

第2部 霧 島 山

第1章 総 則

第1節	計画概要
第2節	霧島山の特徴
第3節	霧島山火山地域の社会条件
第4節	火山災害の想定
第5節	火山災害予測図及び噴火シナリオ等

第1節 計画概要

1 霧島山の火山災害対策の基本方針，基本的な考え方

霧島山は、宮崎県との県境に位置し、標高1,700mの韓国岳をはじめ、新燃岳や御鉢等20余りの小規模な火山からなっている。

霧島山は、文部科学省の測地学分科会火山部会において、火山噴火予測の高度化に資する研究を進める価値の大きい16火山（重点火山）として、また気象庁の火山噴火予知連絡会において、火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要な50火山としても選定されている。

このように、気象庁において24時間体制で常時監視・観測が実施されている火山（常時観測火山）であることなどから、近い将来にも大規模な噴火が発生することが十分考えられる。

平成8年には、関係市町によって788年、1716年～1717年規模の噴火が硫黄山，大幡池，新燃岳，御鉢の4火口のいずれからはじまったと想定した火山噴火災害危険区域予測図（火山防災マップ）が作成された。

また、平成18年2月から宮崎河川国道事務所及び鹿児島・宮崎両県を事務局として、関係市町や火山専門家等が参画して霧島山の火山防災に関する検討を行う霧島火山防災検討委員会が設置され、えびの高原周辺，大幡池，新燃岳，御鉢の4火口の火山災害予測図（火山ハザードマップ）及び噴火シナリオ等の霧島山における火山防災の基礎資料が作成されるとともに、平成27年2月までに霧島火山緊急減災砂防計画が策定された。

これら基礎資料を基に、霧島山を囲む市町で構成される環霧島会議において、霧島火山防災マップが作成された。

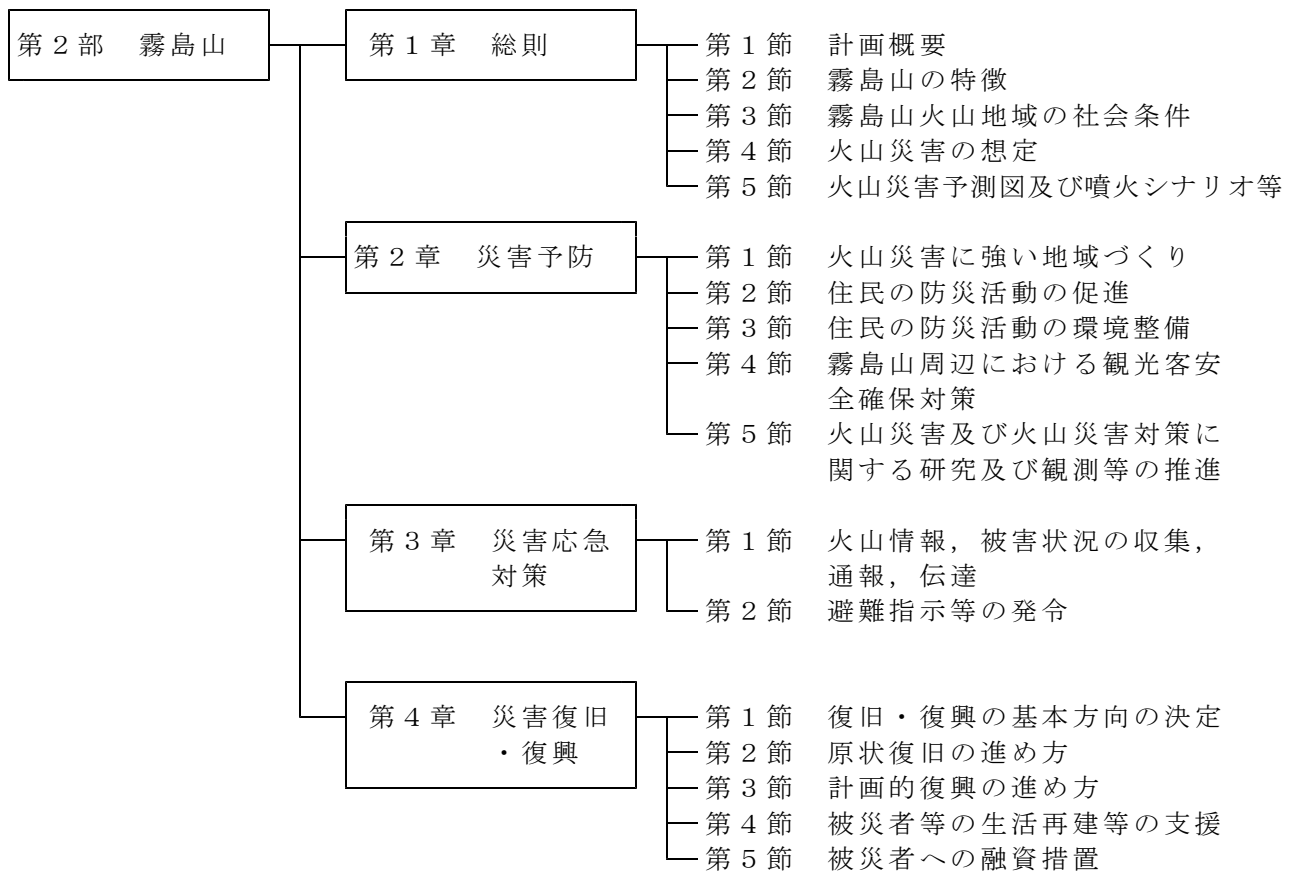
本計画は、この想定をもとに噴火による被害が予想されている鹿児島県内1市1町を対象として、県がなすべき対策を「火山噴火以前から対処すべき事項」，「噴火時の対応方法」，「噴火終息後の復旧復興の方策」にわけて総合的にとりまとめたものである。

2 計画の構成と内容

本計画は4章からなる。第1章は総則であり、第2章は災害予防，第3章は災害応急対策，そして第4章は災害復旧・復興である。

県内の各火山に共通する内容は、第1章の総則によるが、具体的な行動指針や連絡先等細部にわたるものは重複して掲載している。

各章の内容は次のとおりである。



第2節 霧島山の特徴

1 霧島山の概要

(1) 地形・地質の概要

霧島山は、宮崎・鹿児島県境に位置する加久藤(かくとう)カルデラの南縁部に生じた玄武岩・安山岩からなる小型の成層火山・火砕丘等であり、20を超える火山体が識別できる。成層火山としては甑岳、新燃(しんもえ)岳、中岳、大幡山、御鉢、高千穂峰などがあり、火砕丘としては韓国岳、大浪池などがある。御池はマールである。山体の大きさに比べて大きな火口をもつ火山が多い。また、大浪池、大幡池、御池、六観音御池など多くの火口湖がある。有史以降の活動は、主に御鉢と新燃岳で噴火を繰り返してきた。御鉢は霧島火山中、最も活動的な火山であるが、1923(大正12)年の噴火以降は噴火の記録はない。新燃岳では2008年から2010年にかけて小規模な噴火が続き、2011年に本格的なマグマ噴火が発生し、2017年及び2018年にも噴火が発生した。霧島山の南西側山腹には温泉・地熱地帯が存在し、えびの高原の硫黄山では噴気活動が活発である。構成岩石のSiO₂量は49.6~66.9 wt.%である。図2-1-1に、霧島山周辺の地形図を示す。

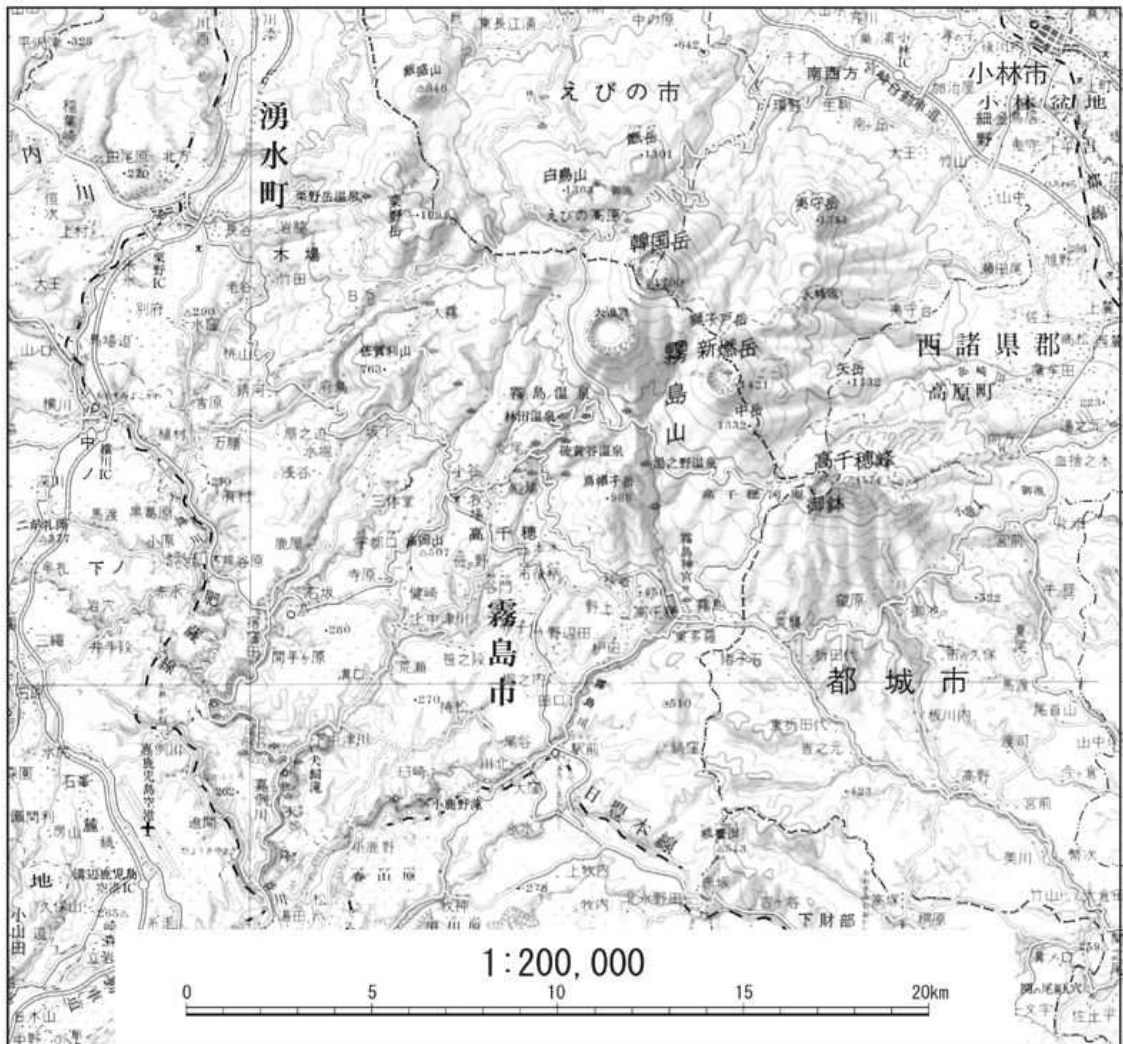


図2-1-1 霧島山の周辺地形図(国土地理院発行1:200,000地勢図より)

