

超巨大噴火時でも使える・通信できる デバイスの開発を目指して ～ 自動降灰・降雨量計と衛星通信 ～

平成28年2月26日

国立研究開発法人 土木研究所
火山・土石流チーム

1 説明内容

1. はじめに
2. 自動降灰・降雨量計
3. 衛星を用いたデータ伝送技術
4. まとめ

2 はじめに

- 火山が噴火し、溪流に火山灰が堆積すると、小雨でも土石流が発生しやすくなるのが過去の噴火事例から知られている



3 はじめに

- 平成23年の土砂災害防止法の改正により、降灰後の土石流などの大規模な土石流の発生のおそれがあるときには国が緊急調査を実施
- 近年は、火山の活動が活発になりつつある



緊急的な火山灰の堆積状況の把握の必要性が高まっている

4 はじめに

- 平成27年5月末の口永良部島の噴火においても火砕堆積物の堆積により土石流が発生
- 一方で、火山灰の堆積の実態については、警戒区域等の様々な制約もあり、わかっていない



火山噴火後の制約を想定した平常時からの観測体制の構築が重要である

2. 自動降灰・降雨量計

6 開発の背景

- 土石流の発生といった生命・財産への危険性だけでなく、社会基盤への影響が大きい
- 火山噴火に対する防災の推進には火山灰の分布の推定が必要

火山灰の堆積

降雨

土石流の発生

生活、交通確保のための灰の除去・運搬

生活や社会基盤へ大きな影響

火山灰の分布範囲・堆積量の推定が必要

7 開発の背景

- 従来は、調査者が直接火山灰を計測していたが、危険かつ計測精度も不統一

従来の降灰量把握手法

- 噴火後、複数人で現地にて火山灰を採取・計測
- 計量カップによる計測

問題点

噴火直後の調査は危険であり、計測精度も不統一。

8 開発の背景

- 小型自動降灰・降雨量計を開発(日本工営(株)と共同開発 特許第4915676号)

➢ 噴火中に極力人間が近づくことなく、安全で自動かつ連続的に火山灰堆積質量・厚さをモニタリング可能

➢ 一定の精度で計測可能

9 自動降灰・降雨量計の概要

- 自動降灰・降雨量計は、火山灰と雨水の合計重量をステンレス製容器の下部に設けたロードセルで荷重を計測
- 同時に水位計により水位を計測

水位計パイプ

ソーラーシステム

排水用バルブ

20kg ロードセル

装置全体図

装置の模式図

機能

- ・基本計測項目:降灰量、降雨量、湿度
- ・雨水のオーバーフロー対策(バルブ1)
- ・透水試験機能(バルブ2) ※必要に応じて機能付与

10 自動降灰・降雨量計の原理

- 荷重と水位の計測値から、火山灰粒子の密度と水の密度に基づいて灰と水の重量を分離計算
- 灰の単位堆積重量から灰の重量を厚さに換算

灰

雨水

容器

灰も雨も降ってくる。

タンク内容物重量: W

水

水の密度: ρ_w

水位: D

火山灰

火山灰重量: W_a

火山灰堆積厚: L

火山灰土粒子密度: ρ_d

火山灰乾粒密度: ρ_d'

口径: S

灰と水の構成要素

換算方法

火山灰堆積質量 $W_a = (W - S \cdot D \cdot \rho_w) / (1 - \rho_w / \rho_s)$

火山灰堆積厚 $L = (W - S \cdot D \cdot \rho_w) / [(1 - \rho_w / \rho_s) \cdot \rho_d \cdot S]$

※火山灰が飽和した状態であることが必要

11 自動降灰・降雨量計の機能

- 当装置は排水機能を備え、容器から排水を行い、計測した水位と時間の関係から堆積した灰層の透水係数の測定が可能
- 上水排水を行うことで降雨量の計測が可能

制御機能

①雨水のオーバーフロー対策(バルブ2)

