

鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防計画

平成27年3月

鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防計画検討委員会

はじめに

本計画は、火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン（平成 19 年 4 月国土交通省砂防部）に基づき、鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防計画検討委員会（委員長：弘前大学農学生命科学部 檜垣大助 教授）による検討を経て作成されたものです。

鳥海山は、秋田県と山形県の県境に位置し、その美しい山容から出羽富士、秋田富士としても親しまれ、地域に豊かな恵みをもたらす一方で、有史以来、数多くの噴火記録を有し、様々な災害をもたらしてきた活火山です。

特に今から約 1100 年前の西暦 869 年（貞観 11 年）の貞観地震後に発生した噴火では、大規模な被害の記録が残されており、また、近年では西暦 1974 年（昭和 49 年）に小規模な融雪型火山泥流を伴う噴火が発生しています。

これに対し、秋田県・山形県は、昭和 62 年に火山砂防基本計画の検討に着手して以来、ハード及びソフト対策計画の検討を続け、砂防施設の整備を進める一方、平成 13 年に火山防災マップを公表、その後平成 18 年に改訂版火山防災マップを公表する等、積極的に火山防災対策を進めています。

しかしながら、噴火に伴う土砂移動現象の規模は一般に大きく、平常時から設置されるハード対策施設のみで十分な効果を確保することが困難であること等から、噴火発生時には、関係機関が連携して効果的な減災対策を実施することが必要と認識し、鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防計画をとりまとめたものです。

今後は本計画に基づき関係機関で調整を図りつつ、平常時から行う準備事項を実行していく必要があり、鳥海山の火山防災は各関係機関が火山防災力を高めて噴火に備えていく方針です。

平成 27 年 3 月

鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防計画検討委員会

本計画書は、平成 27 年 3 月現在での火山活動、噴火履歴、また砂防設備整備状況等を踏まえ作成したものです。今後、火山についての新しい知見や砂防設備の進捗状況を踏まえ、定期的に見直していく必要があります。

目 次

1. 鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防計画の基本理念	1
1.1 鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防計画の目的.....	1
1.2 鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防計画の位置づけ.....	5
2. 想定される影響範囲と被害	7
2.1 鳥海山の概要	7
2.2 鳥海山で想定される噴火シナリオ	28
2.3 想定される被害の把握.....	38
3. 火山噴火緊急減災対策砂防計画の方針	74
3.1 火山噴火緊急減災対策砂防計画の内容.....	74
3.2 対象とする噴火シナリオのケースの抽出	74
3.3 対策方針の前提条件の検討	75
3.4 対策方針の設定.....	84
4. 緊急対策タイムライン	85
4.1 緊急ハード対策タイムライン.....	86
4.2 緊急ソフト対策タイムライン.....	105
4.3 火山噴火時の緊急調査.....	117
4.4 緊急対策タイムラインのまとめ.....	122
5. 平常時からの準備事項	123
5.1 対策に必要なとなる諸手続・土地利用.....	123
5.2 平常時における検討事項.....	124
5.3 緊急減災ハード対策に必要な資機材の備蓄.....	125
5.4 関係機関との連携事項.....	127
5.5 火山防災の周知・啓発.....	129

基本事項編

1. 鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防計画の基本理念

1.1 鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防計画の目的

鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防は、いつどこで起こるか予測が難しい火山噴火に伴い発生する土砂災害に対して、ハード対策とソフト対策からなる緊急対策を迅速かつ効果的に実施し、被害をできる限り軽減（減災）することにより、安心して安全な地域づくりに寄与することを目的としています。

1.1.1 鳥海山の概要

鳥海山は、秋田・山形県境に位置する東西約 20km、南北約 15km、最高標高 2,236m の活火山です。地形的には、出羽山地西方を占め、日本海まで張り出す形で庄内平野の北端に位置しています。

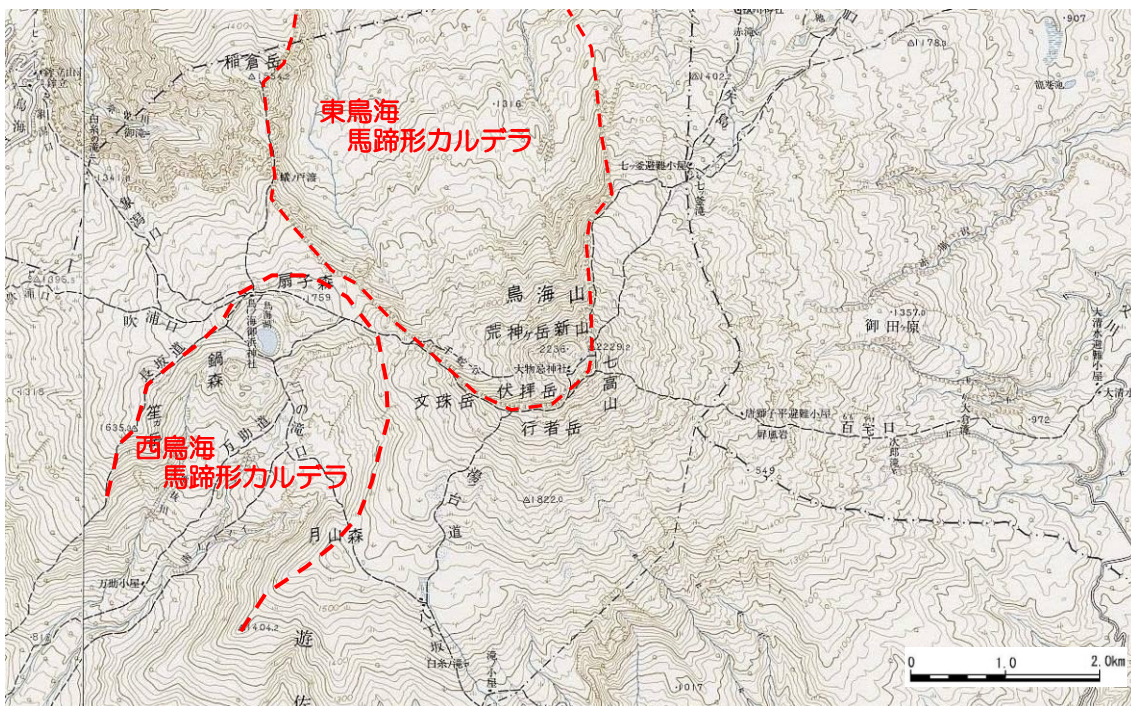
複合火山である鳥海山は、大きく西部（西鳥海）と東部（東鳥海）に分けられます。

「東鳥海」は秋田県側に開いた東鳥海馬蹄形カルデラから東方の火山群であり、最高峰の新山（標高 2236m）、荒神ヶ岳等の中央火口丘と七高山、行者岳、伏拝岳、文珠岳等の外輪山より成ります。「西鳥海」は山形県側に開いた西鳥海馬蹄形カルデラから西方を指し、扇子森、鍋森等の中央火口丘と月山森、笹ガ岳等の外輪山を有します。

鳥海山は大規模な被害をもたらした西暦 869 年（貞観 11 年）の噴火をはじめ、数多くの噴火記録が残されています。また、鳥海山は第四紀に急速に積み上がった火山地形に起因して山体は脆弱であり侵食に弱い特徴を有します。このため火山活動の静穏期においても河川の荒廃が著しくなっています。

このため、鳥海山を源頭とする奈曾川・白雪川・子吉川・月光川・日向川水系の各支川においては、秋田県・山形県により砂防事業が行われ、ハード対策等による土砂災害軽減への努力が続けられています。

火山噴火に対する備えとしては、平成 2 年度に策定された「鳥海山火山砂防基本計画（案）」、平成 7 年度に策定された「降雨対応火山砂防基本計画」に基づくハード・ソフト両面からの対策を実施しているところです。



カルデラの位置は、「鳥海火山（中野俊，1993）地質ニュース466号，6-17ページ」による

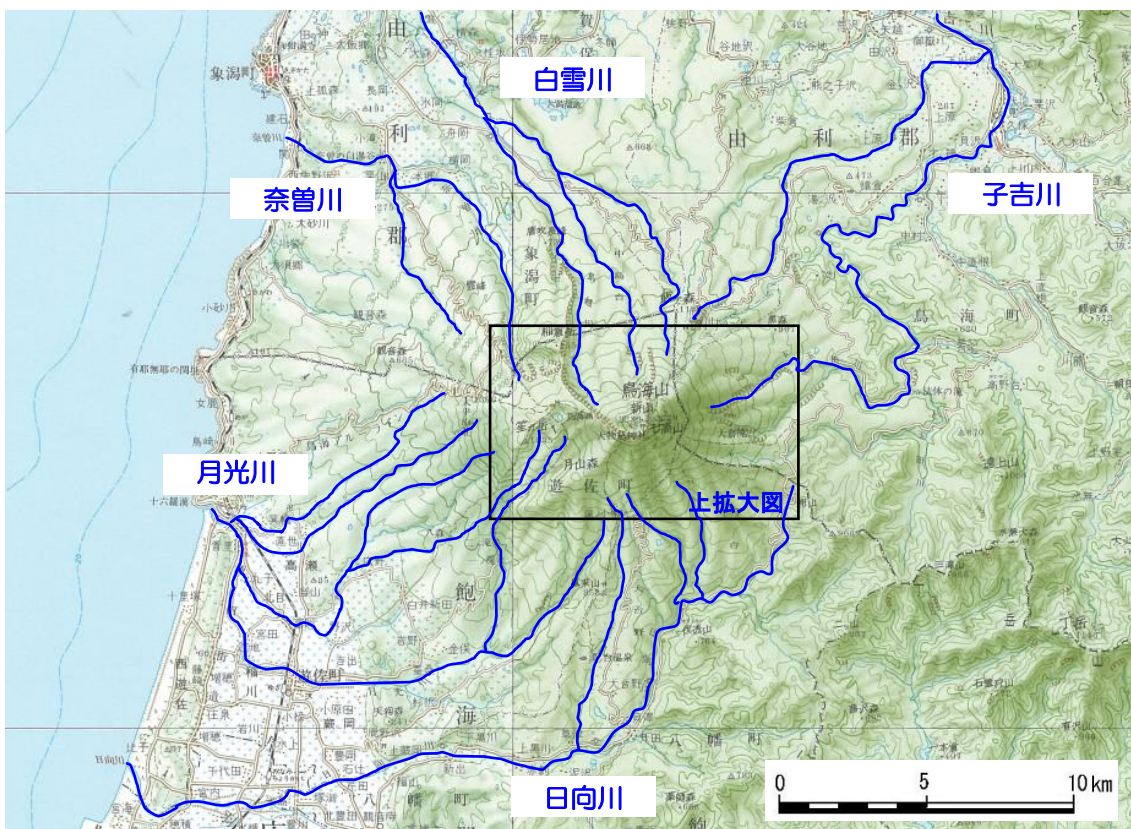


図 1-1 鳥海山の地形

1.1.2 鳥海山の緊急減災対策砂防の必要性・目的

鳥海山では、鳥海山火山砂防基本計画（案）（平成3年3月）及び鳥海山火山防災マップ（平成18年3月）に基づいて、順次ハード・ソフト両面の対策を講じておりますが、火山活動が、いつ活発化するか予想することは困難な状況です。

基本計画に基づく施設整備途中段階で鳥海山が噴火した場合、限られた時間で可能な限り整備レベルを向上させる必要があります、そのためには事前からあらゆるケースを想定した緊急減災対策のメニューを検討しておく必要があります。

そのため、火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン（平成19年4月国土交通省砂防部）に則り、鳥海山の噴火に伴い発生する土砂災害に対して、ハード対策とソフト対策からなる緊急対策を迅速かつ効果的に実施し、被害をできる限り軽減（減災）することにより、安心して安全な地域づくりに寄与することを目的に策定するものです。

この計画は災害に関する経験と対策の積み重ね等により随時見直されるべき性格のものであり、随時修正を加えていくこととしています。

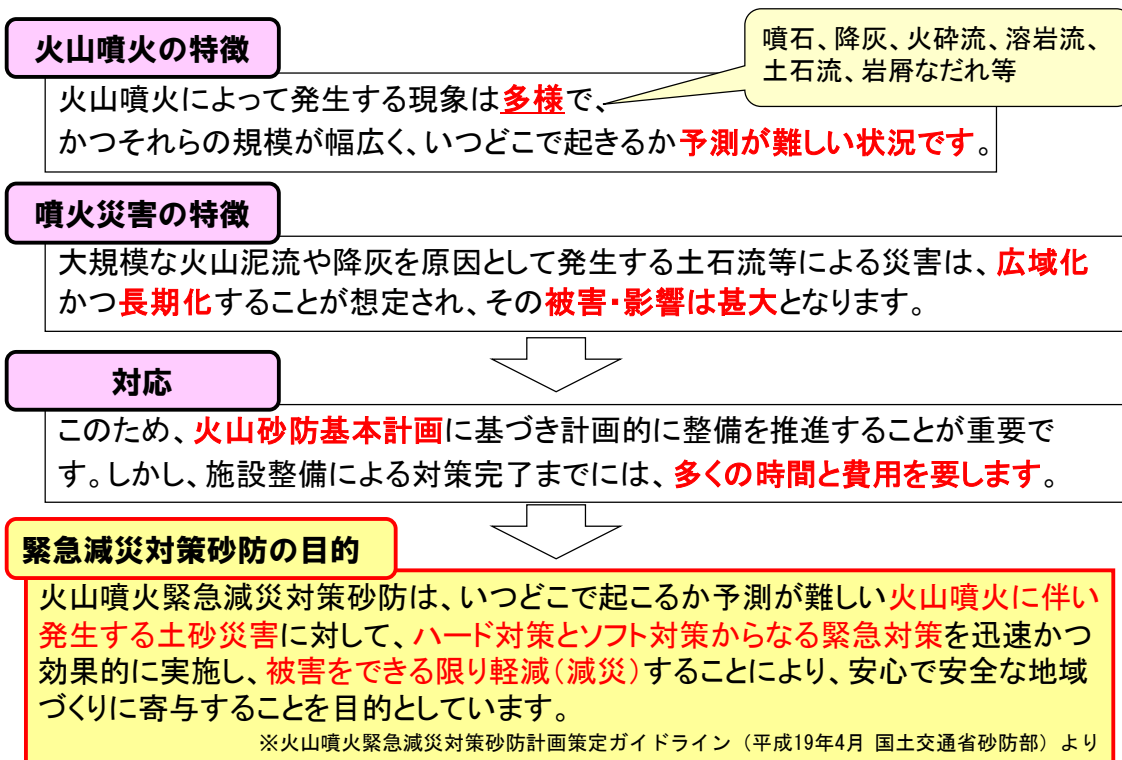


図 1-2 火山噴火緊急減災対策砂防計画の目的

火山噴火緊急減災対策砂防の内容は、「緊急時に実施する対策」と「平常時からの準備事項」からなります。

「緊急時に実施する対策」とは、火山活動が活発化し、被害が発生するおそれがあると判断された時点から噴火終息までの期間において、緊急的に実施する対策をいいます。

「平常時からの準備事項」とは、「緊急時に実施する対策」を迅速かつ効果的に実施して被害軽減の効果をより高めていくため、噴火の発生前からあらかじめ行っておく準備事項をいいます。

鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防の主な内容は、次のとおりです。

[緊急時に実施する対策]

- ・ 緊急ハード対策施設の施工（除石、遊砂地・導流堤の施工 など）
- ・ 火山監視機器の緊急整備
- ・ リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定
- ・ 緊急調査

[平常時からの準備事項]

- ・ 緊急支援資機材の備蓄
- ・ 情報通信網の整備（平常時からの情報交換など）
- ・ 噴火シナリオ、被害想定、計画の更新

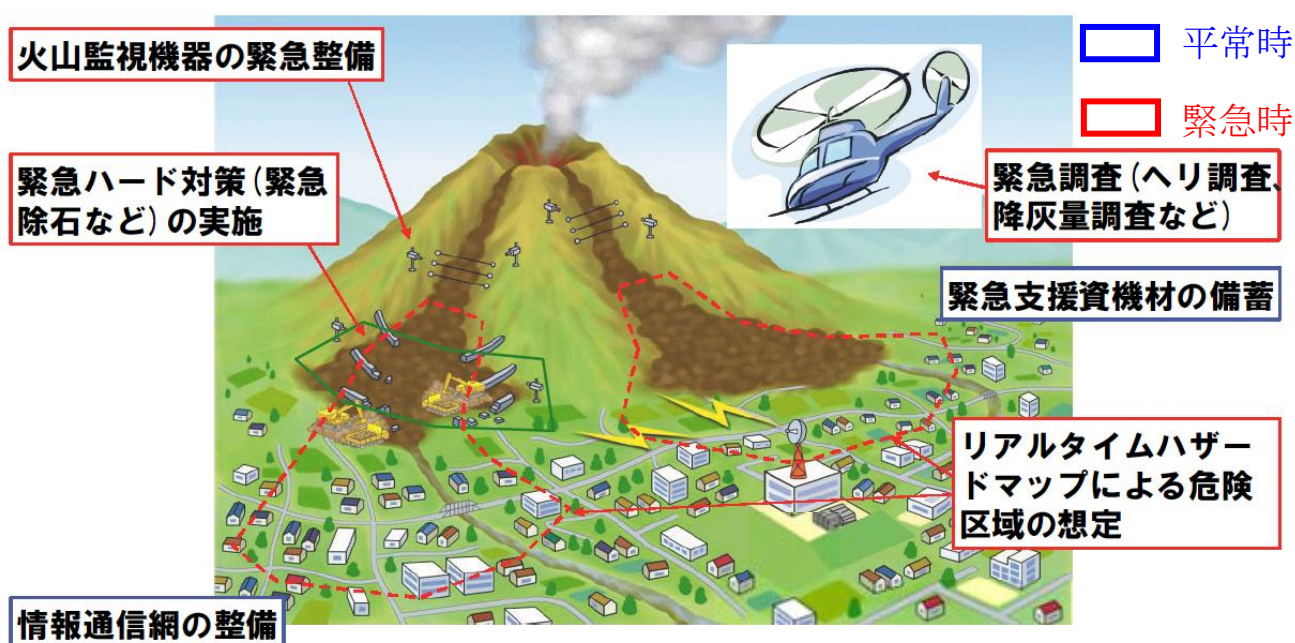


図 1-3 火山噴火緊急減災対策砂防のイメージ

1.2 鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防計画の位置づけ

火山噴火時の防災対策は、関係省庁および地方公共団体により行われる総合的な対策であり、火山噴火緊急減災対策砂防は、火山活動の推移に対応して行われる各機関の防災対策と連携をとりつつ、適切な対策を行うことをいいます。

火山噴火時の防災対策は、火山活動状況の監視・観測と情報提供、住民避難や立入禁止等による人命の保護、社会資本や住宅等の被害の防止・軽減対策の実施等、関係機関が連携して実施するものです（図 1-4）。

また、火山噴火時には、各関係機関において、火山災害による被害を出来る限り軽減（減災）するための様々な火山防災対策を実施することとなりますが、その中で砂防部局が実施する対策をとりまとめた計画です。今後、平常時から行う準備事項について、順次、関係機関と調整を図りつつ進めていくこととなりますが、鳥海山の火山防災は砂防部局の取り組みのみで為し得るものでなく、併せて各関係機関とともに総合的な火山防災力が高められていくことが重要です。

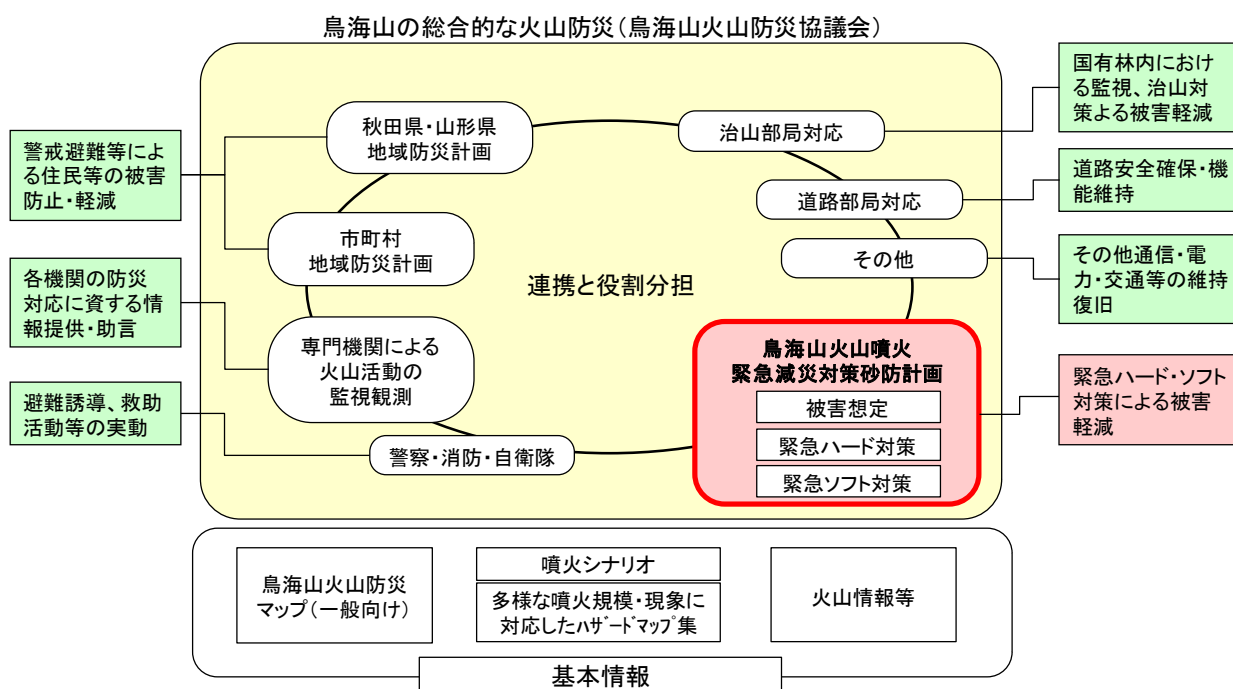


図 1-4 緊急減災対策砂防計画と火山防災対策の関係

表 1-1 各機関が噴火時に実施する火山防災対策

関係機関名	火山噴火時の役割
気象庁仙台管区气象台 火山監視・情報センター 秋田地方气象台・山形地方气象台	火山監視、火山およびその他気象に関する警報
秋田県火山災害対策協議会(仮称) 山形県火山災害対策連絡会議 秋田県・山形県防災担当部局	関係機関への情報伝達・調整、連絡会議の開催、警戒区域の助言、復旧復興
由利本荘市、にかほ市、 酒田市、遊佐町	避難勧告・指示、避難所の準備、住民対応
陸上自衛隊第6師団・第9師団	災害時の支援
県警本部、消防本部	避難誘導、通行規制
林野庁東北森林管理局庄内森林管理 署・由利森林管理署	治山事業
国土交通省秋田河川国道事務所・酒田 河川国道事務所、秋田県・山形県(道路)	通行規制・輸送支援
土木研究所、国土技術総合研究所 大学等研究機関	緊急減災対策砂防実施のための技術支援、火山活動の解説、各種対策の助言など
国土地理院	地殻変動の監視観測、地形情報の提供など
東北電力(株)等	通行規制、ライフラインの管理
秋田県・山形県(砂防)	緊急減災対策砂防 (ハード・ソフト対策、平常時準備)
国土交通省東北地方整備局	緊急減災対策砂防(緊急調査・対策支援)

2. 想定される影響範囲と被害

2.1 鳥海山の概要

2.1.1 地形地質

鳥海火山は出羽山地西方を占め、日本海まで張り出す形で庄内平野の北端に位置しています。高点は2,236mに達し、東北地方では福島県のひうちがたけ燧ヶ岳に続く第2の高峰です。

山体は溶岩流を主体とした第四紀後半の複合成層火山でできており、山体表面の90%以上が溶岩で覆われています。山体の大きさは東西約20km、南北約15kmで日本でも有数の規模を誇る火山であり、円錐形の山容から出羽富士とも呼ばれています。

複合火山である鳥海山は、おおまかに西部（西鳥海）と東部（東鳥海）に分けることができます。「西鳥海」は南方の山形県側に開いた西鳥海馬蹄形カルデラから西方を指し、同様に「東鳥海」は北方の秋田県側に開いた東鳥海馬蹄形カルデラから東方を指します。

これらは火山の形成史を反映したもので西鳥海の方が先に形成され、それに付加する形で東鳥海が形成されたと考えられています。

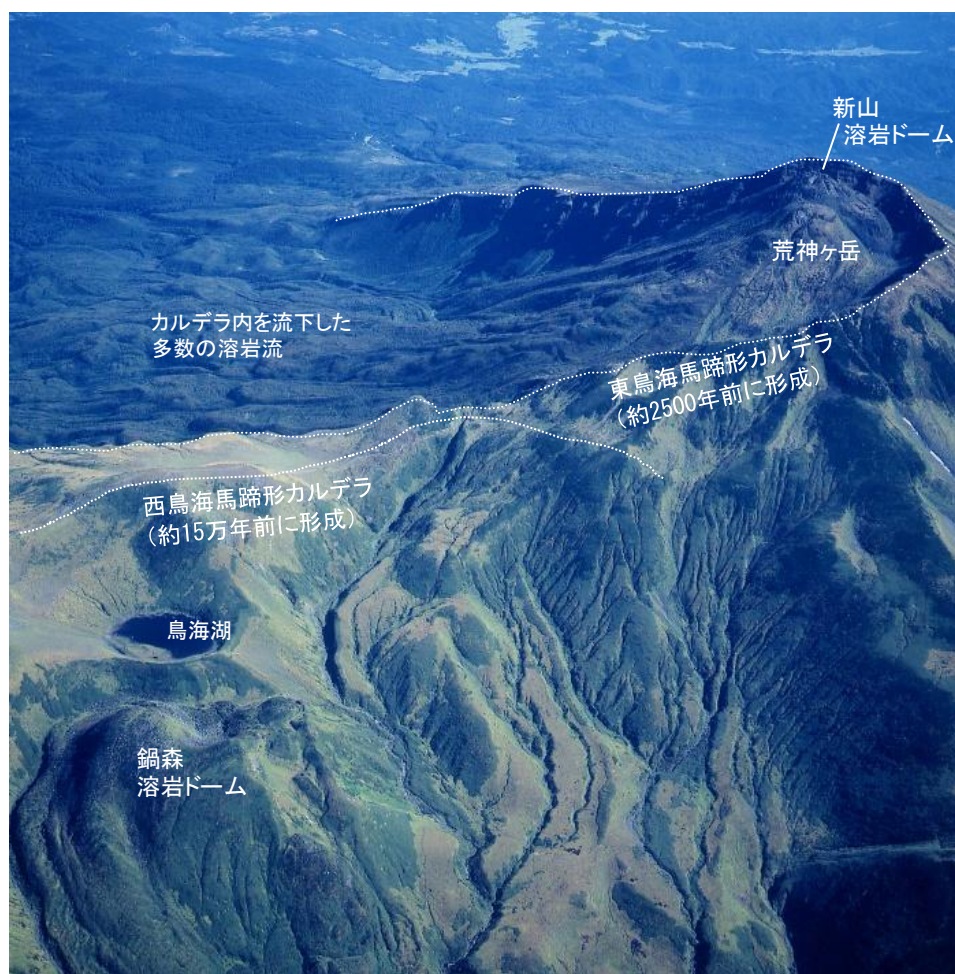


図 2-1 鳥海山の山頂付近にみられる東鳥海馬蹄形カルデラ

2.1.2 鳥海山の形成史

鳥海山の活動は、今から約60万年前に火山活動を開始し、何千回もの噴火を繰り返して少しずつ成長してきた活火山です。

下図にもあるように現在まで継続的に噴火活動が続いていたわけではなく、途中で何度か噴火のない期間（休止期）をはさみながら成長してきました。現在は、第3活動期と呼ばれる時期にあたり、数百～数十年に1回程度の割合いで噴火をしており、最も新しい噴火は1974(昭和49)年の小規模な噴火です。

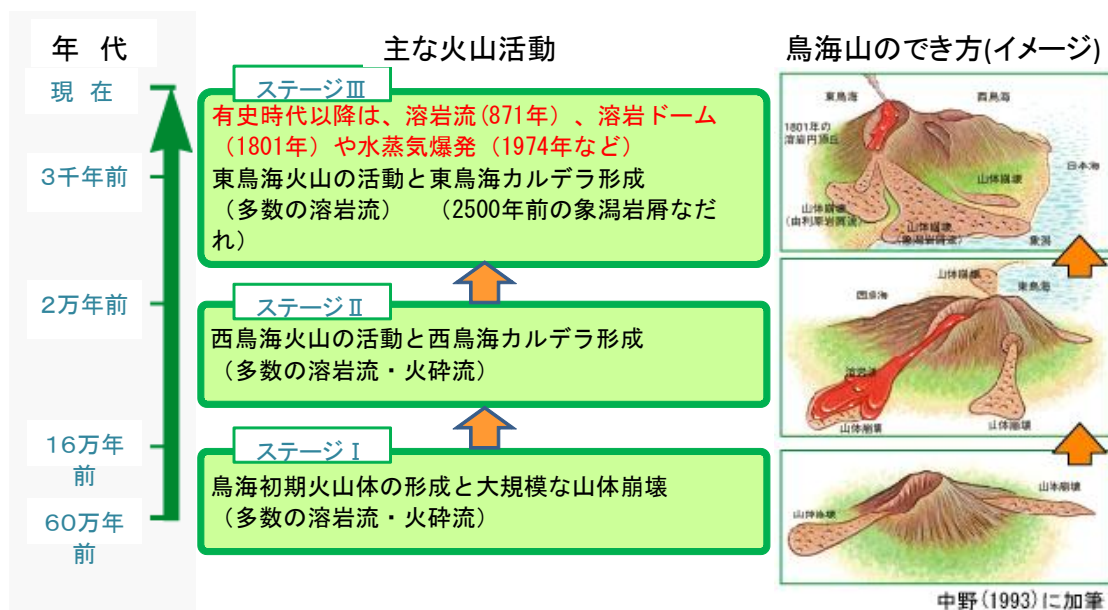
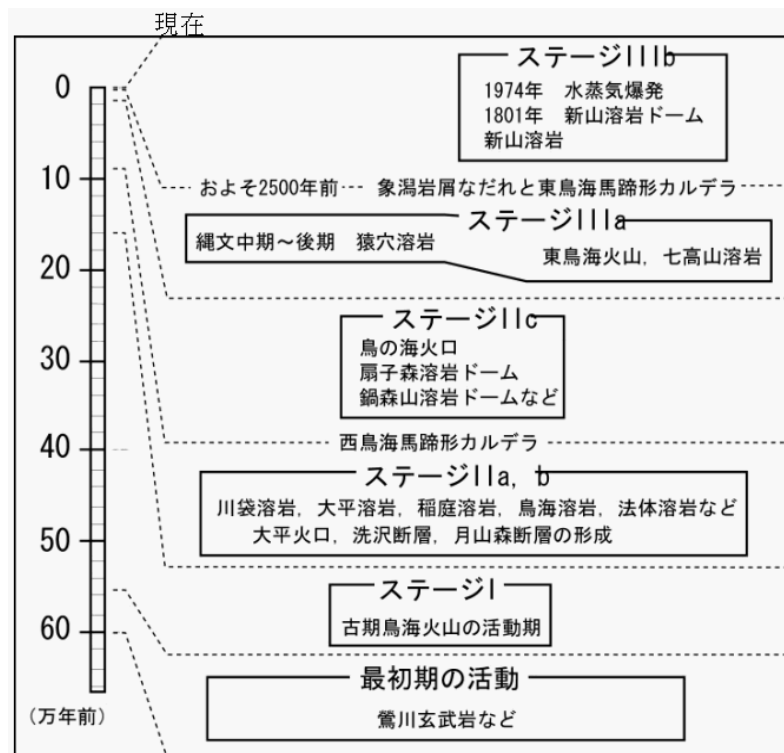


図 2-2 鳥海山の形成史 (林、1999 による)

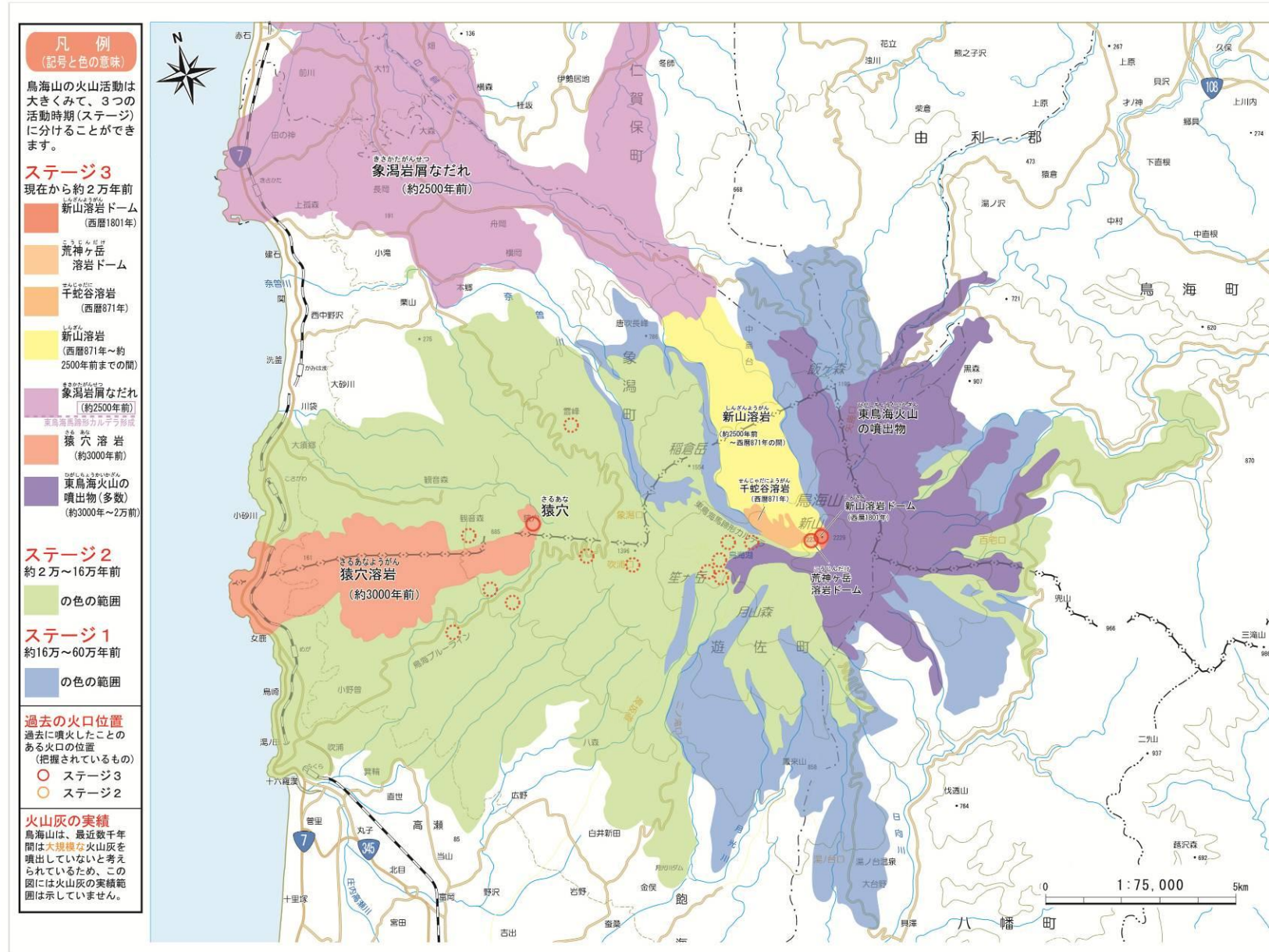


図 2-3 鳥海山火山地質図と火口分布

出典：林(1984) 鳥海火山の地質

林ほか(2006) 鳥海山の完新世噴火史と火山災害

2.1.3 有史以前の活動

前節に示した活動のうち、鳥海山の有史以前の火山活動および土砂移動実績を整理すると鳥海山の火山活動は、火山体の形成史上大きく3つの時期(ステージ)に区分されており、簡略化すると下記のような形成過程を経たと考えられています。

鳥海火山の活動に伴う土砂移動は溶岩流・火砕流・岩屑なだれが主体で、特にその大半は溶岩流の噴出となっており、鳥海火山の表面は90%が溶岩流に覆われ、日本の火山の中でも際だった特徴となっています。

火山活動の第1期 (ステージⅠ)

体積47km³に達する巨大な古期成層火山体が形成され、山頂は標高2,000m程度にまで達していたと考えられ、この時の山体は現在、標高1,600m以上には全く残されてなく、山体崩壊によって失われたものと考えられます。南北の山麓部で見られる古い岩屑なだれ堆積物はこの時期に堆積した可能性があります。

火山活動の第2期 (ステージⅡ)

西鳥海火山の活動は法体溶岩流の流出などで特徴づけられ、噴出中心は広範囲に分散していますが、東西14kmのほぼ直線上に並ぶ傾向が認められます。この時期、噴出物量総は22km³に達し、東西性の正断層群の活動が起きました。その後、山体崩壊により西鳥海馬蹄形カルデラが形成され、その内部に中央火口丘群が形成されました。

火山活動の第3期 (ステージⅢ)

東鳥海山の活動は噴出物は主として溶岩流からなりますが、初期には小規模な火砕流や由利原岩屑なだれなどの堆積もおこった可能性があります。その後、現在の山頂を中心として成層火山体が形成されましたが、約2500年前には大規模な山体崩壊が発生し、山頂の北側に東鳥海馬蹄形カルデラが形成されました。このとき発生した岩屑なだれは、鳥海山の北西側山麓(象潟方面)に広く堆積し、多数の流れ山を形成しています。東鳥海馬蹄形カルデラ内は、その後流出した溶岩流によってかなり埋められ、1801年には噴火(享和噴火)によって新山溶岩ドームが形成されました。

2.1.4 有史以降の活動

鳥海山の有史以後の噴火記録は6世紀後半から多くの記述が古記録に見られます。これらについて、昭和63年度の調査で鳥海山の噴火史年表である大森(1918)・今村(1921)・松岡(1974)・植木(1981)と照合し記録の信憑性について再検討した結果、次表の11回の噴火記録についてはその信憑性が高いものと判断しました。

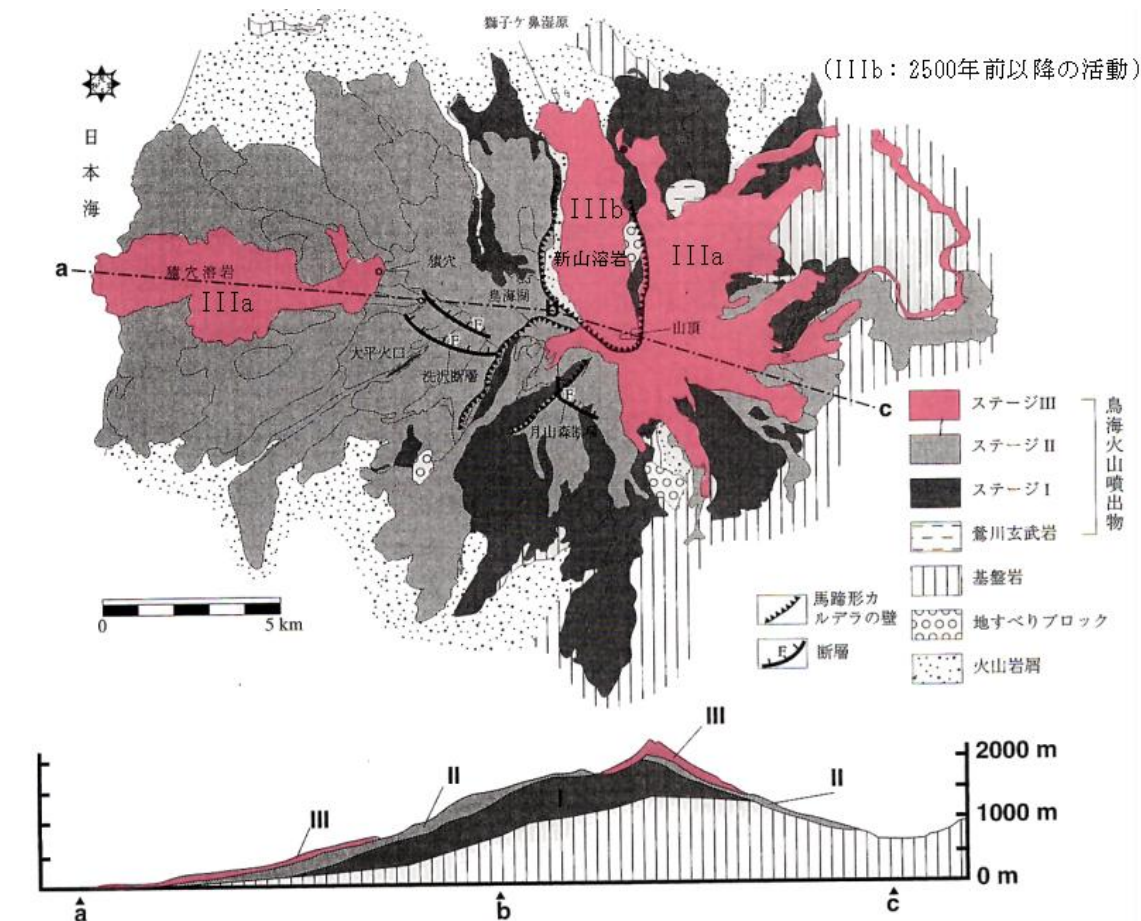


図 2-4 鳥海火山の概略地質図および断面図 (林, 1999)

表 2-1 信憑性が高いと考えられる古記録による鳥海山噴火活動史

噴火期間	略称	噴火活動の概略	原 資 料
①810-823年 ②839 ③871	弘仁噴火 承和噴火 貞観噴火	噴火 噴火 噴火・新火口丘形成 (荒神ヶ岳火口丘?)	三代実録、続日本後期実話 続日本紀 三代実録
④915	延嘉噴火	噴火・降灰?	扶桑略紀、鳥海山噴火および 地震記録
⑤939 ⑥1560 ⑦1659-1663? ⑧1740-1741?	天慶噴火 文祿噴火 万治噴火 元文噴火	噴火 噴煙活動 噴火 噴火	本朝世紀 直根旧記 仁賀保旧記 出羽風土略記、矢島旧記、大 泉叢誌ほか
⑨1800-1804	享和噴火	噴火・新山の形成・ 泥流発生・死者8名	鳥海山炎灯、矢島旧記、小滝 旧記、震災予防調査会報他多 滝沢八郎兵衛日記、小滝旧記
⑩1821	文政噴火	噴火	矢島旧記ほか
⑪1974	昭和噴火	噴火・小規模泥流	鳥海山1974年の火山活動ほか

(火山防災マップ検討資料より引用)

鳥海山の噴火記録により、活動状況の詳細を推定できる記録はさらに少ないものの、近世の後半に入ってから記録はで絵図等も含めた豊富な資料によって噴火位置・噴出物の分布範囲・噴火活動の経過など、噴火の状況が復元できるものが多くなっています。各噴火に共通な現象は、噴火の起こる場所がほとんどは東鳥海馬蹄形カルデラ内の山頂部付近に限られる点、弱い噴気あるいは噴煙の出現によって始まった活動が、数日～数ヶ月後に爆発的噴火に至るといふ点です（日本火山学会編，1989）。また1740年、1800～1804年、1974年の活動では山頂部に東西に連なる火口群が出現していますが、マグマ物質の噴出が確認されたのは1800～1804年の活動だけです（日本火山学会編，1989）。

以上から、記録資料の多い最近5回の噴火について、噴火状況の詳細を整理しました。

①昭和噴火（1974年3～4月）：最も新しい噴火である昭和噴火（1974年3～4月）は、新山溶岩ドーム（現在の山頂：別名、亨和岳）を通る東西性の割れ目上に並んだ火口で起こった水蒸気爆発でした。ただし、一時的に鶏冠型噴煙が観測されていることからマグマ水蒸気噴火が発生した可能性も指摘されています。噴火が積雪期に起こったため、火山噴出物が積雪を融かして小規模な火山泥流が発生しました。

火山泥流は1974年3月3日、新山の東斜面で噴煙がはじめて確認（目撃）されたのち、同年3月6日、白雪川最上流部の赤川ではじめて発生し、幅100m、距離3kmにわたって流下しました。また、同年3月14～18日には6日と同じ流路を約500m流下する火山泥流が発生しました。さらに、同年4月24日には、今度は白雪川支流の鳥越川（千蛇川）で火山泥流が発生し、3kmほど流下しました。同年5月には荒神岳および新山から、噴煙活動と直接には対応しない小規模な泥流も発生し、2km弱の区間を流下しました。

昭和噴火で発生した火山泥流の体積は、 $3 \times 10^4 \text{m}^3$ 融雪から計算された放出熱エネルギーは $2.6 \times 10^{21} \text{erg}$ 以上と見積もられています（宇井，1975）。したがってこの時の噴火は、規模としては非常に小さいものといえます。白雪川下流部では火山泥流の流下後、河川水の濁りが認められたものの、火山泥流などが到達することはなく、直接的な被害はほとんどありませんでした。



図 2-5 噴火時の噴煙の様子
(1974/4/24 撮影)



図 2-6 噴煙と発生した小規模な泥流
(1974/4/24 撮影)

※写真はいずれも「鳥海山 1974年の火山活動(山形県消防防災課)」より引用

②**文政噴火（1821年5月）**：昭和噴火と同様、新山溶岩ドームを通り東西方向に延びる割れ目からの水蒸気爆発が起きました。この噴火では火口が七高山の東鳥海馬蹄形カルデラ外側斜面にも生じている点が特徴です。約二週間にわたって降灰があったことがわかっているものの、被害状況は不明です。

③**亨和噴火（1801年）**：昭和噴火・文政噴火と同様、東西方向に延びる割れ目からの水蒸気爆発がおこりました。1800年12月の弱い噴気に始まった活動は1801年に入り激しくなり、同年7月には最も激しい噴火活動となりました。この時には様子を見に行った11名のうち8名が噴石により命を落としています。噴火によってもたらされた火山灰の体積は $1.25 \times 10^5 \text{m}^3$ 、噴出した溶岩ドームの体積は $9.0 \times 10^5 \text{m}^3$ （林, 1984）、全体の噴出量は約 $1.025 \times 10^6 \text{m}^3$ と推定されています。

亨和噴火に関しては信頼できる資料も数多く残されており、噴火の経緯や規模をかなり正確に復元することが可能です。初期の段階では、1801年2月13日に始まった鳥海山の噴煙活動がひとたび穏やかになる4月までの間に、火山灰の降灰により山麓で河川が濁ったり、小規模な泥流が発生したりしました。そして同年7月4日火山活動が再び激しくなり、翌々の7月6日正午頃に、やや大きな規模の噴火が起こり溶岩が噴出して新山溶岩ドームが形成されました。その一週間後の7月15日に、大雨のため白雪川で大規模な二次的な火山泥流（＝降灰後の土石流）が発生しました。

この時の流下物は氾濫しながら河口にまで達し、約30haの田畑に被害を及ぼしました。また、流れ込んだ土砂のために港は使用できなくなり、河川水の汚濁によって飲料水に事欠くという被害も生じました。火山災害の面からみると亨和大噴火は、マグマ物質を噴出する活動が消雪の進んだ7月を中心に起こったので、融雪による火山泥流は発生しなかったもので、その後の集中豪雨によって大規模な土石流と泥流が発生したのが特徴です。

④**元文噴火（1740～1741年）**：火山灰・火山弾の放出があったものの、溶岩流の発生はなかったとみられます。白雪川に硫黄化合物が流れ込み農作物に被害を与えたほか、この後、4～5年間白雪川に魚類の姿がみられなくなりました。白雪川の河口でも海藻が無くなったといわれています。

⑤**万治噴火（1659～1663）**：小規模な噴煙が生じたと考えられますが、溶岩流の発生はなかったとみられます。白雪川、赤石川流域で強酸性水の混入により稲作に被害が発生しました。

以上にまとめた近世の5つの噴火の概略を下表に示します。

表 2-2 鳥海山の主な噴火災害の記録

	万治噴火 1659-1663	元文噴火 1740-1741?	享和噴火 1801	文政噴火 1821	昭和噴火 1974
相対規模	小	中	大	小	小
火口位置	?	新山?	新山	新山	新山
噴火様式	?	水蒸気爆発 ?	マグマ噴火 溶岩ドーム	水蒸気爆発	水蒸気爆発 ※ ⁴ (マグマ)
災害現象	?(酸性水)	?(酸性水)	泥流(火口 噴出?) 噴石	?	融雪型泥流
噴出物量	?	?	10 ⁶ m ³	?	10 ⁴ m ³
主要被害	稲作被害※ ¹	魚・農作物 に被害※ ²	噴石で死者 8名・田畑 30ha被害※ ³ 泥流が発生	?	濁水・小規模 泥流発生

(〔相対規模〕は、有史以降の噴火における相対的な噴火規模を示している。)

※1 歳代記・仁賀保旧記より(姉崎岩蔵著「鳥海山史」1952 収録)

※2 出羽風土略記より(飽海郡誌, 1922、山形県史蹟名勝天然記念物調査報告, 1924-1941 収録)

※3 飽海郡石辻村阿部政吉氏の「鳥海山噴火由来」より(震災予防調査會報第52号中島理学士報文、大森房吉「日本噴火史」1916 収録)

※4 1974年の噴火様式は、正確にはマグマ水蒸気爆発である(加納・宇井談話)。

2.1.5 近年の地見等

(1) 有史時代の溶岩流出について

従来は、1801(享和元)年の噴火(新山の形成)が有史以降最大規模の噴火と考えられていますが、現行火山防災マップ(平成18年公表)を作成した頃に、林らの調査で、いくつかの新しい知見が得られてきました。

林らは、鳥海山の過去数千年間の噴出物の調査および古文書に残された噴火記録の検討を行い、その過程で信憑性の高い古記録である史書「三代実録」の貞観十三年五月十六日条の噴火記録に対応する可能性のある灰色粘土質火山灰を発見しました。