第2部 災害予防
第1章 総則

(2) 気象条件

① 風速

2001年～2020年の高層気象観測データ（観測点：鹿児島（鹿児島市東郡元町）から、霧島山周辺上空（3,000m～10,000m）の風向・風速を、季節ごとにまとめると以下のとおりとなる。

風向：春季，秋，冬季の上層風は上空3000m～10,000mまでほとんどが西風である。夏季には南西の風の頻度が高い。高度による風向の差は殆どない。
 風速：冬季は偏西風の影響で上空10,000m付近では秒速80mを越えることがある。夏季はどの高度でも秒速20mを越えることはあまりない。

なお，上空5,500m付近の風配図及び平均風速を図2-1-2に示す。

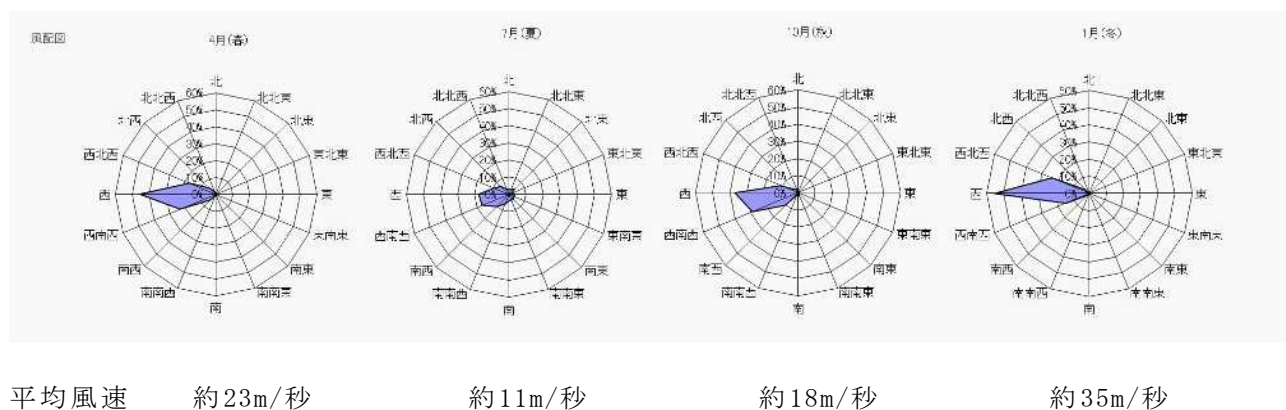


図2-1-2 季節ごとの風配図及び平均風速（上空5,500m付近）

② 降水量

霧島山周辺では，梅雨時の6月から7月にかけて降水量が多く，月平均800mm以上の降水量が観測されている。一方，秋（11月）から冬（1月）までの間は，月平均100mm前後と降水量は少ない。えびの地域雨量観測点で観測されている降水量の平均値を図2-1-3に示す。

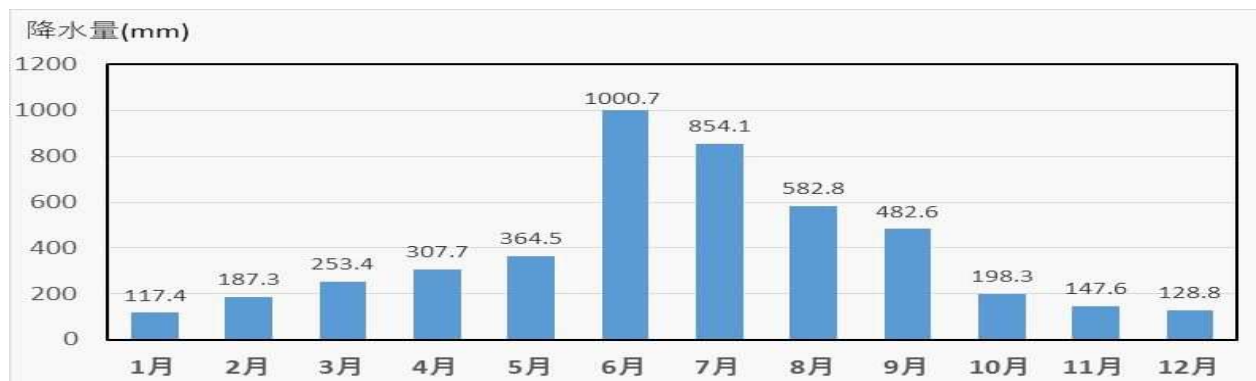


図2-1-3 えびの地域雨量観測点の降水量の平年値（1991年～2020年）

2 霧島山の活動史

霧島山全体の活動史について、「霧島火山地質図（井村・小林2001）」及び「霧島火山のおいたち（井村2004）」をもとに整理し、図2-1-4に霧島火山の形成史実を示す。

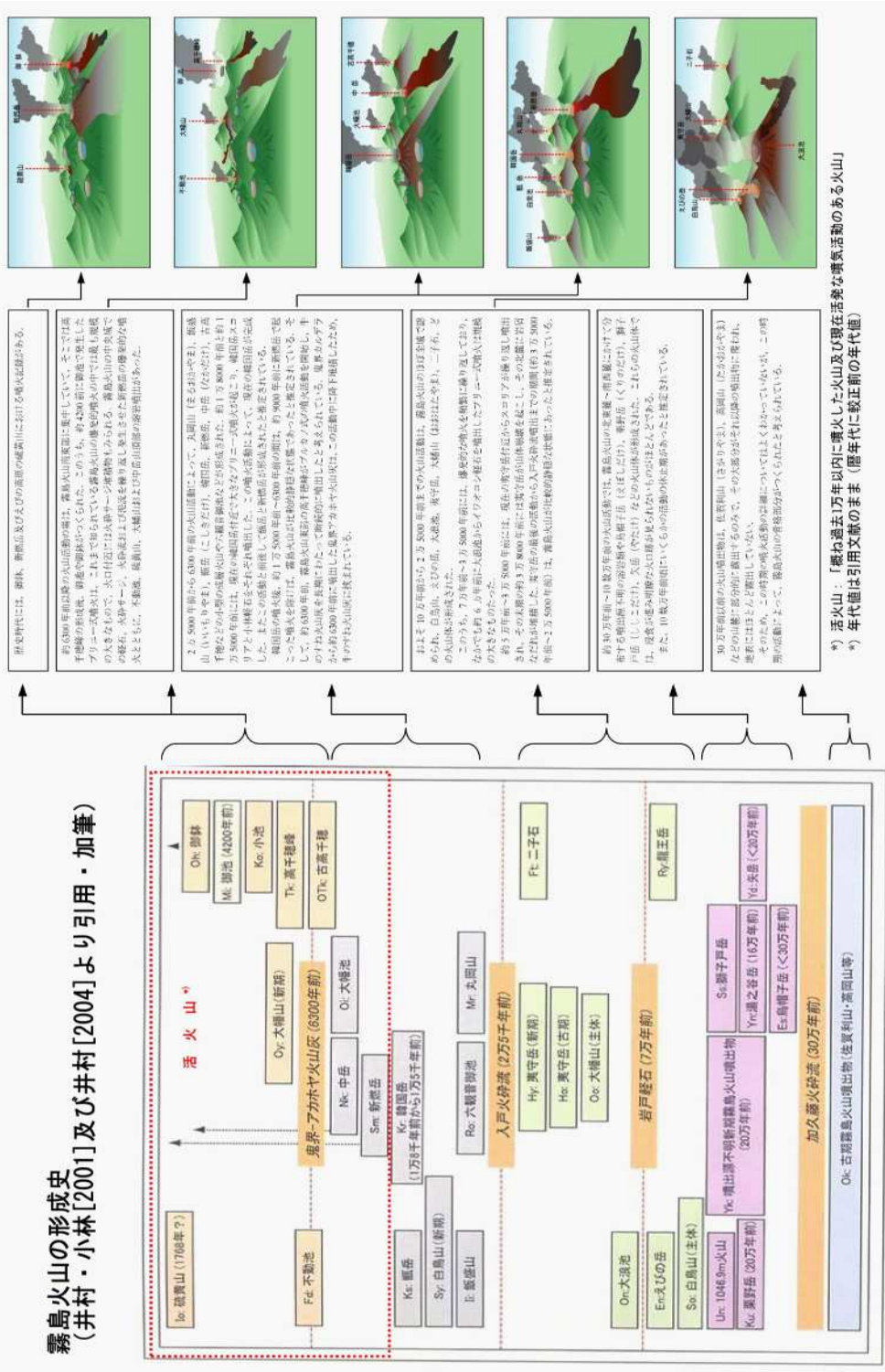


図2-1-4 霧島火山の形成史

(平成20年3月 霧島火山防災検討委員会報告書[別冊資料集1]より)

