

**持続可能開発目標達成支援事業 (aXis)**  
**課題終了評価報告書**

**1. 研究課題名 :**

火山噴火リアルタイムハザード予測の高度化とその社会実装に向けた実証試験

**2. 相手国 :**

インドネシア共和国

**3. 実施期間 :**

2020年4月～2022年3月

**4. 研究代表者及び国際コーディネーター :**

井口正人 教授・センター長

(京都大学 防災研究所 火山活動研究センター 火山噴火予知研究領域)

**5. 国内共同研究者 :**

宮本邦明 顧問

(日本工営株式会社 コンサルティング事業統括本部 中央研究所)

**6. 相手国協力機関 :**

エネルギー・鉱物資源省地質庁火山地質災害軽減センター (Center for Volcanology and Geological Hazard Mitigation, Geological Agency, Ministry of Energy and Mineral Resources)

**7. 研究概要**

127の活火山を有するインドネシアは噴火の発生頻度が高く、防災対策の観点で、火山噴火によるハザードからの避難は最も重要と考えられる。本研究は、噴火ハザードに対する警戒区域を明示するため、火山観測データから噴出物量を予測し、多数のシナリオとそのチェーンから構築される膨大なハザードマップデータベースを検索し、適切なハザードマップを抽出するシステムを、火山噴火の現場である観測所（火山地質災害軽減センター）に導入するものである。火山噴火に前駆する地震活動や地盤変動などの観測データから噴出物量を予測するための経験式を過去の噴火に関するデータおよび現在観測中のデータに基づいて確立し、噴火事象系統樹に基づいてハザード要因の抽出を行う。予測噴出物量に基づく最適ハザードマップを抽出するシステムを開発し、グントールとスメル火山の観測所に設置する。観測所職員のキャパシティ・ディベロップメントを図るため、観測所職員の研修を日本でも行う。

**8. 総合評価**

aXis プログラムは開発途上国における実証実験を基に成果を社会実装に結びつけるものであるが、インドネシアはASEANでもっともコロナ禍の影響を受けた国であり、研究期間内の渡航ができないばかりでなく、国内でも厳しい行動制限が実施された国の一つである。本研究は、インドネシアが自力で噴火ハザードに対する警戒区域を明示することができる環境と体制を整えようとした意欲的な研究であるが、実装には至っていない。しかし、国内での研究推進によって、観測データの入力により、簡便にハザードシミュレーションが可能となるシステムを開発し、稼働のための国内検証に成功している点は、高く評価される。さらに、研究期間中に発生したスメル火山の噴火を対象に、最新の観測事例をもとに、火山噴出物量予測経験式の見直しにチャレンジしたことは、今後他の火山への展開につながる成果である。一方で、研究活動の制限によって、噴火に係るデータの収集、相手国の観測所職員によるシステム活用のための実地検証など、当初の計画ができていないため、引き続き継続的な取り組みが必要である。

## 9. 評価内容

### 9-1. 研究課題の目標の達成度（実証試験）、社会実装の見通し

#### ① 研究計画の実施状況および目標の達成状況、

研究題目1では、当初、火山地質災害軽減センターと共同でスメル火山、メラピ火山等の観測、噴出量の予測モデルの検証を行う予定であった。しかし、コロナ禍で日本とインドネシアの共同作業が不可能になり、相手側の研究機関独自の観測も必ずしも十分でなかった。また、噴出物量予測のための経験式について、それぞれの火山活動状況に応じたプロトタイプをチューニングする必要があるが、その段階に至っていない。そうした中、過去のデータ、他の火山のデータ等、さらに、様々な仮定を導入することで、最大限の改良および検証は行われており、今後の裏付けは必要なものの、一定の成果は得られてはいる。研究題目2では、噴火ハザード予測システムSSDMの改良(SSDM-Localの開発)、火山地質災害研究センター本局と、現場の観測所との間で、ハザードマップの作成を統合的に行うことが計画されていたが、コロナ禍の渡航制限のためインドネシアへの機器の搬入・設置やシステムの現地での統合化作業ができていない。しかし、SSDM-Localを稼働させるためのシステム開発に関しては着実に進められており、相手国に渡航して観測所に導入できれば、実用的に稼働できるまでになっている。現状は、桜島用に機器を改良・設置し国内で行える作業を実施するとともに、桜島のデータによる検証、実装、スメル火山でのハザードの予測等の試行を行い、インドネシア側からもアクセスを可能にするなど所期の目標を補完している。

#### ② プロジェクト推進体制の構築および相手国協力機関との交流状況

相手国との共同観測、セミナー・ワークショップ等の機会、研修生の受け入れ等が、相手国における研究者・職員の出勤制限において、極めて困難な状況となった。日本国内におけるプロジェクトの推進については、順調に進展している。特に、若手研究者をプロジェクトの中核に据えて、基本システムを個性の異なる火山へのチューニングにあてさせたことにより、若手研究者の進境は著しい。相手国の研究者を招聘して共同研究を推進する予定がコロナ禍のために実現できなかったことは残念である。また、国内に