また、以下のような鳥海山の過去2500年間の噴火の概要をとりまとめています。

1) 10000～2500年前の主な活動の場は現在の山頂付近。この他に東部の猿穴から噴出した猿穴溶岩はおよそ3000年前の活動と推定。この間1.5～2.5km³の溶岩を噴出しています。

特に猿穴から流出した溶岩は0.65km³もあり鳥海山の溶岩の中では最大級の規模と考えられます。

2) およそ2500年前に、山頂部が北に向かって崩壊し東鳥海馬蹄形カルデラが形成(加藤, 1977; 光谷, 未公表データ)。この時発生した岩屑なだれ堆積物は北西に向かって流下し一部は日本海に到達しました。

3) 2500年前からおよそ1200年前までの活動は、東鳥海馬蹄形カルデラ内に山頂付近からの大量(約8km³)の溶岩流の噴出(林, 1984; 林・宇井, 1992)と水蒸気爆発あるいはマグマ水蒸気爆発による粘土質火山灰の降下。915年には、鳥海山一帯に十和田a火山灰が降下しました。

4) 過去1200年間の歴史記録に残る8回の噴火のほとんどは水蒸気爆発あるいはマグマ水蒸気爆発で、1801年の溶岩ドームの形成は歴史記録に残る唯一の溶岩噴出事件(植木, 1981; 宇井・柴橋, 1975)。

5) 1974(昭和49)年には(マグマ)水蒸気爆発を起こし、小規模な泥流と降下火山灰が発生しました。



図 2-7 鳥海山東斜面に流出した溶岩流(ステージ IIIa : 約 2 万～3000 年前)

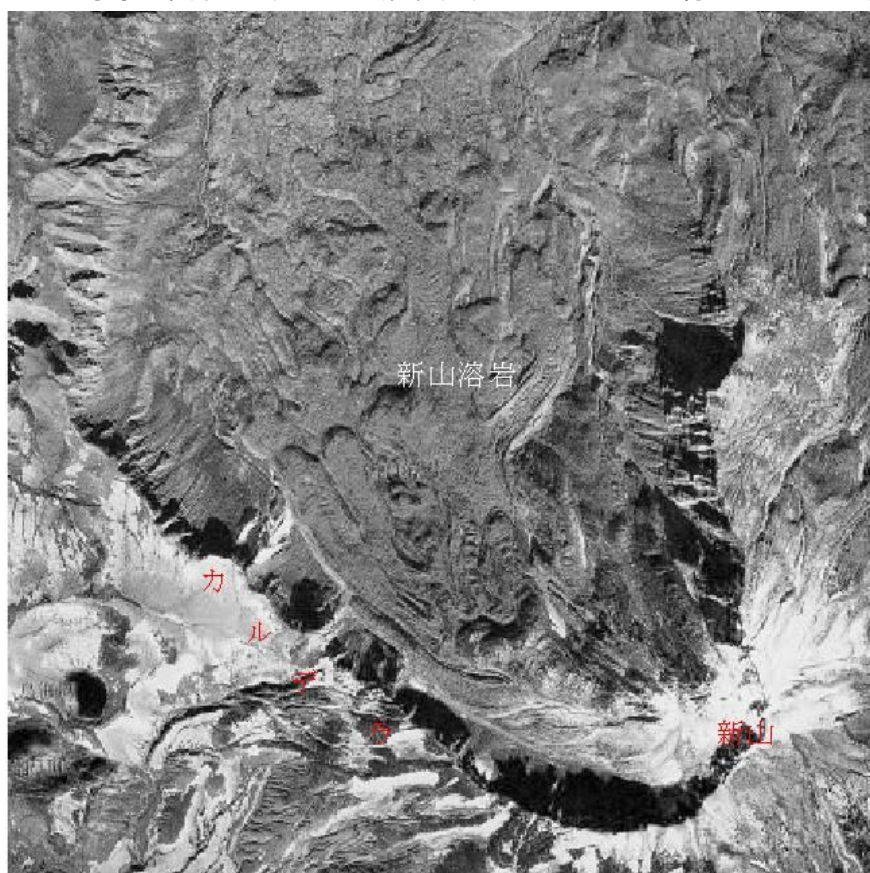


図 2-8 鳥海山東斜面に流出した溶岩流(ステージ IIIa : 約 2 万～3000 年前)
写真はいずれも「空から見る日本の火山(荒牧ほか)」から引用。

また、以下に三代実録（貞観十三(871年)年五月十六日条）の記述を示します。

『出羽国司言。從三位勲五等大物忌神社在飽海郡山上。巖石壁立。人跡稀至。夏冬戴雪。秃無草木。去四月八日山上有火。燒土石。又有声如雷。自山所出之河。泥水〔さんずいに乏〕溢。其色青黒。死氣充滿。人不堪聞。死魚多浮。擁塞不流。有兩大蛇。長各十許丈。相連流出。入於海口。小蛇隋隨者不知其數。縁河苗稼流損者多。或浮濁水。草木死朽而不生。聞于古老。未嘗有如此之異。但弘仁年中山中見火。其後不幾。有事兵役。決之著龜。並云。彼國名神因所禱未賽。又家墓骸骨汗其山水。由是發怒燒山。到此災異。若不鎮謝。可有兵役。是日下知國宰。賽宿禱。去舊骸。并行鎮謝之法焉』

この記述は、林・毛利(2002)により、次のように解釈されました。

『去四月八日山上有火。燒土石。又有声如雷』：山頂部で噴火があったことを示すもの。『燒土石』は地熱活動により噴気地帯の形成あるいは噴石の発生か。

『有声如雷』は爆発的噴火活動があったことを示すもの。

『自山所出之河。泥水〔さんずいに乏〕溢』：泥流の発生か。「河が泥水であふれた」という記述から、山頂部で大量の泥流が発生したことが推定できる。

『有兩大蛇（虫へんに也）。長各十許丈。相連流出』：蛇に例えられる火山現象としては、溶岩流と泥流があげられる。大きな流れが2本、後続する流れは複数であったらしい。山頂部から発する干蛇谷には相並んだ2本の大きな溶岩流とその上位に重なる(すなわち後から噴出した)比較的小さい溶岩流が数枚観察できる。これらの形態はこの記述と良く対応する。



図 2-9 三代実録で「兩頭大蛇」と形容された可能性のある溶岩流
(林研究室提供)

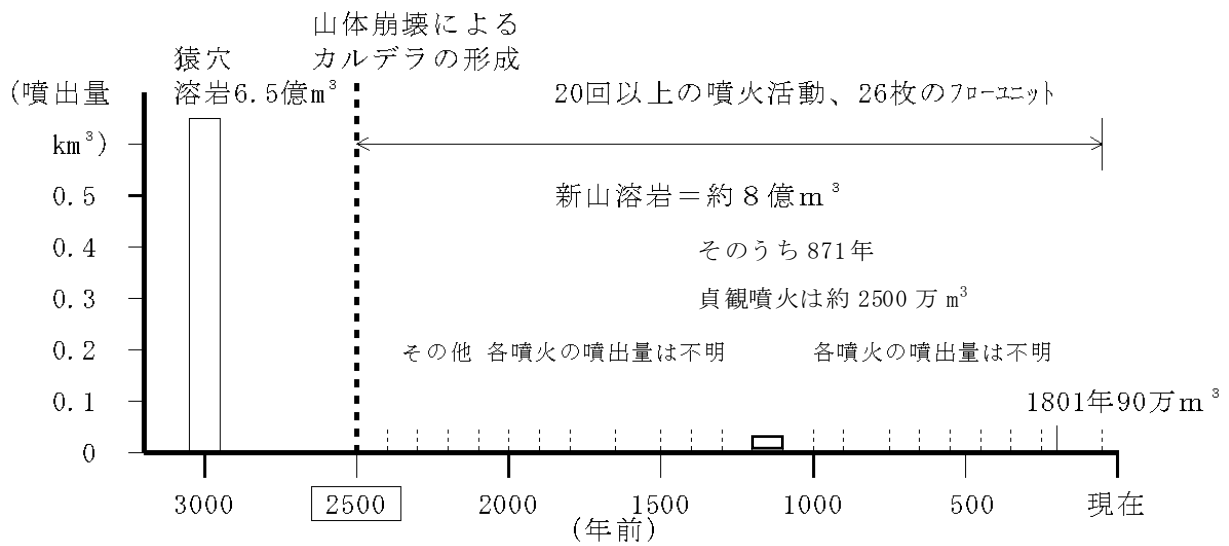
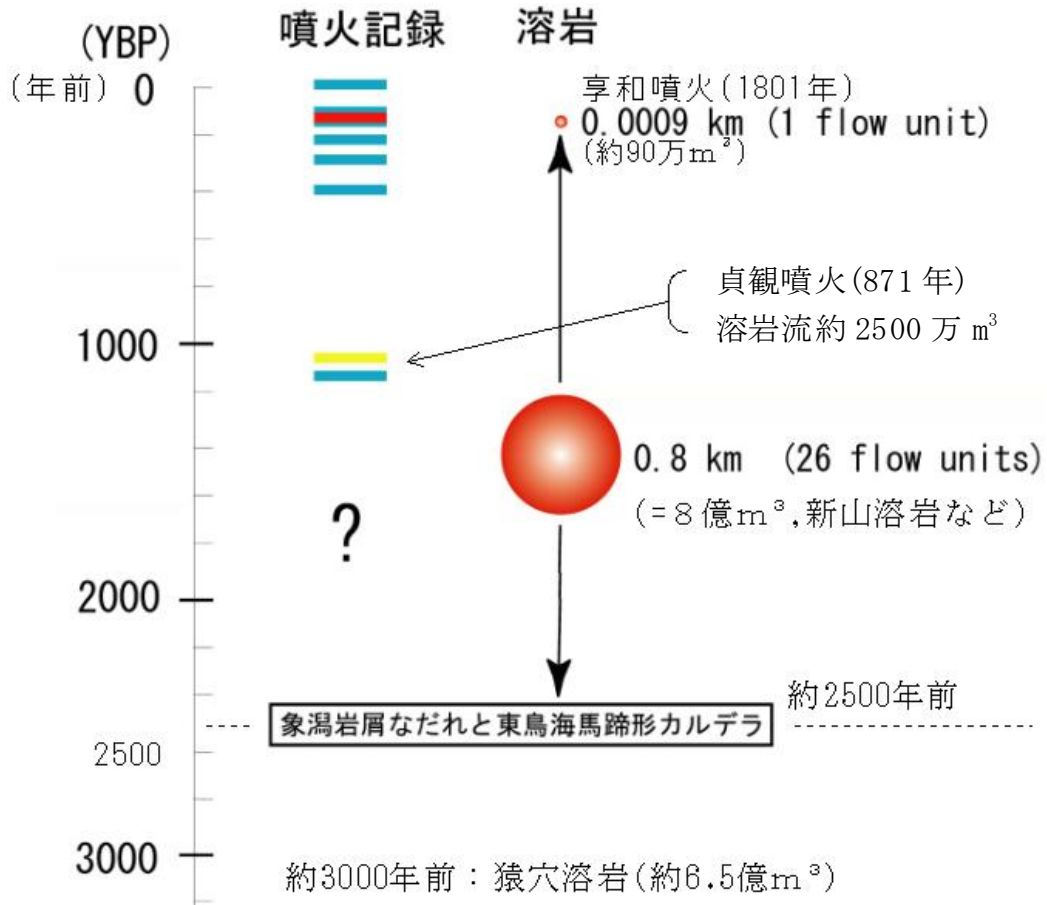


図 2-10 鳥海山の過去約 3000 年前以降の噴火活動イメージ

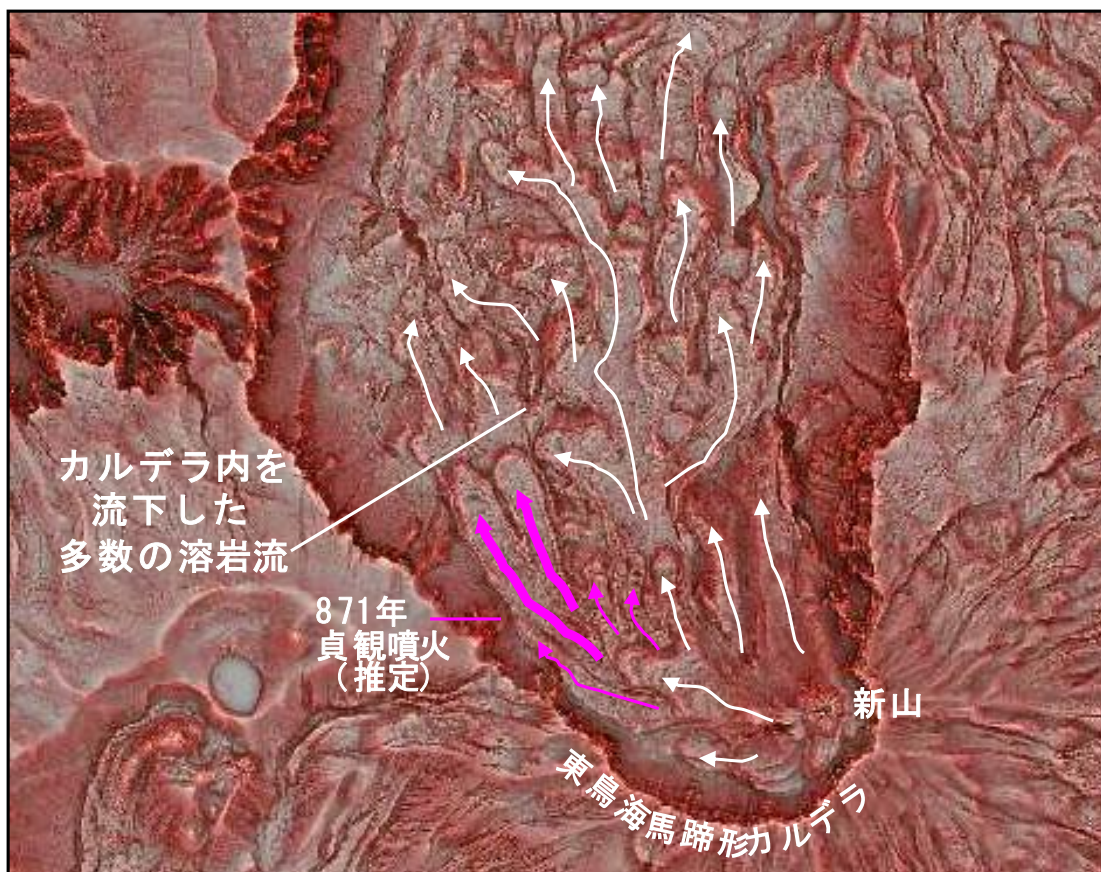


図 2-11 赤色立体地図を基図にしたカルデラ内の溶岩流分布状況

(2) 1999年～2000年に山頂付近で発生した極小規模な噴泥について（林, 2000資料）

1999年～2000年にかけて、鳥海山山頂部で極小規模な噴泥が発生しました。噴泥地点は大物忌神社の東およそ100mの地点（標高2150m）で、両年ともほぼ同じ場所で噴泥の痕跡が確認されています。

噴泥は残雪の上にみられ、噴出口周辺数mの範囲が泥（褐色にみえる部分）によって汚れていました。噴出した泥は雪渓上に薄く広がり、噴出口から1m地点で3mmほどしかありません。薄く広がった泥のほかに泥のスプッター（しぶきの跡）も見られました。

ただし、これらの現象は雪渓がなければ気づかれないほどの極小規模な現象であることや、これ以外に火山性の異常現象が確認されていないことから、（類似現象が継続的に発生していくかの注視は必要であるものの）火山活動の活発化していくことはないと考えられます。

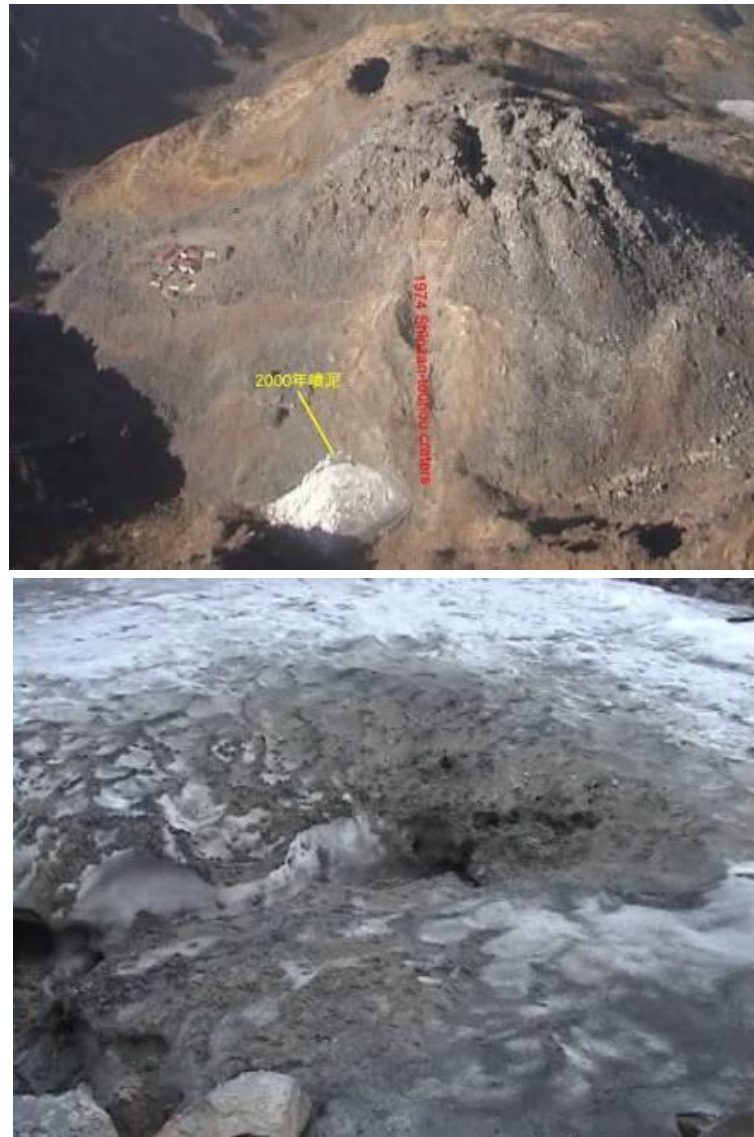


図 2-12 1999 年～2000 年に山頂付近で発生した極小規模な噴泥
(林, 2000 資料より)

(3) その他火山灰の調査（研究中）について

また、林によれば、過去数千年に鳥海山から噴出した火山灰（テフラ）が新たに発見されており研究を進めているところですが、近年さらに新しい露頭が確認されるなど鳥海山由来のテフラに関する情報が得られつつあります。これらのテフラの噴出年代が推定できれば、鳥海山の噴出頻度に関する詳細データが得られることにつながるといえます。

詳細はまだ研究途上であり、今後もテフラ層の特徴や噴出量見積りのためのデータを取得する予定です。

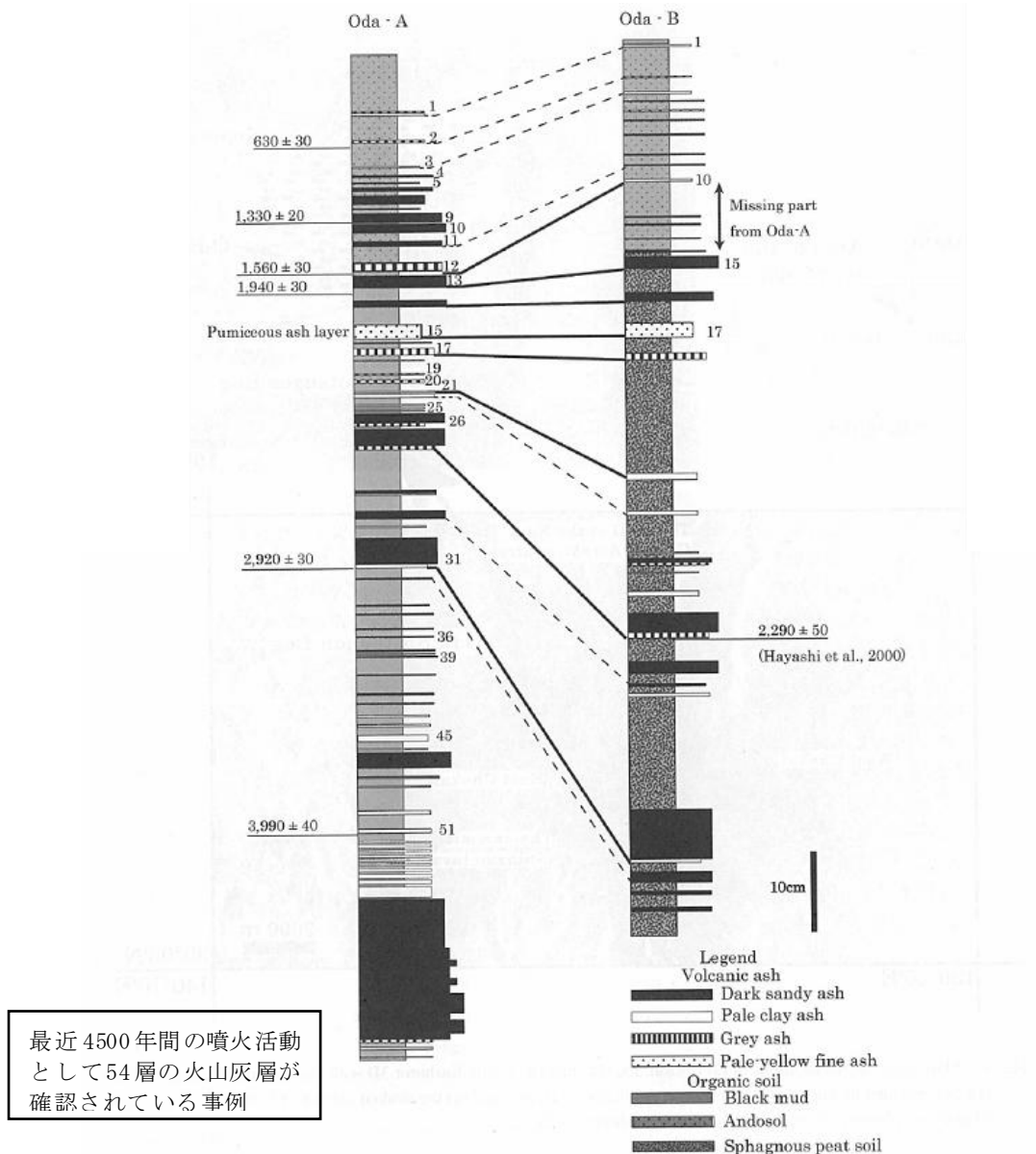


Fig. 2. Stratigraphic columns and correlation of ash layers at Oda bog. Results of the ^{14}C dates on the left of the Oda A column are fully described in Table 1. Solid lines represent confident correlations of distinct ash layers. Dashed lines are correlation lines for other layers. Column width of each ash layer roughly indicates relative grain-size.

図 2-13 鳥海山に由来したテフラの露頭柱状図例（大場ら 2012 より）

(4) 噴火の発生地点

既往研究において示されているステージⅡ～Ⅲにおける既往火口位置を下図に示します。ステージⅡでは東西に伸びる山体の尾根部に広く分布していますが、ステージⅢからは猿穴での噴火を最後に全て東鳥海馬蹄形カルデラ近傍で発生しています。

想定する火口位置は、このような過去の噴火における火口分布を参考に設定することが合理的であると考えられます。



図 2-14 鳥海火山の火口位置とその配列(宇井,1972、林,1984 など)

(5) 現在の火山活動

気象庁では、全国の活火山を対象に、地図や図表等を用いて火山活動の状況等を詳細に取りまとめた「火山活動解説資料」を、毎月上旬または必要に応じ適時発表しています。

これによると、鳥海山は静穏な状態が続いており、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は認められないとされています。

火山活動解説資料（平成 27 年 1 月）

鳥海山の火山活動解説資料（平成 27 年 1 月）

仙台管区気象台
火山監視・情報センター

火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められません。
平成 19 年 12 月 1 日に噴火予報（平常）を発表しました。その後、予報事項に変更はありません。

○ 活動概況

- ・噴気など表面現象の状況（図 1）
上郷に設置してある遠望カメラによる観測では、噴気は認められませんでした。
- ・地震や微動の発生状況（図 2）
火山性地震及び火山性微動は観測されませんでした。
- ・地殻変動の状況（図 3、図 5）
火山活動による考えられる変化は認められませんでした。

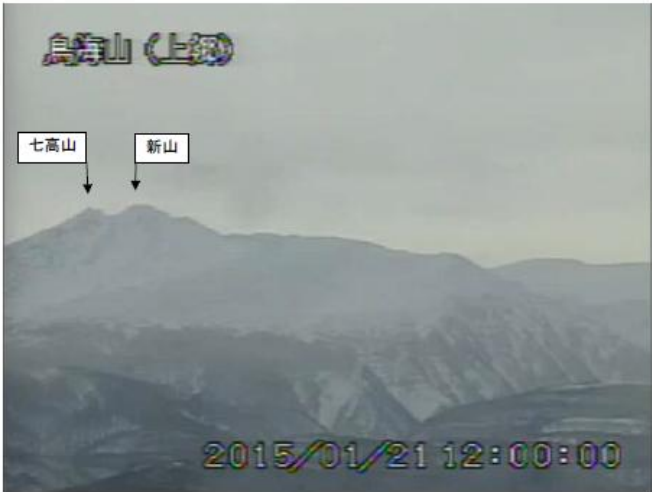


図 1 鳥海山 山頂周辺の状況（1月21日）
上郷（山頂の北西約 10km）に設置してある遠望カメラの映像です。

この火山活動解説資料は、仙台管区気象台のホームページ（<http://www.jma-net.go.jp/sendai/>）や、気象庁ホームページ（<http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/volcano.html>）でも閲覧することができます。次回の火山活動解説資料（平成27年2月分）は平成27年3月9日に発表する予定です。この資料は気象庁のほか、国土地理院、東北大学のデータを利用して作成しています。本資料中の地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の「数値地図50mメッシュ（標高）」を使用しています（承認番号 平26情使、第578号）

- 1 - 鳥海山

図 2-15 鳥海山の火山活動解説資料抜粋（平成 27 年 1 月）

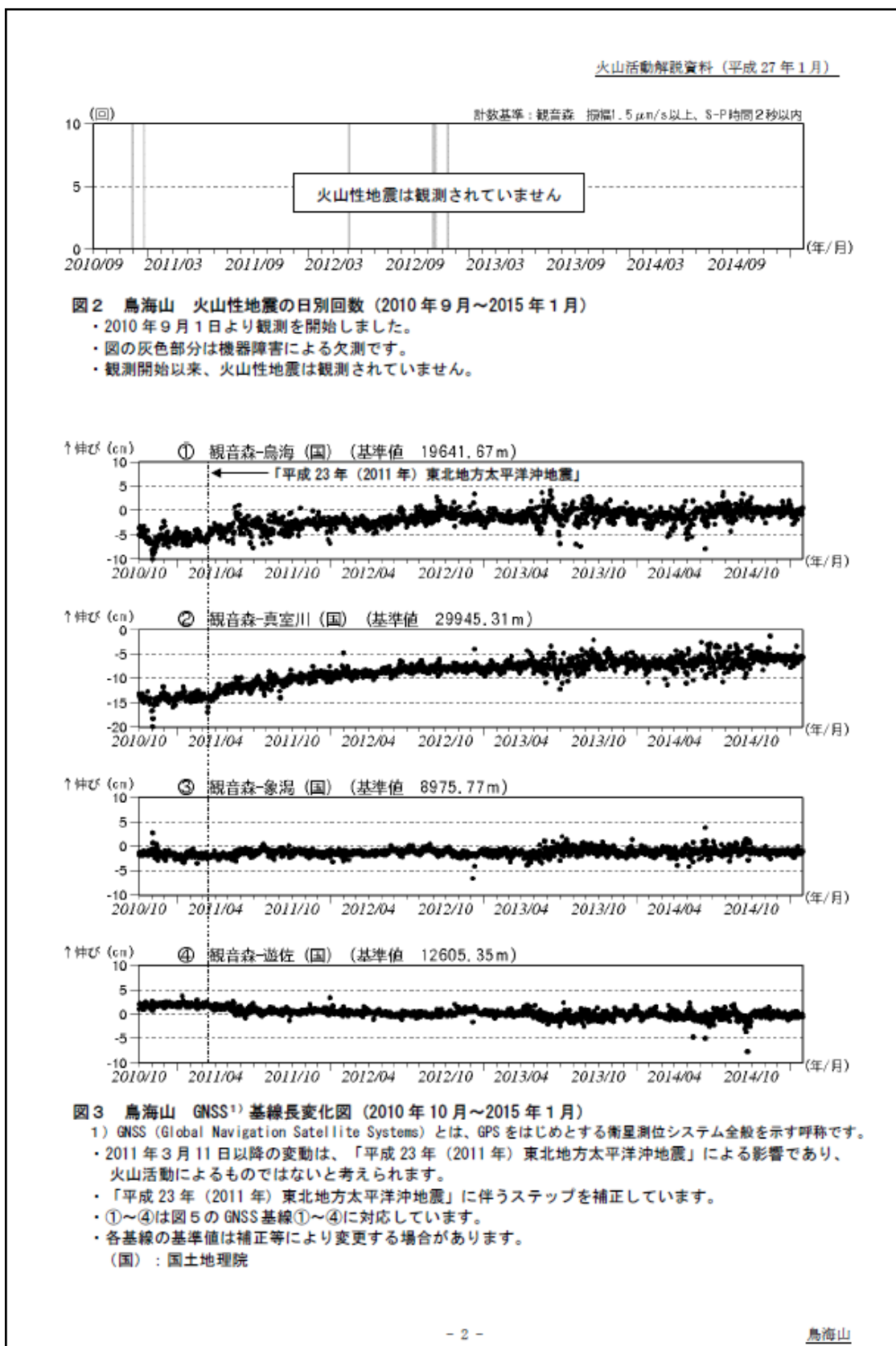


図 2-16 鳥海山の火山性地震及び GPS 基線長変化
(火山活動解説資料、平成 27 年 1 月より)

2.1.6 鳥海山の火山活動の特徴

鳥海山の火山活動史により、代表的な噴火を規模別に整理すると、鳥海山の火山活動の特徴は次のように整理できます（表 2-3）。

●火口位置

現在のステージⅢでは火口は山頂～猿穴火口の範囲内に分布する。猿穴火口以外は全て山頂、東鳥海馬蹄形カルデラ周辺で発生している。

●噴火規模

比較的規模の大きなマグマ噴火～小規模な水蒸気爆発が発生している。水蒸気爆発の場合は、1974年噴火の規模（ 10^5m^3 ）程度、マグマ水蒸気爆発の場合は1801年噴火の規模（ 10^6m^3 ）程度、マグマ噴火の場合は871年噴火の規模（ 10^7m^3 ）程度。

●発生現象

マグマ噴火や水蒸気爆発に伴う噴石や火山灰の放出、およびこれらの現象に起因する土砂移動現象（融雪型火山泥流や降灰後の土石流）。火口噴出型泥流の発生も考えられる。

規模が大きくなる場合は溶岩流の流出や溶岩ドームの形成の可能性が大。

表 2-3 鳥海山の代表的な噴火事例の整理

- ◆今から約70万年前に火山活動を開始。現在までに大きく3つの活動期に分類できる。
 - ・ステージⅠ（70～16万年前）は初期火山体の形成と大規模な山体崩壊
 - ・ステージⅡ（～2万年前）は西鳥海火山の活動と西鳥海カルデラの形成
 - ・ステージⅢ（～現在）は東鳥海火山の活動（溶岩流の流出）と東鳥海カルデラの形成が特徴。火砕流や大規模なテフラは発生していない。
- ◆稜線沿いに火口列が東西方向に存在。山頂域には約2500年前に形成された東鳥海馬蹄形カルデラが北側に開いて存在。このカルデラ形成以降は、カルデラ内での噴火活動が主体。
- ◆溶岩流の流出が特徴で、東鳥海馬蹄形カルデラの形成後もカルデラ内の山頂付近から総量8億 m^3 以上の溶岩流を流出。
- ◆1801（享和元）年に $1 \times 10^6\text{m}^3$ 規模（約350万 m^3 ）の噴火発生。噴石や降灰、山頂域に溶岩ドーム（新山）を形成。山麓域は泥水による被害あり。
- ◆1974（昭和49）年3月に $1 \times 10^5\text{m}^3$ 規模（約10万 m^3 ）の噴火発生。火山灰の噴出が主体。積雪時期であったため、微小規模の融雪型火山泥流が発生したが山麓域への影響はなし。
- ◆その他：過去数千年間の噴火頻度や噴出量については、秋田大学の研究により、現行火山防災マップ（平成18年公表）作成時よりも詳細な火山学的データが得られつつある。近年は火砕流の痕跡も発見されている。

2.1.7 鳥海山の噴火警戒レベル






鳥海山では噴火警戒レベルが未運用であり、今後導入に向けて気象庁、関係自治体において調整中となっています。噴火警戒レベルの一般的な考え方は以下のとおりとなっています。

【噴火警戒レベル】

噴火警戒レベルとは、火山活動の状況を噴火時等の危険範囲や必要な防災対応を踏まえて5段階に区分したものです。住民や登山者・入山者等に必要な防災対応が分かりやすいように、各区分にそれぞれ「避難」「避難準備」「入山規制」「火口周辺規制」「平常」のキーワードをつけて警戒を呼びかける。噴火警戒レベルは噴火警報及び噴火予報で発表されます。

現在、30火山において、噴火警戒レベルが運用されています。

表 2-4 噴火警戒レベルの説明

種別	名称	対象範囲	レベルとキーワード		説明		
					火山活動の状況	住民等の行動	登山者・入山者への対応
特別 警報	噴火警報 (居住地域)	居住地域 及び それより 火口側	レベル5 避難		居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生、あるいは切迫している状態にある。	危険な居住地域からの避難等が必要(状況に応じて対象地域や方法を判断)。	
	又は 噴火警報		レベル4 避難準備		居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生すると予想される(可能性が高まってきている)。	警戒が必要な居住地域での避難の準備、災害時要援護者の避難等が必要(状況に応じて対象地域を判断)。	
警報	噴火警報 (火口周辺)	火口から 居住地域 近くまで	レベル3 入山規制		居住地域の近くまで重大な影響を及ぼす(この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ)噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	通常の生活(今後の火山活動の推移に注意。入山規制)。状況に応じて災害時要援護者の避難準備等。	登山禁止・入山規制等、危険な地域への立入規制等(状況に応じて規制範囲を判断)。
	又は 火口周辺警報	火口周辺	レベル2 火口周辺 規制		火口周辺に影響を及ぼす(この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ)噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	通常の生活。	火口周辺への立入規制等(状況に応じて火口周辺の規制範囲を判断)。
予報	噴火予報	火口内等	レベル1 平常		火山活動は静穏。火山活動の状態によって、火口内で火山灰の噴出等が見られる(この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ)。	通常の生活。	特になし(状況に応じて火口内への立入規制等)。

2.2 鳥海山で想定される噴火シナリオ

2.2.1 噴火シナリオとは

「火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドライン（平成 19 年 4 月国土交通省砂防部）」によると『噴火シナリオ』とは、対象火山において発生することが想定されている現象とその規模およびそれらの推移を時系列にまとめたものです。

噴火シナリオでは、火山性地震の多発などの前兆現象の発生から、噴火開始後の火砕流・溶岩流などの現象の発生、噴火の終息までの流れを、時系列に整理します。

また、想定しうる噴火規模と段階に対応して複数の現象の推移が考えられ、それらがある推移段階で分岐する可能性がある場合には、分岐図（イベントツリー）として示します。

ここでは、対象火山で想定される全ての噴火の推移を示したものを噴火シナリオと呼び、このうち、ある一つの噴火の推移を取り出したものを噴火シナリオの「ケース」と呼ぶこととします。また、この噴火シナリオのケースの中で、ある段階の状況を取り出したものを噴火シナリオの「場面」と呼ぶこととします。

火山噴火緊急減災対策砂防計画では、噴火シナリオをもとに、噴火シナリオの各場面が必要となる実施事項の検討を行い、緊急対策タイムラインとしてまとめます。

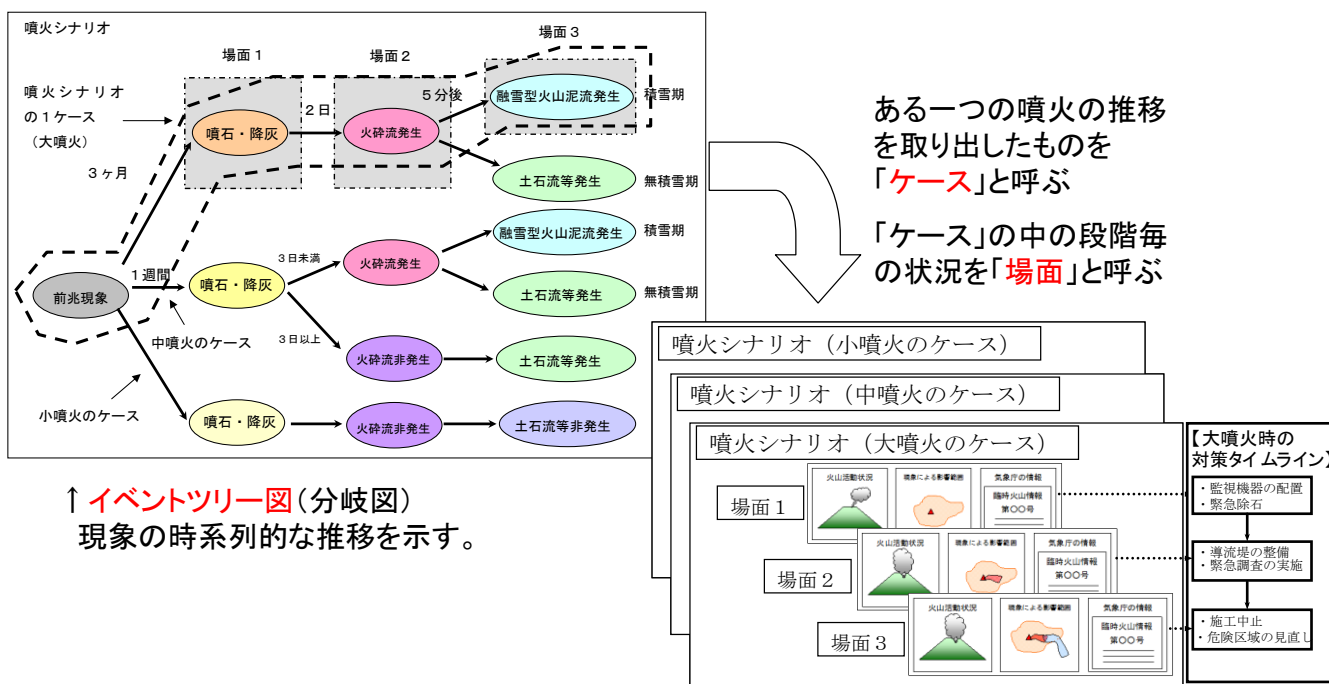


図 2-17 「噴火シナリオ」と「ケース」及び「タイムライン」のイメージ

2.2.2 想定する噴火規模

ステージⅢの活動実績に基づく鳥海山の噴火の特徴により、噴火シナリオで想定する噴火規模は、次の3規模とします。

- 小規模：水蒸気爆発（例：1974年噴火）
- 中規模：マグマ噴火（例：1801年噴火）
- 大規模：マグマ噴火（例：871年噴火）

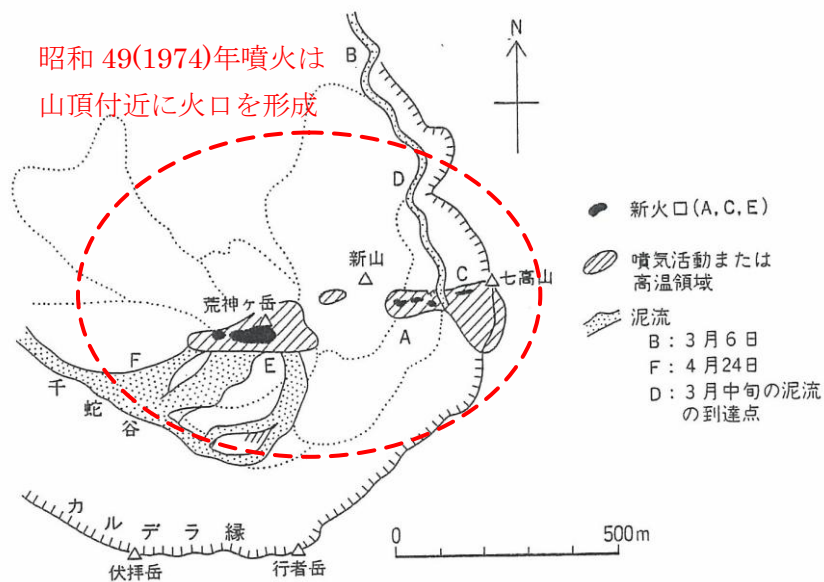
2.2.3 想定火口

想定火口は次に示すとおりとします。

- 猿穴火口～東鳥海馬蹄形カルデラを包括するエリア

鳥海山は、山頂尾根沿いに火口が分布するなど火道が安定している訳ではありません。

有史以降では、1801年噴火で形成されたとされる新山周辺や、約2500年前に山体が崩壊して形成された東鳥海馬蹄形カルデラ内での活動が主体であるものの、同カルデラ壁まで火口が分布し、判読した微地形ではカルデラ壁の外側（東側）にも火口地形が確認されています。



第7図 1974年噴火の火口と泥流の分布(宇井・柴橋, 1975)

図 2-18 1974(S49)年の噴火発生地点

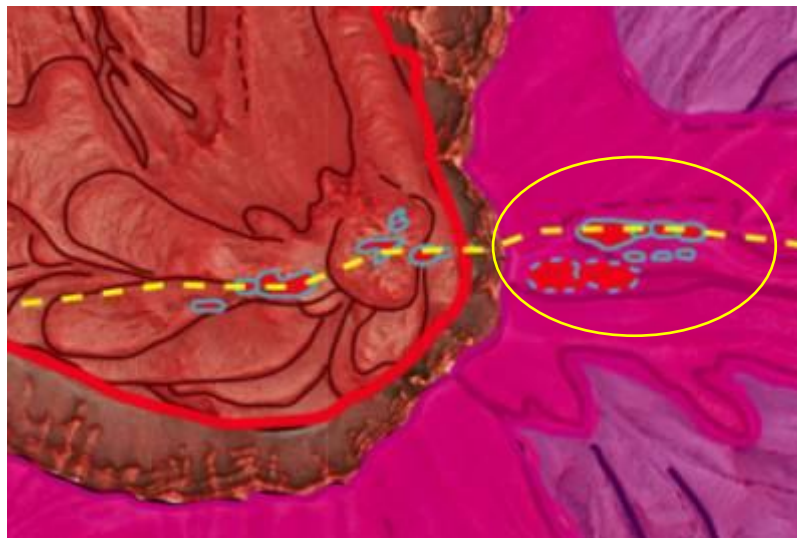


図 2-19 火山微地形判読で確認されたカルデラ壁外側の火口跡（黄色円）

なお、現行火山防災マップ（平成 18 年公表）では、山頂の東鳥海馬蹄形カルデラの東外側についても想定火口に設定しており、上述したカルデラ外の火口跡の場所もこの想定火口ゾーンでカバーできるとみられます。

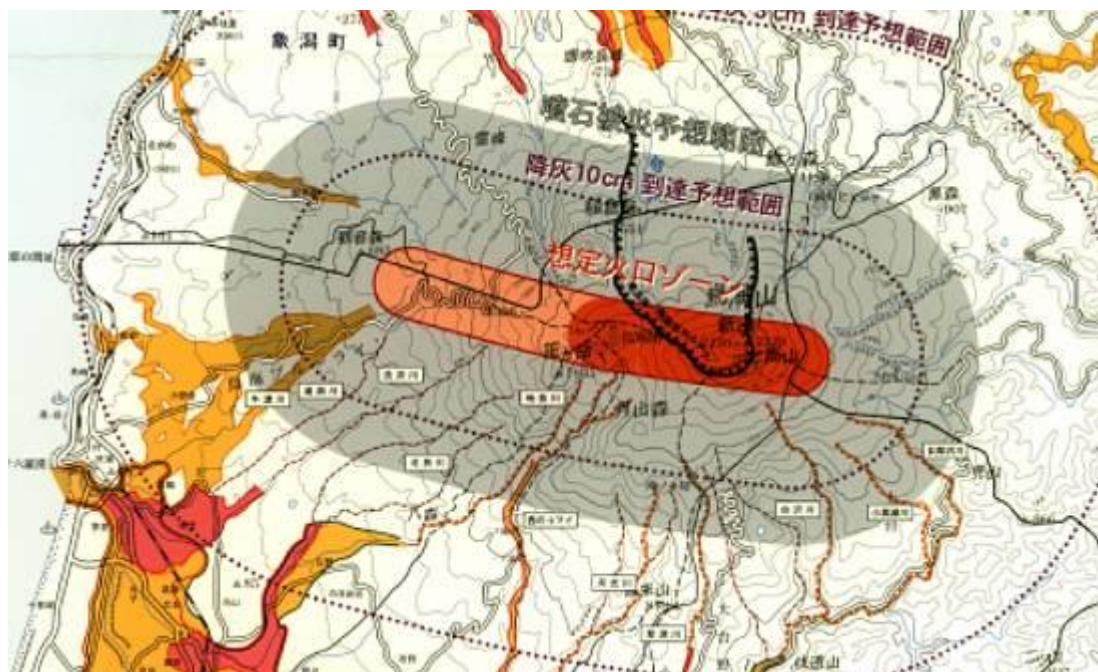


図 2-20 現行火山防災マップ（平成 18 年公表）の想定火口ゾーン

2.2.4 想定する現象

計画で対象とする一次的な土砂移動現象は、火山砕屑物（噴石）の放出、降下火砕物（降灰）、溶岩流、小規模な火砕流・ベースサージ、火口噴出型泥流とし、二次的な現象として融雪型火山泥流、噴火後の土石流を対象とすることが考えられます。

【説明】

シナリオ作成に係わる土砂移動現象の特性等を以下に整理します。

表 2-5 シナリオ作成に関わる想定現象の整理

現象名	過去数千年間の発生事例	発生可能性・発生条件等
火山砕屑物・噴石	1801年の噴火時に発生。	歴史時代に発生しており、水蒸気爆発における一般的な現象であることから発生の 可能性が高い と考えられる。
溶岩流	東鳥海馬蹄形カルデラの内部に多数の流下跡あり。871年の噴火でも溶岩流が流出。	歴史時代に発生しており、 再発可能性が高い と考えられる。
火砕流 火砕サージ	溶岩ドームの形成時に崩落型の小規模な火砕流が発生する可能性がある。	記録はないものの小規模なものは 1801年の新山溶岩ドーム形成時に発生した可能性があり、 再発可能性が高い と考えておく必要がある。
降灰	有史時代に発生事例がある。1974（昭和49）年にも発生。	小規模な水蒸気噴火でも発生する。堆積状況は、風向・風速に影響される。歴史時代に発生しており、 再発可能性が高い と考えられる。
融雪型火山泥流	1974（昭和49）年3月の噴火で小規模な融雪型火山泥流が発生している。	積雪期（特に融雪期）に発生する。1974（昭和49）年の鳥海山噴火で発生したことから 発生の可能性が十分にある （次ページ参照）。
火口噴出型泥流	1801年噴火時に白雪川で非積雪期に発生した泥流が火口噴出型泥流であった可能性がある。	積雪状況や降雨の有無に関わらず発生する。1801年噴火で発生した可能性があることから 今後も発生の可能性を否定できない 。
降灰後の降雨による土石流	明確な記録は残っていない。	降灰後の強い雨により発生する。鳥海山における明確な記録は残されていないが、1991年の雲仙岳噴火をはじめ、事例多数のため 鳥海山でも発生の可能性はある （次ページ参照）。
岩屑流	約2500年前に発生	発生頻度が低い現象であることから、近い将来に 発生するとは考えにくい 。

表 2-5 に示すように、融雪型火山泥流、噴火後の土石流が発生した明確な記録は残っていません。融雪型火山泥流は積雪地帯の火山において発生しやすい現象であり、噴火後の土石流は全国各地の火山において発生事例があるため、対象現象と考えています。

a) 融雪型火山泥流の事例

鳥海山（秋田県・山形県）の1974（昭和49）年の噴火（マグマ水蒸気爆発）では小規模な融雪型火山泥流が発生しました。この噴火における推定総噴出物量は約 $0.1 \times 10^6 \text{m}^3$ です。すなわち、この程度の噴火規模でも融雪型火山泥流が発生する可能性があるという事例になります。

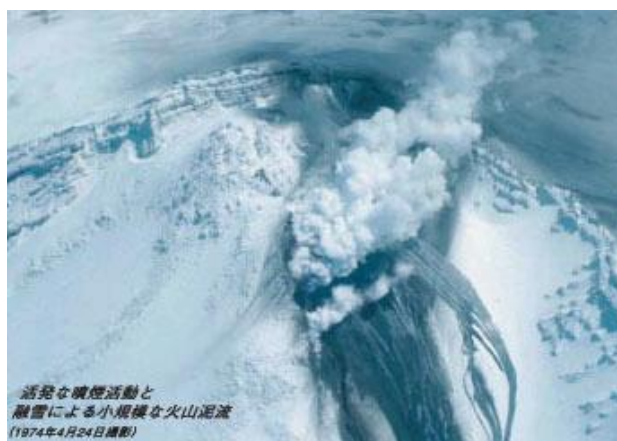


図 2-21 融雪型火山泥流の事例

写真：鳥海山火山防災マップ、2001年財団法人砂防・地すべり技術センターより

b) 噴火後の土石流の事例

降灰後の降雨による土石流は、火山灰の堆積による不安定土砂量の増加と、透水性の低下など、種々の要因が複合して発生します。平成3年からの雲仙普賢岳の噴火では、平成3年5月15日以降、平成11年9月11日に至るまで多くの土石流が発生しました。

