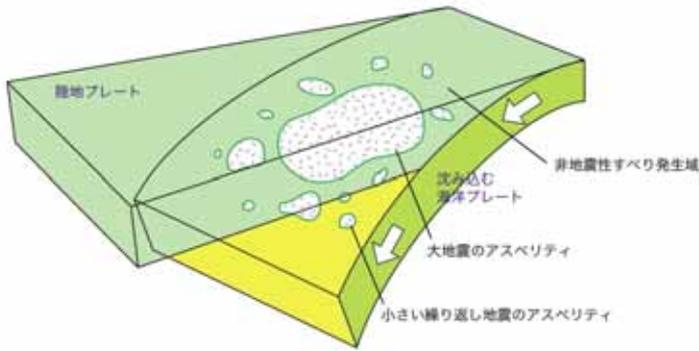
3

成果のポイント 研究成果

- (1) 2003年十勝沖地震や2005年宮城県沖の地震等に関して、GPSやゆっくり滑りのモニタリングにより、第1次新計画で提唱されたアスペリティモデルの有効性の検証が進展。地震発生 of 長期評価に貢献。
- (2) 現実的な摩擦・破壊構成則とプレート境界面形状を考慮した巨大地震発生サイクルの特徴を再現するシミュレーションモデルが実現。
- (3) 東海から西南日本にかけての沈み込みフィリピン海プレート深部境界での短期的ゆっくり滑りと低周波微動・地震の同時発生を発見。
- (4) 地殻・マントル内の不均質な粘弾性・塑性変形により広域応力が震源断層へ集中する地震発生モデルを構築。

4

アスペリティモデルの検証と
地震発生の長期評価への貢献



アスペリティモデル
沈み込む海洋プレートと陸側プレート
の境界面の模式図

第1次新計画によって提唱され、本計画で検証された

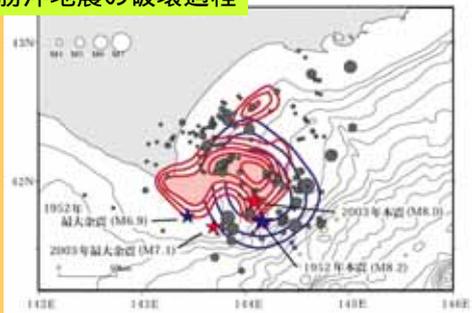
プレート境界地震

- 発生機構が理解された
- プレート境界では、通常は「アスペリティ」で固着し、その他の部分では、定常的に滑っている。
- 定常滑りによって、アスペリティに応力が集中し、
- 地震時には、アスペリティが破壊することによって、地震が発生する

5

アスペリティモデルの検証と
地震発生の長期評価への貢献

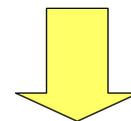
十勝沖地震の破壊過程



- 2003年と1952年の十勝沖地震の滑り量分布の比較
- 1952年十勝沖地震(M8.2: 青のコンター)と2003年十勝沖地震(M8.0: 赤のコンター)の滑り量分布
- 同じ場所が滑った地震であり、地震の長期評価で想定された地震であった。

プレート境界地震

- 地震発生の場所は、アスペリティのあるところ
- 地震の大きさは、アスペリティの大きさ

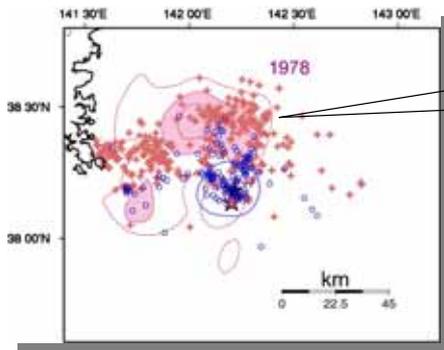


地震発生の位置と規模
の予測

6

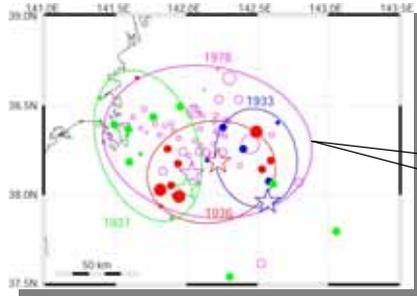
宮城県沖の地震の破壊過程

アスペリティの連動性



1978宮城県沖地震(M7.4)と2005年8月の地震(M7.2)の震源域

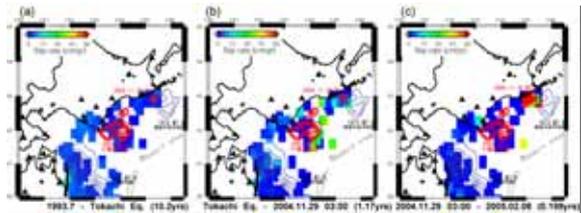
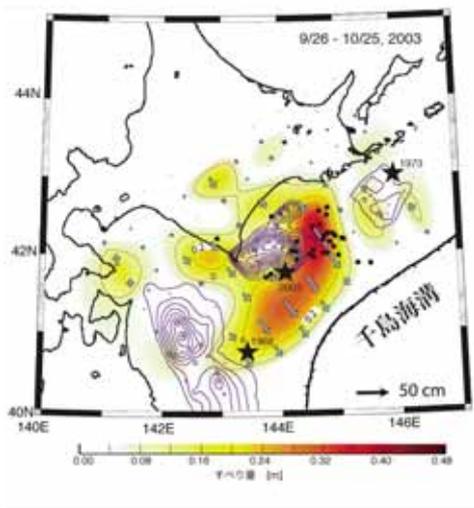
- 宮城県沖地震の震源域は3つのアスペリティから成り立っている
- 1978年はその3つが同時に破壊
- 1930年代は1つずつ破壊した。2005年の地震は3つのうち1つが破壊したものであることが分かる。



1978年宮城県沖地震と1930年代の地震の余震分布の比較

ゆっくり滑りの検出

「固着と滑り」以外の「非定常的すべり」



相似地震によるプレート間滑りのモニタリング
プレート境界で発生する相似地震を利用すると、プレート境界でのゆっくりとした滑りをモニターできる。図は(a)2003年十勝沖地震以前、(b)2003年十勝沖地震以後から2004年釧路沖地震まで、(c)釧路沖以降の滑り分布を表す。暖色系の場所は滑り速度の大きい場所。

地震時の滑りと余効滑りの相補性

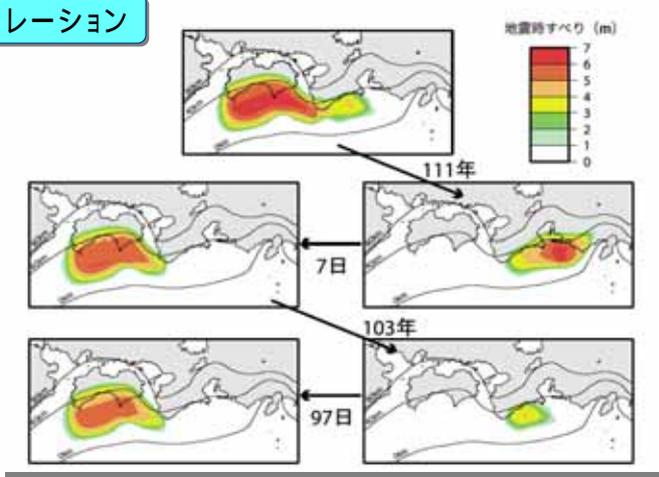
2003年十勝沖地震(M8.0)の滑り量(紫線)と余効滑り(カラー)、1968年十勝沖地震(M7.9)と1973根室沖地震(M7.4)の滑り量分布も示す。地震時の滑りと余効滑りの領域は重ならない。

GPS(測地観測)と地震活動の観測による「ゆっくり滑り」の検出

地震発生確率の高い地域における観測強化

地震予知のための新たな観測研究計画(第2次) 主要な成果(2)

巨大地震発生サイクルの数値シミュレーション

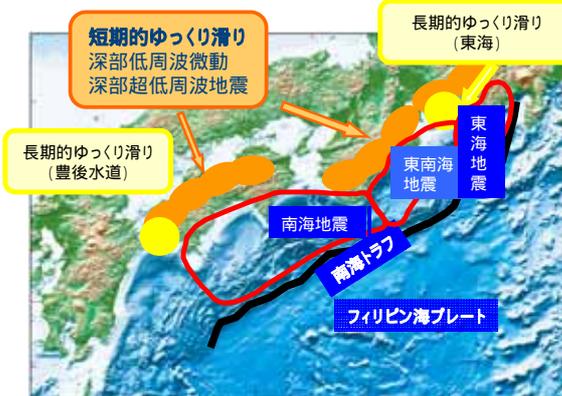


数値シミュレーションによる地震発生サイクルの特徴の再現
西南日本のプレート境界地震発生サイクルシミュレーション結果。連続する5つの大地震の滑り領域や滑り量は毎回異なり、東南海地震の数日から数十日後に南海地震が発生する場合が多い。

(物理モデルに基づく)数値モデルによって、アスペリティーの連動破壊を再現: 予測は将来の課題

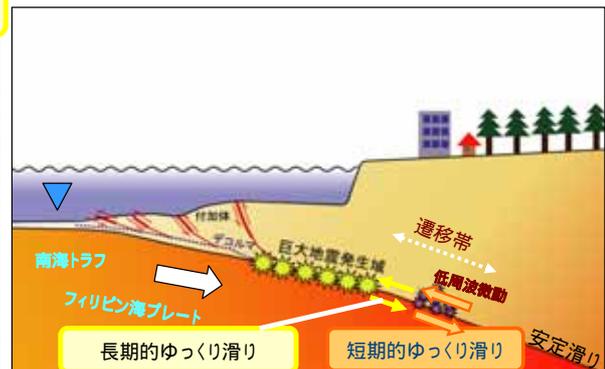
地震予知のための新たな観測研究計画(第2次) 主要な成果(3)

低周波微動・地震とゆっくり滑り



長期的ゆっくり滑り、短期的ゆっくり滑りと低周波地震・微動の分布
長期的ゆっくり滑り発生域(黄色)と短期的ゆっくり滑り及び低周波微動・地震の発生域(オレンジ色)。非定期的ゆっくり滑りが地震発生域よりも深部で発生している。

