

国内の火山活動における鉄道の被災及び対策事例

浦越 拓野* 西金 佑一郎* 川越 健*

A Case Study of Disasters due to Volcanic Activities and Countermeasures against Them in Railway of Japan

Takuya URAKOSHI Yuichiro NISHIKANE Takeshi KAWAGOE

Over 100 active volcanoes exist in Japan, and some of them are active even now. To prepare for volcanic activities, we must learn how they affected railway systems in past volcanic events, and how railway companies applied countermeasures against them. The authors conducted the literature review of 10 volcanic events, which affected railway systems in Japan in last 100 years. As a result, the authors revealed that a volcanic activity involved ground displacement, seism, ash fall and lahar (volcanic mud flow), and these accompanying phenomenon affected many aspects of the railway systems: vehicles, structures, power supply systems, tracks, signal and train control systems, and train operation. This result is useful to prepare a countermeasure plan or a research and development plan against volcanic activities.

キーワード：火山，被災事例，対策事例，噴火，降灰，火山泥流

1. はじめに

わが国には 110 の活火山が分布している¹⁾ (図 1)。このうち 47 の火山が監視・観測体制の充実が必要な火山とされ²⁾，気象庁により地震計，遠望カメラ，傾斜計等による 24 時間の監視・観測がなされている³⁾。火山活動は地下のマグマが地表付近に上昇することで引き起こされ，例えば火山性地震，噴火，降灰，火砕流といったさまざまな現象を伴う。表 1 に本報告中の事例に関連する現象の概要を示す。これらの現象は，土木施設，電気施設，車両，運輸等から構成される鉄道システムの多くの側面に影響を与えることが予想されるが，鉄道における火山活動に伴う被災事例や対策事例を整理した公表文献等はほとんどない。

そこで，わが国における火山活動の中で，鉄道の被災事例及び対策事例を対象として文献調査を行った。本報告では，この結果をまとめる。

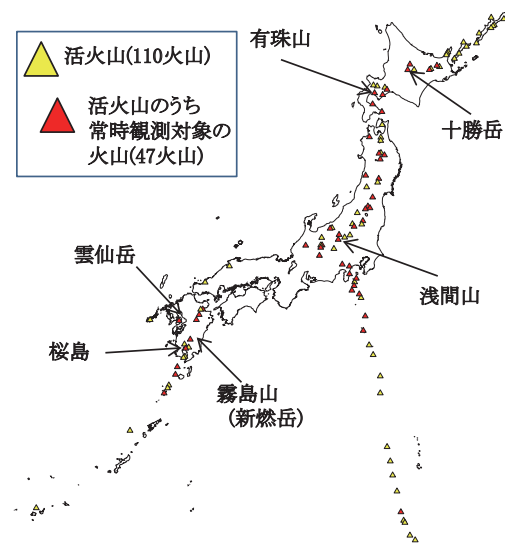


図 1 わが国の活火山の分布
内閣府ほか (2014)³⁾より作成。
本報告中で記した火山を矢印で示す。

表 1 火山活動に伴う現象

主な現象	現象の概要
地殻変動	火山活動に伴う地下でのマグマの動きにより，地表で隆起や亀裂などが生じる現象である。
火山性地震	火山活動に伴う地下でのマグマの動きにより発生する地震。
降灰	噴火により飛散した火山灰（マグマが急冷してできたガラス質の物質や既存の岩石等の破片で，直径 2mm 以下の粒子）が地表に降下する現象である。火山灰は風の影響を受け，火口から主に風下方向に拡散する。
火山泥流	火山砕屑物が大量の水とともに流下する現象で，土石流とも呼ばれる。噴火後の降雨が誘因となる場合や，火山噴出物等の熱により積雪が融解して発生する場合がある。後者は特に融雪型火山泥流と呼ばれる。
火砕流	火山砕屑物が火山ガスや周囲の空気と一団となり斜面を高速で流下する現象である。火山の爆発による噴煙柱が崩壊して発生する場合や，溶岩ドームが崩壊して発生する場合などがある。