このような噴火に伴う土石流の発生は、桜島、有珠山など、他の噴火でも数多く記録されています。



昭和52年～昭和53年有珠山噴火時

写真：有珠山火山防災マップ、2002年、伊達市作成より



平成5年に雲仙・普賢岳

写真：ふるさとの復興を目指して、2002年事業概要、国土交通省雲仙復興工事事務所より

図 2-22 降灰後の降雨による土石流発生事例

2.2.5 前兆現象・噴火の推移に係わる事項

(1) 既往噴火における前兆現象

既往噴火のうち、1801年享和噴火と1974年噴火については、過去の検討で既往研究や古文書をもとに火山活動の時系列が整理されています。

前兆現象に着目しますと、1801年噴火では降灰をもたらすような噴火は1801年3月8日に発生していますが、1800年12月には噴気または弱い噴煙の記録があり、1801年2月13日には鳴動の記録もあります。

また、1974年噴火についても、噴火活動が認識されたのは3月1日であるが、前兆現象とみられる鳴動は2月下旬に聞かれ、噴気は1月2日に報告されており、噴火後の確認により前年12月頃から火山性地震も発生していたとのことです。

植木(1981)^{*1}において、「噴火は噴気あるいは弱い噴煙の出現によって始まり、数日～数ヶ月後に爆発的噴火に至る経過も各噴火に共通する点と思われる。」との記載があります。林ら(2006)^{*2}では、『安山岩質マグマが出現する場合には、噴火に先行する火山性地震がとらえられるだろう。鳥海山の地下の帯水層の状況は明らかにされていないが、マグマやマグマからの熱がそこに到達した時点で噴気あるいは水蒸気噴火が先行して始まるだろう。おそらく水蒸気噴火に先行して噴気活動が始まる。』と記載されています。ただし同文献では、粘性の低い玄武岩質マグマによる噴火の場合については明瞭な前兆なしに噴火する可能性も指摘されています。

また、大場ら(2012)^{*3}においても『鳥海火山では玄武岩質安山岩～流紋岩の幅広い組成を持つマグマが上昇し、火山体内の熱水系と様々な程度に反応してマグマ水蒸気噴火が生じている』と記載されており、マグマの組成によって明瞭な前兆がある場合と無い場合両方が想定されます。

- ※ 1：自然災害特別研究成果No. A-56-1, P33-41 鳥海山 植木(1981)
- ※ 2：鳥海山の完新世噴火史と火山災害, 月刊地球 vol28 林ほか(2006)
- ※ 3：最近4500年間の鳥海山火山の噴火活動, 火山 vol157.2 大場ほか(2012)

表 2-6 1801 年享和噴火の経緯

時間	現象	備考
1800年12月	噴気または弱い噴煙がはじまる	
1801年 2月13日夜	雷の様な鳴動がおこり、山頂から幾度か噴煙があがった	
3月8日	荒神ヶ岳一帯の雪面上に降灰が確認され、るりの壺、硫黄谷、不動岩あたりの8ヶ所で噴煙がみられた	
3月15日夜	地鳴りが起り、笹子、仙北方面に降灰があった	
3月16日	堰や川に火山灰が流れ込み、水が変色した(小規模泥流の発生)	
3月23日	鳥海川の水が藍色になり、人馬とも飲料水として清水を捜すのに苦労したという	
4月頃	火山活動はひとたび穏やかとなる	
5月上旬	噴火活動の様子を伺いにいった登山者が、荒神ヶ岳、千載ヶ谷に広く泥灰が覆い、一面焼けただれているのを確認する	
6月	白雪川並びに下の堰まで水が濁り、作付けに難儀したという	
6月15日	再び鳴動がやや激しくなり、降灰は上笹子、下笹子、仙道辺りまでおよび、川の水は硫黄の香気が甚だしくなった	
6月23日	川の水は藍色となり(小規模泥流の発生)、馬の飲料水とならなくなった	
7月1日	快晴の日、参拝の為4～5人が登山すると、本社(荒神ヶ岳麓の神社)は焼けただれて跡方もなく、長床は噴石に打たれて壊れていた。さらに、七高山をめざすとあたりは雪が消えて真黒く火山灰が一面を覆っていた。火口(るりの壺)に近づくと、降灰があり周囲の雪面上に20cm程積もっていて、田の中を歩く様であった。当時、火口より噴気はあった。	
7月4日	突然火山活動が非常に激しくなり、五合目の抜川にいた神官が降灰の中、日中にもかかわらず提灯をつけて猿倉まで下ったという	
7月6日正午頃	大噴火を起こし、約1時間にわたって雷鳴の如く天地を揺るがし、噴煙は天まで届く様に立ち昇った。この噴火で火口(るりの壺)に新たな溶岩円頂丘(新山)が出現。	
7月7日	やや火山活動がおさまったところで、草津村から11人が噴火の様子を探ろうと登山したが、外輪山の峰づたいに行者岳から七高山に向かうところでにわかには噴火が始まり、噴石によって8人が死亡した。当日少量の雨によって日向川、月光川、白雪川に沿って灰水(小規模泥流)が流れ、川中の魚が多く死んだり、川水を飲むと下痢をしたという	
7月13日	山頂より雷の様な鳴動があり、山麓の蕨岡坊中の障子が鳴り響いた。山頂には火がみえた。	
7月15日	大雨があり、白雪川で山津波が起き、土砂は下流下郷で田地3000刈(30ha)が被害を受けるとともに、河口の三森では河床上昇によって舟付場が浅くなってしまった	
8月5日夕方	再び噴火が開始した鳴動は宮の様であり、赤い炎と黒煙は広く空を覆いあるいは稲妻の様に空を照らした。広い地域で降灰がみられた。	
12月29日正午頃	雪の上に火山灰が少し積もった	
翌1802年春	鳥海山は平穏に戻る	

<出典>

- ・昭和63年度鳥海火山泥流対策砂防施設配置検討業務報告書
- ・自然災害特別研究成果No.A-56-1, P33-41鳥海山 植木(1981)

表 2-7 1974 年噴火の経緯

時間	現象	備考
1973年12月頃	東北大学本荘地震観測所において火山性地震が観測され始める (噴火後に記録をさかのぼって確認)	
1974年1月2日	弱い噴気活動がおこる (登山者の報告)	
2月下旬頃	新山溶岩円頂丘東斜面で最初の爆発があった(認識されず) 東山麓の百宅の村民、手代沢宮林事業所作業員が鳴動を感じた	
3月1日	新山の東斜面での噴煙が全日空機機長により初めて確認(目撃)される 東山腹に降灰がある	この時点で始めて鳥海山 噴火が認識される ↓
3月3日	新山東斜面で噴気活動	
3月5日	新山東斜面で噴煙が目撃される	
3月6日	赤川で泥流発生(流下距離3km, 幅100m)	
3月9日	噴気活動	
3月14日	噴気活動	
3月14~18日の間	カルデラ壁最下部付近に2~3個の小孔とこれをつなぐ割れ目が発生。 赤川で泥流発生(6日の泥流と同一流路を500m流下)	
4月6日	新山溶岩円頂丘とカルデラ壁との間の縁で小規模な泥流が確認される	
4月8日	荒神ヶ岳溶岩円頂丘周辺で噴気孔が発生	
4月13~17日	荒神ヶ岳での噴気活動範囲が広がる	
4月24日	荒神ヶ岳で最初の爆発 鳥越川(千蛇谷)で泥流発生(流下距離3km) 北東山腹に降灰がある	
4月28日	荒神ヶ岳から大量の噴煙 東北山腹に降灰がある	
4月30日	噴煙活動衰迫に向かう	
5月	荒神ヶ岳及び新山から噴煙活動とは対応しない小規模な泥流発生(流下距離 2km弱)	
10月までの間	荒神ヶ岳及び新山から弱い噴気活動が続く	

<出典>

・昭和63年度鳥海火山泥流対策砂防施設配置検討業務報告書

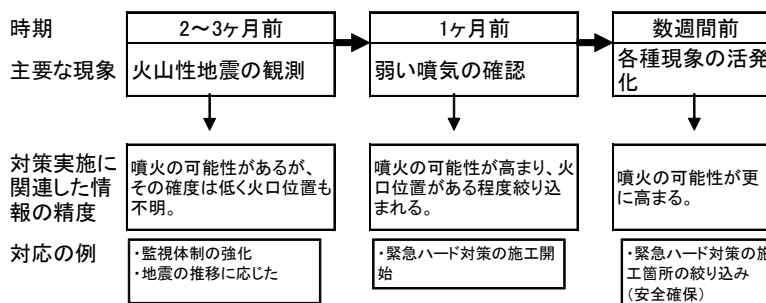
・鳥海山1974年の火山活動 宇井、柴橋(1975)

(2) 噴火の推移の想定

以上より、緊急対策タイムラインを検討する際の鳥海山の前兆現象については下記のように整理されます。

- 火山性地震 2～3ヶ月前
- 弱い噴気：1ヶ月前
 - 水蒸気爆発の発生
 - (溶岩ドームの出現：噴火4ヶ月後)

これらの時系列を噴火シナリオに適用すると、ステージ『異常現象の発生・継続』に該当します。タイムライン検討上の想定時系列は、以下に示すとおりです。



なお、前兆現象が把握されない可能性もあるため、特に粘性の低い玄武岩質マグマの流出が想定されるケースについては噴火前のリードタイムが無いことも考慮する必要があります。

2.2.6 噴火シナリオ

以上で検討した各想定事項(要素)を組み合わせた噴火シナリオをイベントツリーの形で作成しました(表 2-8)。

表 2-8 鳥海山の想定噴火シナリオ

ステージ	静穏期	異常現象の発生・継続	小規模噴火発生・継続	中～大規模 マグマ水蒸気爆発・マグマ噴火	噴火の終息後
時間		数日間～数年間 (無い場合もある)	数日間～数ヶ月間 (無い場合もある)	数日間～数ヶ月間 (無い場合もある)	数ヶ月から数年間
噴火活動の想定	<p>平常期</p> <p>【火山活動の高まり】 火山体下での地震の群発など</p> <p>【火山活動の高まり】 新たなマグマの上昇を示唆する地盤変動等 火山体下からの地震の群発など</p>	<p>活動の終息 ・各種活動が平常時レベルに (ケース1)</p> <p>【小規模噴火の発生】 噴火地点は想定火口ゾーンのいずれか ■想定される現象 ・小規模な噴石・降灰 ↓ 火山泥流 (ケース3)</p>	<p>【火山活動の高まり】 新たなマグマの上昇を示唆する異常 山体内の深い場所からの地震の群発など</p> <p>降雨により繰り返し発生</p>	<p>【大規模噴火の発生】 噴火地点は想定火口ゾーンのいずれか ■想定される現象 ・降灰 ・噴石 降下火砕物 → 火山泥流 (ケース5～7) ・溶岩流 (ケース6.7) ・溶岩ドーム →小規模な崩落型火砕流、火砕サージ (ケース7) 降雨により繰り返し発生</p> <p>降灰後の土石流 (ケース2～7)</p>	<p>活動の終息 ・各種活動が平常時レベルに</p>
時 期	静穏期	前兆活動期	小規模水蒸気爆発期	マグマ噴火期	静穏期
火山監視観測結果	<p>前兆が検知できる場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・弱い噴気活動(現在は噴気なし) ・地温、地震活動、地殻変動など観測データにおいて異常がみられない。 <p>前兆が検知できない場合</p> <p>異常がみられない</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・活発な噴気活動 ・火山性微動発生 ・地盤変動観測データ変化(GPS等) ・火山体下での地震の群発 ・地熱地帯異常 ・山頂域での泥水噴出など <p>前兆と判断可能な顕著な異常がみられない</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・熱水系の活動や水蒸気爆発を示唆する現象 (噴火予知連等の見解等をもとに判断) ・地殻内の浅い箇所での地震多発・火山性微動の発生 ・空振 ・噴煙上昇 ・山腹で降灰(本質物質を含まない) 	<ul style="list-style-type: none"> ・マグマの活動活発化を示唆する現象 (噴火予知連等の見解等をもとに判断) ・地殻内の深い場所から浅い場所にかけての地震多発・火山性微動の発生 ・地盤変動観測データ変化(GPS等) ・空振 ・噴煙上昇 ・山腹、山麓各所で降灰 	<ul style="list-style-type: none"> ・火山活動は低調
噴火モデル			1974年噴火 降灰、噴石、極小規模の火山泥流	1801年噴火 降灰、噴石、泥流、溶岩流 871年貞観噴火 溶岩流(詳細不明)	

この表では、山体崩壊や大規模火砕流の発生は示していない。

2.3 想定される被害の把握

2.3.1 対象現象の整理

噴火シナリオ毎に発生する現象を設定し、それぞれの影響範囲を数値シミュレーション解析等に基づきに実施し、被害想定を行いました。

表 2-9 噴火シナリオのケース毎の発生現象

ケース名	想定規模	被害想定の対象現象					
		噴石	降灰	降灰後土石流	火山泥流	溶岩流	火砕流
ケース1	噴火なし	なし					
ケース2	小規模噴火 (1974年噴火程度)	○	○	○			
ケース3		○	○	○	○		
ケース4	中規模(1801年噴火程度) 大規模(871年噴火程度)	○	○	○			
ケース5		○	○	○	○		
ケース6		○	○	○	○	○	
ケース7		○	○	○	○	○	○

表 2-10 被害想定対象とする各現象の規模

	噴石	降灰	降灰後の土石流	火山泥流	溶岩流	火砕流
小規模噴火 ・水蒸気爆発 ・ $10^5 \sim 10^6 \text{m}^3$ 規模 (1974年噴火等)	【ケース2~7】 火口から4.0kmの範囲	【ケース2~3】 噴出量: 10万m^3 ※4	【ケース2~7】 噴出量 10万m^3 の降灰範囲の漂流	【ケース3】 地熱による融雪泥流		
中規模噴火 ・マグマ水蒸気爆発 ・ 10^6m^3 規模 (1801年噴火等)		【ケース4~5, 6~7】 噴出量: 100万m^3 ※10万と210万の間	【ケース2~7】 噴出量 100万m^3 の降灰範囲の漂流	【ケース5】 放出土砂量 90万m^3 による融雪泥流	【ケース6】 350万m^3 ※5	【ケース7】 90万m^3 ※2 (溶岩ドーム→崩落)
大規模噴火 マグマ噴火 ・ $10^7 \sim 10^8 \text{m}^3$ 規模 (871年噴火等)		【ケース4~5, 6~7】 噴出量: 210万m^3	【ケース2~7】 噴出量 210万m^3 の降灰範囲の漂流	【ケース5】 放出土砂量 210万m^3 による融雪泥流 ※6	【ケース6】 210万m^3 ※3	【ケース7】 210万m^3 ※6 (溶岩ドーム→崩落)

※1: 昭和63年度調査

※2: 林(1984)、新山溶岩円頂丘の体積

※3: 林・宇井(1993)ステーションⅢaの平均的な体積

※4: 活火山総覧第3版

※5: 林ら(2006)

※6: 溶岩流 210万m^3 の10%と仮定

規模	現象発生イメージ
<p>小規模噴火</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水蒸気爆発 ・$10^5 \sim 10^6 \text{m}^3$規模 (1974年噴火等) 	
<p>中規模噴火</p> <ul style="list-style-type: none"> ・マグマ水蒸気爆発 ・10^6m^3規模 (1801年噴火等) 	
<p>大規模噴火</p> <p>マグマ噴火</p> <ul style="list-style-type: none"> ・$10^7 \sim 10^8 \text{m}^3$規模 (871年噴火等) 	

図 2-23 噴火規模毎の現象発生イメージ

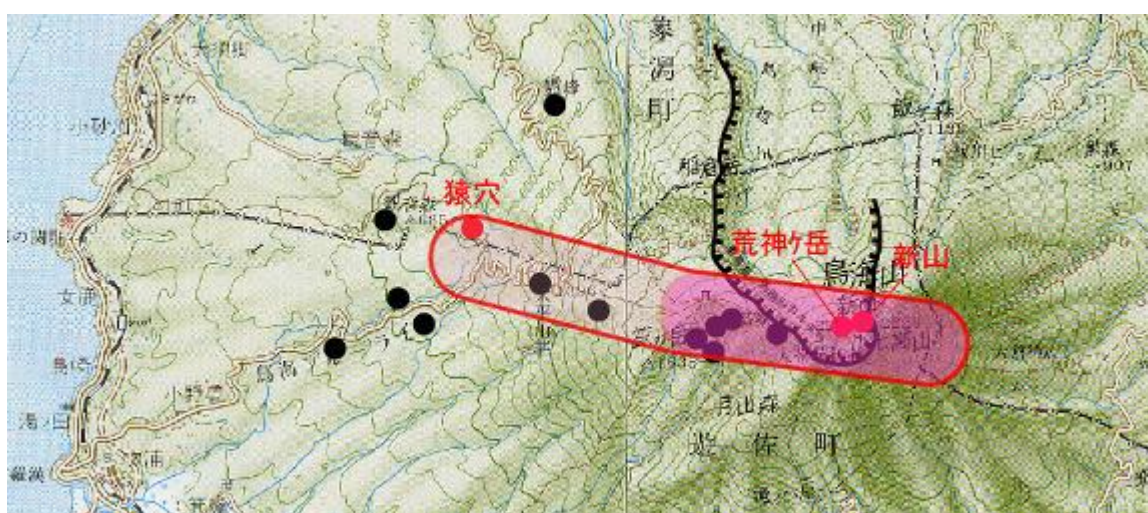
2.3.2 被害想定的前提

各対象現象の被害想定的前提となる想定火口位置、および土石流、泥流発生溪流は下記のとおりで。

(1) 火口から噴出・流下する現象（溶岩流、火砕流/降灰、噴石）

想定火口範囲内で噴火が生じた場合の影響範囲を把握するために、想定火口範囲の外縁部が計算開始点の基本となります。

想定火口は、過去の噴火における火口分布を参考に設定することが合理的です。現行火山防災マップ（平成 18 年公表）で設定した火口位置は、現在のステージⅢに形成された火口範囲である山頂～猿穴火口の範囲としており、本検討でも同じ想定火口範囲を採用します（図の赤い楕円枠の範囲）。



● ステージⅡ ● ステージⅢ(最新期)

図 2-24 想定する火口範囲 [山頂域の東西方向に広がった範囲]

降灰、火砕流については想定火口範囲外縁部からの距離によって被害想定を行う。溶岩流、火砕流については、現行火山防災マップ（平成 18 年公表）と同様に、想定火口範囲からの流域地形や保全対象位置を考慮して設定された 11 箇所から二次元氾濫シミュレーションを実施します。

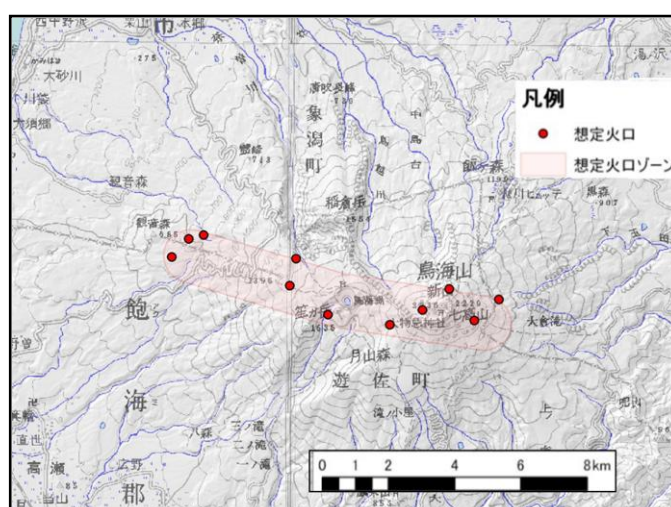


図 2-25 想定火口位置

(2) 溪流流路内で発生する現象（土石流、火山泥流）

降灰後土石流、火山泥流は溪流流路内を流下する現象であるため、計算は流域単位で行うこととなります。計算対象流域は、降灰の影響範囲や噴火による融雪範囲内となります。鳥海山では顕著な降灰は山体周辺に限られるため、対象溪流は山体周辺に源を発する下図に示す溪流となります。

計算開始点としては、それぞれの溪流の谷出口を基本とし、保全対象の分布や地形条件を考慮して下図の赤丸地点と設定しました。

表 2-11 計算対象溪流一覧

秋田県	川袋川		山形県	牛渡川		
	川袋小川			滝淵川		
	元滝川			洗沢川		
	奈曾川			北折川		
	白雪川水系	鳥越川		月光川水系	中折川	
		赤川			地抜川	
		石秃川			南ノマイ川	
		白雪川			月光川	
	子吉川水系	鶯川			日向川水系	草津川
		下玉田川				鹿ノ俣沢
朱ノ又川		白沢川				
赤沢川		女郎沢川				

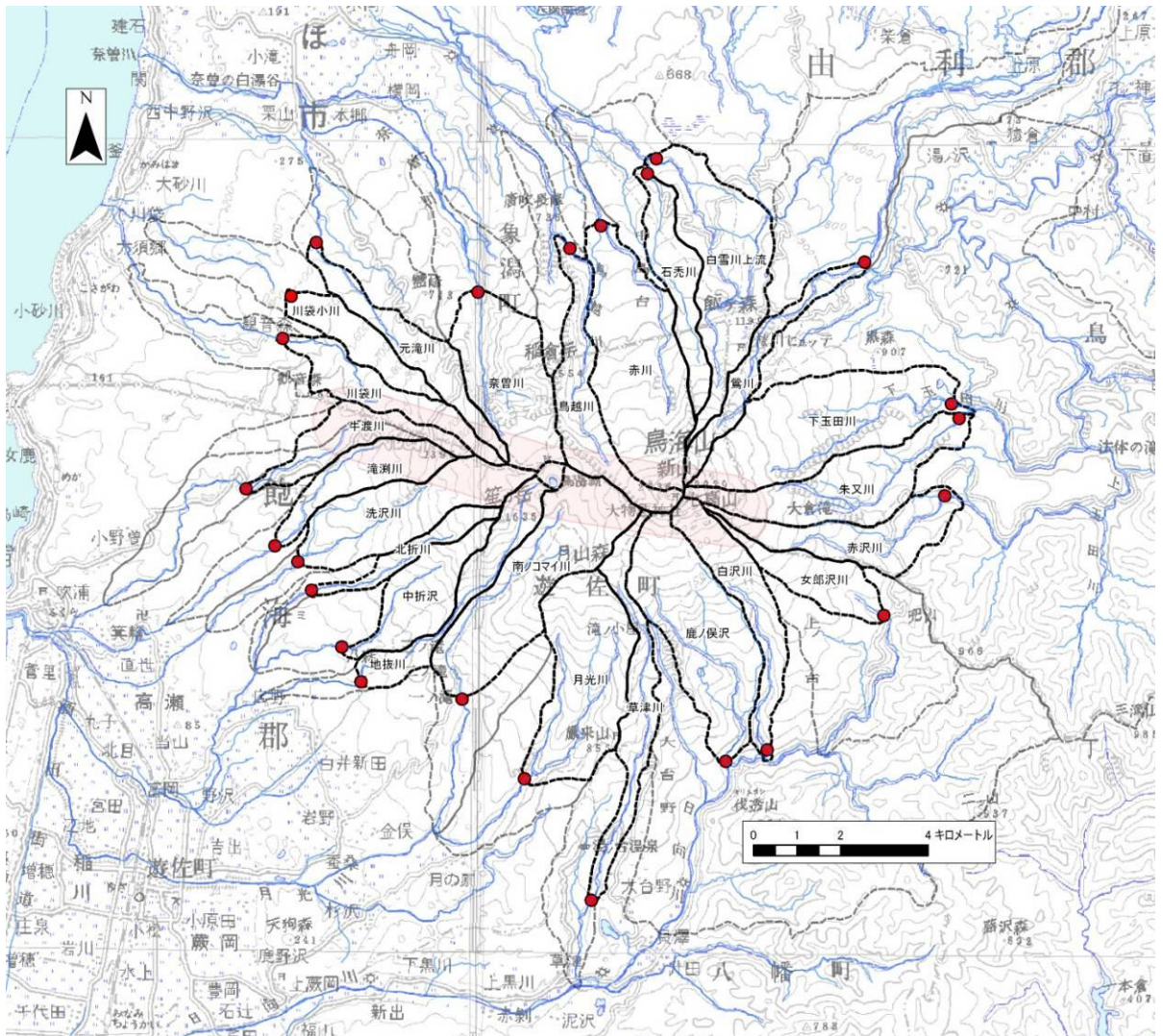


図 2-26 計算対象流域

(3) 被害想定前提のまとめ

被害想定前提とした根拠を整理した表を次項に示します。

表 2-12 被害想定的前提根拠整理表

	基本的な考え方	噴火規模ごとの根拠		
		小	中	大
全体方針	ステージⅢの活動より、小、中、大規模の3段階で想定。	・数十年に一度 (例:1974年噴火等)	・数百年に一度 (例:享和噴火(1801年)等)	・数千年に一度 (例:貞観噴火(871年)等)
噴石	鳥海山に実績データがないため、他火山の事例を参考に設定する。	【弾道計算及び他火山の事例から到達距離4kmと設定】		
降灰	実績値を基本とするが、中規模については既往検討で示されている実績値が小規模とほとんど変わらないため、防災対策検討上有意義な値に調整。	【10万m ³ 】 活火山総覧第3版の記載、宇井(1975)より	【100万m ³ 】 第1回鳥海山火山砂防計画検討委員会(H2.3)で12.5万m ³ という値が示されているが、小規模とほぼ同じのため、小と大の中間的値とした。	【210万m ³ 】 大規模噴火時の想定溶岩流量の10%とした。
降灰後の土石流	降灰分布に対応した溪流で、溪流毎に降灰量を含む流出土砂量を設定。対象溪流は概ね10cm以上の降灰がある溪流であり、鳥海山山体に源を発する溪流が該当する。	【噴出量10万m ³ の降灰範囲の溪流毎に設定】 2年超過確率降雨による土石流量を想定	【噴出量100万m ³ の降灰範囲の溪流毎に設定】 2年超過確率降雨による土石流量を想定	【噴出量210万m ³ の降灰範囲の溪流毎に設定】 2年超過確率降雨による土石流量を想定
火山泥流	噴火に伴い発生する土砂や地熱による融雪に起因する泥流(融雪型)、もしくは熱せられた泥水が山体から直接噴出する泥流(火口噴出型)を想定する。具体的な規模としては、噴火に伴う放出土砂(≒火砕流量と想定)による融雪水がもたらす泥流量を設定する。	【 - 】 地熱による融雪泥流を想定するが、1974年の実績から、下流域に影響を及ぼすことはないと考え、具体的な被害想定は行わない。	【火砕物90万m ³ による融雪】 溪流毎に放出土砂による泥流量を設定。積雪量は2年確率年最大積雪深を想定。	【火砕物210万m ³ による融雪】 溪流毎に放出土砂による泥流量を設定。積雪量は2年確率年最大積雪深を想定。
溶岩流	中、大規模噴火時の溶岩流1フローの値を、実績を参考に設定する。	【 - 】 実績無し	【350万m ³ 】 林ら(2006)における新山溶岩の計測値を採用。	【2100万m ³ 】 林・宇井(1993)におけるステージⅢaの平均的な溶岩流体積2100万m ³ を基本とする。林ら(2006)における871年噴火時の千蛇谷溶岩体積が2500万m ³ とも概ね整合するので、2100万m ³ を採用する。
火砕流	中規模噴火時は実測値を、大規模噴火時は実績値が無いので、溶岩流体積の10%と仮定した。	【 - 】 実績無し	【90万m ³ 】 林ら(2006)における新山溶岩の計測値と林教授からの聞き取りから、溶岩ドーム部分のみの体積として、90万m ³ を採用。	【210万m ³ 】 溶岩流体積の10%と仮定。

2.3.3 噴石

鳥海山における噴石の明確な実績データは少ないです。このため、他火山の事例及び「火山防災マップ作成指針（H25.3）」による弾道計算より火口より4kmの範囲を噴石到達範囲と想定しました。

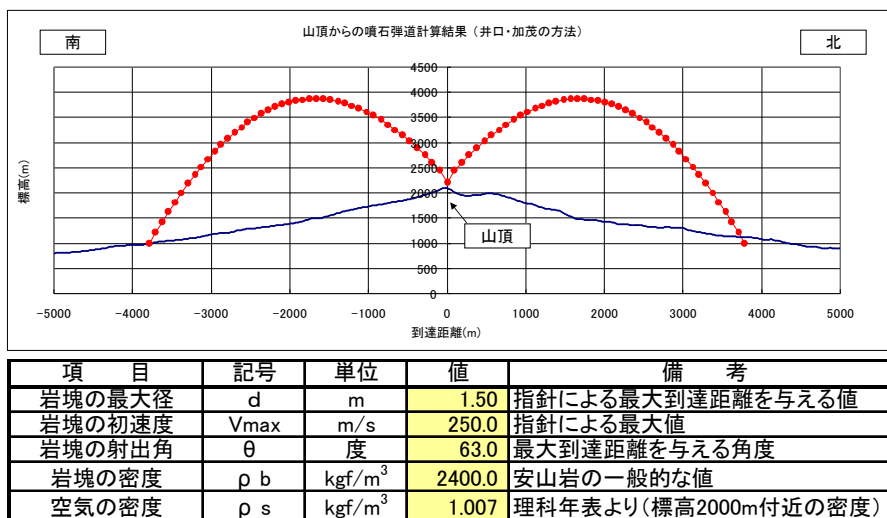


図 2-27 弾道計算結果

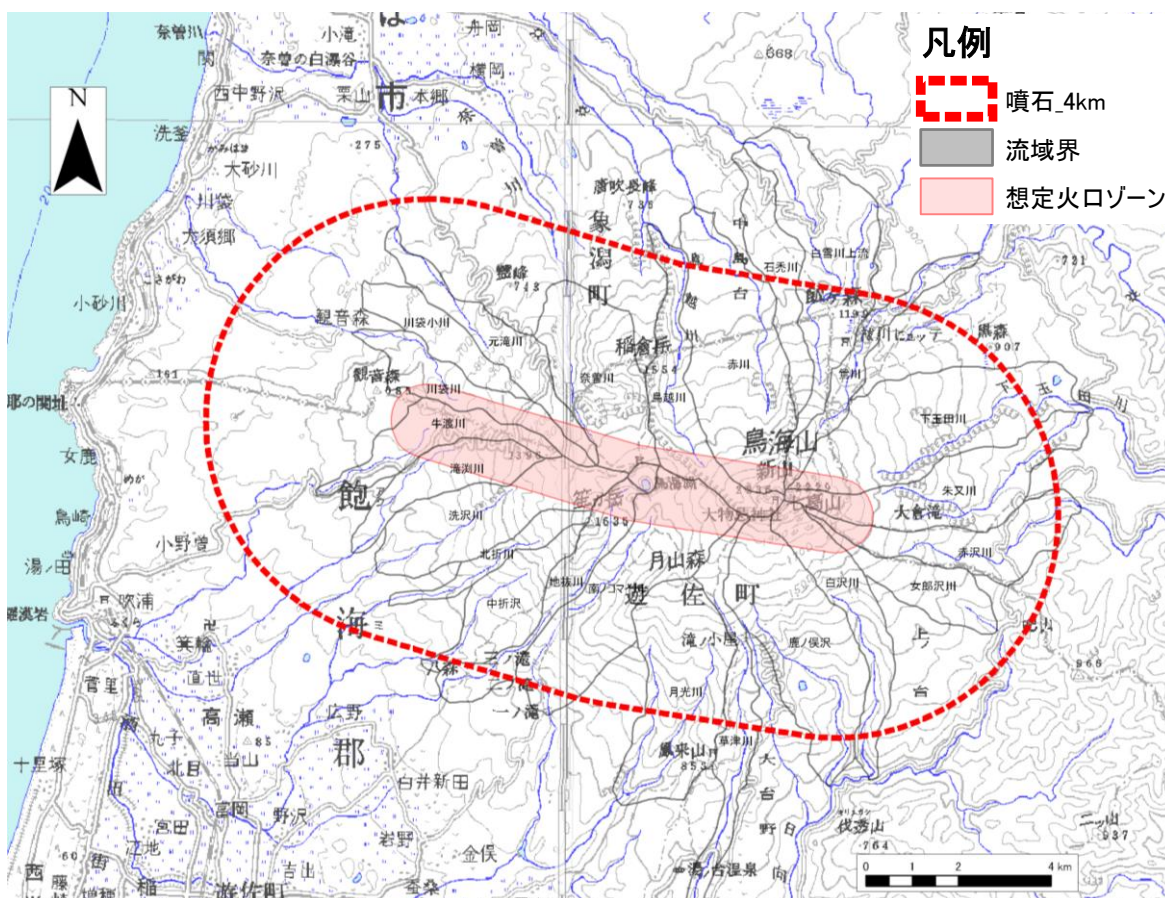


図 2-28 噴石到達範囲

2.3.4 降灰

(1) 計算条件

現行火山防災マップ(平成18年公表)では、降灰範囲についてはHayakawa(1985)による簡便式を用いて降灰量から層厚毎の分布円半径を求め、これに鳥海山付近の上空の平均風向・平均風速を与え、降灰厚毎の到達距離をもとめ、想定火口範囲の外縁部からの降灰範囲を設定しています。

Hayakawa(1985)による簡便式

$$V = 12.2 T S \quad \text{ただし、堆積量 } V、\text{層厚 } T、\text{それが囲む面積 } S$$

本計画でも、上記の算出手法を踏襲し、10万 m^3 と100万 m^3 の噴出量による降灰分布を想定します。

表 2-13 噴出規模ごとの降灰分布半径

V(m ³)	=	係数	T(m)	S(m ²)	→	半径 R(m)
100,000	=	12.2	0.01	819,672		511
100,000	=	12.2	0.03	273,225		295
100,000	=	12.2	0.10	81,967		162
V(m ³)	=	係数	T(m)	S(m ²)	→	半径 R(m)
1,000,000	=	12.2	0.01	8,196,721		1,616
1,000,000	=	12.2	0.03	2,732,241		933
1,000,000	=	12.2	0.10	819,672		511
V(m ³)	=	係数	T(m)	S(m ²)	→	半径 R(m)
2,100,000	=	12.2	0.01	17,213,115		2,341
2,100,000	=	12.2	0.03	5,737,706		1,352
2,100,000	=	12.2	0.10	1,721,311		740

これにより求めた堆積厚毎の分布円半径をもとに、ジェットモデル(宮本(1991))により、火口半径、初速、高度等の各種パラメータを逆算しました。

表 2-14 噴出規模ごとの降灰分布半径

項目	小規模	中規模	大規模	備考
想定降灰量	10万 m^3	100万 m^3	210万 m^3	噴火シナリオより
火口半径	25m	30m	30m	小規模は1974火口(宇井・柴橋1975)、中,大規模は猿穴火口より
噴煙初速	40m/s	140m/s	170m/s	Hayakawa(1985)による分布円半径より逆算
風速	11m/s	11m/s	11m/s	秋田高層風(標高2,500m)の年平均より11m/s

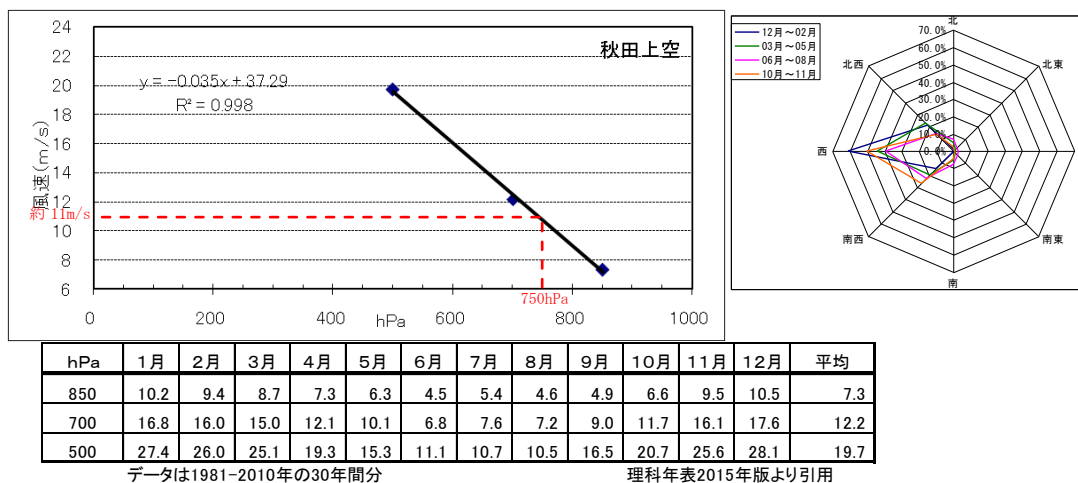


図 2-29 平均風速の設定

表 2-15 噴出規模ごとの降灰到達距離の計算

	火山灰厚 m	分布円半径 m	降下速度 m/s	火口半径 m	初速度 m/s	連行係数	堆積濃度	高度 m	備考
10万m ³	0.01	510	0.4	25	40	0.20	0.6	1,213	
	0.03	300						688	
	0.10	160						338	
100万m ³	0.01	1,620	0.8	30	140	0.20	0.6	3,975	
	0.03	930						2,250	
	0.10	510						1,200	
210万m ³	0.01	2,400	1.2	30	170	0.20	0.6	5,925	
	0.03	1,400						3,425	
	0.10	750						1,800	

到達距離m(風速11m/s)

堆積厚m	0.01	0.03	0.1
10万m ³	4,078	1,529	503
100万m ³	10,209	3,759	1,359
210万m ³	17,927	6,682	2,264

(2) 計算結果

降灰規模毎の降灰分布図を次項に示します。

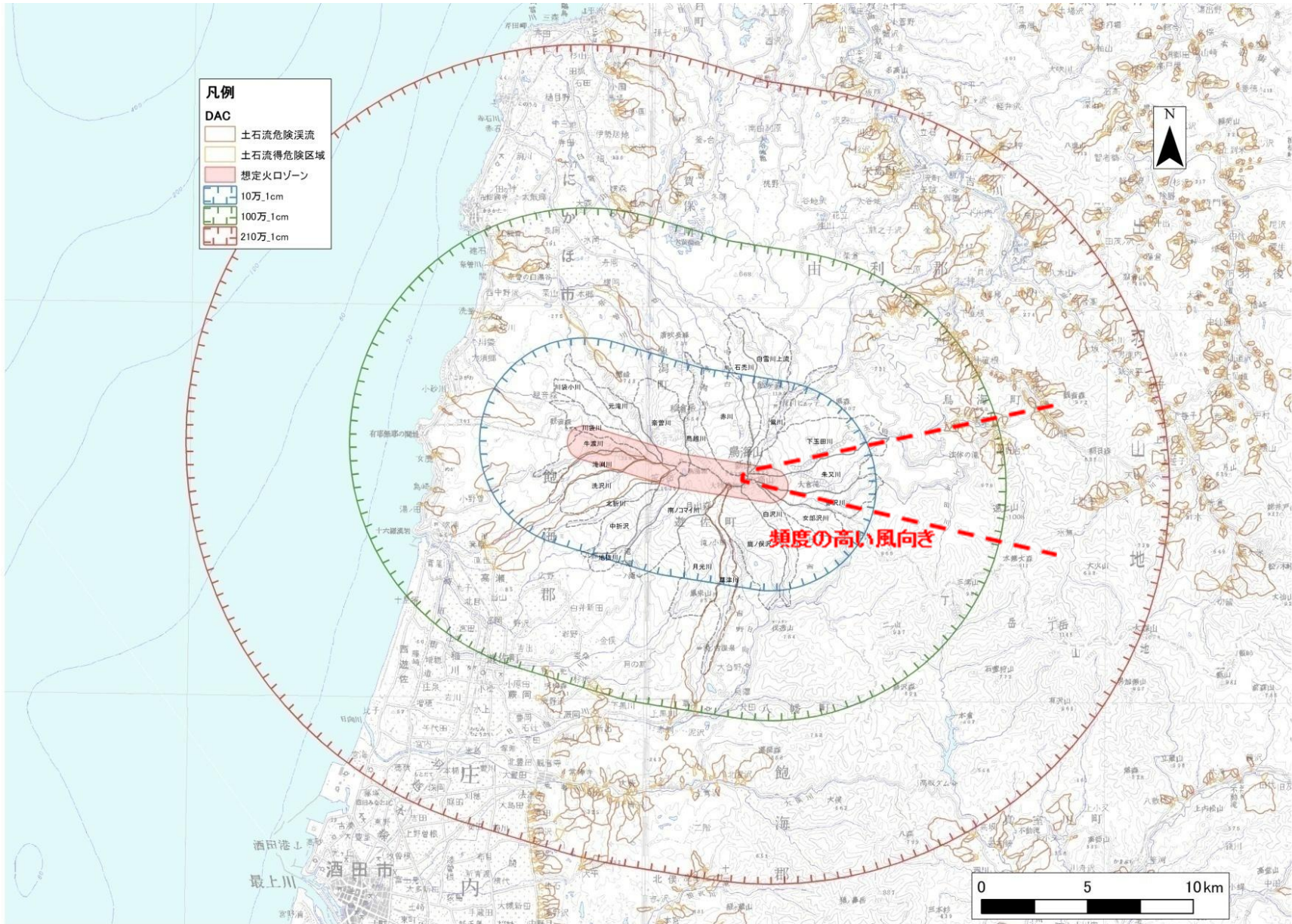


図 2-30 降灰 1cm 範囲と土石流危険渓流分布

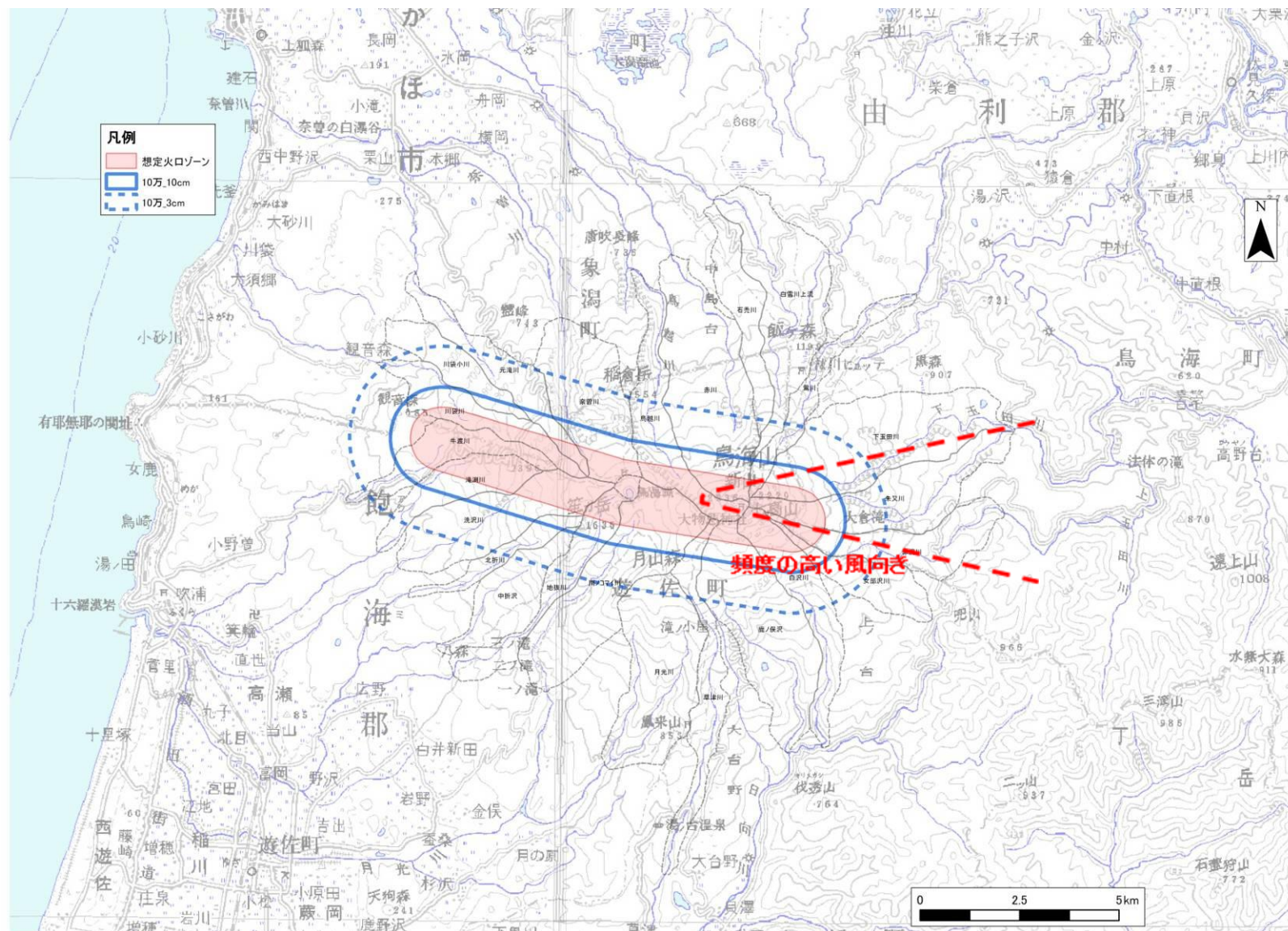


図 2-31 小規模噴火時の降灰分布図 (10万^m³ : 堆積厚 3cm、10cm)

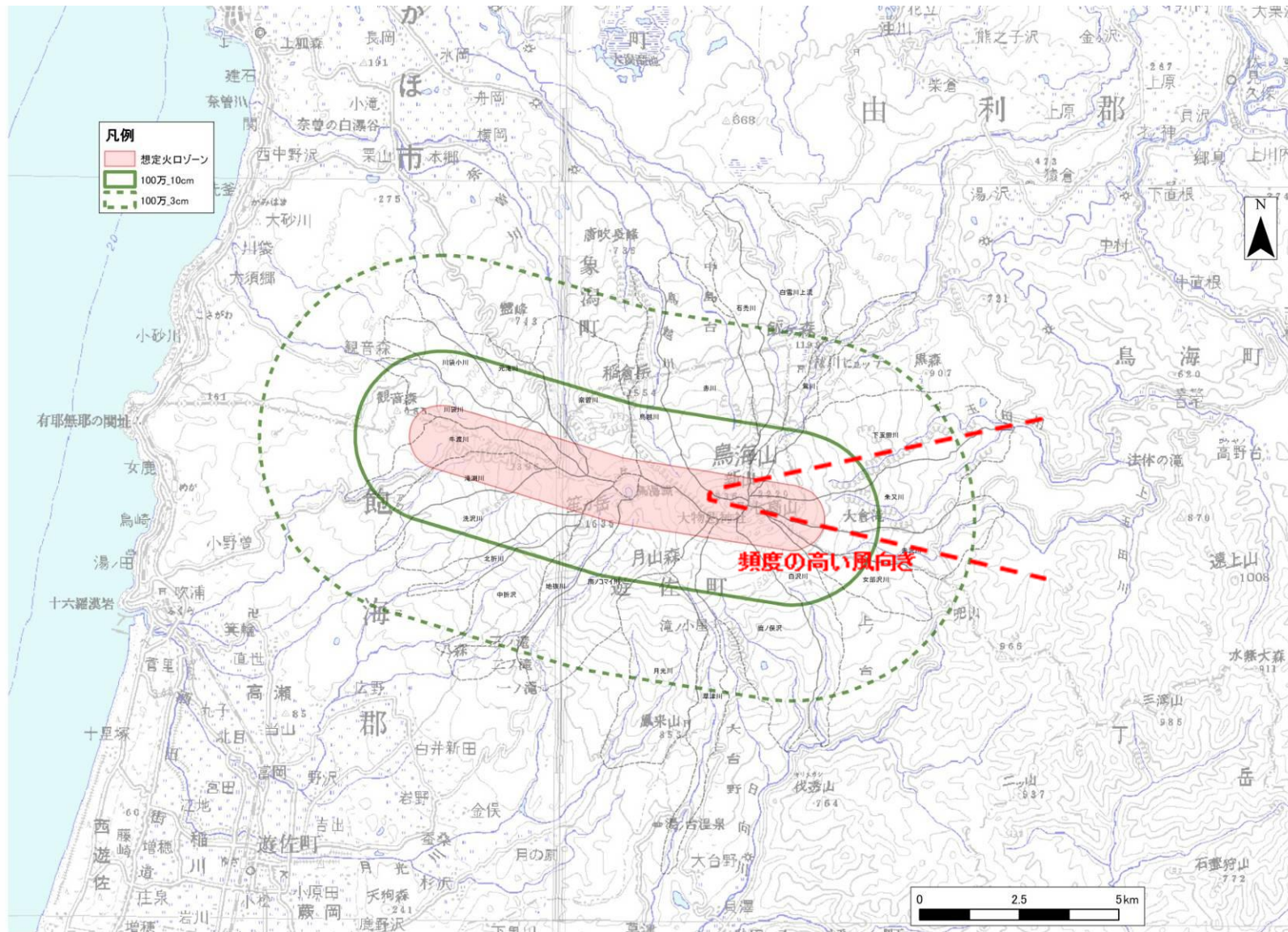


図 2-32 中規模噴火時の降灰分布図 (100 万 m³ : 堆積厚 3cm、10cm)