ある水頭位以上となるとタンク下部から排水を行い、雨水によるタンクのオーバーフローを回避することにより、降雨量計の役割を合わせ持つ。

②透水試験機能(バルブ1) ※必要に応じて機能付与

自動排水機構を備えており、容器底からの排水(火山灰層を通過)中の水頭位変化によって容器内に堆積した火山灰層の透水係数を測定できる。この機構は設定した時間になると自動的にタンク下部にある排水弁が開いて、設定した水頭位まで水を排水するものである。

12 自動降灰・降雨量計の機能



- 当装置は、重量式による計測であるため、降灰時でも、雨量の推定が可能

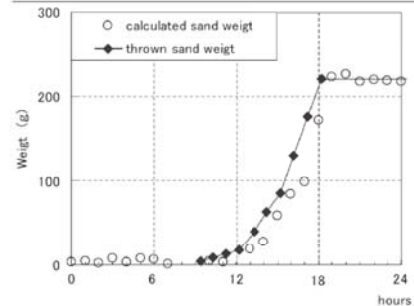
一般的な転倒マス式雨量計



13 自動降灰・降雨量計の機能



- 自動降灰・降雨量計の容器内に、火山灰を模した砂(粒子密度 $\rho=2.65$)を投入し、計測値の反応を確認
- 投入した砂の量に応じて、降灰量の計測値が上昇
- 最終的に、投入重量に対して、計測値はほぼ一致



14 自動降灰・降雨量計の機能



- 当装置で求めた乾燥重量、土粒子密度は、実測値といずれも整合的
- 逆算値により降下した火山灰の灰質の変化の傾向を把握することも可能

①降灰量等測定機能

<有村1地点の例>

火山灰堆積質量	実測値	2028.9g (2010/3/13に採取)
	測定値	2165.1g (上記と同時刻の測定データ)

土粒子密度	実測値	2.65 g/cm ³ (2010/3/13に採取)
	推定値	2.66 g/cm ³ *

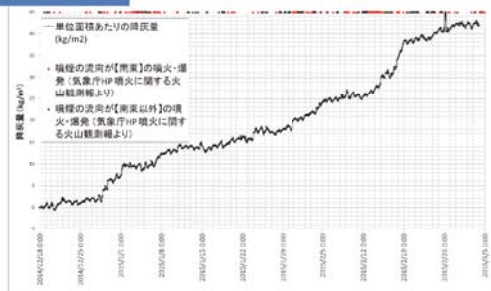
* 晴天時に降灰している時間帯における水位差と火山灰質量の増加量より逆算

15 自動降灰・降雨量計の近年の観測データ



- 桜島の噴火に伴う火山灰の堆積量の増加を継続的に観測

計測データ例



桜島の噴火に伴う火山灰の堆積量の増加を継続的に観測
2014年12月18日から2015年3月5日間の全降灰量は約4.19kg/m²である。これは、堆積密度を仮に1.5g/cm³とすると、約28mmの降灰に相当

16 自動降灰・降雨計の展望



- 活火山地域における緊急時の土砂災害対策に備えた監視・観測機器として期待
- 安全で自動かつ連続的に火山灰堆積質量・厚さをモニタリングすることが可能となりつつあるが、中期的には計測データと火山灰の現地の堆積厚の整合を考える必要
- 現在は、携帯電話通信網や光ケーブルを用いたデータ伝送の機能を有しているが、多重的なデータ伝送の仕組みが必要

3. 衛星を用いたデータ伝送技術の概要

18 自動降灰・降雨量計のデータ伝送



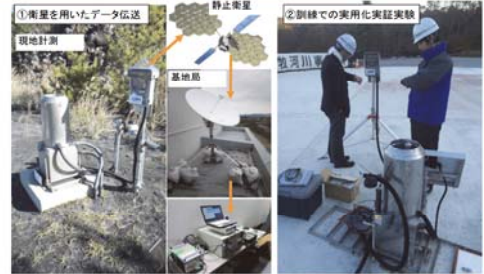
- 自動降灰・降雨量計は、活火山地域における緊急時の土砂災害対策に備えた監視・観測機器として期待
- データ伝送の手段としては、光ケーブルや携帯電話網を利用した通信機能を有している
- 一方で、大規模な噴火時には通信設備の損傷等により通信ネットワークが寸断される状況が想定