* 防災技術研究部 地質研究室

2. 過去の火山活動での鉄道の被災及び対策事例

2.1 十勝岳

1926年5月24日に十勝岳(図1, 図2)が噴火し、中央火口丘の北西部が崩壊した⁴⁾。この崩壊により発生した高温の岩屑が積雪を溶かし、融雪型火山泥流が発生した⁴⁾。火山泥流は噴火後約25分で火口から約25km離れた上富良野に達した⁵⁾。

鉄道の被災は火山泥流によるもので、国鉄富良野線においてレールや盛土の埋没、流出が発生した^{5) 6)}。

2.2 有珠山

2.2.1 1943年～1945年の噴火

有珠山(図1, 図3)周辺で、1943年12月から火山性地震が発生し、1944年からは地盤隆起が始まった⁴⁾。1944年6月に噴火し、1945年9月まで火山活動が続いた⁴⁾。一連の火山活動により溶岩ドームが形成され、昭和新山と命名された⁴⁾。

鉄道への影響として、地盤隆起による国鉄胆振線(伊達紋別駅・倶知安駅間。1986年に廃線。)における軌道や構造物の変状が報告されている⁸⁾。対策として、当初は線形変更を伴わない線路修復工事が繰り返された⁸⁾。しかし、地盤が大きく隆起したため、最終的には約5kmにわたり隆起部を迂回する線形変更がなされた⁹⁾。

2.2.2 1977年～1978年の噴火

1977年8月6日3:30ごろから火山性地震が多発した⁴⁾。7日9:12に小有珠南東麓で爆発的な噴火が発生し、噴煙が高さ12,000mに達した⁴⁾。

鉄道の被災は、火山灰や噴石(直径10～20cm)の降下、火山性地震によるものであった⁹⁾。国鉄胆振線への全降灰量は約3,000m³で、降灰を受けた線路延長は26kmであり、火山灰の厚さは最大で16cmであった⁹⁾。火山灰により線路側溝約8,800m、伏び約30箇所が埋没した。降雨により火山灰がレールや締結装置にモルタル状に付着し、腐食を著しく進行させた⁹⁾。また、地震により約400m³の落石が発生するとともに、約2,100m²ののり面で亀裂が発生した⁹⁾。ほかに踏切施設、建物関係、電気関係でも被災した⁹⁾。これらにより国鉄胆振線の伊達紋別・新大滝間が運休となった⁹⁾。

応急対策として施工基面内や側溝の火山灰除去、レールやレール締結部の清掃がなされた⁹⁾。レール上の固結した火山灰の取り除きには、金属ブラシを取りつけた大型モーターカーも利用された⁹⁾。また道床バラストに火山灰が混入した区間では、透水性の低下や冬季の凍上が懸念され、道床交換やふるい分けが計画された⁹⁾。

