

鹿児島大学 地域防災教育研究センター

平成 29 年度報告書

平成 30 年 3 月

## はじめに

地域防災教育研究センター  
センター長 浅野 敏之

鹿児島大学地域防災教育研究センターの平成29年度の報告書をお届けします。

本年度は7月5日から6日にかけて集中豪雨による河川氾濫災害、土砂災害があり、福岡県朝倉市、大分県日田市などで死者37名、行方不明者4名の大きな災害が発生しました(平成29年7月九州北部豪雨)。気象庁によるレーダー観測では、朝倉市付近において3時間で約400mm、12時間で約900mmの雨量が解析されました。一方、火山噴火については、10月11日に霧島山新燃岳が噴火し、レベル3(入山規制)の火口周辺警報が発表されました。本稿の時点でも、新燃岳はレベル3を継続中で、霧島山硫黄山、御鉢も火山性地震が活発化しています。桜島の昨年1年間の噴火406回(爆発的噴火81回)の回数は、前年に比べて増加しており、相変わらず火山活動は活発です。

隣県で発生した2016年の熊本地震、全島避難となった2015年口永良部島噴火、さらには近い将来に大正噴火級の大噴火が危惧される桜島を考えると、地震災害、火山噴火災害に対する防災・減災のための研究・教育は、鹿児島大学にとってきわめて重要な課題です。これを踏まえ、本センターは、これまで地震予知・火山噴火予知研究を推進するための施設である「理工学研究科附属南西島弧地震火山観測所」を統合し、平成30年度から「地震火山地域防災センター」として活動を開始します(次ページに新センターの組織図を示します)。両組織が一体となることにより、新たな組織は「地震・火山防災研究分野」の機能をいっそう高めるものと考えます。

一方で、冒頭で紹介した九州北部豪雨災害の例に見られるように、わが国では豪雨災害それに伴う土砂災害により、毎年数十名、年によっては百名に達するような犠牲者が出ていることは、無念ではあるが認めざるを得ない事実です。また地震・火山噴火によって津波、斜面崩壊、土石流、火砕流、降灰などの多様な災害誘因も発生します。したがって新組織では、名称にある地震・火山災害だけでなく、豪雨・土砂災害をはじめとする多様な災害に対してもこれまでと同等以上に重要視し、「気象・水象・地盤災害研究分野」において取り組んでいきます。

さらに、東日本大震災などを契機に、想定される大規模災害に対応できる災害医療体制の構築が地域社会から強く求められています。本センターでは、近い将来想定される桜島大規模噴火に備えるための災害医療体制等について検討活動を実施してきました。新組織では、「災害医療総合防災研究分野」を新たに創設します。組織図に示すように、以上の3つの研究分野で構成される「調査

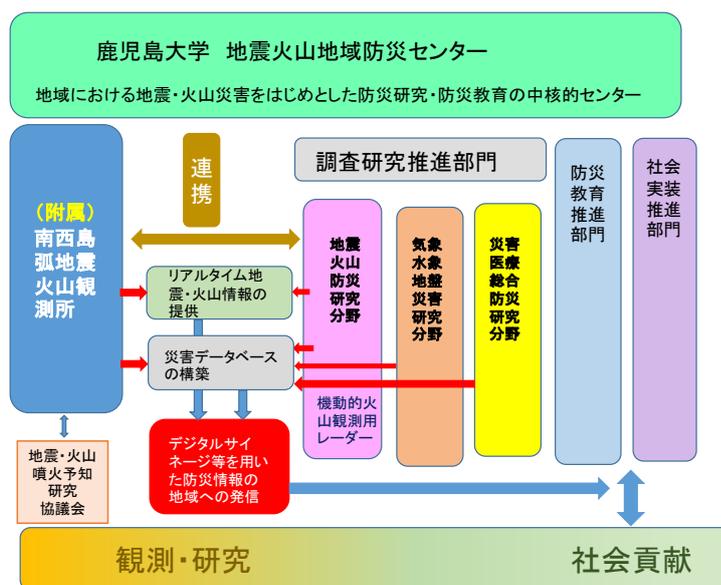
研究推進部門」を立ち上げます。

災害研究の成果を安心安全な社会の実現に結びつけるためには、国民のさまざまな層に対して、自然災害への理解を醸成し、いのちと地域を守る意識を啓蒙する必要があります。「防災教育推進部門」では、これまで行ってきた本学の学生を対象とした防災に関する講義科目の開講、小・中学生を対象とした津波避難訓練などの実践的安全教育の支援、防災士の養成などの取組み等を継続・強化するとともに、南西島弧地震観測所と一体となって次世代の火山研究者の育成にも取り組みたいと考えています。

現在の地域防災教育研究センターの活動は、特任教員の人件費も含め平成 28 年度から開始したプロジェクト研究「大規模火山噴火にレジリエントな地域社会の実現に向けた防災減災の取組み」で、支えられています。本プロジェクトで得られる成果及び技術は、最終的には鹿児島県と周辺地域の火山防災・火山減災に利活用されることを目標としています。そのために、県や市町村、気象台、民間の研究者・技術者からなる専門部会を組織し、連携を深めています。新組織の「社会実装推進部門」は、大規模火山噴火災害だけでなく、豪雨災害、土砂災害などの広範な災害事象について、防災関係各機関などとの連携を継承・深化させることを任務とします。

以上のような部門・分野構成で「鹿児島大学 地震火山地域防災センター」は、地震・火山災害をはじめとした防災研究・防災教育の中核的センターとして、地域から信頼される組織となるよう邁進したいと考えています。

平成 30 年 3 月



新しいセンターの組織図

## 組 織

センター長	浅野敏之（理工学域工学系教授と兼任）
教育部門長	小林励司（理工学域理学系准教授と兼任）
調査研究部門長	地頭菌隆（農水産獣医学域農学系教授と兼任）
地域連携部門長	安達貴浩（理工学域工学系教授と兼任） 下川悦郎（地域防災教育研究センター特任教授）
総合防災分野責任者	黒光貴峰（法文教育学域教育学系准教授と兼任）
水害・土砂災害分野責任者	寺本行芳（農水産獣医学域農学系准教授と兼任）
火山災害分野責任者	眞木雅之（地域防災教育研究センター特任教授） 石峯康浩（地域防災教育研究センター特任准教授）
地震・津波災害分野責任者	柿沼太郎（理工学域工学系准教授と兼任）
放射線災害分野責任者	松成裕子（医歯学域医学系教授と兼任）

（平成 30 年 3 月現在）

No.	職名	氏名	部局等名1	職名 (部局等)	運営委員	調査研究部門					教育 部門	地域連携 部門	
						総合防災	水害・土砂 災害	火山災害	地震・津波 災害	放射線災害			
1		下川 悦郎	防災センター	特任教授	○							○	
2	分野責任者:火山災害	眞木 雅之	防災センター	特任教授	○		○	○				○	
3		石峯 康浩	防災センター	特任准教授	○	○		○	○			○	
1		松田 忠大	法文教育学域/法文学系	教授		○							
2		森尾 成之	法文教育学域/法文学系	教授		○					○	○	
3		小林 善仁	法文教育学域/法文学系	准教授			○	○	○				
4		南 直子	法文教育学域/法文学系	助手		○							
5	分野責任者:総合防災	黒光 貴峰	法文教育学域/教育学系	准教授	○	○					○		
6		佐藤 宏之	法文教育学域/教育学系	准教授		○						○	
7		関山 徹	法文教育学域/教育学系	准教授		○					○		
8		松井 智彰	法文教育学域/教育学系	准教授				○					
9		福満 博隆	法文教育学域/教育学系	准教授		○							
10		深瀬 浩三	法文教育学域/教育学系	准教授		○			○				
11		後藤 和彦	理工学域/理学系	教授					○				
12		井村 隆介	理工学域/理学系	准教授		○	○	○	○		○	○	
13	教育部門長	小林 励司	理工学域/理学系	准教授	○				○		○	○	
14		八木原 寛	理工学域/理学系	助教				○					
15	センター長	浅野 敏之	理工学域/工学系	教授	○	○	○		○		○		
16	地域連携部門長	安達 貴浩	理工学域/工学系	教授	○		○					○	
17		武若 耕司	理工学域/工学系	教授		○							
18		本間 俊雄	理工学域/工学系	教授		○							
19		山口 明伸	理工学域/工学系	教授		○							
20	分野責任者:地震・津波	柿沼 太郎	理工学域/工学系	准教授	○	○	○		○		○	○	
21		齋田 倫範	理工学域/工学系	准教授			○						
22		酒匂 一成	理工学域/工学系	准教授			○	○	○			○	
23		佐藤 紘一	理工学域/工学系	准教授						○			
24		木村 至伸	理工学域/工学系	准教授					○				
25		審良 善和	理工学域/工学系	准教授		○			○				
26		長山 昭夫	理工学域/工学系	助教					○				
27		加古 真一郎	理工学域/工学系	助教		○							
28		小池 賢太郎	理工学域/工学系	助教		○			○				
29	調査研究部門長	地頭 蘭 隆	農水産獣医学域/農学系	教授	○	○	○	○					
30		寺岡 行雄	農水産獣医学域/農学系	教授		○	○						
31		岡 勝	農水産獣医学域/農学系	教授		○	○						
32		角 明夫	農水産獣医学域/農学系	准教授			○	○					
33		肥山 浩樹	農水産獣医学域/農学系	准教授			○						
34	分野責任者:水害・土砂	寺本 行芳	農水産獣医学域/農学系	准教授	○	○	○	○					
35		加治佐 剛	農水産獣医学域/農学系	准教授			○						
36		平 瑞樹	農水産獣医学域/農学系	助教		○	○		○			○	
37		西 隆一郎	農水産獣医学域/水産学系	教授			○						
38		鈴木 廣志	農水産獣医学域/水産学系	教授			○						
39		山本 智子	農水産獣医学域/水産学系	教授			○		○				
40		小澤 真	農水産獣医学域/獣医学系	准教授		○							
41		松鶴 彩	農水産獣医学域/獣医学系	准教授		○							
42		有田 和徳	医歯学域/医学系	教授		○							
43		乾 明夫	医歯学域/医学系	教授		○							
44		垣花 泰之	医歯学域/医学系	教授		○							
45		佐野 輝	医歯学域/医学系	教授		○							
46	分野責任者:放射線	松成 裕子	医歯学域/医学系	教授	○					○			
47		八代 利香	医歯学域/医学系	教授		○							
48		吉留 厚子	医歯学域/医学系	教授		○						○	
49		丸谷 美紀	医歯学域/医学系	教授		○	○	○	○	○			
50		吉浦 敬	医歯学域/医学系	教授						○			
51		宇都 由美子	医歯学域/医学系	准教授		○							
52		兒玉 慎平	医歯学域/医学系	講師		○							
53		稻留 直子	医歯学域/医学系	助教		○							
54		日隈 利香	医歯学域/医学系	助教		○							
55		森 隆子	医歯学域/医学系	助教		○							
56		馬嶋 秀行	医歯学域/歯学系	教授						○			
57		菊地 聖史	医歯学域/歯学系	教授		○							
58		田松 裕一	医歯学域/歯学系	教授	○	○							
59		速見 浩士	鹿児島大学病院	准教授		○							
60		田中 裕美(看)	鹿児島大学病院	副看護部長		○							
61		西郷 康正(放)	鹿児島大学病院	診療放射線技師長						○			
62		土橋 仁美(看)	鹿児島大学病院	看護師		○							
63		升屋 正人	学術情報基盤センター	教授		○					○	○	
64		尾上 昌平	研究支援センター	技術専門職員						○			
65		富永 茂人	かごしまCOCセンター	特任教授			○	○				○	
					(分野・部門別小計)	12	43	21	12	16	7	8	14
					(分野・部門別合計)	12		99				22	

## 目 次

平成 29 年度地域防災教育研究センター活動概要	1
平成 29 年度活動報告（教育部門）	5
平成 29 年度「鹿大防災セミナー」報告（調査研究部門）	9
平成 29 年度活動報告（地域連携部門）	11
[プロジェクト報告]	
火山観測用Kuバンド高速スキャンレーダ	17
眞木 雅之・高橋 忍・岡田 澄哉	
降灰写真を用いた簡易降灰量測定法の開発と実践	25
井村 隆介	
越流津波による都市型浸水シナリオの高精度化の試み	29
長山 昭夫	
地すべり地帯における農地地盤の地割れ調査と崩壊地盤の安定性評価	35
平 瑞樹・小林 樹生・田上 雄規・渡邊 剛	
原子力災害拠点病院としての当院の課題と今後の取り組みについて	43
土橋 仁美・松成 裕子	
火山ハザードマップのデジタル化に関する基本技術の確立	51
石峯 康浩	
赤潮災害対策としての UAV(無人航空機)による水域モニタリング手法の開発	57
西 隆一郎	
「ふるさとの記憶」を災害から守り、未来につなぐための教育普及活動 Part II	63
佐藤 宏之・土居 祐綺・矢野 真帆	
桜島から噴出する火山灰の構成鉱物に関する研究（2017 年 3 月～10 月）	
一地域の自然環境を深く正確に理解した力量ある理科教員の養成	69
松井 智彰・足立 稜太	
大規模災害時の歯科的身元確認業務に関する支援体制と教育体制の強化	77
田松 裕一	
海底面の変動により生成される津波	83
柿沼 太郎・鶴留 悠暉	

鹿児島県における原子力災害医療体制整備のための事業 —日本における原子力災害医療体制に関する実態調査—	89
	松成 裕子・吉永 健嗣

[イベントポスター関連]

防災シンポジウム 「熊本地震に関する鹿児島大学の活動報告」	97
原子力災害対応セミナー 「福島の震災から災害支援について考える」	99
福島医科大学出前講座 「ヘルスリテラシー— すぐに使える健康情報を伝える知識と技術」	101
平成29年度 防災・日本再生シンポジウム 「桜島大規模噴火を想定した災害医療体制の構築」	103
防災ワークショップ 「原子力災害時の防災」	105
平成29年度 防災ワークショップⅡ 「大規模火山噴火に備える地域防災」	107
[防災関連の論文について] (論文名・著者名・掲載誌名・巻・頁)	109

## 平成 29 年度地域防災教育研究センター活動概要

### 1. 防災セミナーの開催

本センターでは3か月おきに学内外から講師を招いて防災セミナーを実施している。セミナーは学内外に公開している。平成29年度においては、第16回から第19回まで4回のセミナーが開催された。

#### (1) 第16回セミナー

開催日 平成29年6月23日(金)

演題・講師 累積的損傷を受ける構造物の対震性能評価 木村至伸  
地震による地盤災害～液状化と斜面崩壊～ 酒匂一成

#### (2) 第17回防災セミナー

開催日 平成29年8月8日(火)

演題・講師 原子力災害による健康影響—福島県の現状について— 土橋仁美  
鹿児島県における保健師の放射線に関する実態調査から 松川京子  
噴煙柱崩壊で火砕流が発生する物理条件に関する理論・観測研究 石峯  
康浩

#### (3) 第18回防災セミナー

開催日 平成29年11月6日(月)

演題・講師 KTS防災プロジェクト イザ!カエルキャラバン 渡司陵太  
リスクコミュニケーション～桜島大噴火を例に 桐野秀吾

#### (4) 第19回防災セミナー

開催日 平成30年2月22日(木)

演題・講師 擁壁崩壊にともなう地盤内の変形メカニズムの評価 平 瑞樹  
鹿児島県で発生した種々の地すべり事例 三田和朗

### 2. シンポジウム等の開催

平成29年度に本センターが開催したシンポジウム等は以下の通りである。

#### (1) 防災シンポジウム「熊本地震に関する鹿児島大学の活動報告」

主催 地域防災教育研究センター

開催日 平成29年4月8日(土)

会場 鹿児島大学稲盛会館(郡元キャンパス)

#### (2) 原子力災害対応セミナー「福島の震災から災害支援について考える」

主催 公益財団法人原子力安全協会(地域防災教育研究センター共催)

開催日 平成29年9月18日(月)

会場 鹿児島大学医学部共通教育棟 401 教室（桜ヶ丘キャンパス）

(3) 福島医科大学出前講座「ヘルスリテラシー すぐに使える健康情報を伝える知識と技術」

主催 鹿児島大学医学部（福島県立医科大学医学部健康リスクコミュニケーション講座及び地域防災教育研究センター共催）

開催日 平成 29 年 10 月 10 日（火）

会場 鹿児島大学桜ヶ丘共通教育棟 501 教室（桜ヶ丘キャンパス）

(4) 平成 29 年度防災・日本再生シンポジウム「桜島大規模噴火を想定した災害医療体制の構築」

主催 地域防災教育研究センター

開催日 平成 29 年 12 月 2 日（土）

会場 鹿児島大学医学部鶴陵会館（桜ヶ丘キャンパス）

(5) ワークショップ「原子力災害時の防災」

共催 環境省、地域防災教育研究センター

開催日 平成 30 年 2 月 12 日（月）

会場 鹿児島大学医学部共通教育棟インテリジェント（桜ヶ丘キャンパス）

(6) ワークショップ「大規模火山噴火に備える地域防災」

共催 鹿児島大学地域防災教育研究センター、次世代代安心・安全フォーラム

開催日 平成 30 年 3 月 3 日（土）

会場 鹿児島大学稲盛会館（郡元キャンパス）

### 3. 学内における防災教育および防災に関する研修会等の実施

共通教育および教員免許状更新講習において防災に関する科目を提供するとともに、防災士養成等に取り組んでいる。

(1) 共通教育の提供

共通教育科目 2 科目の実施

いのちと地域を守る防災学Ⅰ（前期毎週）

いのちと地域を守る防災学Ⅱ（後期毎週）

(2) 防災士養成の取り組み

防災士資格取得試験対策講座の実施

日本防災士機構による防災士資格取得試験の実施（年 1 回）

(3) 平成 29 年度免許状更新講習の開設

開設講習名 地域防災の最前線

平成 29 年 8 月 8 日実施

#### 4. 地域との連携による事業の実施

(1) 大規模火山噴火にレジリエントな地域社会の実現に向けた防災・減災の取組専門部会の開催

平成30年2月20日第2回専門部会を開催した。

(2) 大規模火山噴火にレジリエントな地域社会の実現に向けた防災・減災の取組専門部会ワーキンググループの設置と開催

大規模火山噴火にレジリエントな地域社会の実現に向けた防災・減災の取組専門部会の下に、本年度は大規模火山噴火と関連現象ワーキンググループ(WG1)と、大噴火時における交通被害ワーキンググループ(WG3)を設け、大規模火山噴火に備える防災減災について検討を開始した。開催日とテーマは以下の通り。

##### ① WG1

第1回 平成29年5月19日開催、演題・講師 桜島火山、歴史時代の大噴火の推移  
小林哲夫

第2回 平成29年6月30日開催、演題・講師 気象レーダを用いた噴煙雲の監視 -  
鹿児島大学の取り組み - 真木雅之

第3回 平成29年7月28日開催、演題・講師 桜島大正噴火を想定した降灰シミュ  
レーション 新堀敏基

第4回 平成29年9月29日開催、演題・講師 火山噴火の健康影響に関する基礎知  
識 石峯康浩

第5回 平成29年10月13日開催、演題・講師 降灰ナウキャスト開発に向けた事前  
調査 - 降水ナウキャスト予測法のレビュー

第6回 平成29年12月15日開催、演題・講師 火山噴火に伴う侵食と土砂流出  
寺本行芳

第7回 平成30年1月26日開催、離島の火山：歴史時代の特徴的な噴火

##### ② WG3

第1回 平成29年6月30日開催、議題 活動方針の確認、WGの進め方、多量降灰  
が道路に及ぶ影響、道路走行実験

第2回 平成29年7月28日開催、議題 道路啓開手法の検討、車両走行実験案の検  
討、その他

第3回 平成29年8月25日開催、議題 海上交通が有する課題と検討中対策素案、  
多量降灰後の道路交通特に車両の走行実験、噴火前の道路交通止めに関する  
法、道路啓開案、その他

第4回 平成29年9月29日開催、議題 時間計画(タイムライン)、軽石の処分場所  
(錦江湾沿岸)、木造建築物の多量降灰による倒壊の可能性、WG3の到着地  
点と対象範囲、その他

第5回 平成29年10月13日開催 議題 レポート作成方針の検討、軽石処分地の検

討、行動時間計画の検討、その他

第6回 平成29年11月20日開催 議題 道路啓開準備のスタート時期検討、これまでの委員会検討内容の更新、その他

第7回 平成29年12月15日開催 議題 道路啓開・復旧を実施する場合の現状の課題検討、平成30年度の方針確認

第8回 平成30年1月26日開催、道路啓開・復旧作業の実施法検討、その他

(3) 文部科学省実践的防災教育総合支援事業の支援

県教育委員会「防災教育モデル実践事業」（文部科学省「実践的防災教育総合支援事業」委託）において、県・市町教育委員会からの要請を受けてモデル校へ防災教育アドバイザーの派遣および防災実践指導を行っている。平成29年度は指宿市と大崎町で実施した。

## 5. 調査研究の実施

(1) 火山観測用 Ku バンド高速スキャンレーダによる降灰観測

2017年2月桜島に火山観測用レーダを桜島に設置した。調整を経て、2017年4月から負荷試験を開始し、観測を継続している。

(2) 総合防災データベースの改良と活用

文部科学省地域防災対策支援研究プロジェクト事業「南九州における地域防災支援データベースの構築」（平成25年度から平成27年度）を継承するもので、引き続き資料の収集と登録作業、外部公開のためにデータベースの改良を行った。

また、平時の防災啓発として、デジタルサイネージによる情報発信を行った。

(3) 外部機関との共同研究

気象庁気象研究所「気象レーダを活用した火山噴煙に関する研究」（平成26年4月から平成29年3月）を継続して実施した。

日本気象協会「マルチパラメータレーダの観測精度向上及び観測データを用いた短時間気象予測に関する研究」（平成25年3月から平成29年3月）を継続して実施した。

## 6. その他

(1) 企業等からの相談等

自然災害に対する事業継続計画（BCP計画）策定をはじめとした企業等の防災活動についての相談やセンター訪問等に応じた。

(2) 国分高等学校の生徒が訪問

平成29年7月24日（月）、国分高等学校理数科2年生9名を受け入れた。これは、科学技術振興機構の支援事業「中高生の科学研究実践活動推進プログラム」に採択された国分高等学校の「主体的な科学研究実践活動を推進」に伴い実施されたもので、眞木雅之センター特任教授が科学研究の進め方や実験技術等について助言を行った。

# 平成 29 年度 活動報告

教育部門

## 1. はじめに

本人の防災力の向上や、地域防災に貢献する人を育てることを目的として、共通教育科目において科目を提供している。地域社会貢献のために、公開授業にも提供されており、一般社会人の受講も可能となっている。

これらの共通教育科目は「防災リーダーの育成」に関わる「防災士」養成の研修講座としても認定されている。これらの単位取得および別途救命講習の修了証取得によって、防災士の資格取得試験を受験できる。救命講習と資格取得試験も教育部門で準備し、実施している。

本年度も、教員免許状所持者のための教員免許状更新講習も開設し、実施した。

以上については、来年度も引き続き実施するため、その準備作業も行った。

## 2. 共通教育科目 2 科目の提供（公開授業にも提供）

### (1) いのちと地域を守る防災学 I (Disaster mitigation to guard lives and communities I)

開講期：前期／講義形式／2 単位／大分類：教養教育科目(教養活用科目)／小分類：統合 I(課題発見)／受講対象：全学部／担当教員：小林励司他 13 人

#### 授業概要：

授業では、自然災害やその対策について正しい知識を持つと同時に、地域自治体や防災組織が現在行っている防災への取り組みや新しい技術を理解し、災害時にはいのちを自ら守ることができ、かつ支援やボランティア活動を担うことのできる態度・志向性を獲得することを目的とする。この講義は、自然・人文に及ぶ複合的・総合的な「防災学」のかなりの範囲を網羅するものであり、本学のさまざまな学部・大学院・教育研究施設に所属する「防災学を専門とする教員」がそれぞれの得意分野をオムニバス形式で担当講義する。

後期の「いのちと地域を守る防災学 II」と対になる構成となっており、前期の本授業では、災害を知り、それに対する対処・対策を考えることに重きが置かれている。なお、この授業の概要・性格から本授業は、「防災士」受験資格取得科目の 1 つとなっている。

#### 学習目標：

1. さまざまな自然災害の発生のしくみを始めとして、防災にかかわる知識や技術などを理解し、災害種ごとに説明できる。
2. 災害種ごとに一般的な対策・対処のしかたを理解し、地域の特性に応じておおよそ適当な対策などを選択できる。
3. 万が一に災害が生じた場合、いのちを自ら守ることができ、かつ支援やボランティア活動を担うことのできる態度・志向性を獲得する。

#### 授業内容と担当者：

1. 講義の目的/防災士とは/近年の自然災害に学ぶ (理工学研究科;小林励司)
2. 鹿児島自然災害史 (理工学研究科;井村隆介)
3. 津波のしくみと被害 (理工学研究科;柿沼太郎)
4. 避難と避難行動 (理工学研究科;浅野敏之)
5. 風水害と対策 (理工学研究科;安達貴浩)
6. 社会基盤の地震被害 (理工学研究科;木村至伸)
7. 災害と健康支援 (医学部;丸谷美紀)
8. 島嶼災害と対策 (地域防災教育研究センター;下川悦郎)
9. 土砂災害と対策 (農学部;地頭蘭隆)
10. 地震のしくみと被害 (理工学研究科;小林励司)
11. 火山噴火のしくみと被害 (理工学研究科;八木原寛)

12. 歴史災害に学ぶ防災意識（教育学部;佐藤宏之）
13. 自然体験活動と防災及び避難生活者の健康づくり支援について(教育学部;福満博隆)
14. 中山間地域における地盤災害と農地復旧対策（農学部;平瑞樹）
15. 学校教育における防災教育の実情と課題（教育学部;黒光貴峰）

## (2) いのちと地域を守る防災学 II (Disaster mitigation to guard lives and communities II)

開講期：後期／講義形式／2 単位／大分類：教養教育科目(教養活用科目)／小分類：統合 II(課題解決)／受講対象：全学部／担当教員：小林励司他 11 人

### 授業概要：

授業では、自然災害やその対策について正しい知識を持つと同時に、地域自治体や防災組織が現在行っている 防災への取り組みや新しい技術を理解し、災害時にはいのちを自ら守ることができ、かつ支援やボランティア活動を担うことのできる態度・志向性を獲得することを目的とする。この講義は、自然・人文に及ぶ複合的・総合的な「防災学」のかかなりの範囲を網羅するものであり、本学のさまざまな学部・大学院・教育研究施設に所属する「防災学を専門とする教員」がそれぞれの得意分野をオムニバス形式で担当講義する。

前期の「いのちと地域を守る防災学 I」と対になる構成となっており、後期の本授業では、災害にかかわる情報を知り、新たな減災や危機管理の手法を身に着けることに重きが置かれている。また、鹿児島市消防局、鹿児島地方气象台、県危機管理課、県原子力安全対策課からの授業を用意しており、行政の防災関係機関の現場対応などを知ることができる。なお、この授業の概要・性格から本授業は、「防災士」受験資格取得科目の 1 つとなっている。

### 学習目標：

1. 災害にかかわる情報の種類やその発信・入手方法の概要を理解し、災害種や災害ステージ等に応じてそれらを説明できる。
2. 新たな減災や危機管理の手法を一般的なレベルで理解し、地域の特性に応じておおよそ適当な手法を選択できる。
3. 万が一に災害が生じた場合、いのちを自ら守ることができ、かつ支援やボランティア活動を担うことのできる態度・志向性を獲得する。

### 授業内容と担当者：

1. 講義の目的/災害と流言・風評(理工学研究科;小林励司)
2. 地震に関する知見・情報(理工学研究科;小林励司)
3. 気象災害の監視と予測(地域防災教育研究センター;眞木雅之)
4. ト라우マの理解と心理的ケア I(教育学部;関山徹)
5. ト라우マの理解と心理的ケア II(教育学部;関山徹)
6. 鹿児島県の災害と危機管理(鹿児島県危機管理防災課;小田健治)
7. 災害報道・リスクコミュニケーション(南日本新聞;桐野秀吾)
8. 自然災害に対する行政の危険防止責任(法文学部;森尾成之)
9. ハザードマップ(理工学研究科;井村隆介)
10. 大規模災害と情報通信 I(学術情報基盤センター;升屋正人)
11. 大規模災害と情報通信 II(学術情報基盤センター;升屋正人)
12. 地域の復旧と復興(法文学部;小林善仁)
13. 鹿児島県の原子力防災対策(鹿児島県原子力安全対策課;西博夫)
14. 火山の監視と防災情報(鹿児島地方气象台;森博一)
15. 福島第Ⅰ原発事故の概要と放射線による健康影響(福島県Ⅰ医科Ⅰ学;佐藤久志)

## 3. 防災士養成の取り組み

### (1) 研修講座相当(認定)の共通教育科目の提供

2. の共通教育科目 2 科目について、日本防災士機構に研修講座相当と認定してもらう手続きを行った。

### (2) 救命講習会の実施

防災士資格取得のために、指定された救命講習を修了する必要がある。今年度は、鹿児島市消

防局に普通救命講習 1 を依頼し、実施した。

「普通救命講習 1」

日時：2018 年 1 月 12 日（金）9:30～12:30

場所：鹿児島大学理学部 2 号館 214 号講義室

内容：救命措置（胸骨圧迫・人工呼吸・AED 使用）の実習、異物除去・回復体位の演習解説

講師：鹿児島市消防局甲南分遣隊の消防士 2 人

受講者：防災士資格取得希望者 12 人・教員 1 人

### (3) 防災士資格取得試験対策

防災士資格取得試験は、『防災士教本』の内容に基づいて行われる。2. の共通教育科目 2 科目では網羅できない部分があるため、その部分の学習が必要となる。

今年度は、社会人が多く日程調整が難しかったため、講義形式にはせず、レポート課題を出すことで試験対策とした。

### (4) 防災士資格取得試験の実施（原稿提出時では予定）

日時：2018 年 2 月 17 日（土）14:00～15:00

場所：鹿児島大学理学部 2 号館 214 号講義室

実施者：日本防災士機構

受講者：防災士資格取得希望者 12 人

## 4. 教員免許状更新講習の開設

開設講習名：地域防災の最前線

実施日：平成 29 年 8 月 8 日

講師：下川悦郎、眞木雅之、柿沼太郎

# 平成 29 年度「鹿大防災セミナー」報告

調査研究部門

防災に関する教育・研究や行政等の取り組みについて、本センターに係わる教職員および関係機関の情報交換や交流を目的に平成 25 年度から「鹿大防災セミナー」を実施している。以下、平成 29 年度に開催した第 16 回から第 19 回の概要を報告する。

## 第 16 回 平成 29 年 6 月 23 日（金）（担当：地震・津波災害分野 柿沼太郎 准教授）

講演

「累積的損傷を受ける構造物の耐震性能評価」

理工学域工学系 木村至伸氏

「地震による地盤災害～液状化と斜面崩壊～」

理工学域工学系 酒匂一成氏

概要

木村氏は、構造物の耐震設計について解説するとともに、平成 16 年の新潟県中越地震や平成 28 年熊本地震のように、本震とそれに引き続いて発生する余震によって累積的損傷を受ける構造物の耐震性能評価の手法などについて講演した。酒匂氏は、液状化の被害事例やメカニズム、対策について解説するとともに、地震による斜面崩壊の発生事例などについて紹介した。セミナーには、教職員、学生のほか、鹿児島地方気象台などの学外関係者を含めて 43 名が参加した。



質疑応答の様子

## 第 17 回 平成 29 年 8 月 8 日（火）（担当：放射線災害分野 松成裕子 教授）

講演

「原子力災害による健康影響—福島県の現状について—」 鹿児島大学病院看護部 土橋仁美氏

「鹿児島県における保健師の放射線に関する実態調査から」

メディポリス国際陽子線治療センター 松川京子氏

「噴煙柱崩壊で火砕流が発生する物理条件に関する理論・観測研究」

地域防災教育研究センター 石峯康浩氏

## 概要

土橋氏は、東京電力福島第一原子力発電所事故とそれによる放射線防護対策について解説するとともに、県民健康調査（外部被ばく線量の推計、甲状腺検査、健康診査など）について紹介し、複合災害による混乱が住民の不安や不信感を増幅させたこと、放射線被害とその防護対策に関する認識が不十分であったこと、リスクコミュニケーションの重要性を指摘した。松川氏は、県内外の保健師を対象に実施したアンケート調査結果について紹介、県間また市町村間で保健師の放射線に関する知識や認識に差が認められること、その差は原子力発電所の立地場所と関係し、放射線に関する教育や訓練が影響していることなどを報告した。石峯氏は、大規模な火山噴火で発生し、柱状に成層圏まで立ち昇る噴煙柱と、その噴煙から発生する火砕流の発生メカニズムについて説明するとともに、これらのメカニズムを解明するための物理モデルの開発状況と、そのモデルによる予測を検証するためのレーダーによる噴煙観測の有用性について紹介した。セミナーには、教職員、学生のほか、鹿児島地方気象台などの学外関係者を含めて44名が参加した。



土橋氏の講演の様子

## 第18回 平成29年11月6日（月）（担当：総合防災分野 黒光貴峰 准教授）

### 講演

「KTS防災プロジェクト イザ！カエルキャラバン」

KTS 鹿児島テレビ 渡司陵太氏

「リスクコミュニケーション～桜島大噴火を事例に」

南日本新聞社 桐野秀吾氏

## 概要

渡司氏は、KTS 防災プロジェクト「イザ！カエルキャラバン！」を紹介し、災害の多い鹿児島の放送局として防災を伝える様々な工夫について講演した。桐野氏は、イギリス留学で学んだ危機管理を基に、防災報道の役割と課題を整理し、桜島大噴火に備えてリスクコミュニケーションの重要性について講演した。セミナーには、教職員、学生のほか、鹿児島地方気象台などの学外関係者を含めて48名が参加した。

## 第19回 平成30年2月22日（木）（担当：水害・土砂災害分野 寺本行芳 准教授）

### 講演

「擁壁崩壊にともなう地盤内の変形メカニズムの評価」

農学系 平 瑞樹氏

「鹿児島県で発生した種々の地すべり事例」

(株) ホウセイ・技研 三田和朗氏

# 平成 29 年度 活動報告

地域連携部門

## 1. はじめに

地域連携部門では、地方自治体等学外の組織や個人と連携して、シンポジウムやワークショップ等の開催を通じ、防災減災策の検討、防災啓発活動等に取り組んだ。また、防災に関する外部からの問い合わせや相談に応じた。以下は主な活動の報告である。

## 2. シンポジウム等の開催

### (1) 防災シンポジウム「熊本地震に関する鹿児島大学の活動報告」

2018年4月8日(土)、防災シンポジウム「熊本地震に関する鹿児島大学の活動報告」(地域防災教育研究センター主催)を鹿児島大学稲盛会館で開催した。学内外から140名の参加があった。

このシンポジウムは、本学の多くの教員が取り組んだ熊本地震に関する調査・研究活動を市民に紹介するとともに、得られた知見や教訓を地域の防災に活かすことを目的として開催された。

高松英夫理事(研究担当)の開会挨拶の後、小林励司准教授(教育部門長)の進行のもと、山成實教授(熊本大学)の招待講演を皮切りに本学の教員6名が調査結果を報告した。会場からは活発な意見や質問が出された。最後に、浅野敏之地域防災教育研究センター長の閉会挨拶があり、参加者にとって地震災害とその防災について考える貴重な機会となった。

### (2) 原子力災害対応セミナー「福島の震災から災害支援について考える」

平成29年9月18日(月)鹿児島大学医学部共通教育棟401教室(桜ヶ丘キャンパス)で、「原子力災害対応セミナー」(公益財団法人原子力安全協会主催、地域防災教育研究センター共催)が開催された。医学部保健学科の学生に加え、大学病院の診療放射線技師や看護師、市内の医療系専門学校の診療放射線技術科の教員、診療放射線技師の24名の参加があった。

このセミナーでは、長崎大学医歯薬学総合研究科の吉田浩二准教授が「福島の震災から、災害支援について考える」と題して、「医療を学ぶ学生は何をすべきか、何ができるのか」について、東京電力福島第一原子力発電所事故での自身の経験をもとに看護職の立場から講演した。

### (3) 福島医科大学出前講座「ヘルスリテラシー すぐに使える健康情報を伝える知識と技術」

平成29年10月10日(火)鹿児島大学桜ヶ丘共通教育棟501教室(桜ヶ丘キャンパス)

で、文部科学省リスクコミュニケーションモデルの形成事業として、福島県立医科大学出前講座ヘルスリテラシー「すぐ使える健康情報を伝える知識と技術」（医学部主催、福島県立医科大学医学部健康リスクコミュニケーション講座および鹿児島大学地域防災教育研究センター共催）が開催された。医学部の学生、大学院生に加え、教員からの20名の参加があった。

福島県立医科大学総合科学教育研究センター 後藤あや教授によるヘルスリテラシーに関する講義と、スマホアプリを使ったヘルスリテラシー評価についての実習があり、参加者はリスクコミュニケーションについて、具体的に学ぶことができた。

#### （4）平成29年度防災・日本再生シンポジウム「桜島大規模噴火を想定した災害医療体制の構築」

12月2日（土）鹿児島大学医学部鶴陵会館（桜ヶ丘キャンパス）において、平成29年度防災・日本再生シンポジウム「桜島大規模噴火を想定した災害医療体制の構築」（主催 地域防災教育研究センター、共催 一般社団法人国立大学協会、鹿児島救急医学会）が開催され、自治体の防災関係者、医療関係者、鹿児島地方気象台職員、学内教職員、学生など104名が参加した。