において研究機関だけでなく、企業を巻き込んで行ったシステム開発は、ポストコロナの時代に、国外における火山防災にわが国の企業が進出する素地を作ったという意味で評価できる。

### ③ プロジェクトの管理および状況変化への対処

わが国よりも厳しく、かつ頻繁に変更される相手国におけるコロナ抑制のための規制に対応して、プロジェクトの推進方針を変更し、比較的早い段階で研究期間内の渡航制限が解除されないとの見通しに基づき、システムを桜島に導入し、火山の比較研究ができる体制を整え、今後の相手国のシステム運用成果との連携により、新たな科学的知見の蓄積が可能となるプラットフォームを構築するなど、適切なプロジェクト管理が行われたとみなすことができる。

### ④ 実証試験等の成果を基とした社会実装に向けた継続的発展の見通し

インドネシアにおけるシステム運用の社会実装の現状としては、SATREPS プロジェクトで導入した SSDM システムが、ジョグジャカルタの地質災害技術研究開発センター (BPPTKG) における最近のメラピ火山活動に対するハザード評価や、バンドンの火山地質災害軽減センター (CVGHM) において、最近、活発な火山活動を行う、いくつかの火山における火砕流などによるハザード評価などで、一定の実運用がなされている。しかしながら、内部の利活用にとどまるのみで、直接的な警報や避難情報の発令にはいかされていない。本研究は SSDM を補完する SSDM-Local の開発により、様々な情報が現場にもたらされる。そうした情報を基に、観測所の職員自らがハザードマップを作成すると言った、現場レベルに対応した即時性の高い研究であるが、SATREPS と同様に、本研究成果についても今後の継続的運用と発展を見守る必要がある。一方で、2021 年 12 月に噴火したスメル火山の観測データを用いて、噴出物を推定するために、それまでに得られた他火山における観測データとの解析結果を活用し、スメル火山に特有のパラメータを導入することによって、実用的な噴出物を推定する方法を見出した。必ずしも、火山学的モデルに基づくものではないが、経験則の範囲では十分実用的な計量法であり、予測に基づいて防災対策をとるうえでの科学的根拠を与えることになっている。いわば火山工学的手法の導入であるが、実際の防災分野で使用可能なシステムに仕上がっており、社会実装に向けての道筋が見えている。ただし、相手国のレベルが、相手国独自で実装を行える段階にはない可能性もあり、実装後も様々な維持管理も必要になることから、今後も、相手国研究者との共同研究を通じた、トレーニングやレベルアップが必要である。

## 9-2. 科学技術的価値

### ① 課題の重要性とプロジェクトの成果が課題解決に与える科学的・技術的インパクト、

いわゆる原理に基づく理学的な手法ではないが、豊富な観測データを有する桜島を中心とした経験則を比較的シンプルなパラメータの導入によって、個性の異なる他火山の実用的な噴出物量推定に適用できることを示したことは、他火山における火山防災に有効な科学的基盤を提供できるという意味で重要である。これまでの理学的アプローチでは、将来の噴火メカニズムの解明に待たざるを得なかった噴出物量予測を、発展途上国でも実装可能な地震計による観測データから推測可能にしたという点で重要な成果で

ある。また、2021年12月に発生した東ジャワのスメル火山の火砕流では50名の犠牲者が発生するなど、火山災害からの被害軽減は当該国のみならず地球規模の課題である。この火砕流発生では前駆現象となる地震活動の活発化がほとんど観測されなかったものの、これまでの経験式の見直しにつながる火山災害に係る科学的知見が収集されるなど、今後の課題解決に対しても貢献できる成果となっている。

#### ② 科学技術的価値向上に資する成果物・情報発信

研究開始から短期間であることおよび現地での実証ができなかったこともあり、論文という形での成果物はまだない。したがって、学術的な評価度は限られるが、学会等での研究成果の公表は行われており、比較的近い将来論文として公表されることを期待したい。また、本研究は、理学を中心とした火山観測と科学技術の基礎を持たない火山防災のギャップを埋める新たな研究分野として重要であるが、火山学、防災学の両分野での認知を得るべく、両分野の研究誌に研究論文として公表を行うべきである。両分野からの認知が得られれば、国内外を問わず社会実装の実現が早まると思われる。

### 9-3. SDGs への貢献

#### ① 得られた研究成果による途上国等での SDGs 達成への貢献の程度

本研究は、当該国が自律的に火山災害に対し、噴火ハザードに対する警戒区域を明示することができる環境と体制を整えることを目的としており、システム整備やマニュアル作成に取り組み、成果をあげていることから、目標11「住み続けられるまちづくり」において貢献している。また、システム開発のもとになった桜島では世界的にもトップクラスの高精度の観測機器、特に、高精度の地震計と地盤変動観測装置を組み合わせた噴出物予測手法を開発しているが、その成果を活用しつつ、発展途上国でも実装可能な地震観測や空気振動観測を軸に噴出物量を予測する手法を開発しており、途上国における SDGs 達成への貢献度は高いと評価される。

以上