(1) 霧島山の活動

① 古期火山群

今からおよそ30万年前から15万年前には、烏帽子岳，栗野岳，湯之谷岳，獅子戸岳，矢岳，栗野岳南東の1,046.9mの無名山が活動し，溶岩や火山灰等を噴出した。

② 新期火山群

新期霧島山の噴火活動は，約10万年前頃からはじまり現在に至るまで断続的に続いている。韓国岳や新燃岳等20余りの小規模火山が，北西－南東方向に配列し霧島山の伸びの方向を決定している。霧島山周辺の降下火砕物（テフラ）の分布を基にした各々の火山の活動状況を図2-1-5に示す。

新期火山群の活動期間後期の約2万5千年前に始良カルデラ（鹿児島湾付近）で大規模火山活動があり，入戸火砕流を噴出している。霧島山の活動中心もこの時代に変化しているので，今後の火山活動を考えるときには，2万5千年前以降の噴火活動を基に検討を行うこととした。

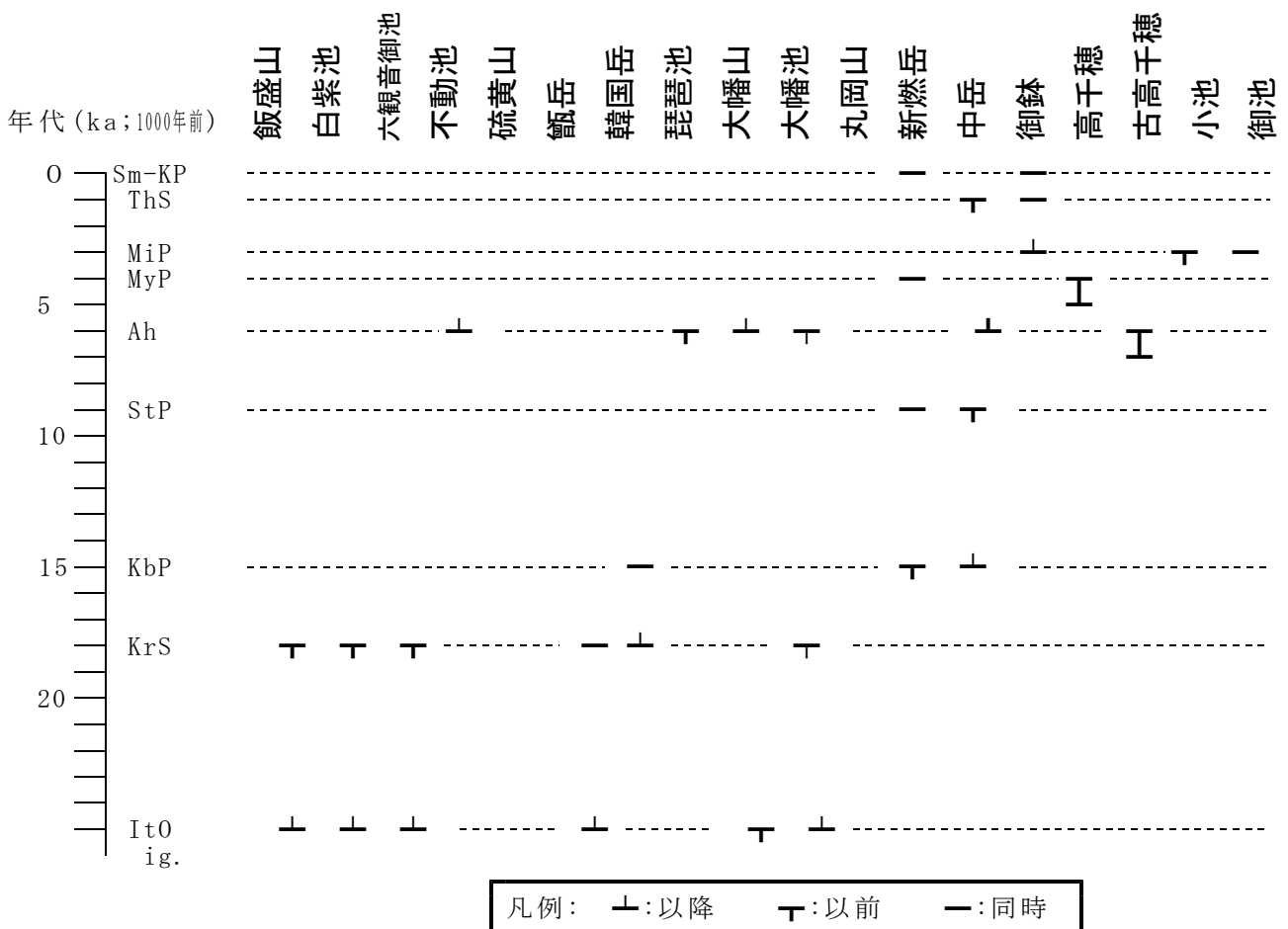


図2-1-5 25,000年前以降の霧島火山群の活動とテフラ (IMURA, 1992を編集)

Ito ig.: 入戸火砕流, KrS: 韓国岳スコリア, KbP: 小林軽石, StP: 瀬田尾軽石, Ah: アカホヤ火山灰, MyP: 前山軽石, MiP: 御池軽石, ThS: 高原スコリア, Sm-KP: 新燃岳降下軽石

(2) 歴史時代の活動

霧島山は、742年（天平14年）以来60回を越える噴火の記録があり、寺社や人家の焼失や田畑の埋没、泥流による被害等が記載されている。

16世紀以前の記録には噴火地点の記録はないが、被害の範囲等から御鉢の噴火と考えられており、歴史時代の噴火のほとんどは新燃岳か御鉢で起こっている。この他、1768年（明和5年）にはえびの高原から噴火がはじまり硫黄山が形成され、その後、2018年（平成30年）4月に噴火が発生した。また、新燃岳では2011年（平成23年）1月下旬から3月上旬、2018年（平成30年）3月上旬から6月下旬に、爆発が時々発生した。図2-1-6は歴史時代の噴火記録を示す。

また、表2-1-1には、霧島山で大きな被害の記録が残っている噴火の一覧を示す。

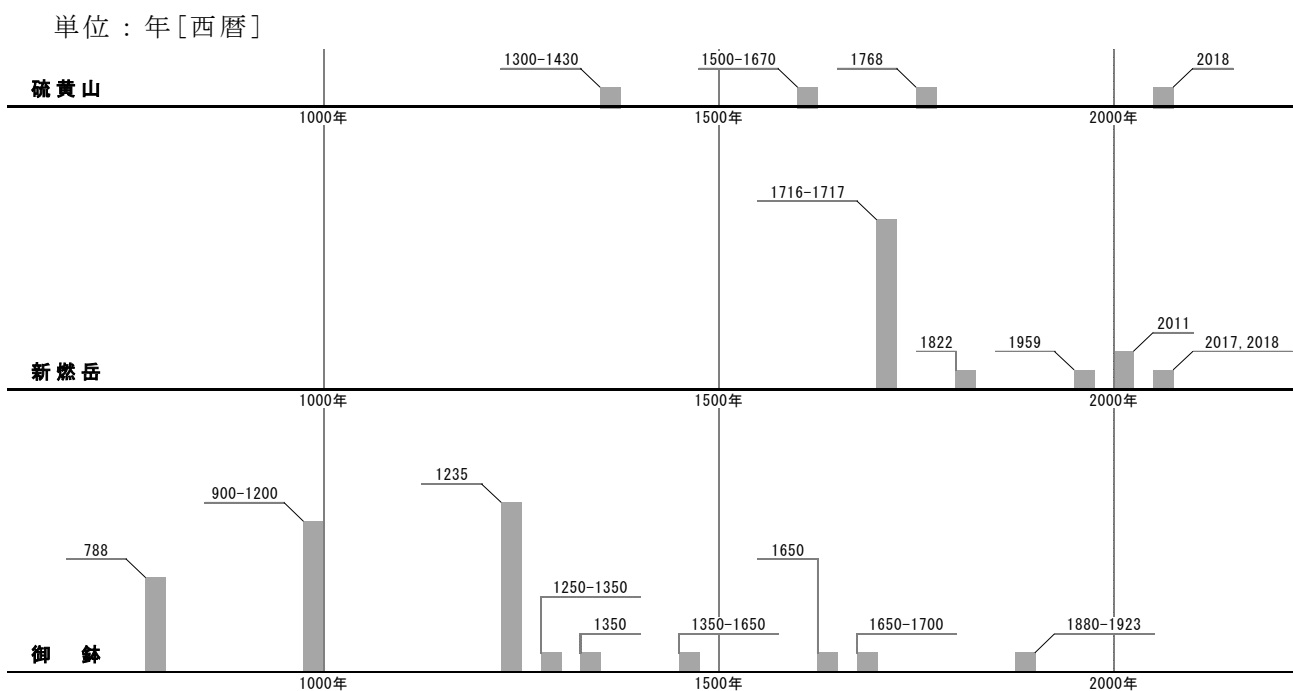


図2-1-6 霧島山における歴史時代の噴火記録

(平成20年3月 霧島火山防災検討委員会報告書〔別冊資料集1〕表1.2.1を参考に作成)

(平成23年、平成29年の新燃岳噴火については、気象庁の日本活火山総覧〔第4版〕等を参考に追記)

(平成23年、29年、30年の新燃岳噴火については、気象庁の日本火山活動総覧〔第4版〕等を参考に追記)

① 御鉢の噴火

御鉢には多くの噴火記録がある。788年には歴史時代で最大の噴火があり、火砕流や溶岩を流出した。高千穂河原にあった霧島神宮はこの噴火により焼失した。

また、明治13年から大正12年にかけての約43年間に噴火を繰り返し、火口から数kmの範囲に噴出岩塊を放出した。この時に放出された噴出岩塊は、現在も火口周辺で見ることができ、直径が2mを越す岩塊が登山道沿いに分布している。