シンポジウムは、松成裕子 地域防災教育研究センター放射線災害分野責任者（鹿児島大学医歯学域医学系教授）の司会でプログラムに沿って進められた。冒頭、高松英夫 理事から主催者として開会挨拶があり、続いて一般社団法人国立大学協会の山本健慈 専務理事から共催者として来賓挨拶があった。

次いで、2つの講演があった。小林 哲夫 鹿児島大学名誉教授は、「桜島大規模噴火とその被害」と題して、歴史時代に起こった桜島の4大噴火（天平宝字、文明、安永、大正）の火山学的特徴と噴火被害について話した。石峯康浩 鹿児島大学地域防災教育研究センター特任准教授は、「大規模噴火時に求められる保健医療支援」と題して、火山噴火による人的被害の発生状況、人的被害の特徴、被害発生時の保健医療対策について話した。パネル討論に入って先ず、垣花泰之 鹿児島大学病院救命救急センター長から、パネル討論における想定噴火シナリオと話題提供者への要望（組織における災害対策の現状、桜島大規模噴火への対応状況、今後の課題）について説明があった。

続いて、岩松洋一 鹿児島県保健福祉部地域医療整備課長が桜島大規模噴火に対する県の災害医療の取り組みについて、松下剛 鹿児島市消防局警防課長が鹿児島市の桜島噴火災害対策と消防部局の防災対応について、吉原秀明 鹿児島市立病院救命救急センター長が病院における噴火災害対応について、有村敏明 パールランド病院名誉院長が県医師会としての災害医療対応について、宇田英典 鹿児島県保健福祉部医療審議監（兼）伊集院保健所長が大規模災害時における保健所の役割と活動について、それぞれ話題提供を行った。

パネル討論は垣花泰之を進行役として、上記の話題提供者に小林哲夫、石峯康浩の両氏も加わり、「桜島大規模噴火シナリオと時間軸から見た災害医療」をテーマにして行なわ

れた。進行役からの問いかけに対し、パネリストから多くの意見が出された。会場の参加者からも多数の意見が寄せられ、活発な議論となった。

最後に、浅野敏之 地域防災教育研究センター長の閉会挨拶でシンポジウムを閉じた。

(5) ワークショップ「原子力災害時の防災」(開催予定)

平成30年2月12日(月)鹿児島大学医学部共通教育棟インテリジェント(桜ヶ丘キャンパス)で、防災ワークショップ「原子力災害時の防災」(主催 環境省、地域防災教育研究センター)を開催する。

このワークショップは2部から構成される。第1部では「何が起きたのか」、福島第一原子力発電所事故を踏まえ鹿児島県の原子力防災への備えや食の安全に関する取組について、第2部では「我々は何をすべきか」、原子力発電所事故への対応、また備えるべき放射線の知識の講話やリスクコミュニケーションについて、福島で活動された専門家が講演し、原子力災害の防災方策について考える。

(6) 防災ワークショップⅡ：大規模火山噴火に備える地域防災(開催予定)

主催 総務省 安全安心フォーラム、地域防災教育研究センター

開催日 平成30年3月3日(土)

会場 鹿児島大学稲盛会館(郡元キャンパス)

### 3. 地域との連携による事業の実施

(1) 大規模火山噴火にレジリエントな地域社会の実現に向けた防災・減災の取組

専門部会の開催

平成30年2月20日(火)、大規模火山噴火にレジリエントな地域社会の実現に向けた防災・減災の取組専門部会が開催された。

(2) 大規模火山噴火にレジリエントな地域社会の実現に向けた防災・減災の取組専門部会ワーキンググループの設置と開催

大規模火山噴火にレジリエントな地域社会の実現に向けた防災・減災の取組専門部会の下に、平成29年度は大規模火山噴火と関連現象ワーキンググループ(WG1)と、大噴火時における交通被害ワーキンググループ(WG3)を設置し、大規模火山噴火災害の仕組み、防災減災策について検討を開始した。WG1では噴火シナリオや噴火関連現象、降灰の定量的予測等について検討するとともに、ワーキンググループ全体の検討結果を総括することとしている。WG3は火山噴火と噴火関連現象が交通に与える被害の評価と軽減策、道路啓開等について検討している。なお、生命と暮らしワーキンググループ(WG2)と産業ワーキンググループ(WG4)については、次年度以降の設置を予定している。

(3) 文部科学省実践的防災教育総合支援事業の支援

県教育委員会「防災教育モデル実践事業」(文部科学省「実践的防災教育総合支援事業」委託)において、県・市町教育委員会からの要請を受けてモデル校へ防災教育アドバイザーの派遣および防災実践指導を行っている。平成29年度は指宿市と大崎町で実施した。

### ① 大崎町実践的安全教育総合支援事業

拠点校である大崎町立大丸小学校、連携校である大崎町立菱田小学校、大崎中学校を中心に、大崎町役場、志布志消防署、鹿児島県教育庁、大崎町教育委員会、鹿児島地方気象台、鹿児島大学地域防災教育研究センターで組織され、下記の様な活動を実施した。本センターからは浅野敏之センター長と井村隆介理工学研究科准教授が参加した。

#### 第1回推進委員会

平成29年8月18日(金) 10時30分～12時00分 大崎町中央公民館 第一会議室

#### 第2回推進委員会

平成29年10月28日(土) 12時00分～16時00分 大崎町中央公民館および大崎町役場駐車場

当日、大崎町教育委員会主催、鹿児島大学地域防災教育研究センター後援で「みんなで話し合う防災サミットー自分の命は自分で守る 自助のための対策」を開催した。鹿児島地方気象台などの出前講座、体験活動、大丸小学校、菱田小学校、大崎中の児童・生徒の発表、井村隆介准教授による基調講話があり、244名の参加があった。

#### 第3回推進委員会



平成30年2月7日(水) 14時00分～16時00分 大崎町中央公民館 第一会議室

### ② 指宿市実践的安全教育総合支援事業

本事業の委員会は、鹿児島大学地域防災教育研究センター、鹿児島大学大学院理工学研究科、鹿児島地方気象台、指宿市立学校、鹿児島県教育庁、指宿市役所、指宿市校区公民館で組織され、下記の様な活動を実施した。本センターからは、柿沼太郎理工学研究科准教授が参加した。

#### 第1回推進委員会

平成29年6月16日(金) 13時00分～14時30分 指宿市役所 3F 大会議室 A

指宿小学校地震・津波避難訓練及び職員研修

平成29年6月26日(月) 13時35分～16時45分 指宿市立指宿小学校・避難場所

まず、指宿小学校全校と、隣接するみどり幼稚園全園による、近くの高台までの地震・津波避難訓練が実施された。次に、避難訓練の反省点等に関して研究協議が行われ、指導助言があった。そして、柿沼太郎准教授による指導講話があった。

#### 指宿市校長研修会

平成 29 年 8 月 29 日（火）13 時 10 分～16 時 40 分 指宿市役所 3F 大会議室 A

指導講話、指宿市長講話、研究協議等の後、柿沼太郎准教授による講話があった。

#### 指宿市立丹波小学校防災教育実践報告会

平成 30 年 1 月 26 日（金）13 時 50 分～16 時 40 分 指宿市立丹波小学校

まず、指宿小学校教員により、「災害から身を守る」と題した公開授業が、第 6 学年の学級活動として実施された。次に、全体会 I において、実践報告、授業研究、研究協議及び指導助言が行われた。そして、全体会 II において、柿沼太郎准教授による指導講話があった。

#### （4）他機関との共同研究等

気象庁気象研究所「気象レーダを活用した火山噴煙に関する研究」（平成 26 年 4 月から平成 29 年 3 月）、および一般財団法人日本気象協会 「マルチパラメータレーダの観測精度向上及び観測データを用いた短時間気象予報に関する研究」（平成 27 年 4 月から平成 28 年 3 月）が継続して実施された。

## 4. 外部からの問い合わせや相談、訪問への対応

自然災害に対する事業継続計画（BCP 計画）策定をはじめとした企業等の防災活動についての相談やセンター訪問に応じた。

に応じた。

#### （1）企業等からの相談等

自然災害に対する事業継続計画（BCP 計画）策定をはじめとした企業等の防災活動についての相談やセンター訪問等に応じた。

#### （2）国分高等学校の生徒が訪問

平成 29 年 7 月 24 日（月）、国分高等学校理数科 2 年生 9 名を受け入れた。これは、科学技術振興機構の支援事業「中高生の科学研究実践活動推進プログラム」に採択された国分高等学校の「主体的な科学研究実践活動を推進」に伴い実施されたもので、眞木雅之センター特任教授が科学研究の進め方や実験技術等について助言を行った。

# 火山観測用 Ku バンド高速スキャンレーダ

眞木雅之<sup>1</sup>・高橋忍<sup>1</sup>・岡田澄哉<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 鹿児島大学地域防災教育研究センター

<sup>2</sup> NPO 法人雷嵐

## 1 はじめに

大規模火山噴火に伴って発生する火砕流や放出される降下火砕物はその地域の住民の生命・財産に直接的な被害をもたらす。また、交通や通信などのインフラを麻痺させ地域社会の日常生活や経済を破壊する。加えて、噴火と同時にあるいは前後して豪雨が発生すると、火砕物は洪水や土石流などの複合災害を引き起こす。これらの事態に対処するためには、火山噴火に伴って放出される火砕物を定量的に把握し、その情報を防災・減災対策に利用することが求められている。従来の観測では目視、監視カメラ、衛星などが用いられてきた（気象庁ホームページ）。このような受動的な観測機器は、定量的な観測や悪天時・夜間の観測には限界があった。近年の国内外の研究から火砕物の定量的な評価に気象レーダが有効であることがわかってきた。このような状況を踏まえて、鹿児島大学地域防災教育研究センターでは中期計画「大規模火山噴火にレジリエントな地域社会の実現に向けた取組」（2016～2021年）の中で、火山観測用 Ku バンド高速スキャンレーダを整備し、大規模噴火の発生時には、機動的なレーダ観測により得られる火砕物の情報を国や地方自治体の防災担当者に配信し、地域住民の避難・帰宅やライフラインを維持する作業員の安全確保に役立てるための研究を行っている。以下、レーダの概要、製作までの経過、運用計画、観測例について述べる。

## 3. レーダの製作経過と中期運用計画

本レーダシステムは平成 27 年度の補正予算で認められ、平成 28 年度内の完成を目指して同年 8 月にレーダの製作を開始した。当初計画通り、当該レーダは平成 29 年 3 月に完成した。その後、鹿児島県の桜島に設置され、同年 4 月から試験運用を開始した。本レーダの無線局は実験局として総務省により 2 月に予備免許が与えられ、3 月に無線局開設が認可された。当面 5 年間の運用は九州地方の 7 つの活火山を想定している（表 3）。これらの火山は、火山噴火予知連絡会により火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要だとされた 50 の火山に含まれる。表 3 のレーダ設置場所は過去に噴火した火口、あるいは現在、噴煙を挙げている火口が大噴火すると仮定した場合の候補地である。観測スケジュールは各火山の噴火状況によっては変更することがある。また、一般に、噴火する火口を事前に特定することは困難であり、実際の運用では、噴火場所に応じて、安全のためにレーダの設置場所を変更する場合がある。

## 2. 火山観測用 Ku バンド高速スキャンレーダの概要

歴史的には波長が Ku バンドの気象レーダは X バンドや C バンドの気象レーダほど一般的ではないが、周波数の有効利用という観点から、雷雲観測を目的に大阪大学と住友電工により開発された（今井ほか 2008, Yoshikawa et al. 2010）。更に、ゲリラ豪雨観測のためのレーダネットワークの開発が進められた（Yoshikawa 2011）。鹿児島大学では、当該レーダの特長である高速スキャン、高分解能を活かし、かつ、

火山噴火を機動的に観測できるようにレーダを改良した。写真 1 に火山観測用 Ku バンド高速スキャンレーダの概観を示す。写真 2 はレーダコンテナ内に固定された機器類である。表 1 にレーダの主な仕様を示す。各機器類の接続図を図 1 に、データの作成から保存の流れを図 2 に示す。



写真 1 火山観測用 Ku バンド高速スキャンレーダ (KuRAD) の概観



写真 2 KuRAD コンテナの様子

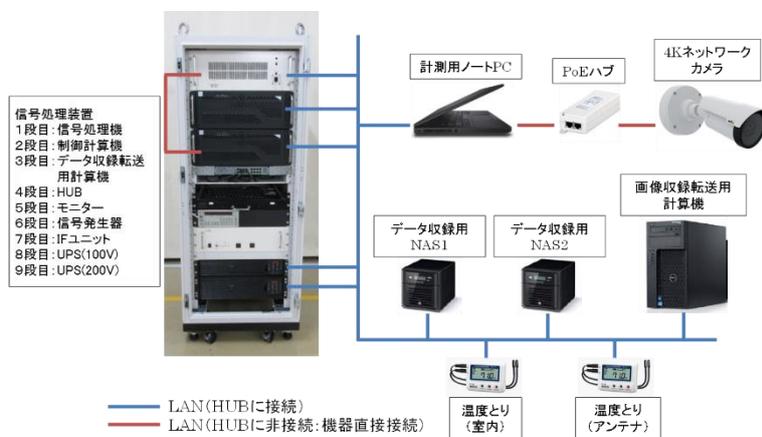


図 1 データの流れ

表 1 火山観測用 Ku バンド高速スキャンレーダの主な仕様

アンテナ	タイプ	ルネベルグ	送信機	周波数	15.75GHz
	直径	45cm		出力	40dBm ( max)
	ビーム幅	3° (AZ/EL)		変調	FMチャ-7°
	利得	36dB		バンド幅	80MHz (max)
	偏波	単偏波	受信機	duty	0-100 %
	回転速度	20-40 rpm		MDR	3dBZ@4km
	Scan範囲	AZ:360° ,EL:90°	信号処理	雑音指数	3dB ( min)
	Scanモード	Spiral, PPI, FIX		レジゲ-ト	8192
			出力	Zh, ΔVh, oh	

KuRAD は次の特徴を持っている。

- ◆ 高速スキャン：変化の激しい噴煙柱の三次元的な発達を 1 分間隔で観測する。
- ◆ 高分解能：最小 2m の空間分解能で噴煙柱の詳細な構造を観測できる。
- ◆ 小型、機動観測：噴火の監視が必要な火山地域に移設して観測が可能である。
- ◆ 遠隔操作：鹿児島大学地域防災教育研究センターより遠隔操作を行える。
- ◆ 観測結果の Web 配信：噴煙のレーダエコー等をリアルタイムで Web 配信する。

上述した特長のうち高速スキャンを実現するために、KuRAD のアンテナにはルネベルグレンズが採用されている (写真 3)。ルネベルグレンズは 1944 年に Luneburg(1944)により提唱された誘電体レンズの一種で、1960 年代には電波用にも利用されるようになった。図中の式で表されるように、比誘電率 ( $\epsilon_r$ ) が少しずつ異なる層を球状に重ねることにより一次放射器から放射された電波をレンズ内で平面波にして大気中へ射出する。逆に、レンズに入射したターゲットからの散乱電波は焦点に集められる。

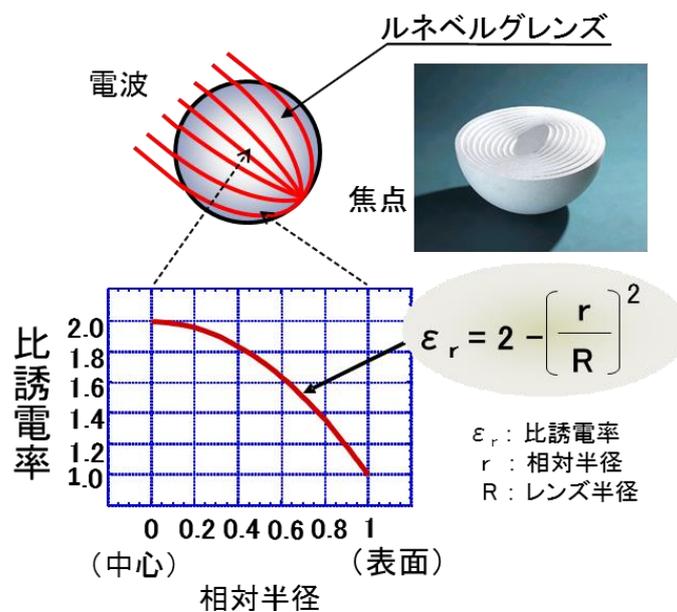


写真 3 ルネベルグアンテナの原理 (住友電設より)

### 3. KuRAD の観測対象と観測モード

図 2 は KuRAD による火山噴火の観測の概念図の一例である。KuRAD の主な観測対象は噴煙柱・火砕流・火山弾・火山灰雲・降下火災物・灰雨等である。それぞれの現象を効率よく観測するために、噴火検出モード、噴煙柱観測モード、火山灰雲観測モードの 3 種類のアンテナスキャンモードを使い分けている。噴火検出モードは高い時空間分解能で火口直上をアンテナの方位角と仰角を固定して連続観測するモード (FIX と呼ぶ) である。噴火に伴い形成されるガス推進領域のドップラー速度および反射因子から噴火の有無や噴煙柱崩壊型の火砕流の発生を監視する。噴煙柱観測モードは、噴煙柱のガス推進領域から浮力領域を観測するモードで火口直上の噴煙柱の形成過程を比較的高い時空間分解能で観測する。このため、低仰角の SPIRAL スキャンを採用している。火山灰雲観測モードは噴煙柱から火山灰雲の形成までの全過程を観測するモードである。時間分解能は前の二つのモードには及ばないが、1 分間で噴煙柱と火山灰雲の全体の内部構造を三次元的に観測することができる。このほかのモードとして仰角を固定して方位角を変えながら観測する PPI (Plan Position Indicator) スキャンを用いる観測モードがある。このモードは、大気下層を広域的に観測するのに適しており、降水の有無に利用可能である。PPI スキャンと同様に一般的なスキャンモードとして RHI (Range Height Indicator) スキャンがある。RHI スキャンは方位角を固定して仰角を変えながら鉛直断面を観測する方法で、噴煙柱の鉛直構造を 5~10 秒程度で調べることができる。残念ながら KuRAD には RHI スキャン機能はないが、その代わりに、SPIRAL スキャンから得られる三次元データから鉛直断面を作成する。この方法の利点は、RHI スキャンが方位角を特定する必要があるのに対して、任意の方向の鉛直断面をとることが出来る点である。ただし、SPIRAL の観測に要する時間が 1 分であることから、鉛直断面の下層と上層の観測時間には最大で 1 分の差が生じることに注意する必要がある。

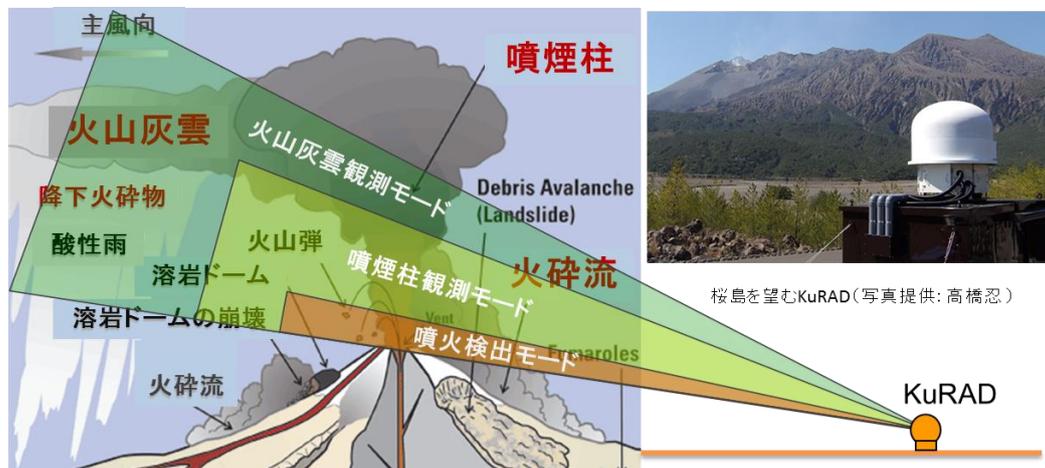


図 2 火山観測用高速スキャンドップラーレーダ (KuRAD)による火山噴火の観測の模式図 (米国地質調査所の図を編集)。写真は桜島南岳から北岳を望む KuRAD (桜島黒神川左岸に設置)。

### 4. KuRAD による観測例

桜島の噴火を対象に 2017 年 4 月から約 2 ヶ月間、KuRAD による試験観測を行った。鹿児島地方気象台火山班によると、この間の噴火の回数は約 80 回ありそのうち爆発的噴火は 13 回であった。噴煙高度が 3000m 以上の噴火は 10 回あり、最も噴煙高度が高かったのは 5 月 2 日の 3:20 に発生した噴火で噴

煙は火口から高度 4000m に達した。表 2 に KuRAD が観測した主な噴火事例と観測モードを示す。

表 2a スキャンモード (Spiral A) で観測された桜島降灰事例。

噴火番号	爆発番号	噴火種別 (Ex or Er)	噴火発生時刻 yyyy/mm/dd hh:mm	色	量	噴煙高 (m)	流向	火口	KuRAD
11	-	Er	2017/4/28 14:31	GW	3	1900	SE	S	SPRA
12	-	Er	2017/4/28 15:01	GW	4	2100	SE	S	SPRA
13	-	Er	2017/4/28 15:51	GW	3	1100	SE	S	SPRA
14	2	Ex	2017/4/28 19:29	GW	4	2000	SE	S	SPRA
15	-	Er	2017/4/28 21:28	GW	3	1800	SE	M	SPRA
16	-	Er	2017/4/29 0:11	GW	3	1600	SE	S	SPRA
17	-	Er	2017/4/29 2:23	GW	3	1300	SE	S	SPRA
18	-	Er	2017/4/29 11:11	GW	3	1000	SE	S	SPRA
19	-	Er	2017/4/29 14:34	GW	3	1700	E	S	SPRA
20	-	Er	2017/4/29 18:09	GW	4	2800	SE	S	SPRA
21	-	Er	2017/4/29 18:37	GW	3	1200	SE	S	SPRA
22	-	Er	2017/4/30 2:23	GW	>3	>1000	SE	S	SPRA
23	-	Er	2017/4/30 18:54	GW	3	1400	E	S	SPRA
24	-	Er	2017/5/1 2:57	GW	3	1000	E	S	SPRA
25	-	Er	2017/5/2 3:20	GW	5	4000	T	S	SPRA
26	-	Er	2017/5/2 9:01	GW	3	1100	NW	S	SPRA
27	-	Er	2017/5/2 11:11	GW	3	1200	W	S	SPRA
28	-	Er	2017/5/2 11:29	GW	3	1000	W	S	SPRA
29	-	Er	2017/5/2 11:51	GW	3	1700	W	S	SPRA
30	-	Er	2017/5/3 23:16	GW	>4	>2200	NW	S	SPRA
31	-	Er	2017/5/5 12:13	GW	>4	>2500	NE	M	SPRA
32	3	Ex	2017/5/7 11:08	GW	5	3300	S	S	SPRA
33	-	Er	2017/5/7 11:42	GW	3	1200	S	S	SPRA

表 2b スキャンモード (FIX) で観測された桜島降灰事例。

噴火番号	爆発番号	噴火種別 (Ex or Er)	噴火発生時刻 yyyy/mm/dd hh:mm	色	量	噴煙高 (m)	流向	火口	KuRAD
41	-	Er	2017/5/17 15:26	GW	3	1100	T	M	FIX
42	-	Er	2017/5/17 15:46	GW	4	2600	T	S	FIX
43	-	Er	2017/5/17 23:02	GW	4	3000	T	S	FIX
44	-	Er	2017/5/18 4:35	GW	3	1500	T	S	FIX
45	-	Er	2017/5/18 8:39	GW	3	1400	S	S	FIX
46	-	Er	2017/5/18 9:29	GW	3	1100	S	S	FIX
47	-	Er	2017/5/18 23:57	GW	4	2000	SE	S	FIX
48	-	Er	2017/5/19 0:58	GW	3	1400	SE	S	FIX
49	-	Er	2017/5/21 22:52	GW	3	1200	NW	S	FIX
50	-	Er	2017/5/22 18:55	GW	3	1200	SW	S	FIX
51	-	Er	2017/5/23 21:18	GW	5	3300	E	S	FIX
52	-	Er	2017/5/24 0:53	GW	3	1200	E	S	FIX
53	-	Er	2017/5/24 21:25	GW	>3	>1500	E	S	FIX
54	-	Er	2017/5/24 21:42	GW	>3	>1100	E	S	FIX
55	-	Er	2017/5/24 21:54	GW	>4	>2000	E	S	FIX
56	-	Er	2017/5/24 22:09	GW	3	1600	NE	S	FIX
57	5	Ex	2017/5/25 3:23	GW	>2	>500	NE	S	FIX
58	6	Ex	2017/5/25 3:29	GW	>2	>600	NE	S	FIX
59	7	Ex	2017/5/25 6:12	X	X	X	X	S	FIX
60	8	Ex	2017/5/25 10:50	GW	>3	>1600	T	S	FIX
61	9	Ex	2017/5/25 14:35	GW	>3	>1000	T	S	FIX
62	10	Ex	2017/5/25 16:11	GW	4	3000	T	S	FIX
63	-	Er	2017/5/26 1:45	GW	3	1000	SE	S	FIX
64	-	Er	2017/5/27 6:44	GW	3	1800	SE	S	FIX
65	-	Er	2017/5/27 7:24	GW	3	1200	SE	S	FIX
66	-	Er	2017/5/28 1:07	GW	4	3000	SE	S	FIX
67	-	Er	2017/5/28 1:53	GW	3	1600	SE	S	FIX
68	11	Ex	2017/5/29 9:53	GW	2	500	S	S	FIX
69	-	Er	2017/5/29 11:34	GW	5	3400	S	S	FIX
70	-	Er	2017/5/29 12:07	GW	3	1500	SW	S	FIX
71	-	Er	2017/5/29 16:55	GW	3	1100	SW	S	FIX
72	-	Er	2017/5/29 18:48	GW	3	1200	SW	S	FIX

表 2c スキャンモード (Spiral B) で観測された桜島降灰事例.

噴火番号	爆発番号	噴火種別 (Ex or Er)	噴火発生時刻 yyyy/mm/dd hh:mm	色	量	噴煙高 (m)	流向	火口	KuRAD
74	-	Er	2017/6/1 9:11	GW	3	1000	SE	S	SPR,B
75	12	Ex	2017/6/1 9:36	GW	4	2300	SE	S	SPR,B
76	-	Er	2017/6/2 3:51	GW	>4	>3000	SE	S	SPR,B
77	-	Er	2017/6/2 4:19	GW	3	1400	SE	S	SPR,B
78	-	Er	2017/6/2 10:42	GW	3	1700	SE	S	SPR,B
79	-	Er	2017/6/4 14:14	GW	3	1200	SE	S	SPR,B
80	13	Ex	2017/6/6 7:56	GW	>4	>3200	T	S	SPR,B
81	-	Er	2017/6/6 8:39	GW	3	1400	NW	S	SPR,B
82	-	Er	2017/6/8 18:43	GW	3	1300	S	S	SPR,B
83	-	Er	2017/6/10 9:52	GW	3	1900	SE	S	SPR,B
84	-	Er	2017/6/15 12:08	GW	4	2400	S	S	SPR,B

以下、二つの噴火事例について初期解析結果を示す。ただし、本論文では個々の事例の詳細な解析結果には踏み込まない。図 3 は FIX モードで観測された 5 月 23 日の噴火の時間-レンジ断面図である。等価レーダ反射因子とドップラー速度の分布が示されている。図 4 は SPR モードで観測された 5 月 2 日の桜島噴火の噴煙柱である。噴煙柱の成長する様子が 1 分毎に示されている。解析当たっては三次元レーダデータ解析ツール ANT3D (鹿児島大学, 2017) を使用した。

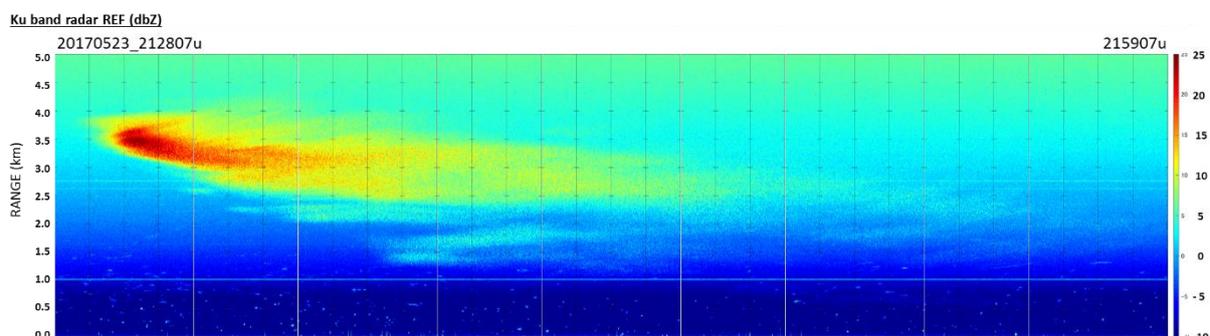


図 3a FIX モードで観測された桜島噴煙. 等価レーダ反射因子の時間-レンジ断面図. 2017 年 5 月 23 日.

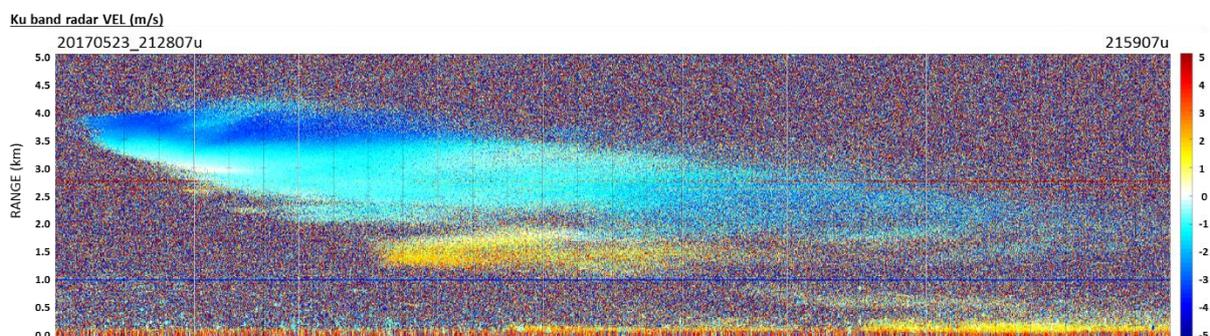


図 3b FIX モードで観測された桜島噴煙. ドップラー速度の時間-レンジ断面図. 2017 年 5 月 23 日.

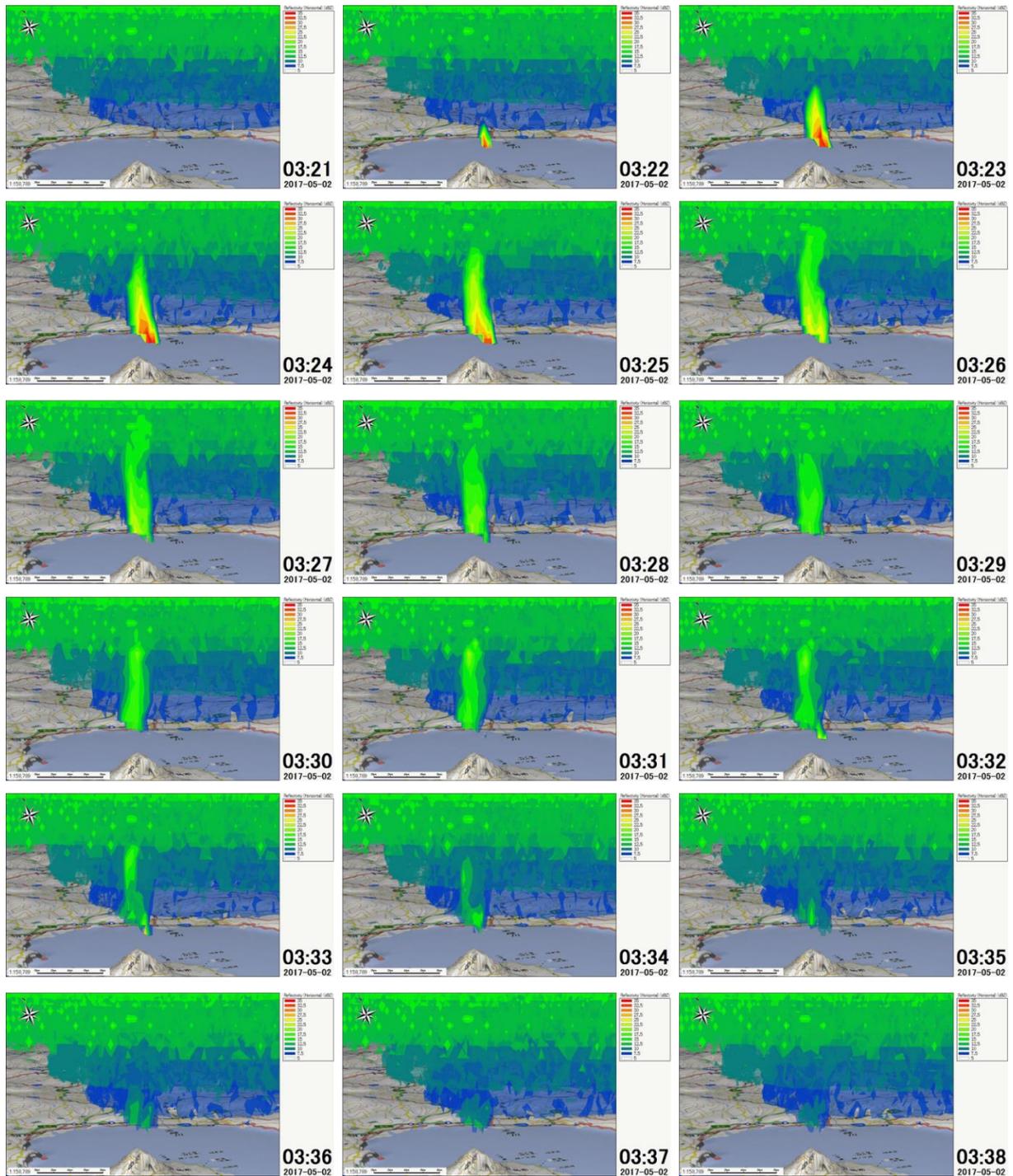


図4 SPRAモードで観測された桜島噴煙. 等価レーダ反射因子の3次元表示. 2017年5月2日. 上空のエコーはノイズ.

## 5. まとめ

2017年4月にKuRADを鹿児島県桜島黒神川左岸に設置して、レーダの基本性能を確認するための観測をおこなった。基本的なスキャンモードで噴煙柱を観測しデータを取得した、今後、取得したデータから噴煙柱内の構造の詳細について調べていく予定である。更に、地上に設置した降灰粒子測定装置の観

測データと比較することにより、定量的な降灰量推定手法や降灰ナウキャストの開発を進めて行く。

## 謝辞

KuRAD の製作に当たって、NPO 法人雷嵐、文部科学省、総務省の協力をいただいた。桜島でのレーダ観測にあたっては、国土交通省、環境省、鹿児島県、鹿児島市に感謝する。観測を実施するにあたって、鹿児島大学運営費交付金、科学研究費補助金（基礎研究 B「課題番号 16H03145」）の予算を使用した。

## 参考文献

Greenwood A.D. and J.-M. Jin, 1999: A field picture of wave propagation in inhomogeneous dielectric lenses, *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, **41**, 9-18. Animation <https://youtu.be/aURuC4Ur84Q?t=1>

今井克之・浦康彦・中川貴央・牛尾知雄・河崎善一郎: 高分解能気象レーダーの開発. SEI テクニカルレビュー, 第 173 号, 105-108, 2008

鹿児島大学, 2017: 火山噴煙の三次元気象レーダデータ解析ツール (ANT3D) リーフレット.

Luneburg, R.K., 1944: *The Mathematical Theory of Optics*, Providence, Rhode Island, Brown University Press. Reprint: Luneburg, Rudolf Karl (1964). *Mathematical Theory of Optics*. Berkeley & Los Angeles: University of California Press. p. 401.

Yoshikawa, E. 2011: A Study of Meteorological Radar Network at Ku-band with High Resolution. Doctoral Thesis, Osaka Univ., <http://ir.library.osaka-u.ac.jp/dspace/handle/11094/1398>

Yoshikawa, E., S. Kida, S. Yoshida, T. Morimoto, T. Ushio, and Z. Kawasaki 2010: Vertical structure of raindrop size distribution in lower atmospheric boundary layer. *Geophys. Res. Lett.*, **37**, L20802, doi:10.1029/2010GL045174.