滑りの多様性: モニタリングの可能性

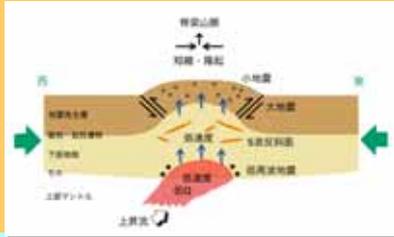


地震発生域と低周波地震・微動およびゆっくり滑りの位置関係
低周波地震・微動やゆっくり滑りの発生域はプレート境界面上で発生していると考えられる。普段固着している地震発生域と、定期的なゆっくり滑り(安定滑り)が発生している領域との間の遷移帯で発生している。

カナダの西海岸やアラスカでも類似の現象が見つかり、沈み込み帯のプレート間固着と滑りに関する世界の研究を先導

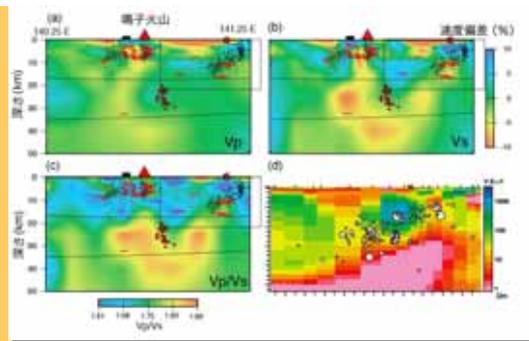
地震予知のための新たな観測研究計画(第2次) 主要な成果(4)

内陸における地震発生モデル



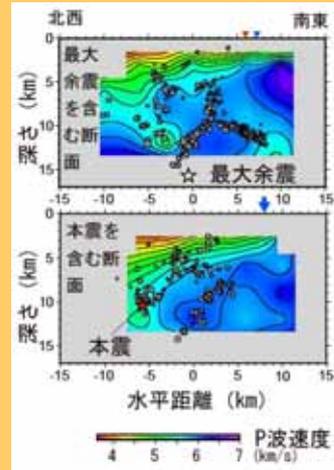
内陸地震発生機構モデルと地殻の変形様式

地下深部から高温の流体が上ってきている領域では、地殻上部の固い部分が薄くなり、ここに力が集中して地震が発生しやすくなる。



内陸地震発生領域の地下構造

(a)(b)(c)は地震波速度構造。(a)はP波速度構造偏差、(b)はS波速度構造偏差、(c)はP波とS波速度の比で、暖色系は値の大きい領域、(d)は比抵抗構造で、暖色系は比抵抗の小さな領域。



新潟県中越地震の震源分布と地下構造との関係

断面図(下)から、本震の断層面が、P波速度が5kmから6kmに変わる(緑-空色)面上にあることが分かる。

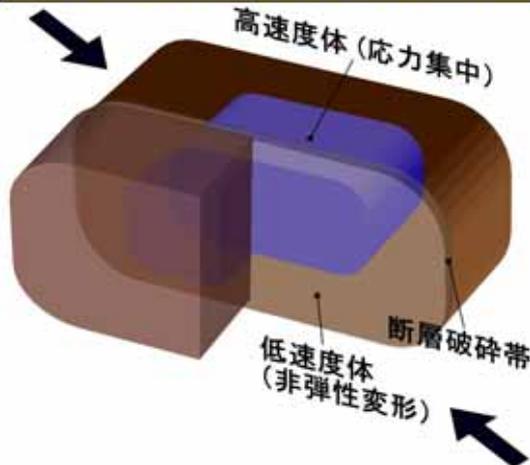
断面図(上)から、最大余震の断層面は、P波速度が6kmから6.5kmに変わる(空色-青色)面上にあることがわかる。

活発な余震活動は構造の不均質が原因である可能性がある。

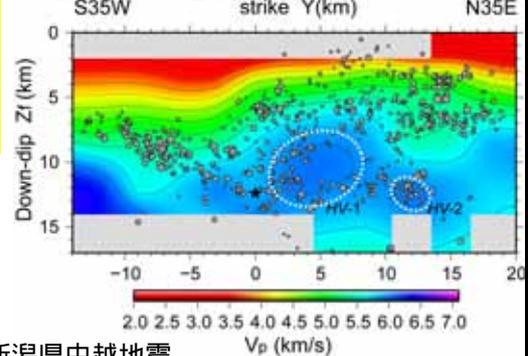
地震発生に至る地殻活動解明のための観測研究の推進
地震発生に至る準備・直前過程における地殻活動

- ・本震震源よりも北東浅部に高速度域が存在
- ・高速度体を取り囲むように余震が分布
- ・高速度体は、アスペリティ・高応力降下量域に概ね一致

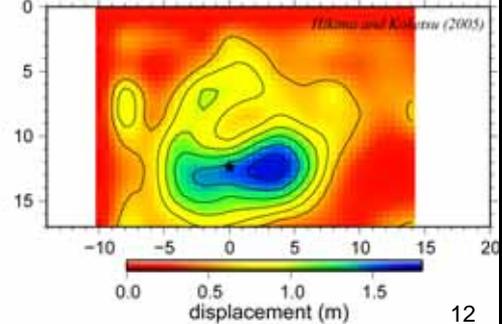
内陸地震のアスペリティモデルー仮説



断層面上の地震波速度と滑り分布



2004年新潟県中越地震



現段階における予知研究の到達度「目標の達成度」

- (1) プレート境界で発生する大地震の地震像と発生予測のための知見が蓄積。
- (2) (プレート境界地震)地震予知の3要素のうち、位置と規模の予測について一定の見直しが得られた。
- (3) 内陸地震については、その発生機構のモデル化を開始した段階。

13

実施体制

大学及び関係機関がそれぞれの役割を分担しつつ、協力・連携

- ★ 測地学分科会地震部会の下に観測研究計画推進委員会
 - (1) 計画の進捗状況の把握、
 - (2) 計画の達成度の評価、
 - (3) 計画の実施に関する問題点と今後の課題の整理、
 - (4) 各機関の実行計画に関する情報交換及び協力・連携方策の検討
- ★ 大学の地震・火山噴火予知研究協議会
- ★ 地震予知連絡会：情報・学術的な意見交換

14

推進本部の施策の中での位置付け

- ★ 国として地震防災対策に必要な地震調査研究は、推進本部が一元的に実施
- ★ 「地震予知のための観測研究」が地震防災に必要な地震調査研究の中に位置付けられている(当面推進すべき4つの課題の1つ)

15

学術的意義

4-1 観測研究の学術研究としての側面

- ★ 計画の**立案**: 研究者の自由な発想に基づいて議論(ボトムアップ型)
- ★ 計画の**策定と実施**: 測地学分科会によってまとめ、観測研究計画推進委員会が進捗管理(トップダウン型)
- ★ 今後とも、推進本部が進める地震調査研究(トップダウン)と調和を図りつつ、学術研究(ボトムアップ)としても組織的かつ継続的に実施する

16

学術的意義

4-2 成果の関連学界への貢献

- ★ アスペリティモデル: プレートの沈み込み等に関する研究に大きな影響
- ★ 古い地震の記録の再解析等に基づくデータベースの整備
- ★ 地殻・マントルの構造や変形に関する知見: 日本列島の形成過程やプレートの動態に関する研究に基本的な知識を提供
- ★ 低周波微動と非定常的ゆっくり滑り: 世界に先駆けて発見
- ★ 地震発生の物理、岩石力学分野の進展に寄与
- ★ 強震動の生成に関する研究: 強震動予測の研究に寄与

地球惑星科学関連の複数の学会の各種の賞や科学技術分野の文部科学大臣表彰

17

成果の社会への貢献

学術研究としての観測研究の成果が、地震防災対策のための政策・行政施策の立案に貢献

- ★ 推進本部地震調査委員会の評価に関して 学術的観点から貢献 (例: 2003年十勝沖地震、2005年宮城県沖地震)
- ★ 推進本部政策委員会の調査観測計画の策定に寄与
- ★ 地震防災対策強化地域判定会委員打ち合わせ会での審議に貢献し、東海地震予測精度の向上に寄与している (長期的・短期的ゆっくり滑り、深部低周波微動・地震の解釈)
- ★ 中央防災会議の各専門調査会等の審議や、自治体の防災対策策定に貢献

18

今後の課題

- ★ (プレート境界)地震発生直前過程の解明のため
 - ◆ 地震発生確率の高い地域における観測の充実・強化
 - ◆ ゆっくり滑りのモニタリング技術の開発
- ★ 総合的地震発生予測システム構築のため
 - ◆ 予測シミュレーションの開発
 - ◆ 実時間観測データと過去の蓄積データの統合システムの開発
- ★ 内陸地震の発生機構
 - ◆ 歪集中帯の成因の解明と定量的なモデル化

19

(参考資料4 図の出典)