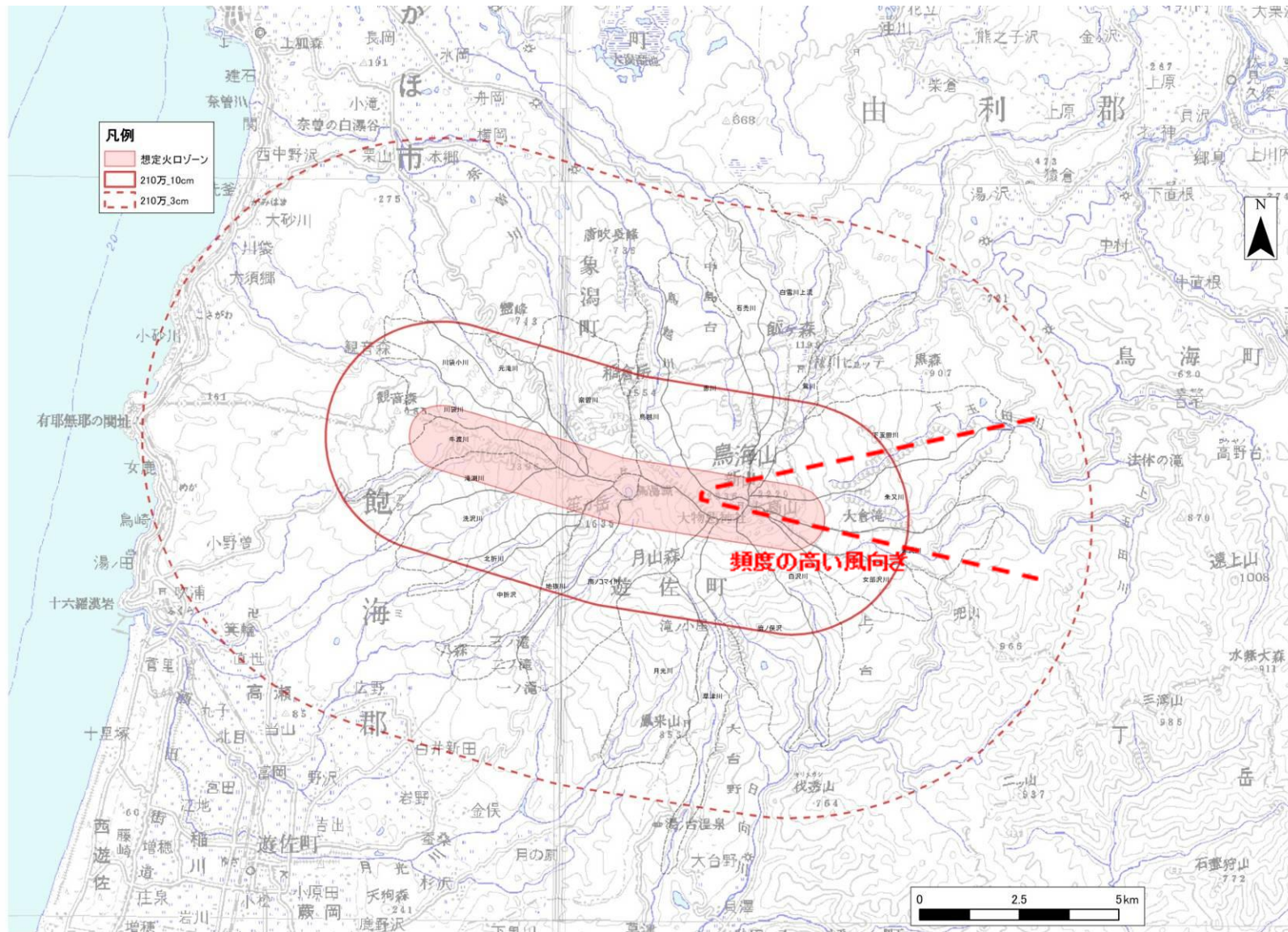


図 2-33 大規模噴火時の降灰分布図 (210 万 m^3 : 堆積厚 3cm、10cm)

2.3.5 土石流

(1) 対象溪流

現行火山防災マップ（平成18年公表）に準拠し、降灰厚10cm以上のみられる溪流を対象とします。（鳥海山山腹部に源を発する溪流）

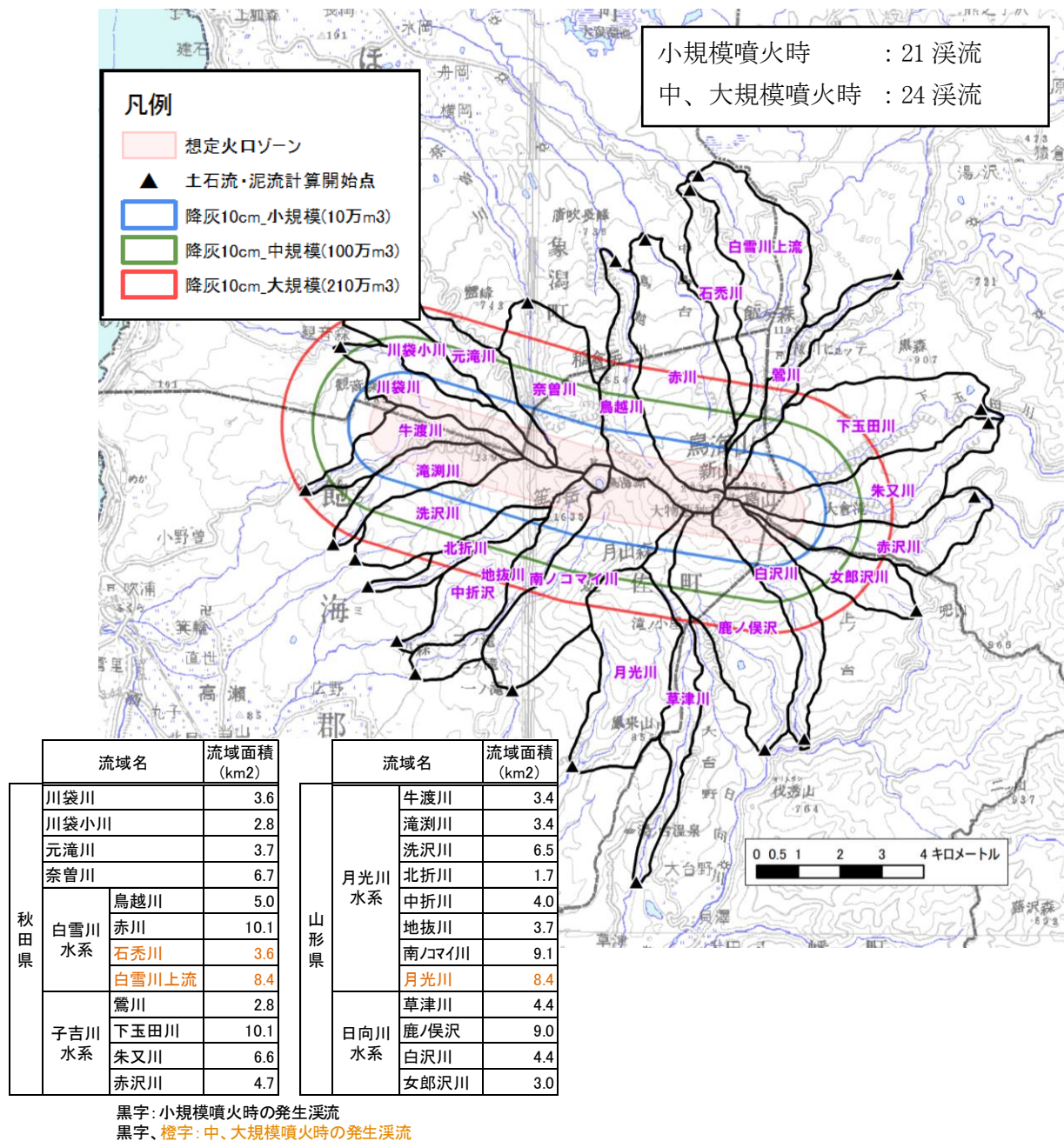


図 2-34 降灰後土石流の対象溪流

(2) 想定量の算出

鳥海山において想定する土石流は、噴火に伴う降灰の堆積による斜面の雨水浸透能力の低下が生じ、その後の2年超過確率降雨により発生すると想定しています。ここで、降灰の影響は次のように考えました。

- ・ 移動可能土砂量に流域の降灰量を加える
- ・ 運搬可能土砂量の算出にあたって、降灰斜面による流出率の増加を考慮

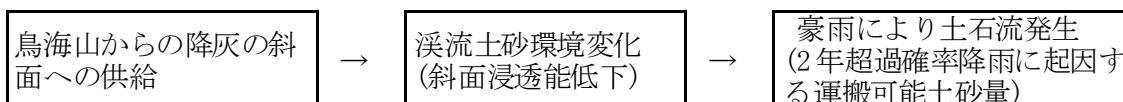
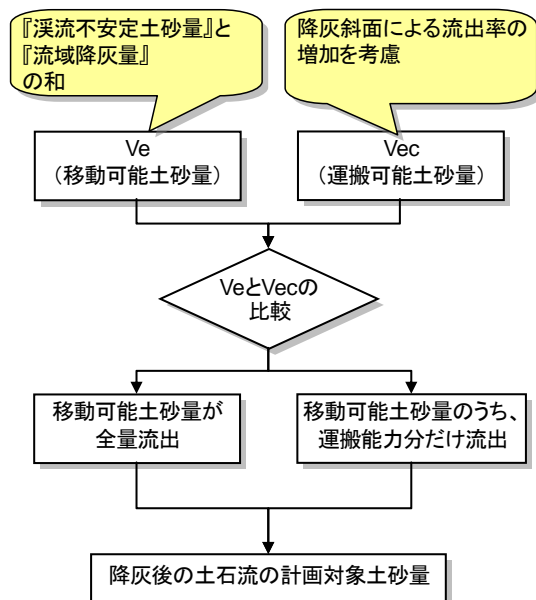


図 2-35 想定する土石流の発生プロセス

土石流による流出土砂量は、斜面に存在する不安定土砂量に加え、本想定では想定噴出量 10 万～210 万 m^3 の降灰が堆積することから、基本的に流域内の土砂は多量に存在するものとして考えることができます。降灰量を含む移動可能土砂量と運搬可能土砂量を比較すると、いずれの降灰量においても運搬可能土砂量の方が小さい結果となります。よって、土石流規模は2年超過確率降雨による運搬可能土砂量で評価することとします。



Ve:『土石流対策技術指針(案)平成12年7月』による移動可能土砂量の記号
 Vec: 同 運搬可能土砂量の記号
 ※最新版の『砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)平成19年11月』では、移動可能土砂量は V_{aq} 、運搬可能土砂量は V_{aq2} と表わされている。

図 2-36 流出土砂量の概念図

なお、降灰後の流出率の増加については、現行火山防災マップ（平成 18 年公表）と同様に以下のように設定しました。

- ①降灰等の噴火の影響がある場合には、通常の降雨による表流水の流出率（ $f=0.8$ 程度）より増大し、 $f=1.0$ 程度になるものとし、補正率 $f_w=1.25$ 倍（ $=1.0/0.8$ ）とする。
- ②降灰等の噴火の影響がある場合には、流水中に斜面侵食により生産される細粒分がとどまられ、見かけ上の流量を増大させるものと考え、流量の補正を行う。
- ここで、細粒土砂を含む泥水の流量（間隙流体）の補正率 fd は

$$fd = \frac{(\sigma - 1.0)}{(\sigma - \rho_m)} = (2.6 - 1.0) / (2.6 - 1.2) = 1.14 \quad \text{となる。}$$

σ : 礫の密度 ρ_m : 泥水の密度

- ③流出補正率に①と②の結果（ $\alpha=1.25 \times 1.14=1.43$ 倍）を乗じて補正する

(3) 数値シミュレーション計算の設定条件

以下に土石流シミュレーションの計算条件一覧を示します。

表 2-16 土石流計算の主要パラメータ

項目	記号	単位	数値	備考
泥水密度	ρ	g/cm^3	1.2	現行火山防災マップ(平成 18 年公表)に準拠。一般値
砂礫密度	σ	g/cm^3	2.65	同上
代表粒径	d_m	cm	20.0	同上
砂礫の内部摩擦角	ϕ	°	35	同上
堆積層の砂礫容積密度	C^*	-	0.6	同上
計算用地形データ	-	m	25	同上

また、土石流ハイドログラフ、土石流発生タイミング等は以下の考え方を基本に対象溪流毎に設定しました。

- a) 噴火後は対象流域内が常に荒廃していることが想定され、小降雨でも土石流発生が考えられます。想定する土石流の規模は、考えられる最大の流下氾濫を網羅できうる規模とし、2年超過確率規模とする。
- b) 2年超過確率日雨量は 166.6mm を採用する。(気象庁：鳥海山 1975～2010)
- c) 降雨波形は、一般的な災害パターン波形（後方集中タルボット型）とする。
- d) 流出解析は山地溪流で多く用いられている中安の単位図法により算出する。
- e) 土石流ピーク流量の算出は砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）平成 19 年 11 月に準ずる。

表 2-17 降灰後土石流の計画対象土砂量

対象流域		①土石流の移動可能土砂量			②2年確率 運搬可能 土砂量 ※1回分	計画対象 土砂量 (①,②の小さい方)
河川名	溪流名	溪床不安 定土砂量	降灰堆 積量			
		(10 ³ m ³)	(10 ³ m ³)	(10 ³ m ³)	(10 ³ m ³)	(10 ³ m ³)
	川袋川	1,012.0	82.9	1,203.6	93.7	93.7
	川袋小川	420.0	66.1	487.0	79.4	79.4
	元滝川	972.0	69.2	1,059.8	96.6	96.6
	奈曾川	924.0	88.0	1,122.0	134.7	134.7
白雪川	鳥越川	776.0	73.8	922.2	113.5	113.5
	赤川	1,236.0	88.0	1,426.0	168.9	168.9
	石禿川	168.0	30.3	229.1	94.8	94.8
	白雪川上流	260.0	49.8	402.3	149.6	149.6
	本川	2,440.0	-	2,979.6	526.8	526.8
子吉川	鶯川	580.0	64.0	632.1	80.5	80.5
	下玉田川	736.0	88.0	1,099.9	167.8	167.8
	朱又川	680.0	88.0	869.1	133.3	133.3
	赤沢川	280.0	82.6	405.1	111.6	111.6
	本川	1,696.0	-	2,374.1	412.7	412.7
月光川	牛渡川	776.0	68.2	864.9	91.7	91.7
	滝淵川	392.0	70.1	611.2	89.8	89.8
	洗沢川	940.0	88.0	1,150.7	130.5	130.5
	北折川	380.0	58.2	442.0	60.0	60.0
	中折沢	308.0	71.7	341.9	98.7	98.7
	地抜川	428.0	70.2	532.4	97.4	97.4
	南ノコマイ川	1,048.0	88.0	1,400.9	163.0	163.0
	月光川	1,048.0	60.5	1,079.6	149.9	149.9
日向川	草津川	480.0	44.0	542.3	103.5	103.5
	鹿ノ俣沢	888.0	88.0	1,037.8	160.7	160.7
	白沢川	1,048.0	81.0	1,178.4	105.2	105.2
	女郎沢川	220.0	71.7	275.0	86.0	86.0

※降灰量は小規模噴火時の値、中規模、大規模の場合も運搬可能土砂量が採用されるので計画対象土砂量は同じ

なお、繰り返し発生する土石流の被害について、想定される氾濫範囲を参考資料に示します。

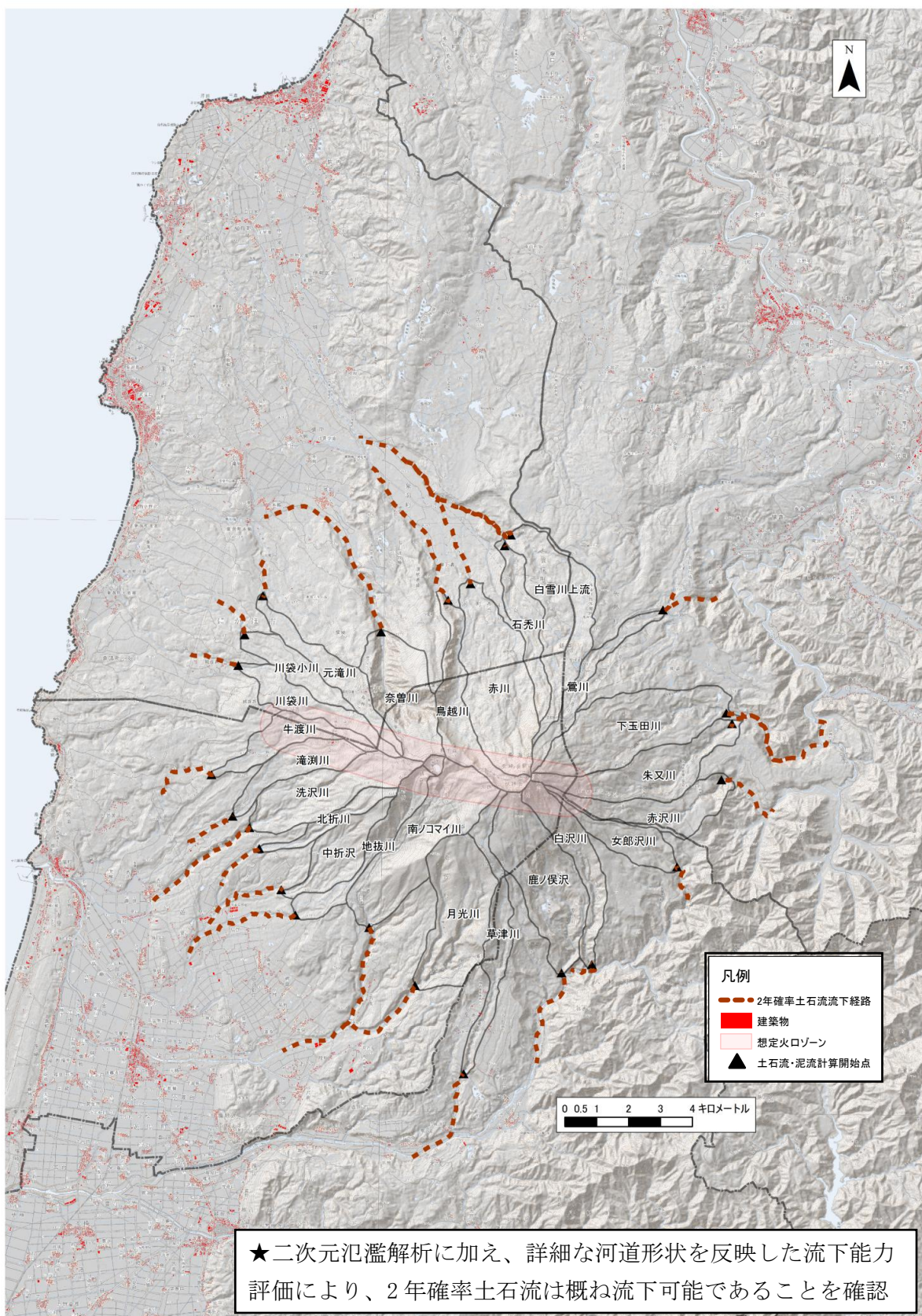


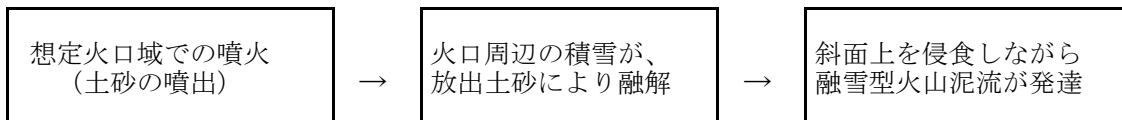
図 2-37 2年超過確率降雨による降灰後土石流【流下能力評価後の氾濫範囲】

2.3.6 火山泥流

(1) 火山泥流の発生形態

鳥海山で想定される火山泥流は、融雪型、火口噴出型が考えられます。ここで被害想定検討上想定する火山泥流は、積雪期に噴火(マグマ水蒸気爆発など)が生じ、放出された土砂による融雪に起因して発生する融雪型火山泥流を想定します。

既に前章までに想定された噴火口位置と噴火形態、火口付近の地形等を考慮すると、火山泥流の発生プロセスは以下の様に示すことができます。



従って、ここでは泥流量を（噴出土砂量＋融雪水量＋侵食土砂量）として設定します。

(2) 火山泥流の対象土砂量

噴火により放出される土砂量は、現行火山防災マップ（平成18年公表）作成時に設定している90万 m^3 および210万 m^3 とし、計画上の最大安全側を見込み、噴出全量が融雪に寄与する場合を想定します。

(3) 噴火により放出される土砂の温度

溶岩流の想定温度は900度～1050度を設定していますが、ここで想定するのは火口からの放出物であり、若干の温度低下が予想されることから、既往火山防災マップの設定に準じ、噴火により火口から放出される土砂の温度は800度とします。

(4) 融雪水量

① 融雪範囲

融雪範囲は、高温噴出物の想定堆積範囲を想定噴火範囲内の半径0.5kmの円（面積0.79 km^2 ）と仮定した上で、各流域に最も広い想定堆積範囲がかかり、かつその中心が想定噴火範囲の中に位置するような想定堆積範囲を流域ごとに地形条件を考慮して設定しました。

また、大規模噴火時には上記に加え、源頭域の集水地形を考慮した斜面流下範囲も融雪することとしました。

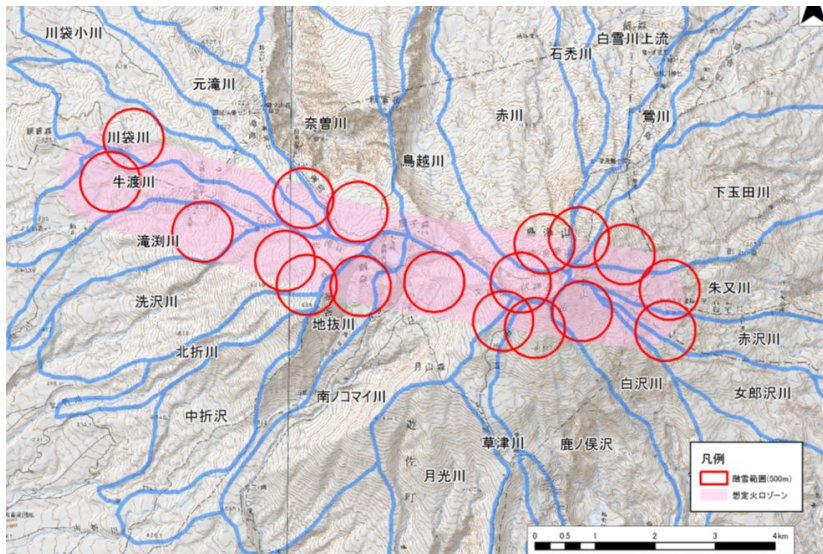


図 2-38 高温噴出物の想定堆積範囲と想定融雪範囲

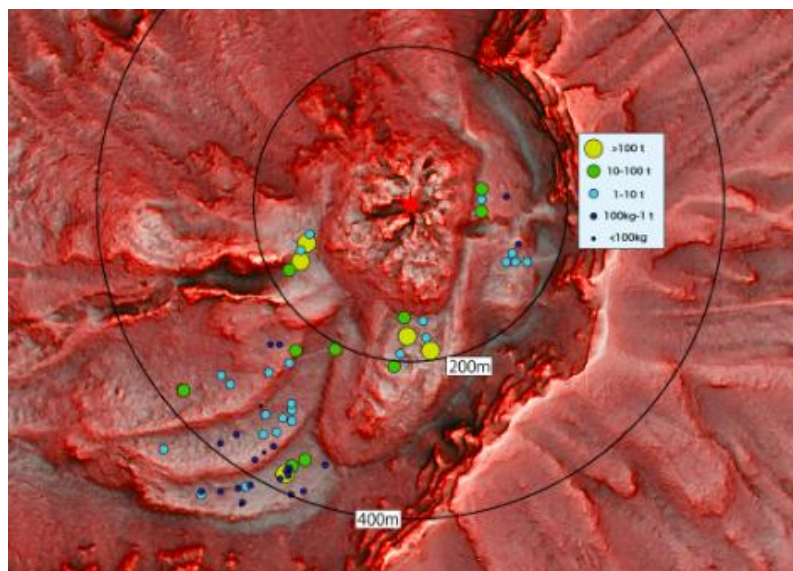


図 2-39 現在でも確認可能な 1801 年噴火時の噴石分布
出典：林（2014）歴史地震研究会資料

② 積雪水量

積雪深は、鳥海山山周辺観測所の年最深積雪深の標高分布から標高別積雪深を設定し、融雪範囲の積雪深を推定しました。

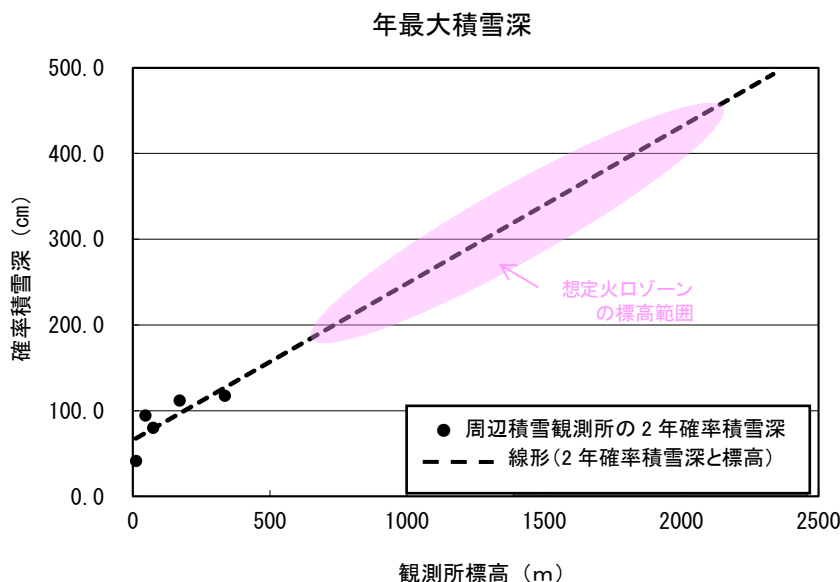


図 2-40 鳥海山近傍における標高と年最深積雪深（平年値）の関係

③ 融雪水量

計画融雪水量は前項の融雪範囲をもとに下式により、2年確率の年最大積雪深における融雪水量を算出しました。

計画積雪水量＝融雪範囲×計画積雪深×積雪の密度

計画積雪深＝融雪範囲の中間標高地点の2年確率積雪深

積雪の密度＝0.3g/cm³（一般値）

融雪に關与する土砂量

＝想定噴出量×流域内の想定堆積面積/（半径0.5kmの面積）

＝900 または 2100×10³m³×流域内の想定堆積面積/0.79km²

融雪可能水量＝融雪に關与する土砂量×5.0

計画融雪水量は、融雪可能水量と計画積雪水量を比較して小さい方

なお、融雪可能水量は宮本ら（1989）より下式で表される。

$$V_0 = K \cdot \frac{(T_s - T_m) \cdot C_s \cdot \rho_s}{(1 - C_m) q_m \rho_w} \cdot V_t$$

V_0 : 融雪可能水量 (m³)

V_t : 供給土砂量 (噴石量のうち真の土砂量) (m³)

T_s : 供給土砂の温度 (°C)

T_m : 融解水の温度 (=0°Cとする)

C_s : 土砂の比熱 (=0.53cal/g·K)

C_m : 積雪中の水の割合 (含水率) (=0)

q_m : 雪の融解熱 (=80cal/g)

ρ_s : 火砕物密度

ρ_w : 水密度 K : 熱量の融雪寄与率を表す係数

十勝岳大正泥流の実績より係数 K は0.38とし、融雪可能水量は、土砂量の5倍と設定した。

(5) 数値シミュレーション計算の設定条件

火山泥流のハイドログラフは、既往検討および山形県側の設定条件を基本として、継続時間 1 時間、ピークを 12 分とした三角形のハイドログラフを採用します。また、計算に適用した各種パラメータも同様の条件を参考に下記のように設定しました。

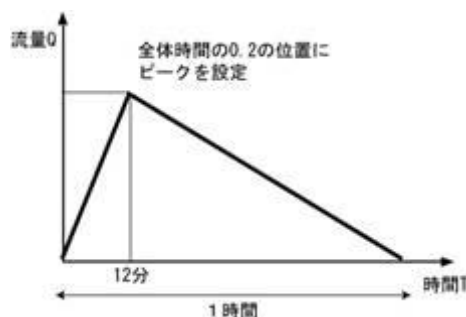


図 2-41 融雪型火山泥流のハイドログラフのイメージ

表 2-18 火山泥流計算の主要パラメータ

項目	記号	単位	数値	備考
泥水密度	ρ	g/cm^3	1.2	既往検討に準拠。一般値
砂礫密度	σ	g/cm^3	2.65	同上
代表粒径	d m	cm	1.0	同上
堆積層の砂礫容積密度	C*	-	0.6	同上
計算用地形データ	-	m	25	同上

表 2-19 泥流諸元一覧表（中規模）

項目	単位	秋田県側									
		川袋川	川袋小川	元滝川	奈曽川	白雪川		子吉川			
						鳥越川	赤川	鶯川	下玉田川	朱ノ又川	赤沢川
融雪範囲 ①	(km ²)	0.35	0.00	0.32	0.79	0.46	0.79	0.32	0.62	0.63	0.44
流域内降下火砕物供給量 ②	(10 ³ m ³)	396	0	369	900	522	900	369	702	720	504
融雪可能水量 ③=②×5	(10 ³ m ³)	1,980	0	1,845	4,500	2,610	4,500	1,845	3,510	3,600	2,520
流域平均積雪深 ④	(m)	2.08	0.66	3.22	3.54	4.18	4.17	4.31	4.00	3.56	3.45
積雪水量 ⑤=①×④×0.35	(10 ³ m ³)	255	0	361	979	673	1,153	483	868	785	531
融雪水量 ⑥=③と⑤の小さい方	(10 ³ m ³)	255	0	361	979	673	1,153	483	868	785	531
初期泥流量 ⑦=②+⑥	(10 ³ m ³)	651	0	730	1,879	1,195	2,053	852	1,570	1,505	1,035
初期土砂濃度 ⑧=②×0.4/⑦		0.243		0.202	0.192	0.175	0.175	0.173	0.179	0.191	0.195
勾配	tanθ	0.143	0.000	0.100	0.120	0.120	0.120	0.107	0.088	0.088	0.120
平衡土砂濃度 ⑨	Cd	0.143	0.000	0.093	0.115	0.115	0.115	0.101	0.081	0.081	0.115
侵食可能土砂量 ⑩	(10 ³ m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
流出粗粒土砂量(真) ⑪=⑩×⑨	(10 ³ m ³)	93.1	0.0	67.9	216.1	137.4	236.1	86.1	127.2	121.9	119.0
流出粗粒土砂量(見掛け) ⑫=⑪/(1-0.6)	(10 ³ m ³)	155.2	0.0	113.2	360.1	229.0	393.5	143.4	212.0	203.2	198.4
流出細粒土砂量(真) ⑬=②×0.6+⑩×0.3	(10 ³ m ³)	237.6	0.0	221.4	540.0	313.2	540.0	221.4	421.2	432.0	302.4
全土砂量 ⑭=⑪+⑬	(10 ³ m ³)	330.7	0.0	289.3	756.1	450.6	776.1	307.5	548.4	553.9	421.4
泥流ピーク流量 ⑮=⑭÷3600×2	(m ³ /s)	362	0	406	1,044	664	1,141	473	872	836	575
泥流総量 ⑯=⑦+⑭	(10³m³)	651	0	730	1,879	1,195	2,053	852	1,570	1,505	1,035

項目	単位	山形県側									
		月光川						日向川			
		牛渡川	滝淵川	洗沢川	北折川	地抜川	南ノコマイ	草津川	鹿ノ俣川	白沢川	女郎沢川
融雪範囲 ①	(km ²)	0.79	0.79	0.79	0.16	0.79	0.79	0.24	0.67	0.69	0.22
流域内降下火砕物供給量 ②	(10 ³ m ³)	900	900	900	180	900	900	270	765	783	252
融雪可能水量 ③=②×5	(10 ³ m ³)	4,500	4,500	4,500	900	4,500	4,500	1,350	3,825	3,915	1,260
流域平均積雪深 ④	(m)	1.91	3.36	3.36	3.53	3.45	3.62	4.20	4.20	3.56	3.45
積雪水量 ⑤=①×④×0.35	(10 ³ m ³)	528	929	929	198	954	1,001	353	985	860	266
融雪水量 ⑥=③と⑤の小さい方	(10 ³ m ³)	528	929	929	198	954	1,001	353	985	860	266
初期泥流量 ⑦=②+⑥	(10 ³ m ³)	1,428	1,829	1,829	378	1,854	1,901	623	1,750	1,643	518
初期土砂濃度 ⑧=②×0.4/⑦		0.252	0.197	0.197	0.190	0.194	0.189	0.173	0.175	0.191	0.195
勾配	tanθ	0.100	0.100	0.088	0.110	0.120	0.125	0.088	0.100	0.100	0.111
平衡土砂濃度 ⑨	Cd	0.093	0.093	0.081	0.104	0.115	0.121	0.080	0.093	0.093	0.105
侵食可能土砂量 ⑩	(10 ³ m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
流出粗粒土砂量(真) ⑪=⑩×⑨	(10 ³ m ³)	132.8	170.1	148.1	39.3	213.2	230.0	49.8	162.8	152.8	54.4
流出粗粒土砂量(見掛け) ⑫=⑪/(1-0.6)	(10 ³ m ³)	221.3	283.5	246.9	65.5	355.4	383.4	83.1	271.3	254.7	90.7
流出細粒土砂量(真) ⑬=②×0.6+⑩×0.3	(10 ³ m ³)	540.0	540.0	540.0	108.0	540.0	540.0	162.0	459.0	469.8	151.2
全土砂量 ⑭=⑪+⑬	(10 ³ m ³)	672.8	710.1	688.1	147.3	753.2	770.0	211.8	621.8	622.6	205.6
泥流ピーク流量 ⑮=⑭÷3600×2	(m ³ /s)	793	1,016	1,016	210	1,030	1,056	346	972	913	288
泥流総量 ⑯=⑦+⑭	(10³m³)	1,428	1,829	1,829	378	1,854	1,901	623	1,750	1,643	518

表 2-20 泥流諸元一覧表 (大規模)

項目	単位	秋田県側									
		川袋川	川袋小川	元滝川	奈曽川	白雪川		子吉川			
						鳥越川	赤川	鶯川	下玉田川	朱ノ又川	赤沢川
融雪範囲 ①	(km ²)	2.05	0.39	0.39	2.07	1.43	3.09	1.32	1.84	1.70	0.70
流域内降下火砕物供給量 ②	(10 ³ m ³)	264	47	861	2,100	383	830	353	1,638	1,680	1,176
融雪可能水量 ③=②×5	(10 ³ m ³)	1,320	236	4,305	10,500	1,914	4,150	1,763	8,190	8,400	5,880
流域平均積雪深 ④	(m)	1.84	1.72	3.15	3.00	3.80	3.80	3.79	3.65	3.16	3.29
積雪水量 ⑤=①×④×0.35	(10 ³ m ³)	1,320	235	430	2,174	1,902	4,110	1,751	2,351	1,880	806
融雪水量 ⑥=③と⑤の小さい方	(10 ³ m ³)	1,320	235	430	2,174	1,902	4,110	1,751	2,351	1,880	806
初期泥流量 ⑦=②+⑥	(10 ³ m ³)	1,584	282	1,291	4,274	2,285	4,940	2,104	3,989	3,560	1,982
初期土砂濃度 ⑧=②×0.4/⑦		0.067	0.067	0.267	0.197	0.067	0.067	0.067	0.164	0.189	0.237
勾配	tanθ	0.143	0.125	0.100	0.120	0.120	0.120	0.107	0.088	0.088	0.120
平衡土砂濃度 ⑨	Cd	0.143	0.121	0.093	0.115	0.115	0.115	0.101	0.081	0.081	0.115
侵食可能土砂量 ⑩	(10 ³ m ³)	2,121	193	0	0	1,290	2,778	721	0	0	0
流出粗粒土砂量(真) ⑪=⑩×⑨	(10 ³ m ³)	529.9	57.5	120.1	491.5	411.1	887.5	285.3	323.1	288.4	227.9
流出粗粒土砂量(見掛け) ⑫=⑪/(1-0.6)	(10 ³ m ³)	883.1	95.9	200.1	819.2	685.1	1,479.2	475.6	538.5	480.6	379.9
流出細粒土砂量(真) ⑬=②×0.6+⑩×0.3	(10 ³ m ³)	794.8	28.3	516.6	1,260.0	229.7	498.0	211.6	982.8	1,008.0	705.6
全土砂量 ⑭=⑪+⑬	(10 ³ m ³)	1,324.7	85.8	636.7	1,751.5	640.8	1,385.5	496.9	1,305.9	1,296.4	933.5
泥流ピーク流量 ⑮=⑭÷3600×2	(m ³ /s)	2,058	264	717	2,374	1,986	4,288	1,569	2,216	1,978	1,101
泥流総量 ⑯=⑦+⑭	(10³m³)	3,705	475	1,291	4,274	3,575	7,718	2,825	3,989	3,560	1,982

項目	単位	山形県側									
		月光川						日向川			
		牛渡川	滝淵川	洗沢川	北折川	地抜川	南ノコマイ	草津川	鹿ノ俣川	白沢川	女郎沢川
融雪範囲 ①	(km ²)	1.94	2.82	1.41	0.84	1.05	2.62	0.65	2.22	2.62	0.55
流域内降下火砕物供給量 ②	(10 ³ m ³)	2,100	2,100	2,100	172	2,100	600	630	1,785	1,827	588
融雪可能水量 ③=②×5	(10 ³ m ³)	10,500	10,500	10,500	860	10,500	3,000	3,150	8,925	9,135	2,940
流域平均積雪深 ④	(m)	1.77	2.70	2.70	2.92	3.26	3.27	3.71	3.71	3.43	3.23
積雪水量 ⑤=①×④×0.35	(10 ³ m ³)	1,202	2,665	1,332	858	1,198	2,999	844	2,883	3,145	622
融雪水量 ⑥=③と⑤の小さい方	(10 ³ m ³)	1,202	2,665	1,332	858	1,198	2,999	844	2,883	3,145	622
初期泥流量 ⑦=②+⑥	(10 ³ m ³)	3,302	4,765	3,432	1,030	3,298	3,599	1,474	4,668	4,972	1,210
初期土砂濃度 ⑧=②×0.4/⑦		0.254	0.176	0.245	0.067	0.255	0.067	0.171	0.153	0.147	0.194
勾配	tanθ	0.100	0.100	0.088	0.110	0.120	0.125	0.088	0.100	0.100	0.111
平衡土砂濃度 ⑨	Cd	0.093	0.093	0.081	0.104	0.115	0.121	0.080	0.093	0.093	0.105
侵食可能土砂量 ⑩	(10 ³ m ³)	0	0	0	399	0	2,474	0	0	0	0
流出粗粒土砂量(真) ⑪=⑩×⑨	(10 ³ m ³)	307.1	443.1	278.0	148.6	379.3	734.9	117.9	434.1	462.4	127.1
流出粗粒土砂量(見掛け) ⑫=⑪/(1-0.6)	(10 ³ m ³)	511.8	738.6	463.3	247.7	632.1	1,224.8	196.5	723.5	770.7	211.8
流出細粒土砂量(真) ⑬=②×0.6+⑩×0.3	(10 ³ m ³)	1,260.0	1,260.0	1,260.0	103.2	1,260.0	360.0	378.0	1,071.0	1,096.2	352.8
全土砂量 ⑭=⑪+⑬	(10 ³ m ³)	1,567.1	1,703.1	1,538.0	251.8	1,639.3	1,094.9	495.9	1,505.1	1,558.6	479.9
泥流ピーク流量 ⑮=⑭÷3600×2	(m ³ /s)	1,834	2,647	1,907	794	1,832	3,374	819	2,593	2,762	672
泥流総量 ⑯=⑦+⑭	(10³m³)	3,302	4,765	3,432	1,429	3,298	6,073	1,474	4,668	4,972	1,210

〔基本事項編〕

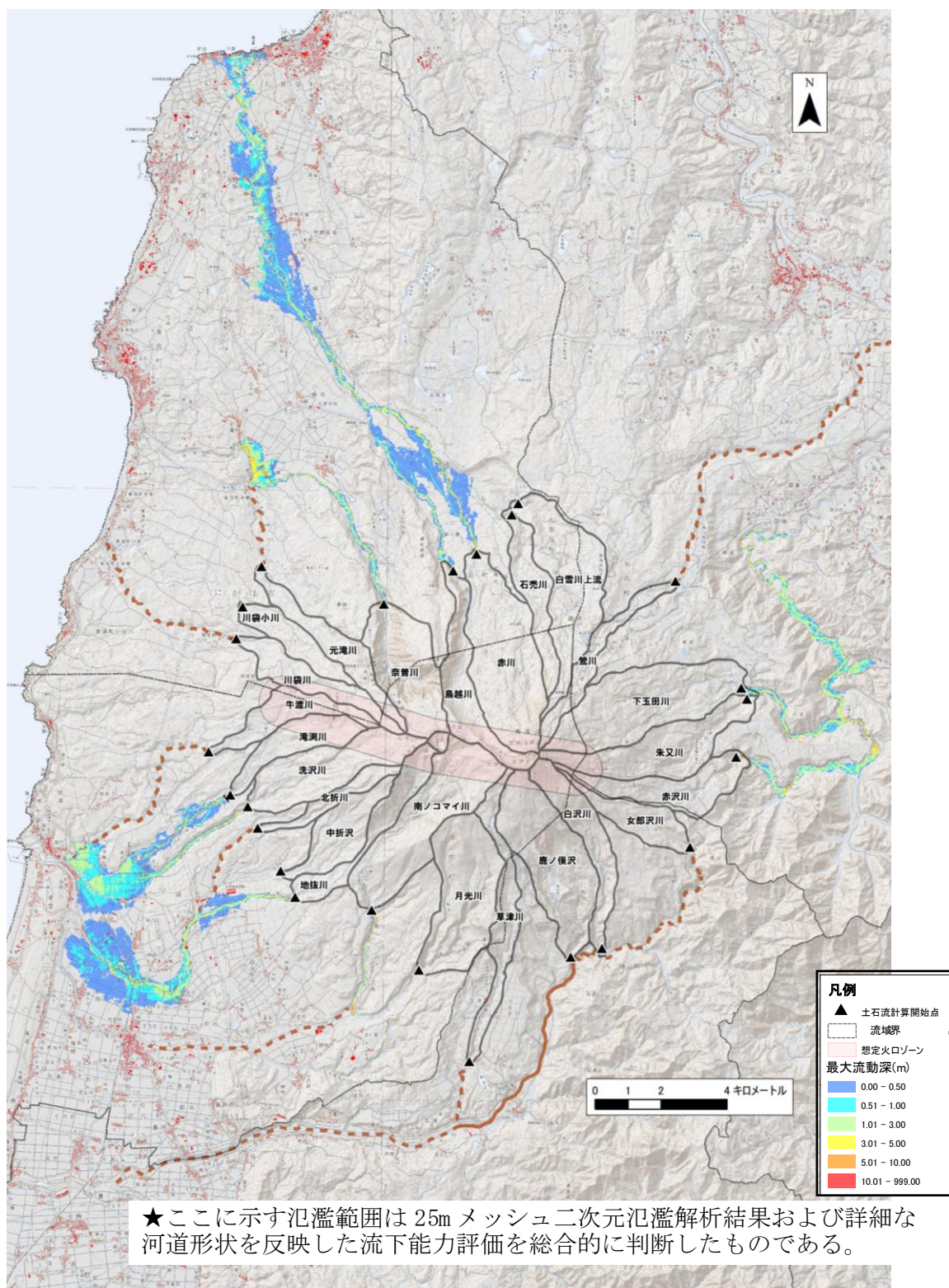


図 2-42 火山泥流【噴出物 90 万 m³ の場合】最大流動深分布図

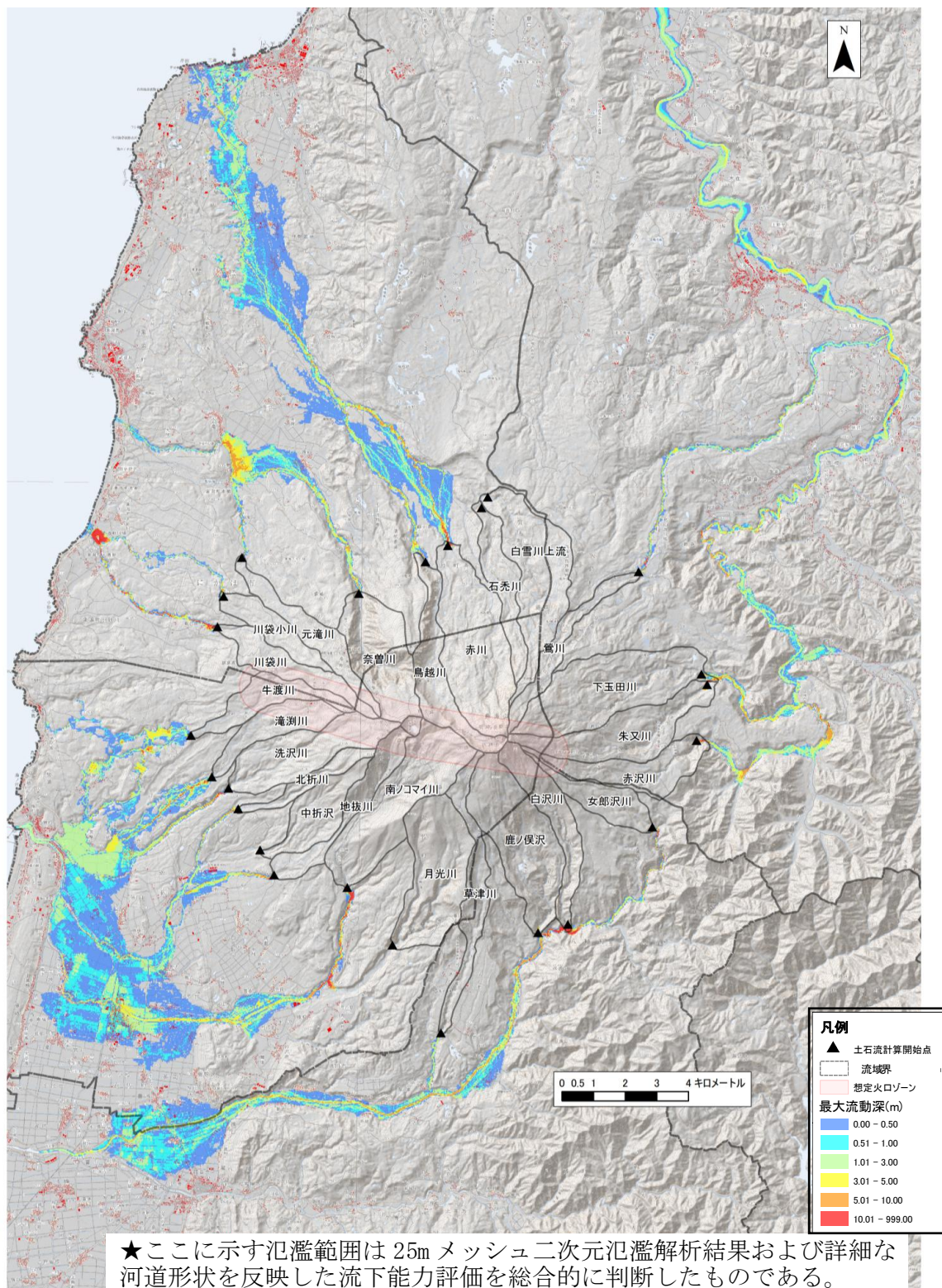


図 2-43 火山泥流【噴出物 210 万 m³ の場合】最大流動深分布図

2.3.7 溶岩流

(1) 計算条件

各条件は、現行火山防災マップ（平成 18 年公表）で検証計算等により設定された条件に準ずるものとします。

① ハイドログラフ

溶岩流ハイドログラフは平成 12 年度鳥海山火山噴火防災マップ策定検討委員会運営補助業務委託で実施されている検証計算（871 年噴火のうち、噴出火口近傍に明瞭な形状を有する部分（1300 万 m³）が対象）により設定されている、噴出時間 10 時間の矩形形状を採用しました。今回対象となる溶岩総量 350 万 m³ および 2100 万 m³ を 10 時間で噴出すると考えると、噴出レートは下記のとおりです。

$$350 \text{ 万 m}^3 \div (10 \times 3600) = 97.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$2100 \text{ 万 m}^3 \div (10 \times 3600) = 583 \text{ m}^3/\text{s}$$

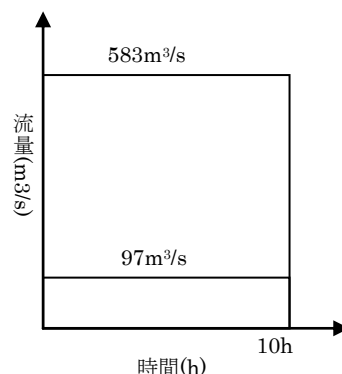


図 2-44 溶岩流ハイドログラフ

② 地形データ

地形データは、『平成 20 年度鳥海山麓航空レーザー計測業務』による LP データをもとに、50m 四方のメッシュを作成しました。

③ その他の計算定数の設定

現行火山防災マップ（平成 18 年公表）で検証計算等により設定された条件に準じて設定しました。下表に計算条件一覧を示します。

特に溶岩流の流動に大きな影響がある溶岩温度については、保全対象への影響が大きい想定として、ハザードマップ中で低粘性だった場合の例として掲載されている 1050℃を採用することとしました。

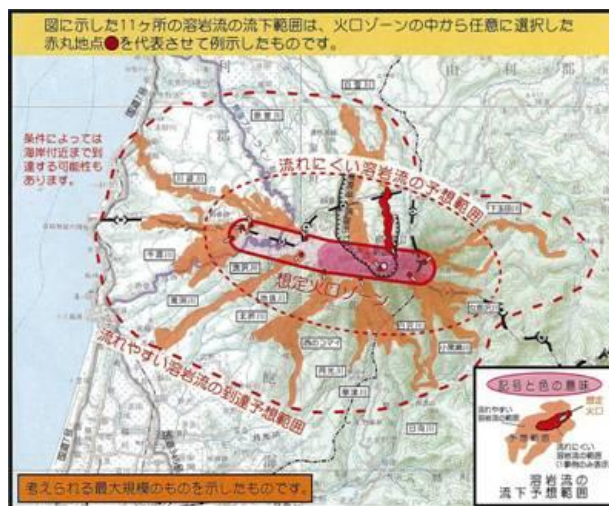


図 2-45 H18 公表ハザードマップ記載の溶岩流結果図（2100 万 m³、1050℃）

表 2-21 計算条件一覧表 (現行火山防災マップ (平成 18 年公表) の計算条件と同様)