なお、大正12年以降現在までは活動の記録はない。

② 新燃岳の噴火

新燃岳は1637年以降7回の噴火が記録されている。1716年～1717年にかけては霧島道路に達するような火砕流を流出し、東側に大量の火山灰を降下させた。噴火後の降雨によって土石流が発生している。

また、1959年（昭和34年）には、噴火により、周辺の農作物に大きな被害を出した。

最近では、2011年（平成23年）1月に準プリニー式のマグマ噴火が発生し、大量の軽石と火山灰が南東から東側にかけて降下した。火口内には、溶岩が蓄積し、大きな噴石が火口より3kmを超える地点まで飛散した。

また、2017年（平成29年）10月にも噴火が発生し、火山灰が北東から東側及び南西から西側にかけて降下した。2018年（平成30年）3月にも噴火が発生し、爆発の発生に加え、火口内に溶岩が蓄積するとともに、一部は火口北西側へ流下した。

③ 硫黄山の噴火

1768年韓国岳の北西から溶岩が流出し、硫黄山が形成された。その後、噴火の発生は無かったが、2018年（平成30年）4月に硫黄山の南側から噴火が発生した。

表2-1-1 霧島山で大きな被害の記録が残っている噴火

発 生 年	発 生 場 所	火山活動の状況	災 害 状 況
788（延暦7）年	御 鉢	溶岩流，火砕流 降下火砕物	霧島神宮焼失
1235（文暦元）年	御 鉢	噴火	社寺什宝等焼失
1566（永禄9）年	御 鉢	噴火	死者多数
1637－1638 （寛永14～15）年	新 燃 岳	噴火	寺院焼失
1706（宝永2）年	御 鉢	噴火	神社等焼失
1716－1717 （享保元～2）年	新 燃 岳	火砕流・泥流 降下火砕物	死傷者60名以上，寺社，家 屋焼失，農作物に被害
1771－1772 （明和8～9）年	新 燃 岳	噴石，降灰 火砕流，泥流	田畑を埋没
1771－1772 （明和8～9）年	御 鉢	噴石，降灰 火砕流，泥流	田畑を埋没
1895（明治28）年	御 鉢	噴石 降下火砕物	噴石による死者4名， 災害発生
1896（明治29）年	御 鉢	噴火	登山者1名死亡
1900（明治33）年	御 鉢	噴火	死者2名
1923（大正12）年	御 鉢	噴火	死者1名
1959（昭和34）年	新 燃 岳	水蒸気爆発 （降下火砕物）	森林，農作物等に被害
2011（平成23）年	新 燃 岳	噴石，降灰 空振	農作物等に被害

第3節 霧島山火山地域の社会条件

1 人口

霧島山は、鹿児島県の湧水町、霧島市の他、宮崎県の3市1町にまたがって広がっている。表2-1-2には、平成27年度国勢調査の霧島山周辺市町（鹿児島県）の人口を示す。本地域は都市部に比べ高齢者の割合が高く、避難誘導體制を考える上で重要となってくる。

この他、霧島山周辺には霧島温泉をはじめとする温泉の宿泊客や霧島山を訪れる観光客が多く、一時滞在者に対する対策を考慮する必要がある。

表2-1-2 霧島山周辺市町の人口

平成27年度国勢調査（要計表による人口）

町名	総人口 (人)	世帯数 (戸)	一世帯当り 人数(人)
湧水町	10,327	4,323	2.39
霧島市	125,857	54,334	2.32
合計	136,184	58,657	2.32

2 交通

霧島山周辺には九州自動車道、一般国道をはじめ、鹿児島空港、JR日豊本線等があり、鹿児島県の北の玄関口となっている。

(1) 航空

鹿児島空港は霧島山の南西およそ20kmに位置しており、晴れた日には空港から霧島山を遠望することができる。また、空港を離着陸する航空機は、霧島山の南あるいは北西の上空を飛行している。

(2) 道路

九州自動車道は霧島山の西側を南北に通過し、陸路での動脈となっている。一般国道は、霧島山の西側および西から南東側に至る223号、268号等があり、いずれも宮崎県へ至る主要なルートとなっている。また、霧島市牧園の霧島温泉からえびの高原をへて宮崎県小林市に至る主要地方道小林えびの高原牧園線（霧島道路）や霧島神宮から新湯に至る県道は多くの観光客に利用されている。

(3) 鉄道

JRは日豊本線、肥薩線がそれぞれ霧島山の南部および西部を通過している。日豊本線は鹿児島から福岡への主要ルートの一つであり、また、貨物の取扱量も多い基幹的な路線となっている。

3 土地利用

霧島山周辺では、河川沿いの低地やシラス台地上は古くから市街地や農地として利用されている。また、近年、山地でも比較的緩斜面のところは牧場や農地として開墾されている。南西麓の霧島市牧園及び霧島では温泉が湧出し、全国的にも有名な温泉街として、ホテルや旅館が立地している。

なお、霧島山周辺は、霧島錦江湾国立公園に指定されており、開発には規制を受ける。

4 防災施設の位置

(1) 防災関係機関の施設

霧島山火山は、行政区的に鹿児島県の2市町および宮崎県の4市町からなっている。鹿児島県の霧島市、湧水町の区域となる山頂、山腹および山麓に分布する防災施設の位置を図2-1-7に示す。