- ★ p.5
Igarashi, T., T. Matsuzawa, and A. Hasegawa, Repeating earthquakes and interplate aseismic slip in the northeastern Japan subduction zone, *J. Geophys. Res.*, 108, 10.1029/2002JB001920, 2003 のFig. 6を改変
- ★ p.6
Yamanaka, Y., and M. Kikuchi, Source process of the recurrent Tokachi-oki earthquake on September 26, 2003, inferred from teleseismic body waves, *Earth Planets Space*, 55, e21-e24, 2003 のFig. 1(B)を改変
- ★ p.7 上
Okada, T., T. Yaginuma, N. Umino, T. Kono, T. Matsuzawa, S. Kita, and A. Hasegawa, The 2005 M7.2 Miyagi-oki earthquake, NE Japan: Possible rerupturing of one of asperities that caused the previous M7.4 earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 32, doi:10.1029/2005GL024613, 2005 のFig. 3(b)を改変
- ★ p.7 下
Umino, N., T. Kono, T. Okada, J. Nakajima, T. Matsuzawa, N. Uchida, A. Hasegawa, Y. Tamura, and G. Aoki, Revisiting the three M-7 Miyagi-oki earthquakes in the 1930s: possible seismogenic slip on asperities that were re-ruptured during the 1978 M=7.4 Miyagi-oki earthquake, *Earth Planets Space*, 58, 1587-1592, 2006 のFig. 7を改変
- ★ p.8 左
Miyazaki, S., P. Segall, J. Fukuda, and T. Kato, Space time distribution of afterslip following the 2003 Tokachi-oki earthquake: Implications for variations in fault zone frictional properties, 2004, *Geophys. Res. Lett.*, 31, doi:10.1029/2003GL019410 のFig. 4を改変
- ★ p.8 右
Uchida, N., T. Matsuzawa, S. Hirahara, T. Igarashi, M. Kasahara, and A. Hasegawa, Quasi-static slips around the source areas of the 2003 Tokachi-oki (M8.0) and 2005 Miyagi-oki (M7.2) earthquakes, Japan estimated from small repeating earthquakes, *American Geophys. Union, 2005 Fall Meeting, San Francisco, California, December, 2005* による
- ★ p.9
Kodaira S., T. Hori, A. Ito, S. Miura, G. Fujie, J.-O. Park, T. Baba, H. Sakaguchi, and Y. Kaneda, A cause of rupture segmentation and synchronization in the Nankai trough revealed by seismic imaging and numerical simulation, *J. Geophys. Res.*, 111, doi:10.1029/2005JB004030, 2006 のFig. 14を改変
- ★ p.10 左
Obata, K., and Hirose, H., Non-volcanic deep low-frequency tremors accompanying slow slips in the southwest Japan subduction zone, *Tectonophysics*, 417, 33-51, 2006 のFig. 18 を改変
- ★ p.10 右
小原一成, プレート境界で発生するゆっくり地震群, *サイスモ*, 126号, 2-3, 2007 より
- ★ p.11 左上
Hasegawa, A., J. Nakajima, N. Umino, and S. Miura, Deep structure of the northeastern Japan arc and its implications for crustal deformation and shallow seismic activity, *Tectonophysics*, 403, 59-75, 2005 のFig. 11(a)を改変
- ★ p.11 左下
Nakajima J., and A. Hasegawa, Tomographic imaging of seismic velocity structure in and around the Onikobe volcanic area, northeastern Japan: Implications for fluid distribution, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 127, 1-18, 2003 のFig. 9を改変
- ★ p.11 右
Kato A., E. Kurahimo, N. Hirata, S. Sakai, T. Iwasaki, and T. Kanazawa, Imaging the source region of the 2004 mid-Niigata prefecture earthquake and the evolution of a seismogenic thrust-related fold, *Geophys. Res. Lett.*, 32, doi:10.1029/2005GL023366, 2005 のFig. 2を改変
- ★ p.12 左
加藤愛太郎(東京大学地震研究所)原図
- ★ p.12 右上
加藤愛太郎(東京大学地震研究所)原図
- ★ p.12 右下
Hikima, K., and K. Koketsu, Rupture processes of the 2004 Chuetsu (mid-Niigata prefecture) earthquake, Japan: A series of events in a complex fault system, *Geophys. Res. Lett.*, 32, doi:10.1029/2005GL023588, 2005 の結果に基づき作図

20

第7次火山噴火予知計画の 実施状況等のレビューについて

レビューの背景

我が国の火山噴火予知に関する研究は、科学技術・学術審議会が建議した「第7次火山噴火予知計画」(平成16～20年度)により推進

20年度に終了することから、次期計画策定に向けて現計画の実施状況、成果及び今後の課題についてレビューを実施

地震及び火山噴火予知計画に関する外部評価委員会 (平成19年4月10日)

1

当初計画の骨子(現在まで引継がれる)

- ・火山活動の様相は各火山のマグマの性質によって異なり、時間とともに複雑性をもつが、この地下の**マグマの動きを各種観測等により探知**することが火山噴火予知につながる
 - ・火山噴火予知の1日も早い実用化をはかるためには、火山学全般の**基礎研究の充実**を図ると同時に、その成果を実際の業務に取り入れるよう、**大学と気象庁の連携**を緊密にする
- (1)火山観測体制の拡充強化
 - (2)予知手法等の開発、基礎研究等の推進
 - (3)火山噴火予知体制の強化

1974年火山噴火予知連絡会設置

2

第1～3次計画(1974～1988年度)

－観測研究の基盤と体制の整備－

計画の一部見直し(1975年建議)

・観測所の新設(有珠山):噴火の切迫性 1977年噴火

・**集中総合観測**(年2火山):伊豆大島と桜島での成果

第2次計画(1978年建議)

・火山観測の**広域化**

・国土地理院、地質調査所が参加(**基礎資料整備**)

第3次計画(1983年建議)

・活火山を3つに分類し観測研究の**重点化**

・伊豆大島観測所設置 1986年噴火

・**予知手法の多項目化**(地球化学、電磁気)と**データの良質化**
(観測坑道、観測井) 噴火の前兆地殻変動(桜島、十勝岳)、電気比抵抗・地磁気変化(伊豆大島)の捕捉

3

第4～6次計画(1989～2003年度)

第4次計画(1988年建議)

・**火山体構造探査**と集中総合観測(各1火山)

・**国際協力による比較研究**(JICA研修コース等)

・多項目観測による活動の推移把握(雲仙普賢岳)

第5次計画(1993年建議)

・火山の構造把握と噴火機構研究

・長期予測

第6次計画(1998年建議)

・予知の長期目標(3つの段階)と噴火予知の高度化

経験則に基づく噴火の予測:2000年三宅島、有珠山

・観測の目的と機関の任務(監視観測と実験観測)

・自然地震観測データ等を用いた**火山の深部構造**の解明

・**噴火ポテンシャル評価**

・火山情報の改良(**火山活動のレベル化**:現在12火山)

4

第7次火山噴火予知計画の概要

火山噴火予知計画（第1～6次）（昭和49年度～平成15年度）

火山の構造を把握し、前兆現象や噴火機構など火山活動の理解の進展を図ることにより、噴火の時期、規模、様式を予知し、噴火後の推移予測を目指す



2004年9月16日浅間山噴火

第7次火山噴火予知計画の基本的方針

1. 監視観測や常時観測体制を、火山の活動度や防災の観点から順次強化整備
2. 噴火機構の理解や噴火ポテンシャル評価の定量化を図るために、基礎研究を幅広く推進
3. 関係機関の連携強化・関連観測データの一層の有効活用



2000年10月18日三宅島火口と噴煙

実施内容（平成16～20年度）

1. 火山観測研究の強化

- (1) 火山活動を把握するための観測の強化
- (2) 実験観測の推進
 - ・集中総合観測
 - ・火山体構造探査

2. 火山噴火予知高度化のための基礎研究の推進

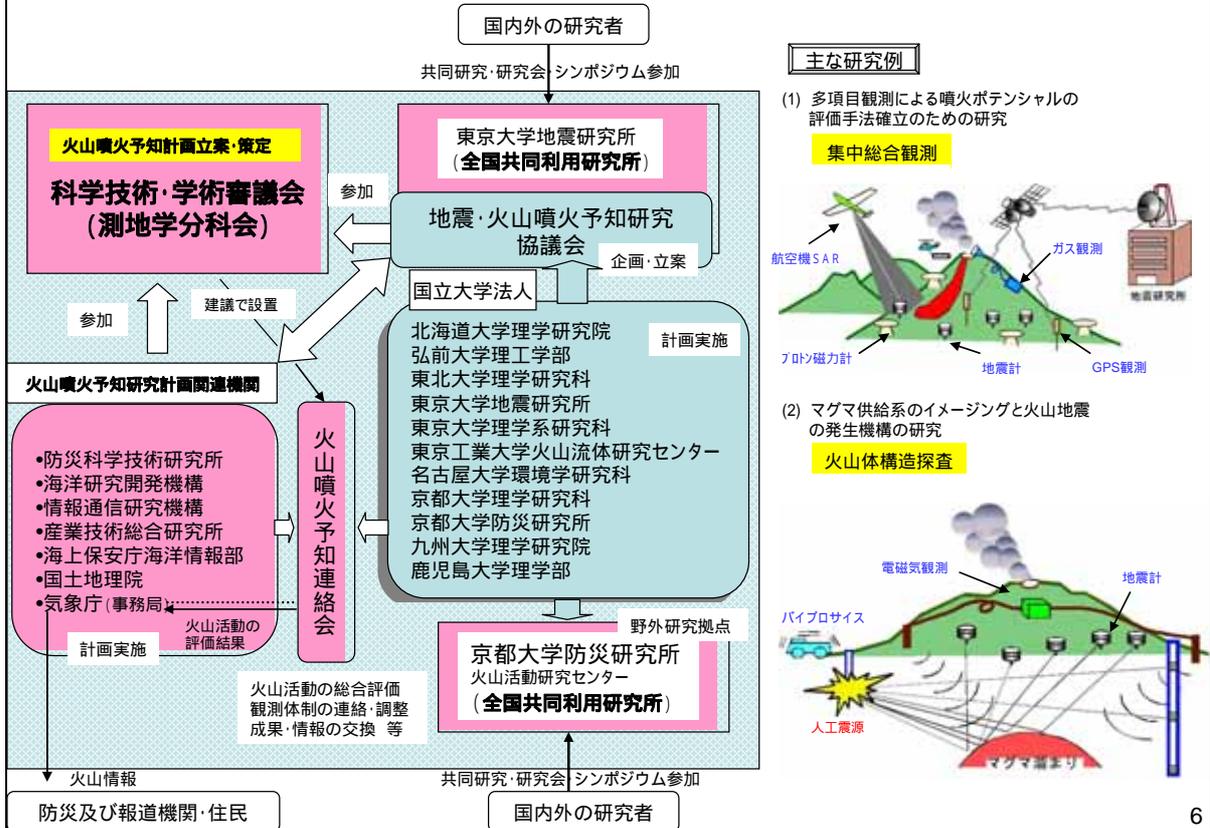
- (1) 噴火の発生機構の解明
- (2) マグマ供給系の構造と時間変化の把握
- (3) 火山活動の長期予測と噴火ポテンシャルの評価
- (4) 火山観測・解析技術の開発
- (5) 国際共同研究・国際協力の推進

3. 火山噴火予知体制の整備

- (1) 火山噴火予知体制の機能強化
- (2) 火山活動に関する情報の向上と普及
- (3) 基礎データの蓄積と活用
- (4) 地震予知観測研究等との連携強化