# 降灰写真を用いた簡易降灰量測定法の開発と実践

大学院理工学研究科 井村隆介

## 1. はじめに

噴火による降灰量の速やかな見積もりは、噴火の規模を推定する上できわめて重要である。災害を軽減する点からも降灰量は噴火直後に迅速求める必要がある。総降灰量の見積もりには、単位面積あたりの降灰重量を、できるだけ広い範囲の多数地点で測定する必要がある。しかし、多数地点を短時間に調査することは難しく、十分な調査がなされる前に風や降雨によって火山灰が失われることも多い(たとえば2015.05.29の口永良部島噴火の降灰など)。

近年、高性能なカメラ機能を有した携帯電話が普及し、ツイッターなどのSNSに噴火直後の降灰状況が一般住民から多数投稿されるようになった(早川ほか, 2006)。降灰量が測定された比較画像があればインターネット上の積灰写真から単位面積当たりの重量を簡易的に把握することが可能になる。本研究では実際の降灰時の調査と実験による降灰量測定を行い、降灰状況の写真から降灰重量を推定する簡易降灰量測定法の開発を試みた。

## 2. 現地での降灰調査

噴火直後の桜島や霧島において、様々なものの上の積灰の様子を観察するとともにそこでの降灰量を測定した(写真1-4)。降灰量は平らな人工物の上に堆積している火山灰を一定面積採取した。火山灰試料は研究室に持ち帰り、乾燥重量を量ったのち単位面積( $m^2$ )当たりの重量を算出した。



写真1 乗用車のボンネット上 ( $0.5g/m^2$ )



写真2 エアコン室外機上 (6.0g/m<sup>2</sup>)



写真3 乗用車のボンネット上 (20g/m<sup>2</sup>)

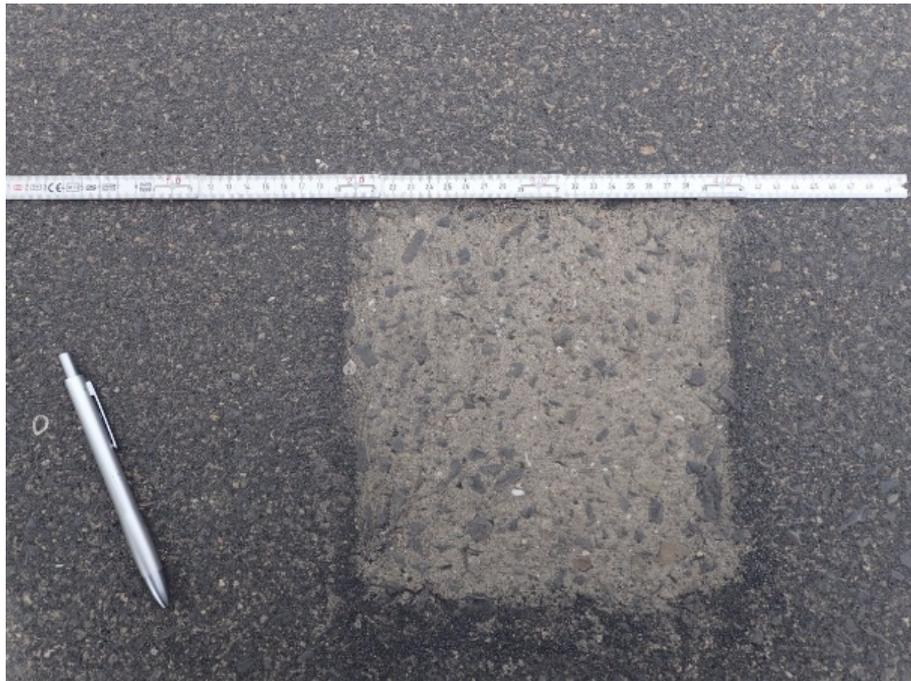


写真4 アスファルト上 ( $400\text{g}/\text{m}^2$ )

### 3. 降灰量比較カタログの作成

降灰量比較カタログの作成のために桜島において採集した火山灰を乾燥器で乾燥させたのち、 $250\mu\text{m}$ のふるいを使用して植物の葉の上に均等に堆積させ、その様子を観察した。植物は常緑で葉の表面に凹凸が少なく、南九州で一般的なヤブツバキを使用した。1枚の葉の上に堆積している火山灰の状況を撮影したのち、それらを回収し重量をその測定した。同時に葉の面積を測定し、単位面積当たりの重量に換算した（写真5）。



写真5 降灰実験によるヤブツバキの葉の上の積灰の様子

火山灰の表面被覆率を定量的に評価するために白い紙上でも降灰実験を行った。Adobe 社の Photoshop を使用してピクセル数を数え、火山灰の被覆率を求めた（写真 6）。

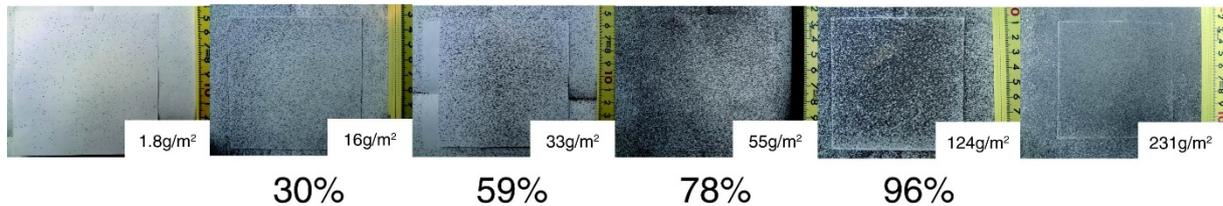


写真 6 降灰実験による白紙上の積灰の様子と被覆率

#### 4. 結果とまとめ

ヤブツバキを使用した実験による測定では、積灰量が $5\text{g}/\text{m}^2$ 以下だと葉脈、葉の表面ともにはっきりと見え、火山灰の粒子がわかるような状態であった。全体に「うっすらと積もっている」という感覚である。積灰量 $5\text{g}/\text{m}^2$ 以上 $10\text{g}/\text{m}^2$ 以下では、火山灰が全体を薄く覆っているが、火山灰の粒子はまだ分離してがわかる状態であった。積灰量 $10\text{g}/\text{m}^2$ 以上では火山灰粒子が重なるようになり、個々の粒子を判別することは難しくなる。積灰量 $30\text{g}/\text{m}^2$ 以上では主脈は見えるが側脈は見えにくく、葉の表面は90%以上が覆われていた。積灰量 $90\text{g}/\text{m}^2$ 以上では表面は完全に覆われ、側脈はほとんど見えない状態になる。積灰量 $90\text{g}/\text{m}^2$ 以上で葉脈は完全に見えなくなる。積灰量 $120\text{g}/\text{m}^2$ 以上では積灰は厚みとなって現れ、写真による単位面積当たりの重量を把握することは難しかった。白い紙を使った被覆率の実験では積灰量 $5\text{g}/\text{m}^2$ では全体の10%を火山灰が覆っていて、積灰量 $20\text{g}/\text{m}^2$ のとき約30%、積灰量 $50\text{g}/\text{m}^2$ のとき約70%、積灰量 $100\text{g}/\text{m}^2$ のとき約95%、積灰量 $500\text{g}/\text{m}^2$ では100%が覆われる結果となった。

実際の降灰状況から得られた降灰量と実験によって再現した結果を比べると、表面を覆う火山灰の割合は同じ程度であった。単位面積当たりの積灰重量が増えると平面からの情報からだけでは判断ができない。それゆえ厚さによる評価が必要になるため画像を使った単位面積当たりの重量の把握には限界がある。とはいえ、降灰写真を用いた降灰量測定は、降灰の様子を広範囲に、かつ即時的に知る手段としては、アンケートを実施する（及川ほか、2010）よりも効果的であると言えよう。

#### 5. 引用文献

- 早川由紀夫・前嶋美紀・宮永忠幸・長井隆行・湯浅成夫・新井雅之（2006）浅間山 2004 年噴火：噴出物調査とインターネット掲示板によるリスク・コミュニケーション。地学雑誌，115，149-171。
- 及川輝樹・古川竜太・下司信夫・正田浩司・田村糸子・大石雅之・星住英夫（2010）アンケート調査に基づく浅間山 2009 年 2 月 2 日噴火における降灰域及び量。地質調査研究報告，61，233-243。

# 越流津波による都市型浸水シナリオの高精度化の試み

理工学域工学系 長山昭夫

## 1. 研究目的

2011年東北地方太平洋沖地震による越流津波により東北地方の多くで甚大な被害を被った。この地震発生以前でも多くの海岸工学者が地震津波に関する知見を蓄積し様々な防災・減災活動が実施されていたが、想定を大きく超えた津波が襲来したことで東北地方を中心に被害規模が拡大した。この結果を受け政府の中央防災会議は、津波の発生頻度と規模に応じL1津波とL2津波に分けそれぞれ対策を講じる方針を打ち出した。これは発生頻度が高く、規模がそれほど大きくないL1津波に対しては海岸構造物等のハードで対策し、発生頻度が低いが一度発生すると壊滅的な被害をもたらす大きさのL2津波に対してはソフト対策を中心に対応するとした。一方、津波に対しての避難計画などのソフト対策を実施する場合、襲来した津波の浸水想定範囲が全ての基本データとなる。しかしながら従来の津波に対する都市型浸水予測は、計算負荷の軽減のため水深方向に積分した2次元浅水モデルが用いられるため、強い3次元流動を有する巨大津波が都市部に作用した場合の予測精度には問題がある。さらに沖合から襲来した津波の多くは、防波堤を越流し市街地に浸水するため越流津波による浸水過程の解明が必須となる。

以上の背景を受け本報告は、3次元流体ライブラリ OpenFOAM を用いて津波による防波堤からの越流、街路への貯留、不透過街区への衝突と交差点での合流・衝突現象を抽出し、典型的な越流津波による都市型浸水シナリオの高精度化を目指す。

## 2. 数値モデルによる検討

### 2.1 支配方程式

本研究はオープンソースの数値流体ライブラリ群の OpenFOAM を利用した。使用ソルバは混相流計算である interFoam をベースに造波・境界条件を改良した olaFoam とした。また interFoam の基礎式は、連続の式と非圧縮性流体の Navier-Stokes 方程式であり有限体積法で離散化する。また気液界面の追跡については VOF 法 (Volume Of Fluid) を採用しており、特長としては界面の数値拡散を抑制する人工圧縮項を導入した移流方程式を採用している。また olaFoam は Active boundary と称するデジタルフィルターを導入し、入射した波の流速と逆向きの流速を与えることで反射波の発生を抑制している。

### 2.2 動的接触角の導入

液滴の接触角と界面エネルギーについては図-1に示すように液滴の静的平衡状態を想定した Young の式を採用し、この式に新たに動的接触角を導入した。動的接触角は液滴の動的平衡状態を表現するためのものでヒステリシスを有し、前進接触角と後退接触角では異なる値をとることがわかっている。今回は Faghri らが提案している式を利用した。

### 2.3 ベンチマークモデルによる精度検証

オランダ海洋開発機構 (MARIN) で行われた Breaking dam flows のベンチマークモデルを使用し、提案モデルの整合性について検討をおこなった。このモデルは図-2に示すように dambreak モデルに直方体を追加した3次元モデルであり、図中の CH02 と CH04 において水位変動の観測値が取得されている。また今回 interFoam ソルバの特徴である人工圧縮項 Ca についても検討した。この人工圧縮項は計算の安定性を向上させる目的で導入されており、値の妥当性については検討の余地がある。今回は表-1に示すように3つの条件で検討を行った。動的接触角は Yokoi らが提案した数値を採用した。その結果を図-3に示す。

まず CH04 において 2.5s 付近までは、重力による水面の低下を示しており、どの case においても実験値と一致することがわかる。2.5s 以降は、崩れた水が反対側の壁に衝突後、反射してきた時の水面変動を示しており全体として実験値をほぼ再現できていることがわかる。また 2.5s から 3.0s 付近の初期の水位上昇では case02 と case03 のほうが case01 よりも再現性が高いことがわかった。

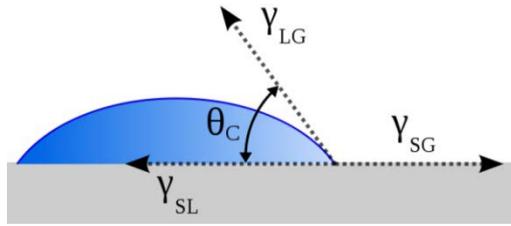


図-1 液滴の接触角と界面エネルギー

表-1 各ケースの設定条件

	動的前進 接触角	動的後退 接触角	人工圧縮 項 $Ca$
case01	-	-	2.0
case02	114°	52°	2.0
case03	114°	52°	1.0

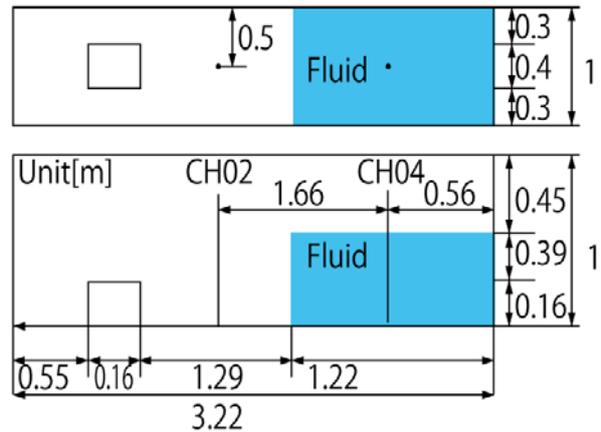


図-2 ベンチマークモデルの計算領域

CH02 は、水塊と直方体の中間位置であり、1.5s までは水塊先端部が直方体と直方体奥の壁に衝突するまでの水位上昇を示し、どの case においても実験値とほぼ一致する。しかし 1.5s~3.0s は、直方体と壁に衝突した水塊が反射された時の水位変動であり、気相と液相の複雑な混合が発生するため実験値と計算値は一致しない。動的接触角を設定していない case01 と設定した case02 と case03 においても差異が認められ、動的接触角を設定することで流体の混合過程に違いがあることが影響していることが想定される。人工圧縮項  $Ca$  が水位変動に与える影響については、大きな違いはなく今回の条件下では  $Ca$  が水位変動に与える影響は小さいことがわかった。以上より人工圧縮項を考慮した VOF モデルに動的接触角を導入することで水位変動の再現精度が向上することがわかった。

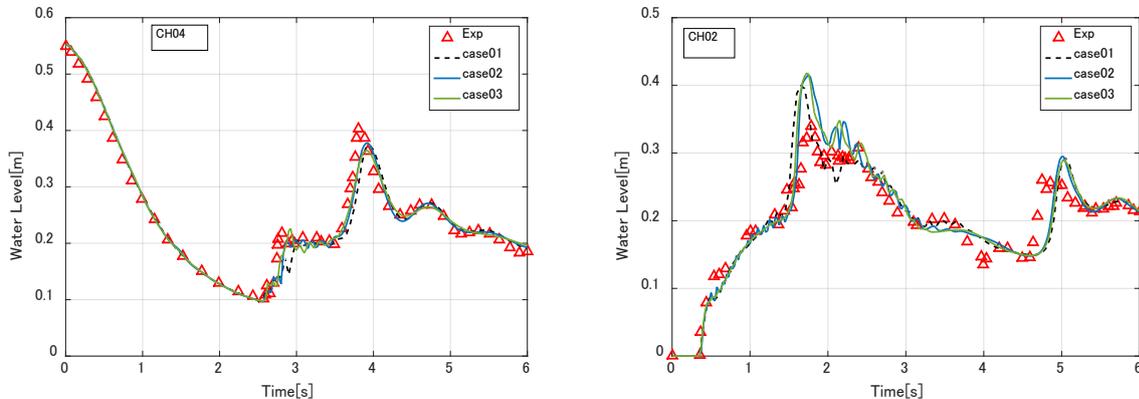


図-3 CH04(左)とCH02(右)における各caseの水位変動

## 2.4 津波越流モデルによる検討

次に津波が防波堤を越流し市外地に浸水することを想定した図-4のような計算領域を作成した。長さ 2.00m・幅 0.35m・高さ 0.195m の水路に高さ 0.05m の防波堤を想定した壁を設けた。また壁左側を海側とし津波入射による水位上昇を想定し流入境界部から  $0.01\text{m}^3/\text{s}$  の流量を継続して流入させる条件とした。

堤内地には家屋群を想定した一辺 0.05m の直方体 6 個を格子状に配置し、この設置間隔を変化させた。直方体は、沖側から順に構造物 A、B、C と称する。今回は表-1 に示すように構造物の設置数と構造物設置間隔を変更し caseA から F までの計 6 ケースで検討を行った。caseF は構造物を全く設置していない場合、caseA は構造物 A を 1 個のみ設置した場合であり、その他は構造物を 6 個設置している。構造物設置間隔は直方体 1 辺の 0.25 倍、0.5 倍、1.0 倍、2.0 倍とした。

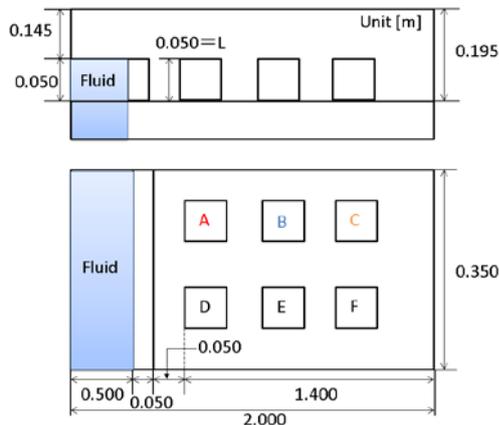


図-4 計算領域

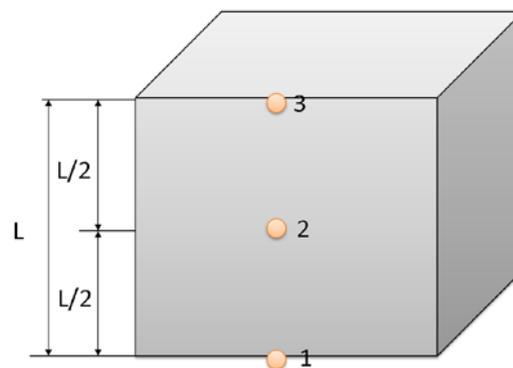


図-5 圧力測定位置

表-1 計算条件

case	構造物設置数	構造物設置間隔
A	1	-
B	6	0.25
C	6	0.50
D	6	1.00
E	6	2.00
F	-	-

2.5  
水位の  
時間変  
動  
全  
く  
構

造物を設置していない条件下での堤内地での水位変動を測定し、構造物を設置した条件下での各箇所での水位変動を測定し、無次元水位を求めた。図-6は構造物Aのみを設置した場合のA各面における無次元水位を示している。この図より、構造物前面での水位が最も低くついで側面、最終的に水位が最も高いのは背面との結果になった。これは構造物A直前で越流による渦が発生し、構造物背面においては渦流が発生しているためだと考えられる。また全てのケースにおいて6s以降では定常状態に達することを確認した。

図-7, 8, 9は、格子配列中央部の構造物Bの各面における無次元水位を示している。図-7は構造物間隔が0.25倍、図-8は構造物間隔が1.0倍、図-9は構造物間隔が2.0倍の条件である。これらの図より前後に構造物に挟まれた構造物Bでは、間隔条件により図-7のように各面がほぼ一定の水位になる場合と、図-9のように局所的に水位が上昇する面が存在する2つのパターンが存在することがわかる。つまり構造物が密に配置されている図-7においては、各面の水位変動にほとんど差がなく間隔が広がるにつれ、各面において水位差が生じ構造物間隔が1倍の場合、前面と背面が同じ高さの水位になり側面部はそれらよりも低い結果となる。さらに間隔が広がり2.0倍に達すると、前面での水位が上昇し他の面はほぼ一定水位になる。このように前後を構造物に挟まれている構造物の面での水位変動は構造物間隔に大きく影響を受けることがわかる。

## 2.6 作用波圧の検討

全く構造物を設置していない条件下での堤内地の圧力測定位置における水位変動を測定し、この水位変動の最大水位による静水圧を求めた。次に直方体の各面に作用する波圧を測定し、その波圧を最大水位による静水圧で除して無次元波圧を求めた。その一例を図-10に示す。

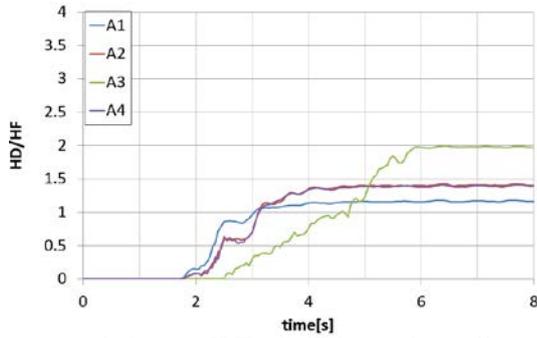


図-6 構造物Aのみ設置した場合の無次元水位

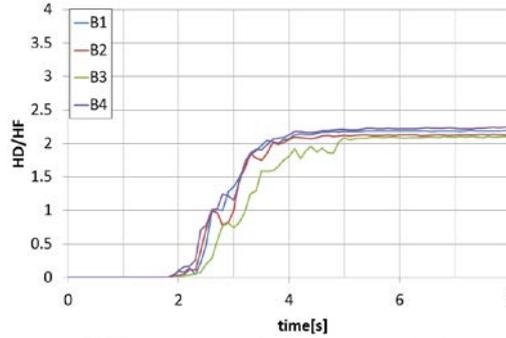


図-7 間隔0.25倍の構造物B各面での無次元水位

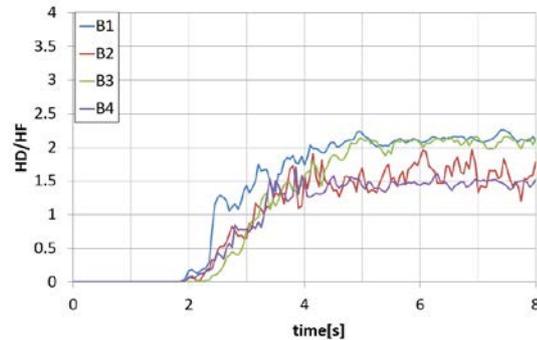


図-8 間隔1.0倍の構造物B各面での無次元水位

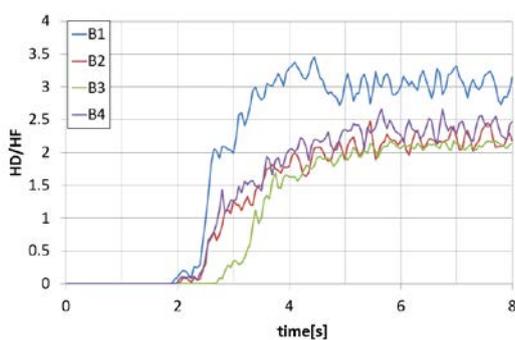


図-9 間隔2.0倍の構造物B各面での無次元水位

この図より防波堤を越流した津波は構造物の各面に波圧として作用することがわかり、静水圧のように水深があるほど(構造物底面に近づくほど)波圧が大きくなることわかる。また陸上を遡上する津波が構造物に衝突すると、衝撃波圧と持続波圧の2つのピーク値が現れるといわれているが、今回は瞬間的な変動である衝撃波圧は確認できなかった。これは越流する速度が遡上津波よりも小さいためであり、今回の流入条件において6s以降は波圧が定常状態に達する結果となった。

図-11, 12, 13 は各構造物の面に作用する無次元最大波圧を構造物間隔ごとに整理したものである。図-11 は、構造物 A の各面に作用する波圧を示しており、構造物が全く設置されていない場合の静水圧の 1.5~2.0 倍程度の波圧が作用することがわかり、これは構造物間隔にほぼ影響を受けないことがわかる。図-12 は、構造物に前後を挟まれた構造物 B の各面に作用する波圧を示しており、面 1 において間隔が広いほど波圧が大きくなり、間隔が 2.0 倍の場合、静水圧の 3.5 倍の大きな波圧が生じていることがわかる。これは設置間隔が広がることで、構造物間に多量の水が流れ込むためであり、さらに図-9 の B1 のラインの無次元水位の大きさにも現れている。また側面の 2 と 4 は、反対側に構造物が存在するかどうか異なるが、今回の場合は設置間隔が狭いほど、反対側に構造物がある面 4 の無次元作用波圧が大きくなる傾向にあり、設置間隔が広がると反対側構造物の影響が小さくなるため、面 4 と面 2 への波圧はほぼ同程度になることがわかる。図-13 は前方のみに構造物が存在する構造物 C の各面に作用する波圧を示しており、構造物 B と同様に面 1 に作用する波圧が設置間隔に比例し上昇する傾向にある。しかし間隔 0.5 の場合が最も値が小さくなることから、必ずしも設置間隔と比例するわけではないことがわかる。この点については今後の検討としたい。さらに特徴的な点としては、背面である面 3 への波圧であり、構造物 C は背後に構造物が設置されていないため、水位が上昇しにくいこと作用波圧が大きくなることわかる。次に無次元最大水位と無次元最大波圧との相関を求めた。各面ごとに相関係数を求め、それを平均すると 0.796 と強い正の相関があることがわかった。これは各面に対して静水圧が作用することで生じる持続波圧が卓越するためである。

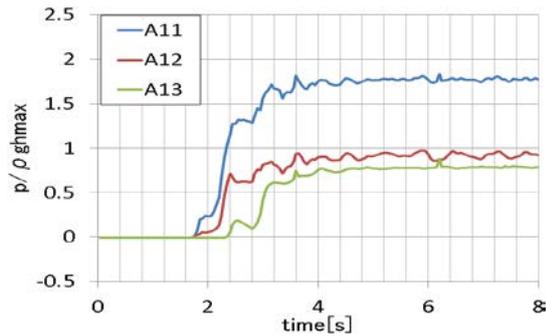


図-10 構造物面に作用する無次元波圧の一例

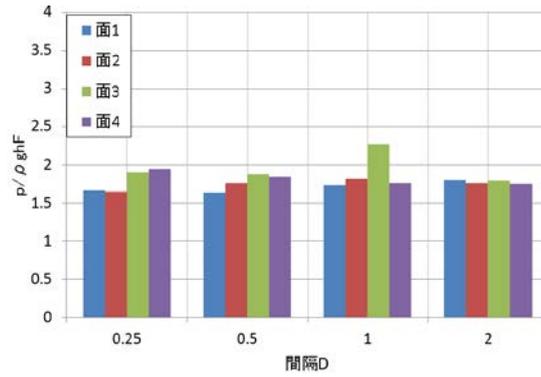


図-11 構造物Aの各面に作用する無次元最大波圧

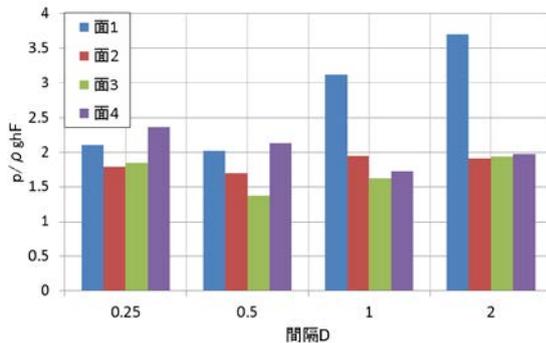


図-12 構造物Bの各面に作用する無次元最大波圧

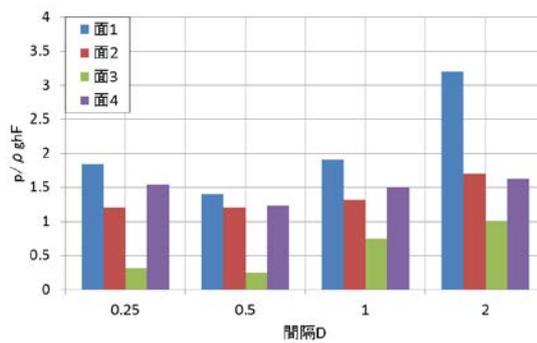


図-13 構造物Cの各面に作用する無次元最大波圧

## 2.7 流速変動の検討

次に構造物間の中央位置の水位変動に関して検討を行った。水位変動測定位置は図-14に示すように1から11の位置とした。図-15に構造物Aのみが設置されている場合の構造物A周辺の水位変動を示す。測点1と5では、越流による逆流の影響で負の値をとる。また構造物背後の測点2においては、構造物Aに向かう逆流が発生している。構造物間の測点6と7においては、岸向きの流れが定常的に発生していることがわかる。図-16には各ケースでの測点2での定常時における流速を示す。この図から構造物設置条件により、逆流の発生について違いがあることがわかる。caseAの場合、構造物1つのみを設置した条件であるため、構造物背後には渦が発生するため逆流が発生していることがわかる。また設置間隔が1よりも狭い場合のcaseB、C、Dにおいて逆流が発生しており、この流速は設置間隔が狭いほど小さい傾向にある。さらに設置間隔が1よりもcase2では逆流が発生しない。これは設置間隔が広がることで大量の水がこの区間に入り込むためであることがわかる。図-17には各ケースでの測点7での定常時における流速を示す。測点7では構造物設置条件に関係なく岸方向の流速が発生することがわかる。構造物間の岸沖方向に位置する遡上通路での流速も構造物の設置間隔に影響を受けることを想定していたが、今回の条件下では間隔に関係せず一定流速となった。

## 3. まとめ

都市部には住宅やビルの直方体構造物が規則的に配置されており、その間に街路が縫うように存在している。今回、直方体構造物を格子状に配置、前面に防波堤を設置した状態で津波を入射させた。その結果、護岸を越流した津波は都市浸水シナリオを有していることがわかった。

### 1) 津波先端部の街路への着水

越流した津波は防波堤上端から堤内地に着水する。その際、防波堤の壁面から距離が離れた位置に着水するため壁面と着水の空間に逆流が発生し定常的に渦が発生する。この渦の発生は、防波堤に隣接した構造物前面位置にまで影響を与えることがわかり、これは防波堤形状や構造物間距離、越流津波の条件に関係していることが想定できる。

### 2) 構造物面への衝突と街路への遡上

津波先端部は防波堤直近の構造物に衝突しながら構造物間の街路への遡上を開始する。

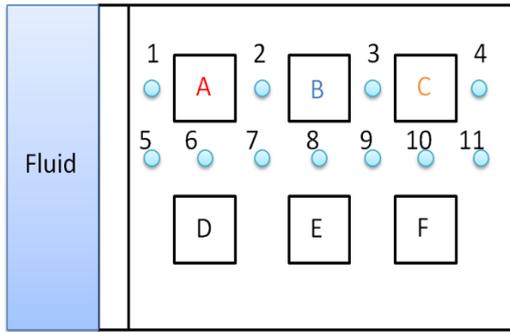


図-14 水位変動測定位置

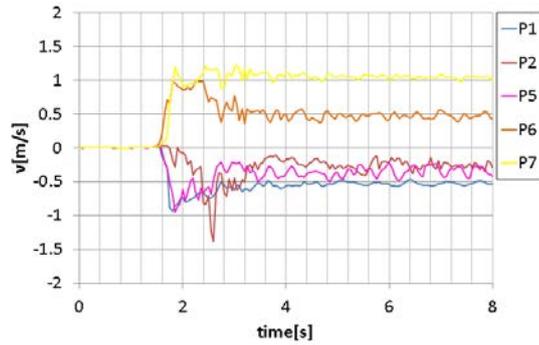


図-15 間隔0.25倍での構造物B各面での無次元水位変動

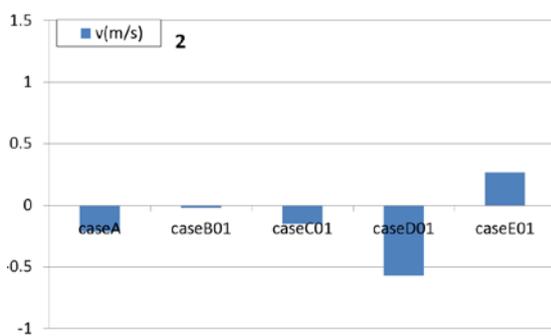


図-16 測点2における定常流速

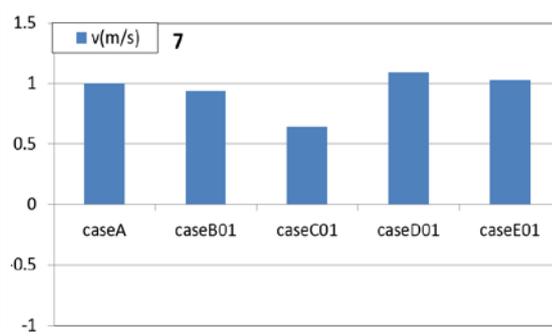


図-17 測点7における定常流速

構造物への衝突については今回の条件下では衝撃波圧が発生せず、水位に比例する持続波圧のみが発生していた。また構造物面に作用する無次元波圧は最大で3.5になりこの構造物は前後に構造物が設置されている中間部に位置する構造物であり前面に構造物が存在することで、水が大量に貯留することで波圧が大きくなることがわかった。街路での津波先端部の合流箇所では構造物の両端から水が衝突するために波圧が大きくなる。

### 3) 狭小部での滞留

構造物に挟まれた狭小部には、水が両端から浸水してくため流速が打ち消しあい滞留しやすく、渦が形成される。またこの滞留した水が構造物に対して大きな波圧として作用し格子状に配置された構造物の場合、四方を構造物に囲われた構造物前面に最も大きな波圧が生じる結果となった。

### 4) 前方構造物への越流

津波が長時間に渡り越流を継続した場合、防波堤に近い構造物においては新たに越流が発生する。さらに越流が継続する場合、背後の構造物への越流も継続することが想定できる。

# 地すべり地帯における農地地盤の地割れ調査と崩壊地盤の安定性評価

農学部 平 瑞樹・小林 樹生・田上 雄規・渡邊 剛

## 1. はじめに

斜面上の宅地，河川護岸や中山間地域に存在する階段状の石積み擁壁は，未曾有の豪雨や大きな地震発生時に崩壊を起こす場合があり，コンクリートブロック擁壁と比べ，材料の形状が多様多様で，連結していないため横方向へ孕み出す現象が見受けられる．石積み構造などのブロック体を積み上げた擁壁が外力を受けて変形を起こす際，擁壁の背面地盤にすべり線が発生して崩壊する場合があります，微小変形から破壊に至るまでの地盤内の変形性状を現場において把握することは困難である．

本報では，平成 28 年熊本地震の農業・農村の被害状況，平成 29 年九州北部豪雨災害の現場調査，平成 29 年 5 月大分県豊後大野市で発生した農地地割れ等，九州で発生した中山間地域での被害調査を中心に報告する．さらに，調査結果に基づき，擁壁の転倒や斜面移動による崩壊地盤の安定性を評価するために，アルミ棒積層体を砂地盤と仮定した模型実験装置を用いて，ブロック擁壁が孕み出す場合を想定し，補強材を敷設したアルミ積層体地盤の変形性状を視覚的に観察する実験を試みた．加えて，ブロック擁壁の崩壊に影響を及ぼす補強材の位置や敷設幅，材質の違いについて検討をおこなった．

## 2. 熊本地震の概要

平成 28 年 4 月 14 日 21 時 26 分熊本地方を震源とする M6.5（最大震度 7）の地震が発生，同 4 月 16 日 1 時 25 分には前震を上回る M7.3 の大地震が発生した．熊本県，大分県，福岡県，佐賀県，長崎県，宮崎県で震度 5 強以上が観測された．その後も約 2 千回にも及ぶ余震（震度 1 以上）が続き，住宅の激しい揺れや倒壊による住民の不安が続き，避難期間は長期化した．震源は，布田川断層帯，近接する日奈久断層帯に分布が移動することが懸念された．4 月 25 日には激甚災害に指定され，周辺自治体においても復旧活動が続けられている．熊本市のシンボルとも言える熊本城の石垣も大きな被害を受けた（写真-1）．



写真-1 熊本城の石垣の崩壊（熊本市）

## 3. 熊本地震による農林水産関係の被害

熊本県内の農林水産関係の被害額は 1,487 億円で，平成 11 年台風 18 号（約 800 億円）以来，過去最大の被害額である．内訳は，農業被害が 1,048 億円，林務関係が 406 億円，水産関係が 33 億円となっている．表-1 には，被害額の大きい農地・農業用施設等の被害箇所数と被害額を示す．農地・農業用施設に次いで，阿蘇地域周辺での畜舎・農舎，共同利用施設の倒壊等畜産関係の被害が顕著である．

農地関係では，水田の液状化，法面の崩壊，地盤の亀裂とクラック，擁壁の崩壊（写真-2），地盤沈下と隆起，牧場草地が被害を受けている．農業用施設では，ため池の堤体損傷と沈下，農道の路面沈下（熊本市，益城町秋津地区）・亀裂（宇城市不知火中腹地区），広域農道（益城町，御船町，甲佐町）の被害が出ている．熊本県では，新たな被害を防ぐための緊急対策として，ブルーシートによるため池被災部の保護や仮設ポンプによる放流，被害箇所監視用ライブカメラを設置して，継続監



写真-2 地震による擁壁の崩壊（益城町）

視を行っており、営農の継続や再開に向けた応急復旧を進めている。さらに農家の方々が自ら取り組む復旧活動に支援している。また、稲作に必要な農業用水施設の応急復旧、代替水源の確保、作物転換支援にも推進している。農地・農業用施設は平成30年までに復旧を完了する予定であり、原形復旧のみならず、将来を見据えた大区化等の農地集積のための基盤整備が必要で、農村地域の方々の合意形成を諮りながら事業計画が進められることが重要である。西原村、大津町でのため池の被害、熊本市のため池堤体沈下、宇城市鏡ヶ下ため池の堤体損傷など老朽化したため池の地震による被害が大きいため、築堤年の古いため池では老朽化にともなう地震による強度低下が懸念される。今後も豪雨等による被害拡大を防ぐためにも点検調査が急がれる。

表-1 農地・農業用施設等の被害個所と被害額（熊本県農林水産部資料）

熊本地震(2016/9/5 現在)		被害個所数	被害額(億円)	備考
農地	水田	7,674	218	法面崩壊、亀裂、クラック、液状化、牧野等
	畑	3,498	54	
計		11,172	272	
農業用施設等	農業用施設	4,970	392	ため池、用排水路、農道等 農業集落排水施設等 海岸堤防、沈下等
	生活関連施設	3	3	
	海岸施設	70	35	
計		5,043	430	
農地・農業用施設被害 合計		16,215	702	推計額