2.2.3 2000年の噴火

2000年3月28日室蘭地方気象台より「火山性地震が急増している」との火山観測情報第1号が発表され、29

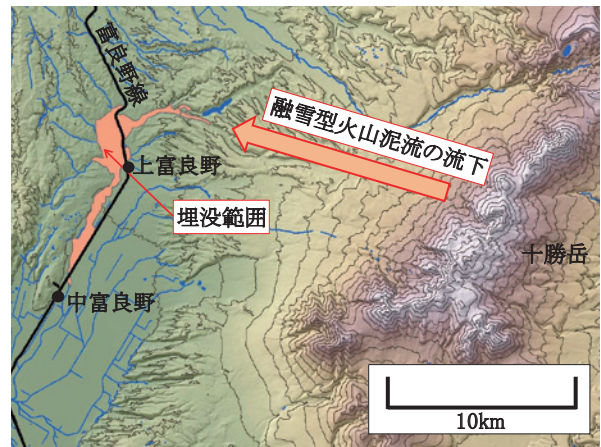


図2 十勝岳と富良野線の位置と泥流埋没範囲
地図は国土地理院のデータ⁷⁾より作図した。
埋没範囲は文献⁵⁾による。

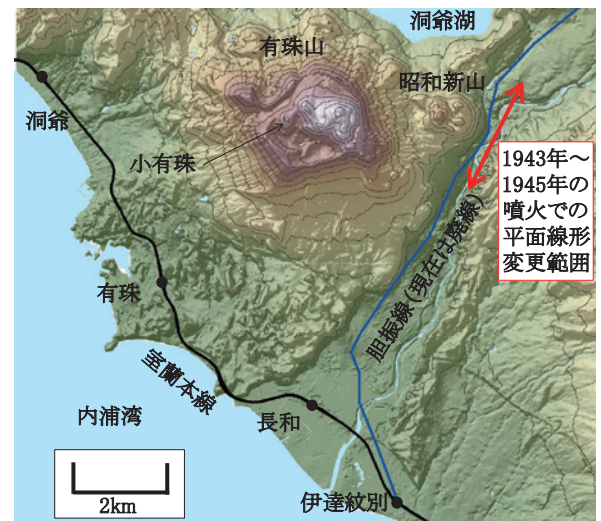


図3 有珠山と胆振線、室蘭本線の位置図
地図は国土地理院のデータ⁷⁾より作図した。胆振線の位置は5万分の1地形図「虻田」(地理調査所, 1953)による。

日に有珠山周辺の市町において避難勧告、避難指示が相次いで発令された。その後、31日13:07に噴火し、噴煙が高さ3,500mまで達した⁴⁾。

JR北海道は、火山対策として29日19:25から室蘭本線長万部・東室蘭間を運休としていた¹⁰⁾。噴火直後の31日13時30分ごろ、JR北海道は内閣官房から虻田町住民のための避難列車の運転要請を受け、室蘭線長万部駅・洞爺駅間で避難列車(183系8両編成)の運転を行った¹⁰⁾。長万部駅・洞爺駅間は29日夕方より運休となっている区間であったことから、安全を確保するために避難列車は時速45kmの制限で、かつ保線係員と電気係員の添乗にて運行された¹⁰⁾。

鉄道の直接の被災は地殻変動による地盤変位によるものであり、線路の湾曲、橋台の破損が確認された^{10) 11)}。室蘭本線の運休に伴い、長万部・札幌間の優等列車や

貨物列車の迂回運転（函館本線廻り）が実施された¹⁰⁾。また噴火開始19日後の4月18日には、迂回運転の増強を目的とし、迂回経路である函館本線目名駅において、行き違い設備の建設が着工された¹⁰⁾。

4月27日の全線での運行再開にあたって、避難指示区域を含む洞爺・長和間では、当初、次のような対策が取られた¹⁰⁾。

- 午前9時から午後4時までの運行（目視で有珠山の状況を確認可能な時間帯）
- 本社と現地対策本部に情報収集班と通行対策班を設置
- 各列車運行前にレールカートでの線路点検を実施
- 運転室への保線係員の同乗
- 非常時の後退運転のために、旅客用ディーゼルカーの前後への運転士の配置と、貨物列車等の前後への機関車と運転士の配置（プッシュ・プル運転）
- 旅客列車への避難誘導要員の配置
- 旅客列車への乗客用避難梯子とヘルメットの配備
- 一時帰宅者の緊急避難時の安全確保のため、区域内の4踏切に各2名の監視員の配置
- 踏切に避難用バス等の配置

その後、洞爺・北入江信号場間にレーザー光による地盤変位測定装置が設置された¹⁰⁾。また夜間に運転士がレールの変状を確認するために、前照灯を反射するプリズムがレール間に設置された¹⁰⁾。これらの対応により、6月8日から24時間の列車運行が再開された¹⁰⁾。

また、プッシュ・プル運転には大量の機関車、連結・解放要員が必要となる。そこで、後方の画像を前方の運転士に伝達し、前方の運転士が後退運転をする方法が検討され、画像伝達装置が開発された¹⁰⁾。