5

第7次火山噴火予知計画実施の体制



6

成果のポイント 研究成果

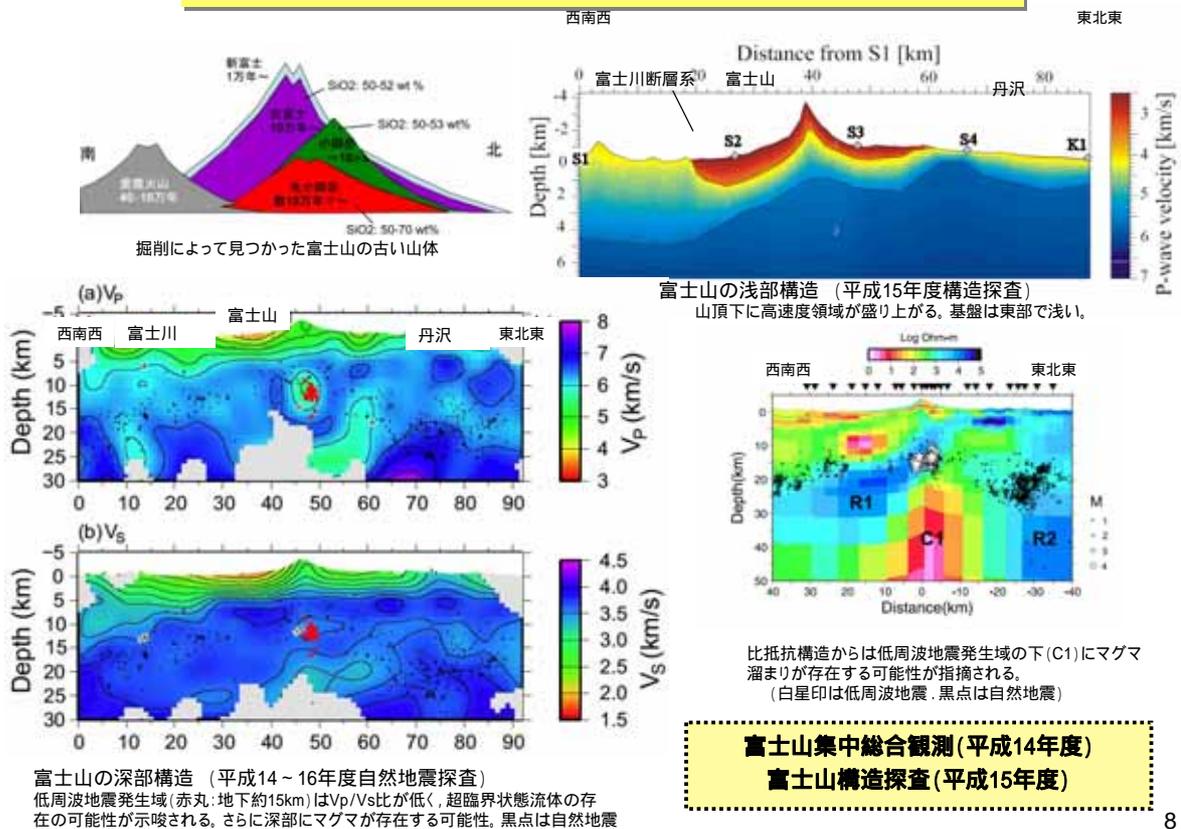
富士山では、集中総合観測と火山体構造探査の融合などにより、浅部から深部にいたる火山体の構造や詳細な火山活動史を解明
 2004年浅間山噴火では、多項目観測により噴火に至る長期的な活動の変化や噴火直前の前兆的変動を把握
 三宅島の火山観測を通じて、種々の新たな火山ガスの観測手法を開発
 口永良部島などのいくつかの火山では、地震波速度構造と電気比抵抗構造のデータ解析により、火山直下の熱水等の流体分布を把握

学術的意義

- ・ 火山学の進展: 火山噴火の際に圧倒的な量の、クリティカルな観測データの採取が可能
- ・ 観測手法の開発: 噴火直前、噴火最中にさまざまな現象発現

7

火山体構造と火山活動史の解明: 富士山

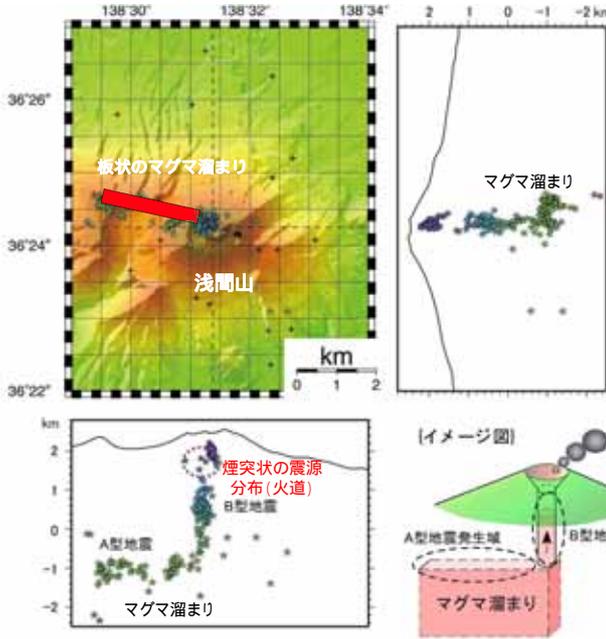


8

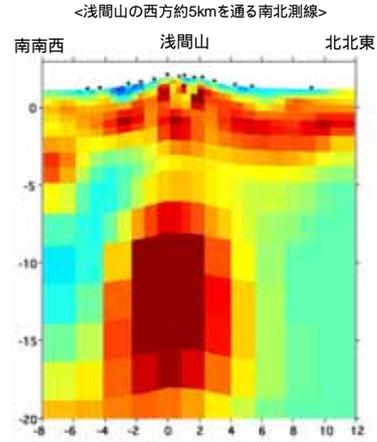
浅間山2004年噴火: マグマ供給系の把握

2004年噴火のマグマの通路が地震・GPS観測で浮き彫りに。地震・GPS・電磁気・重力などの高密度観測・探査によるマグマ供給システムの理解が噴火予知の高度化をする上では不可欠。

浅間山構造探査(平成17~18年度)
浅間山集中総合観測(平成17年度)