#### 4. 九州北部豪雨災害

平成29年7月5日梅雨前線を刺激し、線状降水帯が形成、維持されたため、朝倉市、東峰村、日田市の狭い領域で猛烈な降雨となった。500ミリを超える激しい雨はこれまでの観測記録を更新した。福岡県、大分県で死者40名、行方不明者2名の人的被害となった。福岡県や大分県では、平成24年7月にも九州北部豪雨で被災を受けており、局所的に激しい雨が降る傾向が続いているため、斜面の崩壊による大量の流木や土砂が河川や水田、ため池に流れ込み被害を大きくしている。写真-3～写真-20は、8月17日に実施した朝倉市の現地調査の状況である。



写真-3 土砂撤去後の三連水車（朝倉市）



写真-4 中学校横の護岸の崩壊（朝倉市）



写真-5 校舎基礎下の剥きだしの支持杭



写真-6 河川増水による橋梁の被害



写真-5 ため池堤体の流出（朝倉市）



写真-6 土砂で埋没したため池と余水吐



写真-7 ため池堤体の喪失（朝倉市）



写真-8 ため池護岸の崩壊（朝倉市）



写真-9 流木による水田埋没



写真-10 山林の斜面崩壊



写真-11 家屋内の土砂の撤去作業



写真-12 災害ボランティアによる作業

行方不明者の捜索も継続中で、民家の土砂撤去に多くの災害ボランティアが活動していた。



写真-13 河川沿いの道路被害（東峰村）



写真-14 道路を埋めた流木（東峰村）



写真-15 土石流による家屋の被害



写真-16 竹の柵田（朝倉郡東峰村）



写真-17 柵田親水公園の埋没（東峰村）



写真-18 赤谷川の増水による護岸崩壊



写真-19 井堰の崩壊（赤谷川）



写真-20 大分自動車道下に堆積した土砂

## 5. 大分県豊後大野市の農地地割れ

豊後大野市朝地町綿田地区で5月16日に地割れが見つかった。豊後大野市は22日、亀裂は東西300メートル、南北400メートルの範囲に、地割れが81カ所で確認されたと発表した。豊後大野市総務課の弓氏からの情報より、本年度に耕作できなかった水田の面積は14.35ha（約90枚）で、対象戸数は15戸との報告であった。一帯は地下水が豊富で1964年にも長さ100メートル、幅80メートルの地すべりが発生しており、地すべりの危険性が高い地域であった。大分県は26日に亀裂幅などを常時観測する機器を5カ所に設置し、ボーリングで地下水の状況を調べる予定である。総務課によると、付近の3世帯10人が避難しているとのことであった。周辺の水田へ流す水を止めたため、3.2ヘクタールで稲作ができない状態になっていた。階段状に連なる水田、コンクリートの路面に亀裂が走っており、陥没で段差が生じ、道路が隆起したところもある。最初に民家の敷地で見つかり、最も大きいのは水田で長さ80メートル、幅30センチ、深さ1.5メートルに及んだ。大分県は、伸縮計と傾斜計を設置して、高精度で地すべりの観測を継続中である。写真21～写真28は、豊後大野市、日田市の現場を視察した時の状況を示す。



写真-21 豊後大野市の地割れ現場



写真-22 地下水調査のための集水井



写真-23 地すべりにより屈曲した農道



写真-24 地割れによる農地法面の崩壊



写真-25 崩壊した農道（朝地町綿田）



写真-26 地すべりによる砂防ダム堰堤の崩壊



写真-27 日田市小野地区の斜面崩壊



写真-28 土砂流入による家屋被害(小野地区)

## 6. UAVによる斜面崩壊位置の把握

今回、地すべり斜面崩壊の規模を把握するために、UAVによる空撮を行った。現地の状況の詳細が明らかでない場合、短時間での地盤災害調査に有効な手法である。画像-1に空撮した画像を合成したものを示す。また、画像-2はオルソデータにした後、タイル画像で表示したもので、崩壊区域の状況が視覚的に判断できる。DEMからの土砂移動量などの詳細な解析はこれからである。



画像-1 朝地町綿田の棚田地域の合成画像



画像-2 地すべり斜面崩壊区域の把握

## 7. 実験装置の概要

実験装置内のモデル地盤は、長さ 50mm、直径 1.6mm と 3.0mm の 2 種類のアリミニウム製の円柱棒を重量比 3 : 2 で混合し、砂地盤を想定した。図-1 に実験装置の概略図を示す。モデル地盤のブロック擁壁高さを 232mm (58mm×4 個) に設定し、上方から載荷板 (フーチング) を一定の速度で操作して荷重を加える。ブロックの水平変位量は、非接触型レーザー変位計 (精度 0.003mm) を設置して、荷重がブロックに直接加わらないように測定した。孕み出し実験では、地盤上端から 2 番目、3 番目中央部 2 個のブロックの変位量を計測した。荷重計と変位計はアンプで増幅され、デジタル指示器で表示される。ブロック擁壁の変位状況やすべり面の位置などの崩壊メカニズムの可視化のためにデジタルカメラで一定間隔に撮影した。

## 8. 石積み擁壁を想定した室内実験

実験に使用したブロック体が転倒しないようにアルミ棒を所定の高さまで積み上げ、均等に突き固めながら順次ブロックを設置した。地盤上部から 1.0mm/min の速度でフーチング載荷し、0.5mm 毎に水平荷重、レーザー変位計による水平変位を記録し、1.0mm 毎にデジタルカメラで撮影した。また、垂直に載荷するフーチングが 50mm 変位するか、レーザー変位計の許容測定範囲である 30mm を超えた時点で実験終了とし、せん断面の形状、ブロック体の変形状況を記録した。

実験に使用した花崗岩のブロック体の大きさは幅 50mm, 高さ 58mm, 奥行き 50mm, 平均質量 235.5g, 平均密度は  $1.62\text{g/cm}^3$  であった。

図-2 に示すように, ブロック一体傾斜型の擁壁モデルを設定して, 1 分勾配 ( $84^\circ$ ), 2 分勾配 ( $78^\circ$ ) 3 分勾配 ( $73^\circ$ ) の計 3 種類の傾斜角度とした. さらに, 垂直荷重の荷重の位置(L)を擁壁から擁壁高さ(H)の 0.5 倍 (116mm), また荷重をかけるフーチング幅(B)を 75mm で実施した. 補強材料は紙とガーゼの 2 種類を選択した. 紙 (PPC 用紙) の引張強さは  $4.20\text{kN/m}$  である. またガーゼの引張強さ  $1.79\text{kN/m}$  である. セン断面の位置を目視でも観察できるように, アルミ棒積層体の表面に  $20\times 20\text{mm}$  の正方形メッシュをマジックペンで描いた.

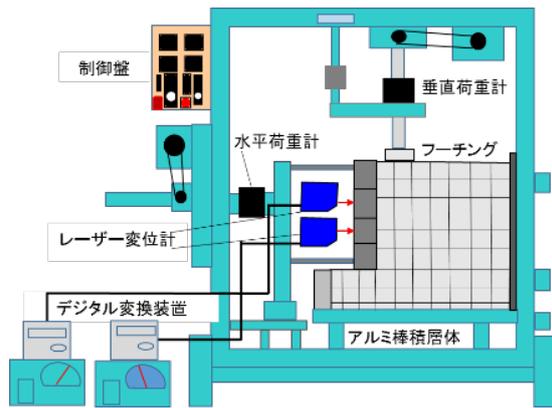


図-1 実験装置の概略図

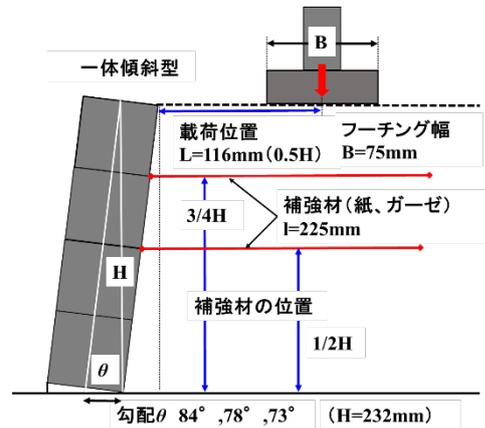


図-2 ブロック擁壁の傾斜と荷重位置図

## 9. 実験結果と考察

### 9-1. 補強材料の違いによる比較

補強材料の有無による一体傾斜型擁壁のブロックの変位量 (孕み出し量) を比較するために, 地盤上端から 2 番目と 3 番目のブロックに設置したレーザー変位計による変位量 (平均値) と地盤の垂直変位量の間係を図-3 に示した. 地盤の垂直変位量が小さい段階では勾配による違いは顕著では無かったが, 変位量が大きくなると違いが表れた. 変位量が大きくなるとアルミ地盤が再配列を起こすため, 不規則な性状を繰り返す. 一方, 図-4 に示すように, 地盤から  $1/2H$  の位置に補強材 (紙) を敷設するとブロックの孕み出し量を抑えていることがわかる. 図-5 と図-6 には, 補強材の位置

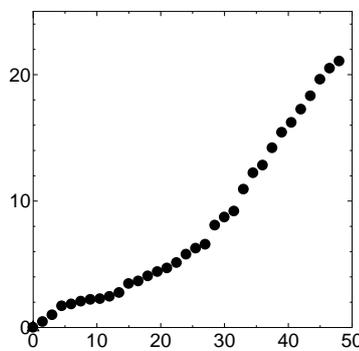


図-3 地盤の垂直変位とブロック変位

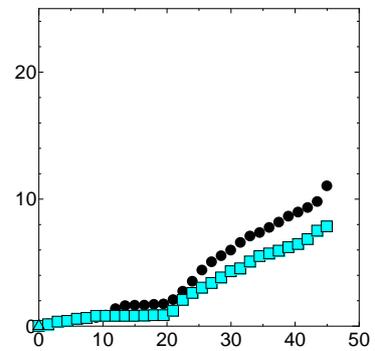


図-4 地盤の垂直変位とブロック変位

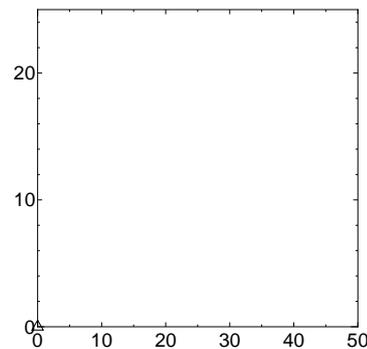


図-5 補強材が紙の場合の変位

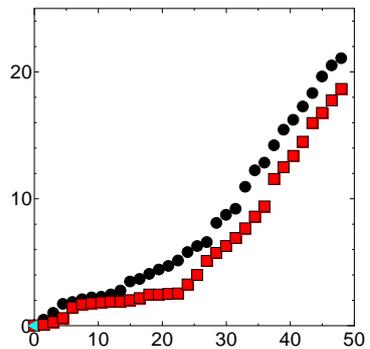


図-6 補強材がガーゼの場合の変位

の違いによるブロックの変位量（平均値）と地盤の垂直変位量の実験結果を示した。

図-5の1分勾配の一体傾斜型擁壁において、補強材（紙）を地盤から $3/4H$ の位置と $1/2H$ に位置、さらに両方に敷設した結果、変位量の小さい段階での補強効果は、紙では2枚敷設の方が孕み出し量をかなり抑えることができた。ただし、垂直変位量が大きくなると地盤の崩壊やすべり線が発生するため、ブロックの変位量が乱れる傾向がうかがえた。今回の場合、補強材にガーゼを使用した場合は、紙を使用した場合と異なる傾向となった。孕み出し量が抑えられる補強材の敷設方法が存在することが考えられるため、詳細な考察のためには、今後も実験データの蓄積が必要である。

## 9-2. 地盤の変形と補強効果

補強材を敷設した地盤の可視画像から地盤の変形状況とすべり線の位置を把握した。図-7は、補強材が紙2枚を敷設した画像である。補強材 $1/2H$ の下では変形していないことから、紙2枚で変形を抑制していることがわかる。図-8は、補強材がガーゼ2枚の場合を示す。擁壁のブロックが孕み出していることが観察できる。図中には、実験終了時のせん断によるすべり線の形状を実線で加筆した。上端と下端のブロックは孕み出しを起ささせるために固定したため変位は無いが、補強材がガーゼの場合は、地盤の圧縮からせん断が発生した。以上のことから、引張強さ



図-7 地盤の変形（紙2枚補強）



図-8 地盤の変形（ガーゼ2枚補強）

（ $4.20\text{kN/m}$ ）がガーゼの引張強さ（ $1.79\text{kN/m}$ ）の2倍以上あるため上部から伝わる圧力を抑え、下方へ伝えていないことが画像からも把握できた。補強材が存在すると地盤崩壊は上方で起こり、下方に変形が起こらないため、擁壁ブロックが大きく孕み出す現象が抑えられた。

## 10. おわりに

石積み擁壁を想定したブロック擁壁の孕み出し量を抑えるために、補強材の種類と敷設位置について実験的に検討した。一体傾斜型の擁壁モデルにおいて、補強材の無い場合は、勾配が緩やかなほど変位量が小さくなる。また、補強材を敷設することで垂直変位が抑えられたことから、縦方向への変位量も小さくなり、ブロックの孕み出し量も小さくなる現象が可視画像からも観察できた。さらに補強材の種類においては、引張強さの大きい紙を利用した方が地盤の変形を抑えることができ、下方への圧力を伝え難くすることで、孕み出し現象を抑制することができた。

一方、引張強さの弱いガーゼにおいては、地盤が押し潰されることでせん断破壊が発生して、ブロックが横方向へ変位することが示された。石積み擁壁の設計においては、石積みの勾配を考慮することで変形の影響範囲をより小さくすることが可能である。ところが、宅地や農地造成においては、広い土地面積を確保する必要がある場合、擁壁の勾配が急になるため、補強材を敷設することは、地盤の崩壊や擁壁の孕み出しを抑制するのに有効である。また、室内試験より、引張強さの異なる材料の選択が地盤の変形量を抑え、擁壁ブロックの孕み出し量を最小に抑えられることが室内実験から明らかとなった。以上の結果を地盤崩壊の対策に役立てたいところである。

謝辞：豊後大野市警戒区域立入許可申請に際しては、豊後大野市総務課地域安全係 弓 祐也 氏、福岡県朝倉農林事務所農村整備第一課の野村 賢太郎氏には、事務所管内の被災現場への帯同でお世話になりました。ここに、両氏および関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献：熊本県農林水産部農村振興局：平成28年熊本地震～農地・農業用施設の復旧・復興について～、1-12、平成28年9月.、小林励司・地頭蘭隆・平 瑞樹：鹿児島での地震災害軽減につなげる2016年地震関連の調査研究、鹿児島大学地域防災教育研究センター平成28年度報告書、35-40、平成29年3月。

# 原子力災害拠点病院としての当院の課題と今後の取り組みについて

鹿児島大学病院 看護部 土橋 仁美  
医学部保健学科 松成 裕子

## 1. はじめに

平成 23 年 3 月の東京電力福島第一原子力発電所事故を機に、原子力規制庁は原子力災害対策指針を策定している。指針には、原子力災害時における医療体制の整備（以下「原子力災害医療体制」という）が含まれており、原子力災害時において、汚染の有無にかかわらず傷病者等を受け入れ、被ばくがある場合には適切な診療等を行う「原子力災害拠点病院」について記載されている<sup>1)</sup>。そして、原子炉施設等立地道府県には、原子力災害拠点病院を整備することが求められている<sup>2)</sup>。

鹿児島県は、原子力発電所立地県であり、原子力災害拠点病院の整備が必要である。鹿児島大学病院（以下、「大学病院」という）は、地域災害拠点病院の指定を受けており、災害派遣医療チーム（DMAT）を有している。また、原子力災害拠点病院の指定を受けることを表明しており、平成 29 年 11 月 1 日に県より原子力災害拠点病院に指定された。そして、大学病院に被ばく医療体制が構築されることは、地域防災への一助となるものとする。

今回、鹿児島県における原子力災害医療体制整備のための事業として、大学病院が原子力災害拠点病院に指定されるための取り組みについて事業計画を立案した。11 月に大学病院は原子力災害拠点病院の指定を受けたため、大学病院の原子力災害医療体制に係る課題解決のための事業として計画を修正した。文献調査や被ばく医療に関して先進的な取り組みをしている弘前大学の研修へ参加し、被ばく医療構築に関する示唆を得ることができた。得られた知見から、原子力災害拠点病院としての大学病院の課題と今後の取り組みについて報告する。

## 2. 本事業の計画

本事業は以下の 3 点について計画した。

### 1) 原子力災害拠点病院に関する文献調査

大学病院における被ばく医療体制の構築に係る課題を明らかにするために、原子力災害や災害拠点病院に関する先行文献を調査する。

### 2) 被ばく医療研修参加および被ばく医療に関する情報収集

弘前大学大学院保健学研究科が開催する被ばく医療研修への参加や日本放射線看護学会学術集会へ参加し、被ばく医療体制の先進的な取り組みについて情報収集を行う。

### 3) 大学病院緊急被ばく医療訓練への参加

大学病院で開催された被ばく医療訓練へ参加し、大学病院における被ばく医療の現状や課題等について分析する。

## 3. 実施報告

### 1) 原子力災害拠点病院に関する文献調査

2011年から2017年までに、医学中央雑誌に掲載された論文を対象とし、文献調査を行った。「原子力災害拠点病院」では該当論文はみあたらなかった。「災害拠点病院」「原子力」と入力し検索した結果、11件の文献が抽出された。11件の文献を表1に示す。文献の内容から、【調査】【被ばく医療】【原発事故の影響】【原子力災害時の医療活動】【東日本大震災時の医療活動】【会議録】の6つのカテゴリーに分類された。震災や原発事故後の実際の医療活動に関する文献が6件であった。また、被ばく医療に関する文献は2件であった。

表1. 原子力災害拠点病院に関する文献

カテゴリー	内容	データ数 (合計)
調査	原子力発電所周囲の医療従事者への災害発生時の対応に関するアンケート	1
被ばく医療	災害拠点病院の緊急被ばく医療に対する取り組み	2
	NBC 災害訓練	
原発事故の影響	ストレスにより職務遂行が出来なくなった看護師の事例	1
原子力災害時の 医療活動	原子力災害を受けた災害拠点病院における入院患者の受け入れ搬送の報告	4
	原子力災害の医療対応の実際と今後の課題への提言	
	被災地災害の拠点基幹病院の活動	
	基幹災害拠点病院 DMAT の活動	
東日本大震災時の医療活動	災害拠点病院における災害時透析と都道府県間連携について	2
	医療救護班派遣報告書	
会議録	原子力災害時に立地地域の災害拠点病院の救急医療サービス、災害対策について	1

石橋らは、実効性のある緊急被ばく医療を提供するには、職員の放射線に対する知識習得に加えて、緊急被ばく医療を災害医療の重要な一領域と捉え、最悪の事態は必ず起こるという現実的危機をもった広域の体制づくりが肝要と思われる<sup>3)</sup>と指摘している。原子力災害拠点病院の施設要件の一つに自施設職員や関係施設職員等への研修の実施の項目がある。職員の原子力災害医療への関心や意識向上のために、研修の参加率を向上させる努力が必要であると考えられる。また、大学病院では、病院全体の災害訓練や原子力災害訓練を実施しており、災害時の対応マニュアルを作成している。しかし、想定を超える災害が発生した場合には、混乱が生じる可能性がある。また、一施設での対応が困難な場合は、高度被ばく医療支援センター連携が必要となるため、原子力災害医療に係るネットワークの構築の必要性が考えられる。

実際に原子力災害を経験した島田らは、災害訓練について、いかに準備しようとも、完全な対応は不可能と思える。起こってしまったときに、いかに迅速に的確な対応をとれるかが、被害を最小限に抑える鍵であり、その鍵をかたどるのは個人の力ではとうてい及ばず、人の和の力である。そして、人の和を終結する鍵は調整であり、その調整を学ぶ場が望まれる<sup>4)</sup>と述べている。ネットワークを円滑に機能させるために最も大切なことは、調整能力といわれている。連携を図るために必要な能力として、①調整能力の成熟、②調整のための心得としてお互いの立場の尊重、

③企画力や統率力等の遂行するために必要な資質等<sup>5)</sup>といわれている。有事の際に、リーダーシップをとれる人材を育成するために学習の機会が必要である。

## 2) 被ばく医療研修参加および被ばく医療に関する情報収集

### (1) 弘前大学大学院保健学研究科 被ばく医療研修

平成29年9月9日から10日に開催された弘前大学大学院保健学研究科主催の被ばく医療研修に参加した。弘前大学は、高度被ばく医療支援センター及び原子力災害医療・総合支援センターに指定されている。

研修対象は、臨床放射線技師と看護師であった。研修プログラムを表2に、演習の様子を写真1、2に示す。

表2. 弘前大学大学院保健学研究科 被ばく医療研修プログラム

【1日目】		看護職 コース	診療放射線 技師コース
8:40~9:10	開講式・ガイダンス・自己紹介	○	○
9:10~10:10	講義1:原子力災害におけるこころのケア	○	○
10:20~11:20	講義2:原子力災害と放射線事故	○	○
11:30~12:00	緊急被ばく医療施設見学(高度救命救急センター 除染室等)	○	○
12:00~12:50	昼休み	○	○
12:10~12:30	ミニレクチャー	○	○
	食品中の放射性物質に関する基準値のなりたちと現状		
12:50~13:50	演習1:放射線の量と単位	○	○
	演習1:線量計算演習		
14:00~15:30	演習2:サーベイメータの取り扱い	○	○
15:40~17:30	演習3:除染・防護服着脱方法	○	○
17:30~18:00	アンケート・役割分担決定・写真撮影	○	○
18:00~	情報交換会		
【2日目】			
8:40~8:45	2日目ガイダンス	○	○
8:45~10:20	講義3:福島の実況	○	○
10:30~11:30	演習4:事例説明、チーム編成および	○	○
	汚染・被ばく患者の受け入れ体制作り		
11:30~12:40	昼休み	○	○
12:40~14:30	演習5:汚染・被ばくを伴う患者受け入れ	○	○
14:40~16:00	まとめ	○	○
16:00~16:20	アンケート	○	○
16:20~16:30	閉講式・修了証授与	○	○



写真1. 演習3の様子



写真2. 演習5の様子

演習1以外は、看護師と診療放射線技師の合同で行われた。多職種で研修を行うことにより、様々な側面からの意見やアドバイスを得ることができた。演習5では、筆者はホットゾーン（以下、ホットとする）の看護師を担当した。演習3および4で事前の準備や行動確認して臨んだ。しかし、実際に汚染・被ばくを伴う患者受け入れの演習が始まると、防護衣着用による行動のしづらさや机上訓練とは違い、患者の様々な訴えに対応し、汚染を拡大させないように注意をしながら処置を行うことの難しさを体験することができた。また、そのような状況下では、セミホットゾーン（以下、セミホットとする）にいるスタッフからの声掛けやサポートの必要性を実感することができた。

今回の研修の受講者は青森県内外の施設から参加しており、なかには災害看護を専門とする看護師の参加もあり、演習や情報交換会を通じて情報交換ができたこともあり、有意義な研修であった。

被ばく傷病者をスムーズに受け入れるために、セミホット（大学病院では、コールドゾーンという）のリーダーの役割が重要である。そのため、セミホットを担当する職員は、被ばく医療の研修や知識を有している者が望ましい。また、原子力防災訓練を行う際は、参加者の被ばく医療に関する知識や技術の習得状況を確認し、それに応じた役割分担を行うことにより、組織の人材育成の機会にもなり得ると考える。

## （2）第6回日本放射線看護学会学術集会

平成29年9月2日、3日に名古屋大学で開催された、第6回日本放射線看護学会学術集会へ参加した。被ばく医療に関する現状や課題についての情報収集として、原子力災害に関するシンポジウムや交流集会等へ参加した。

シンポジウム「放射線診療における看護と原子力災害に取り組む看護の統合」では、高度被ばく医療センターや原子力災害医療・総合支援センターに指定されている施設、がん放射線治療に特化した施設から発表があった。高度被ばく医療センター等に指定されている一施設からは、指導者の人材育成の課題として、ICUや救急病棟に勤務している看護師で被ばく医療の教育を受けた者を研修担当者として派遣している。しかし、指導者自身の部署移動に伴い、派遣の機会が減少することで専門的知識や技術の維持が困難になることの指摘があった。

特別企画として、「原子力施設等で発生したけが人の医療機関への受け入れと看護について」

体表面汚染が予想される場合」のパネルディスカッションが行われた。主な内容としては、被ばく医療の在り方について、施設管理者の理解や体制構築の必要性について指摘があった。また、教育訓練の在り方については、第一段階として汚染傷病者を受け入れることについて、関係者間で話し合いの場を設けることについての提言があった。また、被ばく医療に携わる看護師の放射線に対する不安についての議論があり、専門職として汚染傷病者を受け入れることに対する議論の必要性や汚染傷病者を受け入れる施設へ線量評価が正しく伝わることの必要性、トレーナーズトレーニングや新人教育の必要性の意見が出された。

交流集会「被ばく医療体制と看護職の役割-課題と展望-」に参加した。原子力災害医療に係る国の方針や体制について、青森県の原子力災害ネットワークの現状と課題について講演が行われた。また、意見交換の時間では、施設における被ばく医療に係るマニュアル整備の際に汚染物の処理や病棟選定等の細々とした疑問が生じたことや人材育成や教育に関する議論が行われた。

原子力災害訓練を行う際に、事前に関係者間での打ち合わせを行うことは自施設の課題を明らかにすることができると思う。そして、課題解決に向けて多職種で協同することが望まれる。また、大学病院においても、専門的知識や経験を有している職員が異動する可能性がある。そのため、継続的な人材育成が重要となる。鹿児島大学大学院には日本看護系大学協議会の高度実践看護師教育課程認定委員会から放射線看護分野の高度実践看護師教育課程として認定されたコースがある。現在、大学病院にはこれまでのコース修了生や在学生が勤務しているため、そのような職員を活用した人材育成や、国などが開催している原子力災害医療の研修を定期的受講できるような調整も必要であると思う。

### 3) 大学病院緊急被ばく医療訓練への参加

大学病院で開催された、鹿児島県地域防災計画に基づく原子力災害訓練に2回参加した。

#### ①大学病院主催の訓練

【実施日】平成29年7月29日

【テーマ】被ばく汚染傷病者の受け入れ及び患者搬送の訓練

【目的】1. 被ばく汚染傷病者を診療するにあたり、適切な準備と検査・治療が行える。  
2. 済生会川内病院で受け入れ困難患者に対する緊急受け入れと対応ができる。

【概要】九州電力川内原子力発電所2号機建屋内で、汚染水タンク組立作業を行っていた作業員Aが、梯子から足を踏み外して3mの高さから落下し、胸部を強打、左下肢に挫創を負った。左下肢の挫創には100,000cpmの汚染があり、他には汚染はないとのことであった。九州電力川内原子力発電所健康管理室で診察を行った結果、重症感が強く早期の搬送依頼となったが、事故時の状況や患者状態の様子から済生会川内病院での治療は困難と判断され、鹿児島大学病院への搬送の受け入れ依頼があった。患者搬送には救急車を利用しての搬送となる。

この訓練の準備には、鹿児島大学大学院保健学研究科 博士前期課程 放射線看護専門コースの学生で大学病院看護師の吉永健嗣氏も携わった。

訓練参加者は、病院長、大学病院の医師、看護師、診療放射線技師、検査技師、ME、事務職員のほか、九州電力職員、済生会川内病院医師、鹿児島県地域医療整備課、保健学研究科教授、長崎大学と原子力災害対応に係る関係者も参加した。訓練の様子は、写真3、4に示す。

訓練終了後に参加者の振り返りが行われた。ホットの担当者からは、防護衣を着用することによって、通常の診療行為が行いづらいことやコミュニケーションの取りづらさの感想があり、コールドゾーン（以下、コールドとする）にリーダーの役割を求める意見が出た。院外の専門家からは、コールドのリーダー役割の重要性、患者の線量評価について、除染の方法、汚染傷病者の入院受け入れの基準や風評被害に対する広報等についてのアドバイスがあった。



写真3. 患者受け入れ



写真4. 患者のサーベイ

## ②鹿児島県原子力防災訓練

【実施日】平成30年2月3日

【目的】川内原子力発電所の放射線管理区域内での汚染を伴う負傷者の発生に対し、医療機関への搬送経路と手順を確認するとともに、病院で被ばく傷病者への汚染検査、汚染部分の除染、処置を行い、医療従事者の対応能力の向上を図る。

また、長崎大学から原子力災害医療派遣チームや専門家を病院へ派遣し、病院での受け入れ、合同での必要な原子力災害医療を行うことにより、病院と長崎大学の連携強化を図る。

【概要】事象発生後に放射線管理区域内でパトロール中、転倒事故により、負傷者が発生した。左下腿に挫傷があり、骨折疑いがある模様。負傷者は意識清明であるが、挫傷部とその周辺に100,000cpmの汚染が認められた。発電所内健康管理室より薩摩川内市消防局へ搬送要請、大学病院への受け入れ要請が行われた。

今回の訓練は、鹿児島県の原子力防災訓練の一環として行われた。参加者は、病院長、看護部長、大学病院の医師、看護師、診療放射線技師、検査技師、ME、事務職員、九州電力職員、長崎大学であった。

訓練前日には、打ち合わせが行われた。打ち合わせには、医師や看護師、診療放射線技師、事務職員が出席し、役割分担や被ばく医療の手順、資機材等について確認した。また、訓練の際に筆者は、コールドの看護師の補助として参加した。そして、補助役として汚染を拡大しないよう、ホットの動きに合わせて声掛けや必要物品の準備等をコールドの看護師と共に実施した。訓練中に生じた疑問等については、長崎大学の原子力災害医療派遣チームの方や筆者に確認をしながら進められていた。また、処置対応についてのフローチャートの活用やコールドのリーダー役割が果たされたことにより、スムーズに訓練が行われた。

訓練終了後は、参加者間で意見交換を行った。コールドのリーダー役を務めた医師は、今回の

訓練の前に開催された鹿児島県原子力災害時医療研修に参加していたことや長崎大学のサポートが得られたこと、そして、サポート役の医師がいたことにより連絡対応がスムーズにできたことにより、訓練を円滑に進めることができたと評価していた。ホットの医師からは、コールドの医師に確認をしながら処置を行ったことや、汚染を拡大しないように注意したこと、そして、タイベックスーツを着用していたため、患者への配慮の必要性について意見が出された。長崎大学原子力災害派遣チームからは、養生用のシートを一枚のビニールシートを使用したことにより、準備の時間の短縮になっていると評価された。また、ストレッチャーやワゴンの養生の際に壁を養生するシートの活用についてのアドバイスがあった。

また、今後の課題として、災害対応のフローチャートの作成や一般の傷病者と汚染傷病者のエリア分けについて、人材の育成について意見が出された。

大学病院の原子力防災訓練では、関係者間で役割分担や被ばく医療の手順、資機材等の準備等についての確認を行うことができた。また、訓練を重ねるごとに、職員間の連携がスムーズに行われていると感じた。しかし、実際に災害が発生した場合には、事前の打ち合わせや確認を行うことは困難であることや、訓練や研修を受けたことがないスタッフが対応にあたることも予測される。そのため、ポケットマニュアルのような簡易的なマニュアルやアクションシート等があると、緊急時にも落ち着いて対応ができるのではなかと考える。

#### 4. まとめ

東日本大震災の際には、地震に伴う津波により原子力発電所の事故が発生した。災害を予測することは難しく、日頃からの備えが重要である。しかし、大規模な原子力災害が発生する可能性は極めて低く、それに対応する医療従事者の放射線に関する知識や汚染傷病者への医療対応の技術を維持していくことが課題である。

原子力災害拠点病院の施設要件の研修訓練の項目には、①自施設職員／関係施設職員等への研修の実施、②訓練の定期的開催、③立地道府県等の訓練があげられている。①自施設職員／関係施設職員等への研修の実施については、各部署から研修へ参加できるように研修の周知や開催日時の調整が必要である。②訓練の定期的な開催と③立地道府県等の訓練の参加については、今年度は2回実施されている。しかし、限られた職員しか参加できないため、報告会のようなものを開催し職員全体へ周知することにより、組織の原子力災害医療体制構築につながるのではないかと考える。また、技術の維持については、被ばく医療を学んだ職員が伝達講習を行うことも一つの手段ではなかと考える。

今年度は、大学病院での被ばく医療訓練は2回実施された。訓練の際は、事前打ち合わせにより準備を行うことができたが、実際の災害の際には事前準備を行うことは難しく、混乱を生じる可能性が予測される。職員が緊急時に落ち着いて対応ができるよう、簡易マニュアルやアクションシート等のツールの活用が有効ではないかと考える。

島田らは、災害時の被害を最小に抑える鍵として、人の和の力とそれを終結するために調整の必要性について述べている<sup>3)</sup>。自施設における多職種連携による医療提供は必要ではあるが、大規模災害時には一施設だけでの対応が困難になることもあるため、他施設との連携が必要となる。そのため、原子力災害対応におけるネットワークづくりも課題である。

大学病院として、地域の医療連携や継続した人材育成がなされることは、県民の安心や安全を

守る一助になると考える。

## 謝辞

被ばく医療に係るご助言やご指導をいただきました弘前大学大学院保健学研究科の先生方に感謝を申し上げます。

## 引用文献

- 1) 原子力規制委員会, 原子力災害対策指針, [www.nsr.go.jp/data/000024441.pdf](http://www.nsr.go.jp/data/000024441.pdf)
- 2) 原子力規制委員会, 原子力災害拠点病院等の施設要件, [www.nsr.go.jp/data/000106718.pdf](http://www.nsr.go.jp/data/000106718.pdf)
- 3) 石橋悟, 小林道生, 小林正和他: 原子力発電所所在地域を支える災害拠点病院としての緊急被ばく医療に対する取り組み, 日本臨床救急医学会雑誌, 17 巻 6 号, P737-742, 2014.
- 4) 島田二郎, 田勢長一郎, 塚田泰彦他: 病院内に発生しうる患者に起因しない緊急事態 地震、津波、そして原子力災害に対して訓練はどうかされたか, 日本臨床麻酔学会誌, 33 巻 1 号, P126-130, 2013.
- 5) 黒田裕子・酒井明子: ナーシング・グラフィカ看護の統合と実践③災害看護, 株式会社メディカ出版, 78 頁, 2014.

## 参考文献

- 1) 太田圭祐, 及川友好: 医療過疎地の災害拠点病院における東日本大震災、福島第一原子力発電所事故への対応 浜岡原子力発電所周囲の医療従事者へのアンケート結果, へき地・離島救急医療学会誌, 14 巻, P44-48, 2017.
- 2) 岩橋成寿, 國井啓子, 坂元和子: 原発事故後のストレスにより職務が遂行できなくなった看護師の 2 例, 心身医学, 54 巻 5 号, P439-444, 2014.
- 3) 太田圭祐, 及川友好, 若林俊彦: 東日本大震災と原子力災害を受けた災害拠点病院における入院患者の受け入れ搬送の報告, 日本救急医学学会雑誌, 24 巻 8 号, P598, 2013.
- 4) 立石敏樹: 診療放射線技師の震災における活動 被災地災害拠点基幹病院の活動, 日本診療放射線技師会誌, 60 巻 2 号, P166-171. 2013.
- 5) 篠原一彰, 橋本克彦, 斉藤至他: 東日本大震災と原発事故に対する本学会の今後の支援の在り方 原子力災害の際に立地地域の災害拠点病院はどうあるべきか? 被災地域の災害拠点病院として本学会に求めるもの, 日本救急医学学会雑誌, 23 巻 10 号, P445, 2012.
- 6) 小賀坂奈美, 佐藤めぐみ, 宮崎博之他: 東日本大震災における基幹災害拠点病院 DMAT としての活動, 日本集団災害医学学会誌, 17 巻 1 号, P66 - 72, 2012.
- 7) 宮崎真理子, 村田弥栄子, 山本多恵他: 【東日本大震災と透析医療】 東北大震災 被災地からの報告 被災地の中核施設として 東北大学病院 災害拠点病院で行われた災害時透析と都道府県間連携について, 臨床透析, 28 巻 3 号, P307 - 314, 2012.
- 8) 桑原和義, 駒井一洋, 大保勇他: NBC 災害訓練に対する当院の取り組み 診療放射線技師の立場から, 日本集団災害医学学会誌, 16 巻 1 号, P104 - 110, 2011.
- 9) 横室浩樹, 吉原克則: 【東日本大震災に対する東邦大学初期医療派遣報告】 災害拠点病院としての東邦大学医療センター大森病院の初期災害医療支援 東日本大震災に伴う気仙沼市への医療救護班派遣報告書, 東邦医学会雑誌, 58 巻 3 号, P167-170, 2011.