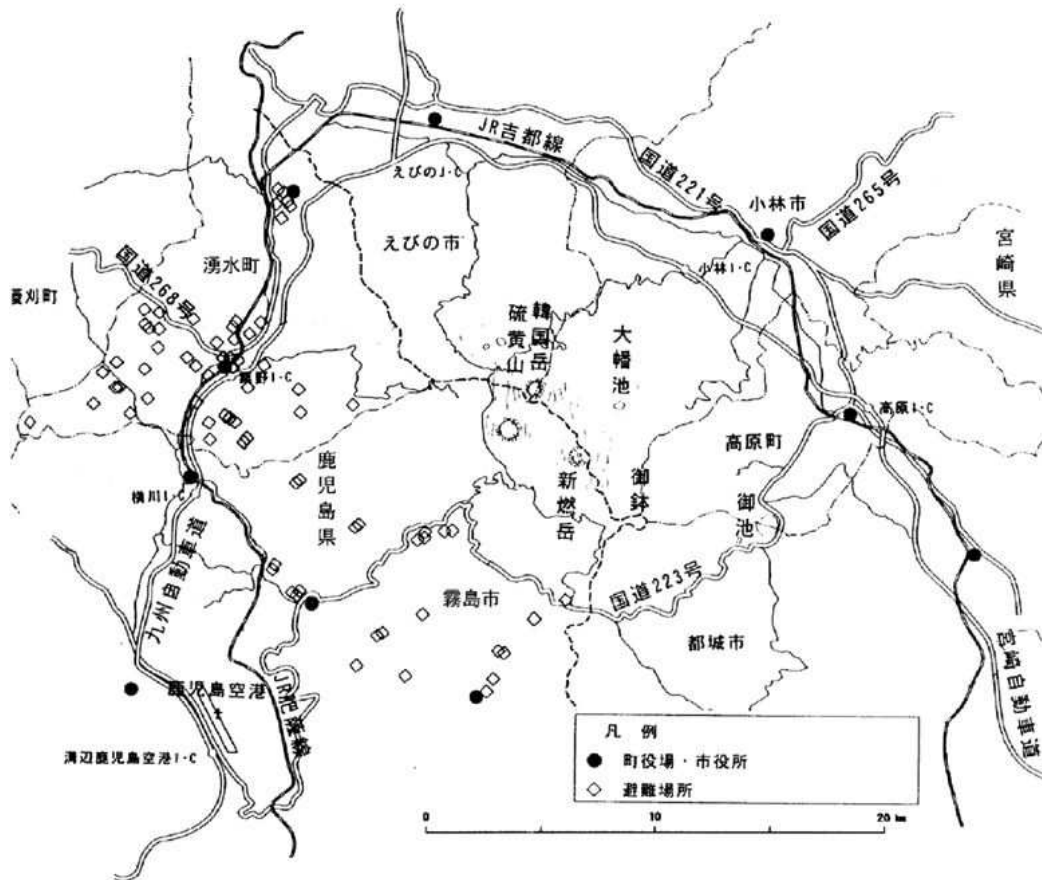


図2-1-7 防災施設の分布図

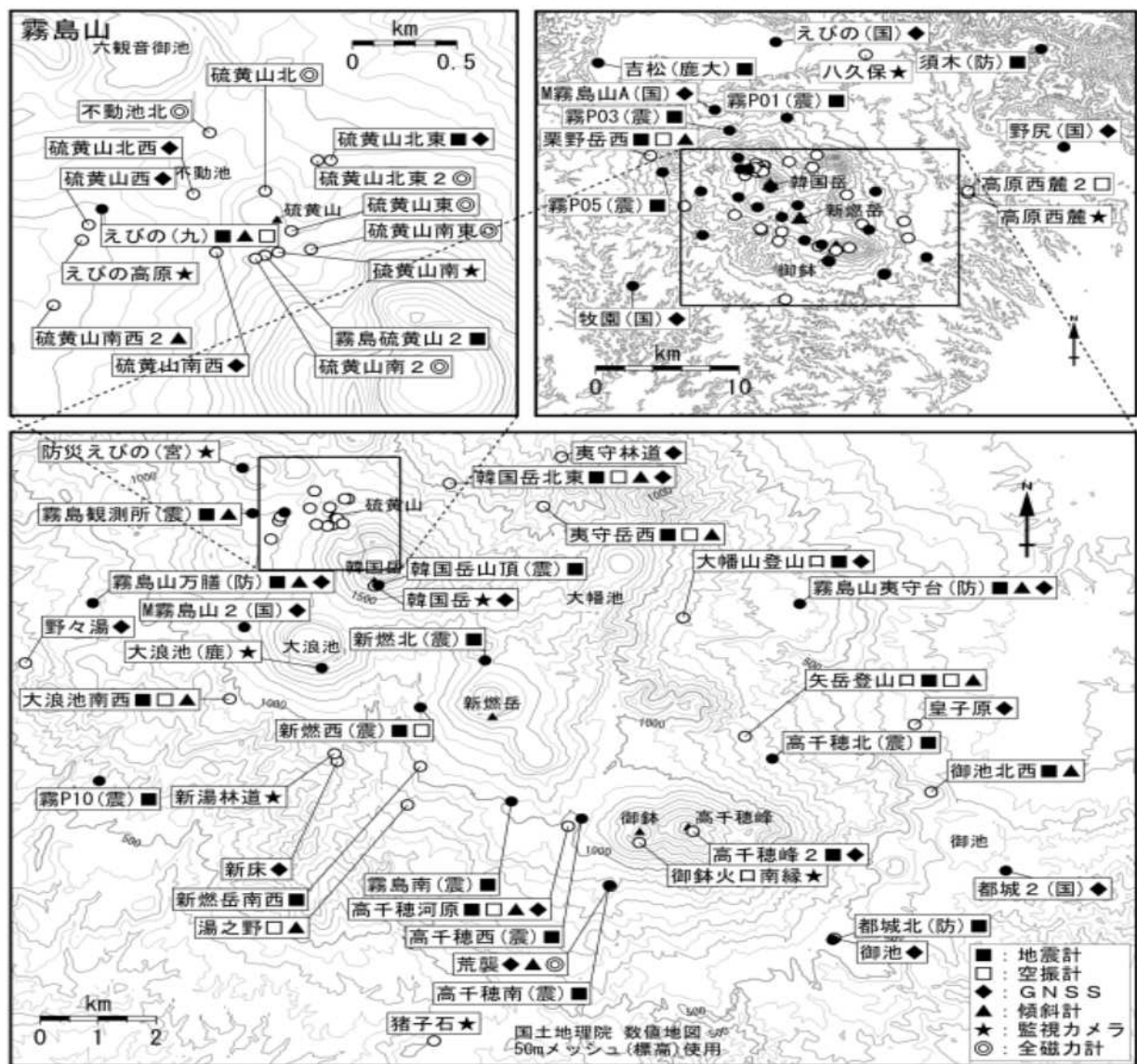
(2) 観測体制

霧島山は、気象庁の常時観測火山（国内50火山）及び文部科学省の重点火山（国内16火山）に選定され、大学等関係機関と連携して気象庁が常時監視・観測を実施している。

表2-1-3に観測施設の一覧と図2-1-8に観測施設の分布位置を示す。

表2-1-3 常時観測施設一覧（令和5年7月1日現在）

	地震計	空振計	GNSS	傾斜計	監視カメラ	全磁力計
鹿児島県					1点	
宮崎県					1点	
気象庁	12点	8点	15点	10点	8点	7点
東京大学 地震研究所	12点	1点		1点		
鹿児島大学	1点					
防災科学 技術研究所	4点		2点	2点		
国土地理院			6点			
九州大学	1点	1点		1点		



小さな白丸（○）は気象庁、小さな黒丸（●）は気象庁以外の機関の観測点位置を示しています。
 (国)：国土地理院、(震)：東京大学地震研究所、(九)：九州大学、(鹿大)：鹿児島大学、(防)：防災科学技術研究所、
 (宮)：宮崎県、(鹿)：鹿児島県

図2-1-8 火山観測施設位置図

第4節 火山災害の想定

火山災害の想定については、平成8年に霧島山の火山噴火災害危険区域予測図を作成した際、噴火口ごとに、788年の噴火規模を想定した災害要因の影響範囲等を推定しているが、その後の霧島火山防災検討委員会において、新たな知見等を踏まえ、再検証したことから、主に平成20年3月霧島火山防災検討委員会報告書の内容を基に記載する。

1 想定火口

霧島山の今後の噴火活動に伴う現象について、その規模、噴火場所、災害要因等がどのようなものであるかを想定することは困難である。特に、霧島山は多数の火口を持っており、その中には単成火山（1回の噴火で活動を終了した火山）も多く含まれているため、噴火場所を特定することは困難である。

霧島山では過去に活動した火口だけでなく、それ以外の場所からの噴火の可能性もある。さらに、3,000年前には山麓で爆発的な噴火が発生し、御池が生じたように山麓で大きな噴火が発生するおそれもある。しかし、御池のような活動は霧島山の30万年間の活動の中で、噴火口が残っているのは2箇所（回）と発生頻度は非常に少ない。

現在の火口以外からの噴火については場所、規模ともに想定することは困難である。

想定火口は、歴史時代以降活動が盛んな「御鉢」、「新燃岳」及び「えびの高原周辺」と、直下でしばしば地震が発生し、火山ガス（炭酸ガス）の放出が確認されている「大幡池」を想定し、火山災害対策計画を検討・実施することとする。

2 火山の地下構造など

霧島火山の地下構造について、既往調査結果等から以下にその概要を整理する。

(1) 地殻の応力場と火口位置との関係

霧島周辺は、地震波の解析から、北西－南東方向にやや張力的な応力場にあり、北東－南西方向に走向もつ正断層と、それに直交するような横ずれ断層によって区切られていることが知られている（図2-1-9 鍵山・他1997など）。

すなわち、えびの高原の白鳥山から硫黄山、韓国岳に並ぶ火山列や、新燃岳から大幡池を経て丸岡山に伸びる火山列は、これらの断層に沿って形成されており、張力的な応力場によってマグマの上昇経路が容易に確保できるため、小型の成層火山が多数つくられていると考えられている。（鍵山1994：鍵山2003）

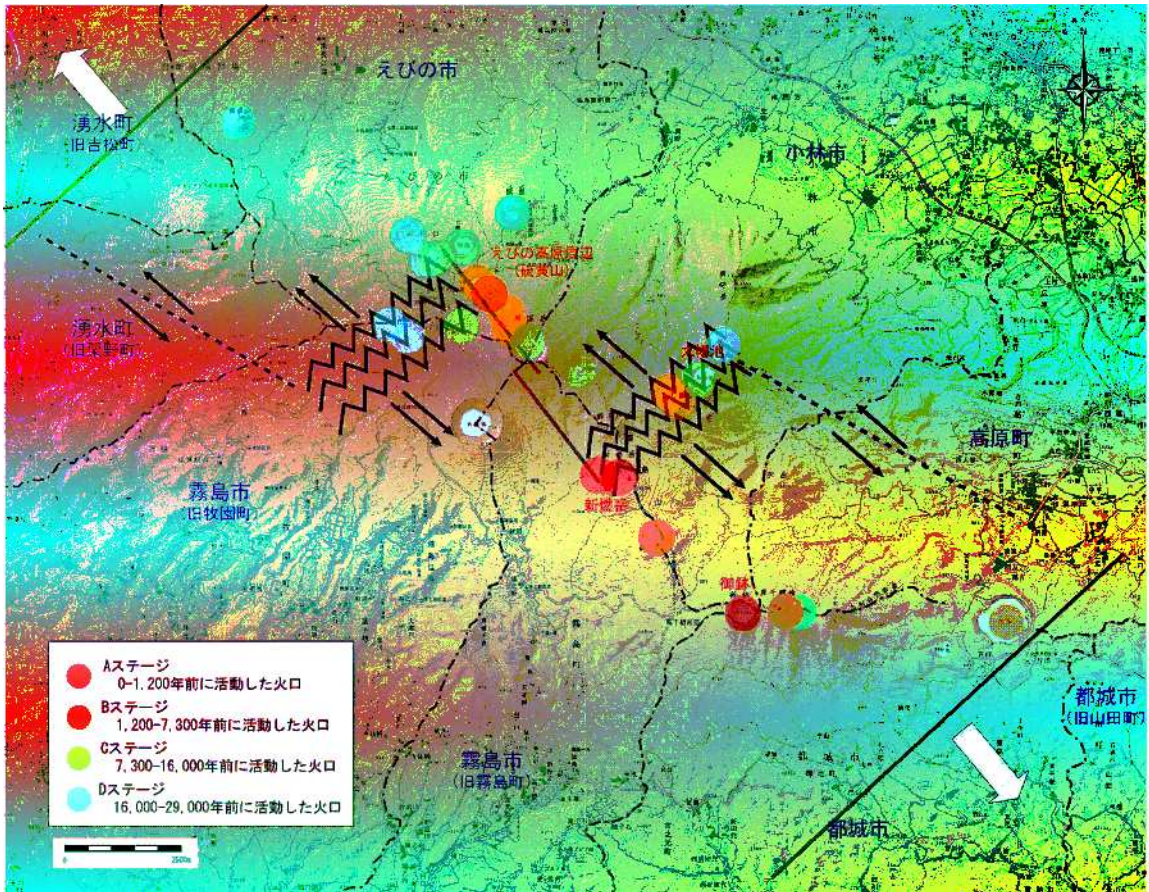


図 2

1-9 霧島火山周辺の地質構造学的モデル（鍵山・他1997を編集）

(2) 地下構造の特性

電気探査結果から得られた霧島火山地下の比抵抗構造の特徴と、地震波及び重力探査結果や地質学及び岩石学的な研究結果などの観測事実から、表2-1-4及び図2-1-10に示すような地下構造が想定される。

	北西部～中央部 (硫黄山・新燃岳・大幡池等)	南東部 (御鉢・高千穂峰)
比抵抗値	深部低比抵抗域が広く分布	深部低比抵抗域を欠く
地下浅部の構造	マグマを滞留させる空間を保持することが比較的容易	マグマが滞留しにくい
マグマ溜りの位置	深さ10km程度	深さ10kmよりも深部
マグマの上昇過程	マグマ溜りより浅部に形成された特定の断層に規制されながら上昇	より深部から直接短時間に供給され、噴火後も短時間に逆流(恒常的に浅部にマグマを残さない構造)