2.3 浅間山

2.3.1 2004年の噴火

2004年9月1日20:02に浅間山（図1）が21年ぶりに爆発し、11月頃まで活動が続いた⁴⁾。9月16日未明から17日夕方にかけては連続的に噴火が発生し、群馬県・埼玉県・東京都・神奈川県・千葉県で降灰が認められた⁴⁾。

JR東日本長野支社では連絡通報体制の強化、地上設備の洗浄器具の配備、新幹線車両の換気の規制を実施した¹²⁾。9月1日の噴火直後は、降灰が確認される都度、電車線路および変電ポストの緊急巡回がなされた¹²⁾。さらに火山灰ががいしに付着してトリップした場合が想定され、軽井沢保守基地に洗浄水、高圧洗浄機、高所作業車が、軽井沢電区分所に高圧洗浄機が配備された¹²⁾。

また浅間山の火山灰ががいしに与える影響を把握するため、火山灰を最大3mm程度の厚さで付着させた可動ブラケット用長幹ががいしを対象に、乾燥状態および湿潤

状態での絶縁耐力試験が実施された¹²⁾。その結果、最高使用電圧の2倍である交流60kVにおいても絶縁破壊に至らないことが示された¹²⁾。

2.3.2 2009年の噴火

2009年2月2日に小規模な噴火が起き、噴煙が2,000mに達した⁴⁾。同年5月頃まで活動が続いた⁴⁾。

降灰は、JR東日本八高線の線路上にも及んだ。列車走行に伴って舞い上がった火山灰が白煙状を呈するため、乗務員が火災等による白煙の可能性を考慮し、安全点検を行った¹³⁾。

2.4 雲仙岳

1990年11月17日に雲仙普賢岳（図1、図4）で水蒸気爆発が発生し、1991年2月以降、噴火が継続的に発生した⁴⁾。5月20日に溶岩ドームが確認され、24日には溶岩ドームの崩落による火砕流が発生した⁴⁾。その後、溶岩ドームの成長、崩落、火砕流発生が繰り返され、1991年～1995年の火砕流の回数は約9,400回であった⁴⁾。また堆積した火山灰等が降雨によって流下する火山泥流（土石流と記されている文献も多いが、本報告では火山泥流と記す）が頻発した。

鉄道の直接的な被災は、降灰と火山泥流によるものである¹⁴⁾。火山灰が踏切警報機のボックス内に入り込むことで、電気回路に障害が起き、警報機や遮断機の誤作動が発生した¹⁴⁾。踏切の誤作動は、レール上に堆積した火山灰による短絡不良や不正短絡によっても発生した¹⁴⁾。また火山灰がフロントガラスに付着することで、視界不良が発生した¹⁴⁾。火山灰が固化し、ワイパーでの除去ができない場合があることも報告されている¹⁴⁾。さらにレール上に堆積した火山灰により、乾燥時にはレール・車輪間の摩擦が増大し、車両のスピードが低下した¹⁴⁾。一方で、湿潤時には摩擦が低下しスリップが発生した¹⁴⁾。また、火山灰がエンジンに吸い込まれることにより、エンジン不調やオーバーヒートも発生した¹⁴⁾。

1991年6月7日以降、警戒区域（立入禁止区域）が設定され、島原鉄道の島原外港～深江間も警戒区域となり、当該区間が運休となった。このため、北側と南側それぞれでの折り返し運転となった¹⁴⁾。

1991年6月30日には、大規模な火山泥流が発生し、安徳・瀬名深江間の水無川付近において線路延長450mにわたって、踏切の倒壊、線路流失、線路埋没、信号ケーブルの切断が発生した¹⁴⁾。1991年12月27日に全線復旧したが、その後も火山泥流で覆われては復旧するということが繰り返された¹⁴⁾。1993年4月28日には大規模な火山泥流で線路延長700mにわたって線路が埋没し、再び島原外港～深江間が運休となった¹⁴⁾。この運休は水無川での火山泥流による7度目の運休となった¹⁵⁾。同年7月には中尾川でも火山泥流が発生し、中尾川周辺の