# 火山ハザードマップのデジタル化に関する基本技術の確立

地域防災教育研究センター 特任准教授・石峯 康浩

## 1. はじめに

火山噴火による被害を最小限に抑制するためには、対象とする火山の特性をよく理解し、災害を引き起こす災害要因やその影響範囲を可能な限り適切に想定することが最初の重要なステップとなる。そのような作業を円滑に進める重要なツールとして、対象とする火山の噴火履歴等に基づいて作成されたハザードマップがある。日本国内でも火山活動が活発なほとんどの活火山において作成されており、火山噴火に備えた避難計画等の策定にも、それらのハザードマップが活用されている。また、これらのハザードマップの多くは、対象とする火山の周辺に居住する一般市民らにも配布され、火山災害に関する啓発ツールとしても利用されている。

上のように、火山ハザードマップはその重要性が認識され、広く利用されている半面、火山の知識が少ない一般市民にとっては必要な情報を読み取るのが困難な場合があるという指摘もなされている(村越・小山、2006)。火山ハザードマップの多くは、一つの地図に溶岩流や火砕流、土石流等の多様な現象の想定到達範囲が重ねて表示されているためである。例えば、2010年に公開された桜島火山ハザードマップにおいても赤色の太線で「大規模噴火とほぼ同時に噴石が到達する可能性がある範囲」、黄色で「大規模噴火後まもなく火砕流と熱風が到達する可能性がある範囲」、青色で「強い山頂噴火時に噴石が到達する可能性のある範囲」が描かれており、その内部にやや細い赤色の線で「災害対策基本法第63条に基づく立入禁止区域(南岳山頂火口及び昭和火口から半径2km)」が山頂火口を中心に同心円状に描かれている。さらには、過去の大規模噴火に伴って流出した溶岩流(文明、安永、大正、昭和)の分布が薄いハッチで重ねられている(図1)。

このような地図では、例えば実際の噴火発生時に気象庁から「周囲の住民は噴石の飛散に十分、警戒してください」という発表があった場合に、桜島島内の住民が自分の住んでいる地域が危険な範囲に該当するのかを直ちに判断することは難しいと考えられる。しかも、図1のハザードマップでは火砕流や土石流、火山灰の堆積等の危険地域については表示されておらず、実際の大規模噴火時のリスク情報としては不十分な点も多い。

上に挙げた問題点の多くは、ハザードマップを紙媒体で事前に準備しておくという従来の標準的なスタイルに起因している。火山ハザードマップの整備が主に進められたのがインターネットが普及する以前であり、当時は紙に印刷して市民に配布することを前提にせざるを得なかったためやむを得ないと思われる。しかし、最近20年ほどでインターネットが急速に普及し、ウェブマップの機能も飛躍的に向上した現状に照らし合わせると、自治体のホームページで公開されている火山ハザードマップのほとんどが、紙ベースのマップをそのまま画像ファイルに変換しただけという現状には大いに改善の余地があると言わざるを得ない。

このような問題意識の下、本研究では地理情報システム(GIS)やウェブマップ等の情報技術を活用し、機能的かつ実用的なデジタル版の火山防災用のハザードマップの基本技術を確立することを目指した。本年度は図1の桜島火山ハザードマップに含まれる基本情報の多くを最近の地理情報システムの基本フォーマットとなっている geojson 形式に変換し、一般市民に広く利用されているウェブマップの一つであるグーグルマップで閲覧できる環境を整備した。本報告書では、その概要を紹介する。

## 2. 桜島火山のハザードマップの概要

火山のハザードマップが国内で整備されるようになったのは、1985年に南米コロンビアのネバドデルルイス火山において火山噴火に伴う融雪泥流で約2万5000人が犠牲になった大規模災害が発生したのを契機に、同様の災害を経験していた北海道の十勝岳火山周辺自治体が1986年に公開して以降である。同時期、南岳山頂火口で活発なブルカノ式噴火を繰り返していた桜島においても、1914年に発生した大正噴火規模クラスの大規模噴火に備えるためのハザードマップの必要性

が指摘され、鹿児島県が組織した桜島火山災害危険区域予測調査検討委員会により 1994 年に最初のハザードマップが公表された。始良カルデラを中心とした地盤の隆起膨張が続けており、近い将来、大正大噴火直前のマグマ蓄積レベルに回復すると予測されていることもあり、その後、2006 年と 2010 年に改訂されている。2006 年版以降のハザードマップでは、主目的を大噴火時には事前避難が不可欠であることを周知徹底することとしており、焦点を絞った簡潔かつ実践的なマップとなっている（石原、2006）。2010 年版のマップでは、B2 判サイズの紙面の上半分に桜島地域の地図を配置し、噴火発生と同時に脅威にさらされる範囲と避難施設等の位置を示すとともに、下半分に前兆現象、避難勧告等の情報伝達、避難手順、噴火警戒レベルと防災対応、過去の 4 大噴火の概要と近年の主な噴火活動、桜島の火山災害現象の 6 項目に分けて、火山防災に関する基本的な情報を掲載している。

### 3. 桜島火山のハザードマップのデジタル化

桜島火山のハザードマップのデジタル化の第一段階として、**図 1** に示したように 2010 年版の桜島火山ハザードマップに掲載されている災害予測区域図や前兆現象等の項目ごとに分割し、それらを別々にホームページ形式で表示するファイルを作成した（**図 2**）。各項目の表示画面の上部に共通のタブを配置し、それらのタブをクリックすることで他の項目に切り替えることができる仕様とした。

電子ファイルは html 形式で作成し、地図は google maps を表示できるよう同マップの API を javascript 形式で組み込んである。**図 2** に示してある通り、地図の両サイドに避難所や町丁目のリストを配置し、リスト内から各名称を選んでクリックすることで、それらの詳細情報がポップアップウィンドウで表示される機能も付加した。また、病院や避難所等のマーカーの表示・非表示を切り替えることができるチェックボックス機能も備えている。また、google maps を利用することで、利用者の興味のある地域を大きな縮尺で表示したり、地形図や衛星画像に表示を変更したりすることもできる（**図 3**）。google maps のストリートビューの機能も利用できるため、例えば、支援に向かう避難所の建物の外観や周囲の状況等も事前に写真で確認することが可能である。

現在のところ、データは公開していないが、ハザードマップを発行している鹿児島市の許諾が得られれば、鹿児島大学地域防災教育研究センターのホームページ等で公開することも可能になるものと考えられる。

### 4. ハザードマップへの付加情報の追加

前章で概要を説明したデジタル版のハザードマップでは、紙ベース版には掲載されていない鹿児島県全体の地図を表示する「広域マップ」の項目を加え、紙ベース版に掲載されている桜島地域の地図は「近傍マップ」とした。さらに、「広域マップ」「近傍マップ」「過去の噴火」の項目のページでは紙ベースのマップには掲載されていない付加情報をいくつか追加した。以下にそれらについて詳細を説明する。

#### (1) 広域マップ

桜島地域以外で最も影響が大きな噴火現象は火山灰の堆積だと考えられるため、直近の大噴火で詳細なデータが記録されている 1914 年の大正噴火の降灰分布を重ねて表示できるようにした（**図 4**）。同降灰分布をほぼ東西に反転させ、鹿児島湾を隔てて桜島地域の西部に広がる鹿児島市中心部に大量降灰が生じる可能性を示した中央防災会議（2011）の地図が表示できる機能も追加してある。

また、災害時には負傷したり体調が悪くなったりする市民の救護が極めて重要な活動であるため、鹿児島県下の全医療機関をマーカーで地図上に示した。災害時に医療支援の中核になる災害拠点病院は大きめで中心に「災」の文字を記した赤いマーカーで示してある。その他の赤いマーカーは一般病院であり、青いマーカーは精神科病院である。精神科病院を一般病院とは別のマーカーで示したのは、病院の入院患者の避難が必要になった際には、消防や自衛隊のみでは避難行動の支援が難しい精神疾患の患者のケアを行う特別な体制が必要になることが 2011 年の東日本大震災や 2016 年の熊本地震等の近年の大規模災害で指摘されているためである。

## (2) 近傍マップ

近傍マップは、紙ベースのハザードマップに掲載されている施設の位置が確認できることを基本的な要件とした。桜島地域内の避難港、退避舎、消防分団所ならびに桜島地域の住民が避難することを想定している鹿児島市街地側の指定避難所の位置をマーカーで示した。桜島島内の町丁目のリストを地図の右側に配置し、各町丁目名をクリックすることで、各地域の人口ならびに65歳以上、80歳以上の居住者数を表示できるようにした。また、各地域の居住者数の概要が一目で分かるように人口200人以下、200-400人、400人以上の3つに区分し、それぞれを色と円の大ききで分かりやすく表示する機能も加えた。

## (3) 過去の噴火

過去の噴火のページでは、産業技術総合研究所の地質調査総合センターが公表している桜島地区の地質図を利用し、文明、安永、大正、昭和の4つの大規模噴火で流出した溶岩の分布を表示できるように設定した。それぞれを個別に表示させることも、4つを同時に表示させることもできる。これによって、例えば、大正噴火のみの溶岩流の分布を取り出して視覚的に判別することが容易になり、一般市民の理解も深まるものと期待できる（図5）。

## 5. 今後の課題

本年度、実施した火山ハザードマップのデジタル化はごく初歩的なものであり、近年の情報通信技術の発展を考慮すれば、さらに高度化する余地は極めて大きい。来年度以降、インターネット経由で取得できる気象庁等による火山観測情報や国内外における噴火対応事例等、重要な火山防災関連情報の参照や、実際の桜島噴火時に災害対応に活用できる時間スケールでの地図情報の付加機能等の追加を検討していきたい。

特に、桜島の大規模噴火時には山頂以外の場所に火口が形成され、気象条件に応じて火山灰の流下方向が大きく変化することが想定されているため、噴火発生直後、可能な限り早い段階で、噴火の状況を把握し、一般市民や防災対応組織に情報提供を行うことが被害の軽減に極めて重要な活動となる。そのような状況で情報が迅速かつ正確に共有されるためにデジタル版のハザードマップの技術を早急に確立する必要があると考えられる。

このようなデジタルマップは、実際の大規模噴火時に地元自治体等の防災対応機関において有効に活用されることが重要である。それを実現するためには、図上訓練等において試験利用してもらい、実際の災害現場での活動や意識決定プロセスに沿った効果的な情報の提示方法を模索する必要がある。地域防災教育研究センターにおける専門部会やワーキンググループでの活動と有機的に連携しながら、これらの技術の確立に努めることが重要であると思われる。

## 結論

公開されている桜島火山のハザードマップの情報をウェブマップ上に表示する基本的な技術を確立した。既存のインターネット技術を活用して組み込むことが可能な機能を付与し、紙ベースのハザードマップよりも一般市民の理解しやすい形態で火山防災関連の情報を発信することが可能になったものと考えられる。来年度以降、実際の火山防災活動において、どのような表現方法や操作性が求められるかについて「大規模火山噴火と関連現象に関するワーキンググループ」等の席で、参画メンバーから意見を集め、それらの意見を反映させた上で、デジタル版のハザードマップの機能を向上させ、実際の大規模噴火時に一般市民や行政等の災害対応機関において活用してもらえるように準備を進める。さらには、近い将来、地元自治体等がハザードマップを改訂し、インターネットで公開する際に、本事業の成果を活用してもらえるように環境整備を進める。

## 参考文献

村越真・小山正人（2006）火山のハザードマップからの情報読み取りとそれに対する表現方法の効果、災害情報、4、40-49。

石原和弘（2006）桜島火山防災マップの改訂について、自然災害科学 J. JSNDS25-2、251-252。

中央防災会議（2011）災害教訓の継承に関する専門調査会報告書、1-169

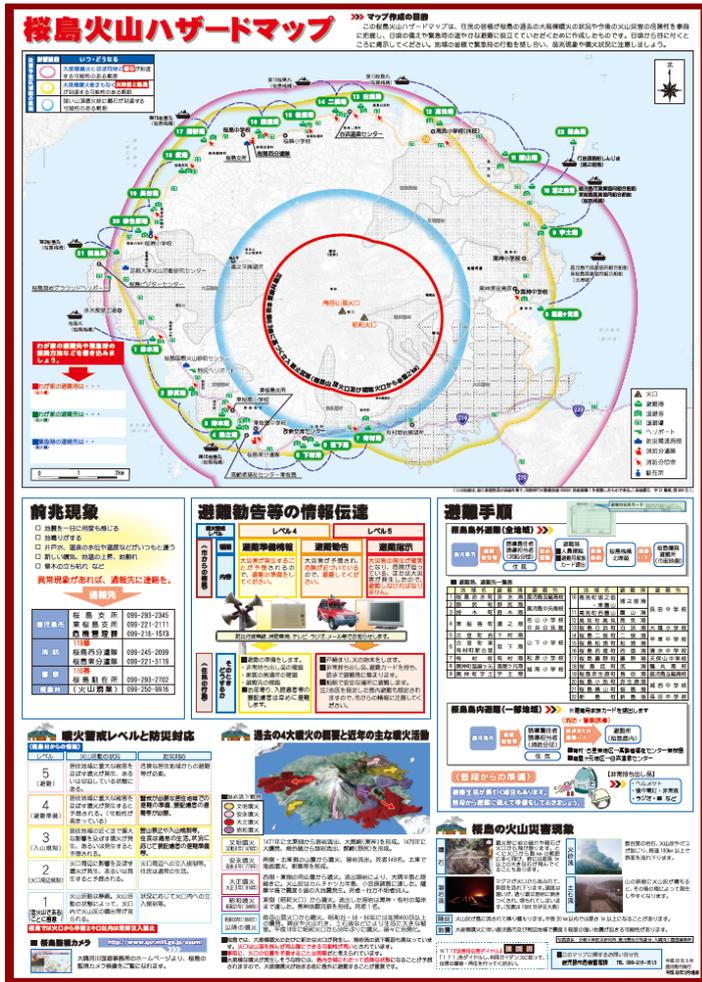


図 1. 2010 年に公表された桜島の火山ハザードマップ

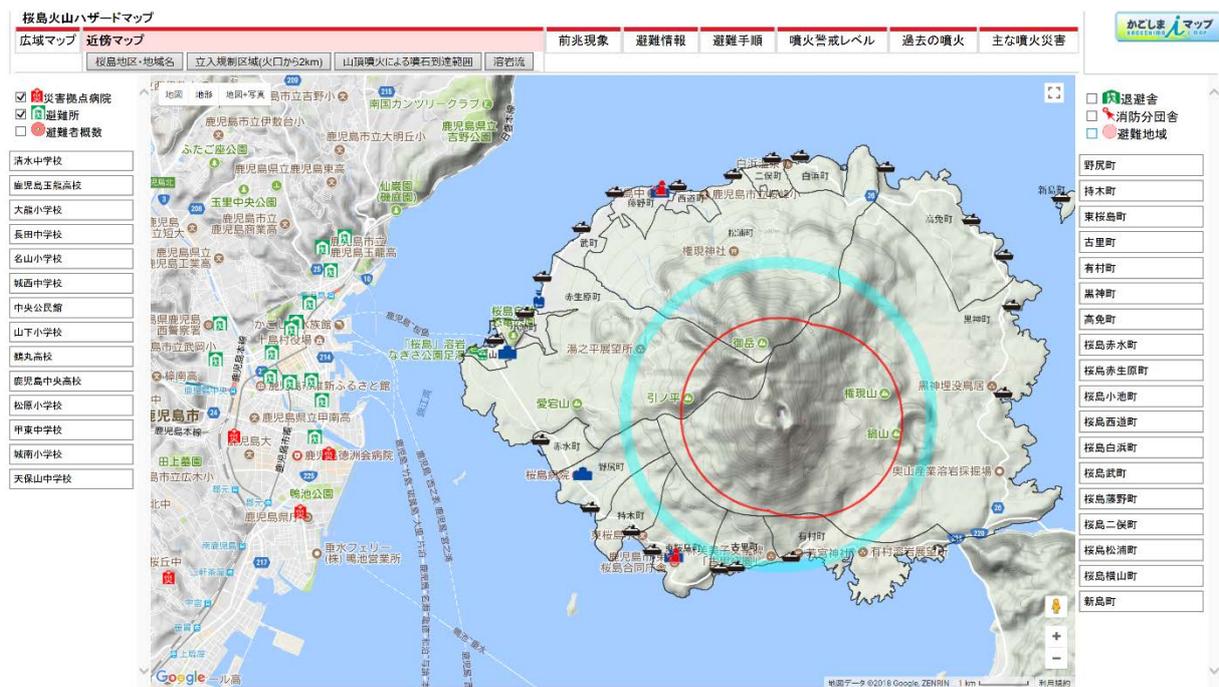


図 2. タブで項目ごとに分割したホームページ版ハザードマップの表示例



図3. 近傍マップで鹿児島市の東桜島支所付近を表示した例

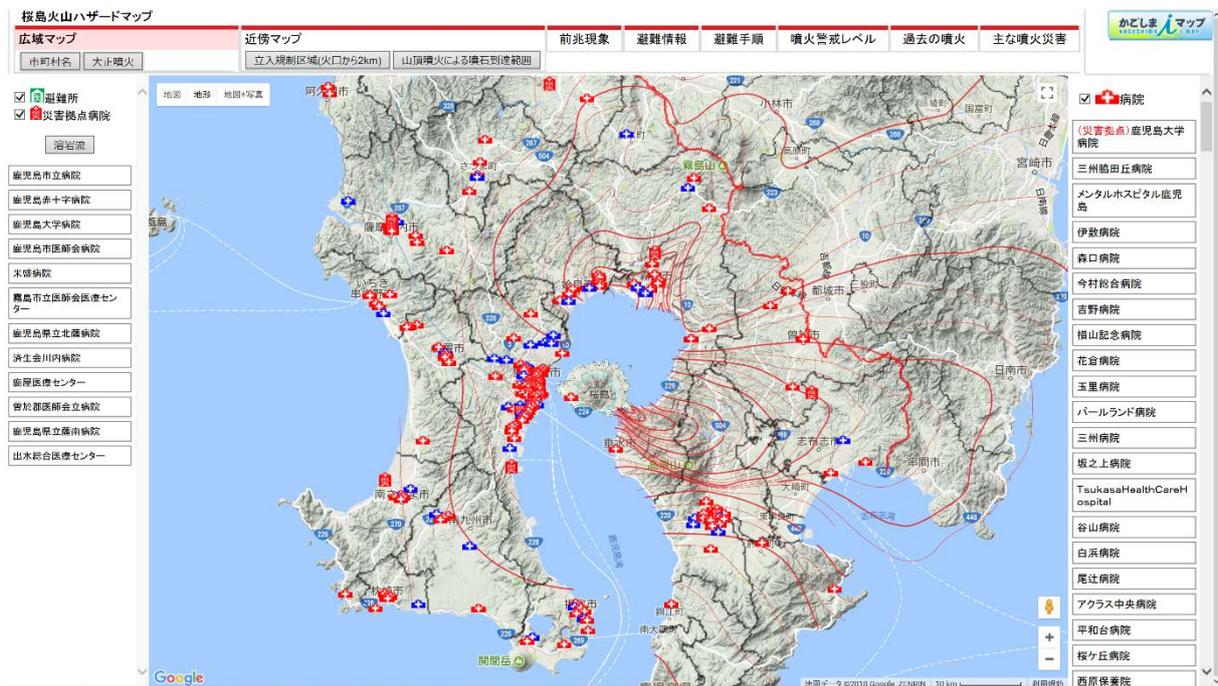


図4. 1914年の桜島の大正噴火の際の降灰分布と病院位置を付加した広域マップの表示例

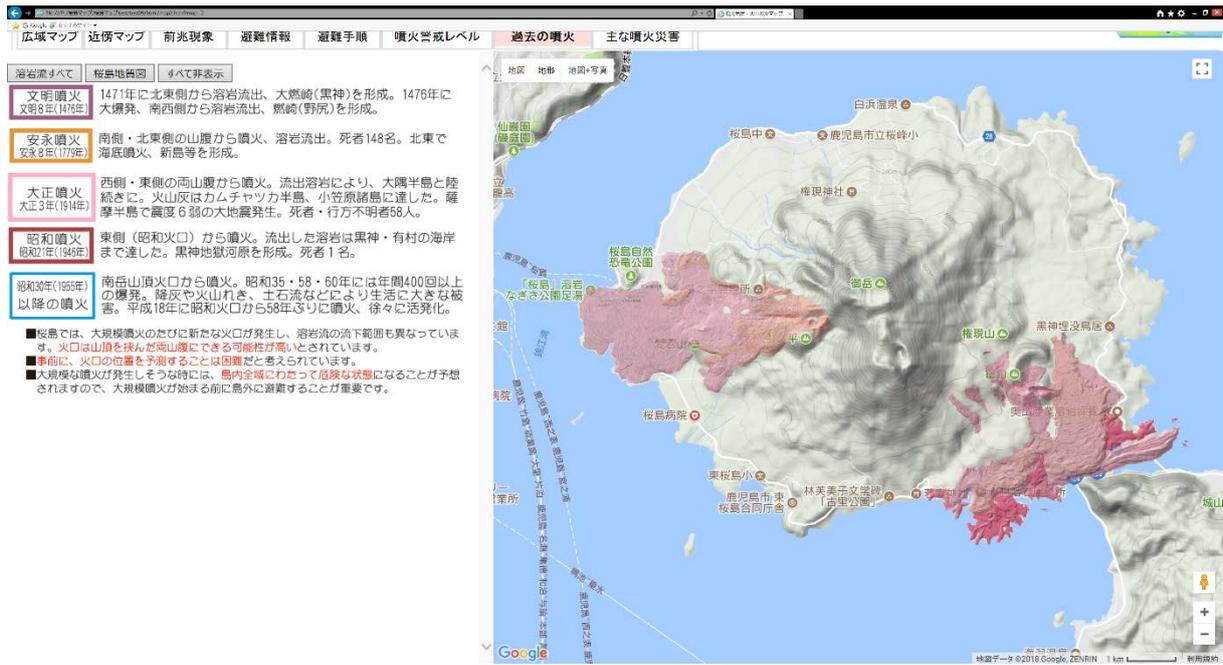


図5. 「過去の噴火」のページで、1914年の大正噴火による溶岩流の分布を表示した例

# 赤潮災害対策としての UAV(無人航空機)による水域モニタリング手法の開発

水産学部 教授 西 隆一郎

## 1. はじめに

鹿児島県ではブリやマグロそしてウナギなどの養殖が大規模に行われており、地域の産業としては重要である。そして、2016年の6月には八代海で赤潮が発生し、長島町漁協では約2億円の漁業被害が発生した。また、2017年8月8日の読売新聞には「養殖フグ、赤潮で25万匹死ぬ・・・被害2億円超」との見出しで、長崎県の伊万里湾で発生した赤潮の記事が掲載されている。

大規模な赤潮が発生すると地域の水産業（養殖業）に数億円単位の被害が出ることは稀ではないので、事前に赤潮の発生を予測できれば、更なる水質管理努力を加え、場合によっては、養殖いけすを赤潮の発生海域外に移動することも可能であるが、赤潮の発生を数週間以上前に予測することはほぼ不可能である。一方、隣接海域で赤潮が発生した場合に、早急にその位置と規模、および、移流拡散状況を把握すること（超短期予報）が可能ならば、赤潮が発生しにくそうな海域に事前に養殖施設を移動することで赤潮被害を低減できるはずである。そこで、UAV（無人航空機・ドローン）を用いて、空から定期的に海水面のモニタリングを行い、写真-1に示す様な赤潮の発生状況を把握するための海面モニタリング手法を開発する必要性を感じた。そこで、本研究では、赤潮が発生する可能性がある長崎県沿岸、八代海の鹿児島県沿岸、そして、大分県佐伯市沿岸において実施した UAV 海面モニタリング技術開発の試行錯誤に関して述べることにする。



写真-1 日本海沿岸で有人航空機より撮影した赤潮の状況

## 2. UAV を用いた海面モニタリングのための UAV 運航地域

船舶からではなく、UAV を用いて空から海面のモニタリングを行うことに関し、現状では、現場の海水の採取（サンプリング）が行いにくいことや気象・海象条件に制限が多いという欠点は

あるが、機動性、コストパフォーマンス、同一時間で調査できる範囲が広いなど多くの利点がある。また、UAV（無人航空機）を飛ばして搭載カメラにより海表面および浅い水中のモニタリングを行う場合には、日中の太陽反射が強い時間帯、および風波により水表面に擾乱が多い条件では、海表面および浅い水中内の可視化情報がなかなか得られないので、UAV（無人航空機）を用いて空から質の良い（判読しやすい・解析しやすい）写真を撮るための撮影技術の開発も必要である。当然ながら、自然条件で飛行を行うので、様々な気象・海象条件の下で安全な運航を行うための技術も必要となる。また位置情報付きの空撮写真をたくさん重ね合わせて広い海面領域の海面画像を合成（オルソ画像を作成）するためには、陸上で行うような写真測量用のUAVフライト技術だけでは、写真の合成ができないことがよくある。そこで、従来は写真測量の対象外とされた海域（海水面）であっても、ある程度の写真合成（写真測量）ができるような、フライト技術の開発も必要であった。また、赤潮対策用の海面モニタリングを行う場合には、船舶上から海面モニタリングフライトを行う場合と、陸地を起点にして海面モニタリングを行う場合があるために、両方の技術開発も必要である。そこで、これらの問題に対応する技術開発を行うための空撮フライトを、長崎県沿岸、鹿児島県沿岸、そして、大分県沿岸で行うことにした。

まずは、長崎大学所有の調査船鶴洋丸上で船上からUAVを用いた海面モニタリングを試行した。この時には、船を沖合で一旦停止させ、甲板上からUAVを離陸させ、目視でUAVを視認できる船周辺数百m圏内の海面モニタリングを行うことができた。ただし、金属製の船であることや金属製の障害物が多いためにUAVの方位センサー（磁器センサー）やGPSセンサーが陸上からの離陸に比べて感度が弱くなりがち（受信しにくくなりがち）なことが分かった。その後、船を約10ノット（約5m/s）で走らせ甲板上からUAVを離陸させ海面モニタリングを行おうとしたが、種々の問題のために高度な飛行技術が必要となることが分かった。例えば、通常はUAVの運航時の風速は5m/s以下を安全の目安としているが、船の移動速度そのものが低速で航走しているとはいえ、約5m/sであるので、機体が甲板を離れた瞬間に機体に風速の上限としている5m/sの風が作用することになる。また、甲板を離陸し上昇しようとしている時に急激に背後方向から艦橋が迫り、衝突の可能性が高いことも分かった。さらに、機体を安全に離陸させるためには、甲板から直接離陸させるのではなく、人が頭上にUAVを両手でしっかり保持し、操縦者の合図で機体をリリースの方がより安全性が高まることも分かった。なお、調査船鶴洋丸でUAVのフライトを行う前に複数のUAVを同時に運航させても問題はないとのアドバイスを受けて運航したのであるが、実際には、別組織のUAVとフライト中に混信してしまった。船に回収する努力を繰り返したのではあるが、最終的に回収できず東シナ海に機体が沈んでしまったために、空撮画像を記録したメモリーも回収できなかった。



写真-2 鹿児島大学水産学部附属海洋資源環境教育研究センター東町ステーションの様子

陸域から離陸して赤潮の海面モニタリングを行う調査地としては、鹿児島大学水産学部附属海洋資源環境教育研究センターの東町ステーション（長島町）の周辺海域を対象とした。



写真-3 東長ステーションの周辺海域の様子 写真-4 海域に設置された養殖施設

### 3. UAV を用いた海面モニタリングのための空撮技術

長島町にある東町ステーションは八代海に面した教育研究施設であり、全面海域には養殖施設が多数配置され、赤潮情報も鹿児島県から配信されている状況であったために、周辺の島を含め格好の海面モニタリング基点であった。本施設内の敷地化から UAV を離陸させて海面および海中を可視化するための運航技術及び撮影技術の試行錯誤を繰り返した。また、一般論としては、本海域の赤潮は4月以降で、雨が数日降り続き、その降雨により、陸地の栄養塩が海域に多量に流出し、その状況で、晴れ間が数日続いて海表面近傍に植物プランクトンの光合成に必要な栄養塩と光が豊富にある状態になると、赤潮が起りやすくなる。

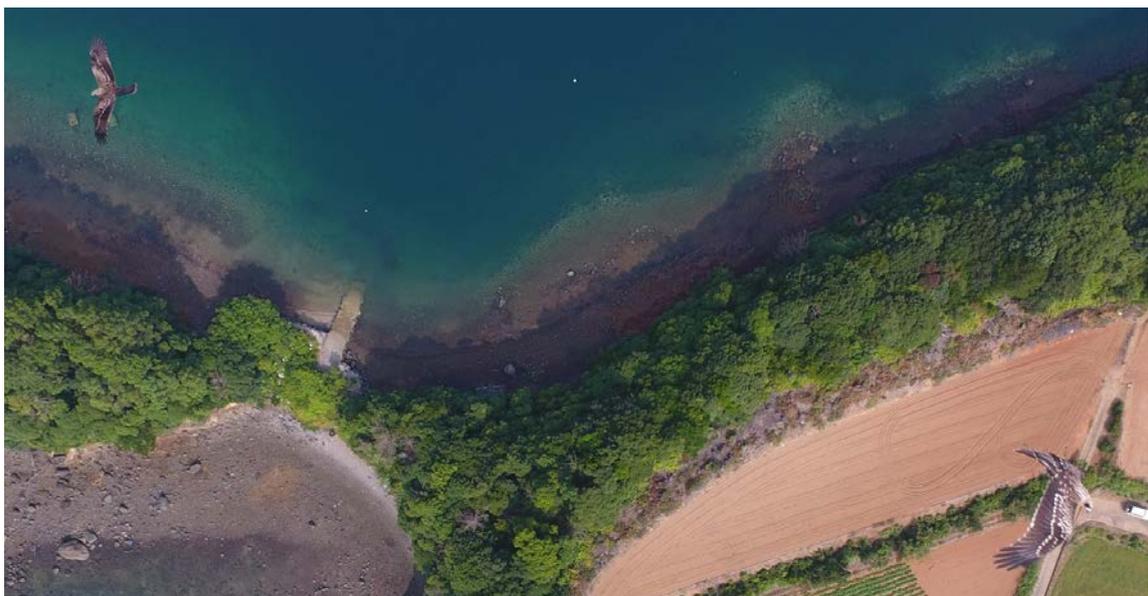


写真-5 長島町の典型的な陸域（農地）と海域の接続状況

なお、本研究期間中の夏季休暇時期に、沿岸環境を学ぶ大学院生3名がタイ国のカセサート大学から海岸環境工学研究室に短期留学してきた。修士課程の研究を進めるうえで、UAVによる海域モニタリング手法を学びたいという希望があったので、東町ステーションにおいて、UAVの運航訓練及び空撮技術の習得を図ろうとした。しかし、写真-5中にも写っているが、操縦訓練中に数頭の大型の猛禽類やカラスの集団がUAVに対して威嚇行動を始めたために、大学院生3名は恐怖感を覚え、操縦を断念してしまった。そこで、指導役の著者が、威嚇行動を始めたり、超接近飛行を行う鳥類にどのように対処するか実演しながら、海面モニタリングを継続して、撮影データをタイ人大大学院生に提供することになった。陸域での調査に比べると、赤潮調査の様に沿岸域でUAV調査を行う場合には、大型猛禽類やカラスなどに遭遇する頻度がより高くなるので、安全な海面モニタリング運航を行う上で、鳥類対策技術が必要なことを実感した次第である。加えて、赤潮のための海面モニタリング目的でUAV空撮を行う場合には、(i)安全な運航、(ii)質の良い空撮画像の取得が最も重要である事が分かった。

#### (1) 画像解析(写真測量)の手順

現在、UAVにおいて空撮作業を行う場合に、空中写真撮影地点のGPS情報(緯度・経度・高度・時刻)を利用できる場合が多い。また、GPS機能付きのカメラであれば、デジタル画像に撮影(Exif)情報が書き込まれている。また、UAV付属の小型カメラの性能も改善されており、本研究で主に用いた20Mピクセルカメラであれば、メモリーカードに記録された写真は1枚が5,472×3,078ピクセルサイズで、水平および垂直方向の分解能は72dpiになっている。撮影された対象物にもよるが、写真1枚は約6~7メガバイトの容量となる。使用するUAVの機種にもよるが、沿岸域で飛行空域制限の課されていない海域で飛行する場合には、航空法上の許可申請を特にしなければ、日中の目視運航で、飛行高度の上限は150m、そして、人などからは最低限でも30m以上機体を話して運航することになる。また、気温や風速にもよるが、通常は20分から30分弱のフライトが、一つのバッテリーで可能である。本研究目的を達成するために、空撮は2秒間隔で行うように設定した。結果として、1フライトで写真測量(写真合成)用の空撮画像(静止画)が、600枚程度取得されることになる。空撮後の作業としては、写真一枚ずつ、目視判読作業で赤潮や特異な水面状況・水中状況が写っていないか一枚ずつ写真を確認していく。この時に、ブレた写真などはすべて消去することになる。そして次に、対象海域(海面)が適切に写り、写真間のオーバーラップとサイドラップが概ね60%以上確保されているものだけを写真解析処理に進めることにする。例えば、写真-2に示される東町ステーション周辺の水域と陸域の画像は、約600枚程度の空撮画像を、写真測量技術などを駆使して作成した鉛直歪無し写真(オルソ画像)である。本写真解析(写真測量)に関しては、大容量の画像データを対象に、非常にたくさんの計算を必要とするために、最低でも、計算機(PC)はcorei7以上で、内部メモリーは32GB以上で、外部メモリーは数テラバイト以上のスペックでないと、数日以内で結果が出ない可能性が高くなる。また、海面モニタリング用の写真判読を行うためには、できるだけ性能の良いグラフィックカードが組み込まれたPCを推奨する次第である。

#### 4. 海面モニタリング画像の例

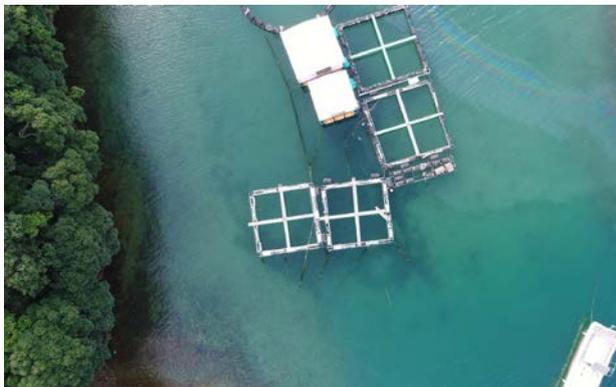


写真-6 養殖施設周辺海面の油膜 1



写真-7 養殖施設周辺海面の油膜 2



写真-8 潮流の影響で左右で濁度が異なる海域 写真-9 養殖生簀内の水表面付近の魚の群れ

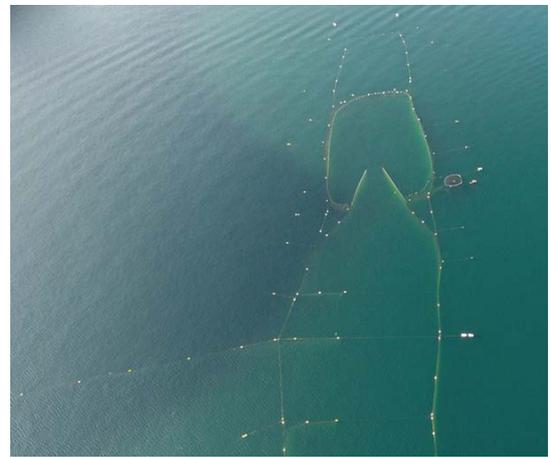


写真-10 近隣海域の定置網

写真-11 赤潮警報が出ていた佐伯市沿岸の定置網

## 5. おわりに

赤潮予報に使用できる海面モニタリングの新技术としての UAV の利活用について試行錯誤した。なお、本研究期間中には東長ステーション周辺海域では赤潮が発生していたが、海面が赤色に見える赤潮ではなかった。そのため赤色に見える海面の撮影はできなかったが、今年度は、当該海域の赤潮被害額そのものは軽微なようであった。本研究では、従来は研究対象とは考えられなかった（対象外であった）とも言える、赤潮の海面モニタリングに UAV および写真測量技術を応用することを考えて、ある程度実用化の目途が立ったものと思われる。ただし、UAV を安全に運行することが非常に重要である事を認識しながらも、実際のフライト現場では、気象条件、海象条件、現場の様々な制約条件のために事故が発生することも事実であった。従って、UAV の利活用を進めるためには、UAV 事故に関する科学的・体系的な分析と技術的な改善方法に関する研究も今後必要と思われた。

付録 奄美大島沿岸域における油類漂着物の UAV を用いた海岸環境モニタリングの例を示す.