表2-1-4 霧島火山の位置による地下構造の特性

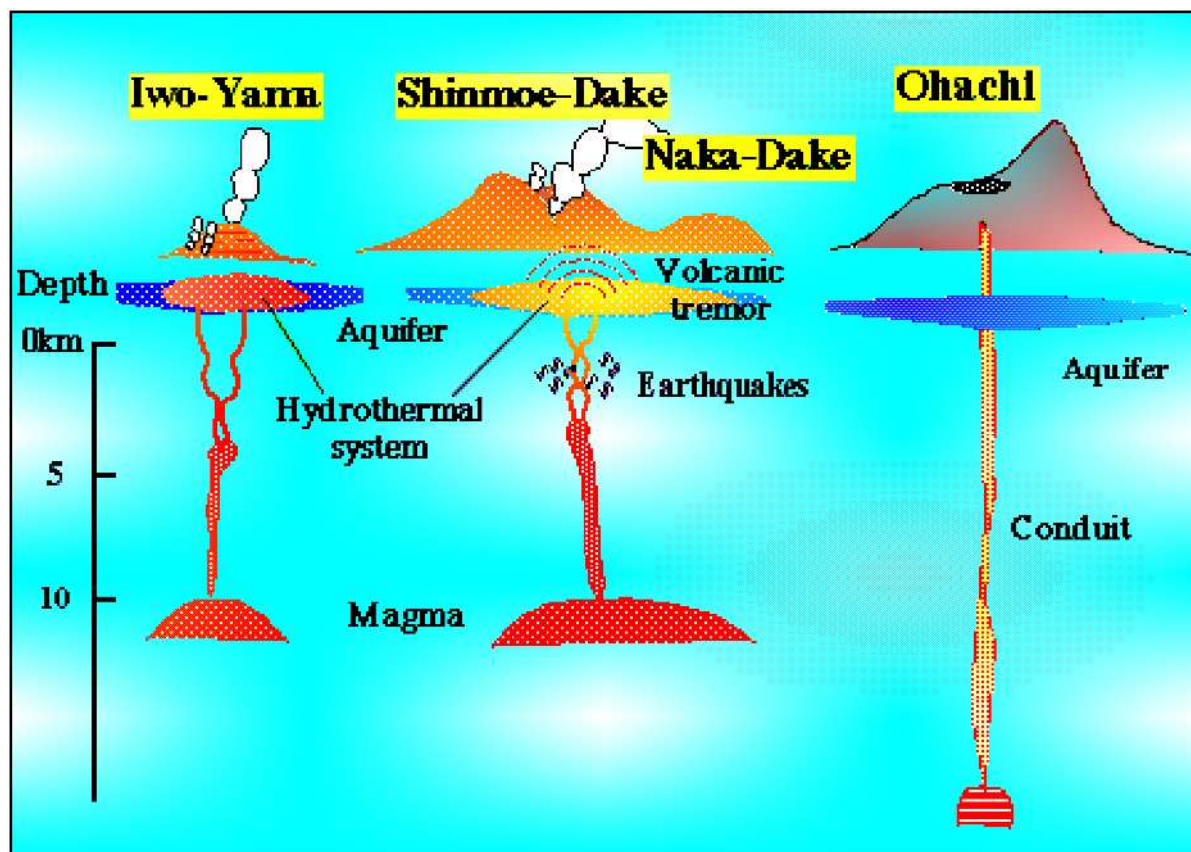


図2-1-10 霧島山の主要な火山構造と火山活動モデル（鍵山・他1997）

(3) 火山ガスの放出による活動状況

大幡池の火口底からは火山ガス（炭酸ガス）の放出が確認されている。この火山ガスは、成分分析の結果から生物など腐植によるものでなく、マグマ起源であることが知られている。また、直下で地震もしばしば発生していることなどからも、大幡池付近は、火山ガスやマグマが上昇しやすい経路を有する火山だといえる。

3 既往災害

(1) 噴火の規模と頻度

平成20年3月霧島火山防災検討委員会報告書[別冊資料集1]の内容から、過去の噴火履歴において想定される規模と頻度は次のとおりである。

■ 大規模な噴火

霧島山全体では、比較的詳細な情報が得られている最近約7,300年前までの間で、噴出量(DRE)1千万～1億($10^7\sim 10^8$) m^3 クラスの活動が14回、すなわち約520年に1度の頻度で発生している。このクラスの噴火は、いずれの地域でも確認でき、今後も発生する可能性が十分ある噴火規模である。

また、より小規模な噴火である1百万～1千万($10^6\sim 10^7$) m^3 クラス、もしくはそれ以下の噴火は頻繁に発生しており、いずれの地域でも確認できる。

これらをあわせた1百万～1億($10^6\sim 10^8$) m^3 クラスの活動全体で見ると、概ね200年に1回の頻度(7,300年間に33回)で発生している。

■ 小～中規模な噴火

御鉢及び新燃岳のみで1百万(10^6) m^3 未満の噴火(地層として残らないような規模)が確認されているが、これは御鉢に関しては、歴史時代の噴火記録が多数残されているためであり、新燃岳や他地域においても1百万(10^6) m^3 未満の噴火が発生していたと考えられる。この規模の噴火は、概ね20年に1回の頻度(1,200年間に52回)で発生している。

■ より大きな規模の噴火

より大きな規模の噴火としては、最近約7,300年の間で最大規模の1億～10億($10^8\sim 10^9$) m^3 クラスの火山活動が、御池及び高千穂峰で発生している。御池での噴火は、約4,600年前に御鉢－高千穂峰の東側山麓で生じたものであり、霧島山全体の最近約10数万年の間で、最も規模の大きな軽石噴火であった。

第2部 災害予防
第1章 総則

(2) 噴火等による災害の記録（火山現象及び火口毎にまとめ）

既往噴火等による災害を火口毎に整理した結果を表2-1-5に示す。これによると「噴石」や「降下火砕物」による直接的被害，あるいは「噴気・変質地帯の地すべり及び地すべりに伴う水蒸気爆発」による間接的被害の発生回数が多い。また，「火砕流・火砕サージ」や「溶岩流」，「火山ガス」，「土石流（火山泥流）」，「地震に伴う崩壊」も発生している。

災害・現象	えびの高原周辺	新燃岳	御鉢	その他
噴石 (弾道で放出される火山岩塊等)		2011年	1893, 1895, 1896, 1898, 1903, 1913年等	
降下火砕物 (火山灰・軽石・スコリア)		2011年	788, 1235, 1350, 1554-1706, 1771-1772, 1880-1923年頃等	
火砕流・火砕サージ		1716-1717年 1959年?		
溶岩流		2011年(火口内) 2018年(火口内, 一部火口外)	788, 1235, 1350年頃	
大規模山体崩壊 (岩屑なだれ)	明治30年代? 5～6千年前? (韓国岳北西部)			
火山ガス	2015年～(高濃度)			1989年(新湯温泉)
空振		1959, 2011年 2018年		
火山泥流 (火口湖決壊型)				
土石流		1716-1717年 1822, 1959年		
噴気・変質地帯の地 すべり及び地すべり に伴う水蒸気爆発				1942, 1949年(硫黄谷) 1954年(新湯温泉) 1971年(手洗温泉)
地震に伴う崩壊				1967-1968年 (えびの地震)
融雪火山泥流				

表2-1-5 火口毎の主な災害発生状況

(平成20年3月霧島火山防災検討委員会報告書[別冊資料集1]表1.4.5へ一部加筆)

第5節 火山災害予測図及び噴火シナリオ等

霧島山の火山災害予測図等については、4つの火口（硫黄山、新燃岳、大幡池、御鉢）ごとに、788年の噴火規模を想定した災害要因の影響範囲等を推定して、平成8年に霧島山火山防災マップ（火山噴火災害危険区域予測図）を作成しているが、その後の霧島火山防災検討委員会において、新たな知見等を踏まえ再検証したことから、主に平成20年3月霧島火山防災検討委員会報告書の内容を基に記載する。

1 基本事項（前提条件など）

- (1) 想定火口は、えびの高原周辺・新燃岳・大幡池・御鉢の4火口とし、現在の火口中心部から約1kmの範囲を想定火口として設定
- (2) 火山学的な新たな知見が判明している場合には、それを取り込む
- (3) 火山活動の時間的な推移を表現した「噴火シナリオ」を作成
- (4) 想定現象が一方向に発生した場合を想定（最大影響範囲計算のため流下方向の限定等）

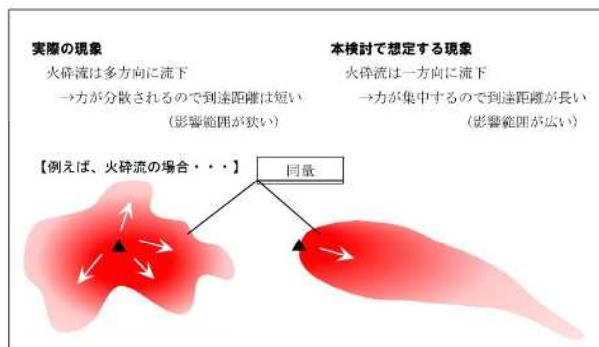


図2-1-11

- (5) 数値シミュレーションで用いる地形データのメッシュサイズは25m
- (6) 火山災害予測図の図示方法は、現象毎に設定
 - ・ 噴石：火口中心からの到達範囲を表示
 - ・ 降灰：風向きによって変化するため、一方向で計算し、その結果を火口を中心に360度回転させて図示
 - ・ 火砕流・溶岩流・火山泥流・土石流：想定流下方向毎に計算し、各計算結果を統合して図示