区間が運休した¹⁵⁾。

火山灰の除去は、当初は竹ぼうきによってなされた。フロントガラスに付着した火山灰については、各駅にドラム缶を利用した水タンクが用意され、列車が到着するたびに駅員が散水することで除去した¹⁴⁾。火山活動の長期化に伴い、効率化のために、保線用モーターカーに散水装置とブラシを付加し、1日2～3回走行させることでレール上の火山灰の除去がなされた¹⁴⁾。また車内への火山灰侵入を防止するために、窓枠の改良も検討されたが、これについては、火山活動の沈静化により実施されなかった¹⁶⁾。

火山泥流対策として、噴火の初期には、水無川にかかる鉄橋の桁下を目視できる場所に応急の監視所が設置され、警備員2名による固定警備が実施された^{14) 15)}。火山泥流での被災後は、現位置での復旧が繰り返された。恒久的な対策として、水無川等の河川改修工事や導流堤工事にあわせ、水無川周辺の2,646mの区間が高架化された^{14) 17)}。

警戒区間を含む線区での運転では、臨時の運転マニュアルが作成された¹⁴⁾。このマニュアルには、非常時には警戒区域を走行中の列車は直ちに停止後、安全を確認したうえで、警戒区域から脱出する時間が短い方向に進行することが定められたほか、火山泥流対策として、降雨量や河川水位等による運転抑止の基準が定められた¹⁴⁾。

2.5 霧島山（新燃岳）

2011年1月19日に、新燃岳（図1、図5）でごく小規模な噴火が発生し、1月27日から3月1日にかけては爆発的噴火が13回発生した⁴⁾。その後、2011年9月まで噴火活動が続いた⁴⁾。

鉄道への影響は降灰によるものであった。JR九州の吉都線で降灰による視界不良のために全区間で運休する¹⁸⁾など、2月21日までにJR九州の吉都線、日豊線などであわせて約300本が運休し、約13,000人に影響が出た¹⁹⁾。また転てつ機に火山灰が介在することによる転換不能や、レール上に火山灰が積もることによる短絡不良が発生した²⁰⁾。

転てつ機の不転換対策として火山灰の除去を行うとともに、始発列車運転前に指令所から進路構成試験を行った²⁰⁾。また床板には通常グリスを塗布するが、火山灰と混合すると粘土状の塊となり転換負荷が増大したことから、降灰が続いていれば塗布せず、それが落ち着いていれば塗布するという運用がなされた²⁰⁾。短絡不良の対策として、レール上の火山灰除去が人力でなされた²⁰⁾。

踏切への影響として、終了点制御子が短絡不能により列車検知できない場合、列車通過後も鳴動が停止しない事象が多発した²⁰⁾。なお、始動点制御子については、電氣的短絡による制御子方式と電氣的短絡によらないパッ

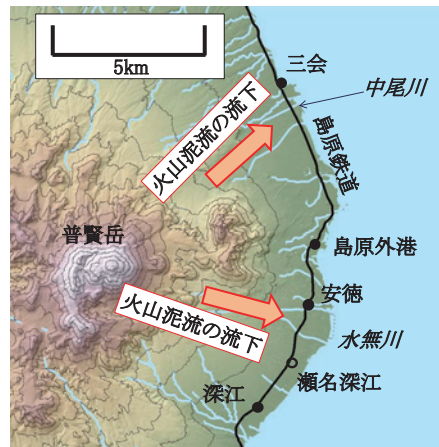


図4 雲仙普賢岳と島原鉄道の位置図
地図は国土地理院のデータ⁷⁾および文献¹⁵⁾より作図した。
島原外港駅以南の路線は、2008年4月に廃線。



図5 霧島山（新燃岳）および桜島と鉄道路線の位置図
地図は国土地理院のデータ⁷⁾より作図した。

クアッ地上子方式の2つの列車検知方式を併用しており、無遮断は発生しなかった²⁰⁾。連動駅付近の半自動踏切においては、軌道不短絡による踏切動作不良を想定し、踏切の警報灯を列車運転士から視認できるような改良や、警報開始地点の変更が実施された²⁰⁾。さらに、踏切付近での徐行運転がなされた。また降灰検知センサーの開発がなされている²⁰⁾。