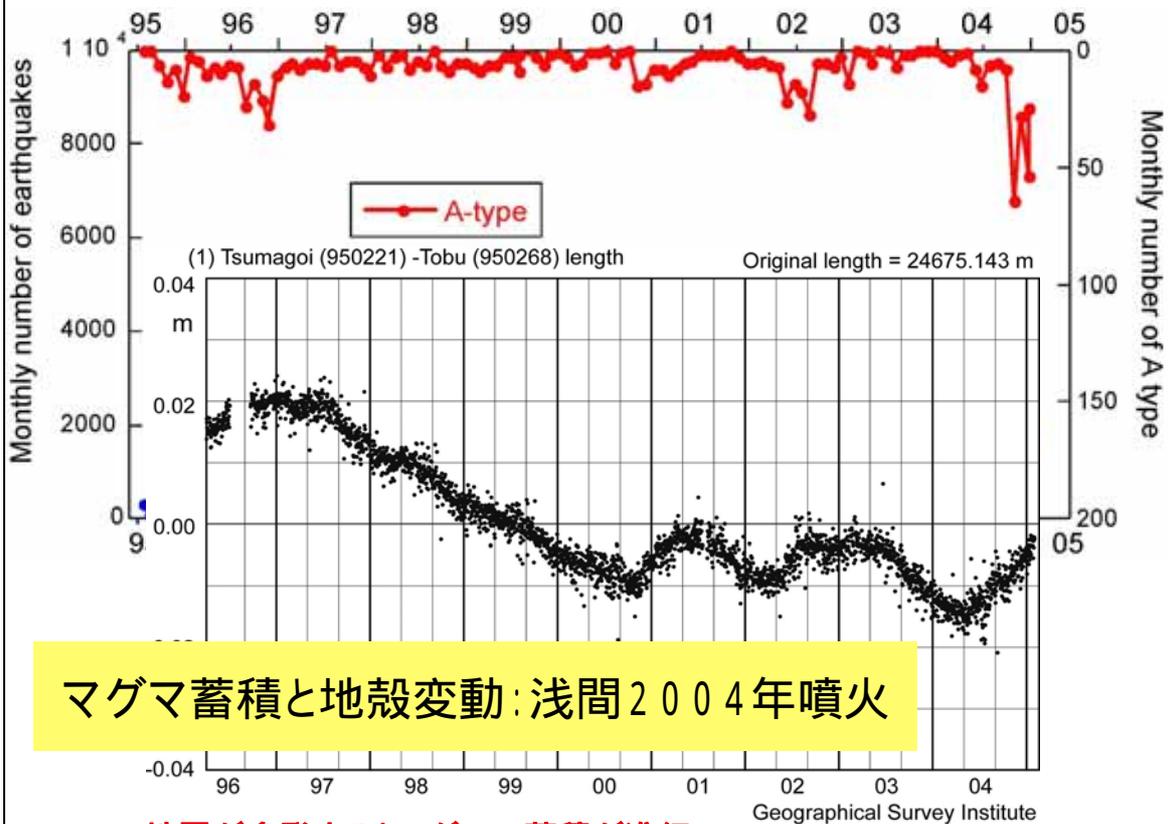


GPS地殻変動から推定されるマグマ溜まりの位置は、地下約4 km付近で西に伸びるA型地震の発生域直下にあたる。



電磁気(MT)探査では、地震やGPS観測で推定されたマグマ溜まりの位置、及びその地下に、連続する低比抵抗体が存在することを示した。暖色ほど低比抵抗

9

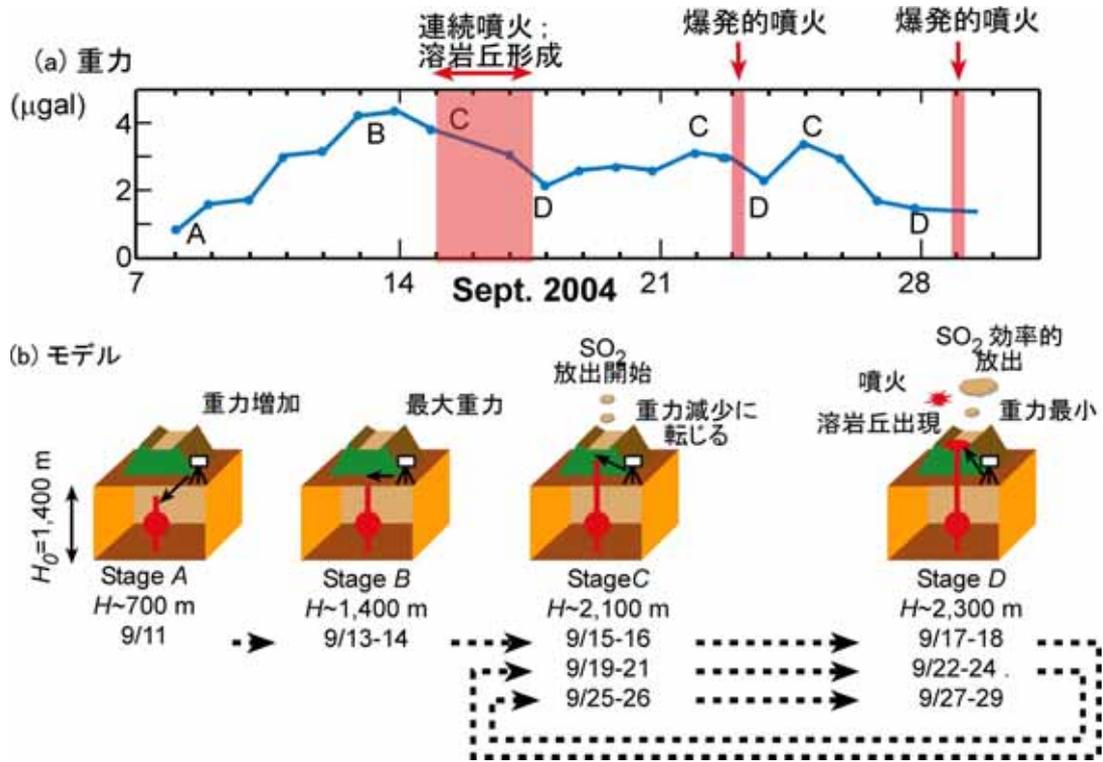


マグマ蓄積と地殻変動: 浅間2004年噴火

A-type地震が多発するとマグマの蓄積が進行

10

マグマの移動と重力変化: 浅間2004年噴火

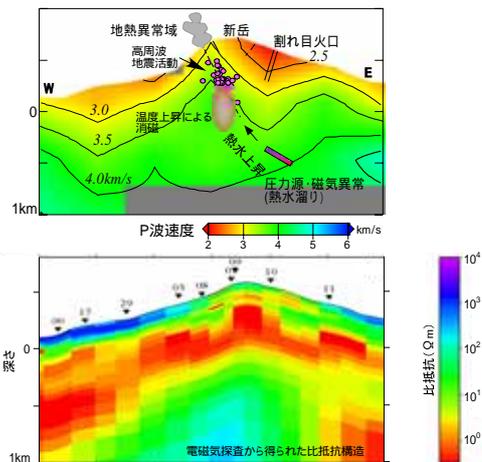


11

火山直下の熱水等の流体分布: 口永良部島

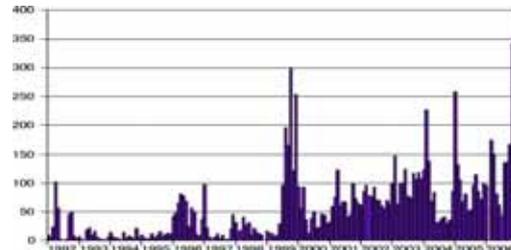
口永良部島構造探査(平成16年度)
薩摩硫黄島・口永良部島集中総合観測(平成12年度)

口永良部島火山:
噴石が3kmまで飛散する強い水蒸気爆発を繰り返してきた屋久島西方沖の火山(住民約160人)。1841、1931、1933、1968年の爆発で死傷者。最後の噴火は1980年。

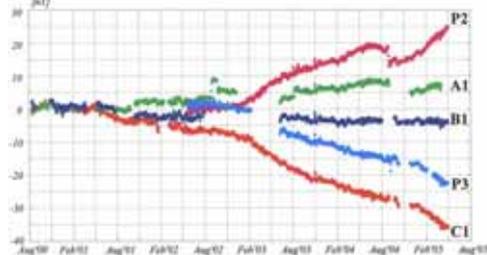


地震探査 山頂直下で高速度層が盛り上がり
電磁気探査(MT) 山頂直下が低比抵抗
GPS・空中磁気測量 熱水溜りの存在が推定

火山性地震発生回数(1992~2006年)



口永良部島山頂部の地磁気変化(2000年8月~2005年4月)



P1とA1は火口北、P3とC1は火口南500m以内の観測点、B1は火口の南1.5kmの観測点

1999年頃から山頂直下の浅い場所の地震活動活発化、2003年以降は蓄熱による地磁気変化、地盤変動、地熱活動、噴気異常も顕著になってきた。水蒸気爆発発生の可能性が高まりつつある。

12

成果のポイント 社会への貢献

2004年浅間山噴火や2006年桜島噴火のなどでは事前に兆候をとらえ、噴火開始後の断続的な観測により、活動状況を把握：噴火推移に関して情報発信。

三宅島では、火山ガスの減少傾向を観測し、島民の避難解除判断に貢献。

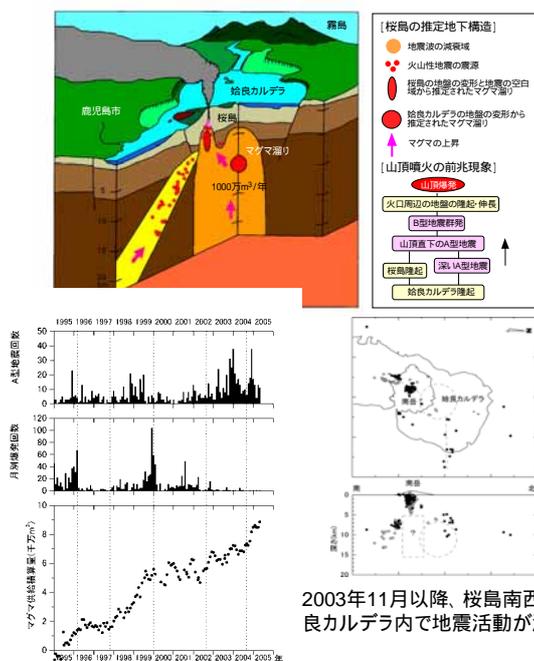
関係機関の観測データを気象庁に集約することによって、火山監視能力を強化：適切な火山情報の発信。

火山ハザードマップの整備と火山活動度レベルの導入によって、火山情報に関する防災関係者の理解が進み、火山防災に寄与。

13

マグマ供給系モデルに基づく活動評価と防災： 桜島

(集中総合観測過去9回実施)



2006年6月3日に1946年に溶岩流を出した昭和火口から噴火開始



桜島の火山防災マップ

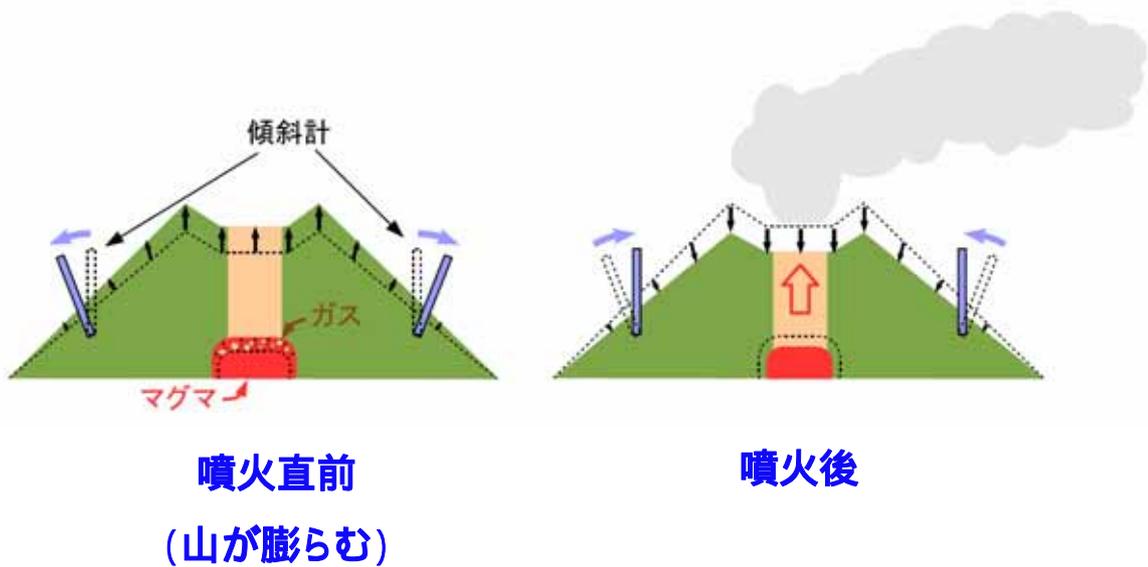
桜島への多量のマグマ移動など大規模噴火の兆候は認められないが、小規模火砕流の発生が予想されることから、鹿児島市により登山規制範囲の一部拡張が実施された。