写真-A 奄美大島のC海岸での油類漂着状況のオルソ画像（赤線で囲む領域が油類の主な漂着領域である）



写真-B 当該海岸での海面の様子（浮遊した油類は確認できない）



写真-C 砂浜に漂着した油類の状況 1



写真-D 砂浜に漂着した油類の状況 2

# 「ふるさとの記憶」を災害から守り、未来につなぐための教育普及活動 Part II

法文教育学域教育学系 佐藤 宏之  
教育学研究科1年 土居 祐綺  
教育学部4年 矢野 真帆

## 1. はじめに

本事業は、2016年度に引き続き、「ふるさとの記憶」を自然環境（地震・津波・集中豪雨・噴火など）の変化や歴史環境（急激な人口移動や高齢化・代替わりなど）の変化から守り、未来につなぐための取り組みを教育普及することを目的とする。

歴史資料は、そこに人びとが暮らしてきた証であり、「ふるさとの存在証明」というべきものである。それはたまたまそこに遺っていたというような偶然の産物ではない。さまざまな政治的変動や災害（戦災・自然災害）、歴史書の編纂事業、他文書の流入といった、いくつもの史料滅失の危機を免れ、地域の人びとの手によって大切に保管されてきたものということができる。

記録や記憶を未来につなぐこと。こうした文化的な営みが、復興への道を歩んでいく人びとを結びつける紐帯となることは、阪神・淡路大震災以降、東日本大震災に至るまで、全国各地の被災地で実証的にあきらかにされてきたことである。わたしも2013年度より「鹿児島歴史資料防災ネットワーク（準備会）」(<http://kagoshima-shiryounet.seesaa.net/>)を立ち上げ、県内各地に遺る歴史資料の保全活動に取り組んでいるし、本センターにおいても2012年度より継続的に活動を行っている。

もし、こうした歴史資料がなくなったとしたら、そこに人間の営みがなかったこと、そこに歴史がなかったことになってしまう。建物にはそれぞれ耐用年数があり、壊れたらその都度修理したり、建て直したりすればいいのかもしれない。しかし、人の命や歴史資料、文化財は唯一無二のものであり、取り替えがきくものではない。まして、意識的に遺そうとしなければ遺らないものでもある。しかしながら、膨大な歴史資料を目の前に、専門家「のみ」でそれを共有することができないのが現状である。

そこで本事業では、①地域の人びとの歴史資料に対する意識を変え、②歴史資料を保全する技術や方法を身につけ、③その担い手を育成するためのワークショップを開催することにした。

## 2. 出水市における歴史資料保全活動

【新聞記事】

鹿児島県出水市は、江戸時代より戦後にいたるまで戦の拠点（麓地区武家屋敷・海軍航空基地）があり、そこに数多くの戦闘員（武士・隊員）が暮らしていた。まさに武力（軍隊）と地域の関係を考えるうえで格好の場所といえる。こうした関係性を考えるうえでも、地域に残された歴史資料を発掘・保全し、活用する手立てを講じる必要がある。

わたしは、2014年度より出水市教育委員会と（一社）出水民泊プランニング・平和学習ガイドのみなさんと「出水市戦争遺跡等保存活用プロジェクト」を立ち上げ、戦争遺跡の保全、戦争や戦時の生活をうかがい知ることができる資料の収集、戦争体験者への聞き取り調査などを行ってきた。出水市内全戸へ自治会のみなさまの協力を得て情報提供を呼びかけるビラを配布・回収し、これまで約100名の証言を映像と音声で集めることができた。なかには、戦時中に書かれた日記や「軍極秘」と朱印が捺された資料など、当時の生活をうかがうことができる



新たな資料を発見することもあった。こうした活動を行っていることが地域の人びとによりやく認知され、最近では史料保全の依頼が来るようになった。

本年度は、出水市において長年ツルの監視員をされていた又野末春さんの資料および西田孫右衛門さんが書かれた『私の人生』4冊の保全活動を行った。特に又野さんの資料はネガフィルムや写真が多く、そのデジタル化と目録作成を土居祐綺が担当した。

### 3. 史料保全活動から歴史研究へ

わたしたちが取り組んでいる史料保全活動は、史料を保全したらそれで終わりという活動ではない。その史料から、そこに住んでいた人びとの生活や営みを紡ぎ出すことが重要である。

わたしは2012年度より毎週金曜日13:30～17:30にかけて史料整理を149回行ってきた(2018年1月現在)。その中心は「大武文庫」の整理である。

「大武文庫」とは、鹿児島市内在住の大武進氏がこれまで個人的に、鹿児島県・薩摩藩に関わる史料を古美術商などから収集したコレクションのことである。史料収集の過程で、ときどき旧家の古文書や古記録が、安い値段で売られていることに気付き、しかもそれらの史料は、県外の研究者が買い求めていく。鹿児島県・薩摩藩に関わる貴重な史料が、県外に散逸していくのは見過ごせない事態であると考え、散逸・減失の可能性があった地域の歴史史料を、個人の手によって収集してきたという。その史料が、2012年9月に鹿児島大学附属図書館に寄贈されることになったことを契機に、史料整理を開始したのである(その経緯や史料の概要については2012年度の報告書を参照のこと)。

【大武文庫】



その史料整理に参加した、当時、教育学部3年生の矢野真帆は、2016年6月10日～11月4日まで「山崎戦時下の婦人会文書」(1922〈大正11〉～1948〈昭和23〉)年の山崎村(鹿児島県さつま町)の婦人会に関する記録)の整理を行い、目録の作成を担当した。

【山崎戦時下の婦人会文書史料目録】

山崎戦時下の婦人会文書史料目録 (個別調査)										山崎戦時下の婦人会文書史料目録 (個別調査)										
種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別	種別
書名	書名	書名	書名	書名	書名	書名	書名	書名	書名	書名	書名	書名	書名	書名	書名	書名	書名	書名	書名	書名
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌	山崎村婦人会創立会誌
1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922
大正11	大正11	大正11	大正11	大正11	大正11	大正11	大正11	大正11	大正11	大正11	大正11	大正11	大正11	大正11	大正11	大正11	大正11	大正11	大正11	大正11
山崎村	山崎村	山崎村	山崎村	山崎村	山崎村	山崎村	山崎村	山崎村	山崎村	山崎村	山崎村	山崎村	山崎村	山崎村	山崎村	山崎村	山崎村	山崎村	山崎村	山崎村
鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県	鹿児島県
大武進	大武進	大武進	大武進	大武進	大武進	大武進	大武進	大武進	大武進	大武進	大武進	大武進	大武進	大武進	大武進	大武進	大武進	大武進	大武進	大武進
2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10	2016/9/10

矢野は、同文書群の「大正十一年創立会誌」「大正十一年十一月創立 協議事項」「大正十三年十月山崎村婦人会要項」「(山崎村麓婦人会設立経過概要ほか一綴)」「会則」などを用い、山崎村婦人会が、①設立当初は災害支援や社会事業を中心に活動していたが、1932年以降、軍事支援が

増加したこと、②経済の立て直しのためにはじめた真綿製造の副業が、やがて軍需品（被服品）の製造へと展開するなかで、山崎村では地域の産業（真綿）を活かした積極的な軍事支援を行っていた実態をあきらかにした、それを卒業論文「銃後の組織化—山崎戦時下の婦人会文書を中心に—」にまとめ、2018年1月15日、鹿児島大学教育学部へ提出した。

まさに、史料保全活動を通じて、史料（内容）に興味を持ち、それが自身の研究につながった好例ということができる。

歴史史料の所蔵者は、長年大切に保管してきた史料に対する愛着と、そこに一体なにが記されているのかという興味・関心を持っておられる。こうした所蔵者の愛着と興味・関心に対し、研究者が史料の内容や歴史的意義をあきらかにする営みが、歴史史料を保全するという意識を醸成させる契機となるのではないかと考える。すなわち、歴史史料は歴史的事実をあきらかにする、歴史研究者のためだけのものではなく、地域の人びとにとっての「歴史資産」「歴史遺産」とでもいべきものなのである。

#### 4. 戦争の記憶を未来につなぐ—教育実践—

1945年の日本の敗戦から72年という歳月が経過した。戦争体験世代や戦争や戦時の生活を少しでも記憶している世代は少なくなり、統計上、日本の総人口の10%を切ったといわれる。すなわち、体験や証言として戦争・戦時が語られる時代から、少数派の戦争体験者と多数派の非体験者によって構成された戦争の記憶が、非体験者からさらに次の非体験者へと継承される時代になったのである。戦後間もない時期は戦争経験のある人びとが同様の経験を有する人びとに語りかける「体験」の時代であり、それが1965年以降になると経験を有する人びとがそれを持たない人びとと交代の兆しを見せる「証言」の時代となり、1990年以降になると戦争の直接の経験を持たない人びとが多数を占める「記憶」の時代といわれるようになる（成田龍一『「戦争経験」の戦後史』岩波書店 2010年）。そして現在、「体験者消滅」の時代といえることができる。

このように体験や証言として戦争・戦時が語られる時代から、非体験者からさらに次の非体験者へと継承される時代になったということは、戦争をめぐる語りや、実在としての戦争から書かれたものとしての戦争、記憶として再構成されたものとしての戦争へと移り変わったことを意味する。

その記憶を再構成するなかで、近年、戦争の実態を知ろうとせず、自分の感情にそったものだけを拾い上げ、戦争や植民地支配による加害責任を否認する考え方が勢いを増してきている。「自分とは関係がない」「私がやったわけではない」「被害者意識を持ちすぎではないか」といった直接体験を持たない世代、戦争や植民地支配の過去を知らず、その史実を十分に学んでこなかった世代が、戦争の記憶をどう受け継いでいくのか。今日の教育的・社会的課題といえる。

体験者本人の生の声で証言するということは、ここ数年以内に確実に不可能となり、歴史研究の基本である文字記録によってしか研究ができなくなるという状況がやってくる。体験者の消滅によって、文字記録主体の「普通」の歴史研究になってしまうことを、ただ指を咥えて見ているだけでいいのだろうか。むしろ、体験者の証言をこれからも活用し続けていく方法論を模索し、構築すべきではないだろうか。

この間、戦争遺跡の発見・発掘や「戦争体験」の収集が、全国各地で行われてきた。これらの活動は、「なにが起こっていたのか」「何があったのか」、戦争の実態を解明するうえで、平和の伝承が「ヒトからモノへ」頼らざるを得ない状況下において欠かすことはできない。しかし、戦争遺跡は、そこに存在するだけで「物言わぬ語り部」となるのでは決してない。戦争遺跡に物語らせるためには、ストーリーが必要になってくるのである。

わたしたちが2014年度に立ち上げた「出水市戦争遺跡等保存活用プロジェクト」では、戦争遺跡や戦争体験談を平和学習に活用すべく、これまで活動してきた。そこには、これまで行ってきた戦争遺跡を見学する平和学習や戦争体験者の話を聞くという平和学習に対する反省が含まれている。それは、平和学習が自らの被教育経験のみに依拠した直感的な学習であったり、発達段階などの教育学的知見を無視した学習であったりするならば、必ずしも歴史に向き合い、平和の尊さを伝える場にならなくなってしまうと考えたのである。

2017年、鹿児島大学教育学部田口紘子研究室（社会認識教育学）と、出水市教育委員会、一般社団法人出水民泊プランニング・平和学習ガイドの協力を得て、小・中学校向けの平和学習プロ

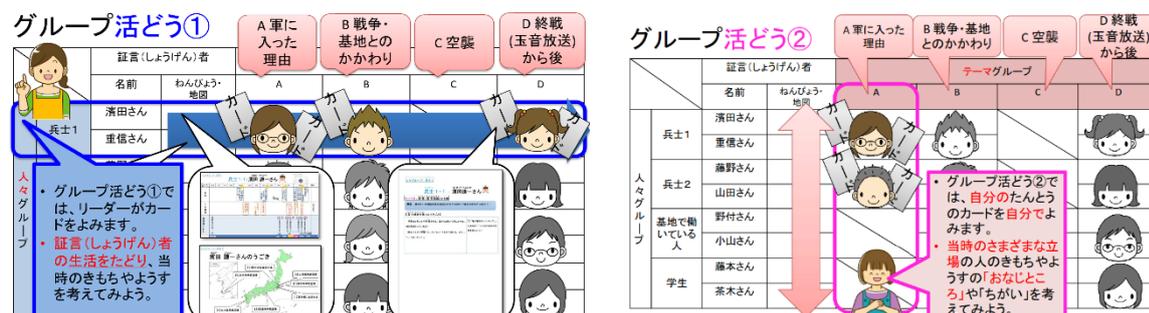
グラムを開発した。

8月26日、出水市内の小・中学生（小学校3年生から中学校3年生）を対象に、「戦争の記憶」を未来につなぐ」ワークショップ Part II（複数の体験者の人生を追いながら、ある時点での行動や気持ちを比較するワークショップ）を開催した。

このワークショップでは、「出水にのこる戦争証言を友だちに伝えるために証言ポスターを作ろう！」を学習のめあてとした。

まず、子どもたちを「兵士1（国内にいた兵士）」「兵士2（戦地にいた兵士）」「基地で働いている人」「学生」の「人々グループ」に分け、証言者の生活をたどりながら、当時の気持ちや様子を考える活動①を行う。

ついで、「A 軍に入った理由」「B 戦争・基地とのかかわり」「C 空襲」「D 終戦（玉音放送）から後」の「テーマグループ」に分かれ、活動①で担当したカードをテーマグループの人に紹介し、当時のさまざまな立場の人の気持ちや様子の「同じところ」や「違うところ」を考える活動②を行う。



この活動①・②で行った各自が証言記録を読み、その内容を責任をもって他者に伝える学習は、「戦争体験」を継承する（「戦争の記憶」を未来につなぐ）という行為を疑似体験することになる。すなわち、「ふるさとの記憶」を未来につなぐ活動を行ったことになるのである。

### 【学習の様子】



証言者を「人々グループ」や「テーマグループ」に腑分けすることによって、個々人がどのような社会的立場から、どのような行動をとり、相互に影響を与え合っていたかや、異なった個々人が互いにどう関わって社会を動かしていたかを考えることができるのである。

## 5. おわりに

日々廃棄あるいは発見される歴史資料は膨大であり、それを保全する（できる）人の数は限られている。すべてのことが専門家「のみ」でできるわけではない。したがって、こうした活動ができる人材を育成し、その輪を広げていくことが重要になってくるだろう。とりわけ、日常での取り組みのなかでも、「市民の専門性の底上げ」が史料保全を進めていくうえで必要不可欠なものとなってくる。地域の人びとが古文書の整理・解説や民具の整理・体験活動に取り組むことは、地域の歴史への関心を高めるうえではもちろんのこと、史料保全の若い担い手の育成や生涯学習という観点からも有効であることが言を俟たない。しかし、これらのすべてを歴史史料を所蔵している「地域の人びと」に求めてしまうこともまた酷な話であると考えられる。なぜなら、所蔵者は

もちろんのこと、歴史史料の保全活動には、研究者もいれば、学校教員、学芸員などのほか、それを観光資源にと考える人や歴史に興味がある人など、多種多様な人びとが集まるからである。したがって、歴史史料に対する関わり方も、その人に立場によって多様なものとならざるを得ない。

わたしたちは、まず歴史史料に関わる人びとが、互いの関わり方が異なることを理解し合い、そのうえで、地域の歴史文化を豊かにするという方向で大まかに、ゆるやかにまとまって協業していかなければならないだろう。そうすることで、ある歴史史料を地域の歴史遺産に「する」ことができるのではないか。

価値の多様化が進むなかで、人びとの新しい関係によって、新しい歴史像を切り拓く。こうした取り組みの一助となるべく、引き続き活動していきたい。

#### 【附記】

本事業は、鹿児島大学地域防災教育研究センター・平成 29 年度特別経費「南九州から南西諸島における総合的防災研究の推進と地域防災体制の構築」およびトヨタ財団・2015 年度研究助成プログラム「戦争の〈記憶〉の継承とその利活用に資するアーカイブズの構築およびそれに基づく平和学習の新たな可能性の探究—平和を希求する心を育むための試み—」(研究代表者・佐藤宏之)による研究成果の一部である。

8 月 27 日のワークショップには、深瀬浩三先生(教育学部准教授)、土居祐綺さん、矢野真帆さん、寺内愛さん(教育学部 4 年)、遠竹ゆき菜さん(教育学部 4 年)、松元愛実さん(教育学部 4 年)にご協力いただきました。ありがとうございました。

なお、本稿の「3, 4」については、第 4 回全国史料ネット研究交流集会(2018 年 1 月 20, 21 日・ノートルダム清心女子大学)において、矢野真帆がポスター報告を行った。



# 桜島から噴出する火山灰の構成鉱物に関する研究(2017年3月～10月)

## —地域の自然環境を深く正確に理解した力量ある理科教員の養成—

教育学部 松井 智彰・足立 稜太

### 1. はじめに

鹿児島県下には11の活火山が存在する。このうち5つの火山（霧島山、桜島、薩摩硫黄島、口永良部島、諏訪之瀬島）は、近年、噴火活動を繰り返しており、火山噴火予知連絡会によって「火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要な火山」として選定されている。平成29年4月の時点で、これらの火山の周辺（桜島、薩摩硫黄島、口永良部島、諏訪之瀬島の各島内、および霧島山においては新燃岳、御鉢の各火口から6km以内）に学区を有する鹿児島県内の学校は、小学校が9校（児童数331名）、中学校が8校（生徒数333名）存在する（鹿児島県, 2017）。学校教員は地域の防災リーダーとなりうるため、火山について正しく深い知識を持った教員の養成は防災教育の基礎であり、教育現場においても火山災害に対してレジリエントな地域社会を実現することを目的とした防災教育は非常に重要な意味をもつと考えられる。一方、リアルタイムで活動する火山について日常の生活体験として最も身近に意識されるのは「火山灰」であると言っても過言ではない。

こうした現状を踏まえ、鹿児島大学教育学部理科専修で開設している「地学概論Ⅰ」、「地学実験Ⅰ」、「地学野外実験Ⅰ」の授業（標準的には2年次に履修）では、内容を互いに関連付けて、学習指導要領（文部科学省, 2008a, b）に記載された事項をカバーし、尚且つ火山活動に関する基本的知識や概念を高等学校時に「地学基礎」や「地学」の授業を未履修の学生でも系統的に学習できるように配慮している。更にこれらの授業内容を基礎として開設された「鉱物学」、「地球物理学」の授業では、卒業研究時に必要となる発展的な内容を用意し、火山活動や噴出物に関する専門的な知識の定着を図っている。3年次に履修する「地学演習Ⅰ」、「地学演習Ⅱ」では、より実践的な内容として、理科系での論文・レポートの書き方、データのまとめ方や分析の方法、実験器具や分析装置の取扱方法等を学ぶ。4年次で取り組む卒業研究では、希望者に対して、桜島から噴出する「火山灰」に着目したテーマを提示し、火山活動を物質科学的に監視する調査・研究を平成25年度から継続して行っている（松井ほか, 2017）。

今年度は、一昨年度までの調査結果に基づき、より火山噴火に対応した火山灰を採取するために、桜島南岳昭和火口に対して年間を通して卓越する西風の風下に位置する鹿児島市立黒神中学校の協力をいただいた。観察・分析は、火山灰を構成する鉱物の中で最も割合が高い斜長石について行い、粉末X線回折実験によって得たデータに基づいて推定される斜長石の構造状態を火山活動（噴火回数）と対比した。本報では、鹿児島大学教育学部理科専修地学分野における防災教育への取り組みとして、開設授業の内容を簡潔に紹介し、併せて今年度の調査で新たに明らかになった事柄について要点を報告する。

## 2. 地学分野開設授業の概要

鹿児島大学教育学部理科専修における担当授業の中で、学生が火山に関係した卒業研究に取り組むことも考慮して授業計画を立てたものについて以下に概要を抜粋して紹介する。

### 「地学概論Ⅰ」（初等教育コース：選択必修科目，中等教育コース：必修科目）

次年度以降に開講する「鉱物学」，「地球物理学」，「気象学」の序論として，基礎的な概念を最新の話題などを紹介しながら講述する。内容：(1) 鉱物の性質，(2) 鉱物の結晶構造，(3) 鉱物の分類，(5) 地球内部の構造，(6) プレートテクトニクス，(7) 火山とその噴出物，(7) 地震。カッコ内の数字は授業の順番を示す（以下同様）。

### 「地学実験Ⅰ」（選択必修科目）

「地学概論Ⅰ」の講義内容の理解を深めるために，鉱物学，地球物理学，気象学に関係する基礎的な事柄について分析・検討する方法及び技術を養成する。内容：(1) 鉱物の観察（肉眼による観察の基本），(2) 鉱物の観察（ケイ酸塩鉱物），(3) 結晶構造模型の作成，(4) X線回折パターンからの鉱物種判定，(5) 粉末X線回折実験，(6) 岩石・鉱物の比重測定，(7) 火山灰の観察，(8) 地震波の解析（走時曲線による地球内部の探究）。

### 「地学野外実験Ⅰ」（選択科目）

「地学概論Ⅰ」の講義内容の理解を深めるために，鉱物学，地球物理学，気象学に関係する基礎的な事柄について野外で観察・調査する方法及び技術を養成する。内容：土曜日に3回に分けて集中講義（終日）。(1) 鉱物（花崗岩と安山岩の構成鉱物）の観察及び採取，(2) 火山噴出物の観察及び採取、火山地形の観察。

### 「鉱物学」（選択科目）

固体地球の環境を語るうえで欠かせない基礎知識として、固体地球構成物質の最小単位である鉱物の構成原理と生成原理を理解することを目的として、おもな造岩鉱物、特にケイ酸塩鉱物の結晶構造と化学組成について講述する。内容：1. 総論 (1) 鉱物と造岩鉱物，(2) 鉱物の記載と分類，(3) 地球外物質の鉱物，(4) 地球の鉱物（火成岩），(5) 地球の鉱物（堆積岩），(6) 地球の鉱物（変成岩），(7) 鉱物の相変化，(8) 鉱物の微細組織，2. 各論 (9) オリビン族，(10) 輝石族，(11) 角閃石族およびパイリボール，(12) 雲母族，(13) 長石族，(14) シリカ鉱物。

### 「地球物理学」（選択科目，隔年開講）

火山をめぐる諸現象を題材として、固体地球を物理学的視点から概観し、最新の話題などを紹介しながら講述する。固体地球に関わる物理学的諸現象を支配する物理法則を明らかにし、現象の本質の理解を深める。内容：(1) 序論（地学概論Ⅰの復習），(2) 火山の概観，(3) マグマ，(4) 火山活動と火山帯，(5) 火山の噴火現象，(6) 噴出物とその堆積物，(7) 火山の内部構造と深部構造，(8) 火山岩，(9) 地熱と温泉，(10) 噴火と気候，(11, 12) 火山観測，(13, 14) 火山災害と防災対応。

### 「地学演習Ⅰ」（選択科目）

地学に関する実験器具・分析装置等の実習を通して卒業論文作成に至るまでに必要な事項を学ぶ。内容：(1) イントロダクション，(2) 理科系での論文・レポートの書き方、文献検索，(3) 岩石・鉱物試料の写真撮影，(4) X線装置の安全取扱い，(5-8) 粉末X線回折実習（原理の説明，粉末試料作製，測定，鉱物種の同定），(9, 10) 鉱物の単体分離（電磁分離機，重液），(11, 12) モード組成（岩石プレートと薄片を使用），(13) ノルム計算，(14) 各種実験データの処理方法。

## 「地学演習Ⅱ」（選択科目）

「地学演習Ⅰ」に引き続き、地学に関する実験器具・分析装置等の実習を通して卒業論文作成に至るまでに必要な事項を学ぶ。内容：(1) イントロダクション、(2) 理科系での論文・レポートの書き方、文献検索、(3) 実験ノートの書き方、(4) 火山灰試料の観察方法、(5-7) 火成岩構成鉱物の偏光顕微鏡観察（斜長石、アルカリ長石、シリカ鉱物、その他）、(8, 9) 電子線微小部分分析装置(原理、鉱物の化学分析)、(10, 11) 各種実験データの処理方法(端成分分解、格子定数計算)、(12) 図表類の作成、(13) プレゼンテーション技術、(14) 卒業研究に向けて。

上記以外にも、卒業研究の途中経過や関連する文献を紹介するセミナーを毎週1回開き、作業の進捗状況や最新の情報・研究について確認をする機会を設けている。

### 3. 桜島から噴出する火山灰を構成する斜長石の構造状態

最近の桜島火山の活動の推移については、主として地震波や地殻変動に着目した地球物理学的な解析が行われてきた（例えば、Iguchi, 2013; Hickey et al., 2016）。火山活動の直接的な産物である火山噴出物に関する物質科学的手法を用いた解析は、地球化学的手法を用いた火山ガスの観測（例えば、森, 2010; Kazahaya et al., 2013）や、火山灰や火山弾の記載岩石学的全岩組成分析や鉱物組成分析がマグマの活動と関連付けておこなわれている（例えば、Matsumoto et al., 2013; 松本ほか, 2016）。こうした中、筆者らの研究室では、桜島火山の昭和火口から噴出する火山灰の構成鉱物のうち最も構成比の高い斜長石に注目して、採取量が多かった期間の試料を用いて粒径による化学組成と結晶構造の違いと全期間を通じた構造状態の変化についてデータを収集・蓄積するとともに、火山灰構成鉱物の結晶構造から火山活動を監視するための効率的な調査方法を検討した（松井ほか, 2017）。

以下は、先に本報で紹介した地学分野開設授業等の内容を基盤として行われた今年度の調査・研究の概要である。

#### (1) 試料採取

火山灰試料は、桜島南岳の東に位置する鹿児島市立黒神中学校に協力を依頼して採取した。採取期間は、2017年3月30日から10月30日までの7か月間で、約10日に1回の頻度で回収した。採取した火山灰の量と2017年桜島噴火観測表（鹿児島地方気象台, 2017[URL1]）の噴火回数のデータを図1に示す。採取量と噴火回数の相関は明瞭であり、採取地点を桜島南岳の東に変更したことにより、噴火に対応した火山灰が採取されたと考えられる。

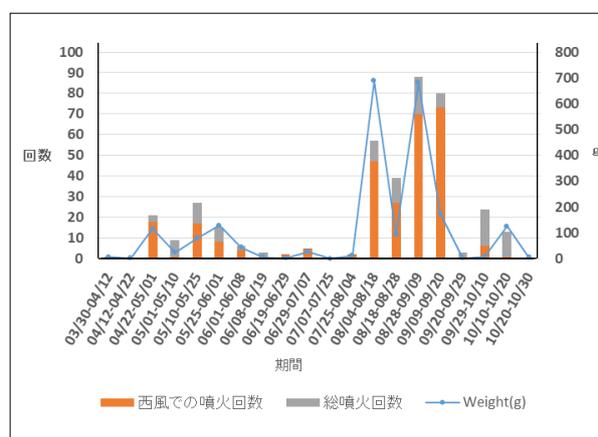


図1. 火山灰採取量と噴火回数

#### (2) 篩分け・実体顕微鏡観察

水洗、乾燥の処理を施した火山灰について、 $>500\mu\text{m}$ 、 $500\sim 250\mu\text{m}$ 、 $250\sim 120\mu\text{m}$ 、 $120\sim 63\mu\text{m}$ 、 $<63\mu\text{m}$ に篩分けした後に質量を測定した。全体的に粒径が $250\sim 120\mu\text{m}$ の試料が最も多く、次いで $250\sim 120\mu\text{m}$ が多かった。実体顕微鏡下で観察すると、斜長石には無色透明で2方向に顕著な劈開が見られた。

### (3) 砂粒組成分析

伊原ほか (2016) に従い、実体顕微鏡下で形状に重点を置いて鉱物結晶の同定が可能な 250～500 $\mu\text{m}$  の火山灰試料について砂粒組成分析を行った。その結果、約 50% をクロ岩片 (様々な岩片の集合体) が占め、次いで斜長石の割合が高く約 10～18% であった (図 2)。また、今回の調査期間では時間の経過とともにアカ岩片、シロ岩片の割合が減少する傾向が確認された。

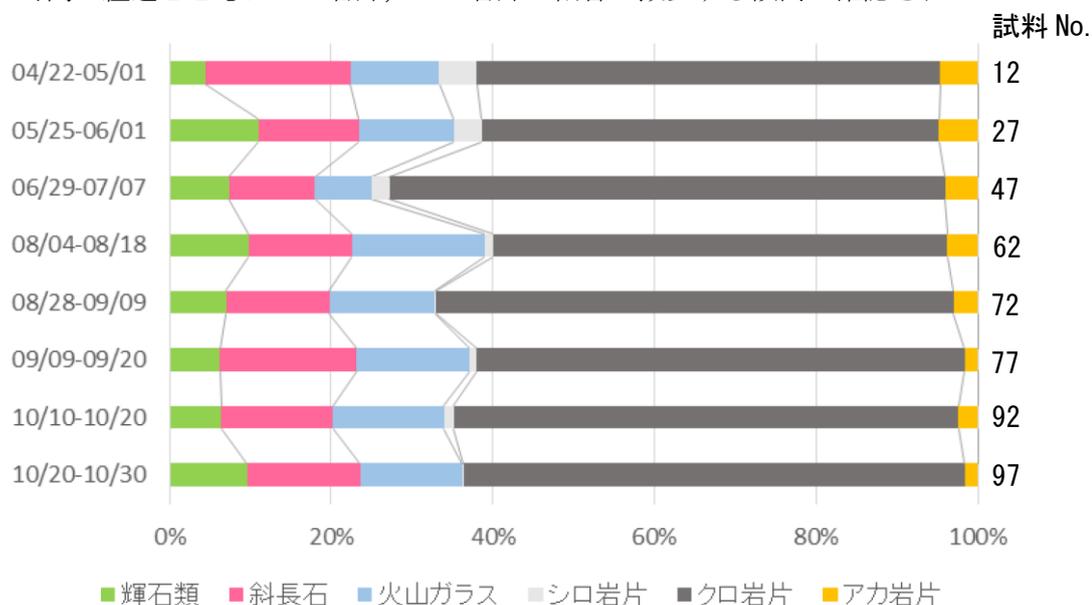


図 2. 桜島火山灰の砂粒組成分析 (250～500 $\mu\text{m}$ )

### (4) 偏光顕微鏡観察

斜長石のみから成る粒子の他に、岩片中にも斜長石斑晶が確認された。ほぼ全ての斜長石に累帯構造が観察され、数 100 $\mu\text{m}$  の大きさの鉱物粒子内部にも、成分の違いがあることが推測された。

### (5) 粉末 X 線回折実験

採取量が比較的多かった 8 期間の試料について、篩分け後の火山灰試料から磁石を用いて磁性鉱物を取り除いた後、一部を光学特性観察用に確保し、残りをメノウ乳鉢で粉末化した。斜長石の構造状態を推定するために必要な回折線データは、リガク製 X 線回折装置 Ultima IV Protectus (管電圧 40kV; 管電流 40mA; モノクロメータ (グラファイト) 使用; 発散スリット・散乱スリット 1°; 受光スリット 0.15mm; スキャンスピード 0.1°/min; サンプル幅 0.001°) を用いて CuK $\alpha$  線によって  $2\theta$  が 21°～33° の範囲を測定し収集した。Scheidegger (1973) に従って面指数 (1-11), (-201), (131), (220), (1-31) に対応する回折線の角度 ( $2\theta$ ) から  $B (= 2\theta_{(1-11)} - 2\theta_{(-201)})$  と  $\Gamma (= 2\theta_{(131)} + 2\theta_{(220)} - 4\theta_{(1-31)})$  を求めた。Ca に富む斜長石の場合、 $B/\Gamma$  プロットによって灰長石成分 (mol%) と構造状態、すなわち長石の結晶構造の T 席における Al と Si の秩序・無秩序配列をある程度推定することができる (図 3)。今年度の試料は赤線で示した範囲に分布しており、2013 年や 2014 年と比較すると組成のバラツキは狭まっているように見られる。一方、噴火回数が多く降灰量も多い期間の試料 (試料番号 62, 72, 92) は、斜長石の構造状態は無秩序型の位置にプロットされることが判明した。このことから、噴火活動が特に活発なときは、地下深部の高温マグマが、その温度における結晶構造 (高温における無秩序型の構造状態) を保ったまま地上に噴出される斜長石の割合が体積比として高くなると推測される。

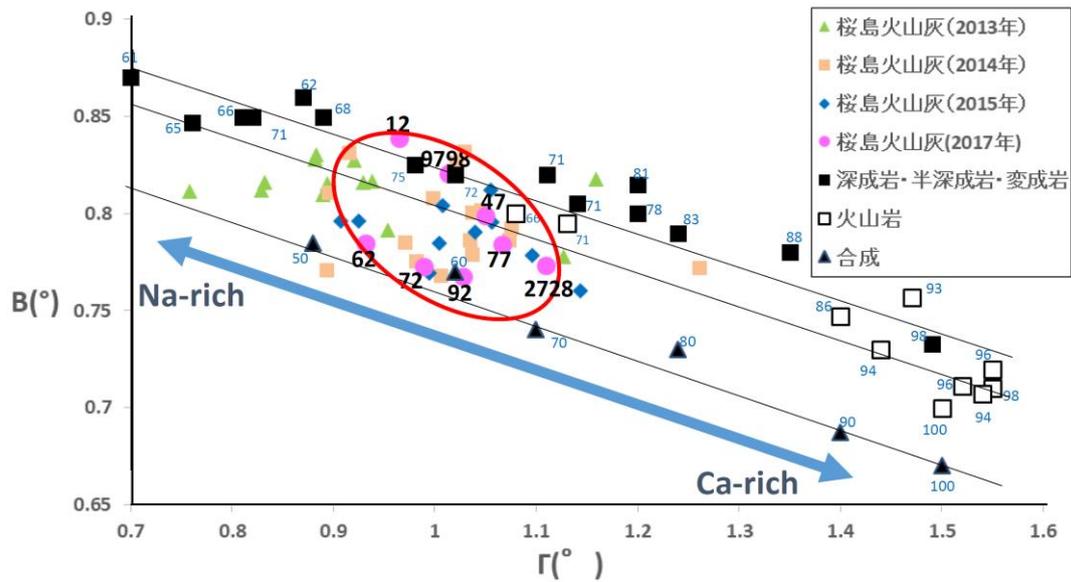


図3. 桜島火山灰を構成する斜長石のB/γプロット. 深成岩・半深成岩・変成岩、火山岩中の斜長石および合成斜長石のデータは Smith & Gay (1957)による (3本の斜線はそれぞれのデータの回帰直線). 黒色の数字は試料番号, 青色の数字は灰長石成分の mol%を示す.

#### (6) 化学組成分析

斜長石の化学組成は鹿児島大学研究推進機構研究支援センター機器分析施設の日本電子製電子マイクロアナライザ (EPMA) JXA-8230 (電子銃: LaB<sub>6</sub>, 加速電圧: 15kV, 照射電流: 1.0×10<sup>-8</sup>A, プローブ径: 10μm) を用いて決定した. その結果, 今回の調査期間では採取期間の違いによる (時間の経過に伴う) 組成の変化は見られないが, 組成幅は中性長石から亜灰長石まで (Ab<sub>50</sub>An<sub>50</sub>~Ab<sub>10</sub>An<sub>90</sub>) 広いことが確認された (図4). これは, 後方散乱電子像 (BSE) における濃淡の違いとして明示される通り (図5), 斜長石斑晶が化学組成の累帯構造をもつためであり, 偏光顕微鏡下で観察された光学的累帯構造に対応している.

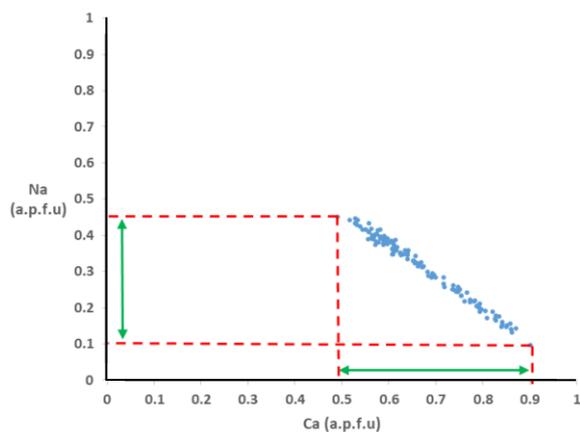


図4. M席を占有する陽イオンの相関関係.

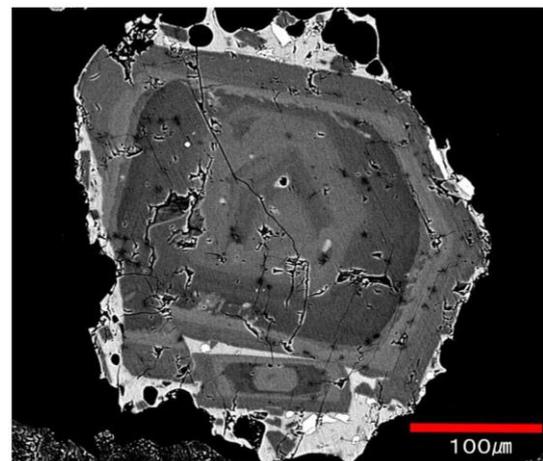


図5. 斜長石の後方散乱電子像 (BSE).

#### 4. まとめ

火山噴火にレジリエントな地域社会を実現するためには、その地域の住民が火山噴火に関して正確な知識を習得するための防災教育が必要不可欠である。中でも学校は地域における防災教育の拠点となるべき存在であり、理科教員はその中核となる人材であると考えられる。小中学校における理科教育において、身近な自然の事物・現象の観察を導入として、科学的に探究する能力や態度を育てるとともに理解を深め、科学的な見方や考え方を養うことが学習の指針とされている通り（文部科学省，2008a, b），科学的根拠に基づく防災教育を効率的かつ効果的に実施し、地域の防災力を底上げするためにも、力量ある理科教員は欠かせない存在である。

本年度は、採取地点を桜島の東側に変更して火山灰に含まれる斜長石の構造状態のモニタリングを行った。これによってより噴火に対応した火山灰が採取され、火山灰に含まれる斜長石の構造状態が火山活動（噴火の規模・回数や降水量）に対応して、敏感に変動することが確認された。火山灰中の斜長石の構造状態が、火山活動の推移をモニタリングするための有力な指標として示されたことは大きな成果であったと言える。

火山災害と隣り合わせの日常生活を強いられ、高い防災意識が必要とされる鹿児島においては、本事業のような取り組みを活用し、学部教育の中で「火山」に関わる一連の学習機会を提供することを通して、地域の自然環境を深く正しく理解した理科教員を養成し教育界に送り出すことが教員養成学部としての使命であると考えられる。今後も調査・研究が継続されその成果が地域に還元されることが期待される。

#### 謝辞

本調査を遂行するにあたり、鹿児島市立黒神中学校の皆様には火山灰試料の採取にご協力いただきました。また火山灰の化学組成分析では鹿児島大学研究推進機構研究支援センター機器分析施設の大倉寛一氏に大変お世話になりました。記して御礼申し上げます。

#### 引用文献

- Hickey, J., Gottsmann, J., Nakamichi, H., and Iguchi, M. (2016) Thermomechanical controls on magma supply and volcanic deformation: application to Aira caldera, Japan. *Scientific Reports*, 6, 32691.
- Iguchi, M. (2013) Magma Movement from the Deep to Shallow Sakurajima Volcano as Revealed by Geophysical Observations. *火山*, 58, 1-18.
- 伊原美咲・久田健一郎・興野純 (2016) 火山灰学習“わんがけ法”から見えてくる鉱物の同定問題—赤城鹿沼テフラの場合—. *日本地学教育学会第70回全国大会徳島大会講演予稿集*, 75-76.
- 鹿児島県 (2017) 平成29年度鹿児島県の教育行政. 鹿児島県教育委員会編, 中央印刷, 鹿児島, 191 p.
- Kazahaya, R., Mori, T., and Yamamoto, K. (2013) Separate Quantification of Volcanic Gas Fluxes from Showa and Minamidake Craters at Sakurajima Volcano, Japan *火山*, 58, 183-189.
- 松井智彰・丸本啓介・中村美勇・戸高京介 (2017) 桜島火山から噴出する火山灰を構成する斜長石の構造状態—火山灰構成鉱物から火山活動を監視するための予備的研究—. *鹿児島大学教*

育学部研究紀要（自然科学編）, 68, 23-30.