項目	記号	単位	数値	備考
溶岩噴出温度	θ	$^{\circ}\text{C}$	1050	900~1100 $^{\circ}\text{C}$ の範囲で低粘性の代表例としてハザードマップに記載している温度
噴出時間	h	時間	10時間矩形 (36h 後まで計算)	ピーク流量 97.2 または583 m^3/s
溶岩密度	ρ	g/cm^3	2.5	一般値
放射率	ε		0.9	一般値
比熱	c	$\text{J}/\text{kg}/\text{K}$	0.84	一般値
重力加速度	g	m/s^2	9.8	一般値
Stefan-Boltzmann定数	σ	$\text{J}/\text{m}^2/\text{K}^4/\text{s}$	5.67×10^{-8}	
粘性係数	η	poise	44×10^4 (1050 $^{\circ}\text{C}$)	$\log \eta$ =-15.21+21,901(1/T)
降伏せん断応力	τ_y	dyn/cm^2	31×10^5 (1050 $^{\circ}\text{C}$)	$\log \tau_y$ =-5.79+10,796(1/T)

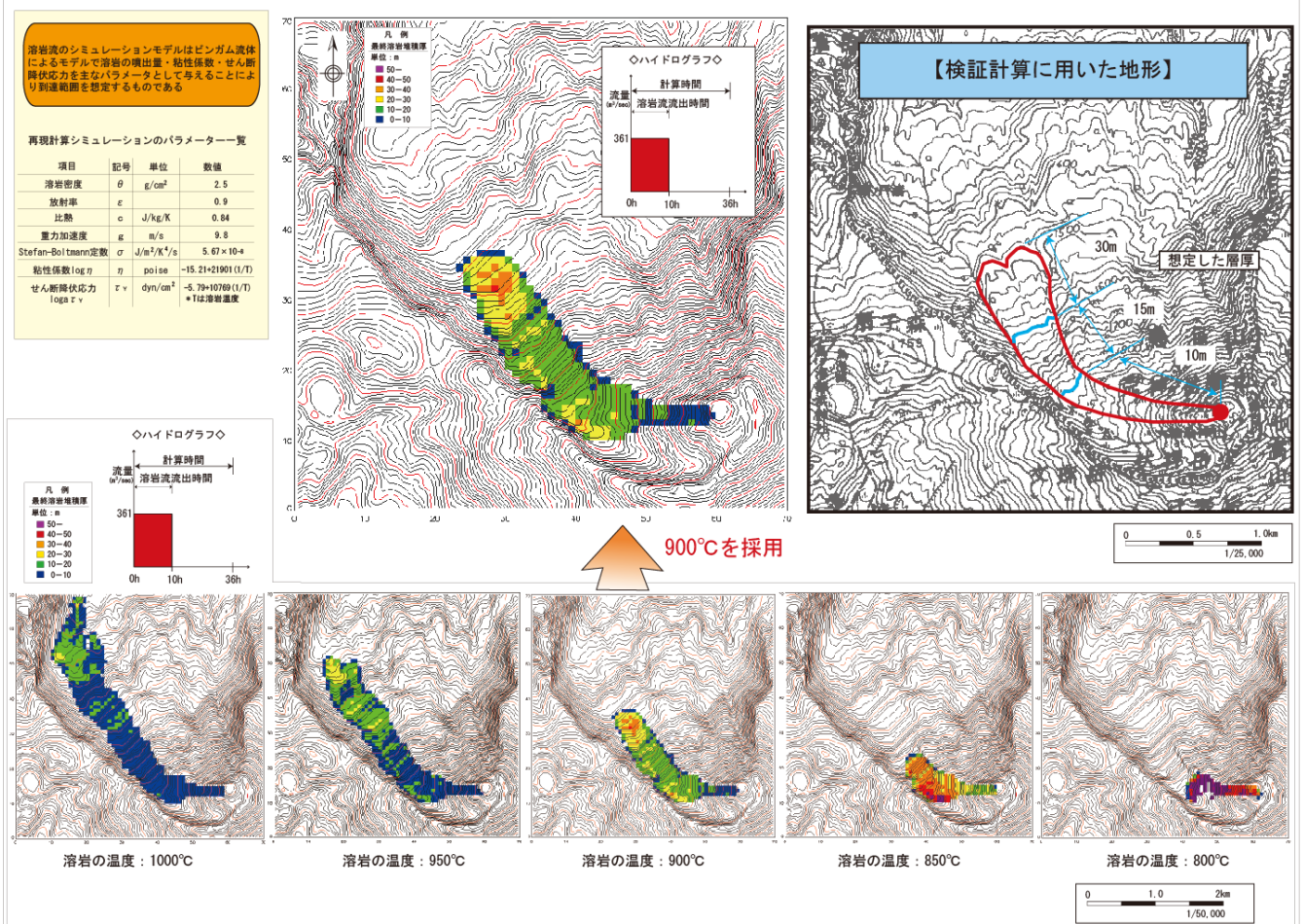


図 2-46 溶岩流検証計算
(平成 12 年度第 2 回鳥海山火山防災マップ策定検討委員会資料抜粋)

<溶岩流量の根拠>

■大規模：2100 万 m³

林・宇井(1993)は、ステージ IIIa の溶岩について溶岩流の平均的な量を求めており、その平均的なサイズおよび量は長さ 3.5km、幅 400m、厚さ 15m でありその体積は 0.02km³ (2100 万 m³) であるとしている。

さらに、林ら (2006) において、871 年噴火時の溶岩流として千蛇谷溶岩の体積の再計算が行われており、約 2500 万 m³ という値が示されている。

■中規模：350 万 m³

林ら (2006) において、1801 年噴火時の新山溶岩ドームについて「2200m 以下の部分は、円錐台公式で計算を行い、それ以上の部分については半球で近似して計算を行った」結果として、約 350 万 m³ という値が示されている。

※林ら 2006：「鳥海山の完新世噴火史と火山災害」月刊地球 Vol. 28, No. 5

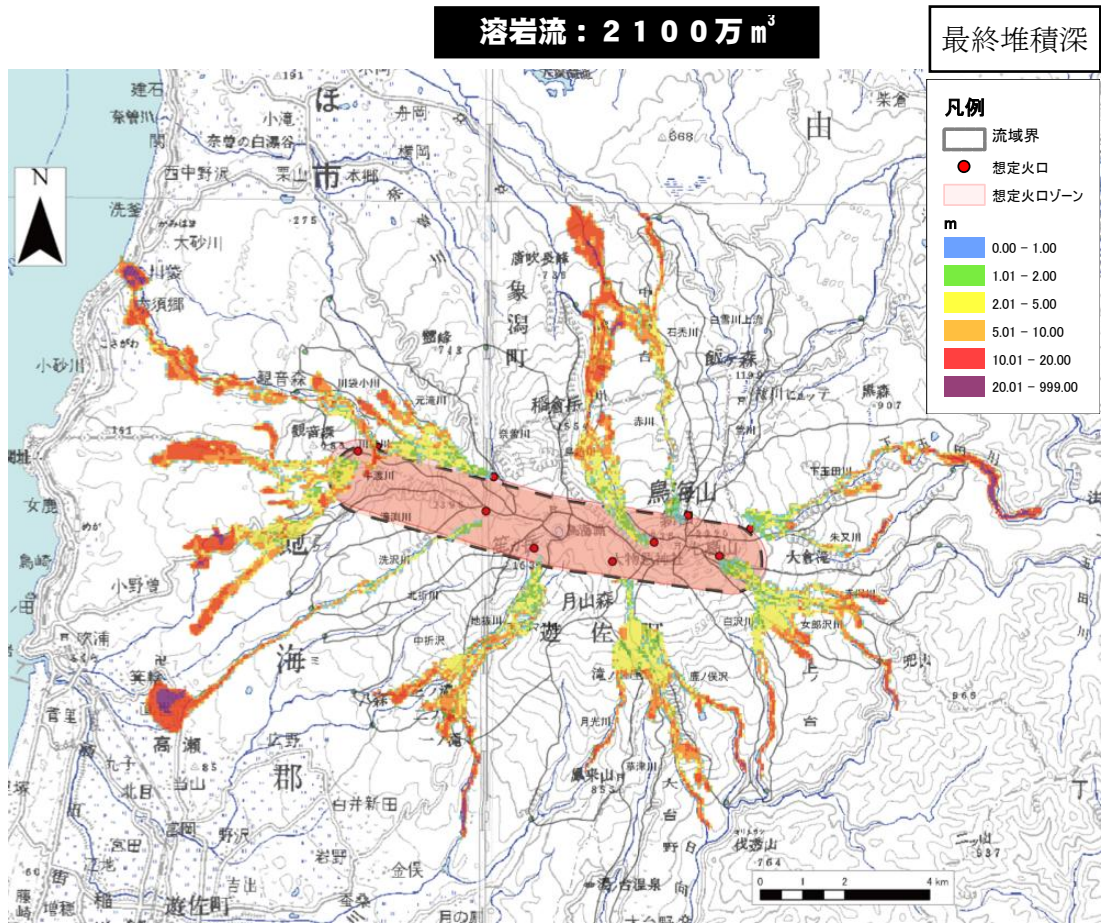


図 2-47 溶岩流計算結果図【溶岩総量 2100 万³】

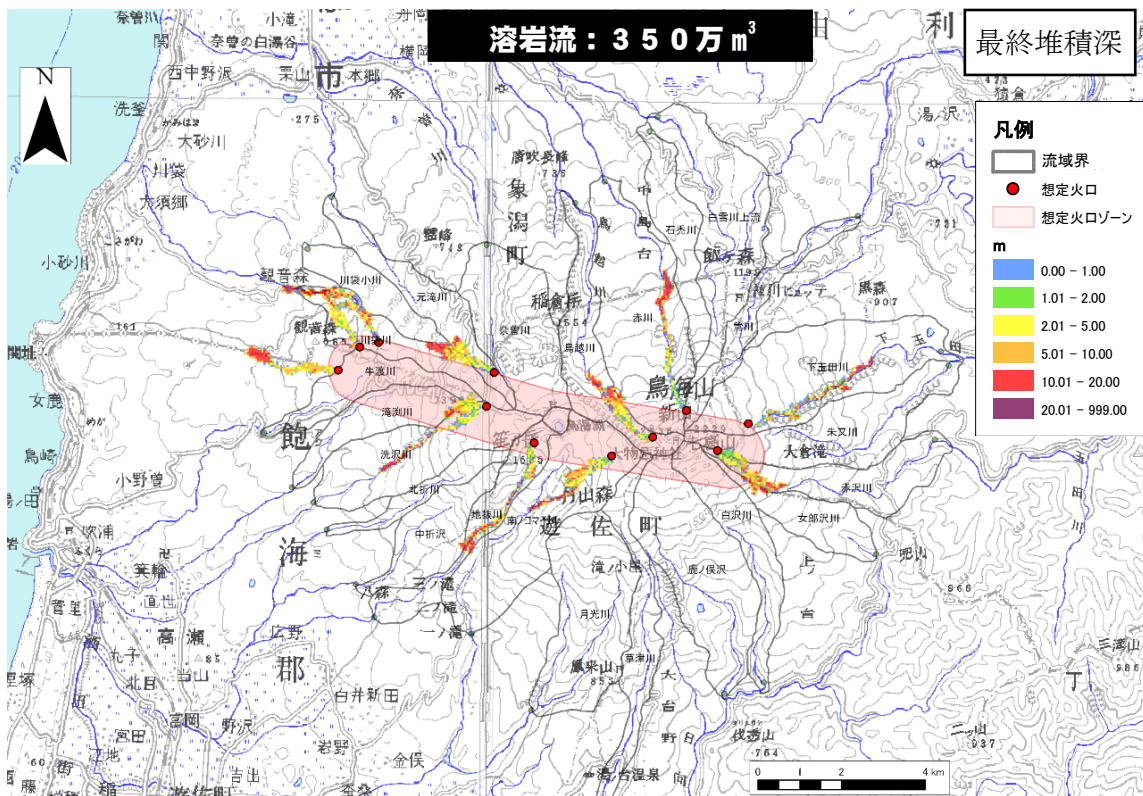


図 2-48 溶岩流計算結果図【溶岩総量 350 万³】

2.3.8 火砕流

(1) 計算条件

鳥海山における緊急減災対策検討対象とする火砕流は、溶岩ドーム崩壊型火砕流で 210 万 m³ と 90 万 m³ の 2 規模が対象となります。鳥海山における火砕流の詳細は不明であるため、流出時系列を始めとする各種条件を設定することは困難です。そこで、雲仙岳等の他火山の実績を参考に各種条件を設定することとしました。

① 火砕流ハイドログラフ

雲仙岳等の実績より、火砕流のハイドログラフは、一定噴出量の矩形ハイドログラフを用いるのが一般的です。図 2-49 に他火山における火砕流の噴出量と継続時間の整理結果を示しました。これによると今回対象とする 90 万 m³、210 万 m³ 程度の規模は、継続時間 5 分（300 秒）と設定するのが妥当であると判断されます。

従って、継続時間 5 分として火砕流の想定ハイドログラフを作成しました。結果は、表 2-22 に示すとおりです。

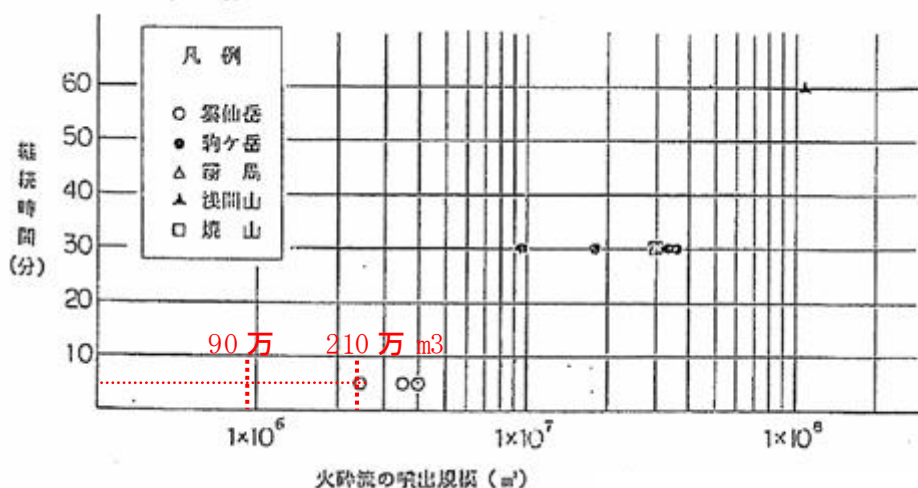


図 2-49 火砕流噴出規模と継続時間の関係
(出典：平成 8 年度シミュレーション支援データ作成業務報告書)

表 2-22 想定火砕流ハイドログラフ

Case	噴出物量 (万 m ³)	噴出レート (m ³ /s)	継続時間 (秒)
1	210	7000	300
2	90	3000	300

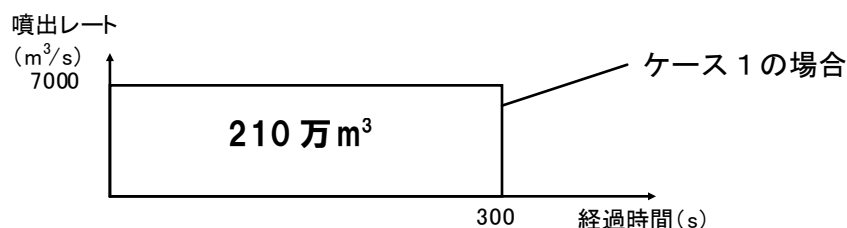


図 2-50 火砕流ハイドログラフの例

② 地形データ

地形データは、『平成 20 年度鳥海山麓航空レーザー計測業務』による L P データをもとに、25m 四方のメッシュを作成しました。

③ その他の計算定数の設定

その他定数は、雲仙・普賢岳における再現計算結果※1 を参考に、以下のように設定しました。

表 2-23 計算パラメータ

項目	記号	単位	数値	備考
火砕物（砂礫）の密度	σ	g/cm ³	2.5	※1
火砕物の代表粒径	da	cm	30.0	※1
粒子間摩擦係数	μ		0.2, 0.3	※1 及び下図参照
堆積層砂礫の容積土砂濃度	C_*		0.6	一般値
運動量補正係数	β		4.3	※1

※ 火砕流の流れ全体としての密度 ρt は下式のとおりです。

粒子濃度 c は粒子間摩擦 μ およびエネルギー勾配 ie の関数として与える。

$$\rho t = c \cdot \sigma \quad c = \left(\frac{\sqrt{10} ie}{3 \mu} \right)^3$$

(粒子間摩擦係数)

粒子間摩擦係数は、雲仙・普賢岳における再現計算※1 により 0.18~0.28 という値が求められています。また、既往の火砕流堆積物の流送距離 (L) と比高 (H) の関係 H/L 比と見なすことができます。図 2-51 より想定されている規模の火砕流は、0.2~0.3 の値をとると考えられます。

以上より、ここでは 0.2 と 0.3 を採用します。

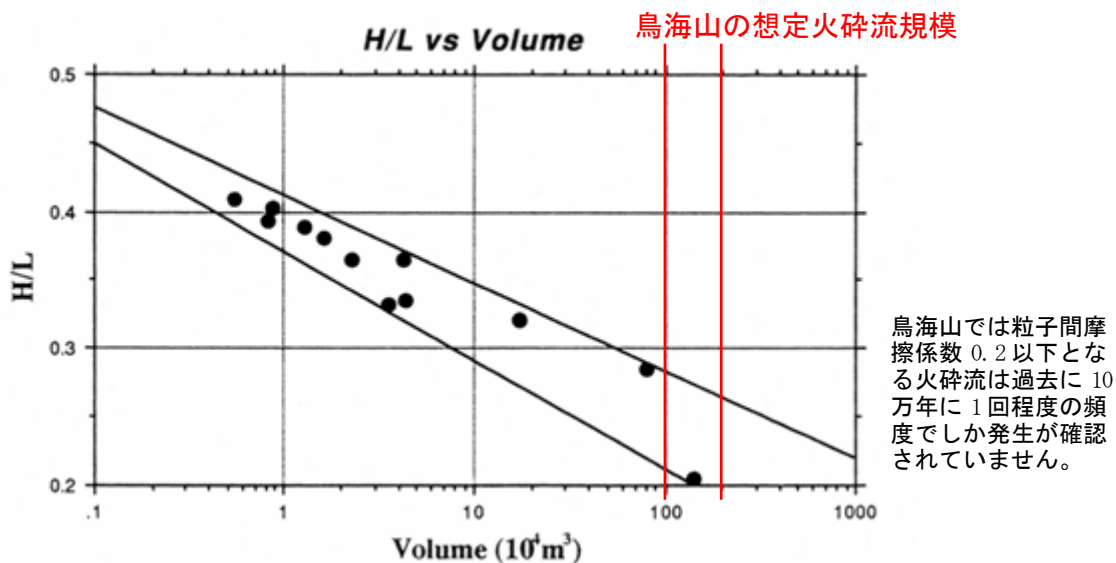


図 2-51 火砕流の体積と H/L 比の関係

※産業技術総合研究所資料より
http://docs.geogrid.org/Applications/EnergyConeModel_ja

※1: 雲仙・普賢岳における平成 3 年 6 月 3 日, 8 日, 9 月 15 日の火砕流とその再現計算: 山下ら 1992

(火砕物の代表粒径)

雲仙・普賢岳における再現計算結果^{※1}に基づき、30cm としました。

③火砕サージの到達範囲

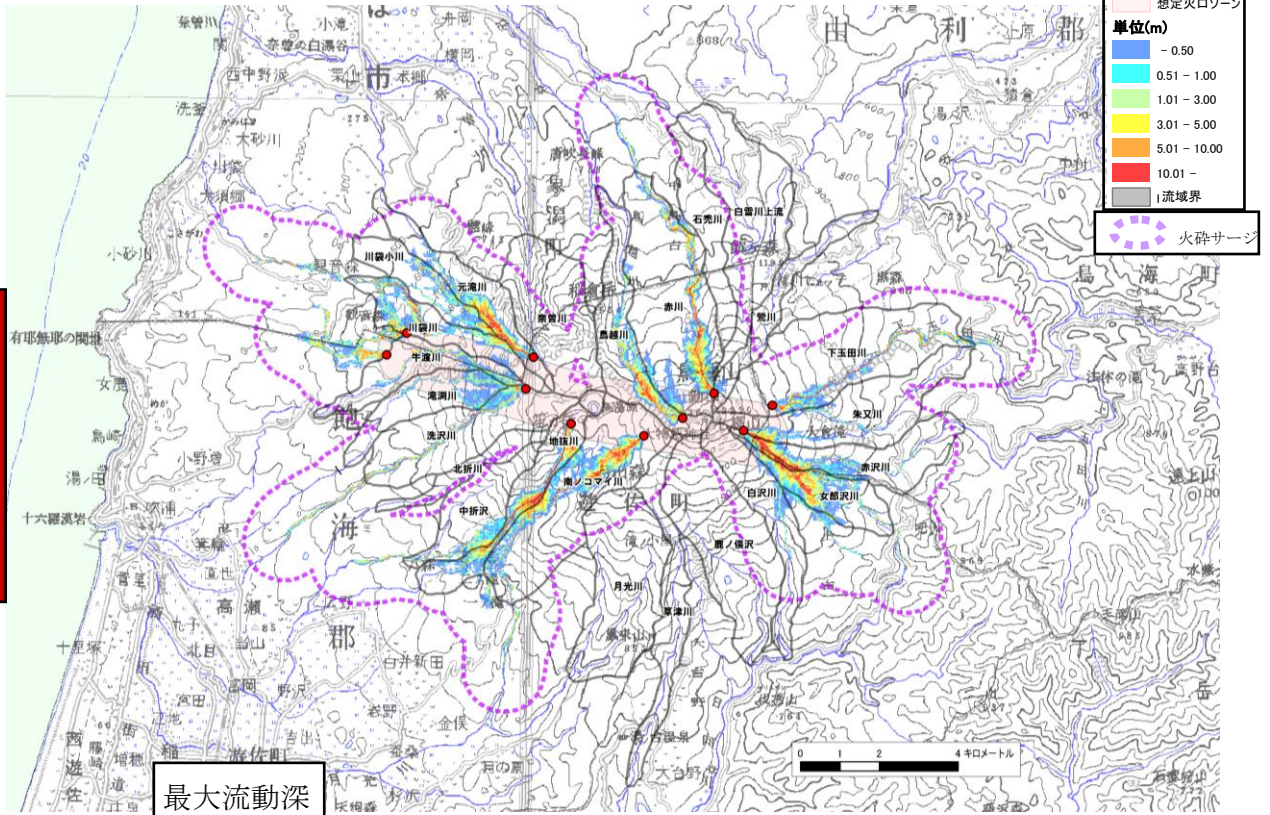
1991年の雲仙岳で発生した火砕流のサージ部の火砕流本体からの距離は、200m～1km程度あります。このことから、安全側の設定をするために、雲仙岳の最大距離である1kmを火砕流の周辺に広がる火砕サージの到達範囲とします。

表 2-24 雲仙岳における火砕サージ到達距離

	発生日	距離(km)		
		本体部	サージ	延伸距離
雲仙岳	1991.5.26	1.53	2.34	0.81
	1991.6.3	3.38	4.46	1.08
	1991.6.8	5.4	5.6	0.2
	1999.15	4.13	5.12	0.99

90万 m³

粒子間摩擦係数 0.2



粒子間摩擦係数 0.3

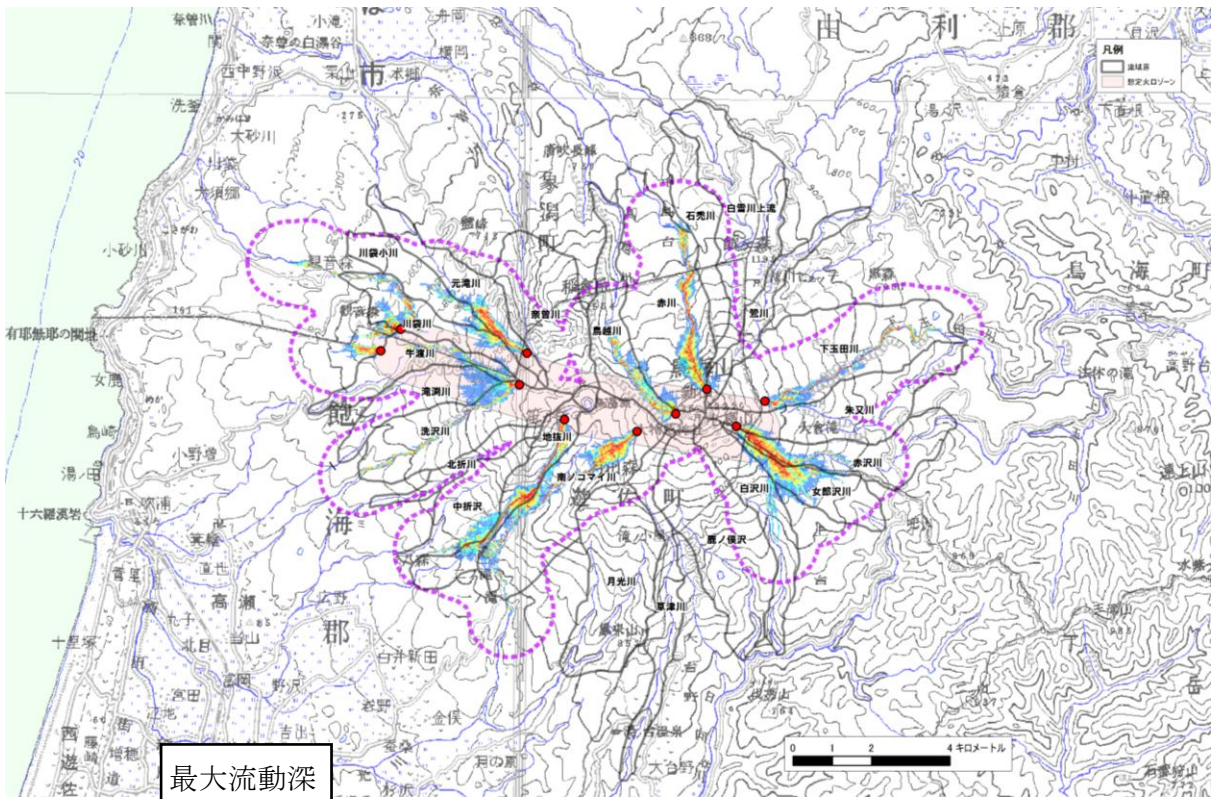
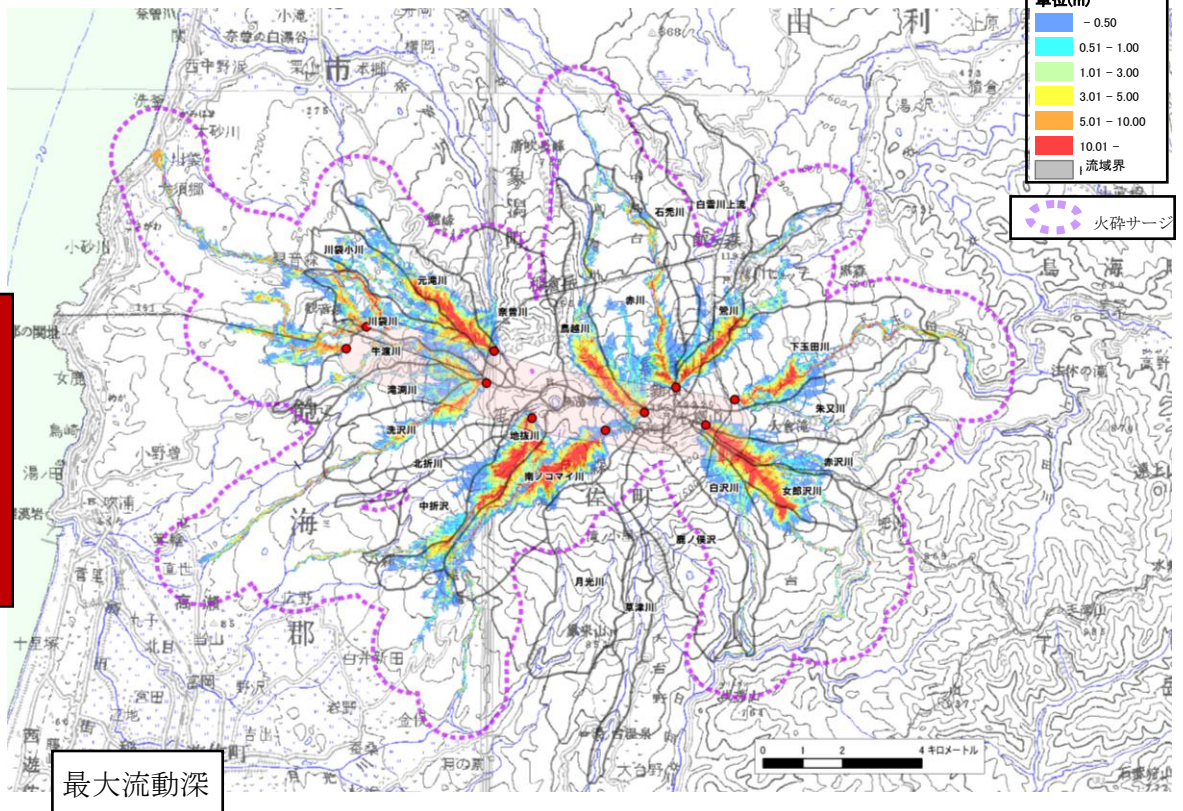


図 2-52 火砕流計算結果図 (噴出土砂量 90万 m³)

210万 m^3

粒子間摩擦係数 0.2



粒子間摩擦係数 0.3

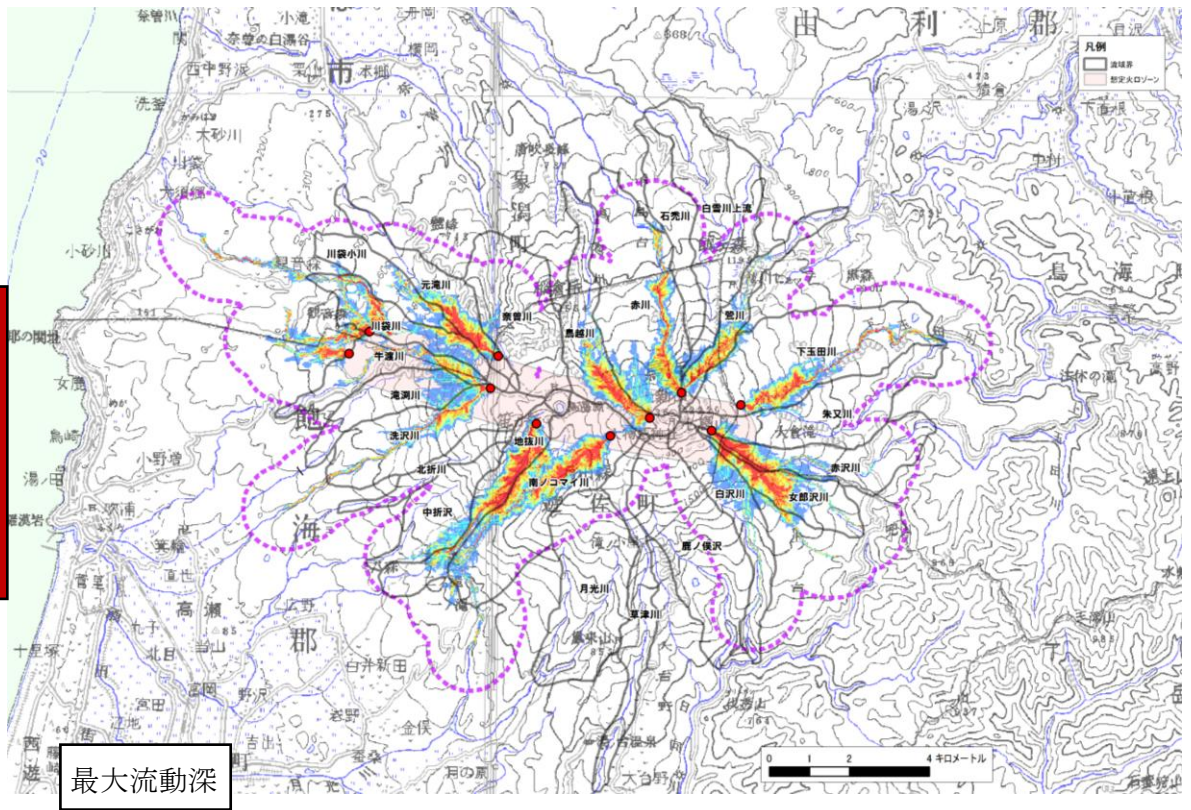


図 2-53 火砕流計算結果図 (噴出土砂量 210 万 m^3)

<引用文献リスト>

- 宇井忠英（1975）：鳥海山 1974 年の火山活動, 火山, 第 2 集, 第 20 卷, 51-64
- 植木貞人（1981）：鳥海山の活動史, 自然災害特別研究成果 A-56-1, 33-37
- 林信太郎（1984）：鳥海火山の地質. 岩鉱, 第 79 卷, 249-265
- 須藤儀門（1989）：続鳥海考
- 宮本邦明・鈴木宏・山下伸太郎・水山高久（1989）：十勝岳大正 15 年（1926 年）泥流の再現計算, 第 33 回水理講演会論文集, 361-366
- 宮本邦明（1991）：火山活動に伴う土砂災害の対策に関する調査, 建設省土木研究所 1-75
- 林信太郎・宇井忠英（1993）：鳥海火山のハザードマップ, 文部省科学研究費自然災害特別研究「火山災害の規模と特性」報告書, 251-262
- 林信太郎（2001）：鳥海山貞観十三年（871 年）噴火で溶岩流は噴出したか？ - 日本三代実録にあらわれた「二匹の大蛇」の記録に関する検討, 歴史地震, 第 17 卷, 171-175
- 林信太郎・伊藤英之・伴雅雄・毛利春治（2006）：鳥海山の完新世噴火史と火山災害, 月刊地球, Vol28, No. 5, 334-340
- 大場司・林信太郎・伴雅雄・近藤梓・葛巻貴大・鈴木真悟・古木久美子（2012）：最近 4500 年間の鳥海火山の噴火活動, 火山, 第 57 卷第 2 号, p65-76

計 画 編

※この「計画編」は、火山噴火緊急減災対策砂防計画の基本的な方針や対策の考え方を示すものです。実施に際しての具体的な対策は、対策に係る各機関で個々の連絡会等を設置して、行動計画などの具体的な対応策を立案していく必要があります。

3. 火山噴火緊急減災対策砂防計画の方針

3.1 火山噴火緊急減災対策砂防計画の内容

鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防基本計画は、鳥海山の想定噴火シナリオに基づき、火山噴火時に必要な緊急ハード対策、緊急ソフト対策、火山噴火時の緊急調査について、平常時からの準備事項を含めて定める。

噴火シナリオの各局面において、砂防部局が緊急に対処すべき事柄を時系列で整理し、緊急時に迅速かつ円滑に対策が実施できるよう平常時から準備しておかなければならない事も定めています。

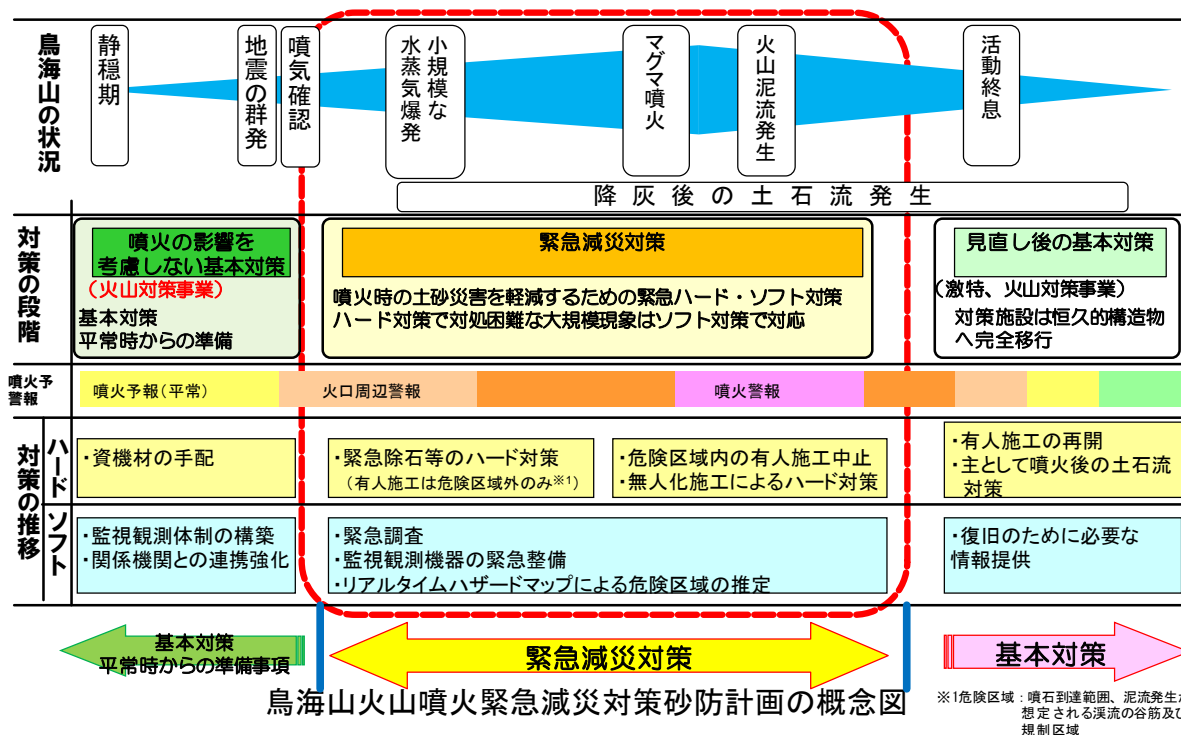


図 3-1 鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防計画の概念図

3.2 対象とする噴火シナリオのケースの抽出

本計画では、基本事項編 2.2.6 に示す噴火シナリオの全ケースを対象とする。

基本事項編 2.2.6 に示す噴火シナリオのうち、ケース 1 は噴火に至らずに終息するため具体的な施設整備には至りません。しかし、ケース 1 を含むいずれのケースについても、情報共有等の対応をとる必要があるため、全ケースを対象とします。

3.3 対策方針の前提条件の検討

3.3.1 対策開始・休止のタイミング

(1) 対策開始のタイミング

気象庁の発表する噴火警報等をもとに、(仮称)火山防災協議会・連絡会議と連携しながら、観測される前兆現象等を踏まえて総合的に判断する必要がある。

既往噴火時の実績等を参考に、砂防部局としての対策タイムラインを検討する必要がある。

鳥海山では噴火警戒レベルが未導入のため、気象庁から発表される火山活動状況に関わる情報は噴火警報によることになります。

1974年および1801年噴火時にみられた前兆現象は2.2.5に示した通りです。緊急減災対策タイムライン検討上は、それらの既往噴火時にみられた前兆現象の発生時期を参考に以下のように設定します。

表 3-1 推定される噴火等の推移

ステージ	期間	現象	予警報等
静穏期		火山活動は静穏であり異常現象は認められない	噴火予報(平常)
前兆活動期	数日間～数年間(無い場合も)	噴気活動 火山性微動 地盤変動 地震の群発等	火口周辺警報
小規模水蒸気爆発期	数日間～数ヶ月間(無い場合も)	水蒸気爆発 噴石・降灰 土石流・火山泥流	火口周辺警報 噴火警報
マグマ噴火期	数日間～数ヶ月間(無い場合も)	マグマ噴火 噴石・降灰 土石流・火山泥流 溶岩流・小規模火砕流・火砕サージ	火口周辺警報 噴火警報
噴火終息後の影響期	数ヶ月～数年間(無い場合も)	土石流	噴火予報(噴火警報解除)

表 3-2 緊急対策タイムライン検討のための前兆現象の想定

期間	状況	対応
2～3ヶ月前	火山性地震の観測	気象庁や学識経験者との連携を強化 監視体制の強化等
1ヶ月前	弱い噴気の確認	緊急ハード対策施工着手

＜参考：1974年、1801年噴火時の前兆現象の経緯＞

年月日		現象
1973年	12月下旬	火山性地震活動開始
1974年	1月	登山者による噴気を目撃(1月3日)
		火山性地震のピーク
	2月下旬	山頂方向から鳴動
	3月1日	噴火確認
	3月～4月	断続的に噴火、噴煙を観測
	6月	6/10の噴気を最後に活動終息

※参考資料

宇井・柴橋(1975)『鳥海山1974年の火山活動』
昭和63年鳥海火山泥流対策砂防施設配置検討業務報告書

年月日		現象
1800年	12月	噴気または弱い噴煙
1801年	2月13日	雷のような鳴動・山頂で噴煙
	3月8日	降灰・噴煙が確認
	3月～4月	降灰、小規模泥流発生
	4月	一旦静穏に
	7月4日	突然活動活発化
	7月6日	噴火 溶岩円頂丘(新山)形成 噴石で8名死亡
	7月～12月	断続的に活動継続
	翌年春	一旦平穏に戻る(1804年まで断続的に継続)

※参考資料

自然災害特別研究成果No.A-56-1 P33-41鳥海山 植木(1981)
昭和63年鳥海火山泥流対策砂防施設配置検討業務報告書

表 3-3 噴火警報・予報の種類（噴火警戒レベルが運用されていない火山）

種別	名称	対象範囲	警戒事項等 (キーワード)	火山活動の状況
特別 警報	噴火警報 (居住地域) 又は 噴火警報	居住地域及び それより火口側	居住地域及び それより火口側の範囲に における嚴重な警戒 居住地域嚴重警戒	居住地域に重大な被害を及ぼす 噴火が発生、あるいは発生する と予想される。
警報	噴火警報 (火口周辺) 又は 火口周辺警報	火口から 居住地域近くまでの 広い範囲の火口周辺	火口から 居住地域近くまでの 広い範囲の火口周辺 における警戒 入山危険	居住地域の近くまで重大な影響 を及ぼす(この範囲に入った場合 には生命に危険が及ぶ)噴火が 発生、あるいは発生すると予想さ れる。
		火口から 少し離れた所までの 火口周辺	火口から 少し離れた所までの火口周辺 における警戒 火口周辺危険	火口周辺に影響を及ぼす(この 範囲に入った場合には生命に危 険が及ぶ)噴火が発生、あるいは 発生すると予想される。
予報	噴火予報	火口内等	平常	火山活動は静穏。 火山活動の状態によって、火口 内で火山灰の噴出等が見られる (この範囲に入った場合には生命 に危険が及ぶ)。

(2) 作業休止のタイミング

気象庁から発表される噴火警報等を参考に、今後設置が予定されている（仮称）火山防災協議会・連絡会議と連携しながら、休止を判断する必要がある。
また、降雨に対しては、作業中止の基準雨量（降灰後）を設定し、降雨状況により判断する必要がある。

山麓の居住地域まで影響をおよぼす噴火が発生する可能性が高まった場合、噴火警報が発表されます。山麓域は緊急対策実施区域でもあるので、火山防災協議会と連携しながらこのタイミングで作業の休止を検討します。また、降灰後は斜面の浸透能の低下により土石流が発生しやすい状態にあるため、作業休止の基準雨量をあらかじめ設定し、基準雨量に達したら作業を休止します。

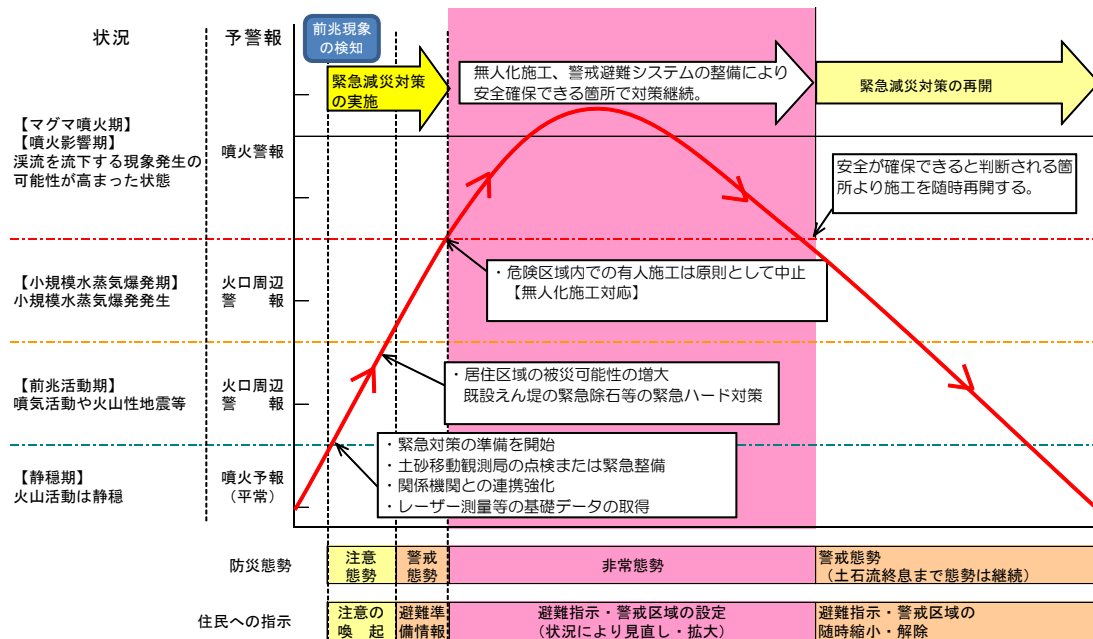


図 3-2 対策のタイミングの概念図

〔参考〕

霧島山の2011年噴火では、平成12年三宅島噴火の降雨データを参考に避難の基準雨量を一時期4mm/hまで引き下げ、その後段階的に引き上げていった。

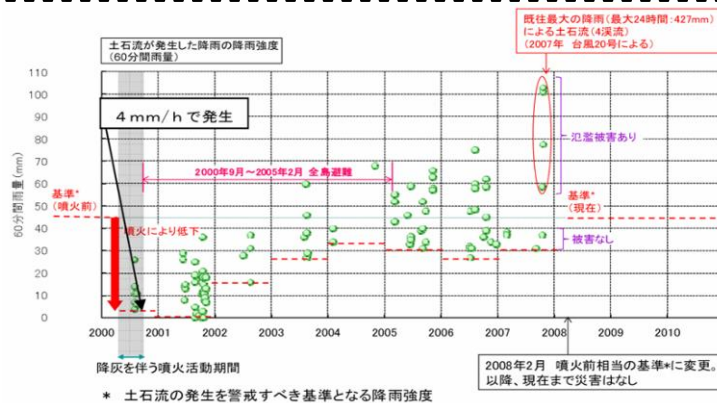


図 3-3 三宅島の土石流発生状況と発生時の降雨強度の関係

3.3.2 対策可能期間

対策可能期間は、前兆の検知状況や対策実施箇所によって異なる。
 溪流内の対策は非積雪期間の最大7ヶ月程度となる。
 前兆現象の検知からみた対策可能期間は活動の推移により異なるが、対策タイムライン検討に際して既往噴火実績から2～3ヶ月間を確保できると想定する。

鳥海山周辺は豪雪地帯であり、冬季の対策が困難です。このため、積雪期の対策は、保全対象周辺の道路沿いに限られます。

また、非積雪期間であっても上流部に残雪がある場合は検知センサの設置が困難であるため、山腹溪流部、谷出口溪流部での作業は無人化施工対応・監視体制の強化等に留意した作業を実施する必要があります。

表 3-4 標高別の施工性

	施工可能	施工性悪い	施工性著しく悪い または施工困難
標高 200m以下 (概ね谷出口外側平坦部)	4月～11月	12月	1月～3月
標高 400～200m (概ね溪流内下流域 ^{※1})	5月～11月	無し	12月～4月
標高 600～400m (概ね溪流内中流域 ^{※2})	6月～10月	11月・5月	12月～4月

※1：奈曽川、鳥越川、赤川、白雪川流域は除く

※2：奈曽川、鳥越川、赤川、白雪川流域は下流域が該当する

なお、前兆現象の検知からみた対策可能期間に関しては、表 3-2 の前兆現象の検知期間より、2～3ヶ月程度と想定します。

3.3.3 対策可能な現象・規模

鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防計画では、噴火に伴い発生する火山泥流と降灰後の土石流を対象に緊急ハード対策を計画する。

緊急ソフト対策は、噴火シナリオに示される全ての現象を対象とする。

規模については、基本事項編 2.3.1に記載している小～大規模いずれについても対象とする。

鳥海山の緊急減災対策砂防計画のうち、緊急ハード対策は、現実的に対応が可能な火山泥流と降灰後の土石流を対象にします。

ただし、これは事前準備の目標設定としてこれらのケースを抽出することを意味しており、大規模な噴火時にはハード対策を実施しないことではなく、実際に大規模な噴火が予想される場合であっても、ここで抽出したシナリオに基づき可能な限りの対策を講じ、減災に努めることとします。

表 3-5 緊急減災対策砂防計画で対象とする噴火シナリオのケース

現象	想定規模	対策方針		対策方針の理由
		ハード対策	ソフト対策	
噴石	小規模・中規模・大規模共通			・砂防ハード対策による対応はできないため。
降灰	小規模・中規模・大規模			・砂防ハード対策による対応はできないため。
火山泥流	小規模噴火 (地熱)	1974年噴火時に発生した泥流		・既往実績(1974年噴火時)で山麓域まで到達していないため。
	中規模噴火 (放出土砂 90万m ³)	半径500mで融雪(平年年最大積雪深)	○ 緊急減災 対象現象	・緊急導流堤や堤防嵩上げにより減災効果が得られる可能性があるため
	大規模噴火 (放出土砂 210万m ³)	半径500mおよび流下斜面で融雪(平年年最大積雪深)		・はん濫規模が大きくハード対策による対処が困難であるため。
降灰後の土石流	小～大規模噴火時に伴い発生(平年降雨(2年確率))	○ 緊急減災 対象現象		・現況整備で単独の土石流による顕著な被害の可能性は低い、二次災害の防止・軽減のため。
火砕流 火砕サージ	中規模、大規模噴火時に伴い発生(90万m ³ 、210万m ³)を想定			・物理的にハードによる対応が困難 ・最近2500年間発生事例が無く、発生頻度が低い。
溶岩流	中規模、大規模噴火時に伴い発生(350万m ³ 、2100万m ³)を想定			・土砂量は膨大であるため、砂防施設で効果を確保するのが困難。

3.3.4 対策箇所

緊急時にハード・ソフト対策（監視機器の設置等）を実施する箇所については、安全性・利用規制・対策のしやすさ・対策効果・保全対象との関係を考慮してエリア区分を行い設定する。具体的な配置については溪流毎の災害予想区域図をもとに設定する必要がある。