2.6 桜島

2.6.1 1914年の噴火（大正大噴火）

1914年1月12日10:00ごろ、桜島（図1、図5）の西側中腹より噴火が開始し、その後南東側中腹でも噴火した⁴⁾。13日20:00ごろより溶岩の流出がはじまり、約2週間継続した⁴⁾。この結果、桜島は大隅半島と陸続きとなった。この噴火は、わが国における20世紀最大の噴火であり、噴出した火山灰・溶岩等の総量はマグマの体積に換算して約1.58km³とされ、降灰は仙台でも確認された⁴⁾。

鉄道の被害は主として1月12日18:29のマグニチュード7.1⁴⁾の地震によるもので、国鉄鹿兒島本線（現在の

肥薩線)や川内線(現在の鹿児島本線)において、軌道変状、土留崩壊、斜面崩壊、盛土崩壊、落石、電車線設備の破損等が発生した²¹⁾。火山灰による被害として、降雨を含んだ火山灰ががいしに付着したことによる漏電、鉄道車両各部への火山灰付着による可動部の可動性の低下、空気取り込み口からシリンダー内への火山灰の侵入によるパッキンの摩損が報告されている²¹⁾。

2.6.2 現在に至る火山活動

1955年に南岳山頂火口において爆発的な噴火があり、その後も活発な活動が続いている⁴⁾。さらに2006年6月には昭和火口でも噴火し、活動が継続している⁴⁾。

鉄道の被害は主に降灰によるもので、これまでに火山灰がレール間に詰まることによる分岐器の転換不良、不正短絡、短絡不良、踏切誤作動が報告されている^{16) 22)}。1982年8月25日には、鹿児島機関区において構内整備係が2両連結の電気機関車の連結器を解放しようとした際、車輪とレールの間に火山灰が介在したことで電気機関車の電位が上昇していたため、感電により負傷するという事象が発生した²³⁾。平成22年度には降灰による被害は26件で、短絡不良が約60%、転換不良が約20%、障害物検知装置故障が約20%とされる²²⁾。また路面電車においては1980年や83年などに火山灰により脱線が発生した⁴⁾。

対策として、車軸とモーターをつなぐギアボックスの機密性を高め火山灰の侵入を抑制した例²⁴⁾、車両の床下から空気を吹き付けて灰を落として床下機器を洗浄している例²⁵⁾がある。さらに、降灰検知装置の開発が進められている²²⁾。また桜島の火山灰が電車線のがいしへ与える電氣的影響についても実験的検討が進められて

おり、電圧50kVまででは乾燥状態でも湿潤状態でも漏電は十分に小さいこと、火山灰が塩水を含んだ場合には25kVで放電が発生するが、き電トリップに至る漏電量ではないことが確認されている²⁶⁾。

路面電車においては、スリップ対策として砂まき装置の設置や、軌道への注水による通電の確保がなされている¹⁵⁾。また降雨と火山灰により、トロリーとパンタグラフが極端に摩耗してスパークが激しく発生する車両は、営業中でも交替させる例や、15日に1回の頻度でのエアコンのエアフィルタや空冷式モーターの清掃が実施されている例がある¹⁵⁾。

3. 被災及び対策事例の整理

2章で示した事例およびその他の文献で確認された事例を、施設系、電気系、車両系、運輸系の系統別に整理し、表2に示す。表2から、火山活動に伴う地殻変動、火山性地震、降灰、火山泥流により、鉄道システムがさまざまな側面で影響を受けることが理解できる。特に降灰は全ての系統に影響を与えている。これは、降灰は他の火山活動に伴う現象に比べて広範囲に影響が及びうるためと考えられる。また降灰のみであれば、鉄道運行が可能な場合もあるため、各系統での被害が顕在化しうることも理由の一つと考えられる。