Matsumoto, A., Nakagawa, M., Amma-Miyasaka, M., and Iguchi, M. (2013) Temporal Variations of the Petrological Features of the Juvenile Materials during 2006 to 2010 from Showa Crater, Sakurajima Volcano, Kyushu, Japan. 火山, 58, 191-212.

松本亜希子・中川光弘・井口正人 (2016) 火山灰中の本質ガラスの石基組織からなる桜島火山 2012 年 7 月 24 日南岳山頂火口噴火—特にマイクロライトの特徴について—. 火山, 61, 545-558.

文部科学省 (2008a) 中学校学習指導要領解説理科編. 大日本図書, 東京, 149 p.

文部科学省 (2008b) 小学校学習指導要領解説理科編. 大日本図書, 東京, 105 p.

森俊哉 (2010) 遠隔地 FT-IR 測定による昭和火口と南岳火口の火山ガス HCl/SO<sub>2</sub> 比. 京都大学防災研究所火山活動研究センター平成 21 年度報告書 桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究 2009 年, 87-92.

Scheidegger, K.F. (1973) Determination of structural state of calcic plagioclases by X-ray powder technique. American Mineralogist, 58, 134-136.

Smith, J.V. and Gay, P. (1957) The powder patterns and lattice parameters of plagioclase feldspars. II. Mineralogical Magazine, 31, 744-762.

[URL1] 鹿児島地方気象台, 2017 年桜島噴火観測表, <http://www.jma-net.go.jp/kagoshima/index.html>.

# 大規模災害時の歯科的身元確認業務に関する支援体制と教育体制の強化

医歯学域歯学系 解剖法歯学分野・田松裕一

## 1. はじめに

平成 23 年 3 月の東日本大震災を受けて、平成 24 年 6 月に死因究明二法\*が成立し、日本法医学学会からの提言と文部科学省の状況調査を踏まえ、歯学部においても歯科法医学を担う歯科医師の資質・能力向上のため法医学に係る教育および研究の充実が求められるようになった。熊本地震では幸い歯科的身元確認の必要は生じなかったが、歯科法医学の学術的、社会的意義はますます大きくなってきている。

鹿児島においても、地震、津波、噴火などへの大規模災害対策の一環として歯科的身元確認業務に派遣できる要員の確保と技能の研鑽が求められており、歯学部では災害対策委員会の設置や災害医療・法歯学の授業の開設などの対応をとっているが、歯科的身元確認業務の支援体制と実地技能訓練はまだ十分とは言えない。

本年の事業では、有事に人材を派遣するための具体的な体制を作るため、法歯科医学会に参加して支援体制に関する方略などの情報収集をおこなった。また、派遣される歯科医師の技能ならびに学部学生の教育体制を強化することを目的として、歯科的身元確認業務の実技研修会に参加したので、災害関連の他の研修会への参加の経験も含めて報告する。

※「警察等が取り扱う死体の死因又は身元の調査等に関する法律」（死因・身元調査法）  
および「死因究明等の推進に関する法律」（推進法）

## 2. プロジェクトの支援を受けて参加した学会・研修会

### (1) 日本法歯科医学会 第 11 回学術大会（11 月 18 日（土）、明海大学）

本学会では「社会の安全・安心のために」というスローガンのもと、警察歯科活動（組織、マニュアル、制度、研修など）、歯科法医学/法歯学研究（歯科所見、血液型・DNA 型など）、生命倫理、医療関連死などの医療全般の問題などが研究・議論されている。歯科的身元確認ではデンタルチャートを用いて生前と死後の歯科的所見を照合するのが基本であるが、その他にも以下のような種々の方法が用いられることを学んだ。健康保険証の不正使用により歯科受診者の所見が一致せず DNA 鑑定により個人識別された姉妹の例、加齢に伴う歯冠部体積の変化に着目した年齢推定の研究、象牙質のアスパラ銀酸のラセミ化反応を用いた年齢推定に関する研究、ICPO: International Criminal Police Organization の推奨する身元確認方法 DVI: Disaster Victim Identification を用いた身元確認方法の検討、左記の方法を含め身元確認先進国（アメリカ、オーストラリア、スウェーデン、フィンランドなど）における災害時の対応方法に関する調査報告、遺体関連業務における歯科医師のメンタルケアに関する研究などが発表された。また、日本歯科放射線学会防護委員会の西川慶一先生による「携帯型口内法 X 線撮影装置による手持ち撮影時の放射線防護」、埼玉県警察本部の大澤哲也氏による「埼玉県警における身元確認の現状及び埼玉県歯科医師会との連携」についての講演が行われた。

歯科医師の災害時の役割は被災地での口腔ケアと身元確認業務に携わる実務であるが、大学に所属する歯科医師は、より正確で簡便な身元確認方法や歯科的災害対応の方法などを探求・開発していくことが求められることを改めて実感した。

### (2) 身元確認研修会（11 月 19 日（日）、神奈川歯科大学）

歯科所見による個人識別について実習を伴う研修を受けた。歯科的個人識別は①遺体の口腔内所見と写真、エックス線写真などから作成する死後デンタルチャート、②生前記録（カルテ、顔貌・口腔内写真、エックス線写真）に基づく生前デンタルチャートの作成、③これらの照合作業によっておこなわれる。

口腔内所見の採取は、顔貌・口腔内写真の撮影、エックス線写真の撮影、目視による歯科所見の記録の 3 つのステップからなる。これらは模型による練習の後、神奈川県警察の協力のもと実際



図1. 模型を用いた死後のエックス線撮影



図2. 模型を用いた死後の歯科所見の採取

の身元不明遺体を用いておこなわれた。まず、遺体票を含めた顔貌写真を撮影したのち開口器などを用いて十分に口を開き、歯面に付着した泥などをスプーン、歯ブラシ、ガーゼなどを用いて丁寧に取り除き口角鉤を挿入して口唇を広げ、正面、左右側方、上下咬合面の5枚法で口腔内写真を撮影した。次に携帯用エックス線撮影装置とリアルタイムでノート PC 上に画像表示が行える IP: Imaging Plate を用いて14枚法でエックス線写真撮影を行った。エックス線撮影では、歯が無いように見える部位の撮影も行うことが大切である。そして、デンタルチャートを作成するため1本ずつ歯の有無、治療痕の有無、あれば治療の種類を記録した。これらの作業は3人一組で行い、ダブルチェックを行いながら進めた。(図1、2)

生前のデンタルチャートの作成は生前資料(通常はカルテとエックス線写真)を用いて行う。歯科医院でのエックス線撮影は初診時のみ行われる場合が多く、カルテの治療記録を確認しながら最終治療状況を予測して記載しなければならない。この作業には歯科治療の流れ、治療の種類、カルテの記載方法を熟知した歯科医師の高度な判断力が必要とされる。

最後に死後と生前のデンタルチャートの記録を照合判定用紙に記入し、一歯ごとに比較して「一致」「矛盾なし」「矛盾あり」のいずれかを記入し、最終的に同一人として矛盾が無いか否かを判定した。

今回は研修ということ、模型および一体の遺体だけの歯科所見採取であったが、大規模災害によって何百という遺体を前にしたら気の遠くなるような作業であることを痛感した。有事の身元確認作業に携わることができる歯科医師を平時から養成・確保することの重要性を認識した。

### 3. その他の災害対策関連の研修会など

災害時の行動について「訓練でできないことは非常時にもできない」と言われることから、平時の研修や訓練はとても重要である。鹿児島県では有事に備えて、鹿児島県歯科医師会、鹿児島県警察、第10管区海上保安本部、鹿児島大学歯学部が連携し、定期的に研修会を開催し、鹿児島大学病院や歯学部の教職員が積極的に参加するとともに、歯学部においても研修会を開催している。

#### (1) 第5回死体検案・身元確認業務等研修会(7月15日(土)、鹿児島県医師会館)

鹿児島県医師会、鹿児島県歯科医師会、鹿児島県警察本部、第十管区海上保安本部が主催、鹿児島県が後援して、医師、歯科医師、警察職員、海保職員、行政関係担当者等を対象に開催された。まず主催四者の代表がそれぞれ身元確認業務の事例報告を行ったのち、福岡県医師会監事・福岡県警察医会会長の木 實 氏による「死体検案について～新法による解剖例など～」の講演、鹿児島県医師会常任理事・警察協力医会副会長の林 芳郎 氏による「死因究明等推進協議会及び死亡診断書作成支援ソフト『DiedAi』について」の報告が行われた。

#### (2) 歯学部のFD講演会(11月1日(水)、鹿児島大学歯学部)

平成29年7月の厚生労働省通知で、大規模災害時には都道府県の「保健医療調整本部」が全ての保健医療活動の「派遣調整・情報の連携、整理及び分析」などの総合調整を行うよう示された。大規模災害時の多職種連携の中で歯科はどのような役割を担い実践して行けるのかという課題に



図3. 通行止道路や介護施設の重要度を勘案し支援チームの行動計画を立てる災害図上訓練。

対応すべく歯学部でのFD講演会が開催された。東京医科歯科大学の中久木康一による講演「大規模災害時の歯科保健医療支援における多職種連携」が行われ、歯学部の教員・病院の医員・大学生など多数が聴講した。

(3) 災害口腔医学研修会（11月23日(木)、鹿児島県歯科医師会館）

福岡歯科大学が主催、九州地区連合歯科医師会が後援し、今後起こりうる災害時の歯科保健医療支援として、初動から多職種と連携した医療支援活動を理解し、災害現場において歯科的トリアージ、口腔アセスメント、歯科医療支援活動などをスムーズに行うことができる人材、さらには歯科医療支援チームのリーダーを担える人材を育成し、九州地区の各組織において災害時支援の派遣登録及び組織間でのネットワーク構築を行うことを目的として、ワークショップ形式での講演と実習が行われた。歯科医師、歯科衛生士、歯科技工士、事務担当者28名が参加し、実戦さながらの訓練を行った。（図3、4）

(4) 四者会（12月1日(金)、鹿児島県歯科医師会館）

災害時はもちろん、平時の災害対策に対しても関係諸機関が連携して取り組むことが大切である。日頃から顔の見える関係をつくるため、鹿児島県歯科医師会、鹿児島県警察、第十管区海上保安本部、鹿児島大学歯学部の四者の代表者が集まり、今年度の災害対策に関する事業報告や今後の予定を話し合った。

(5) 鹿児島大学病院災害対策訓練（11月26日(日)、鹿児島大学病院）

桜島が大規模噴火して火山性地震が発生し、大量の降灰で市内の交通機関の混乱と交通事故による多数の負傷者が発生したとのシナリオで災害対策訓練が行われ、鹿児島大学病院の様々な部署のスタッフが協力してトリアージエリアでの傷病者の振り分けと各エリアでの対応を行った。歯科関係では、口腔外科の歯科医師がトリアージの赤エリアを経験し、今回はトリアージの黒エリアにも人員を配置し、身元の確認ができていないご遺体への対応を確認した。（図5、6）

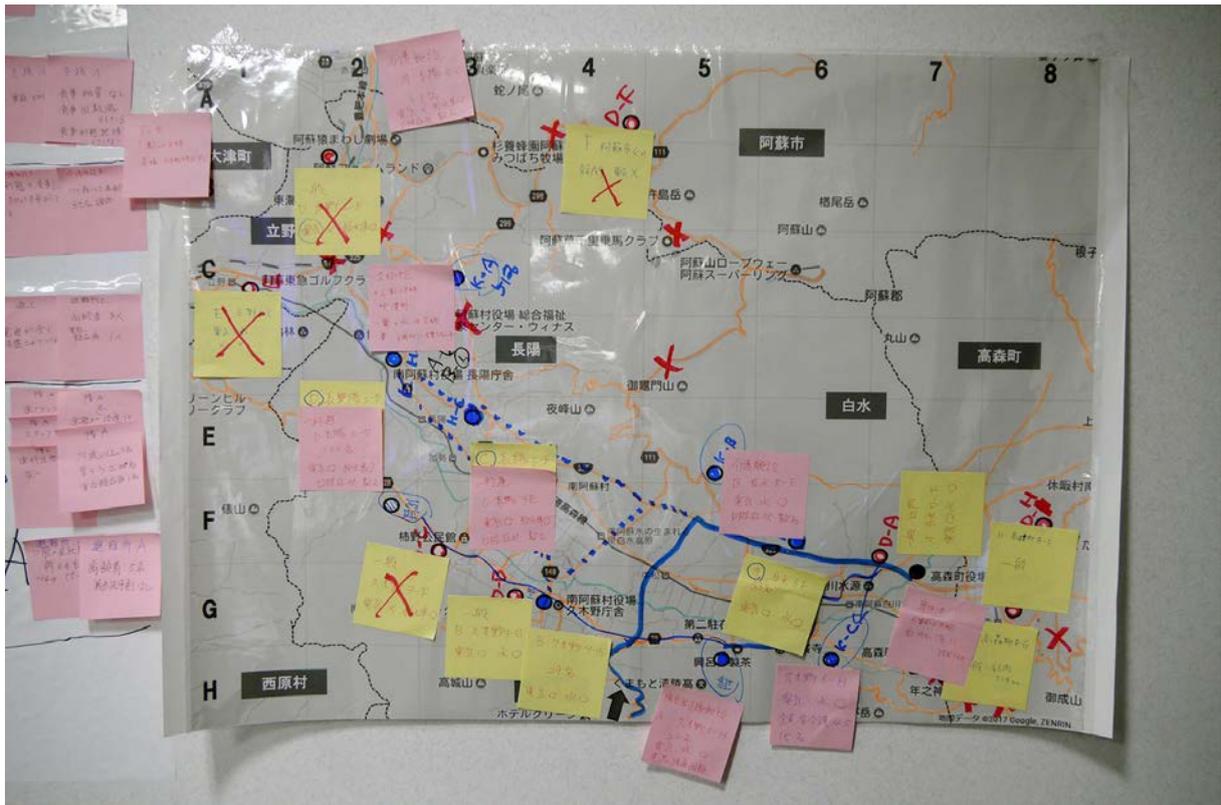


図3. 逐時入ってくる情報を地図に書き入れ、限られた時間の中での対応を検討した。

(6)平成 29 年度法歯学研修会 (1 月 27 日(土)、鹿児島県歯科医師会館)

鹿児島県歯科医師会が主催し、鹿児島県警察本部、第十管区海上保安本部、鹿児島大学歯学部が共催し、警察庁科学警察研究所の今泉和彦氏の「犯罪捜査と顔 ー異同識別・加齢処理・復顔ー」、京都大学防災研究所の井口正人氏の「桜島の火山活動と災害」を聞き災害や身元確認に関して学んだ。

大規模災害時には関係する諸機関同士の連携、そして多職種との連携が求められるが、今回のように自分の専門家から離れた研究について話を聞く機会はいへん貴重であると感じた。

(7)災害歯科コーディネーター研修会 (1 月 28 日(日)、鹿児島県歯科医師会館)

公益社団法人 日本歯科医師会が全国を 7 地区に分けておこなっている研修会で、先の東日本大震災で浮き彫りとなった課題を踏まえ、今後わが国で起こり得る災害の対策として行政や警察等との連携や連絡調整、また歯科医師が携わる身元確認、緊急歯科保健医療、支援物資の迅速な提供などを円滑に実施するためのコーディネーターの養成を目的として研修が行われた。日本歯科医師会の小玉常務理事の総論に続き、岩手県歯科医師会の大黒専務理事による「災害時における歯科医師会の対応」、日本医師会の石川常任理事による「災害時の医療チームの活動について」、愛知県歯科医師会の杉浦先生による「身元確認作業の実施について」、東京医科歯科大学の中久木先生による「災害時歯科保健医療における口腔アセスメント」の講演を聞き、災害時の歯科的対応を学んだ。

4. おわりに

今年度の活動を通して、歯科医師会、警察、海上保安本部と協力しながら歯学部として身元確認業務と被災地での口腔ケアについて、より実践的な方略を立てて大規模災害への準備を整えることの重要性を認識した。またその一方で、自分の専門ではない分野・領域の災害対策に関する講演を聞く機会を得て、どのように大規模災害の研究や対策が行われているのかを知ることができた。例えば、古書に記載された災害の記録が防災に役立つという人文学的研究を知ったり、「火山の研究者にとって 2000 年前はつい最近の事である」などと聞いたりして、たいへん興味



図5. 関係機関の協力も得て行われた鹿児島大学病院における災害対策訓練



図6. トリアージの黒エリアも設定された

を持つとともに、幅広い領域の災害対策を知ることが大切であると感じた。

幸いなことに鹿児島大学の地域防災教育研究センターでは定期的に防災セミナーが開催され、幅広い分野の研究を学ぶことができるので、たいへん感謝している。

来年度から新たに地震火山地域防災センターが発足するとの報道を目にしたが、今後も本センターと協力しながら歯学部としての防災対策を推進することによって、地域防災力の向上と活動成果を地域へ還元することに努めていきたい。

# 海底面の変動により生成される津波

理工学域工学系 柿沼 太郎 ・ 工学部 鶴留 悠暉

## 1. 研究の背景及び目的

海底地震に伴う津波の伝播解析は、通常、初期海面変位を海底面の永久変位と等しく設定して開始する。すなわち、asperity や走向の分布を考慮して、幾つかの segment に分割した断層形状を設定し、推定された断層運動によって生じる海底地震後の地盤の永久変位を算出する。そして、これを海面変位の初期条件として、津波伝播の数値計算を開始する。ところが、断層の一つの segment の破壊に対しても、津波は、時間に依存する過程を経て生成する。例えば、海底面の変形が比較的緩慢に進行する場合、津波が生成すると同時に伝播するため、変形後の海底地形と異なる海面形が形成されることは、想像に難くない。すなわち、海底面の永久変位が等しくても、その変位速度の違いにより、異なる水面形が形成される (e. g. 柿沼・秋山, 2006)。

また、海底地震の発生後に来襲するであろう津波の規模は、気象庁の量的津波予報により予測されるが、海底地震が津波地震であるならば、量的津波予報の予測値を大きく上回る規模の津波が到来する可能性がある。津波地震の未解明な点を明らかにするためにも、津波の生成過程に着目する必要があると考えられる (柿沼, 2006)。

そこで、本研究では、底面の隆起、または、沈降に起因する津波の、鉛直断面内の生成過程を対象として、底面変動装置を有する水槽を用いた水理実験と、非線形浅水方程式系に基づく数値解析を行ない、底面変動や静水深の条件の違いが、生成される津波の特性に与える影響を調べる。

## 2. 水理実験の概要

水理実験では、図-1 に示すような、底面変動装置を有する水槽を用いた。本水槽は、U字型の外水槽と、水面変動を測定する内水槽からなる 2 重構造の水槽である。このうち、前者は、底面下の部分を含む。底面下に配置された 6 個の直方体型のユニットは、ユニット上面に接続したワイヤをサーボ・モータにより一定速度でそれぞれ独立に上昇させることができる。ユニットの番号を左から順に①～⑥とする。上昇したユニットの下方には、U字型の外水槽内の水が入り込み、内水槽内の水が外水槽内に殆ど浸入しないことを確認した。ユニットを上昇させる速度、時間及び高さをそれぞれ底面の隆起速度、隆起時間及び隆起量と呼ぶことにする。他方、ユニットを降下させる速度、時間及び深さは、それぞれ、底面の沈降速度、沈降時間及び沈降量と呼ぶ。

また、水面変動の測定には、レーザ式波高計を用いた。ポンプで水面に降着させたアルミ・パウダを反射材とし、これにレーザ光を照射して水面変動を測定した。3 台のレーザ式波高計を各ケースで 3 地点に設置した。ただし、本報告では、ユニット④の中央位置における水面変動のみを示す。PC のプログラムに入力した底面の隆起条件に基づき、サーボ・モータが回転して各ユニットが上昇し始め、同時にレーザ式波高計による測定が開始される。こうして測定されたデータを増幅して A/D コンバータで変換することにより、水面変動のデータを得る。

本研究では、底面の変動速度は、時間に関して一定とする。底面が隆起する場合を対象とする際には、静水深が一様である状態を初期状態とし、隆起領域のユニットを上昇させる。他方、底面が沈降する場合を対象とする際には、沈降領域のユニットを上昇させてから止め、静水状態となるまで待ち、これを初期状態として、上昇させたユニットを降下させる。

なお、本研究の実験条件において、底面の変動量と、静水深の比に関しては、実際の海底地震津波における条件、すなわち、(数メートル) / (数キロメートル) といったスケールと比較して、1 オーダ～数オーダ大きくなっている。しかしながら、(底面の変動域の幅) / (静水深) は、実際の条件である 1～10 程度のオーダと類似したスケールであると言える。粘性の効果を無視して Froude の相似則を用いると、底面の変動域の幅の縮尺を  $\lambda$  とすると、底面の変動速度及び変動時間の縮尺は、ともに  $\lambda^{1/2}$  となる。従って、 $\lambda = 10^{-4}$  と考えると、 $\lambda^{1/2} = 10^{-2}$  となるから、実験における変動速度 20 mm/s 及び変動時間 1 s は、実スケールにおいて、それぞれ、2 m/s 及び 100 s と

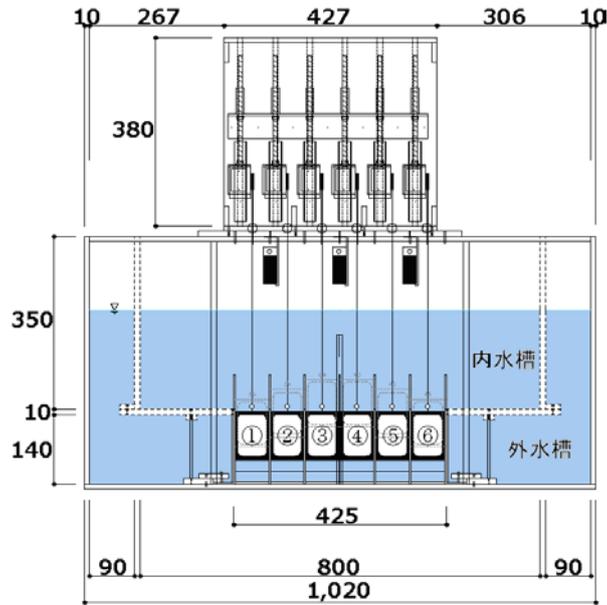


図-1 底面変動装置を有する津波生成水槽（長さの単位：mm）

なる。

### 3. 数値解析の概要

数値解析において適用する基礎方程式系は、次式で表わされる連続の式及び Bernoulli の式である。

$$\partial \zeta / \partial t = \partial b / \partial t - \nabla[(\zeta - b)\nabla \phi] \quad (1)$$

$$\partial \phi / \partial t = -[g\zeta + (\nabla \phi)^2 / 2] \quad (2)$$

ここで、 $\zeta$ 、 $b$ 、 $\phi$  及び  $g$  は、それぞれ、水面変動、底面位置、速度ポテンシャル及び重力加速度である。重力加速度は、 $9.8 \text{ m/s}^2$  とする。また、 $\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y)$  は、水平方向の微分演算子である。

本研究では、鉛直断面内の流体運動を対象とし、底面変動の条件を式(1)の底面位置  $b(x, t)$  に与える。前進差分を用いた陽解法により、式(1)及び式(2)を解く。初期状態における流速は、至る所で0であるとする。そして、式(1)より、次の時刻の  $\zeta$  を求め、式(2)より、次の時刻の  $\phi$  を求める。これを繰り返して、新しい時刻の物理量を順次求めていく。なお、側方境界には、完全反射条件を課す。

### 4. 底面の隆起幅が生成される津波に与える影響

表-1 に、Case A-1 及び Case A-2 における静水深及び底面変動の条件を示す。水理実験では、Case A-1 でユニット③のみを上昇させ、Case A-2 でユニット②及び③を同時に上昇させた。両者の場合の水面変動の結果を図-2 に示す。なお、本報告では、水面変動として、ユニット④の中央位置における値を示し、プロットが水理実験結果を表わし、一方、実線が同条件に対する数値解析結果を表わすものとする。また、静水深が  $h$  である水域における津波の位相速度を  $\sqrt{gh}$  と仮定し、壁面で反射した波の影響がない時間内の結果を示す。図-2 より、隆起幅の長い Case A-2 で、各地点における水面変動の最大値である津波高さがより大きいが、津波前面の水面勾配には、両者に殆ど違いがないことがわかる。

### 5. 底面の隆起速度が生成される津波に与える影響

表-2 に、Case B-1～Case B-3 における静水深及び底面変動の条件を示す。水理実験では、ユニット③を上昇させた。これらの場合の水面変動の結果を図-3 に示す。これより、隆起速度が大き

表-1 Case A-1 及び Case A-2 における静水深及び底面変動の条件（水理実験では，Case A-1 でユニット③のみを上昇させ，Case A-2 でユニット②及び③を同時に上昇させた．）

Case	静水深	隆起幅	隆起速度	隆起量
A-1	80 mm	65 mm	40 mm/s	40 mm
A-2		130 mm		

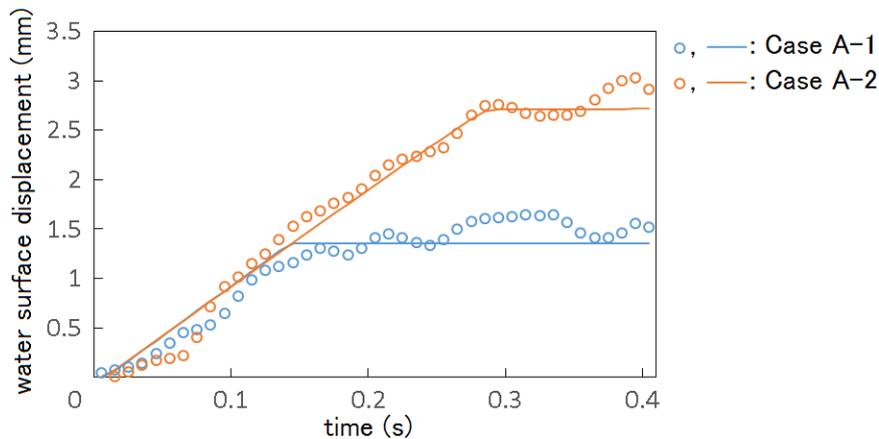


図-2 Case A-1 及び Case A-2 におけるユニット④の中央位置の水面変動（○：水理実験結果，—：数値解析結果）

表-2 Case B-1～Case B-3 における静水深及び底面変動の条件（水理実験では，ユニット③を上昇させた．）

Case	静水深	隆起幅	隆起速度	隆起量
B-1	80 mm	65 mm	10 mm/s	40 mm
B-2			20 mm/s	
B-3			40 mm/s	

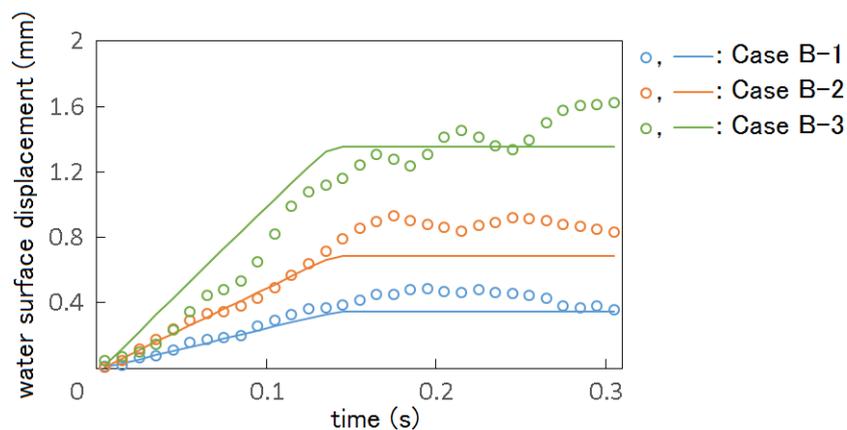


図-3 Case B-1～Case B-3 におけるユニット④の中央位置の水面変動（○：水理実験結果，—：数値解析結果）

くなるにつれて，津波高さが大きくなり，津波前面の水面勾配も大きくなることからわかる．津波前面の水面勾配は，伝播過程における津波の変形に影響する．

## 6. 静水深が生成される津波に与える影響

表-3 に，Case C-1～Case C-4 における静水深及び底面変動の条件を示す．水理実験では，ユニ

表-3 Case C-1~Case C-4 における静水深及び底面変動の条件（水理実験では、ユニット③を上昇させた。）

Case	静水深	隆起幅	隆起速度	隆起量
C-1	40 mm	65 mm	30 mm/s	30 mm
C-2	60 mm			
C-3	80 mm			
C-4	100 mm			

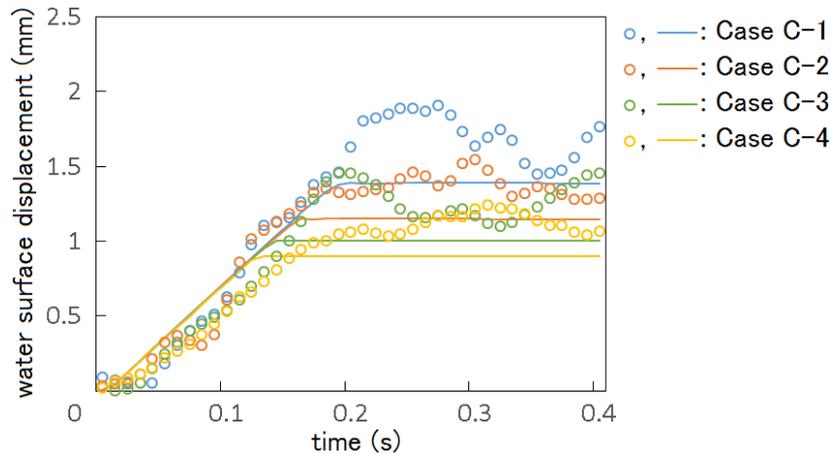


図-4 Case C-1~Case C-4 におけるユニット④の中央位置の水面変動（○：水理実験結果，—：数値解析結果）

表-4 Case D-1~Case D-4 における静水深及び底面変動の条件（水理実験では、ユニット③を上昇させた。）

Case	静水深	沈降幅	沈降速度	沈降量
D-1	70 mm	65 mm	23 mm/s	50 mm
D-2				60 mm
D-3	80 mm			50 mm
D-4				60 mm

ット③を上昇させた。これらの場合の水面変動の結果を図-4 に示す。静水深が最も浅い Case C-1 で津波高さが大きい。また、津波高さは、いずれの場合においても、水理実験結果が数値解析結果より大きく、特に、Case C-1 で、両者の差が大きい。これは、式(1) 及び式(2) に基づく非線形浅水モデルでは、鉛直方向の流速分布や加速度が相対的に有意になると、解の精度が低下するためであると考えられる。また、数値解析結果では、水理実験結果に見られる短周期の変動も再現されていない。

### 7. 底面の沈降により生成される津波

海底地震津波の生成過程においては、海底面の隆起と沈降の両者が発生することが多い。また、海底噴火に伴うカルデラの形成時には、海底面が沈降する。そこで、Case D-1~Case D-4 の水理実験では、ユニット③を予め上昇させておき、静水状態としてから、ユニット③を一定速度で下降させ、底面の沈降によって津波を生成させた。Case D-1~Case D-4 における静水深及び底面変動の条件を表-4 に、また、水面変動の結果を図-5 に示す。ここで、破線は、各場合における水理実験結果の対数近似曲線を示す。これより、静水深が浅く、沈降量の大きな Case D-2 において、水面の低下量の最大値が最も大きいことがわかる。

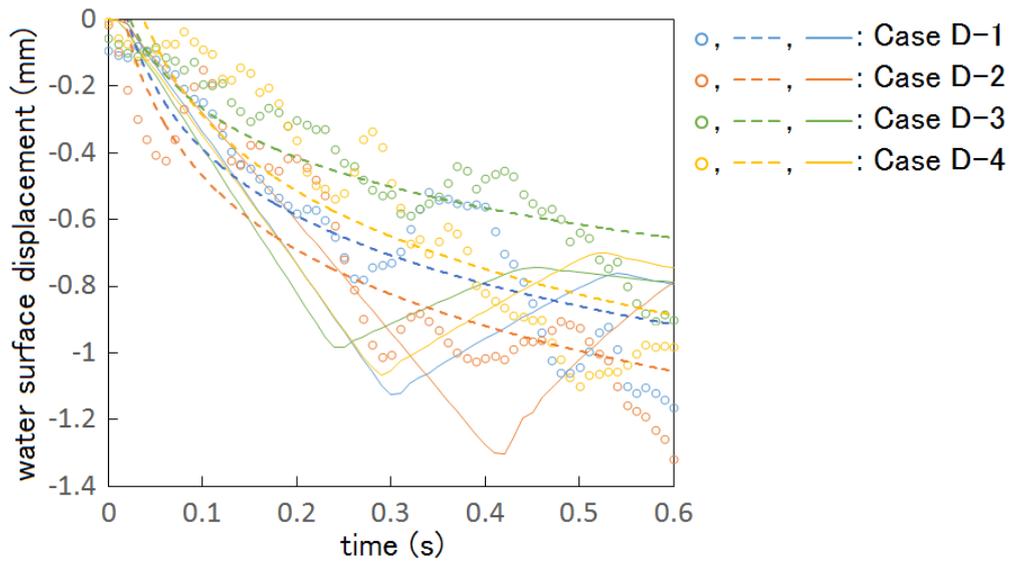


図-5 Case D-1～Case D-4 におけるユニット④の中央位置の水面変動 (○: 水理実験結果, ---: 水理実験結果の対数近似曲線, —: 数値解析結果)

**謝辞:** 本研究で用いた水槽の製作, 並びに, 水理実験の実施にあたり, 鹿児島大学大学院理工学研究科技術部の種田哲也技術職員に御協力いただいた. ここに, 感謝の意を表す.

#### 参考文献

- 柿沼太郎: 津波地震がもたらす幾つかの地変形態を対象とした津波形成過程の数値解析, 海岸工学論文集, 第 53 巻, pp. 191-195, 2006.
- 柿沼太郎・秋山 実: 海底地形の変動に伴う津波発生過程の数値解析, 土木学会論文集, Vol. 62, pp. 388-405, 2006.