昭和火口付近の地熱上昇が2か月前に確認されたが、噴火の明確な前兆はとらえられなかった。

最近10年で1億 m^3 のマグマが始良カルデラに蓄積、1914年大噴火からの累積は10億 m^3 を超え、マグマが出口を探している状態

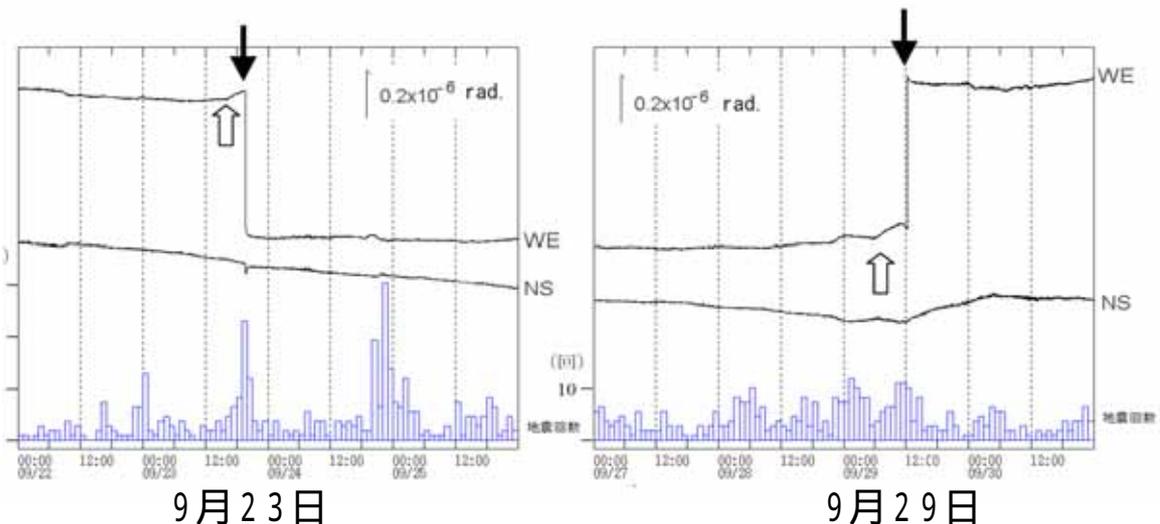
14

傾斜計の動きとマグマ上昇



15

噴火直前の傾斜変動を把握, 火山情報の発信 : 浅間2004年噴火



噴火開始後も継続的な観測により, 現象の変化などを事前に把握, 適切な情報発信により火山防災に貢献

16

今後の課題

- **気象庁の火山監視や活動評価は大学等の観測データや研究成果の提供を受けてなされてきた。**

独立行政法人や国立大学法人では、火山観測研究施設の維持・強化が困難な状況が今後予想され、現在の火山監視能力のレベル維持は困難。
- 火山情報については、中央防災会議で防災対策の起点として明確に位置付けられるなど、火山情報に対する期待が高く、その期待に応えるためには、観測研究の強化と基礎研究の推進により火山噴火予知研究の更なる高度化が急務。

特に、社会的要望が強い活動の見通し(活動の推移、中長期的予測)に応えるには、観測と基礎研究の更なる進展が必要。

17

大学の火山観測データの火山監視への活用

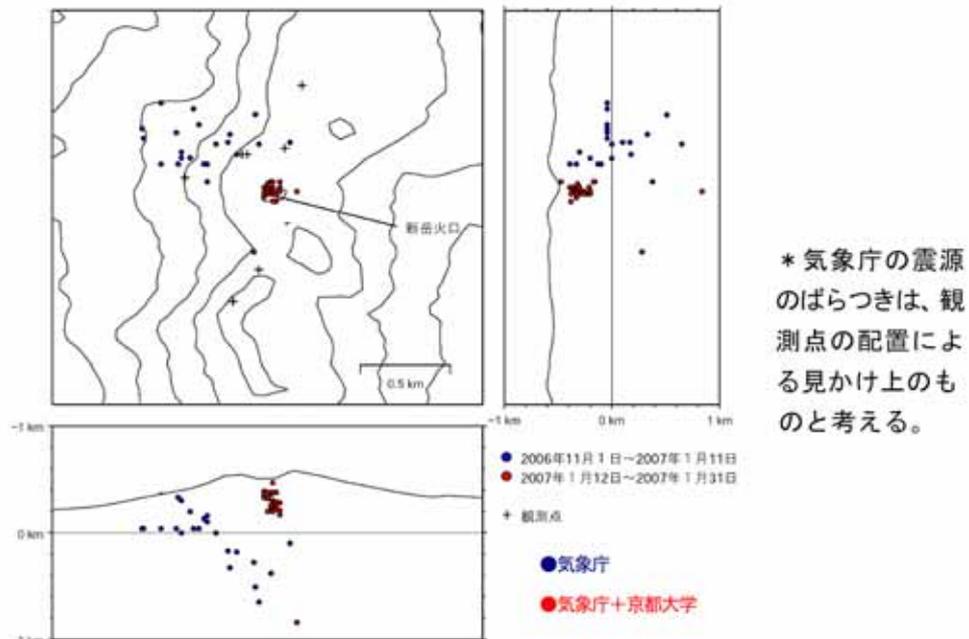
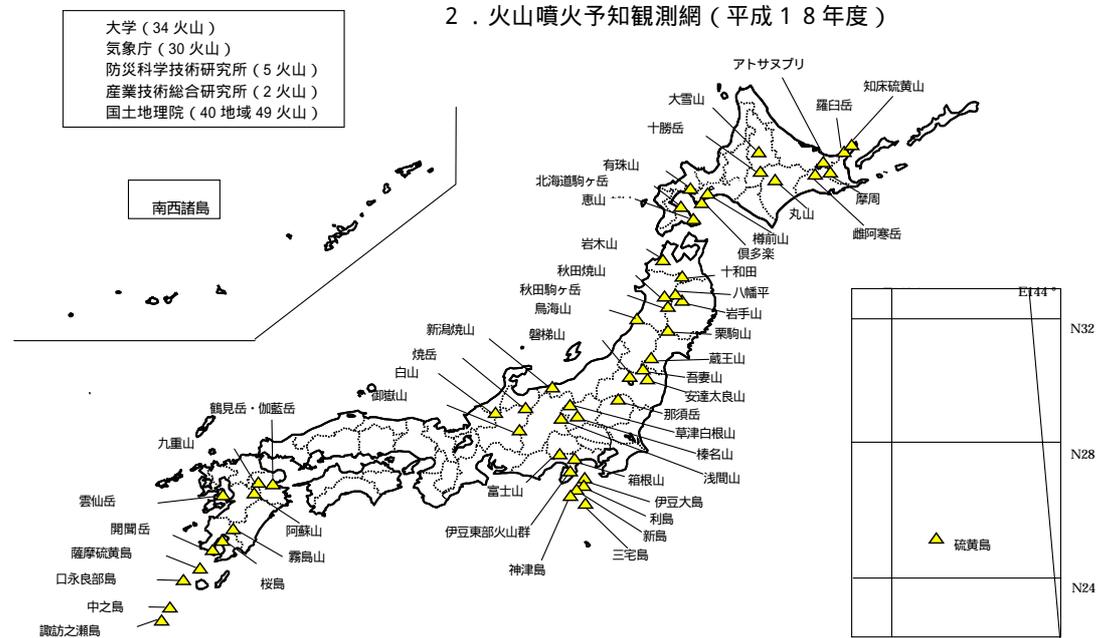


図4※ 気象庁観測点による震源分布図および気象庁観測点・京都大学観測点による震源分布図 (2006年11月1日～2007年1月31日)

18

地震観測を含む火山観測実施: 39火山



19

実施体制の妥当性

- 計画の立案: 研究者の自由な発想に基づいて議論(ボトムアップ型): 予知シンポジウム, アンケート調査
- 計画の策定と実施: 測地学分科会による策定、大学の計画推進に関しては予知協議会のもとの火山分科会, 噴火予知研究委員会による実施
- 計画全体の実施状況の把握, 観測体制の連絡: 火山噴火予知連絡会および幹事会(定例, 年3回)

- 現状では, 計画実施のための予算要求は, 各省庁, 国立大学法人, 独立行政法人がそれぞれで実施
- 火山噴火予知計画は, 火山防災を念頭に置いた火山監視と予知研究のための基礎研究の両輪からなるので, 計画の実施にあたっては, 火山噴火予知体制の組織的・抜本的見直しが必要

20

最近の日本の噴火はごく小規模

17世紀	北海道駒ヶ岳(1640), 有珠山(1663), 樽前山(1667), 伊豆大島(1684), 北海道駒ヶ岳(1694)
18世紀	富士山(1707), 樽前山(1739), 有珠山(1769), 伊豆大島(1777-79), 桜島(1779-82), 浅間山(1783), 雲仙岳(1792)
19世紀	有珠山(1822), 有珠山(1853), 北海道駒ヶ岳(1856), 磐梯山(1888), 諏訪之瀬島(1813)
20世紀	桜島(1914), 北海道駒ヶ岳(1929), 薩摩硫黄島(1934-35), 伊豆鳥島(1939), 有珠山(1943-45), 桜島(1946), 有珠山(1977-78), 雲仙普賢岳(1991-95)
21世紀	5-10火山?

噴出量 赤: > 10 億m³, 黄: 3-10 億m³

21

火山爆発指数と日本の巨大噴火

	1回の噴出量	噴煙高度	成層圏の影響	噴火例
0	非爆発的噴火 10万m ³	0.1km以下	なし	
1	小噴火 100万m ³	0.1-1km	なし	
2	中噴火 1000万m ³	1-5km	なし	
3	中大噴火 1億m ³	3-15km	可能	
4	大噴火 10億m ³	10-25km	明瞭	
5	巨大噴火 1km ³ 10km ³	25km以上	深刻	セントヘレンズ1980年 宝永噴火 大正噴火
6				ピナツポ 1991年
7	カルデラ形成 100km ³			タンボラ 1815年
8	1000km ³			

- ・ 繰り返し周期は2千年から1万数千年
阿蘇, 始良, 洞爺, 支笏etc
12万年間に18回: 平均6千年に1回
- ・ 最後の噴火は鬼界カルデラ
今から7300年前