緊急対策箇所は安全性・利用規制・対策のしやすさ・対策効果・保全対象との関係を考慮してハード、ソフト対策毎に、下表のように整理しました。

表 3-6 対策箇所のエリア区分の考え方

	ハード対策	ソフト対策
安全性	危険区域（噴石到達エリア：想定火口から 4.0km 圏内）をできる限り避け、現象発生後の避難が可能な箇所	
利用規制	自然公園などの法規制、指定地、用地などの制限が少ない箇所	
対策適用性	管理用道路、商用電源がある、もしくは緊急的に整備可能な箇所	
	積雪の影響が少ない箇所（標高 600m 以下）	-
対策効果	土砂の捕捉や泥水の導流効果が高い地形（勾配 14 度未満・狭窄部等）	カメラ等の見通しが良い箇所
保全対象との位置関係	基本計画の基準点、人家等の上流側	保全対象のできるだけ上流地点で監視観測

表 3-7 対策実施エリア区分

エリア区分	ハード	ソフト	特記
火口周辺部 *噴石到達エリア	×	△ (状況に応じて)	<ul style="list-style-type: none"> 火山・土砂移動観測局の整備は行う 噴火時には立ち入れなくなる可能性が高い 概ね自然公園特別地区・国有林区域と重複する
溪流部 (標高 600m 以上)	×	△ (状況に応じて)	<ul style="list-style-type: none"> 土砂移動観測局の整備対象は行う これより上流側のハード対策は谷の地形や溪床勾配等より判断して不合理 概ね自然公園特別地区・国有林区域と重複する
溪流部 (標高 600m 以下)	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 谷出口と溪流沿いの保全対象居住地を比較して、上流側の流域 自然公園特別地区・国有林区域と重複する箇所がみられる
扇状地・平地部	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 保全対象が多く分布する 地形的に平坦であるので規模の大きな施設が施工可能である 自然公園特別地区・国有林区域と重複する箇所が一部にみられる

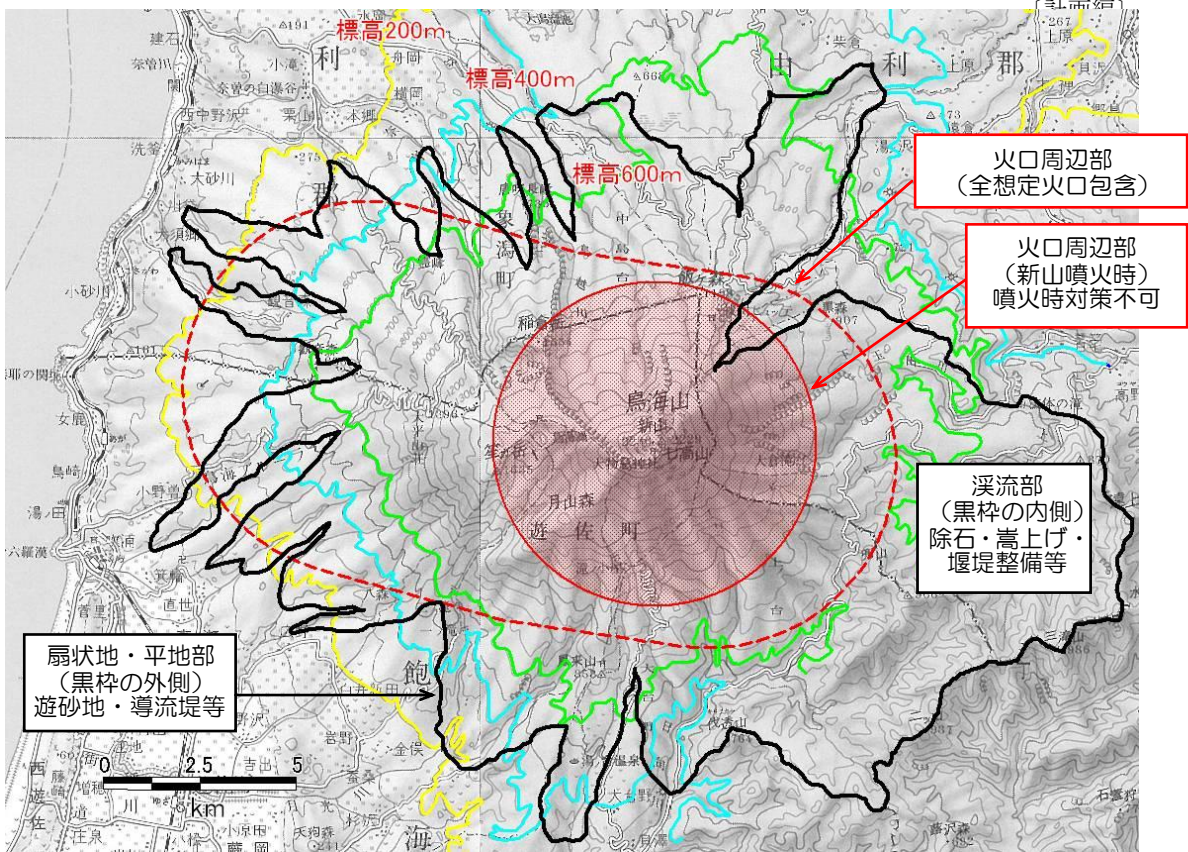


図 3-4 火口周辺・溪流・扇状地平野部で分けた対策実施エリア区分

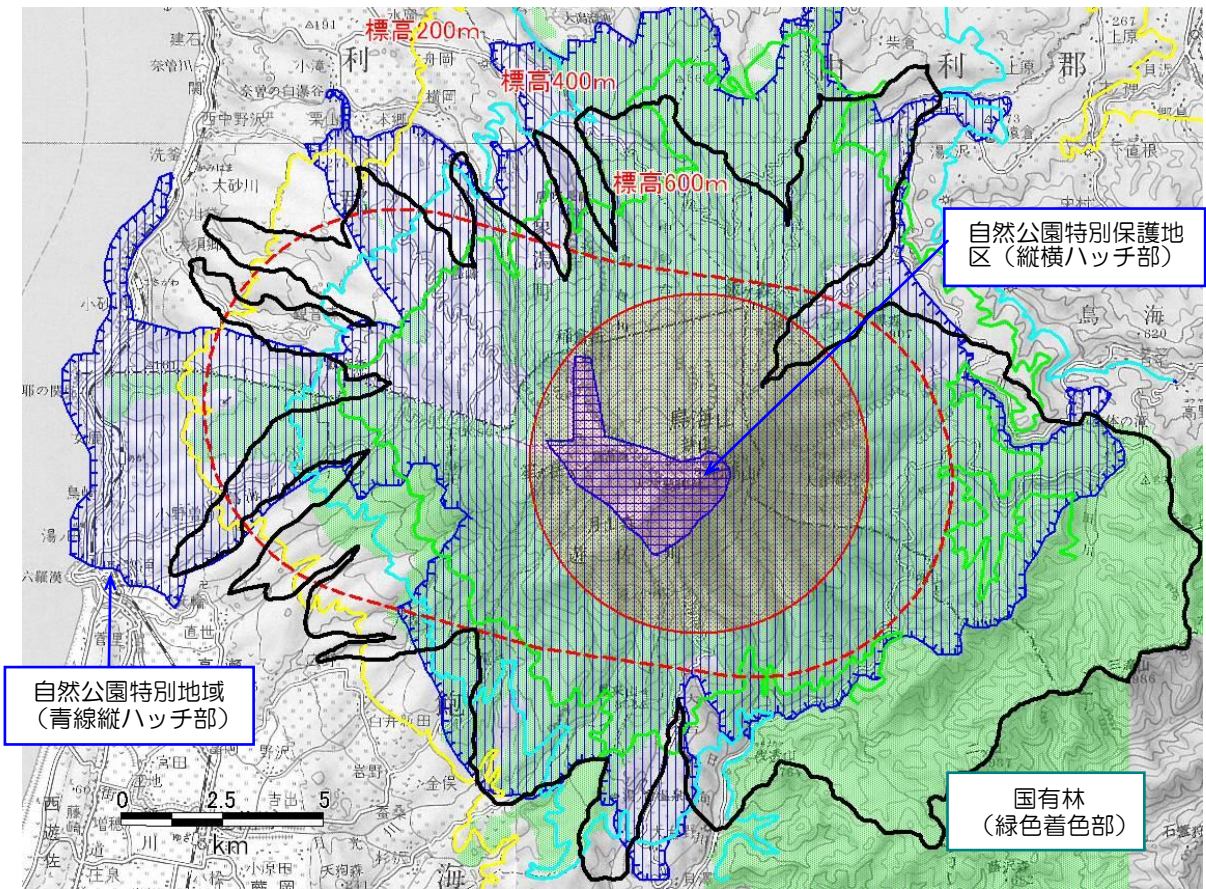


図 3-5 法規制による対策実施エリア区分

- | | | |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">①工事安全性：噴石影響範囲②法規制（自然公園特別地域）③施設効果：勾配 14°（1/4）④積雪の影響が大きい（標高 600m） | → | 原則として、『概ね標高 600m 以上の範囲』もしくは『噴石到達エリア』以外を緊急ハード配置範囲として検討 |
|--|---|---|

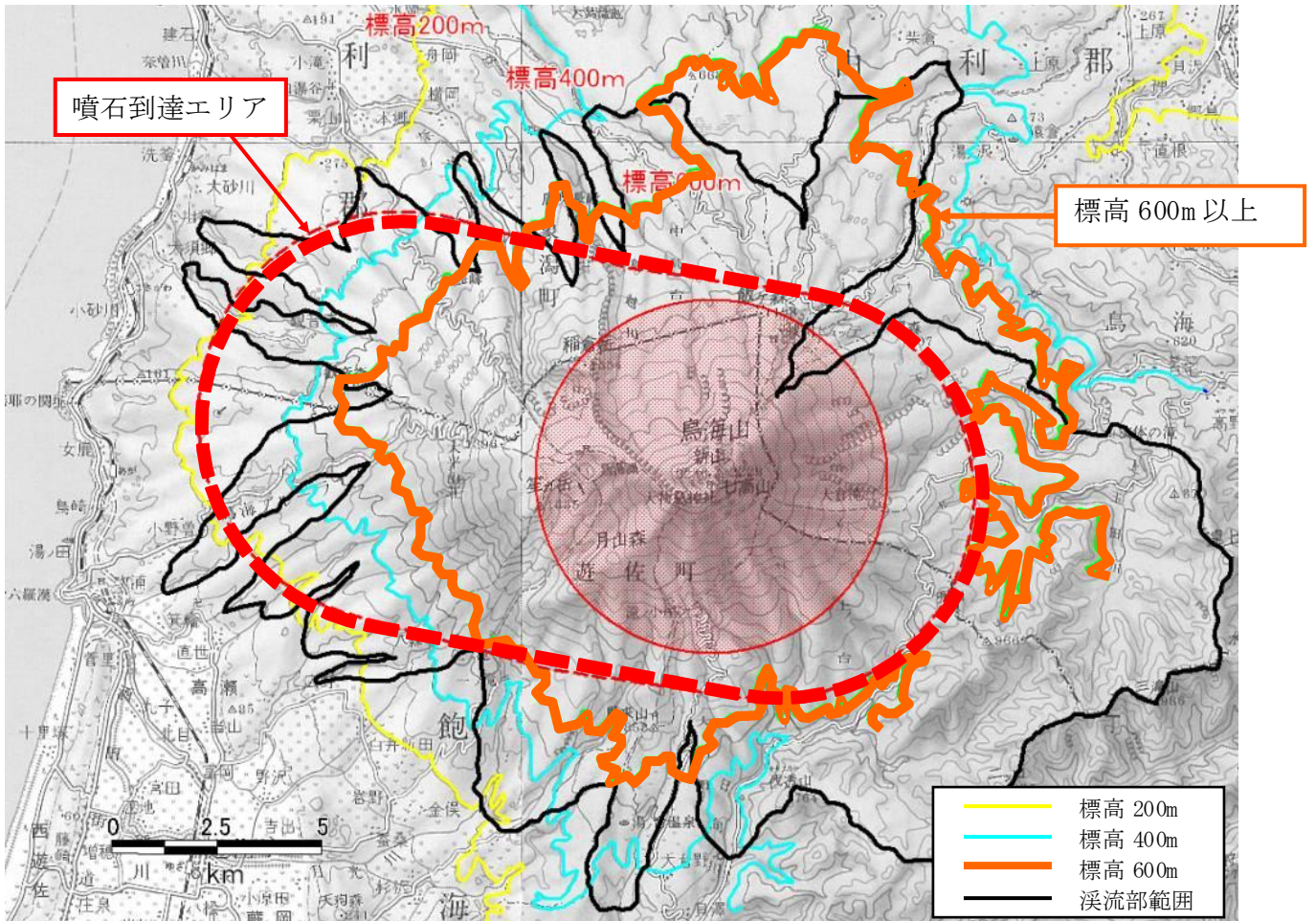


図 3-6 緊急ハード対策の実施エリア

3.3.5 対策実施体制

緊急時に実施するハード・ソフト対策、および平常時の準備は対策箇所や内容を管轄する関係機関が連携をとりながら実施する必要がある。

鳥海山噴火への防災対策は、関係機関が火山防災協議会、もしくはそれに準ずる連絡会議等により情報共有、調整を行いながら実施することが考えられます。

緊急対策の判断に資する監視観測情報の集約、分析は、気象庁仙台管区気象台が大学等の研究機関と連携して実施し、関係機関への情報提供を行うことが必要です。

3.4 対策方針の設定

前節で示した、対策開始・休止のタイミング、対策可能期間、対策箇所等の前提条件に基づき、緊急ハード、ソフト両面について対策を実施する必要があり、対策方針は下記のとおりである。

①対策開始・休止のタイミング

気象庁が発表する噴火警報等をもとに、火山対策協議会・連絡会議と連携しながら、総合的に判断が必要です。

②対策可能期間

溪流内の対策は非積雪期間の最大7ヶ月程度。前兆現象から得られるリードタイムは噴火毎に不確定だが、対策検討上は2～3ヶ月間を想定します。

③対策可能な現象規模

想定している小～大規模いずれについても対象とします。現象については、緊急ソフト対策は全現象を対象とし、緊急ハード対策は降灰後土石流、火山泥流を対象とします。

④対策箇所

噴火の影響・法規制・対策の適用性・対策効果・保全対象との関係等から設定した対策エリア毎に設定します。個別の施設の整備箇所については、各溪流の災害予想区域図をもとに設定する必要があります。

⑤対策実施体制

ハード・ソフト対策は対策箇所や対策内容を管轄する関係機関が火山防災会議協議会、もしくはそれに準ずる連絡会議等により情報共有、調整、連携しながら実施する必要があります。

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。

4. 緊急対策タイムライン

推定した噴火シナリオおよび対策方針に基づいて、緊急時の対策を効果的に実施するための緊急対策タイムラインを作成する必要がある。

タイムラインを構成する対策メニューは下記のとおりである。

表 4-1 緊急減災対策一覧

分類	項目	対象エリア	内容
ハード対策	既設堰堤の点検	主として渓流部	・破損状況・空き容量等の把握
	既存堰堤の除石	主として渓流部	・仮設路の確認（既存道路沿いまたはその際であること） ・土捨て場の確保 ・既存堰堤の緊急除石
	緊急ハード対策の実施	渓流部 扇状地・平地部	・仮設路の確認（既存道路沿いまたはその際であること） ・緊急施設の設計、施工計画、協力業者の招集、地元との調整等※1 ・仮設施設（既存堰堤の嵩上げ、仮設堰堤、仮設導流堤、仮設遊砂地）の施工
	工事関係者の安全確保	渓流上流部 渓流部 扇状地・平地部	・警戒避難システムの整備（特に現地警報局と避難所、一時待避施設の設置） ・工事関係者の安全教育
ソフト対策	火山観測機器の緊急的な整備	火口周辺部 渓流上流部 渓流部 扇状地・平地部	・火山噴火・土砂流出を検知する監視観測機器※2の緊急点検 ・機器の配置設計（既存道路沿いまたは付近であること）、回線設計、地元との調整等※1 ・情報通信網の整備 ・火山噴火・土砂流出を検知する監視観測機器※2の緊急整備
	航空機等による火山噴火時の緊急調査	火口周辺部 渓流上流部 渓流部	・目視調査（目視による降灰堆積分布、土砂移動痕跡・ガリー等形成状況調査・火口および噴石分布の把握・溶岩流の分布・溶岩ドームの形成状況） ・リモートセンシング調査※3（積雪量・降灰堆積量・地形変動量・地盤変動および火口の把握・溶岩ドームの形成状況調査）
	火山噴火時の緊急調査（現地調査その他）	火口周辺部 渓流上流部 渓流部	・外部機関（土木研究所・大学等）との連携 ・降灰・荒廃状況調査（降灰分布、降灰深、ガリー形成状況、浸透能現地測定） ・土砂移動痕跡調査 ・積雪調査（積雪深、積雪密度調査）
	危険区域の推定	全域	・データの取得（流域状況の把握） ・プレ・アナリシス型ハザードマップ※4による推定 ・計算定数等の検討 ・外部機関（土木研究所・大学等）との連携 ・リアルタイム・アナリシス型ハザードマップ※5の作成
	避難対策支援のための情報提供	—	・協議会・連絡会議の開催（情報提供先の一本化） ・情報の提供（情報提供先は、市町の長と火山対策会議・連絡会議） ・観測機器や緊急調査により得られた情報の解析※6 ・避難のための参考となる基準雨量（随時見直していく） ・リアルタイムハザードマップの作成と提供

※1・地元との調整等には・用地交渉（地権者の起工承諾）・住民広報等が考えられる

※2・監視カメラ・空振計、土石流検知センサ・土石流監視カメラ・地震計等

※3・レーザープロファイラ、合成開口レーダ等を使った情報の収集と解析等をいう。

※4・複数の噴火規模、現象において予めハザードエリアを数値シミュレーション等により作成し、その情報をGIS上に格納しておくシステムである。

※5・火山活動に伴い、地形が変化した場合等、随時新たな情報に基づきシミュレーション等を行いハザードマップを作成するシステムである。

※6・外部機関により得られた情報を含む

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。

4.1 緊急ハード対策タイムライン

鳥海山噴火時に想定される降灰後の土石流と火山泥流に対して、流出土砂の捕捉、導流等を図る緊急ハード対策を可能な限り実施する必要がある。

工事安全確保の詳細については、緊急ソフト対策タイムラインの項に示す。



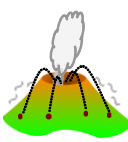
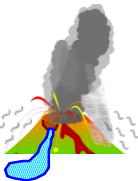
降灰後土石流、火山泥流に対する緊急ハード対策タイムラインの検討にあたり、両現象における対策の基本方針は下表のとおりです。

表 4-2 緊急ハード対策の基本方針

対象現象	降灰後の土石流	火山泥流
基本方針	火山泥流発生時における土砂災害から人命、財産を保全することを最優先とし、避難誘導を含め二次災害の防止・軽減に努める。	
	<ul style="list-style-type: none"> 土砂及び泥水氾濫を防止する。 断続的に繰り返し発生する現象であるため、既往施設の除石を積極的に行う。 既往施設が十分でない箇所は、緊急施設配置を行う。 管理用道路が無く、谷出口上流での対応が困難である場合、谷出口下流においても対策を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 土砂及び泥水氾濫を防止する。 土石流と同様の対策を基本とする。 冬期の施工も考慮し、できるだけ雪の少ない平地部で対応を行う。 泥水流量が大きいいため、仮設堤防による溢水の防止を図る。
実施条件	<ul style="list-style-type: none"> ■土石流は火口から風下側で発生する可能性が高いため、火口位置が絞り込めたあとは、火口風下方向を優先して施設整備を実施する。 ■火山泥流は火口を源頭に有する溪流で発生するため、火口位置が絞り込めたあとは、火山泥流を対象とした施設整備は火口溪流に集中して実施する。 	

表 4-3 に緊急ハード対策タイムラインの時系列イメージを示します。

表 4-3 緊急ハード対策の全体イメージ

火山活動	静穏期	前兆活動期～ 小規模噴火(水蒸気爆発)	小規模～ 中、大規模噴火 (マグマ噴火)	
				
予警報	平常	噴火予報～ 噴火警報(火口周辺)	噴火警報(火口周辺)	噴火警報(居住地域)
緊急ハード対策	<ul style="list-style-type: none"> ・土地の調整 ・資機材の備蓄、調達体制構築 ・工事用道路の設置 ・降灰後作業中止基準雨量の設定 	<ul style="list-style-type: none"> ・気象庁、有識者と連携を図り、緊急ハード対策開始タイミングを検討。 ・コンクリートブロック、大型土のう等の資機材の手配 ・緊急除石の実施 ・緊急施設の設置 	<ul style="list-style-type: none"> ・エリアに応じて有人施工の休止。 ・無人化施工による除石等は継続。 	

4.1.1 工法・構造の考え方

緊急ハード対策で実施する対策工法・構造は、短期間で実施する対策であることを鑑み、既往施設の除石や簡易で作業効率が高い施工方法とする必要がある。また、緊急時の資機材の調達状況により柔軟な対応ができるよう複数の構造を検討しておく必要がある。

(1) 除石工

緊急除石工は、施設効果量の増加や機能回復を目的として、既往施設の堆砂敷の堀削を実施するものです。なお、堀削した土砂については、堤防の嵩上げや導流堤工に用いる大型土のうの中詰材への転用を検討します。

工種	除石工	
目的	既往施設の施設効果量の増加 機能回復	
模式図		
概要	既往施設堆砂敷の堀削を行い、捕捉量を確保する。	
特徴	施工が容易である。 堀削した土砂の仮置き場が必要である。	

図 4-1 除石工の概要

(2) 仮設堤工

仮設堤工は、保全対象の上流で流出土砂等の捕捉を目的に施工するものです。

基本的な構造は、備蓄や強度上の優位性を考慮し、コンクリートブロック工による構造を検討しますが、資機材の調達状況を考慮し、ソイルセメントや土構造及びその複合構造など柔軟に対応する必要があります。

工種	仮設堤工
目的	土石流等発生に伴い流下する土砂の捕捉する。
模式図	<p>The technical drawing shows a trapezoidal structure with a top width of 13,710 and a bottom width of 13,710. The height is 17,455. The top edge is divided into three sections of 5,070, 3,570, and 5,070. The structure is composed of multiple layers of blocks, with the top layer having 5 blocks, the second layer 5, the third 5, the fourth 3, the fifth 4, the sixth 4, the seventh 3, the eighth 4, the ninth 4, the tenth 3, the eleventh 4, the twelfth 4, the thirteenth 3, the fourteenth 4, the fifteenth 4, the sixteenth 3, the seventeenth 4, the eighteenth 4, the nineteenth 3, the twentieth 4, the twenty-first 4, the twenty-second 3, the twenty-third 4, the twenty-fourth 4, the twenty-fifth 3, the twenty-sixth 4, the twenty-seventh 4, the twenty-eighth 3, the twenty-ninth 4, and the thirtieth 4. The drawing also indicates a slope of 1:0.37 on the left and 1:0.16 on the right. A photograph on the right shows a green excavator working on a temporary dam structure made of concrete blocks, with the text '三宅島無人化施工事例' (Sanjima Unmanned Construction Example) above it.</p>
概要	堤体を全てコンクリートブロックで施工する。
特徴	強度があり安定性がある。 ブロック数が多く必要となり備蓄が必要である。 設置・撤去が容易である。

図 4-2 仮設堤工の概要

(3) 導流堤工

導流堤工は流水により移動する土砂等が保全対象に被害を及ぼすことのないよう、下流域に安全に導流させることを目的に施工するものです。

基本的に土石流等の流れに対し直交方向に力を受ける場合はコンクリートブロック、流れの方向に設置し誘導させる場合は大型土のう等を用います。なお大型土のうの場合、設置高が高いと不安定になることから、設置高が高い場合についてはかご枠等により補強する必要があります。

工種	導流工
目的	保全対象に被害が及ぶことのないよう、下流域に安全に導流させる。
模式図	<p>The mode diagram section contains three images. On the left is a photograph of concrete blocks at a training site, labeled '浅間山訓練状況' (Asama Mountain Training Status). In the center is a diagram of a wire mesh structure labeled '亀甲金網' (Tortoise Shell Wire Mesh) and '高強度ジオテキスタイル' (High-strength Geotextile). On the right is a photograph of a structure made of large sandbags, labeled 'メーカカゴより' (From Manufacturer's Cage).</p>
概要	コンクリートブロックや大型土のうにより、流水の誘導および遊砂地外への氾濫を防止する。
特徴	プレキャスト製品を用いることで工期を短縮できる。 特にブロックは備蓄が必要であり、備蓄ヤードを確保する必要がある。 土のうを高く積む場合は、カゴ等より補強する必要がある。また中詰材を確保する必要がある。

図 4-3 導流堤工の概要

(4) その他の工法

特に流量の多い火山泥流に対して、流下断面を確保する必要があります。例として、堤防嵩上げ工が挙げられ、本工法は過去の洪水災害でも実施された実績があります。


工種	堤防嵩上げ工
目的	流量の多い融雪型火山泥流に対して、河道の流下断面を確保する。
模式図	<p>平成16年 新潟県中越地震 芋川での堤防嵩上げ</p> 
概要	既往堤防沿いに大型土のうを積み上げ、流下断面の拡大を図る
特徴	大型土のうにより越流を防止する。 河道沿いに設置するため、大型土のうおよび中詰め材が多量に必要となる。

図 4-4 堤防嵩上げ工

4.1.2 施設効果量の考え方

降灰後の土石流の計画堆砂勾配は、元河床勾配の $2/3$ の勾配とする。
火山泥流の計画堆砂勾配は、水平とする。

(1) 降灰後の土石流

降灰後の土石流については、「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）」に基づき算出します。

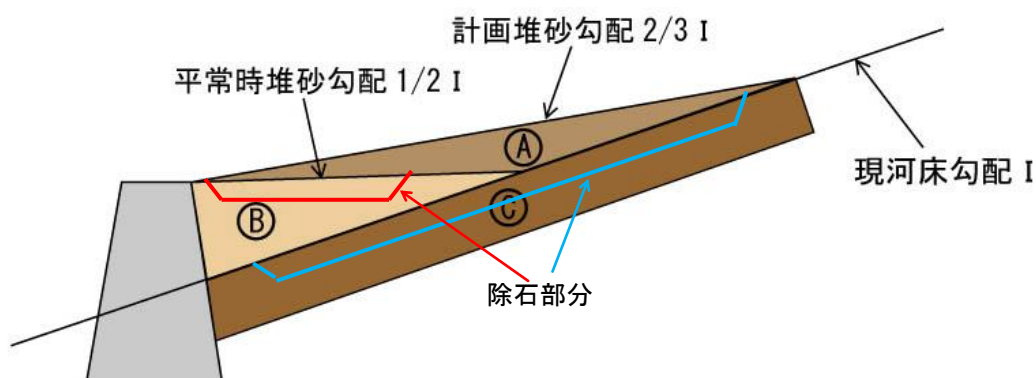


図 4-5 効果量の考え方（降灰後の土石流）

◆既設堰堤の場合

〈不透過型〉 調節量 (A) + 扞止量 (C)

〈透過型〉 調節量 (A) + 貯砂量 (B) + 扞止量 (C)

◆既設堰堤を緊急除石する場合

〈不透過型〉 調節量 (A) + 貯砂量 (B)

(B)は図 2.6 のうち赤枠の除石量のみ)

〈透過型〉 調節量 (A) + 貯砂量 (B) + 扞止量 (C)

(C)は上図のうち青枠の除石量も含める)

※除石する時期の堆砂状況は平常時堆砂勾配の状態にあると考えられます。

通常、掘削を行う場合、5m 毎に小段を設けながら掘進していくものの、緊急時には余裕はないため、現況堆砂面以深 5m までを除石範囲と設定し、掘削形状にて適宜算定。すなわち、貯砂量全量が対象とはならない。

◆仮設堤（不透過型）の場合

調節量 (A) + 貯砂量 (B)

(2) 火山泥流

火山泥流の場合、泥水と土砂を捕捉するため、計画堆砂勾配は水平として、施設効果量を算出します。

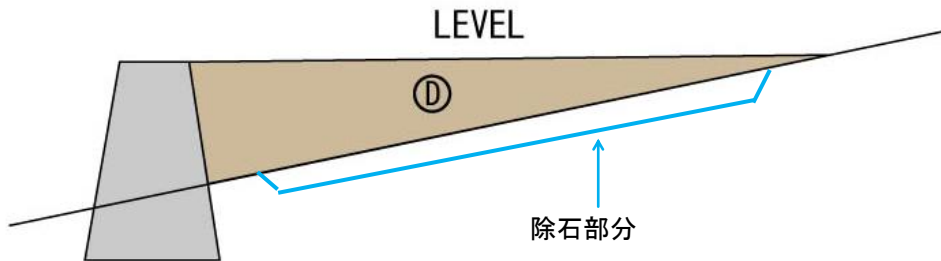


図 4-6 効果量の考え方（火山泥流）

◆既設堰堤の場合

〈不透過型〉 効果量をカウントしない

〈透過型〉 貯砂量 (D)

◆既設堰堤を緊急除石する場合

〈不透過型〉 火山泥流が想定される場合、除石を行わない。

〈透過型〉 貯砂量 (D) + 青枠除石部（上図のうち青枠の除石量）

◆仮設堤（不透過型）の場合

貯砂量 (D)

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。

4.1.3 緊急ハード対策施設配置計画

緊急ハード対策施設整備は、被害想定結果より土石流、火山泥流による顕著な被害が想定される溪流を対象とする必要がある。

(1) 施設配置対象溪流

鳥海山には秋田県側に 12 溪流（北西麓流域 4 溪流、白雪川流域 4 溪流、子吉川流域 4 溪流）、山形県側に 12 溪流（南西麓流域 3 溪流、月光川流域 5 溪流、日向川流域、4 溪流）が分布します。

土石流に対しては、現況河道の流下能力で対処可能ですが、主要溪流において繰り返し発生する土石流による河床上昇に対処し安全度向上を図るために既設堰堤の除石およびそれが困難な場合は仮設堰堤の整備を行うこととします。

ハード対策の対象となる中規模泥流において被害が想定される溪流は下記の通りです。

秋田県側：鳥越川、赤川、奈曾川

山形県側：滝沢川、洗沢川、北折川、地抜川

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。

(2) 施設配置計画案

降灰後土石流、火山泥流の被害想定結果を踏まえて、前述の工種の適用性や工事実施上の安全性確保等を考慮した施設配置を行いました（図 4-7）。各施設について、土石流被害発生箇所の上流に位置する施設を土石流及び泥流対応施設とし、それ以外を泥流対応施設として区分しました。

各工種を選定、配置する際の優先度および条件を下表に示します。

表 4-4 緊急対策において採用する対策工の種類

種類	目的・効果※1	優先度	条件※2
既存堰堤の緊急除石	土砂の流出抑制 泥水のピークカット	主として砂防指定地内の作業であり、用地買収や他機関との調整が少ないため、直ちに着手でき、最も即応性が高い。 また、既存道路沿いであれば、直ちに着手でき、短期間で施工可能である。 以上より 最優先 とする。	・ある程度の効果（除石量にして15000m ³ 程度以上）確保できる堰堤
仮設堰堤の整備	土砂の流出抑制 泥水のピークカット	河道内での作業であるが、側岸の用地買収を要する場合があるため、既存堰堤の嵩上げよりは即応性がやや落ちる。 既存の橋を活用する場合には、地域住民との合意を要する。 また既存堰堤の嵩上げよりは工数が多く、施工に時間がかかる。 以上より、 既存堰堤の嵩上げに次いで優先 とし、既設堰堤がない場合に実施する	・アクセスが容易で効率的に効果を発揮する地形（狭窄部、ポケット容量）を有する箇所
導流堤の整備	土砂・泥水の氾濫抑制	用地買収・起工承諾を伴うため、即応性が悪い。 生活道路の寸断や農業設備の改変を伴うため、住民の合意を得る必要がある。 以上より、谷出口上流の対策で十分な効果量が得られず、かつ 噴火による土砂移動現象の危険性が高まり住民の理解が得られやすくなった段階で着手 する。	保全対象を土砂または泥水が直撃する場合

※1：赤字は主たる目的

※2：全工種の共通条件は以下のとおり

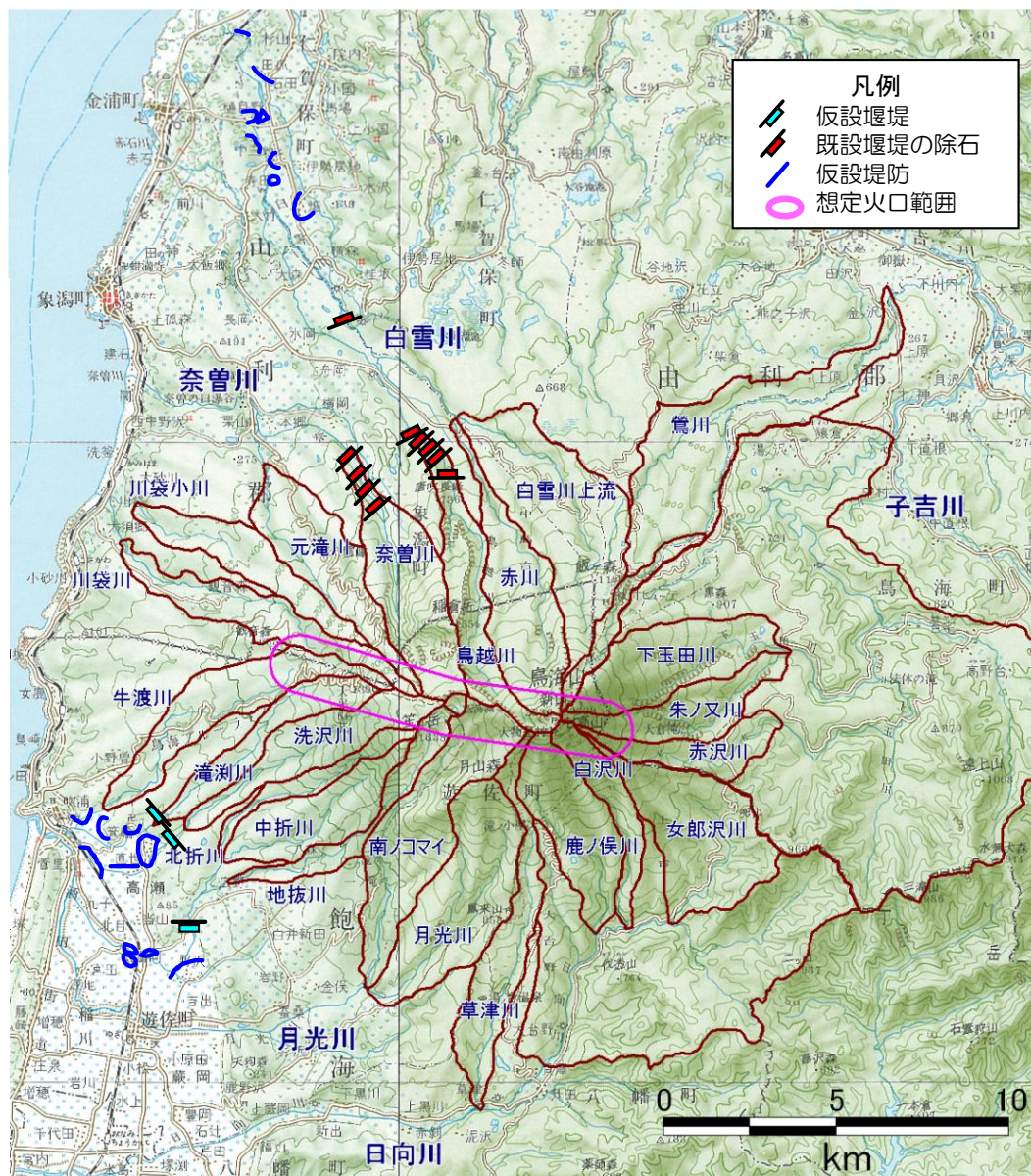
- ・上流側に土砂移動観測局を整備できる
- ・既設道路を活用するなどして速やかに搬入出路を確保できる

◆ここに示す緊急ハード対策は、対策の基本的な考え方を事例として示したものであり、実施に際しては資機材の運搬路や土地利用状況などの現場条件を踏まえて詳細に検討していく必要があります。

また、対策期間などの考え方は、大規模な土砂災害に対する緊急対策であることを考慮して、24時間施工（交替制）とし、現実的な範囲において必要な作業パーティ数を確保できる場合を前提条件としています。

ここで用いた作業パーティ構成等について、参考資料に示します。

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。
 図に示すハード施設はあくまでも計画段階のものであり、用地の制約(地権者の了解等)は考慮していない。



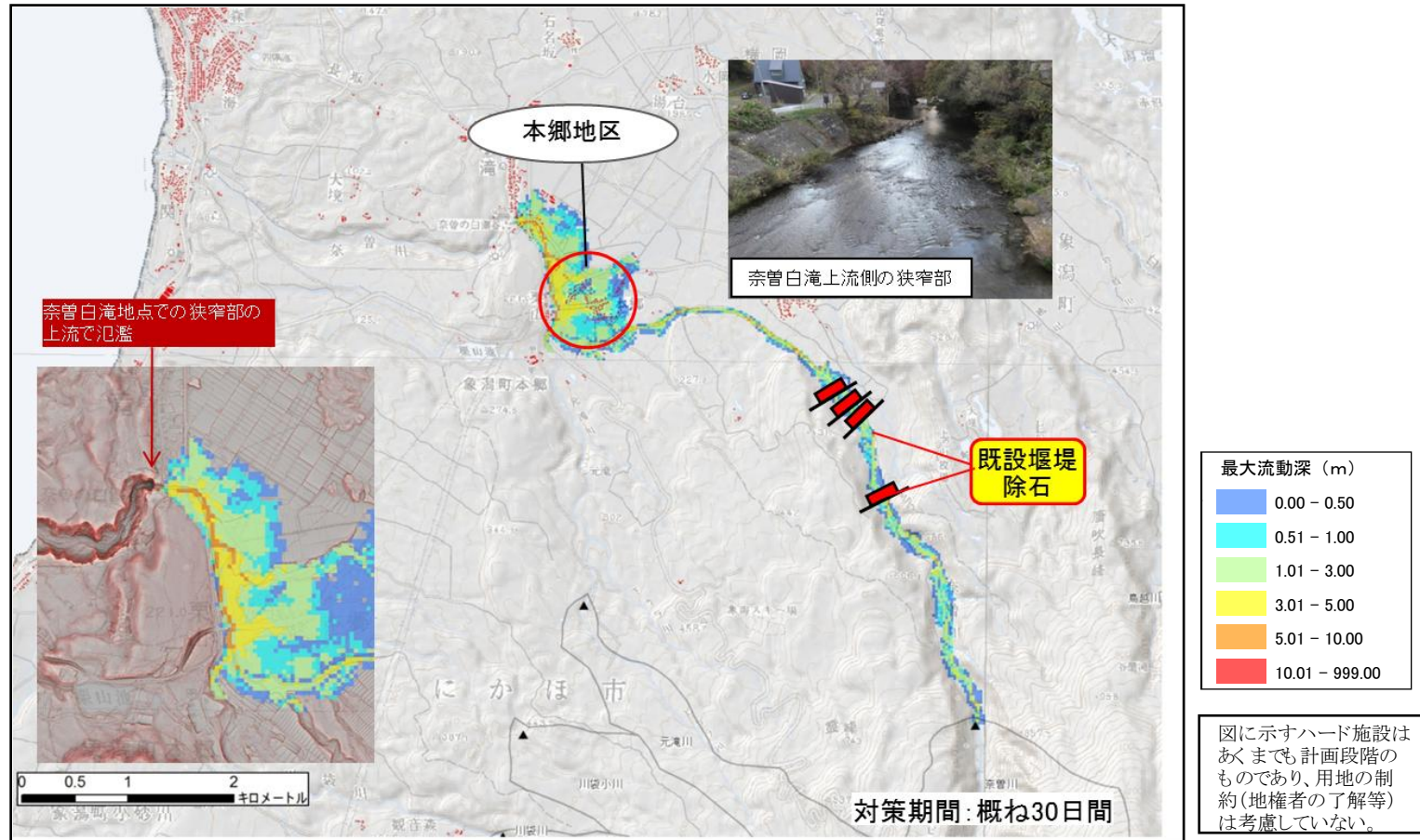
	除石	仮設堰堤	仮設堤防
川袋川			
川袋小川			
元滝川			
奈曾川	4		
白雪川	鳥越川	5	
	赤川		
	白雪川本川	1	8
子吉川	鷺川		
	下玉田川		
	朱又川		
	赤沢川		
	子吉川本川 (鷺川起源)		
子吉川本川 (鷺川合流上流)			
計	10	0	8

	除石	仮設堰堤	仮設堤防
山形県	牛渡川		
	滝瀬川	1	6
	洗沢川	1	6
	北折川		1
	地抜川	1	4
	南ノコマイ		
	月光川本川		
日向川	草津川		
	本川(草津川起源)		
	本川(鹿俣沢川起源)		
	本川(白沢川起源)		
本川(女郎沢川起源)			
計	0	3	17
合計	10	3	25

図 4-7 緊急ハード対策施設配置図

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。

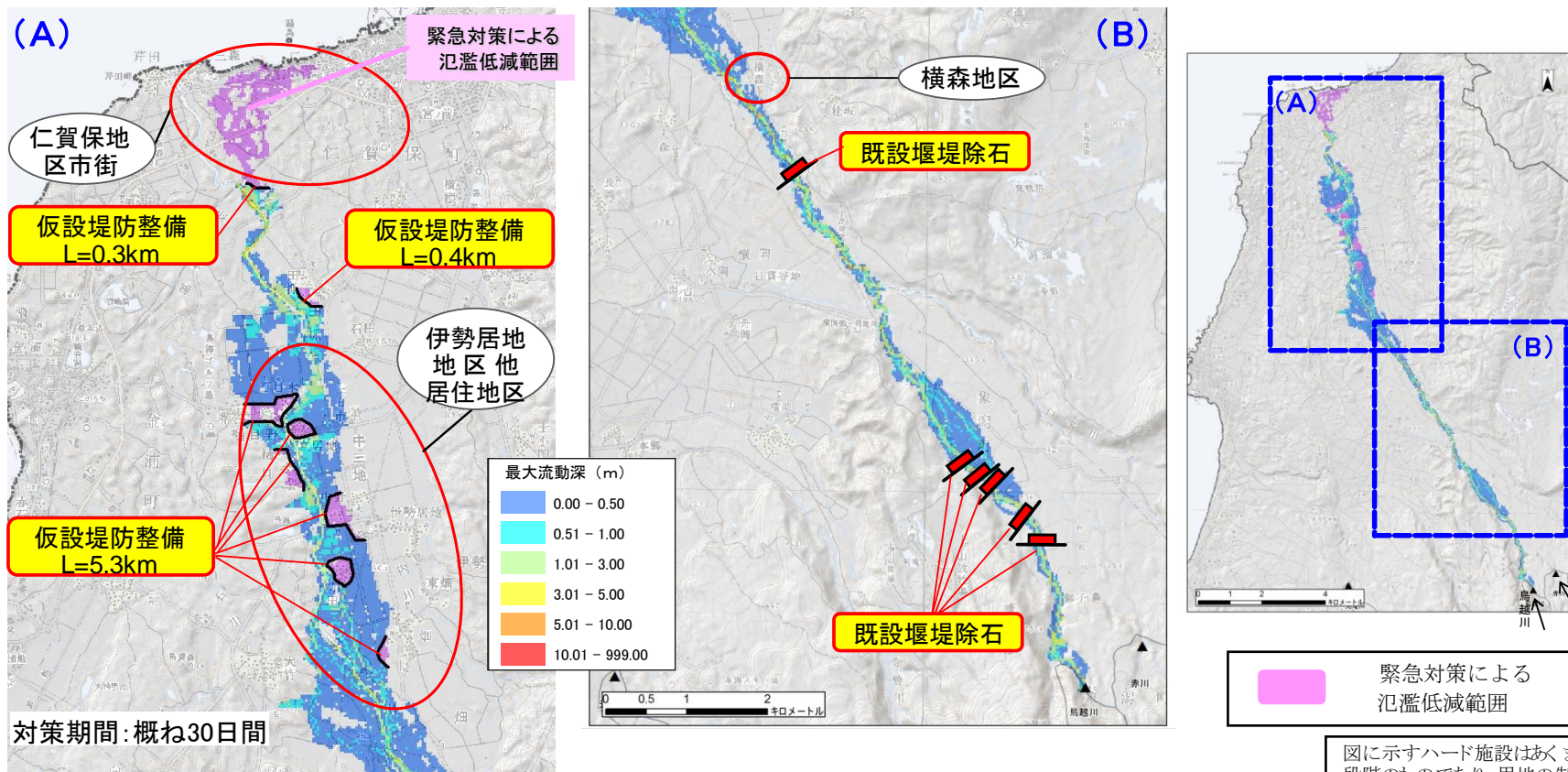
奈曾川の緊急ハード対策案（中規模泥流）



融雪型火山泥流により本郷地区において家屋の浸水などの被害が想定されます。このため、泥流の集落への流下経路に仮設堤防（大型土のう）を整備して減災を図るとともに、二次災害の防止・軽減のため、上流側の既設砂防堰堤の除石を実施することが必要となります。ただし、奈曾白滝狭窄部からの湛水氾濫を完全に防ぐことは地形的に困難であるため、避難対策による対応が重要です。

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。

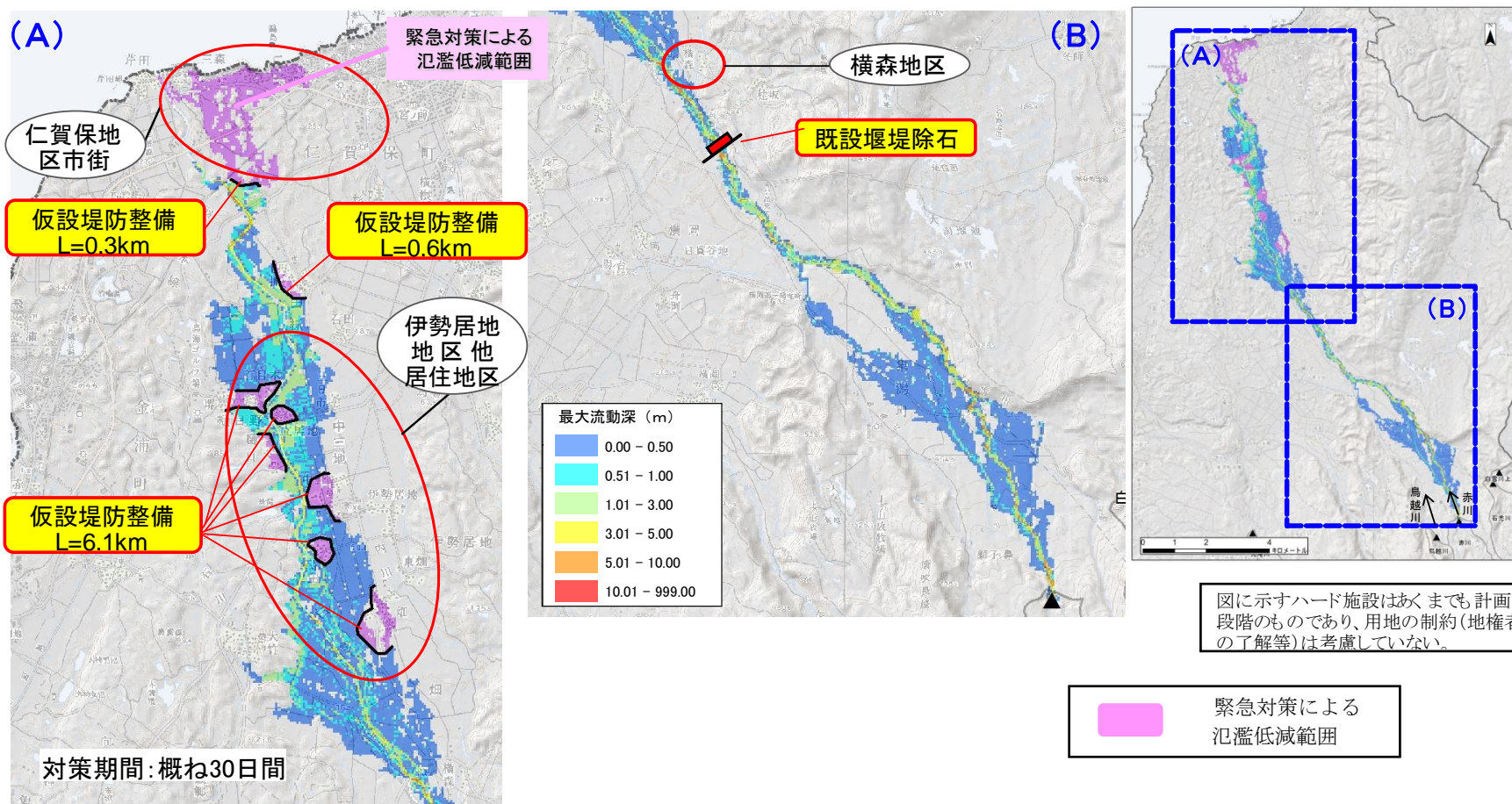
白雪川（鳥越川）の緊急ハード対策案（中規模泥流）



融雪型火山泥流の発生に伴い仁賀保地区市街を含めた広い範囲で家屋浸水などの被害が想定されます。このため、集落を取り囲む仮設堤防（大型土のう）を整備するとともに、二次災害の防止・軽減のため、上流側の既設砂防堰堤の除石を実施することが必要となります。