2 想定する火山現象と噴火規模

■ 火山現象

想定火口毎に噴火様式が異なる可能性があることから、想定される火山現象を火口毎に設定し、表2-1-6に示す。

表2-1-6 4つの想定火口範囲で想定される噴火様式等

想定火口	噴石	火山灰・軽石・スコリア			溶岩流	火砕流 火砕サージ	火山泥流 (火口湖決壊型)	土石流
		水蒸気爆発 マグマ水蒸気爆発	ブルカノ式	プリニー式				
えびの高原周辺	○	○	○	△	○	○	△	○
新燃岳	○	○	○	○	○	○	△	○
大幡池	○	△	△	△	△	△	△	○
御鉢	○	○	○	○	○	○	×	○

○：過去7,300年間に確認されている現象

△：過去7,300年間に確認されていないが、他火山の事例より想定される現象

×：過去7,300年間に確認されておらず、今後発生する可能性が低い現象

■ 噴火規模

想定する噴火規模は、過去の噴火実績を考慮し、噴出量（DRE）が100万（ 10^6 ）～1億（ 10^8 ） m^3 、100万（ 10^6 ） m^3 以下の2ケースとする。

<p>大規模噴火（$10^6 \sim 10^8 m^3$） 発生頻度は低い（200年に1回程度）が、規模が大きく防災上対応が必要な噴火</p>
<p>小～中規模噴火（$10^6 m^3$以下） 噴火規模は比較的小さいが、発生頻度が高い（20年に1回程度）噴火</p>

※ 霧島山における1億（ 10^8 ） m^3 以上の噴火は、発生頻度が極めて低いことから、火山災害予測図（基図）では表現しない。ただし、今後1億（ 10^8 ） m^3 以上の規模の噴火の徴候がある場合などにおいては、火山専門家等から助言をもらいつつ防災対策を進める必要がある。

3 各火山現象のシミュレーション等の諸元

(1) 火山災害予測図（基図）に表現する現象

霧島山の過去の火山活動状況や災害発生状況より、火山灰や火砕流などの噴火に伴う直接的な現象と、土石流などの噴火によって2次的に発生する間接的な現象に分類した。

このうち、数値解析等による影響範囲の推定が可能な現象を、火山災害予測図（基図）に表現する現象として表2-1-7として整理した。

表2-1-7 火山災害予測図で表現する現象

	噴火（マグマ噴火、マグマ水蒸気爆発、水蒸気爆発）に伴う直接的な現象	2次的に発生する間接的な現象
現象で災害予測図に表現する	○噴石（弾道で放出される火山岩塊等） ○降灰 ○溶岩流 ○火砕流、火砕サージ	○火山泥流（火口湖決壊型）* ² ○土石流
現象で災害予測図に表現しない	○大規模山体崩壊（岩屑なだれ） ○火山ガス ○空振	○噴気・変質地帯の地すべり及び地すべりに伴う水蒸気爆発 ○地震に伴う崩壊 ○融雪型火山泥流 ○下流域での洪水氾濫

*¹ 発生場所やその規模等を想定することが困難であること、または、地形図上への2次元的な表現が困難であることから、火山災害予測図（基図）としては表現しない。ただし、事例や特徴等の記載や実績図として表現し、危機管理や防災啓発等には必要に応じて別途検討

*² 実際に発生した履歴はないが、火口湖を形成している火口があることから想定現象とした。

(2) 噴石の到達距離

霧島山（新燃岳・御鉢）や国内外の他火山における事例に基づき、噴石の到達距離は、次のとおりとした。

噴石到達想定範囲は、各想定火口いずれにおいても以下のとおりとする。
・ 小～中規模噴火 想定火口の範囲から2 km
・ 大規模噴火 想定火口の範囲から4 km

(3) 降灰シミュレーションのパラメータ

降灰の想定到達範囲は、過去の事例を参考にしながら、降灰シミュレーションを用いて想定した。

噴火によって火砕物と火山ガスが火口から噴出されることにより、噴煙柱が形成される。噴煙柱の到達高度は、噴火初速（運動エネルギー）や噴火の継続時間、火口の形状等に左右され、一般には噴煙柱高度が高いと火砕物は遠くまで運搬される。一方、上空に噴出した火砕物のうち火山灰等は、粒径が小さいため風の影響を受けやすい。

ここでは、ジェット噴流モデルを用いて計算を実施し、シミュレーションのパラメータ及びその設定根拠を表2-1-8、表2-1-9に示す。

表2-1-8 降灰シミュレーションのパラメータ

項 目		えびの高原周辺	新 燃 岳	大 幡 池	御 鉢
大規模噴火	現 象	新燃岳の実績 により設定	享保噴火	新燃岳の実績 により設定	新燃岳の実績 により設定
	規模 (m ³)		7,000万		
	火口半径 (m)		100		
	噴火初速度 (m/s)		250		
	風速 (m/s)		15		
小～中規模噴火	現 象	新燃岳の実績 により設定	昭和34年噴火	新燃岳の実績 により設定	新燃岳の実績 により設定
	規模 (m ³)		300万		
	火口半径 (m)		35万		
	噴火初速度 (m/s)		100		
	風速 (m/s)		15		

表2-1-9 パラメータの設定根拠

項 目	設 定 根 拠	
火口半径	新燃岳 (大規模噴火)	現在の火口底大きさ (およそ南北200m×東西200m) より半径 100m として設定
	新燃岳 (小～中規模噴火)	昭和34年の噴火の最大火口 (長径100m×短径50m) より円形 と仮定し半径35m として設定
噴火初速度	他火山の事例 (100～250m/s) を参考に、検証計算より実績と最も適合する 条件を設定	
風 速	霧島近郊の高層風観測点「鹿児島」における、冬季 (12-3月) の標高200 0～3000m 付近に相当する地点 (800～700hPa 地点) での平均風速 (14.9m /s) より15m/s として設定	

(4) 火砕流シミュレーションのパラメータ

火砕流の想定到達範囲は、過去の火砕流実績を参考に数値シミュレーションを用いて想定することとし、噴煙柱が重力によって崩壊し斜面を高温の火砕物が流下する「噴煙柱崩壊タイプ」を想定した。また、火砕サージについては、他火山での事例より火砕流本体部の周囲約1kmの範囲とした。火砕流シミュレーションのパラメータ及びその設定根拠を表2-1-10及び表2-1-11に示す。

火砕流の計算開始地点は、現在の火口縁としたほか、想定火口近傍に大きな分水嶺 (火口) があり噴煙柱崩落によって発生する火砕流の流下方向が特定できない場合は、その地点も計算開始地点とした。

また、噴煙柱の崩落範囲は、その発生形態から広範囲になると考えられる。

一方、危険側を考慮すると、噴煙柱が狭い範囲に崩落し大量の火砕流が一箇所に集中することも考えられるため、ここでは両者を勘案し、計算開始の幅を火口中心から120°として、図2-1-12のとおり設定した。

表2-1-10 火砕流シミュレーションのパラメータ

項 目		えびの高原周辺	新 燃 岳	大 幡 池	御 鉢
大規模噴火	現 象	えびの高原における事例がないため、類似事例である新燃岳を採用	享保噴火	大幡池における事例がないため、類似事例である新燃岳を採用	御鉢スコリア流
	規模(m ³)		1,300万		300万
	噴火レート(m ³ /s)		19,700		16,700
	継続時間(s)		660		180
	粒子間摩擦角(°)		18		18
	粒径(mm)		30		30

表2-1-11 共通パラメータの設定根拠

項 目	設 定 根 拠
継続時間	火砕流発生時のフローユニット全体の噴出量を噴出レートで除して、フローユニット全体の継続時間を算出。火砕流噴出量とフローユニット全体の噴出量の比、及びフローユニット全体の継続時間より火砕流の継続時間を算出し設定。 新燃岳：669s→660s（11分） 御 鉢：190s→180s（3分）
噴火レート	Carey and Sigurdsson (1989) の式（式1）により、火砕流発生時のフローユニット全体の噴出量から噴出レートを計算し設定。 （式1） $Q = 2.0808 + 0.4753M$ Q：噴出率（Log kg/s），M：堆積物の質量（Log kg） 新燃岳：19,697m ³ /s→19,700 m ³ /s 御 鉢：16,666m ³ /s→16,700 m ³ /s
土粒子密度	新燃岳火砕流の土粒子の密度試験結果から、平均値2.5g/cm ³ を設定。
堆積密度 （流体密度）	堆積密度を1.5 と仮定（富士山の火砕流1.9～2.0t/m ³ ，入戸火砕流1.0t/m ³ ）
粒子間摩擦角	一般的に山体を形成する火砕流の堆積勾配（ $\phi = 12^\circ$ ）の1.5～2 倍を用いることから $\phi = 18^\circ$ として設定。
堆積濃度	流体の密度を火砕流の流体密度で除し（1.5/2.6=0.58），0.6として設定。
平均粒径	新燃岳火砕流の粒度組成より設定。 試料の平均粒径（60%粒径）7.95-53mmより、平均値である30mmとして設定。