# 鹿児島県における原子力災害医療体制整備のための事業

## —日本における原子力災害医療体制に関する実態調査—

鹿児島大学医学部保健学科 松成裕子

事業実施構成員：鹿児島大学病院 看護部 吉永健嗣

### I. はじめに

近年の日本における災害では、頻発する豪雨災害、海面上昇などの自然現象の変化に加え、高齢化が進む地域防災力、都市化の進展、コミュニティの構成などの社会経済情勢の変化<sup>1)</sup>からそのリスクは高まっている。そして、2011年3月11日に発生した東日本大震災における東京電力福島第一原子力発電所（以下、福島第一原発）の事故では、地震、津波、放射性物質の環境への放出という複合災害となった<sup>1)</sup>。このような複合災害が起こったことにより、これまでの緊急被ばく医療体制は大きく見直され、原原子力規制庁はその教訓から、多数の汚染等傷病者の発生にも対応できる体制として、災害・救急医療体制と融合させた原子力災害医療体制を構想した<sup>2)</sup>。これによって、このような被ばく医療機関は、原子力災害対策指針（2015年4月22日全部改正）に基づいた予防的防護措置を準備する区域および緊急時防護措置を準備する区域の拡大に伴い、福島第一原発事故後増加していることが先行研究<sup>3)</sup>において明らかとなった。しかしながら、原子力災害医療体制の見直し以降、原子力災害医療・総合支援センター等が指定されてから担当する原子力施設の立地および隣接する道府県の初期および二次被ばく医療機関、あるいはその協力、支援の医療機関における原子力災害医療体制の整備状況については明らかにされていない。そこで、今回の調査として、原発立地都道府県における原子力災害医療体制の整備状況について、各被ばく医療機関の指定状況、被ばく医療等のマニュアルの整備、職員の研修・訓練状況について調査する。このことによって、本県の原子力災害拠点病院、原子力災害医療協力機関の整備を推進するにあたり、起こりうる課題解決のための資料とすることを目的とする。

### II. 本事業の計画

本事業は以下について計画した。

1. 日本における原子力災害医療体制の変遷に関する文献調査
2. 日本における原子力災害医療体制に関する実態調査

### III. 実施報告

1. 日本における原子力災害医療体制の変遷に関する文献調査

#### 1) 緊急被ばく医療以前

我が国の防災基本計画は、1963年に策定された。そして、1979年の米国のスリーマイル島原子力発電所炉心溶融を伴う事故、1986年旧ソ連チェルノブイリ原子力発電所の放射性物質放出事故が起きた。さらに、1995年阪神・淡路大震災、1997年旧動力炉・核燃料開発事業団東海再処理施設の火災爆発事故が起こったことにより、1997年6月に防災基本計画の第10編として原子力災

害対策編が加えられた<sup>1)</sup>。

## 2) 緊急被ばく医療以後

それから、日本における原子力災害医療体制については、これまで2つの事故によって大きく変化した。まず、東海村JCO臨界事故以降、法令や指針の見直しが行われた。平成13年6月にはこの時の原子力安全委員会の原子力発電所等周辺防災対策専門部会が「緊急被ばく医療のあり方について」を著し、防災指針の緊急被ばく医療に関する主旨をより具体的に示している。そして、それは「いつでも、どこでも、誰でも最善の医療が受けられる」という救急医療の原則であり、医療の点では、原子力施設の緊急時のみならず、被ばく患者が発生した場合にも対応できる体制を構築することも必要であるとしている<sup>4)</sup>。この改訂で注目される点は、「緊急時医療行為の観点からは、周辺住民も原子力事業所の従業員も基本的には同様であることに配慮する必要がある」としたことである。このようにこれまで「緊急時対応」とされてきたことが、「緊急被ばく医療のあり方について」としてまとめられた<sup>4)</sup>。そして、それにより、この緊急被ばく医療体制では、「初期被ばく医療機関」「二次被ばく医療機関」「三次被ばく医療機関」の三つに分類にされ<sup>5)</sup>、連携を図るシステムとなった。これがこれまでの緊急被ばく医療の体制である。

## 3) 原子力災害医療体制

そして、今回、福島第一原発事故によって、この緊急被ばく医療体制（以降旧被ばく医療体制とする）は大きく見直され、原子力規制庁はこれを発展させ、災害・救急医療体制と融合させた原子力災害医療体制を構想した。この構想によって、「原子力災害医療協力機関」「原子力災害拠点病院」「高度被ばく医療支援センター」「原子力災害医療・総合支援センター」への整備が求められることとなった<sup>3)</sup>。特に、国が指定する「高度被ばく医療支援センター」ならびに「原子力災害医療・総合支援センター」、次に、原子力施設等立地隣接自治体が指定する「原子力災害拠点病院」、同自治体が登録する「原子力災害医療協力機関」がある。しかしながら、この原子力災害医療体制では、平成30年1月4日の原子力規制庁のホームページには、「立地道府県等における原子力災害拠点病院・原子力災害医療協力機関の一覧」が掲載され、原子力災害拠点病院の指定については、指定の義務がある24道府県のうち11府県が未指定<sup>6)</sup>であることも示された。

## 2. 日本における原子力災害医療体制を担う対象施設の選定

以上のことから現在の日本においては、まだまだ原子力災害医療体制の整備が進展していない状況であると判断した。そこで、今回の調査対象の選択については、旧被ばく医療体制の「初期被ばく医療機関」「二次被ばく医療機関」を選定した。また、今回の原子力災害医療体制については、「原子力災害拠点病院」、「原子力災害医療協力機関」として既に登録、指定を受けている施設を対象とした。対象施設の選定において、問題となるのは、旧体制の「初期被ばく医療機関」「二次被ばく医療機関」が震災後に機能しているかが不明な点であること。また、新しい原子力災害医療体制が進展していない状況の中で、半数近い府県が未指定であることで、一部の限られた施設からの調査結果となることである。

以上の点を踏まえて、対象施設をこれらから140施設を選出した。この140の対象施設の背景について、以下の表に示す。施設の開設者における分類区分については、大分類の国、公的医療機関、社会保険関係団体、医療法人、個人では、95件が都道府県、市町村、地方独立行政法人、日赤、済生会、厚生連、国民健康保険団体連合など施設であった。また、病床の規模別にみた施

設数では、200床以上の病院が91件であった。これは、日本の医療施設全体の病床数の割合からすると200床以上を有する施設は3割程度であることに比べると、今回の対象は200床以上が65%を占めていることになる。

表1 開設者における分類区分

N=140

大分類	中分類・小分類	件数
国	国立大学法人、独立行政法人国立病院機構など	28
公的医療機関	都道府県、市町村、地方独立行政法人、日赤、済生会、厚生連、国民健康保険団体連合など	95
社会保険関係団体	健康保険組合、共済組合、国民健康保険組合など	1
医療法人	公益法人、医療法人、私立学校法人、社会福祉法人、会社など	16
個人		0

表2 病床の規模別にみた施設数

施設名称	件数 (n=140)	
病院	99床以下	9
	100床～199床	33
	200床以上	91
診療所	7	

### 3. 調査方法

#### 1) 方法

以上のように対象を選出した。そして、各被ばく医療機関の施設長または被ばく医療を担う代表者宛てに調査票を送付した。調査票の宛先は、施設長または被ばく医療を担う代表者を対象とした。調査票は自記式無記名の質問用紙であり、郵送による回収を行った。

#### 2) 調査期間

2017年10月～12月であった。

#### 3) 調査内容

調査は、回答してくれる対象者の所属部門の名称、そして職位について尋ねた。内容は、原子力災害拠点病院等の施設要件について、「現在の被ばく医療機関の指定状況」「診療体制」「施設及び設備」「教育・研修、訓練」「被ばく医療マニュアル」に関する項目についてであった。

#### 4) 分析方法

分析方法は、調査内容ごとに単純集計した。

#### 5) 倫理的配慮

倫理的配慮は、対象施設には、調査依頼と調査の説明文を添付し、調査の目的、方法、内容を記載した。そして、参加は自由意志であること、研究への参加・不参加により不利益が生じる事はないこと、回答施設名は無記名でよいこと、また、対象の医療機関が特定されないよう配慮すること、研究結果を公表する場合は、個人のプライバシーに十分配慮し、統計的な処理を行い、調査目的以外には使用しないこと、データは厳重に保管し、期限が過ぎればシュレッダーにて破

棄することを明記し、調査協力を依頼した。そして、質問紙調査票の返送をもって調査に同意が得られたものとするを記載した。なお、今回の調査については、鹿児島大学臨床研究管理センターから「人を対象とした研究ではないため、倫理審査不要」との判定を受けた。

#### IV. 結果

##### 1. 結果の概要

調査票は 140 施設に配布し、34 施設からの回答があり、回収率は 24%であった。

##### 2. 調査結果

###### 1) 対象施設の旧被ばく医療体制および原子力災害医療体制における種類

対象の施設は、旧被ばく医療体制での「初期被ばく医療機関」「二次被ばく医療機関」の種類では、初期被ばく医療機関が 10 件(29.4%)、初期被ばく医療機関の協力機関が 9 件(26.4%)、二次被ばく医療機関が 9 件(26.4%)、二次被ばく医療機関の支援機関が 0 件であった。また、被ばく医療機関に指定されていない機関が 1 件あった。今回、回答のあった 34 施設中、既に原子力災害医療協力機関に指定されている機関は 11 件(32.3%)であり、登録を受ける予定にある機関は 3 件(8.8%)であった。また、原子力災害拠点病院として登録されている機関は 11 件(32.3%)であり、指定を目指している機関は 0 件であった。現時点で、原子力災害医療協力機関、原子力災害拠点病院のいずれも登録あるいは指定の予定がないと答えた機関は 3 件(8.8%)であった。

旧被ばく医療施設における原子力災害拠点病院の指定状況については、表 3 のように初期被ばく医療機関 10 件の内、原子力災害拠点病院として指定されているのが 4 件であり、原子力災害医療協力機関は 5 件であり、1 件は指定なしであった。二次被ばく医療機関 9 件の内、原子力災害拠点病院として指定されているのが 7 件であり、原子力災害医療協力機関は 2 件であった。

表 3 旧被ばく医療機関の原子力災害医療機関の指定状況 n=34

旧被ばく医療機関	原子力災害医療機関（登録・指定予定含む）		
	原子力災害医療協力機関	原子力災害拠点病院	登録 なし
初期被ばく医療機関 (n=10)	5 件	4 件	1 件
初期被ばく医療機関（協力 (n=9)	7 件	0 件	2 件
二次被ばく医療機関 (n=9)	2 件	7 名	0 件
指定なし (n=1)	0 件	1 件	0 件
無回答 (n=5)			

###### 2) 対象施設の災害・救急医療体制の指定

今回の原子力災害医療体制では、旧被ばく医療体制が大きく見直され、災害・救急医療体制と融合させた構想を示した。このことから旧被ばく医療施設における災害・救急医療体制の指定について表 4 にまとめた。

表 4 旧被ばく医療機関の救急医療体制

n=34

旧被ばく医療機関	救急医療体制					災害拠点病院		
	高度救命救急センター	救命救急センター	二次救急医療機関	初期救急医療機関	その他指定なし	基幹災害拠点病院	災害拠点病院	指定なし
初期被ばく医療機関(n=10)	0件	1件	7件	1件	1件	0件	7件	3件
初期被ばく医療機関(協力)(n=9)	0件	1件	1件	3件	4件	0件	0件	9件
二次被ばく医療機関(n=9)	3件	4件	1件	1件	5件	4件	5件	0件
指定なし(n=1) 無回答(n=5)	0件	0件	0件	0件	1件	0件	0件	1件

旧被ばく医療施設における救急医療体制では、その他指定なしが多く、11件であった。災害拠点病院の指定については、これも指定なしが、13件で多かった。

### 3) 被ばく医療の提供体制

被ばく医療の提供体制における状況では、回答を得られた機関では、OIL (Operational Intervention Level) 4 の超傷病者に線量測定や除染を行う体制の有無については、ある14件(41.1%)、なし12件(35.2%)であった。被ばく傷病者に対して必要な集中治療等の診療を提供する体制の有無については、ある10件(29.4%)、なし17件(50%)であった。また、スタッフの配置では、救急医療を提供する者と被ばく医療を提供する者が異なる機関は9件(26.5%)であった。

### 4) ネットワーク体制

原子力災害では、被災地が広範囲に渡る。そのため、被ばく医療を提供するにあたり、行政機関や同立地道府県等における他の被ばく医療機関とのネットワーク体制が重要になる。そこで他の被ばく医療機関とのネットワーク体制の有無についての問いでは、有りが15(44.1%)件、なしが11件(32.3%)であった。ネットワークが構築されている機関の割合が多かった。

### 5) 職員の研修受講状況および被ばく医療の知識・技術について

被ばく医療の知識については、それぞれの医療職の基礎教育の課程では履修しない内容が多く、職員達の多くは、放射線総合医学研究所の実施する「NIRS (National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology ; 以降 NIRS) 被ばく医療セミナー」もしくはそれと同等と認められる研修の受講が必要になる。このことについては、これらの研修参加について回答を求めると、「NIRS 被ばく医療セミナー」もしくはそれと同等と認められる研修の受講の有無は、

有りは 17 件(50%)、なしは 10 件(29.4%)であった。また、線量評価について基礎知識があり、必要な検査やサンプル収集の技能を有している人材の有りは 15 件(44.1%)、なしは 10 件(29.4%)であった。除染処置について専門的な知識や技能を有する者の有無については、有りは 14 名(41.2%)、なしは 11 名(32.4%)であった。

#### 6) 施設及び設備状況

今回、回答を得られた機関での被ばく医療に関する施設および設備状況については、除染を行うための専用の施設を有している機関は 6 件(17.6%)、養生にて除染室を確保する機関が 12 件(35.3%)、除染テントを設置する機関が 2 件(5.9%)であった。被ばく傷病者に対する入院治療を行う病室については、専用の病室を確保している機関は 1 件であり、入院時の被ばく傷病者の程度に合わせて入院病棟を決定する機関が多かった。また、放射線防護に必要な資機材については、各機関で有しているものが異なるが、GMサーベイ管が 23 件(67%)やアラーム付き個人線量計 13 件(38.2%)、アラーム機能なしの個人線量計 11 件(32.4%)とほとんどの施設が有している状況であった。そして、被ばく医療実施における防護衣の使用については、タイベックスーツを用いる機関は 11 件(32.4%)であり、手術用のガウンを用いる機関が 8 件(23.5%)であり、両方を併用している機関が 6 件(17.6%)であり、各機関によって使用状況が異なることがわかった。また、被ばく医療に関する資機材の保管方法については、主に、事務の管理職員や診療放射線技師の管轄下で専用の保管庫を使用している回答が多かった。汚染廃棄物や汚染水処理の方法については、専用の保管庫に一時保管し、特定の事業所に回収してもらう機関が多かった。

#### 7) 教育研修・訓練等に関して

被ばく医療に関する教育研修・訓練については、全職員を対象に被ばく医療に関する教育研修を定期的で開催している機関は 11 件(32.4%)であった。頻度としては、毎年 1 回開催の機関が 8 件(23.5%)と特に多く、不定期に研修を開催している機関もあった。研修の内容としては、「放射線の基礎とその健康影響」「外部被ばくと内部被ばくの線量評価」「被ばく医療における汚染・除染対応について」が特に多かった。また、被ばく医療訓練に関しては、毎年 1 回定期的に開催している機関が 10 件(29.4%)と多いが、訓練を行ったことのない機関も 10 件(29.4%)であり、機関によっては 1 度も訓練がなされていない状況がわかった。しかし、自施設内での訓練実施はなくとも、道府県が開催する合同訓練等に参加する機関も多く、年に 1 回合同訓練に参加している機関が 19 件(55.9%)と多いことがわかった。

#### 8) 原子力災害時の医療体制及び被ばく医療マニュアルについて

被ばく医療マニュアルの整備状況については、マニュアルが整備されている機関は 9 件(26.5%)であり、整備されていない機関が 16 件(47%)であった。また、整備されていないが、現在マニュアル作成中あるいは検討中であると答えた機関は 3 件であった。また、マニュアルを整備している機関にあたっては、検討部会を設置し、医師・看護師・診療放射線技師・事務員などの関係職種により協議がなされマニュアル作成に至っていることがわかった。

## IV. 考察

### 1. 回収率の低さと調査方法

本研究では、旧被ばく医療施設または既に原子力災害拠点病院もしくは原子力災害医療協力機関に指定・登録されている機関を対象とし、福島原発事故後の原子力災害医療体制が見直しされ

た後の指定・登録についての現状調査を行った。期限までに回答数が少ないことから、無作為に医療機関を選択し、再依頼の電話連絡を行ったところ、「回答できるほどの整備状況にない」「整備が不十分で回答までに至らない」という機関も3件ほどの反応であった。このようなことから原子力規制庁が定める新施設要件や機能は、容易に整備できる現状にないことが推察された。また、調査票は郵送法としたが、宛名および回答者を「施設長もしくは被ばく医療を担う代表者」としたことによって、責任者が明示されていないことや施設内で不明瞭であったことも一つの要因ではないかと考える。

## 2. 回答結果について

### 1) 施設要件

今回の研究では、旧被ばく医療施設が、今回の原子力災害医療体制に見直しに基づき、どの程度原子力災害拠点病院あるいは原子力災害医療協力機関として指定を受けているか、受ける予定であるかは関心事であった。結果、今回の調査対象では旧被ばく医療施設のほとんどは、原子力災害拠点病院あるいは原子力災害医療協力機関として登録あるいはその予定にあることがわかった。また、福島第一原発の事故以降、被ばく傷病者の対応は、被ばく医療と災害医療及び救急医療との連携が不可欠<sup>7)</sup>とされているように、原子力災害拠点病院の施設要件には「災害拠点病院であることを原則とし、その他救命救急センター、二次救急医療機関、又は災害拠点病院に準ずる医療機関であると立地道府県等が認めた施設であるとともに、以下の施設要件を満たすもの」<sup>8)</sup>との要件が組み込まれていた。そして、昨今の原子力医療体制は救急医療や災害医療からは切り離せないものとなっていることで、「災害拠点病院以外の施設が指定される場合は、以下の施設又は体制等を有することが望ましい。」と災害拠点病院としての要件が求められている<sup>8)</sup>。そして、回答を得られた旧被ばく医療施設のほとんどは、基幹災害拠点病院もしくは災害拠点病院に指定されており、富永ら<sup>3)</sup>の研究と同様の結果となった。また、今回対象とした医療機関の背景を調べたところ、国立、公的医療機関がほとんどを占めており、病床数の規模別でみた施設数からも200床以上を有する施設がほとんどを占めていたことがわかった。このことは、原子力災害医療体制における被ばく医療機関も災害拠点病院や救急医療体制の充実している機関に求められるように、施設・設備が整った医療機関に必要な医療体制の位置づけとして成り立っているものと考えられる。

### 2) 被ばく医療マニュアルについて

被ばく医療マニュアルの整備されている機関に比して、整備されていないと回答した機関が多い現状であった。これは、被ばく医療体制の構築はまれにみる事象だけに緊急性が低いと認識されているものと考えられる。そして、被ばく医療に関する知識や経験を有する医療者も少ないこと、そのことから院内では被ばく医療の整備が進まず、マニュアル作成の経緯に至らないケースもあるのではないかと推察される。

### 3) 教育研修・訓練等について

被ばく医療に関する教育研修については、放射線に関する基礎的な知識であり、線量評価や汚染・除染対応についての基本的な技術に関するものが開催されていた。しかしながら、人材不足、資金不足についてのアンケートの自由記載があった。また、被ばく医療訓練に関しては、機関によっては1度も訓練がなされていない状況であるが、道府県が開催する合同訓練等に参加する機関も多く、これらを充実することで、研修にもつながるのではないかと考える。

## V. 結語

1. 今回の回答が得られた旧被ばく医療施設は、原子力災害拠点病院または原子力災害医療協力機関として指定・登録あるいはその予定にある状態であった。
2. 新しい原子力災害医療体制には、災害拠点病院や救急医療体制の充実が求められ、今回の対象は基幹災害拠点病院もしくは災害拠点病院に指定されていた。
3. 被ばく医療マニュアルの整備、および教育研修・訓練等の実施については、施設ごとに様々な状況であった。

## VI. 研究の限界

本研究の対象は 140 施設と少なく、回収率も低かった。これは旧被ばく医療施設や新しい原子力災害医療機関のへ宛てた代表者が不明確であったこと、施設要件が厳しく、回答に至らなかったことなどが考えられる。したがって、一部の限定された標本から抽出された小規模集団の結果であり、一般化できるものではない。今後は対象を明確にし、調査票の内容を簡素化していくことが重要である。

## VII. 謝辞

本研究の回答をしてくださいました医療機関の代表者様に厚く御礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) 明石真言 相良雅史. 原子力災害時の被災者の健康支援と保健医療活動. 公衆衛生長. 2016. 80 巻 9号. 667 - 683.
- 2) 原子力規制委員会. 原子力災害医療体制等について. 2015. 5. 15. <http://www.nsr.go.jp/data/000117441.pdf>. (閲覧日: 2018. 1. 10)
- 3) 富永隆子 他. 東京電力福島第一原子力発電所事故前後における日本の緊急被ばく医療体制. Japanese Journal of Disaster Medicine. 2016. 21. 1-9.
- 4) 一般財団法人 高度情報科学技術研究機構. ATOMICA. 緊急時の医療活動 [http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat\\_detail.php?Title\\_No=10-06-01-07](http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=10-06-01-07) (閲覧日: 2018. 2. 10)
- 5) 高橋克彦. 緊急被ばく医療の現状. Dokkyo Journal of Medical Sciences. 39(3). 2012, 231 - 240.
- 6) 原子力規制委員会. 立地道府県等における原子力災害拠点病院・原子力災害医療協力機関の一覧. 2018. 1. 1. <https://www.nsr.go.jp/data/000216042.pdf>. (閲覧日: 2018. 2. 10)
- 7) 神谷研二. 緊急被ばく医療体制から原子力災害医療体制へ - 福島原発事故の経験から学ぶ -. 長崎医学会雑誌. 2016. 91 巻 特集号. 285 - 289.
- 8) 原子力規制庁. 原子力災害拠点病院等の施設要件. 2015. 6. <https://www.nsr.go.jp/data/000106718.pdf> (閲覧日: 2017. 10. 15)

# イベントポスター関連

- 防災シンポジウム「熊本地震に関する鹿児島大学の活動報告」

日 時：平成29年 4月 8日（土） 13：30～16：45  
主 催：鹿児島大学地域防災教育研究センター  
会 場：鹿児島大学稲盛会館（鹿児島市）

- 原子力災害対応セミナー：「福島震災から災害支援について考える」

日 時：平成29年 9月18日（月） 10：00～12：00  
主 催：公益財団法人原子力安全研究協会  
共 催：鹿児島大学地域防災教育研究センター、環境省  
会 場：鹿児島大学医学部共通教育棟 401 教室（鹿児島市）

- 福島県立医科大学出前講座：「ヘルスリテラシー すぐに使える健康情報を伝える知識と技術」

日 時：平成29年10月10日（火） 18：00～19：30  
主 催：鹿児島大学医学部  
共 催：鹿児島大学地域防災教育研究センター、福島県立医科大学医学部健康リスクコミュニケーション学講座  
会 場：鹿児島大学医学部共通教育棟 501 教室（鹿児島市）

- 平成29年度 防災・日本再生シンポジウム「桜島大規模噴火を想定した災害医療体制の構築」

日 時：平成29年12月 2日（土） 13：10～17：00  
主 催：鹿児島大学地域防災教育研究センター  
共 催：一般社団法人国立大学協会、鹿児島救急医学会  
後 援：鹿児島県、鹿児島市、姶良市、霧島市、垂水市、鹿屋市、鹿児島県看護協会、NHK鹿児島放送局、MBC南日本放送、KTS鹿児島テレビ、KKB鹿児島放送、KYT鹿児島読売テレビ、南日本新聞社  
会 場：鹿児島大学医学部鶴陵会館（鹿児島市）

➤ 防災ワークショップ：「原子力災害時の防災」

日 時：平成30年 2月12日（月） 10：00～17：00  
主 催：公益財団法人原子力安全研究協会  
共 催：環境省、鹿児島大学地域防災教育研究センター  
会 場：鹿児島大学医学部共通教育棟インテリジェント室（鹿児島市）

➤ 平成29年度 防災ワークショップⅡ：「大規模火山噴火に備える地域防災」

日 時：平成30年 3月 3日（月） 10：00～16：30  
主 催：鹿児島大学地域防災教育研究センター、次世代安心・安全 ICT フォーラム  
後 援：総務省九州総合通信局、鹿児島市  
会 場：鹿児島大学稲盛会館（鹿児島市）

防災シンポジウム

# 熊本地震に関する 鹿児島大学の活動報告

参加費無料  
当日参加自由

平成29年

4/8 (土)

13:30~16:45

場 所: 鹿児島大学稲盛会館  
(キミ&ケサメモリアルホール)  
鹿児島大学郡元キャンパス  
鹿児島市郡元1-21-40

主 催: 鹿児島大学  
地域防災教育研究センター

※ご来場の際は、公共交通機関をご利用いただきますようお願いいたします。

## プログラム

- 13:30~ 開会挨拶: 研究担当理事
- 13:35~ 趣旨説明: 小林励司(理学系 准教授)
- 13:40~ 招待講演: 平成28年熊本地震による被災建築から得られる教訓: 山成實(熊本大学 教授)
- 14:10~ 2016年熊本地震の活断層: 井村隆介(理学系 准教授)
- 14:30~ 2016年熊本地震のGNSSによる余効変動観測: 中尾茂(理学系 教授)
- 14:50~ 前半質疑応答
- 15:00~ 休憩
- 15:10~ 熊本地震による土木構造物の被害: 小池賢太郎(工学系 助教)
- 15:30~ 2016年熊本地震による土砂災害: 地頭菌隆(農学系 教授)
- 15:50~ 2016年熊本地震による農地・農業用施設の被害: 平瑞樹(農学系 助教)
- 16:10~ 熊本地震後の資料保全活動について: 佐藤宏之(教育学系 准教授)
- 16:30~ 後半質疑応答
- 16:40~ 閉会挨拶: 浅野敏之(地域防災教育研究センター長)

E-mailまたはFAXで、参加者氏名・所属・連絡先(〒住所・E-mail・電話番号等)を下記までご連絡ください。

## 鹿児島大学地域防災教育研究センター

URL <http://bousai.kagoshima-u.ac.jp/>

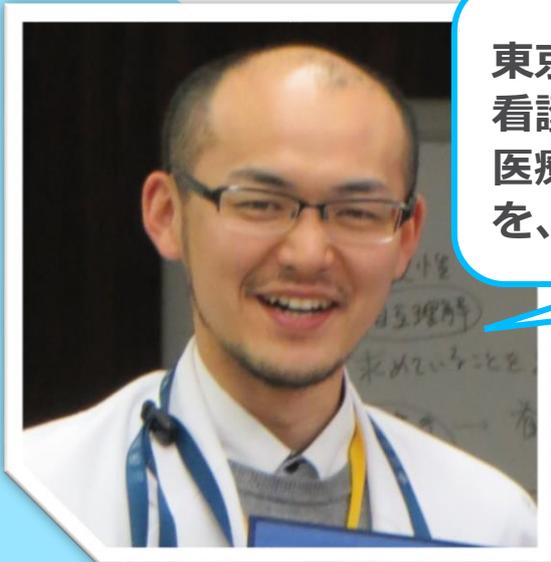
TEL 099-285-7234 FAX 099-285-8495

E-mail [bousai@kuas.kagoshima-u.ac.jp](mailto:bousai@kuas.kagoshima-u.ac.jp)

※本シンポジウムは、一般社団法人建設コンサルタンツ協会CPD認定プログラムです。

お申し込み  
お問い合わせ

# 原子力災害対応セミナー



東京電力福島第一原子力発電所事故での経験を、  
看護職の立場からお話します。  
医療を学ぶ学生は何をすべきか、何ができるのか  
を、一緒に意見交換をしませんか？



講師：吉田浩二（長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 准教授）

講演：「福島震災から、災害支援について考える」

平成29年 **9月18日**（祝）

**10:00~12:00**

場所：桜ヶ丘キャンパス（医学部共通教育棟401号室）

対象：災害対応に興味をもつ学生

皆様のご参加、  
お待ちしております！

共催：環境省、鹿児島大学地域防災教育研究センター

《事務局・お問合せ先》

平成29年度放射線健康管理・健康不安対策事業委託事務局

公益財団法人 原子力安全研究協会 放射線環境影響研究所

電話：03-5470-1994 FAX：03-5470-1990





# リスクコミュニケーションモデル形成事業 福島県立医科大学 出前講座



## “ヘルスリテラシー”すぐに使える健康情報を 伝える知識と技術

災害リスクへの対処方法と意思決定の支援に関する共考のためのリスクコミュニケーション活動として研修を展開してまいります。

**平成 29 年 10 月 10 日 18:00～19:30**

**講師：福島県立医科大学総合科学教育研究センター教授 後藤あや先生**

〒890-8544 鹿児島市桜ヶ丘8-35-1

鹿児島大学医学部 郡山千早 松成裕子

**会場：鹿児島大学医学部共通教育棟501教室**

連絡担当者：松成裕子 [matsuy@health.nop.kagoshima-u.ac.jp](mailto:matsuy@health.nop.kagoshima-u.ac.jp)

参加希望の方は、上記メールにて10月6日までお申し込みください。

**主催：鹿児島大学医学部**

**共催：鹿児島大学地域防災教育研究センター、福島県立医科大学医学部健康リスクコミュニケーション学講座**

**助成：文部科学省リスクコミュニケーションモデルの形成事業**

# 桜島大規模噴火を想定した 災害医療体制の構築

参加費無料  
当日参加自由

日時  
会場

平成29年12月2日(土)13:10~17:00

鹿児島大学医学部鶴陵会館 (鹿児島大学桜ヶ丘キャンパス)  
鹿児島市桜ヶ丘8-35-1

## PROGRAM

○開会挨拶 高松 英夫 / 鹿児島大学理事

○来賓挨拶 山本 健慈 / 一般社団法人国立大学協会 専務理事

○講演 13:25~  
「桜島大規模噴火とその被害」  
小林 哲夫 / 鹿児島大学名誉教授  
「大規模噴火時に求められる保健医療支援」  
石峯 康浩 / 鹿児島大学地域防災教育研究センター 特任教員

○パネル討論 一桜島大規模噴火を想定した災害医療体制の構築一  
話題提供 15:00~  
「桜島大規模噴火シナリオと時間軸から見た災害医療」  
垣花 泰之 / 鹿児島大学病院 救命救急センター長

パネル討論 15:10~

▼シンポジスト

岩松 洋一 / 鹿児島県保健福祉部地域医療整備課長  
松下 剛 / 鹿児島市消防局警防課長  
吉原 秀明 / 鹿児島市立病院 救命救急センター長  
有村 敏明 / パールランド病院 名誉院長  
宇田 英典 / 鹿児島県保健福祉部医療審議監(兼)伊集院保健所長  
石峯 康浩 / 鹿児島大学地域防災教育研究センター 特任教員  
小林 哲夫 / 鹿児島大学名誉教授

○閉会挨拶 浅野 敏之 / 鹿児島大学地域防災教育研究センター長

○総合司会 松成 裕子 / 鹿児島大学医歯学域医学系教授

主催 鹿児島大学 地域防災教育研究センター <http://bousai.kagoshima-u.ac.jp/>  
共催 一般社団法人国立大学協会、鹿児島救急医学会  
後援 鹿児島県、鹿児島市、霧島市、始良市、垂水市、鹿屋市、鹿児島県看護協会、NHK鹿児島放送局、MBC南日本放送、KTS鹿児島テレビ、KKB鹿児島放送、KYT鹿児島読売テレビ、南日本新聞社

E-mailまたはFAXで、参加者氏名・所属・連絡先(〒住所・E-mail・電話番号等)を下記までご連絡ください。

## 鹿児島大学地域防災教育研究センター

URL <http://bousai.kagoshima-u.ac.jp/>

TEL 099-285-7234 FAX 099-285-8495

E-mail [bousai@kuas.kagoshima-u.ac.jp](mailto:bousai@kuas.kagoshima-u.ac.jp)

※ご来場の際は、なるべく公共交通機関をご利用いただきますようお願いいたします。

お申し込み  
お問い合わせ

# 原子力災害時の防災



2011年3月11日の東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえ、原子力規制委員会から原子力災害対策指針が示されました。原発事故後に最初に稼働した原子力発電所が立地する鹿児島県では原子力災害に備えるために、防災計画や体制整備等は喫緊の課題となっています。そこで、本ワークショップの第1部では、福島第一原発事故では何が起きたのか、事故を踏まえ鹿児島県の原子力防災への備えや食の安全に関する取組について情報提供していただいた後、第2部では、それに対処するためには何をすべきなのかについて、備えるべき放射線の知識の講話やリスクコミュニケーションについて、福島で活動された専門家より紹介いただき、大学の教員、学生、地方自治体、住民の方々と共に、防災の方策について考える機会とします。

日時：2018年2月12日（月）

開場 9:30

第1部 10:00~12:30

開場 13:30

第2部 14:00~17:00

場所：鹿児島大学桜ヶ丘キャンパス

医学部共通教育棟インテリジェント室



## プログラム

総合司会：松成裕子（鹿児島大学）

挨拶：浅野敏之（鹿児島大学地域防災教育研究センター長）

### 第1部

#### 何が起きたのか

講義「鹿児島県の  
原子力防災を考える」

講師：杉浦 紳之

（原子力安全研究協会）

講義「食品の安全性について」

講師：井河 和仁（消費者庁）

### 第2部

#### 我々は何をすべきなのか

講義「備えるべき、  
放射線の基礎知識」

講師：吉田 浩二（長崎大学）

講義「リスクコミュニケーション」

講師：土屋 智子

（HSEリスク・シーキューブ）



### 桜ヶ丘キャンパス

医学部  
歯学部  
医学部総合研究科  
医学部・歯学部附属病院



### 共催

環境省・鹿児島大学地域防災教育研究センター

### お申し込み方法

2月2日（金）までに、「所属」、「参加者氏名」、  
「電話番号」、「E-mail アドレス又はFAX 番号」を  
E-mail または FAX、電話にてご連絡ください。

平成29年度放射線健康管理・健康不安対策事業委託事務局  
公益財団法人原子力安全研究協会放射線環境影響研究所  
E-mail : h29kenshu@nsra.or.jp

電話：03-5470-1994 FAX：03-5470-1990

# 大規模火山噴火に備える地域防災

参加費  
無料

日時:平成30年3月3日(土) 10時~16時30分 (会場入り) 9時半 (昼食休憩) 12時~13時半  
会場:鹿兒島大学稲盛会館 (鹿兒島大学郡元キャンパス 〒890-0065 鹿兒島市郡元1-21-40)



## 第1部 報告会

10:00  
12:00  
何が起きるのか、何をなすべきか?

1. 新年度に発足する地震火山地域防災センターについて  
浅野敏之 地域防災教育研究センター長
2. 大規模火山噴火時にしなやかに対応できる地域社会を目指して ー鹿兒島大学の取り組みー  
眞木雅之 地域防災教育研究センター特任教授
3. 大噴火時における交通復旧の実施計画案と早期具体化の必要性  
三田和朗 株式会社ハウセイ・技研 常務執行役員技師長
4. 鹿兒島市の火山災害対策  
~噴火警戒レベル4 引上げ対応を踏まえた対策強化~  
馬場瑞樹 鹿兒島市市民局危機管理部危機管理課桜島火山対策係長

## 第2部 ジョイント ミーティング

13:30  
16:30  
大規模火山噴火に立ち向かう  
最新の研究開発

1. 火山防災の現状と課題 ー火山の観光と防災ー  
横田 崇 愛知工業大学 地域防災研究センター長/教授
2. 火山噴煙のレーダー観測について  
佐藤英一 気象庁気象研究所 研究官
3. 雲の上から火山を見守る  
ー航空機SARによる火山観測ー  
浦塚清峰 国立研究開発法人情報通信研究機構 統括
4. SNSからの災害情報の収集、分析とその利活用  
大竹清敬 国立研究開発法人情報通信研究機構 上席研究員

主催:鹿兒島大学地域防災教育研究センター、次世代安心・安全ICTフォーラム 後援:総務省九州総合通信局、鹿兒島市 協力:国立研究開発法人情報通信研究機構【申請予定】

## 会場 地図

※ご来場の際は、公共交通機関をご利用  
用いたいただきますようお願いいたします。



## お申し込み方法 下記「お申込みアドレス」にてお申し込みください。

【ワークショップ開催の概要と最新情報】 <http://ictfss.nict.go.jp/kagoshima2018/>

お申込みアドレス [ictfss-2018-kagoshima@ml.nict.go.jp](mailto:ictfss-2018-kagoshima@ml.nict.go.jp)

## お問合せ

鹿兒島大学地域防災教育研究センター  
〒890-0065 鹿兒島市郡元1丁目21-40  
産学官連携推進センター棟2階  
TEL : 099-285-7234  
E-mail : bousai@kuas.kagoshima-u.ac.jp  
URL : <http://bousai.kagoshima-u.ac.jp/>

次世代安心・安全ICTフォーラム事務局  
〒184-8795 東京都小金井市貫井北町4-2-1  
国立研究開発法人情報通信研究機構 電磁波研究所企画室  
TEL : 042-327-6696  
E-mail : [ictfss-2018-kagoshima@ml.nict.go.jp](mailto:ictfss-2018-kagoshima@ml.nict.go.jp)  
URL : <http://ictfss.nict.go.jp/>

## 防災関連の論文について

(論文名・著者名・掲載誌名・巻・頁)

■2017年7月の九州北部豪雨による土砂災害

丸谷知己・海堀正博・地頭菌隆・水野秀明・大野宏之・清水収・久保田哲也・植弘隆・金澤瑛・河野貴則・古賀省三・小林央宜・小林拓也・坂島俊彦・酒谷幸彦・相楽渉・篠原慶規・鈴木大和・高木将行・鳥田英司・中濃耕司・藤澤康弘・山口和也・山田勇智

砂防学会誌

70(4), 2017, 31-42

■原子力発電所立地3県に勤務する保健師の放射線に関する知識および認識の比較調査

松川京子, 松成裕子

日本放射線看護学会誌. 5, 1, 56-62, 2017

■Numerical simulation for tsunami-height reduction using a very large floating structure

Kakinuma, T., Nakahira, T., Kamba, T., Murakami, T. and Nakayama, K.

Coastal Eng. 2016

waves 24, 7 pages

■Green-Naghdi 方程式に基づく津波伝播計算モデルと種々の理論モデルの比較(第2報)

山下 啓・柿沼太郎・今村文彦

津波工学研究報告

第34号・pp. 25-31

■海底変動に伴う津波の水理実験

柿沼太郎・後藤卓也・種田哲也

土木学会論文集 B2 (海岸工学)

Vol. 73, No. 2・pp. I\_277-I\_282

■河川を遡上する津波の数値解析

中村祐輔・柿沼太郎・浅野敏之

土木学会論文集 B2 (海岸工学)

Vol. 73, No. 2・pp. I\_331-I\_336

鹿児島大学地域防災教育研究センター  
平成 29 年度報告書

発行日 2018 年 3 月

発行者 鹿児島大学地域防災教育研究センター

〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40

TEL : 099-285-7234 FAX : 099-285-8495

E-mail: bousai@kuas.kagoshima-u.ac.jp

URL: <http://bousai.kagoshima-u.ac.jp/>

※無断転載・複製を禁ず。