火山灰による被災の特徴に、乾燥時と湿潤時の性状の違いが挙げられる。乾燥時は電氣的には絶縁性を有し、レール・車輪間の短絡不良の原因となることに対し、湿潤時には導電性を有し、不正短絡や電気回路のショート

表2 国内の火山活動における系統別の被災事例・対策事例の整理

		施設(土木・軌道・建築)	電気(き電・信号通信)	車両	運輸
地殻変動	被災事例	・軌道変位 ・構造物変状	-	-	-
	対策事例	・点検、計測 ・固定警備 ・復旧(現位置/線形変更)	-	-	・目視で安全を確認できる時間帯のみの運行
火山性地震	被災事例	・軌道変位 ・盛土崩壊 ・切土崩壊 ・落石	-	-	-
	対策事例	・復旧	-	-	-
降灰	被災事例	・分岐器転換不良 ・道床バラストの排水不良 ・側溝の埋没 ・レールや締結装置の腐食	・短絡不良 ・不正短絡 ・踏切誤動作 ・漏電	・フロントガラスの汚損 ・可動部の可動性低下・摩耗 ・エンジン不良 ・火山灰乾燥時の摩擦増大 ・火山灰湿潤時のスリップ ・車内環境悪化	・視界不良 ・踏切誤動作
	対策事例	・線路点検 ・進路構成試験の実施 ・降灰検知装置の開発 ・レール清掃	・レール清掃 ・踏切確認車の運行 ・がいしの清掃 ・がいしの耐圧試験	・車両清掃 ・床下装置の密封性の向上 ・床下機器の清掃 ・窓枠の改良計画	・徐行 ・踏切鳴動確認
火山泥流	被災事例	・線路埋没 ・路盤流出 ・盛土流出 ・橋梁流出	・信号線切断	-	-
	対策事例	・点検、計測 ・固定警備 ・復旧(現位置/線形変更)	・復旧(現位置/線形変更)	-	-

の原因となっていた。また、乾燥時にはレール上の火山灰がレール・車輪間の摩擦を増大させ、湿潤時には摩擦を減少させていた。さらに、化学的には火山灰が水に触れると、火山起源の硫黄等が溶出し、溶液が酸性となる場合がある。これについて、火山灰がレールや締結装置のさびを著しく促進させた例⁹⁾や降灰がある地区のがいしピン部(金属部)に腐食があることから、火山灰が金属部品に及ぼす化学的検討を要するとの指摘²⁶⁾もある。

降灰に対しては、各系統での対策事例が確認された。火山灰を機器内部等に入れない対策、付着した火山灰を清掃する対策、降灰による悪影響を他の方法で補う対策と整理できる。

火山泥流等、他の火山災害全般への対策は、運休や避難といったソフト対策と、被災後の復旧であった。復旧については、現位置で復旧がなされている場合と、平面線形や縦断線形を変更して復旧がなされている場合が確認された。一方、火砕流や溶岩流、火山泥流に対してのハード対策を鉄道事業者単独で実施している例はなく、国や自治体が主体となっている^{5) 14)}。

また火山活動が継続する中で、安全を確保しながら運転を行う場合には、構造物の監視、緊急時の連絡体制の確立、保守係員の添乗、緊急時の後退運転方法や避難経路の確保などがなされていた。

4. まとめ

本報告では、わが国における火山活動に関して、鉄道が被災した事例や火山噴火対策についての文献調査を行い、整理した。その結果、過去の火山活動に伴う地盤変位、火山性地震、火山灰降灰、火山泥流等による鉄道の被災事例があることが明らかになった。特に降灰は、施設、電気、車両、運輸の各系統に影響を及ぼし、それぞれで対策がなされていることが確認された。