19 データの通信手段の多様化



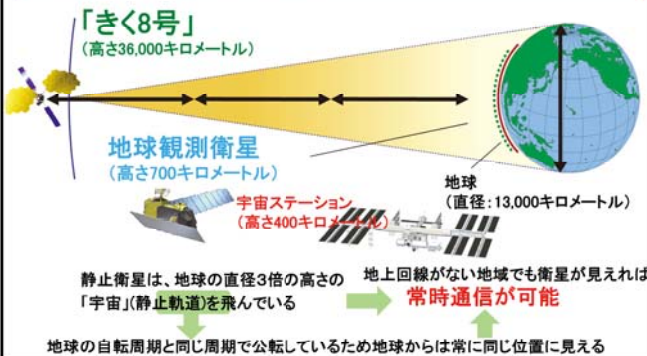
- 噴火時に通常の使用が想定される通信網が機能しなくなった場合でもデータ伝送が可能な多様な通信手段の確保が重要
- 噴火活動が活発な桜島等において、自動降灰・降雨量計で得られたデータを技術試験衛星Ⅷ型(以下、「きく8号」)回線経由で降灰下に配信可能かJAXAとの共同研究により実証



20 技術試験衛星Ⅷ型「きく8号」(ETS-VIII)



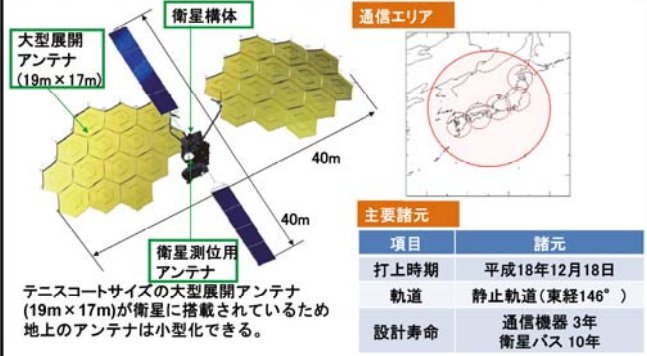
- 静止衛星は見かけ上、日本上空の同じ位置に見える
- このため、常時衛星を介した通信が可能



21 技術試験衛星Ⅷ型「きく8号」(ETS-VIII)



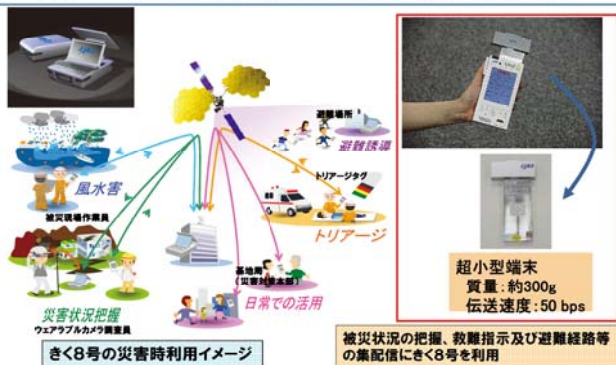
- 「きく8号」のアンテナは、現時点で世界最大級
- 衛星側の大型アンテナにより地上側の端末のアンテナを小型化



22 技術試験衛星Ⅷ型「きく8号」(ETS-VIII)