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。

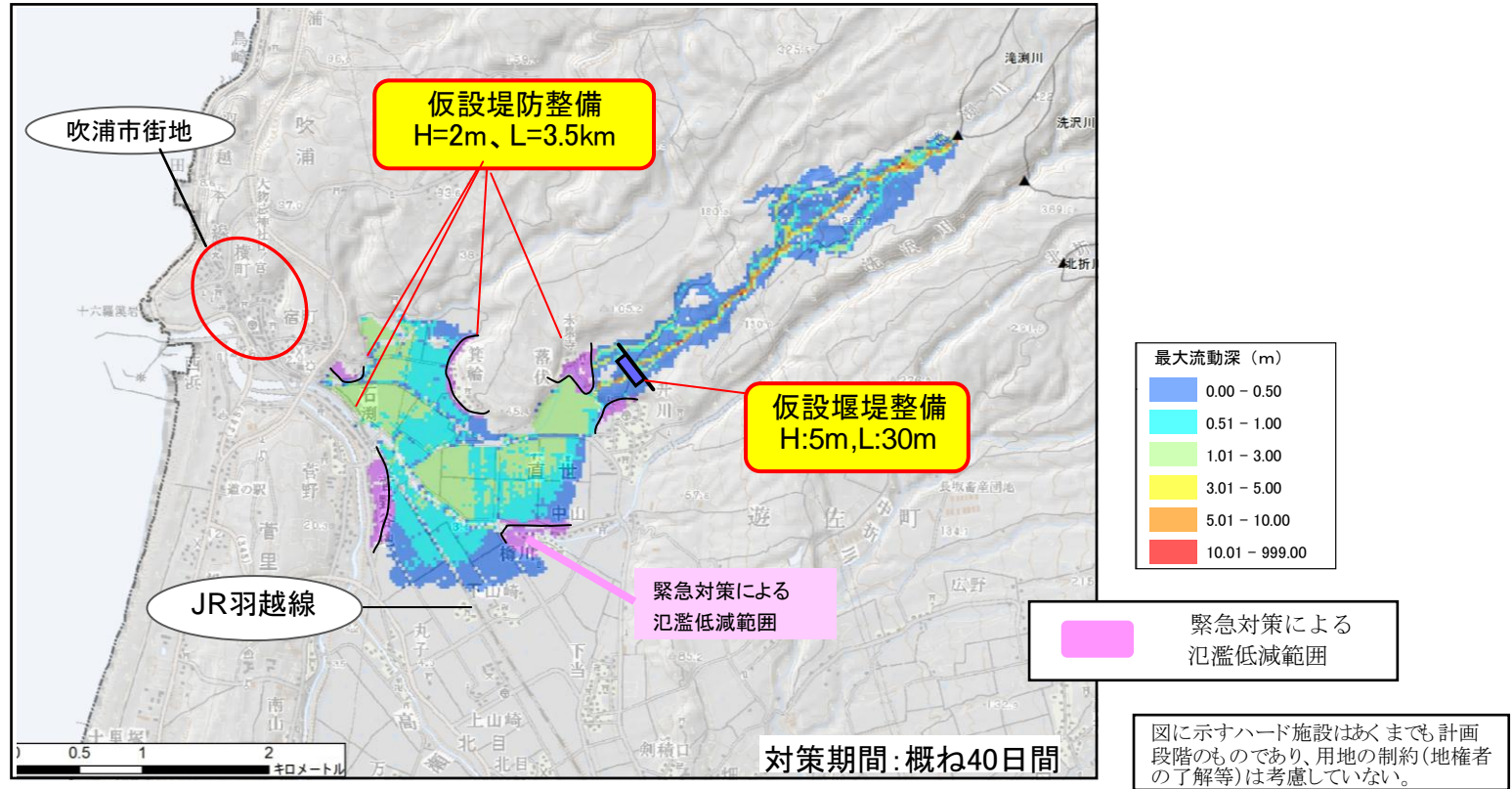
白雪川（赤川）の緊急ハード対策案（中規模泥流）



融雪型火山泥流の発生に伴い仁賀保地区市街を含めた広い範囲で家屋浸水などの被害が想定されます。このため、集落を取り囲む仮設堤防（大型土のう）を整備するとともに、二次災害の防止・軽減のため、上流側の既設砂防堰堤の除石を実施することが必要となります。

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。

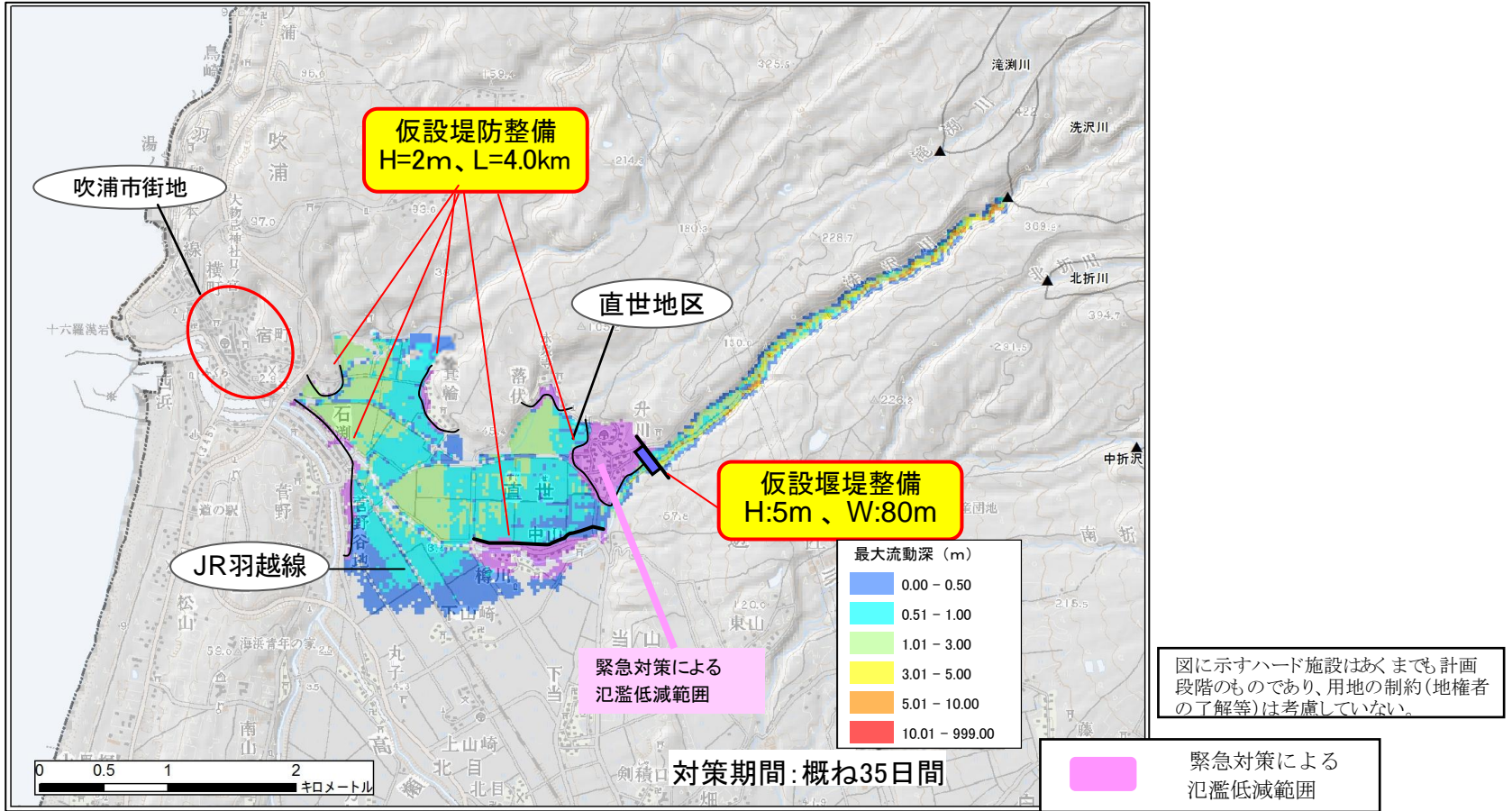
滝淵川の緊急ハード対策案（中規模泥流）



融雪型火山泥流の発生に伴い吹浦地区市街を含めた広い範囲で家屋浸水などの被害が想定されます。このため、集落を取り囲む仮設堤防（大型土のう）を整備するとともに、二次災害の防止・軽減のため、谷出口上流に仮設堰堤の整備が必要となります。

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。

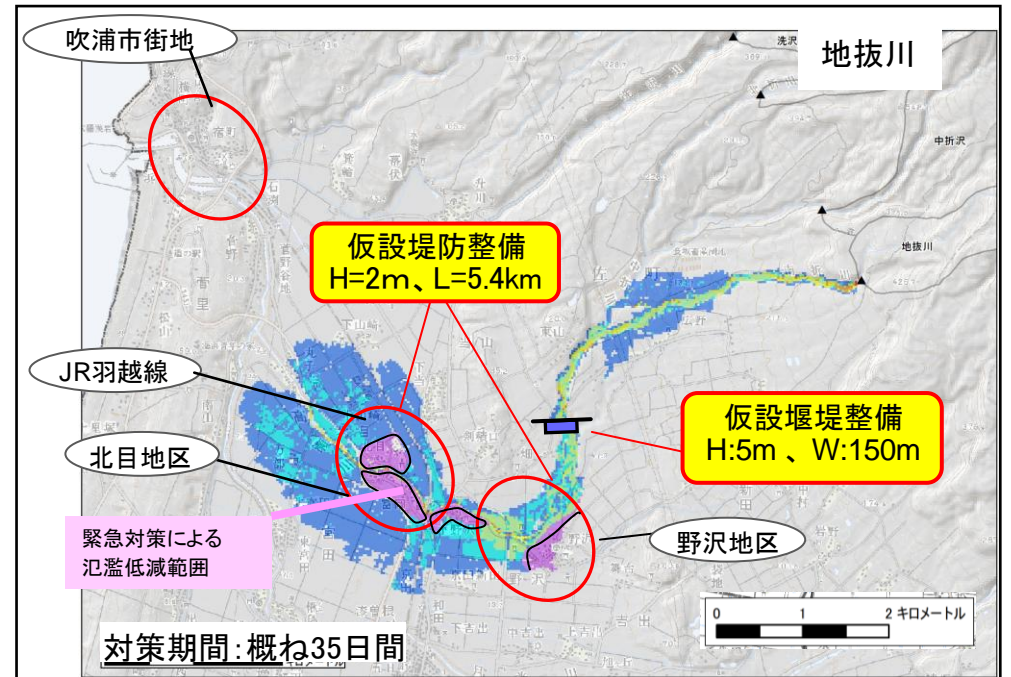
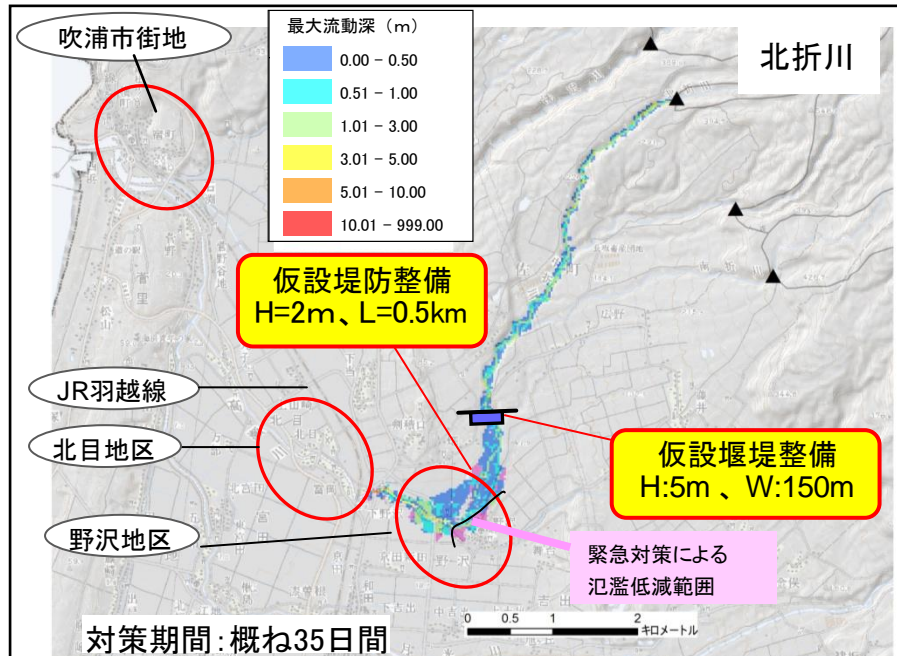
洗沢川の緊急ハード対策案（中規模泥流）



融雪型火山泥流の発生に伴い吹浦・直世地区市街を含めた広い範囲で家屋浸水などの被害が想定されます。このため、集落を取り囲む仮設堤防（大型土のう）を整備するとともに、仮設堰堤の整備が必要となります。

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。

北折川・地抜川の緊急ハード対策案（中規模泥流）



緊急対策による
氾濫低減範囲

図に示すハード施設はあくまでも計画段階のものであり、用地の制約(地権者の了解等)は考慮していない。

融雪型火山泥流の発生に伴い野沢地区、北目地区市街を含めた広い範囲で家屋浸水などの被害が想定されます。このため、集落を取り囲む仮設堤防（大型土のう）を整備するとともに、二次災害の防止・軽減のため、谷出口上流に仮設堰堤を整備する必要となります。

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。

4.1.4 噴火シナリオに沿った時系列的なハード対策の流れ

噴火シナリオに沿った緊急ハード対策の実施時系列は、火山活動の推移によって異なる。

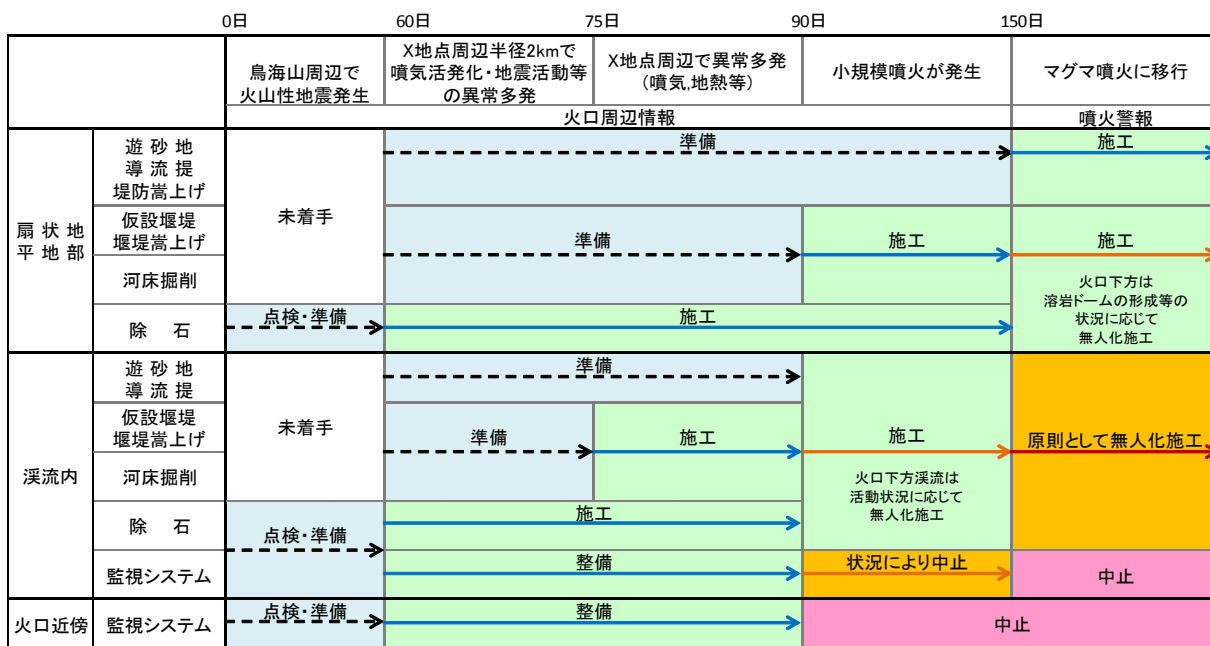
(1) 火山活動の進展に伴う整備の考え方

① 工種毎の考え方

緊急ハード対策は火山活動状況に応じて整備を進める事になります。ここでは、いずれの火山活動の推移にも共通となる、各段階におけるハード対策の目標を示します。

前項までに示した緊急ハード対策施設は、前兆の検知とともに全施設について一律に完成を目指して整備するわけではなく、活動の進展にともなって施設の優先性を考慮して整備することになります。

緊急ハード対策の整備箇所、工種毎に整備着手のタイミングは異なります。噴火時の安全確保や土地利用状況の観点で、大局的には上流域の対策、既存砂防施設での対策ほど早い段階で着手することになります（図 4-8）。



準備: 仮設路の確認、施設の設計、施工計画、協力業者の招集、地元との調整等

図 4-8 噴火シナリオの各段階におけるハード対策の目標

整備優先順位は、火山活動状況に応じて対策実施エリアを設定し、各エリア内の施設毎の優先順位に沿って整備を進めることとします。

ここに示す緊急ハード対策は現段階での検討事例であり、今後の火山活動状況等によって変更する可能性がある。

② 溪流単位の考え方

1) 火口位置が未確定な段階

火口位置が特定できない段階では、噴火に至る確度が低いことや、仮に噴火に至った場合の効果発現可能性が比較的高いことから、土石流・泥流対応施設を優先的に整備し、火山活動状況に応じて、順次泥流対応施設にも着手する必要があります。

土石流・泥流対応施設：卓越風向に源頭を有する、もしくは土石流被害が大きいと想定される溪流を優先して対策を着手

泥流対応施設：基本的に着手しないが、火口位置は特定できないが噴火に至る可能性が高い状態が継続する場合には、火口が生じる可能性が相対的に高い白雪川を優先して対策を着手

2) 火口位置が絞り込める段階

噴気等の表面現象により、ある程度火口位置が絞り込めた段階では、前項のとおり施工安全性に留意しつつ、泥流対応施設に着手する必要があります。推定火口位置を源頭に有する溪流における泥流対策施設の整備を最優先とします。

土石流・泥流対応施設：推定火口位置を起点とした卓越風向に源頭を有する、土石流被害が大きい溪流における対策を優先的に推進

泥流対応施設：推定火口位置を源頭に有する溪流に集中した対策を推進

3) 小規模噴火が発生した段階

十分な安全を確保できる範囲で対策を推進する必要があります。

土石流・泥流対応施設：噴火後の卓越風向や降灰状況に応じて、土石流被害の可能性が大きい溪流における対策を優先的に推進

泥流対応施設：火口を源頭に有する溪流では突発的な噴火や泥流の噴出が想定されるため、監視体制や無人化施工等を活用して十分な安全を確保できる範囲で、下流域の泥流対応施設を推進

4.1.5 対策実施にあたっての課題

緊急ハード対策の実施にあたって、資機材の不足および掘削残土の仮置き場の確保が問題となる。これらの対応について、平常時より検討しておく必要がある。

(1) 資機材について

資機材については、以下の事項が問題点として挙げられます。

① 機材の不足

現状で、緊急対策の実施に際して保有機材では不足します。また、火山活動は長期間に及ぶことからメンテナンスも考慮すると、平常時から応援体制を構築しておく必要があります。

② 資材の不足

緊急対策に必要となる資材数量に対して、施工期間中に確保できる数量は限られます。平常時からの備蓄、もしくは必要時に入手できるよう市場流通経路を確認しておく必要があります。

また、大型土のうの備蓄においては、長期間に及ぶことが予想されるため、耐用年数の長い耐候性土のうを使用する必要があります。

③ 残土の処理

緊急対策に必要な土砂量は確保可能であるが、既設堰堤の除石により発生する余剰土砂の処理先の確保が必要です。

(2) 対策可能期間について

既往噴火実績より、火山性地震の増加等の前兆現象により得られるリードタイムは2～3ヶ月と想定されます。無雪期の場合には、資機材の数量さえ確保できれば、概ねいずれのハード対策もリードタイム内に施工可能ですが、一部堰堤の除石（白雪川、鶯川）については施工方法の工夫が必要です。

また、リードタイムを確保するための前兆を確実に捉えるためには、現状の監視観測体制の充実が必要です。土砂移動検知のために設置している振動計等の関係機関のデータを有効活用する等の対応も検討していく必要があります。

豪雪地帯に位置する鳥海山では、雪に閉ざされる冬期は夏期と対策可能期間が異なります。したがって火山活動が活発化した時期に応じた対策タイムラインを検討する必要があります。

【夏期対応対策タイムライン】

夏期に活動が活発化した場合は、発生確率の高い降灰後の土石流対策を優先して実施することとなります。緊急調査により土石流の発生確率が高まっている溪流を抽出し、土石流検知センサー等による安全対策を実施した後に既存堰堤の緊急除石に着手します。その後、時間的猶予に応じて、仮設堰堤による土砂整備率の向上ならびに冬期に対応した火山泥流対策を実施していきます。

【冬期対応対策タイムライン】

冬期に活動が活発化した場合は、融雪型火山泥流の可能性が加わるため、可能な範囲で火山泥流対策を優先します。降灰後の土石流対策としては、除石が積雪や凍土の影響で困難なことも予想されることから、仮設堰堤を優先することも考えられます。

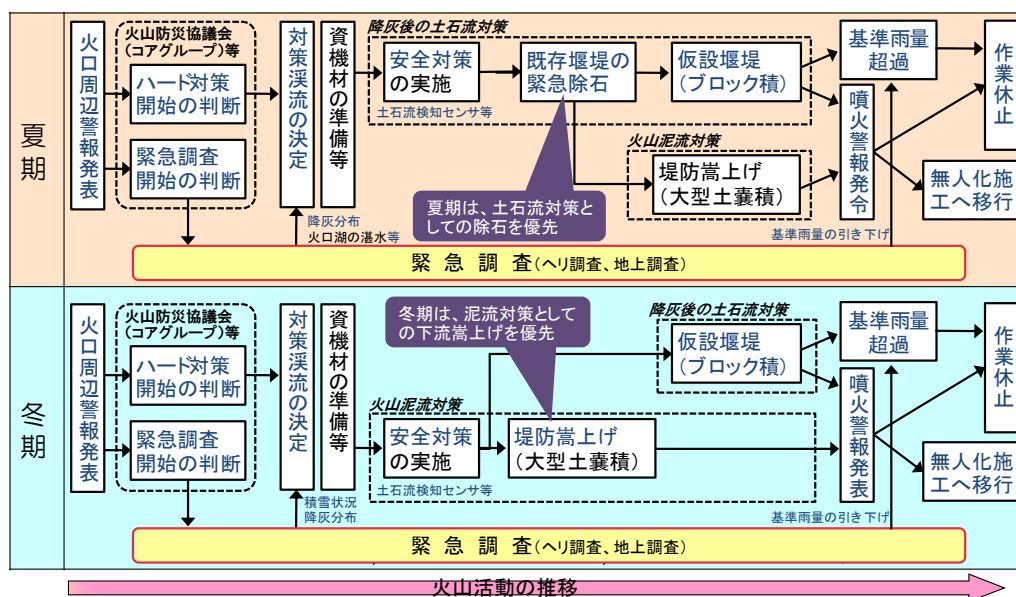


図 4-9 夏期と冬期の緊急ハード対策の対応の流れ

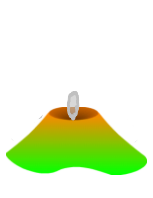

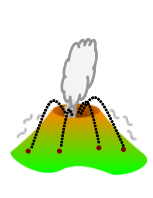
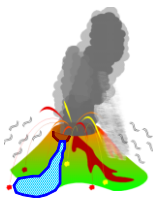
4.2 緊急ソフト対策タイムライン

4.2.1 基本方針

鳥海山の緊急ソフト対策としては、砂防工事安全確保及び避難対策支援のための情報提供、火山監視機器の緊急的な整備、リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定、情報通信網の整備、火山噴火時の緊急調査を行う必要がある。

緊急ソフト対策タイムラインは、砂防工事安全確保および避難対策支援のための情報提供、火山監視機器の緊急的な整備、リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定、情報通信網の整備、火山噴火時の緊急調査の各項目について、表 4-5 のイメージで具体的な対応を噴火シナリオの時系列で整理することとなります。

表 4-5 緊急ソフト対策の全体イメージ

火山活動		静穏期	前兆活動期～ 小規模水蒸気爆発期	小規模水蒸気爆発期	マグマ噴火期～ 火山泥流等発生期
					
噴火警報・噴火予報		噴火予報 (平常)	警報 火口周辺警報(火口周辺危険)	警報 火口周辺警報(入山危険)	特別警報 噴火警報(居住地域嚴重警戒)
緊急ソフト対策	計画に必要な火山活動状況の把握・危険区域の想定・情報伝送等	①火山監視機器の緊急的な整備	・火口監視カメラ、高標高域の積雪深計等を整備 ・整備に係わる関係機関調整	・山体南北の遠望監視カメラ、降灰量計、土石流検知センサー、ガス濃度計等を整備	・新たな機器設置は不可能
		②情報通信網の整備	・山体周辺の情報通信網を整備	・監視機器緊急整備と合わせて通信手段を確保 ・バックアップ回線の準備	・断線箇所等の早期復旧(バックアップ回線の運用)
		③火山噴火時の緊急調査	・噴火前地形データの取得 ・技術開発	・積雪状況、噴石・降灰分布、火山活動状況、地形変化、被害状況の調査	・溶岩流等の噴出物分布
		④リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定	・プレアナリシス型リアルタイムハザードマップの整備 ・リアルタイムアナリシス型リアルタイムハザードマップシステムの構築	・取得情報に応じた火山泥流、降灰後土石流のリアルタイムシミュレーション ・場合によっては溶岩流、火砕流も実施	
	工事従事者の安全確保	①火山監視機器の緊急的な整備	・早期立入規制箇所での事前整備 ・整備に係わる関係機関調整	・緊急ハード施工箇所に対応した監視機器整備	
		②情報通信網の整備		・監視機器緊急整備と合わせて通信手段を確保	
		④リアルタイムハザードマップによる危険区域の想定		・取得情報に応じた火山泥流、降灰後土石流のリアルタイムシミュレーション ・場合によっては溶岩流、火砕流も実施 → 緊急ハード整備計画の見直し	
⑤避難対策支援のための情報提供		・火口監視カメラや山頂の積雪情報を市町村を通じて住民、観光客、登山客に対して提供	・緊急調査の結果、リアルタイムハザードマップ等の結果を市町村等を通じて住民、観光客、登山客へ提供		

4.2.2 避難対策支援のための情報提供

鳥海山の火山活動が活発化した場合、火山活動並びに土砂移動の監視情報を収集し、被害推定区域など避難に関する情報を市町村に提供し、避難対策の支援を行う必要がある。

鳥海山噴火時には、関係機関が連携して収集する情報（火山活動状況および土砂移動状況等）を市町村に提供し、避難対策の支援を行う。また、平常時から火山防災の周知啓発を目的にした情報提供を行っていくこととします。

(1) 平常時の情報提供

平常時には、火山防災の周知啓発を目的に住民、観光客、登山者を対象に表 4-6 に示す情報を関係機関と連携して提供します。

表 4-6 平常時の情報提供

情報提供の主な目的	提供情報	手段・手法
火山防災のための事前情報		
住民・観光客・登山者へ防災のための情報提供	鳥海山の現況	監視カメラ(ライブカメラ)
	降雨状況	雨量情報(XRAIN:移動型)
	噴火時の危険区域	火山防災マップ等
	火山や火山防災の基礎知識	教材作成、出前授業、講演会、シンポジウム、防災訓練など

(2) 火山活動期（噴火警報時）の情報提供

火山活動が活発化した場合、砂防部局で収集するヘリ調査の結果、監視観測データ、および被害想定（リアルタイムハザードマップ含む）の情報を提供します。表 4-7 に活動が活発化した段階の提供情報を示します。

表 4-7 火山活動期の情報提供

情報提供の主な目的	提供情報	手段・手法
噴石・降灰・火山ガスへの対応		
・立入規制、避難誘導の判断材料	火山ガスの状況・流下方向 噴石の飛散範囲、降灰分布	監視カメラ、ガス濃度計
		ヘリ・UAV等による写真・動画撮影
危険区域内の被災状況		
・復旧計画の策定	施設、道路等の被災状況	ヘリ・UAV等による写真・動画撮影
融雪型火山泥流への対応		
・泥流に対する事前準備	融雪型火山泥流の被害想定	リアルタイムハザードマップ
降灰後の土石流に対する対応		
・土石流の危険が増した溪流の認識 ・土砂災害警戒情報の作成	降灰状況	空中写真、レーザープロファイラ 降灰量計
	降雨状況	雨量情報(XRAIN:移動型)
	土石流による被害想定	リアルタイムハザードマップ
	土石流発生情報	土石流検知センサー

4.2.3 緊急整備が必要な観測機器

火山活動が活発化した場合、緊急ハード対策作業従事者の安全確保、並びに住民の警戒避難支援に向けて不足する観測機器を緊急整備する必要がある。

(1) 緊急整備の目的

火山監視機器の緊急整備は、次の目的で実施します。

- 緊急ハード対策作業従事者の安全確保
- 住民の警戒避難支援

(2) 緊急整備が必要な監視観測機器

工事関係者の警戒避難システムの概要を以下に示します。警戒避難システムの概念図を図 4-10 に示します。

表 4-8 警戒避難システムの概要

構成	項目	目的	機器・設備構成	配置計画の概要
検知部	誘因検知	融雪型火山泥流の発生誘因である多量の高温堆積物を伴う爆発を検知する。 夏の泥流発生を伴う可能性がある爆発を検知する。	・目視観測（肉眼・監視カメラ） ・赤外画像 ・空振計	土砂移動現象の影響が及びにくい箇所に設置する。 気象庁のデータを活用する。 データは監視局に送信する。
		土石流の発生誘因である降雨を検知する。	・雨量計 ・アメダス雨量計 ・レーダー雨量計	気象庁のデータを活用する。 データは監視局に送信する。
	土砂移動検知	土砂移動現象の発生を検知する。	・土砂移動検知センサ ・安全な箇所からの目視 ・土砂移動監視カメラ	作業現場の上流側に設置する。 データは監視局に送信する。
情報処理・判断部	情報処理・判断	土砂移動現象が発生したか、発生の危険性が高まった場合に、警報を発する。	・監視局	安全な場所（例えば秋田県由利地域振興局、庄内総合支庁）に設けた監視局に常駐する監視員により行う。 警報は警報局に送信する。
警報・避難	現場作業員への警報伝達	土砂移動現象が到達する前に、工事関係者に警報を伝達する。	・警報局（サイレン・回転灯・スピーカー）	各現場に 1 箇所以上配置。
	現場作業員の待避	警報が発せられた場合には工事現場の近傍に整備した待避所へ待避する。	・待避所（高台上の待避スペースと避難用階段）	各現場に 1 箇所以上配置。
	現場作業員の避難・撤収	避難時間が確保できると判断される場合に、一時避難所へ避難する。	・一時避難所（道路・仮設路沿いの、電源・通信設備を有するコンテナハウス等）	各現場に 1 箇所以上配置。



図 4-10 警戒避難システムイメージ図

(3) 土砂移動検知

① 整備すべきセンサー

- ワイヤーセンサー・振動センサー
- 監視カメラ（可搬型） ※設置箇所の条件が許せば検知センサーとして地震計も有効

下流域の安全確保を目的とした土砂移動検知センサーには、『検知の確実性』『豊富な実績』『繰り返し検知が可能』が機能として求められます。これらを勘案すると、実績の豊富なワイヤーセンサーと可搬型の監視カメラを設置することが妥当です。

また、検知センサーとして地震計の利用も考えられます。設置箇所の条件や時間が許せば地震計を設置することで火山活動監視にも利用することができる。



図 4-11 霧島山（新燃岳）の緊急対応で設置された土砂移動検知センサー

② センサー配置方針

土砂移動検知センサーは、緊急ハード対策実施地点に警報を発令してから作業員が退避できる時間を確保できる箇所に配置する。

現場における避難速度と避難距離は、表 4-9 のような検討例があります。これらの情報を目安にセンサーの配置位置を設定します。

表 4-9 現場における避難速度と避難時間の目安

場所	内訳	避難速度	避難距離	
			1分間の場合	2分間の場合
平坦部	表面が粘土地盤	1.5m/s	90m	180m
	表面が礫地盤	1.3m/s	78m	156m
斜面部	斜面角度30°（登り）	0.6m/s	36m	72m
	斜面角度30°（降り）	0.7m/s	42m	84m
	斜面角度10°（登り）	1.1m/s	66m	132m
	斜面角度10°（降り）	1.3m/s	78m	156m
はしご部	昇り	0.4m/s	(24m)	(48m)
	降り	0.3m/s	(18m)	(36m)

※豊沢康男,堀井直幸(2002):現場避難実験による土石流発生時の避難時間の検討,産業安全研究所特別研究報告,NIIS-SRR-NO.25を参考に作成

センサー位置設定手順（案）

- ①対象地点の氾濫幅をハザードマップや地形から推定する。
- ②氾濫幅と表 4-9 より必要な退避時間 (A)秒を求める
- ③泥流の流下速度 (B)m/s とすれば、 $(A) \times (B)m$ より上流地点にセンサーを配置すれば良い。

(1) 降灰量

① 必要となるセンサー（設置候補地において電源および通信回線が確保できる場合）

●自動降灰量計（積雪計）

噴火によって積もった火山灰の厚さをレーザー光で測定するものです。

北海道開発局において積雪計と同原理の機器（赤外線レーザー方式センサー）を用いた計測事例があります。

桜島では重量計測による自動降灰量計も整備されています。

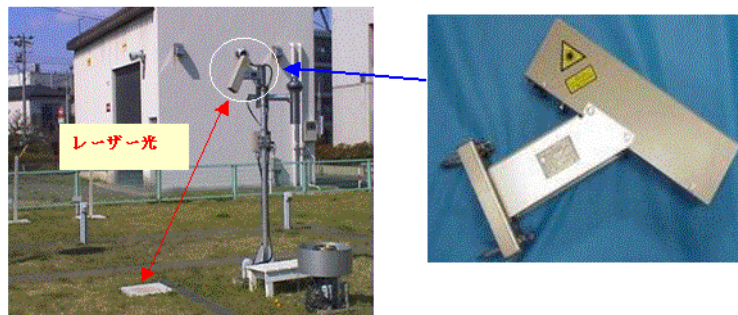


図 4-12 自動降灰計（積雪計を兼ねる）

② センサー配置方針

降灰量計は、土石流の発生が予想される溪流のできる限り源頭部に近い箇所に設置する。

(2) 降雨量

① 必要となるセンサー

●Xバンド MP レーダ（移動型）

地上雨量観測網は現況で充実していますが、火山噴火時には、降灰が著しい山体頂部付近の降雨監視が重要となります。そこで、地上観測網を補完するために X バンド MP レーダ雨量計を配置する必要があります。

現状では鳥海山周辺には同レーダ固定局はありませんので、移動型を確保し設置する必要があります。



図 4-13 Xバンド MP レーダ雨量計（移動型の例）

② センサー配置方針

市街地の公共施設に設置する。

(3) 積雪深

① 必要となるセンサー

●積雪量計

既に気象庁で採用されている気象観測用積雪計を用います。緊急的な整備は困難であるため、平常時からの整備に向けて関係機関で調整を図っていく必要があります。

② センサー配置方針

設置箇所は源頭部と中流部とする。両者の積雪深を比較することにより、標高との相関把握に資する理由による。また設置箇所は、設置や維持管理の利便性、安全性を考慮して、自動車アクセスできる道路沿いとする。



図 4-14 積雪計

4.2.4 火山監視観測機器の配置計画（将来配置案）

以上で述べたセンサー配置方針に従い、火山監視観測機器の配置計画（案）を図 4-15 に示しました。

全体置のうち未整備箇所については、火山活動状況に応じて整備を進める必要があります。なお、監視機器は関係機関で分担して整備を進めることとし、平常時より調整します。

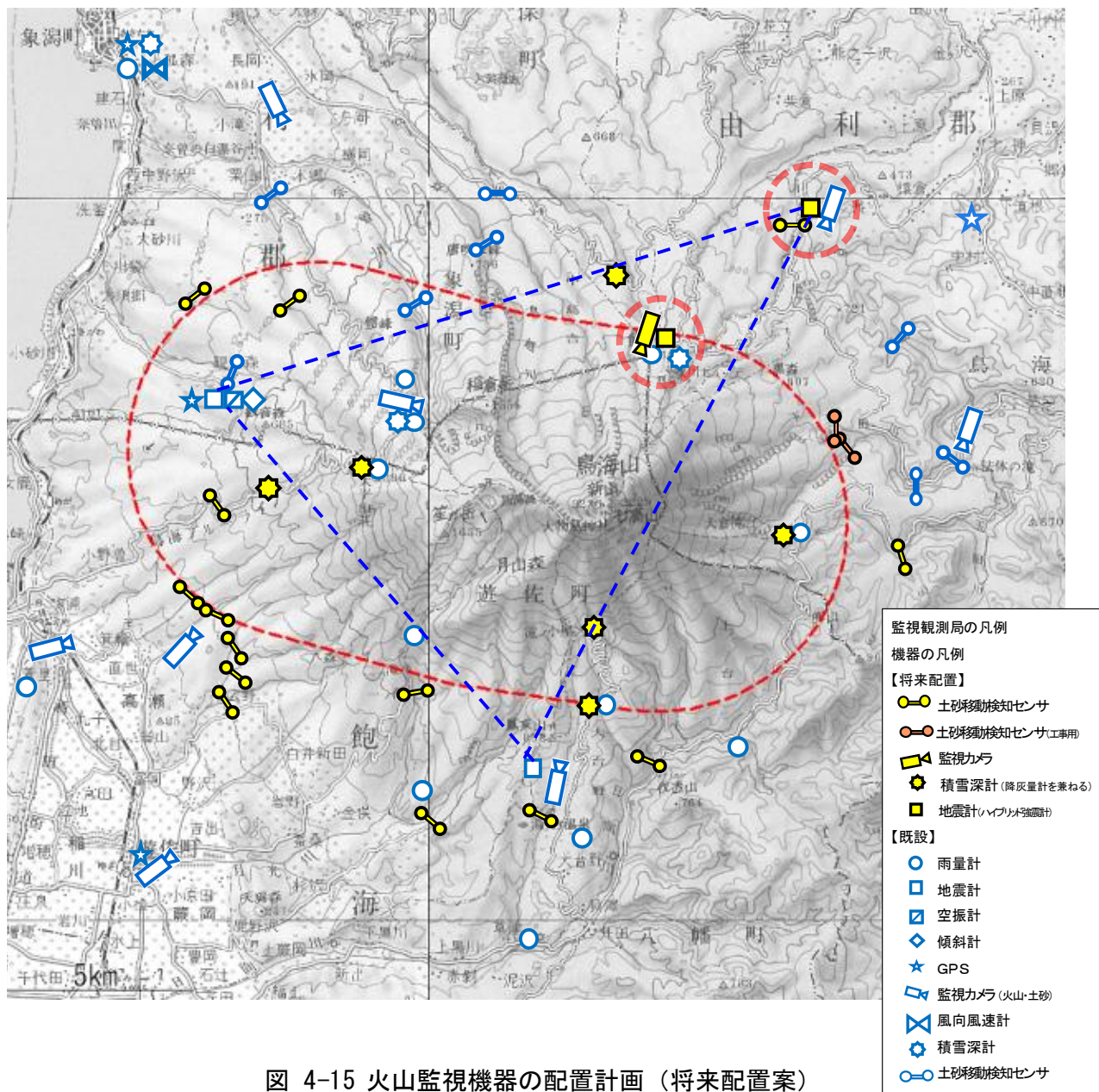


図 4-15 火山監視機器の配置計画（将来配置案）

(赤破線：想定噴石到達範囲)

表 4-10 鳥海山における監視機器整備計画

対象現象	目的	機器	現状の設置状況	将来的に整備が必要となる機器
全般	活動監視	監視カメラ	8基	東鳥海馬蹄形カルデラ（新山周辺）を対象とした遠望監視カメラ
		地震計	2基	山体周辺北東側および山頂付近の地震観測（ハイブリッド強震計）が必要
		GPS・傾斜計	5基	—
降灰	降灰予測	風向・風速計（高層風）	1基	— ※酒田観測所のウインドプロファイラ
土石流	土石流の発生検知	土砂移動検知センサー	8基	土石流等発生溪流において設置が必要
	降灰量の把握	降灰量計	なし	積雪計（レーザー式）を降灰量計として兼ねる（範囲はヘリ調査により把握）
	降雨状況の詳細把握	地上雨量計	13基	（現状で十分な機器配置がなされている）
XRAIN（XバンドMPレーダ雨量計）		なし	（緊急時には移動型のXバンドMPレーダを移設）	
火山ガス	ガス濃度の監視	ガス濃度計	なし	緊急ハート対策従事者の安全確保のため工事現場毎に設置
融雪型火山泥流	泥流の発生規模の予測	積雪計	2基	融雪型火山泥流の発生源となる高標高域の積雪観測が必要

4.2.5 リアルタイムハザードマップによる危険区域の推定

平常時、プレ・アナリシス型のリアルタイムハザードマップを整備する必要がある。また、火山活動が活発化した場合、火山活動状況にあわせて、リアルタイムアナリシス型のリアルタイムハザードマップを作成し、必要な関係機関に情報提供していく必要がある。

(1) リアルタイムハザードマップの種類

リアルタイムハザードマップには、『プレ・アナリシス型（データベース方式）』と『リアルタイム・アナリシス型（逐次計算方式）』があり、火山活動の状況に応じて使い分けるとします。

① プレ・アナリシス型（データベース方式）

複数の噴火規模、現象において予めハザードエリアを数値シミュレーション等により作成し、その情報をGIS上に格納しておくシステムです。火山活動の状況に応じて事前想定に近いものを引き出すことができるので、短時間でハザードマップを得ることができるのがメリットです。

② リアルタイム・アナリシス型（逐次計算方式）

火山活動に伴い、地形が変化した場合や事前の予想とは異なる位置に火口が形成された場合などプレ・アナリシスで対応できない場合、随時新たな情報に基づきシミュレーション等を行いハザードマップを作成するシステムです。

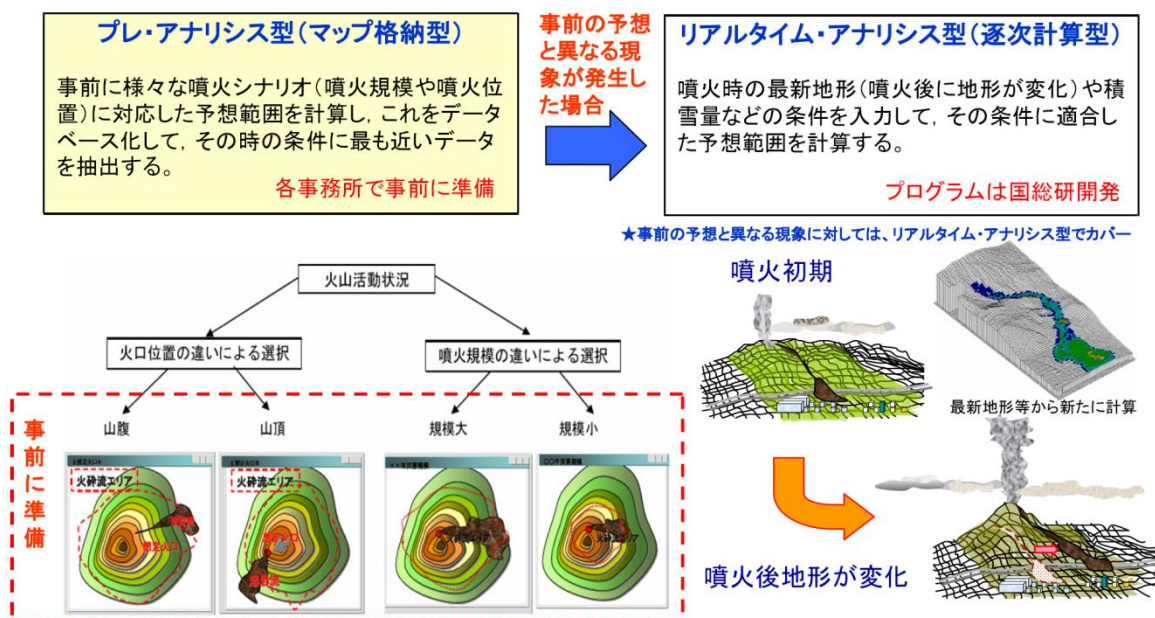


図 4-16 リアルタイムハザードマップの種類

(2) 鳥海山におけるリアルタイムハザードマップ作成方針

鳥海山において作成するリアルタイムハザードマップの作成方針をプレ・アナリシス型とリアルタイムアナリシス型に分けて表 4-11 に整理しました。

特に、リアルタイムアナリシス型は、実施のタイミング・入力条件設定に必要なデータ、その情報の取得方法を記載しました。火山噴火時の緊急調査では、リアルタイムハザードマップの作成も念頭において調査項目を設定する必要があります。

表 4-11 鳥海山におけるリアルタイムハザードマップ作成方針

現象	プレ・アナリシス型	リアルタイムアナリシス型		
		実施のタイミング	必要なデータ	データの取得方法
噴石	・噴火実績に基づく到達予想範囲を整理	・想定した火口以外から噴火が生じた場合、弾道計算に基づく弾道計算を実施	・火口位置 ・噴出初速	・監視カメラ、地震計 ・監視カメラ映像解析等
降灰	・様々な噴出量、風向・風速に基づく降灰計算によるデータベースを整理	・想定外の強風や想定した以外の風向が予想される場合に降灰計算を実施	・風向、風速	・気象庁の予報
融雪型火山泥流	・積雪深と融雪範囲を想定して数値シミュレーションによるデータベースを整理	・積雪量に基づき、数値計算を実施	・積雪深 ・火口位置	・積雪深計、LP解析 ・監視カメラ、地震計
		・噴出物等により地形が変化した場合、新たな地形データにより数値計算を実施	・地形モデル	・レーザープロファイラ
降灰後の土石流	・降灰量、降雨の様々なパターンで数値シミュレーションによるデータベースを整理	・想定外の降灰量や降雨が予想される場合に数値シミュレーションを実施。	・降灰分布 ・降雨規模 ・火口位置	・降灰調査(ヘリ調査) ・Xバンドレーダ雨量計 ・気象庁の予報 ・監視カメラ、地震計
		・噴出物等により地形が変化した場合、新たな地形データにより数値計算を実施	・地形モデル	・レーザープロファイラ
溶岩流 火砕流	・様々な火口位置、噴出量で数値シミュレーションによるデータベースを整理	・想定外の火口で溶岩流出が始まった場合数値シミュレーションを実施	・火口位置	・監視カメラ、地震計
		・噴出物等により地形が変化した場合、新たな地形データにより数値計算を実施	・地形モデル	・レーザープロファイラ

4.2.6 情報通信網の整備

噴火時に必要な監視観測情報の通信が途絶えないように、情報通信網はバックアップ回線を整備しておく必要がある。

秋田県の雨量観測所、土砂移動検知センサについては、無線回線を介したテレメータ化が行われていますので、これを活用します。新規設置観測局のデータについてもこの無線回線を活用することが適当です。

また、保全対象住家地区からはNTT等の商用回線を活用できます。一方、動画像等を送信するための広帯域回線は、鳥海山周辺では国道7号、同13号の全区間と国道108号の一部に敷設されているのみです。動画の送信を行う場合には、新たに敷設するか、衛星回線を用いる必要があります。



図 4-17 既往光ファイバケーブル敷設図

4.3 火山噴火時の緊急調査

火山活動が活発化した場合、火山の状況を把握し緊急的な対策を検討するための基礎資料を得ることを目的に緊急調査を実施する必要がある。

鳥海山の活動が活発化した場合の緊急調査の項目と調査により把握する事項、調査結果の活用方針を表 4-12 に整理しました。

表 4-12 鳥海山噴火時の緊急調査（案）

緊急調査項目	把握する事項	調査結果の活用方針
ヘリ調査 (UAVの活用等も含む)	●降灰分布	・降灰後土石流の発生可能性が高まっている溪流の抽出 ・緊急ハード対策の優先度決定 ・リアルタイムハザードマップ作成の入力条件
	●火口周辺状況	・火山専門家に提供、今後の活動予測のアドバイスを得る
	●被災状況	・立入禁止区域内の保全対象の被災状況を確認 →関係機関へ情報提供
	●砂防施設状況	・堆砂状況から緊急ハード対策のメニューを検討する
レーザープロファイラ	●噴火後地形データ	・リアルタイムハザードマップ(リアルタイム・アナリシス型)への入力条件 ・噴火前地形との差分解析による降灰分布および積雪分布把握
地上調査	●降灰深	・流域降灰量の推定 ・土石流発生の可能性が高まっている溪流の抽出
	●噴出物調査	・水蒸気爆発かマグマ噴火かの判断 ・今後の噴火シナリオ予測
	●積雪密度	・融雪水量の算定 ・融雪型火山泥流の発生規模予測
	●砂防施設点検	・緊急除石が必要な施設の抽出
水質調査	●pH、濁度、巡視 等	・利水への影響を予測→関係機関へ提供

ただし、以下の場合には土砂災害防止法に基づく緊急調査が国土交通省により実施されることとなります。

- ・河川の勾配が 10 度以上である区域の概ね 5 割以上に 1cm 以上の降灰等が堆積した場合
- ・おおむね 10 戸以上の人家に被害が想定される場合

表 4-13 および図 4-18 に鳥海山における火山噴火時の緊急調査を行う予備調査の対象となる溪流を、想定火口位置毎に抽出しました。抽出基準としては、降灰厚が 1cm 以上になる可能性のある溪流としており、噴火発生時には、これらの溪流を対象に、実際の降灰範囲や保全対象の状況を考慮して、対象溪流を絞り込むこととなります。

表 4-13 降灰厚 1cm 以上の範囲に含まれる可能性がある土石流危険溪流数※

想定火口	噴出量	にかほ市	由利本荘市	真室川町	酒田市	遊佐町	合計
① 猿穴火口	10万m ³	2	0	0	0	3	5
	100万m ³	14	0	0	1	13	28
	210万m ³	28	37	0	50	14	129
② 西斜面新火口	10万m ³	1	0	0	1	2	4
	100万m ³	8	0	0	1	13	22
	210万m ³	28	90	0	51	14	183
③ 鳥海湖付近	10万m ³	0	0	0	1	2	3
	100万m ³	4	2	0	1	6	13
	210万m ³	27	103	0	53	14	197
④ 新山西火口	10万m ³	0	0	0	1	1	2
	100万m ³	3	2	0	2	5	12
	210万m ³	27	114	0	53	14	208
⑤ 新山火口	10万m ³	0	0	0	1	0	1
	100万m ³	2	9	0	2	2	15
	210万m ³	25	144	0	54	14	237
⑥ 東斜面新火口	10万m ³	0	0	0	1	0	1
	100万m ³	2	37	0	1	2	42
	210万m ³	23	171	1	50	14	259
6火口合計	10万m ³	2	0	0	1	3	6
	100万m ³	14	37	0	2	13	66
	210万m ³	28	171	1	56	14	270