今起こっても不思議はない
巨大噴火

さしあたって, 全国の巨大噴火の繰り返し頻度, 最終噴火年の調査から始める

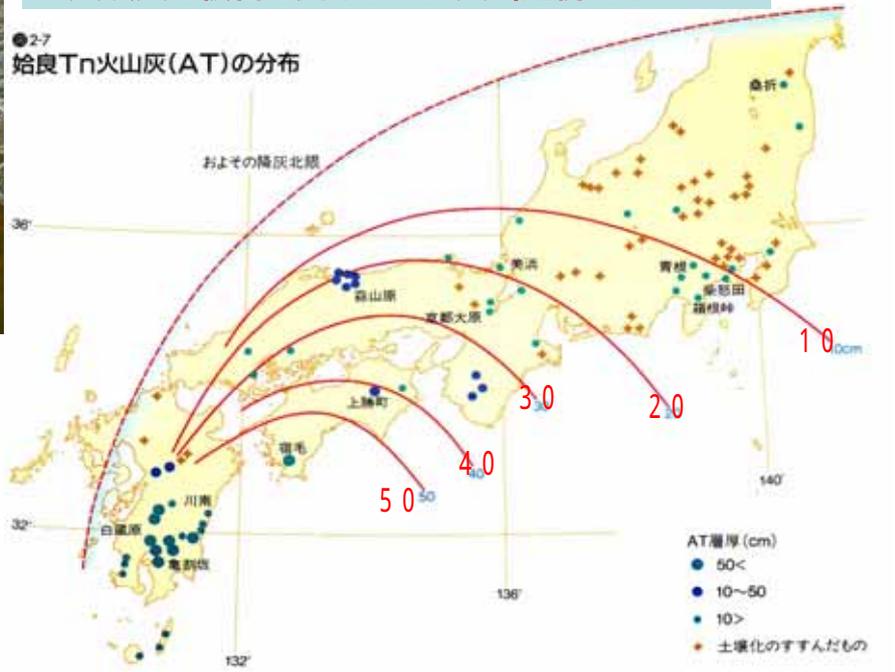
22

巨大噴火と火山灰被害

巨大噴火で被害を受けるのは火山近傍だけでない



●2-7
始良Tn火山灰(AT)の分布



東京でも10cm近くの降灰(2万5千年前)

実用的火山噴火予知への3つのステップ

最近30年間に我が国で噴火した火山の大部分では、噴火前に何らかの異常を観測。
十分な監視を行えば、ほとんどの噴火は、事前に前兆を捉えることができる。

しかし、異常が捉えられても、必ず噴火するわけではない。実用的な噴火予知となるためには、本当に噴火するかどうか、噴火予知の5要素*を予測することが必要。(*時期、場所、規模、様式、継続期間)

噴火予知のレベルには大きく分けて3つの段階がある。実用的な噴火予知のためには、段階的發展に期待する。

- 段階1: 観測により異常がわかる
- 段階2: 観測と経験則により、何が起きつつあるかがわかる
- 段階3: 現象を支配する物理法則が明らかにされており、観測結果を当てはめて、将来の予測可能

(第6次計画)

(参考資料5 図・写真の出典)

- **p.8 左上**
吉本充宏・金子隆之・嶋野岳人・安田敦・中田節也・藤井敏嗣, 掘削資料から見た富士山の火山形成史, 月刊地球, 号外No.48,89-94, 2004 の図5を改変
- **p.8 左下**
Nakamichi, H., H. Watanabe, and T. Ohminato (2007). Three-dimensional velocity structures of Mount Fuji and the South Fossa Magna, central Japan, *J. Geophys. Res.*, vol. 112, B03310, doi:10.1029/2005JB004161 のFig.6を改変
- **p.8 右上**
及川 純ほか12名, 人工地震を用いた富士山における構造探査, 月刊地球, 号外No.48,23-26, 2004の図4を改変
- **p.8 右下**
Aizawa, K., Yoshimura, R. and Oshiman, N., Splitting of the Philippine Sea plate and a magma chamber beneath Mt. Fuji, *Geophys. Res. Lett.*, Vol.31, L09603, doi:10.1029/2004GL019477のFig.3を改変
- **p.9 左**
Takeo, M., Aoki, Y., Ohminato, T., and Yamamoto, M., Magma supply path beneath Mt. Asama volcano, Japan. *Geophys. Res. Lett.*, vol. 33, L15310 doi, 2006.のFig.2, Fig4より作図
- **p.9 右**
小川康夫・浅間山電磁気構造探査グループ, Conductivity Anomaly研究会論文集, 81-84, (2006年)の図2を改変.
- **p.10**
Takeo, M., Aoki, Y., Ohminato, T., and Yamamoto, M., Magma supply path beneath Mt. Asama volcano, Japan. *Geophys. Res. Lett.*, vol. 33, L15310 doi, 2006.のFig.5をもとに作図
- **p.11**
大久保修平, 重力変化から火山活動を探るー観測・理論・解析, 火山, 50巻, 50周年特別号, s49-s58, 2005の図4を改変
- **p.12 左上**
井口正人他, 口永良部島火山の最近の地盤変動 1995~2001年, 京都大学防災研究所年報, 45B, pp.601 - 608, 2002 を改変
- **p.12 左下**
Wataru KANDA, Yoshikazu TANAKA, Mitsuru UTUGI, Shallow Resistivity Structures of Volcanoes Known to Have Phreatic Eruptions -- A Comparison Among Aso, Kuchi-erabu-jima, and Kuju Volcanoes --, *EOS, Transactions, AGU Fall Meeting Suppl.*, V43B-1802, 87, 2006より作図
- **p.12 右上**
井口正人, 口永良部火山における火山活動, 薩摩硫黄島火山・口永良部島火山の集中総合観測(京都大学防災研究所附属火山活動研究センター編), pp. 77 - 86, 2002より作図
- **p.12 右下**
Wataru KANDA, Yoshikazu TANAKA, Mitsuru UTUGI, Shallow Resistivity Structures of Volcanoes Known to Have Phreatic Eruptions -- A Comparison Among Aso, Kuchi-erabu-jima, and Kuju Volcanoes --, *EOS, Transactions, AGU Fall Meeting Suppl.*, V43B-1802, 87, 2006の結果にもとづいて作図
- **p.14 左上**
Kamo, K., Dialogue with Sakurajima volcano, Proceedings, Kagoshima International Conference on Volcanoes, pp.3-21,1988.及びIshihara, K., Pressure sources and induced ground deformation associated with explosive eruptions at an andesitic volcano: Sakurajima volcano, Japan, in 'Magma Transport and Storage', John Wiley & Sons, pp.335-356, 1990.Fig15 を改変.
- **p.14 左下**
井口正人, マグマの蓄積過程にある始良カルデラ, 月刊地球, 28巻, 2号, pp. 115-121, 2006の図5および図6
- **p.14 右上写真**
京都大学防災研究所附属火山活動研究センター撮影, 2006
- **p.14 右下**
桜島火山防災検討委員会火山防災啓発検討部会(部会長:石原和弘)監修, 桜島火山防災マップ, 鹿児島市発行, 2006 の一部に追記
- **p.16**
気象庁火山噴火予知連絡会資料より作成
- **p.18**
気象庁火山噴火予知連絡会資料より作成
- **p.23**
大木靖衛・小林忠夫, 日本の火山, 平凡社, 1987の図2-7(元図は町田洋, 火山灰は語るー火山と平野の自然史, 蒼樹書房, 1977の図IV-3)を改変

参考資料 6

地震及び火山噴火予知研究計画に関する
外部評価委員会（第2回）
H19.4.26

我が国の地震防災に関する政策体系

中央防災会議

災害対策基本法（昭和36年法律第223号）に基づき、内閣府に設置。
（主な事務）

- 「防災基本計画」「地域防災計画」の作成及びその実施の推進
- 非常災害の際の緊急措置に関する計画の作成
- 内閣総理大臣、防災担当大臣の諮問による防災に関する重要事項の審議（防災の基本方針、防災に関する施策の総合調整等）
- 防災に関する重要事項に関し、内閣総理大臣及び防災担当大臣への意見具申

防災基本計画（平成17年7月）（抄）

地震調査研究推進本部は、地震に関する調査研究計画を立案し、調査研究予算等の事務の調整を行うものとする。

地震調査研究推進本部

地震防災対策特別措置法（平成7年法律第111号）に基づき、政府の特別の機関として設置（本部長：文部科学大臣）。
（主な事務）

- 地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進について総合的かつ基本的な施策を立案すること**
- 関係行政機関の地震に関する調査研究予算等の事務の調整を行うこと
- 地震に関する総合的な調査観測計画を策定すること
- 地震に関する観測、測量、調査又は研究を行う関係行政機関、大学等の調査結果等を収集し、整理し、及び分析し、並びにこれに基づき総合的な評価を行うこと
- の評価に基づき、広報を行うこと

地震調査研究の推進について（抄）

- 第3章 当面推進すべき地震調査研究
- 活断層調査、地震の発生可能性の長期評価、強震動予測等を統合した地震動予測地図の作成
 - リアルタイムによる地震情報の伝達の推進
 - 大規模地震対策特別措置法に基づく地震防災対策強化地域及びその周辺における観測等の充実
 - 地震予知のための観測研究の推進**

科学技術・学術審議会測地学分科会

科学技術・学術審議会の下に、測地学及び政府機関における測地事業計画に関する事項を調査審議することを目的として設置。
（建議）

- 地震予知のための新たな観測研究計画（第2次）
- 第7次火山噴火予知計画

本年1月に、両計画に対するレビュー報告書を取りまとめ、
今回、その外部評価を実施

参考資料 7

地震及び火山噴火予知研究計画に関する
外部評価委員会（第2回）
H19.4.26

地震調査研究の推進について

- 地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的施策 -
（平成11年4月23日 地震調査研究推進本部）

基本的目標及び性格

（基本的目標）

地震防災対策特別措置法の趣旨に即して、地震防災対策の強化、とくに地震による被害の軽減に資すること

（性格）

地震調査研究の基本的な方向性を示すのみならず、地震調査研究の効果的な推進及びその成果の活用のために必要な施策を含むもの
今後、10年程度にわたる地震調査研究の基本となると同時に、推進本部が行う予算等の事務の調整、総合的な調査観測計画の策定、広報等の指針となるべきもの

地震調査研究の推進方策

1. 地震調査研究の推進とその基盤整備

- 地震に関する基盤的調査観測の推進
- 地震に関する調査観測研究データの蓄積・流通の推進
- 基礎的・基盤的研究の振興
- 地震調査研究推進における国の関係行政機関、調査観測研究機関、大学等の役割分担及び連携
- 地震防災対策側からの要請の地震調査研究への反映

2. 広範なレベルにおける連携・協力の推進

- 地震防災工学研究の推進と地震調査研究との連携促進等
- 地震調査研究の成果の活用にあたって必要とされる国民の理解のための広報の実施
- 地震調査研究の成果の活用にあたっての国の役割と地方公共団体の役割への期待
- 推進本部と地震調査研究に関連する審議会等との連携
- 国際協力