- 「きく8号」により、地上の自然災害の影響を受けずに通信可能となり、防災・緊急時の迅速な情報の発信・収集が期待される

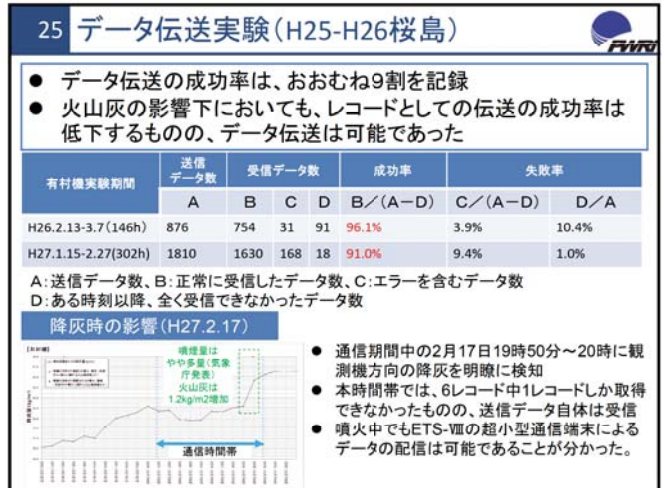
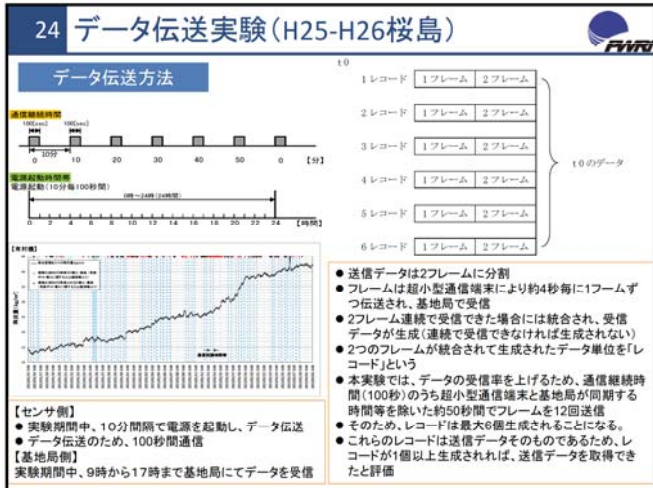


23 データ伝送実験(H25-H26桜島)



- 降灰の影響下でのデータ伝送が可能であるか桜島で検証





27 データ伝送実験 (H27樽前山)

- 自動降灰量・雨量計測、基地局ともに機器の設置から通信までの作業は少人数の要員で3時間未満での実施が可能と確認

【自動降灰・降雨量計側】				【基地局側】			
作業項目	主な作業	作業人数 (人)	作業時間 (min)	作業項目	主な作業	作業人数 (人)	作業時間 (min)
1	降灰量の運搬	車や人肩による運搬	—	1	受信機材の運搬	車や人肩による運搬	—
2	降雨量計の設置調整	組立 水平調整 加水	4 20	2	基地局の組み上げ	アンテナ類の設置、接続作業	2 60
3	きく8号用機器の取付・配線	電源機器取付 時刻補正GPS取付 ケーブル類養生	2 35	3	稼働確認	通信品質の確認	2 —
4	超小型端末の取付・調整	端末の取付・調整	2 20	4	通信試験	送受信の成否確認	2 30
5	プログラム書き換え・作動確認	データロガーの制御プログラム書き換え	2 30	5	職員によるデータの確認	受信データの降灰量への換算	1 —
6	計測値の検定	ロードセル、水位等の精度確認	3 30		設置時間/最低要因		2 90
7	通信試験	送受信の成否確認	2 30				
設置時間/最低要因				4	165		

28 まとめ

- 平成25, 26年度(桜島)
 - 1時間間隔の観測は100%であり、監視データの配信に成功
 - 一定の降灰時においても、データ伝送が可能と確認
- 平成27年度(北海道樽前山)
 - 実災害の状況を想定し、機材組み立てから開始し、設置・計測・データ伝送の一連の流れを時間を計測
 - 3時間未満で作業を完了し、監視データの伝送に成功

□ きく8号を介した超小型端末による自動降灰・降雨量計のデータ伝送システムが噴火時のデータ伝送に有効と判断できた

□ 緊急時には、JAXAと連携し、データ伝送が可能となる体制を構築し実効的な火山灰のモニタリングを行うこととした

29 自動降灰・降雨量計の導入について

問い合わせ先

国立研究開発法人 土木研究所
土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6
TEL: 029-879-6785

日本工営株式会社
国土保全事業部 砂防部
〒102-0083 東京都千代田区麹町4-2
TEL: 03-3238-8011