今後、火山活動が道路、電力等の他のインフラに与える影響を考慮し、火山活動が鉄道に及ぼす影響について検討していく。

文献

- 1) 気象庁：火山噴火予知連絡会による新たな活火山の選定について、平成23年6月7日報道発表資料，2011
- 2) 火山噴火予知連絡会 火山活動評価検討会：中長期的な噴火の可能性の評価について－監視・観測体制の充実等の必要な火山の選定－，16p，2009
- 3) 内閣府(防災担当)，消防庁，国土交通省水管理・国土保全局砂防部，気象庁：火山防災マップ作成指針，2013
- 4) 気象庁：日本活火山総覧(第4版)，1498p，2013
- 5) 中央防災会議災害教訓の継承に関する専門調査会：1926

- 十勝岳噴火報告書，2007
- 6) 小野田滋：「泥流地帯」の線路，日本鉄道施設協会誌，Vol.47，No.6，p.449，2009
- 7) 国土地理院：基盤地図情報サイト，<http://www.gsi.go.jp/kiban/>(参照日：2014年9月10日)
- 8) 日本鉄道施設協会：航空写真判読法の研究委員会報告書，189p，1978
- 9) 本多賢治：有珠山噴火による胆振線の災害，鉄道線路，Vol.25，No.12，pp.643-646，1977
- 10) 北海道旅客鉄道株式会社：有珠山噴火鉄道輸送の挑戦，北海道旅客鉄道株式会社，111p，2001
- 11) 白川秀則・海原卓也：有珠山噴火による鉄道への影響とその対策，日本鉄道施設協会誌，Vol.39，No.1，43-45，2001
- 12) 追川政人・横川和治：浅間山噴火による降灰の分析と電車線設備への影響，鉄道と電気技術，Vol.16，No.6，pp.45-48，2005
- 13) 朝日新聞：浅間山の灰都会にも，2009年2月2日
- 14) 葦書房編：噴火と闘った島原鉄道，葦書房，145p，1998
- 15) 高橋和雄・藤井真：長期化・大規模化した雲仙普賢岳の火山災害における道路・鉄道の被害と復旧，土木学会論文集 No.567/VI-35，pp.1-17，1997
- 16) 熊谷良雄・須藤茂：大都市における火山灰災害の影響予測評価に関する研究，平成15年度運輸分野における基礎的研究推進制度研究成果報告書，2004
- 17) 今道雅晴：島原鉄道災害復旧報告－雲仙，普賢岳噴火災害－，日本鉄道施設協会誌，Vol.35，No.5，pp.362-364，1997
- 18) 読売新聞：降灰で宮崎便欠航 新燃岳噴火 JR・高速道にも影響，2011年1月28日
- 19) 宮崎県危機管理局：新燃岳の噴火・降灰に伴う被害および影響について，霧島火山防災連絡会コアメンバー会議 第1回，資料11，2011
- 20) 井口智裕：新燃岳噴火の鉄道電気設備への影響とその対応，鉄道と電気技術，Vol.22，No.9，pp.33-37，2011
- 21) 九州鉄道管理局(編)：大正三年桜島噴火記事(1980年復刻版，西村書店，327p)，1914
- 22) 内倉恵文・佐々木健之：降灰検知装置で事故防止，第25回鉄道電気テクニカルフォーラム論文集，pp.271-272，2012
- 23) 新井浩一・雨倉孝之・金田英章・上野裕久・矢野弘子：火山降灰と電気機関車の電位，鉄道技術研究資料，Vol.41，No.4，p.145，1984
- 24) 日経産業新聞：九州新幹線「さくら」出発へ，2011年3月2日
- 25) 西日本新聞：九州新幹線3・13開業，2004年3月11日
- 26) 中村隼人：桜島降灰が及ぼす電車線がいしへの電氣的影響の検討，第26回鉄道電気テクニカルフォーラム論文集，pp.101-104，2013