※風向によって堆積エリアが異なるので、上記数量の溪流すべてで土石流発生の危険性が高まるわけではない

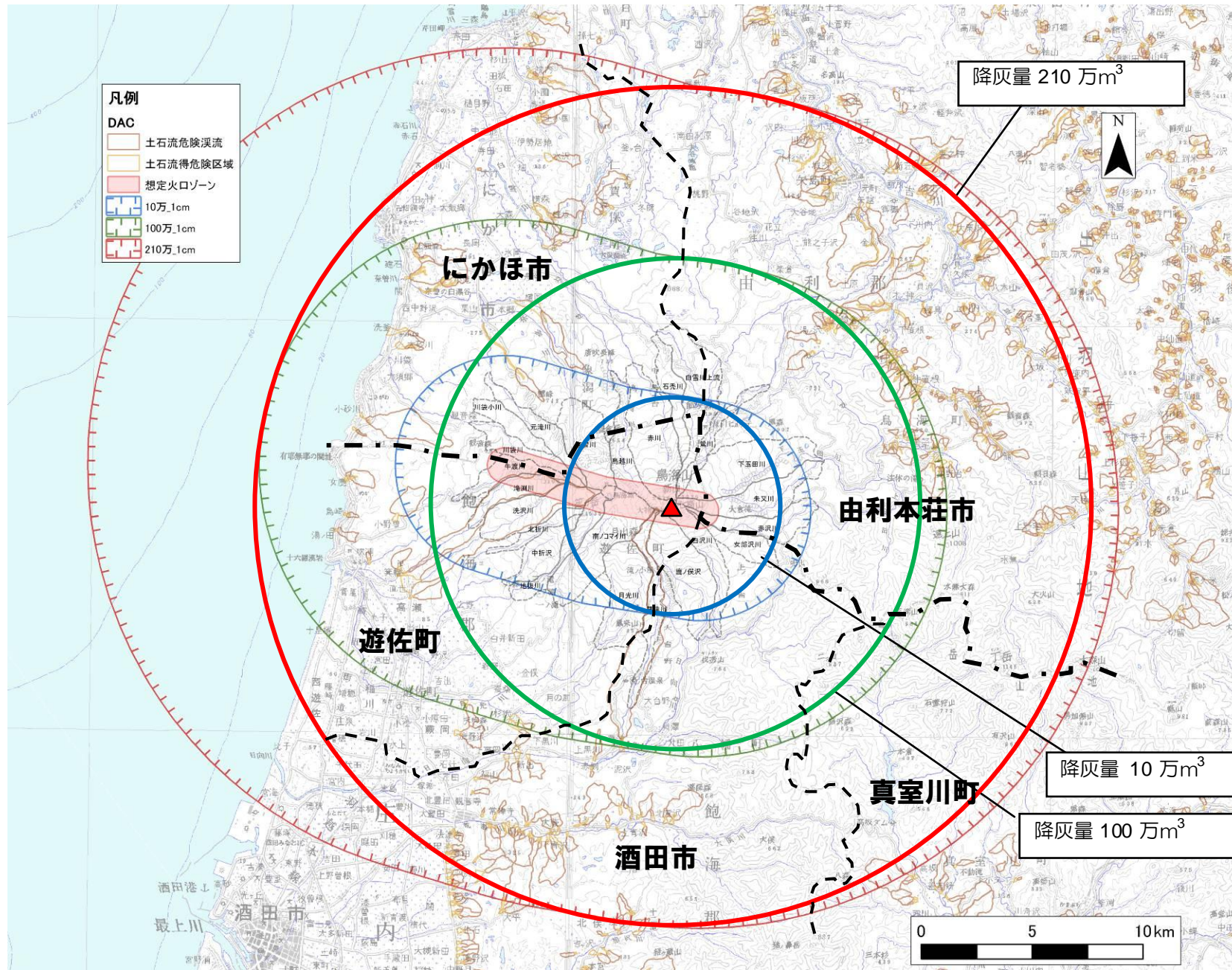


図 4-18 新山火口での噴火を想定した降灰範囲(1cm 以上)と土石流発生懸念溪流

4.3.1 ヘリ調査

火山活動が活発化したら、まずヘリコプターによる上空調査を行うのが効果的です。「降灰の分布状況」、「火口の状況」、「火山噴出物（噴石・溶岩流等）の分布状況」、「立入禁止区域内の保全対象の被災状況」、「砂防施設の堆砂状況」などを調査し、土石流の可能性が高まっている溪流の抽出や、緊急対策の優先度検討の基礎資料とするとともに、関係機関および一般に速やかに公表する必要があります。なお、有人飛行に危険が伴う場合、UAV（無人航空機）を活用した調査も実施することが可能です。



防災ヘリコプターによる被災状況調査
（御嶽山）

UAV（無人航空機）による降灰状況調査
（御嶽山）

4.3.2 レーザープロファイラ

火山活動による地形変化等を把握するために、噴火後のレーザープロファイラを取得することが必要です。取得した地形データは、リアルタイムハザードマップの入力条件として活用するほか、降灰深の面的把握や冬期の積雪深の面的把握なども可能となり、得られる情報は多いです。

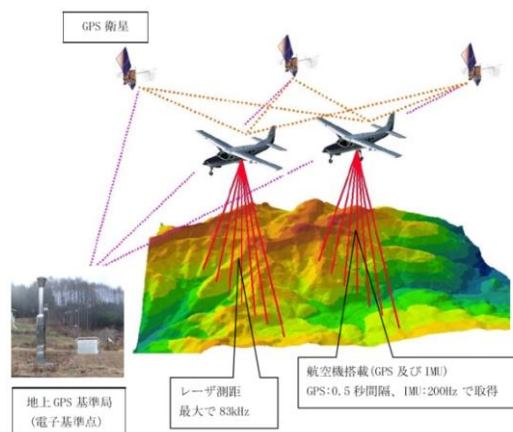


図 4-19 レーザープロファイラ

4.3.3 地上調査

山麓の降灰深や、積雪期であれば積雪密度、砂防施設の点検等、立ち入れる範囲内で地上調査を実施し、状況把握に努めることが重要です。

4.3.4 水質調査

火口付近から酸性の泥水が噴出した場合、下流域で農業被害・漁業被害等が発生する可能性もあります。そこで、火山活動が活発化した場合、定期的の下流河川の水質調査をする必要があります。

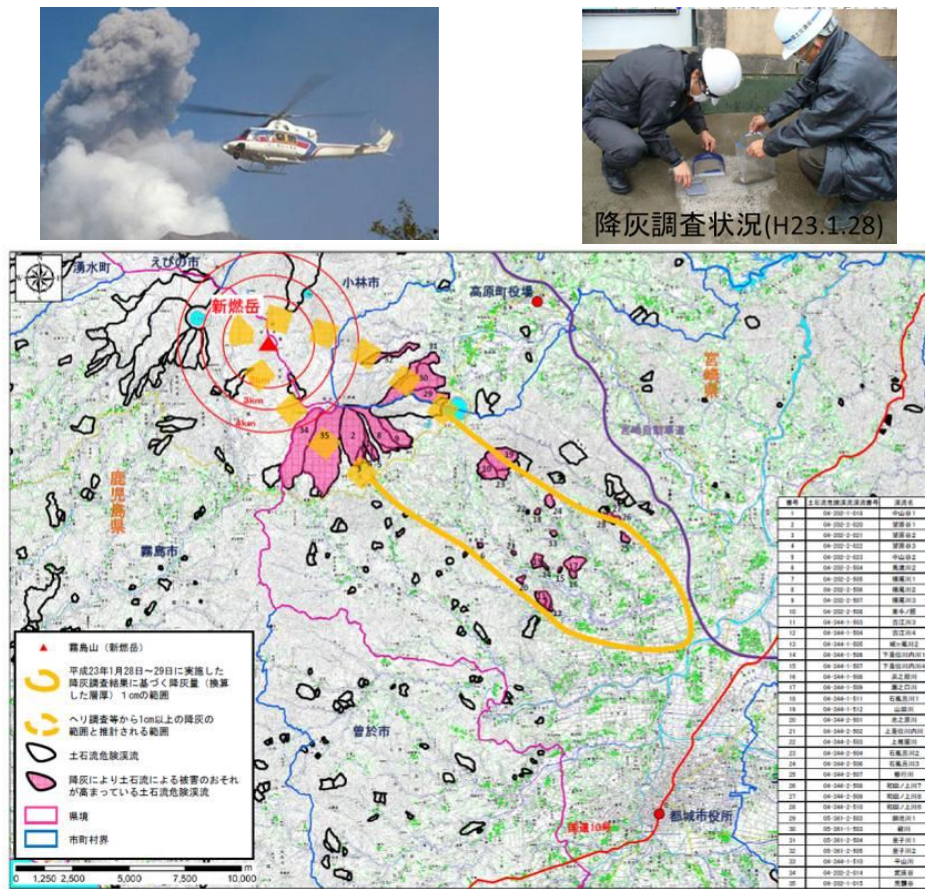


図 4-20 H23 新燃岳噴火時の降灰により被害の恐れが高まっている溪流抽出事例



図 4-21 H23 新燃岳噴火時の土石流想定氾濫区域図の例

4.4 緊急対策タイムラインのまとめ

4.4.1 緊急減対策タイムラインのまとめ

火山活動の変化に応じて、計画された緊急ハード、ソフト対策施設の準備や整備、対策活動を進める必要がある。

緊急ハード、ソフト対策、緊急調査のタイムラインの事例として、順当に前兆現象から水蒸気爆発、マグマ噴火と推移した場合のタイムラインを以下に示します。

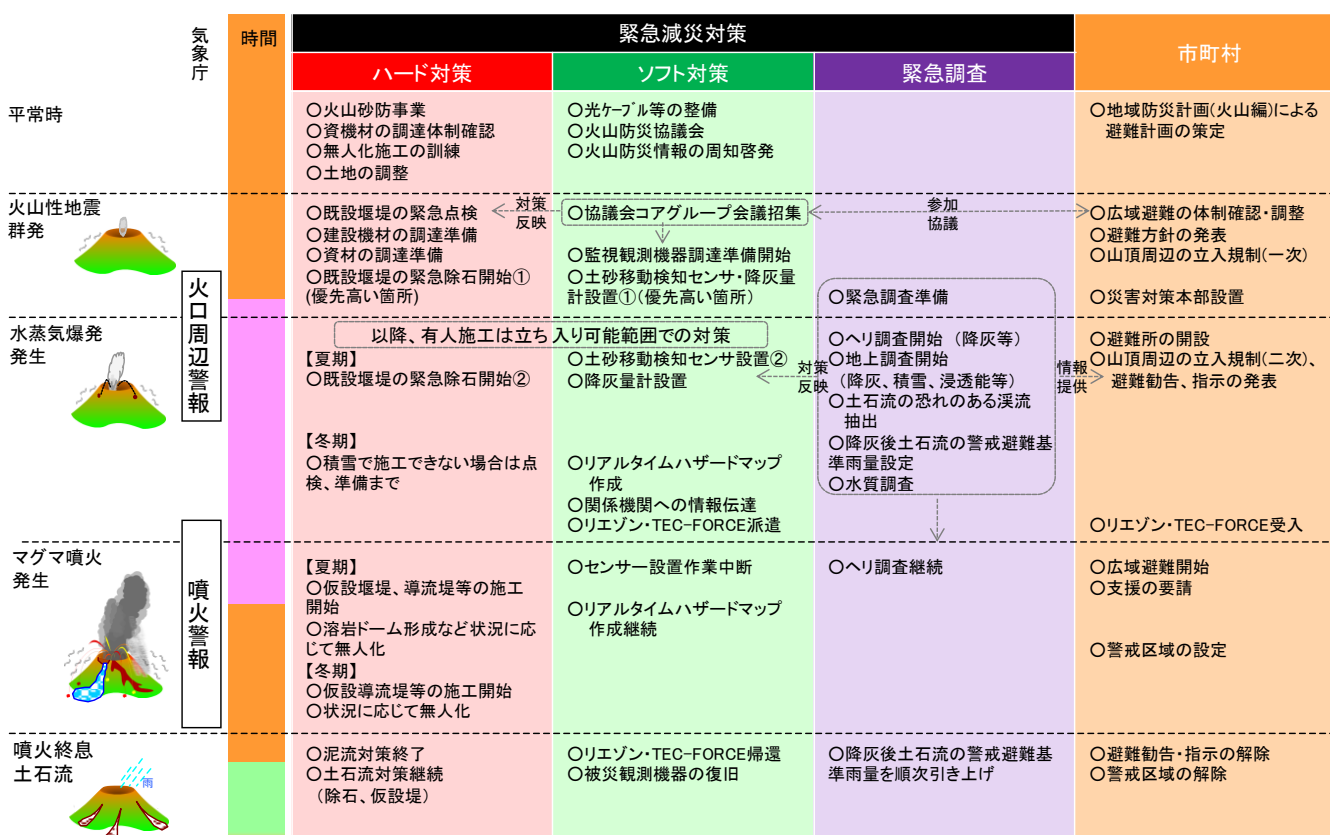


図 4-22 緊急減災対策タイムラインの概要

(前兆現象が検知され水蒸気爆発からマグマ噴火に順当に推移した場合の例)

火山活動の推移は、前兆が検知できない場合や、水蒸気爆発を経ずにマグマ噴火に至る場合もあることから、参考資料に他の推移を想定したタイムラインも示しています。

5. 平常時からの準備事項

緊急減災対策を実施可能なものとするために、緊急対策のために必要となる土地等の調整、緊急ハード対策の資機材の備蓄などを検討する必要がある。

5.1 対策に必要な諸手続・土地利用

緊急ハード対策や緊急ソフト対策による機器配置の実施にあたって、平常時より調整しておくべき内容と調整期間を表 5-1 に整理しました。

表 5-1 平常時からの調整項目一覧

項目	内容	調整機関
国有林内での対策に関する調整	○国有林内での緊急ハード対策に関する調整 ○監視観測機器配置の緊急設置に関する事前調整	森林管理署
国定公園内での観測機器設置の許可	○自然公園特別区域内における監視観測機器の緊急設置における事前調整	県
土地の調整	○緊急ハード対策計画箇所の地籍調査 ○対策計画箇所の民有地や、公有地に対して一時的な借地・補償・買収などの調整	市、町 地権者
砂防指定地の指定（火山山麓緩衝帯の設定も含む）	○緊急ハード対策の計画箇所の砂防指定地指定 ○火山山麓緩衝帯の検討（保全対象の上流域を带状に砂防指定地の指定や保安林指定）	地権者 森林管理署
土捨て場の確保	○緊急除石や掘削等により発生する残土の土捨て場の事前確保 ○そのための土地利用の調整、工事用道路の整備	地権者
無人化施工の準備	○5.8GHz など総務省から新たに割り当てられた周波数帯でのシステムの構築、 ○無人化施工のオペレーターの訓練	総務省、 施工業者
施工業者との契約・工事積算	○緊急時になるべく速やかに工事に着手できるように、事前に施工業者と協定	施工業者
工事用道路の整備	○既設砂防えん堤の除石箇所では、えん堤サイトの林道から堆砂敷に降りるための工事用道路の整備	道路管理者
特殊車両の通行や工事車両の通行に関する手続き	○特殊車両の通行のための道路管理者・警察の事前許可申請 ○避難用道路、緊急対策用道路の使い分けや運用に関する取り決め	県警察本部、道路管理者
道路上の構造物設置に対する占有許可	○道路上での土のうの設置などによる導流工計画箇所では占有許可及び使用許可が必要となる	道路管理者、 県警察本部

5.2 平常時における検討事項

緊急ハード・ソフト対策について、下記項目について事前に検討する必要があります。

1) ハード、ソフト対策実施候補地の現地調査

今回候補地に挙げた対策箇所について、対策実施に向け支障となる物件、アクセス性、また地形・地質についても目視確認できる範囲で整理し、調整等が必要な項目については随時準備を進める必要があります。

2) 除石および機能改善対象堰堤の構造把握および劣化状況調査

除石や嵩上げなどの機能改善の対象となっている既往えん堤については、その構造について現在の劣化状況を加え詳細に調査する必要があります。また機能改善に伴い支障となる項目についても現地調査を行った上で整理しておくことが必要です。

3) 機能改善堰堤の概略検討

2) で整理した項目に加え、火山活動に伴い発生する降灰後の土石流や火山泥流に対する適切な機能改善手法について検討が必要です。また、その手法についての実現性に向け、構造を検討し工期や工費について概略検討を行う必要があります。

4) 流木対策

融雪型火山泥流等が発生すると、流木により橋梁が閉塞し、氾濫被害が増長するおそれがあります。緊急施工による流木対策には限りがあるので、融雪型火山泥流が想定される溪流においては平常時より流木対策を進めておく必要があります。

5) 仮設堤工および緊急遊砂地概略検討

緊急時に整備を行う仮設堤や遊砂地について、地形・地質条件、設計条件、環境条件等の基本事項の検討を行い、適切な配置やその構造について概略検討を行う必要があります。

6) 資機材搬入に関する仮設計画検討

全ての緊急ハード・ソフト対策について、緊急時に円滑に資機材が搬入できるよう、アクセス性を考慮し、資機材搬入について検討を行う必要があります。具体的には既往道路からの対策候補地までのアクセスについて工事用道路など仮設計画を行い、工期、工費を算出することが必要です。

7) 緊急避難路等の検討

今回検討した災害予想区域図をもとに、適切な緊急避難ルートや緊急避難所について検討するとともに、平常時からの周辺住民への周知手法について検討が必要です。

8) 積雪分布等の各種データの蓄積・分析

積雪期のレーザプロファイラによる積雪深分布やデータロガーによる積雪重量を計測しておくなど、各種データの蓄積、分析を行っておく必要があります。

5.3 緊急減災ハード対策に必要な資機材の備蓄

緊急対策施工に必要となるコンクリートブロック、大型土のう等の資材を平常時より備蓄するとともに、建設機材を緊急時に調達できるよう、広域的な応援体制を構築しておく必要があります。

緊急時の対策を迅速に行うためには、平常時から建設資材を備蓄しておくことが有効です。緊急ハード対策で検討した工種において、資材を必要とする工種は仮設堤工と導流工であり、それぞれコンクリートブロックと大型土のうを必要とします。

(1) 機材の調達体制

緊急ハード対策の実施に際して、現状の災害協定業者の保有機材数では不足します。

緊急時の機材調達に関して、県外も含め、広域的な応援体制を平常時から構築しておくことが必要です。

(2) コンクリートブロックの備蓄

緊急ハード対策に必要な膨大なコンクリートブロック数に対して、施工期間中に現場製作できる数量は限られます。これらの差分に関しては、平常時より備蓄および広域的な支援体制を確立しておくことが必要となります。



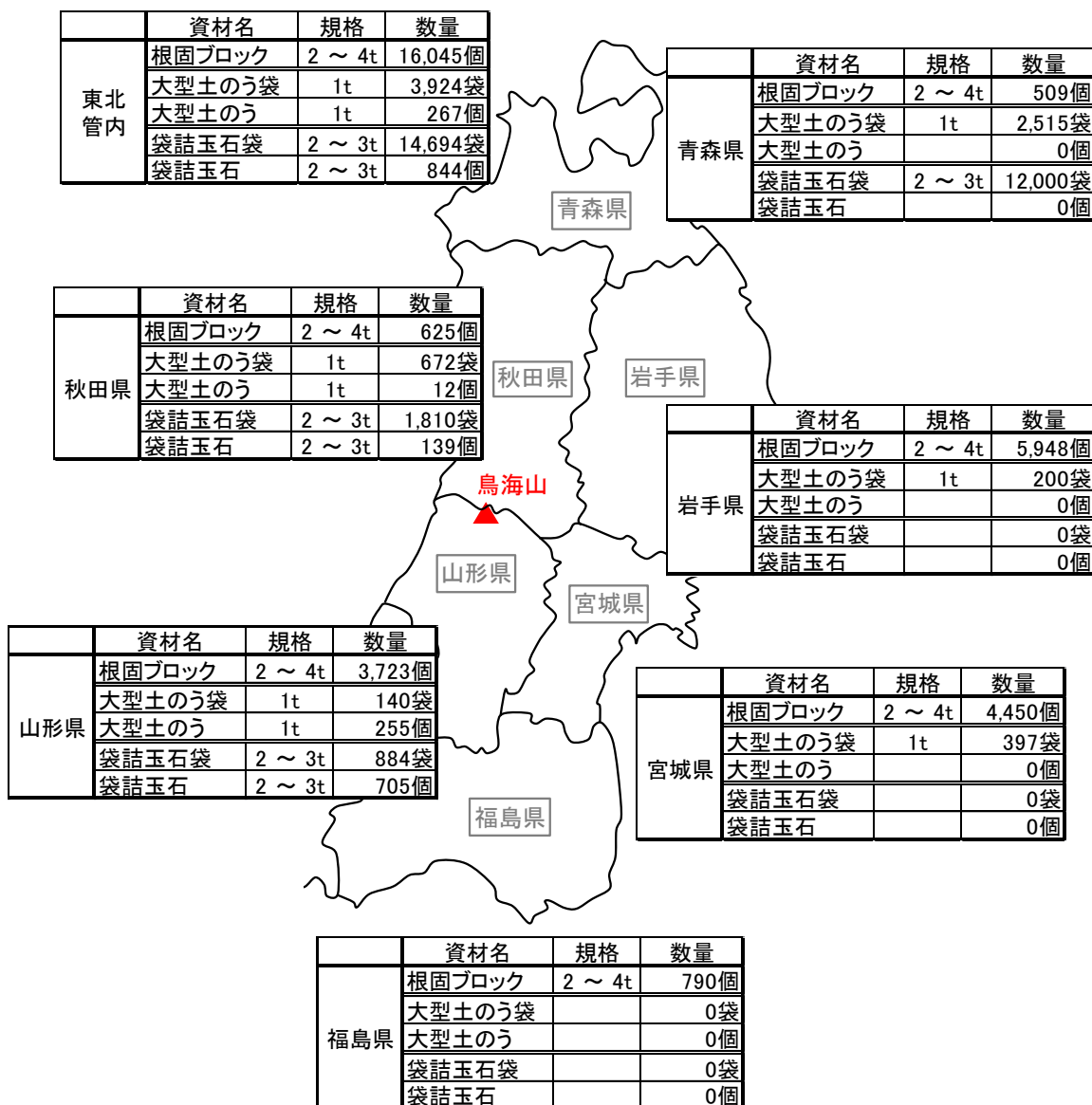
参考-浅間山におけるコンクリートブロックの備蓄事例
(国土交通省利根川水系砂防事務所 “浅間山砂防だより第5号H25.12.20より”)

(3) 大型土のうの備蓄

緊急ハード対策に必要な膨大な大型土のう数に対して、備蓄されている数量は限られます。これらの差分について、備蓄および広域的な支援体制を確立しておくことが必要となります。

表 5-2 緊急ハード対策に必要な資機材

溪流名		計画施設数量		必要資材数	
		仮設 堰堤	仮設堤防 延長	ブロック	大型 土のう
		(基)	(m)	(個)	(個)
白雪川	火山泥流		7,000	0	63,000
滝淵川	"	1	3,500	1,100	17,500
洗沢川	"	1	4,000	2,900	20,000
北折・地抜川	"	1	5,400	5,400	27,000



(参考) 東北地方整備局管内 直轄河川事務所備蓄資材 (2014年時点)

5.4 関係機関との連携事項

鳥海山噴火の際、速やかに対策が実施できるよう、平常時より、周辺市町村や関係機関と協議・調整を行っておくことが必要である。

関係機関を中心に連絡会を設けて定期的に情報交換、事前協議を行っていくことが必要です。各機関との具体的な協議・調整事項を以下に記します。

(1) 市町村との協議・連携事項

緊急減災対策工事の実施にあたっては、関係者以外の立ち入りに関して事業者が細心の注意を払うことは勿論のことですが、工事実施者による立ち入りの制限には限界があるため、関係市町村による避難勧告や異常現象の状況による警戒区域の設定などが必要となります。よって、関係市町村に対して、登山の自粛や、住民等の自主避難の促進、避難勧告、避難指示、立ち入り規制等の情報周知の徹底に関して連携、支援する必要があります。

また、関係市町村の緊急減災対策工の施工に関する一連の行動計画等の整合に関しても協力要請を行う必要があります。

(2) 河川管理者との協議・調整事項

河川に構造物を設置するにあたっては、土地の占用や工作物の新築、および土地の掘削等の許可などが必要となります。これらの手続きについては、国および都道府県管理の河川については河川法に規定され、市町村管理の河川については各自治体の条例等に規定されています。

河川法による手続きは、河川法第九十五条には国が行う事業についての特例があり、国と河川管理者が協議し、同意を得れば足りることになっています。この場合、河川法施行規則第42条に規定された書類を提出して同意を得ることとなります。これらことから、緊急減災対策を実施するにあたり、河川管理者との協議が必要になります。

(3) 環境部局との協議・調整事項

国定公園内において、非常災害時のための応急措置を行う場合については、特別地域及び特別保護地区内の場合、行為を行った日から起算して14日以内に所定の書式を公園の諸事務を所掌する当該県部局に提出することとされています。なお、可能であれば事前の連絡を行うことが必要です。

(4) 治山部局との協議・調整事項

治山事業と砂防事業の事業調整については、昭和 38 年の「治水砂防行政事務と治山行政事務の連絡調整について昭和 38 年建河発第 267 号」によって建設省、農林省の連名通達が出されており、両事業の目的や事業内容の仕分けの基本とされています。この通達の中で、砂防治山連絡調整会議の開催により、砂防行政事務と治山行政事務は都道府県毎に地方連絡会議を設置し、毎年定期的及び必要が生じた場合に臨時に開催し、事業調整等を行うこととされています。

現時点では、本計画で想定しているような非常災害時などでの緊急対策などに関連する事業調整に関する通達等がないことから、減災対策等のため緊急的に森林法第 34 条第 7 項による保安林の伐採などを行う必要性が生じることもあり、事後の届出として「保安林（保安施設地区）内緊急〇〇届出書」による対応が発生する可能性等をあらかじめ説明しておくことが必要です。

(5) 国土政策総合研究所との協議・調整事項

リアルタイムハザードマップのうち、リアルタイム・アナリシス・システムの運営は、専門的な知識が要求されるため、国土技術政策総合研究所を中心に行うことが火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドラインに記されています。

また、リアルタイム・アナリシス・システムを運用するためには、所管の直轄砂防事務所や都道府県においては、地形データや現況の施設整備状況等の所管する火山のデータベースを国土技術政策総合研究所に提供する必要があります。これらデータの受け渡し方法、データ形式等について事前に調整しておく必要があります。

5.5 火山防災の周知・啓発

地域の防災力の向上に貢献することを目的として、防災教育の支援、および防災意識の向上に係わる活動等を推進が必要である。

(1) 防災教育の支援

地域の未来を担う子ども達に、火山や土砂災害について教えるとともに、自然や地域を大切に思う心を育てるための防災教育への支援を行うとともに、防災教育への支援は、防災学習の指導者となる人材および団体の運営に関する支援・協力、出前講座等の既存の取り組みを活用したイベント開催等の活動等が考えられます。これらは地域の有識者の意見を参考に進めていく必要があります。

(2) 防災意識の向上に係わる活動

防災意識の向上に係わる活動として、地域住民・団体・ジオパーク等が実施する防災訓練への参加・協力や、ウェブサイト・広報誌等の適切な媒体を用いた防災広報等の取り組みを、地域住民やボランティア団体等と協力しながら進めていくことが必要です。



火山噴火に備えた出前講座
(福島県吾妻山の事例)

吾妻山噴火に備え
河川国道事務所が出前講座
吾妻山 噴火発生



東松島市において実施された津波避難訓練
(H25. 11. 23)



鳥海山の火山防災マップ (教材)



「まるとまちごとハザードマップ」の
取り組み

火山防災教育の事例 (参考となるインターネット URL 等) を参考資料に示します。

【参考事例：浅間山で実施された火山噴火を想定した合同防災訓練】

浅間山では、緊急減災対策の実施体制の確保・施工技術の向上及び関係各機関の防災対応の連携を強化するとともに、住民等の噴火防災対策に対する協力と理解を得ることを目的として合同防災訓練が開催されています。



国土交通省による緊急減災対策工施工訓練



関係機関連絡会議開催状況

(平成 22 年 10 月浅間山噴火総合防災訓練実施報告より, 利根川水系砂防事務所)

おわりに

本計画は、鳥海山の噴火履歴から、今後発生が予想される噴火現象の推移を噴火シナリオにとりまとめ、そのシナリオに基づく減災対策の方針を示したものです。

前兆現象を含め火山噴火時に、緊急減災対策を速やかに実施するためには、平常時からの準備が不可欠となります。

平常時の準備は資機材や通信網の整備など、ハード面の準備もさることながら、学識経験者や関係機関と「顔の見える関係」を日頃から構築し、連携することが重要です。

今後は、本計画を基に、「顔の見える関係」の構築に努め、関係者全員が万全の体制で鳥海山の噴火に備えることが、火山噴火の被害を最小限にとどめる鍵となります。

具体的には関係機関が一堂に会する火山防災協議会などにおいて、全体的な火山防災対策について情報共有や役割分担などを調整していく必要があります。

また、個別の対策は各機関で個々の連絡会等を設置し、行動計画などの具体的な対応策を立案していく必要があります。

参 考 资 料

参考資料 1 : 繰り返し発生する土石流の被害想定

■ 計算条件

【降雨量】

- ・ 平年降雨（2年超過確率）規模とする。
- ・ 2年超過確率日雨量は 166.6mm を採用する。（気象庁：鳥海山 1975～2008）

参考：100年超過確率日雨量は 398. mm

【土石流ハイドログラフ】

- ・ 対象降雨は 2年超過確率規模。
- ・ 降雨波形は、後方集中型とし、中安の単位図法により清水流量波形を作成。
- ・ 流量のピーク時から土砂濃度見合いで土砂を投入。
- ・ 繰り返しは流量 0 のインターバルを 1 時間設けてハイドログラフを繰り返す。

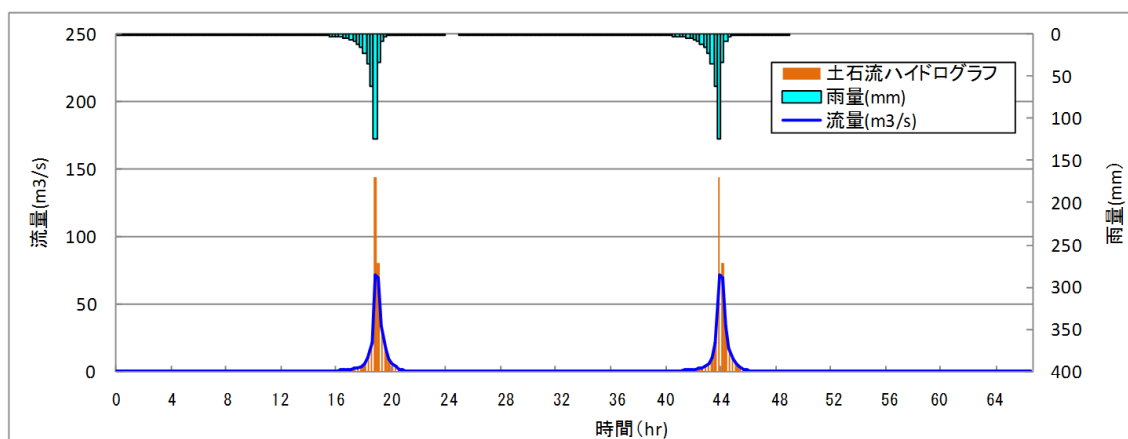


図-1 繰り返し 2 年確率土石流ハイドログラフの例（洗沢川）

【繰り返し発生する土石流に対する緊急ハード対策について】

繰り返し発生するという特性から既設砂防堰堤の除石対策が重要になりますが、想定被災箇所は中規模泥流の範囲に包含されることから、基本的には中規模泥流を対象とした配置で対応可能と考えられます。

土石流 (2年確率×2回)

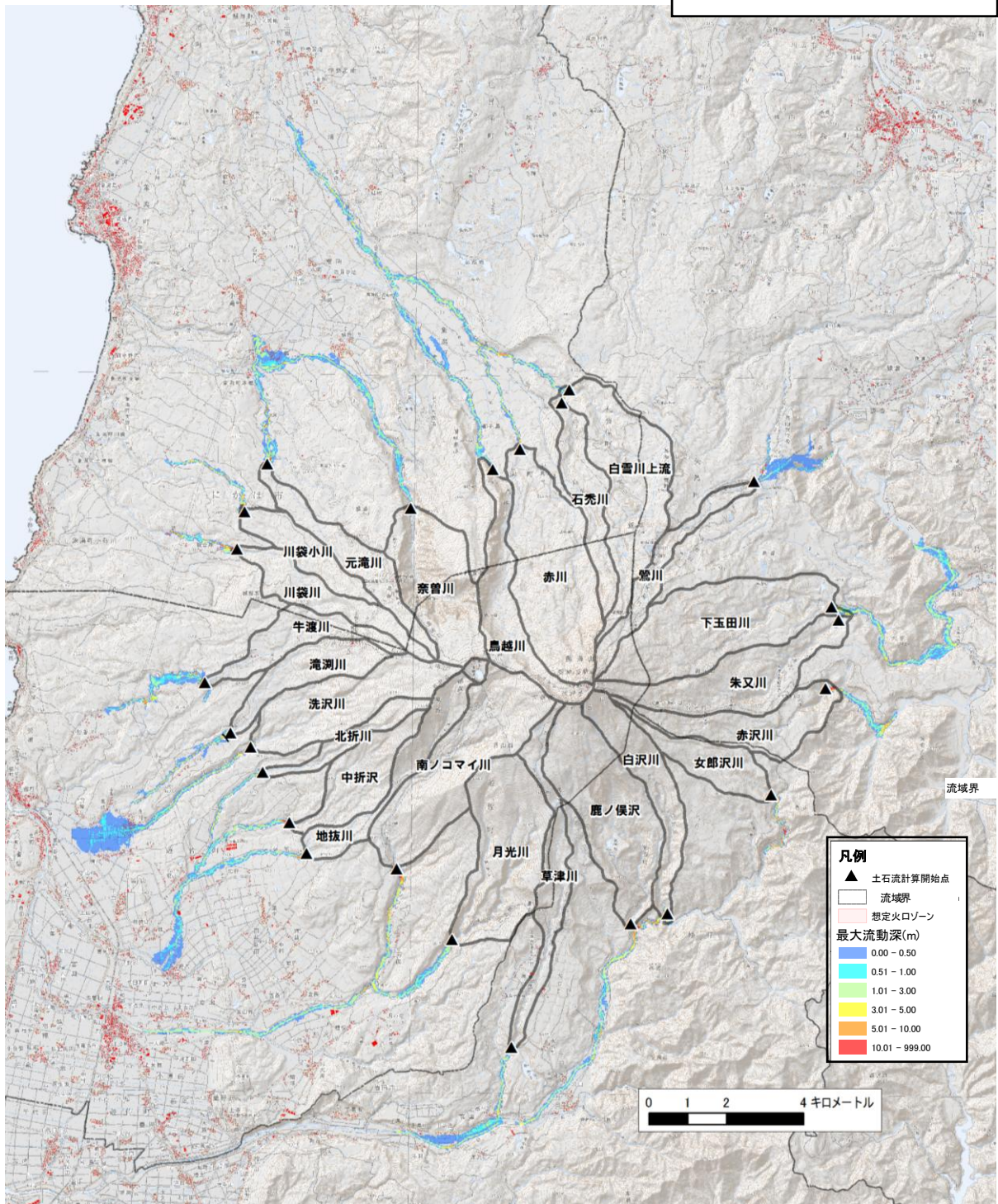


図-2 繰り返し2年確率土石流の氾濫範囲

参考資料 2 : 緊急減災対策タイムラインのバリエーション

鳥海山の緊急減災対策タイムライン(案)【前兆が得られない場合】

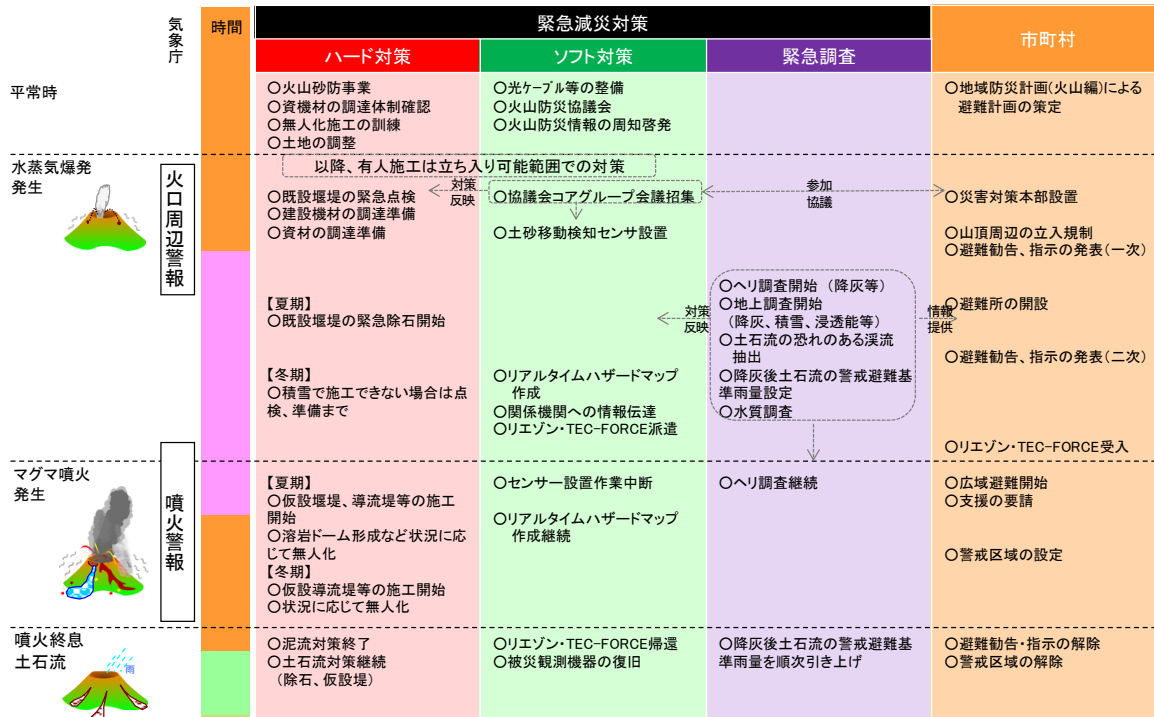


図-3 前兆現象無く水蒸気爆発が発生した場合のタイムラインの例

鳥海山の緊急減災対策タイムライン(案)【水蒸気爆発を経ずにマグマ噴火に至る場合】

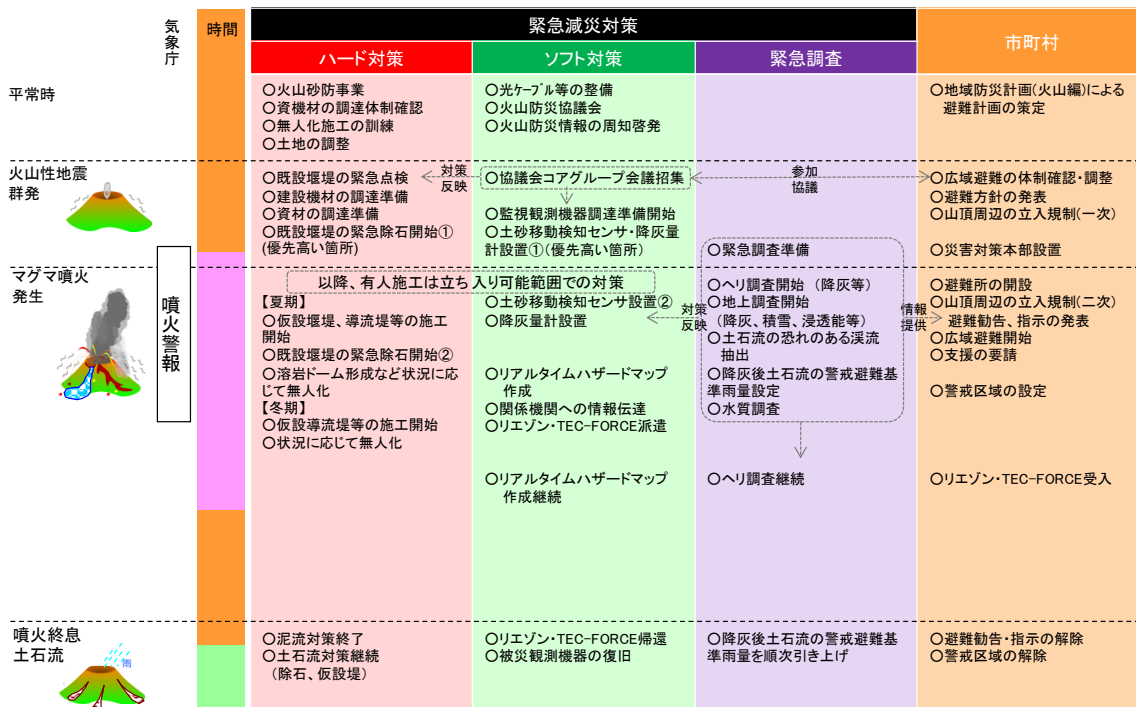


図-4 水蒸気爆発を経ずにマグマ噴火が発生した場合のタイムラインの例

参考資料 3 : 緊急ハード対策の考え方に用いた前提条件

緊急ハード対策に要する日数、機材は以下の前提条件の下に検討した。

- 除石、仮設堰堤等の砂防堰堤整備に関わる場合と導流堤、堤防嵩上げ等の対策を実施する場合とで、空間に応じて施工パーティを投入することを想定した。
- 各パーティの施工は3交代の24時間施工と想定した。

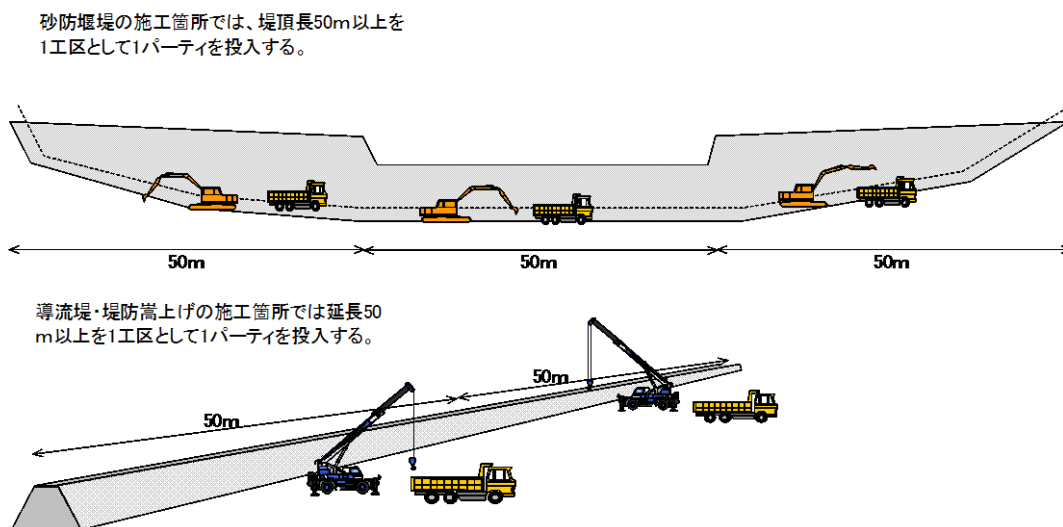


図-5 工種毎の投入パーティ数の考え方

表-1 1パーティあたりの施工数量

工種	内容	施工能力
除石	掘削	660m ³ /日
仮設堰堤	ブロック	129 個/日
仮設堤防	大型土のう	108 個/日

※国土交通省土木工事標準積算基準書より

参考資料 4 : 火山防災教育に関する参考事例

- 中央防災会議 防災対策実行会議「火山防災対策推進ワーキンググループ」
<http://www.bousai.go.jp/kazan/suishinworking/>

- 火山防災教育や火山に関する知識の普及について（内閣府）
<http://www.bousai.go.jp/kazan/suishinworking/pdf/20150218siryo3.pdf>

- 北海道防災情報 ”防災教育を実践される方へ”（北海道）
<http://kyouiku.bousai-hokkaido.jp/wordpress/#column3-outer>

- 2000 年有珠山噴火と火山防災教育 - 専門家との顔の見える関係構築の取組を通して -
田鍋敏也（火山防災エキスパート 壮瞥町教育委員会 教育長）
http://www.bousai.go.jp/kazan/expert/forum/2011/pdf/20120214_forum_tanabe.pdf

- 福島県火山学習会について（磐梯山噴火記念館）
<http://www.bandaimuse.jp/kazangakusyuu.htm>

- 新潟焼山火山防災講演会の実施（新潟県・新潟焼山火山防災協議会）
<http://www.pref.niigata.lg.jp/bosaikikaku/1356793539948.html>

- 御嶽山噴火を踏まえた火山防災対策（岐阜県・火山防災対策検討会議）
<http://www.pref.gifu.lg.jp/kensei-unei/kocho-koho/event-calendar/gyoji/bosai/kazan3.html>

- NHK Eテレ 学ぼう BOSAI [総合的な学習の時間]
<http://www.nhk.or.jp/sougou/bosai/>
 - ・ [2014 年度 第 18 回] 9 月 18 日噴火のしくみを学ぼう（秋田大学 林教授）
 - ・ [2014 年度 第 19 回] 9 月 25 日噴火の前に何が起きる？（秋田大学 林教授）
 - ・ [2014 年度 第 20 回] 10 月 2 日火山災害ホームドクター（鹿児島大学 井村准教授）

- SABO vol.117
 - ・ 噴石から「逃げる、隠れる」御嶽山 2014 年水蒸気噴火災害を教訓に開発した火山噴火実験教材（秋田大学 林教授）<http://www.stc.or.jp/14sabo/sabo/pdf/SABOVol.117.pdf>

参考資料 5 : 火山噴火緊急減災対策に関する参考情報

■ 火山噴火緊急減災対策砂防計画策定ガイドラインについて (国土交通省)

http://www.mlit.go.jp/ki sha/ki sha07/05/050427_2_.html

■ 国土交通省における噴火時の緊急対応事例等

(国土交通省九州地方整備局九州技術事務所九州防災・火山技術センター)

http://www.qsr.mlit.go.jp/kyugi/kiki_bousai/bousai_kazan/index.html

■ 他火山における火山噴火緊急減災対策砂防関係事例

・ 新潟焼山 (新潟県)

新潟焼山火山噴火緊急減災対策砂防計画

<http://www.pref.niigata.lg.jp/sabo/1356749390353.html>

第3回新潟焼山火山防災協議会 H26.2.10 (計画策定後の動き)

<http://www.pref.niigata.lg.jp/bosaikikaku/1356778122355.html>

・ 九重山 (大分県)

九重山火山噴火緊急減災対策砂防計画

<http://www.pref.oita.jp/site/sabo/kujugensaikeikaku.html>

九重山火山噴火緊急減災対策砂防計画ワーキンググループ (計画策定後の動き)

<http://www.pref.oita.jp/site/sabo/kujuwg.html>

・ 吾妻山 (国土交通省東北地方整備局福島河川国道事務所)

<http://www.thr.mlit.go.jp/fukushima/sabo/400/424.html>

・ 御嶽山 (国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道事務所)

<http://www.cbr.mlit.go.jp/tajimi/sabo/ontake/>

・ 浅間山 (国土交通省関東地方整備局利根川水系砂防事務所)

浅間山噴火総合訓練実施報告 (H22.10.14)

http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000056100.pdf

鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防計画検討委員会 委員

(敬称略)

- | | | |
|-------|-------------------------------|---|
| 【委員長】 | 檜垣 大助 | 弘前大学農学生命科学部 教授 |
| 【委員】 | 林 信太郎 | 秋田大学教育文化学部 教授 |
| | 植木 貞人 | 東北大学大学院 客員研究者 |
| | 井良沢 道也 | 岩手大学農学部 教授 |
| | 長井 義樹
石塚 忠範 | 国土技術政策総合研究所土砂災害研究部深層崩壊対策研究官
(独)土木研究所 つくば中央研究所 土砂管理研究グループ
火山土石流チーム 上席研究員 |
| 木村 光一 | 林野庁 東北森林管理局 由利森林管理署長 | |
| 伊卷 和貴 | 林野庁 東北森林管理局 庄内森林管理署長 | |
| 清水 信雄 | 山形県 県土整備部 砂防・災害対策課長 | |
| 橋本 仁 | 山形県 環境エネルギー部危機管理・くらし安心局危機管理課長 | |
| 吉尾 成一 | 秋田県建設部河川砂防課課長 | |
| 渡辺 雅人 | 秋田県総務部総合防災課課長 | |
| 本間 正巳 | 酒田市長 | |
| 時田 博機 | 遊佐町長 | |
| 横山 忠長 | にかほ市長 | |
| 長谷部 誠 | 由利本荘市長 | |
| 卷 和男 | 気象庁 仙台管区气象台 火山防災情報調整官 | |
| 菅原 寿 | 気象庁 山形地方气象台 防災管理官 | |
| 福山 佳之 | 気象庁 秋田地方气象台 防災管理官 | |
| 山科 勝嗣 | 東北地方整備局 河川部 広域水管理官 | |
| 瀧澤 靖明 | 東北地方整備局鳥海ダム調査事務所長 | |
| 藤沢 和範 | 東北地方整備局新庄河川事務所長 | |
| 【事務局】 | 東北地方整備局 新庄河川事務所 | |

鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防計画
平成27年3月
鳥海山火山噴火緊急減災対策砂防計画検討委員会

「この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分1 地勢図、数値地図200000（地図画像）及び数値地図50000（地図画像）を複製したものである。（承認番号 平27情復、第1093号）」