3. 予算の確保、人材の育成等

- 予算の確保及び効率的な使用
- 人材の育成及び確保

4. 地震調査研究の評価の在り方

研究は各省庁等、調査観測は推進本部が評価
推進方策全般を評価し、必要があれば総合的かつ基本的施策を見直し

当面推進すべき地震調査研究

1. 活断層調査、地震の発生可能性の長期評価、強震動予測等を統合した地震動予測地図の作成

主要活断層の調査結果、地下構造に関する調査のデータ、地震発生可能性の長期確率評価と強震動予測手法を統合し、強い地震動の発生の確率的な予測情報を含む全国を概観した地震動予測地図を、関係機関の協力を得て作成する。

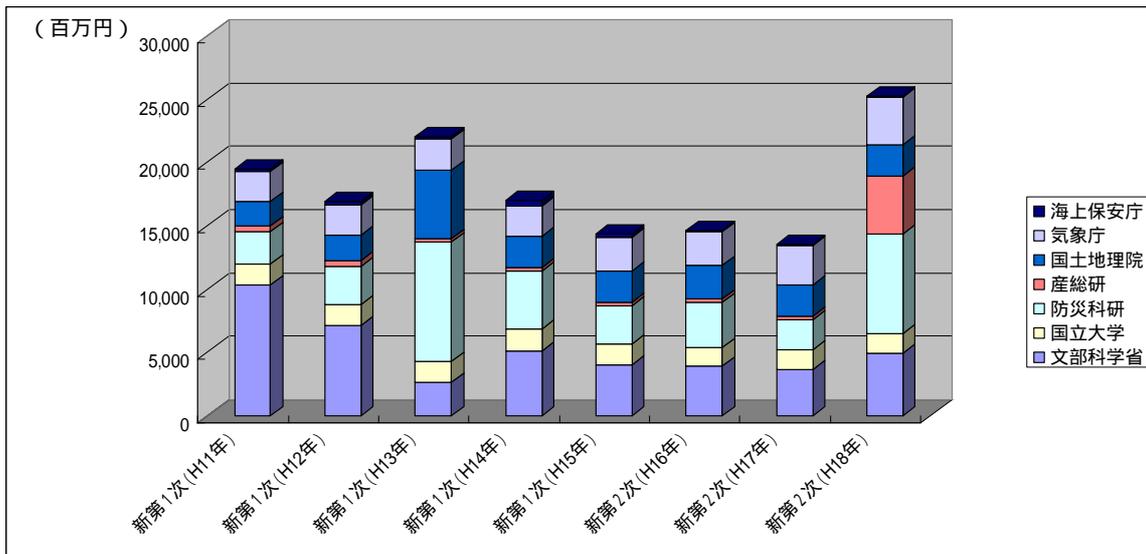
- 陸域及び沿岸域の地震の特性の解明と情報の体系化 : 全国的な活断層調査により、主要な活断層の場所、活動度等に関する情報を明らかにする。
- 海溝型地震の特性の解明と情報の体系化 : 海溝型地震について、発生位置、地震の規模等、発生履歴に関する情報を明らかにする。
- 地震発生可能性の長期確率評価 : 陸域の浅い地震、海溝型地震の発生可能性の長期的な確率評価を行う。
- 強震動予測手法の高度化 : 強震動の予測のための手法を高度化する。また、観測結果に基づき、活断層ごとのデータベース化を図る。
- 地下構造調査の推進 : 人口稠密な平野部を中心として地下構造調査を推進する。

2. リアルタイムによる地震情報の伝達の推進

3. 大規模地震対策特別措置法に基づく地震防災対策強化地域及びその周辺における観測等の充実

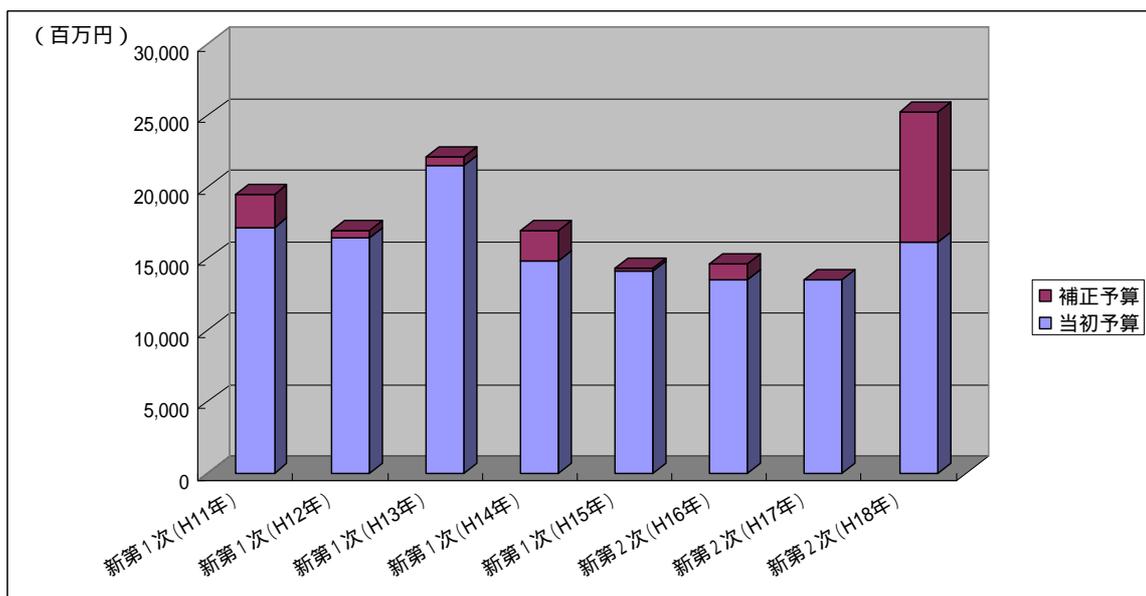
4. 地震予知のための観測研究の推進

地震予知計画関連の各年度における予算額推移 (平成11年度～)

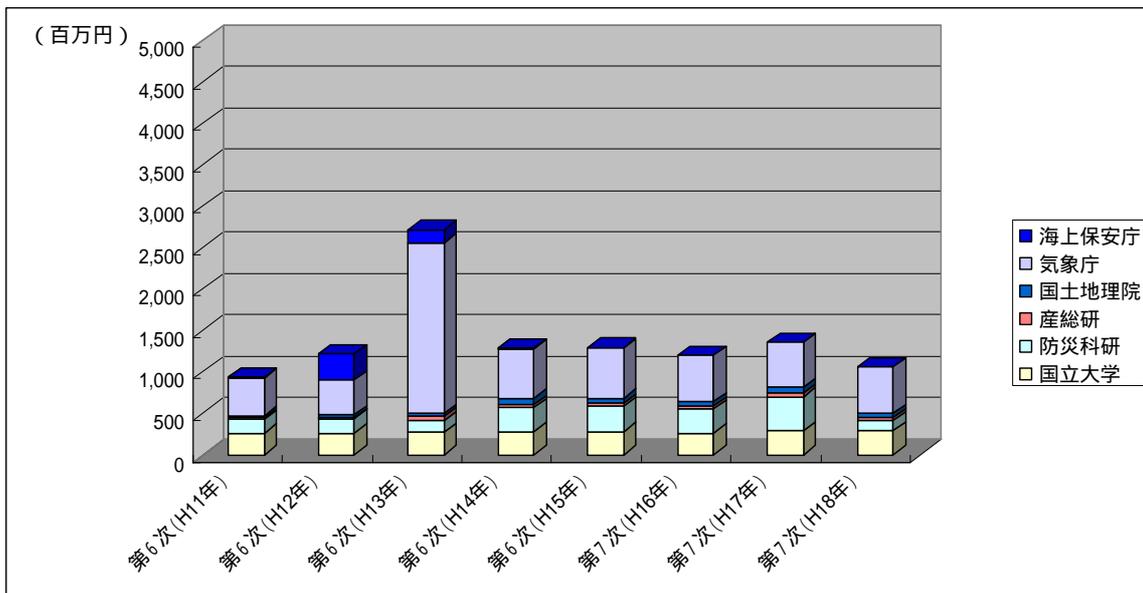


- 注1 文部科学省は、旧科学技術庁研究開発局予算含み、地震調査研究関係予算を計上。
産総研(産業技術総合研究所)は、旧通商産業省工業技術院地質調査所及び工業技術院計量研究所予算含む。
- 注2 防災科研(防災科学技術研究所)及び産総研については、該当する事業の [H11-12年度] の予算額、[H13年度(独立行政法人化)以降] の決算額を計上。
- 注3 国立大学については、[H11-15年度] の予算額を計上、[H16年度(国立大学法人化)以降] の事業費相当額を推計。
なお、地震予知及び火山噴火予知の両方にかかる経費については、双方に計上。
- 注4 予算額には補正予算を含む。
- 注5 以下の機関では、研究課題の一部として実施されているため、合計に加えていない。
情報通信研究機構においては、[H13-17年度]の「航空機 SAR による地球環境・災害把握技術の研究開発」、[H18年度以降]の「地表面把握技術の研究開発」の中で実施。
海洋研究開発機構においては、[H16年度以降]の「海底地震総合観測システムの運用」及び「地球内部ダイナミクス研究」の中で実施。

[地震予知計画関連の当初予算・補正予算別]



火山噴火予知計画関連の各年度における予算額推移 (平成11年度～)



注1 産総研(産業技術総合研究所)は、旧通商産業省工業技術院地質調査所及び工業技術院計量研究所予算含む。

注2 防災科研(防災科学技術研究所)及び産総研については、該当する事業の [H11-12年度] の予算額、[H13年度(独立行政法人化)以降] の決算額を計上。

注3 国立大学については、[H11-15年度] の予算額を計上、[H16年度(国立大学法人化)以降] の事業費相当額を推計。
 なお、地震予知及び火山噴火予知の両方にかかる経費については、双方に計上。

注4 この期間における補正予算の該当はなし。

注5 以下の機関では、研究課題の一部として実施されているため、合計に加えていない。

情報通信研究機構においては、[H13-17年度]の「航空機 SAR による地球環境・災害把握技術の研究開発」、[H18年度以降]の「地表面把握技術の研究開発」の中で実施。

海洋研究開発機構においては、[H16年度以降]の「海底地震総合観測システムの運用」及び「地球内部ダイナミクス研究」の中で実施。