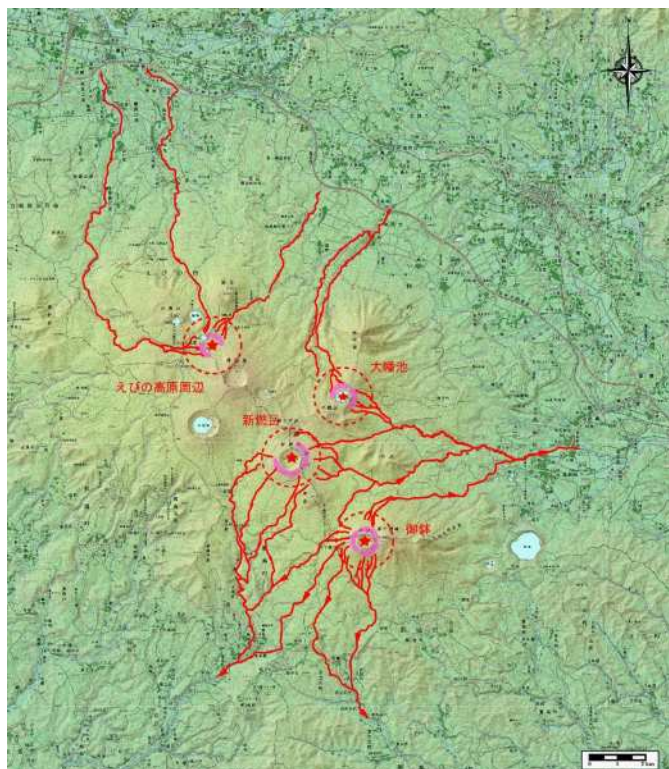


図 2-1-12

各火口における火砕流の計算開始点



(5) 溶岩流シミュレーションのパラメータ

溶岩流の想定到達範囲は、過去の履歴を参考に、ビンガム流体モデルを用いた二次元数値シミュレーションにより設定し、冷却に伴って（粘性率の上昇）溶岩流が減速する状態を考慮している。溶岩流シミュレーションのパラメータ及びその設定根拠を表 2-1-12及び表 2-1-13に示す。

溶岩流の計算開始地点は、現在の火口縁とし、計算開始地点での流下幅は他火山の事例を参考に300mと設定して図 2-1-13に示した。

表 2-1-12 溶岩流シミュレーションのパラメータ

項 目		えびの高原周辺	新 燃 岳	大 幡 池	御 鉢
大規模噴火	現 象	不動池溶岩	新燃两部池溶岩B	大幡池の事例がないため、類似事例である新燃岳の検証結果を参考に設定	御鉢狭野溶岩
	規模 (m ³)	2,200万	4,600万		2,400万
	噴出レート (m ³ /s)	300	300		300
	継続時間 (h)	20.4	42.6		22.2
	噴出温度 (°C)	1,000	1,000		1,000

表2-1-13 パラメータの設定根拠

項目	設定根拠	
噴出温度	不動池	いずれの岩質も安山岩であり，安山岩の典型的な噴出温度（950-1200℃「Volcanic successions (Cas and Wright, 1988)」）や，桜島や伊豆大島の事例（950-1,100℃「火山噴火災害危険区域予測図作成指針（国土庁防災局1992）」）などの他火山の事例より，実績と最も適合する条件を設定。
	新燃岳	
	御鉢	
噴出レート	伊豆大島の1986年の噴火の事例（42.8-444m ³ /s「火山噴火災害危険区域予測図作成指針（国土庁防災局1992）」）をもとに検証計算を実施し，実績と最も適合する条件を設定。	
継続時間	継続時間内の噴出レートを一定とし，総噴出量（規模）を噴出レートで除して継続時間を算定。	

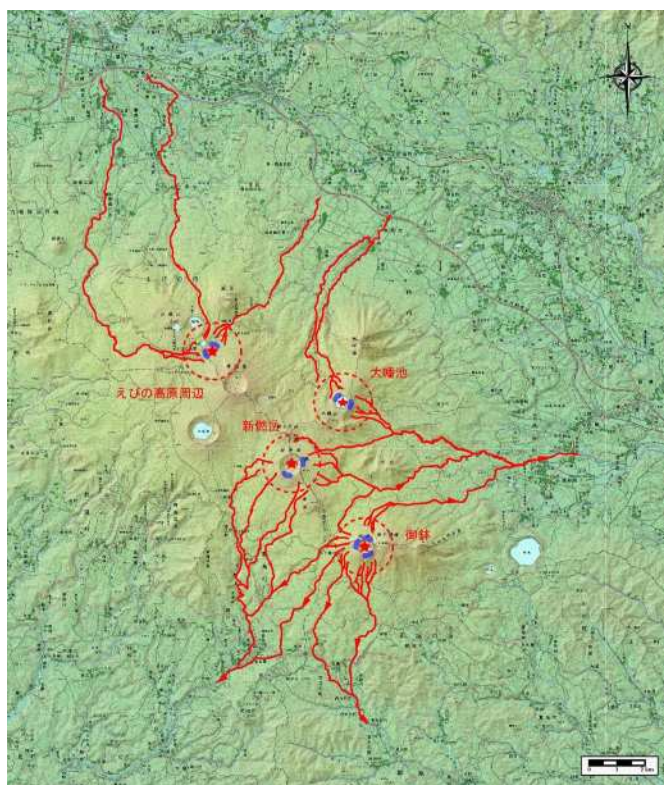
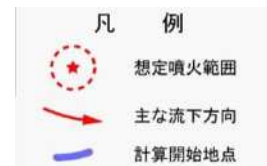


図2-1-13

各火口における溶岩流の計算開始点



(6) 火山泥流(火口湖決壊型)シミュレーションのパラメータ

火山泥流（火口湖決壊型）の想定氾濫範囲は，湖（火口湖）が形成されている火口において，噴火等により火口湖が決壊した場合を想定して，火口から水が流出して火山泥流となって流下する現象を数値シミュレーションによって設定した。火山泥流の発生パターンは，「噴火や火山活動に伴う地震により，火口壁が一気に崩壊するパターン」を想定した。

火山泥流（火口湖決壊型）の発生が想定される火口は，現在火口湖が形成されている不動池・六観音御池・新燃岳・大幡池とし，決壊地点は，想定する噴火口の大きさ（直径）や地形形状を考慮して設定することにしており，火口の直径は，不動池・六観音御池・大幡池の火口直径の平均値を用いた。なお，火口湖毎の決壊地点の考え方は，表2-1-14～16に示す。ただし，平成23(2011)年の噴火により新燃岳火口湖は消失。

表2-1-14 火口湖毎の決壊地点

火口湖名	決壊地点	備 考
不動池	① 東北東 ② 西南西	東北東・西南西以外の方向は、火口湖水面よりも標高が高いため、火口壁が決壊しても水は流出しない。
六観音御池	① 東	西～北東方向は、えびの高原周辺の想定火口外であるため、決壊地点としない。 南東～西方向は、火口湖水面と火口壁外側の地点との標高差が小さい、あるいは外側の方が高標高であるため、火口壁が決壊しても水は流出しない。
新燃岳	① 東 ② 西	東・西方向以外の方向に流出しても、最終的に高崎川（東方向）・霧島川（西方向）に終息するため、東・西方向以外は想定しない。
大幡池	① 東南東 ② 北西	南西（大幡山）方向は、火口湖水面よりも標高が高いため、火口壁が決壊しても水は流出しない。 その他の方向は、火口壁が決壊した場合に水は流出するが、保全対象との距離があるため、東南東・北西で代表させる。

表2-1-15 火山泥流(火口湖決壊型)シミュレーションの計算条件等

火口湖の初期水位	火口の初期水位は以下の前提に基づいて設定した。 ① 平常時条件+既往最大の連続雨量が発生した条件を想定する。 ② 平常時条件には、平均水位を設定する。								
計算開始地点の条件	計算開始地点の条件は、火口決壊型火山泥流の発生地点、現在の火口湖の地形状況、火口湖決壊の原因となる想定火口の大きさを踏まえて設定。								
項 目	不動池		六観音御池		新燃岳		大幡池		
平常時	平均水深(m)	4.7		9.4		3.35 ^{*1}		9.4 ^{*2}	
	水面標高(m)	1,228		1,198		1,239		1,250	
	水面面積(m ²)	20,000		170,000		20,000		100,000	
	湛水量(m ³)	94,000		1,598,000		67,000		940,000	
降雨の影響	想定降雨(mm)	1,307 (既往最大連続雨量:平成17年9月4日3時~7日7時[えびの観測所])							
	火口縁面積(m ²)	80,000		520,000		500,000		280,000	
	増加量(m ³)	104,560		679,640		635,500		365,960	
決壊時	湛水量(m ³)	198,560		2,277,640		720,500		1,305,960	
	水位上昇量(Δh)	3.5		4.0		15.65		2.4	
	計算初期水深(m)	8.2		13.4		19.0		11.8	
	初期水面標高(m)	1,231.5		1,202		1,254.65		1,252.4	
	想定決壊地点	A B		A		A B		A B	
	想定決壊方向	東北東 西南西		東		東 西		東南東 北西	
	切り欠き幅(m)	70 110		180		350 350		310 290	
	ピーク流量(m ³ /s)	2,550 4,000		13,700		44,900		19,500 18,800	
	崩壊土砂量(万m ³)	105 195		200		960 970		232 334	

※ 各火口の平常時の諸元(□で示した値)は、平成3年自然環境保全基礎調査データ

*¹ 新燃岳の平均水深は、水面面積の類似した不動池(4.7m)と白紫池(2.0m)の平均値

*² 大幡池の平均水深は、水面面積の類似した六観音御池と同値

※ 崩壊土砂量は噴火により崩壊した火口壁の体積の概算値

なお、火口湖決壊による流出土砂量は、崩壊土砂全量を見込むのではなく、平衡土砂濃度で供給

表2-1-16 シミュレーションのパラメータ

項 目	単 位	値	理 由
砂礫の密度	g/cm ³	2.5	一般値(2.5~2.6)
流体密度	g/cm ³	1.2	細粒土砂(火山灰)が常時混入していると想定
内部摩擦角	°	35	一般値
平均粒径	cm	10	現地サンプル調査(粒径調査)の結果より

(7) 土石流シミュレーションのパラメータ

土石流の想定氾濫範囲は、土石流を固体粒子と水で構成された固液混相流とみなしたモデル（剪断降伏力をもつ擬ダイラタント流体）の数値シミュレーション及び地形解析によって設定した。

火山噴火によって土石流が多発する範囲は、他火山の事例において降灰堆積厚が10cm以上であることから、霧島山においても降灰堆積厚が10cm以上の地域にある溪流を、土石流が多発する可能性のある溪流として抽出する。

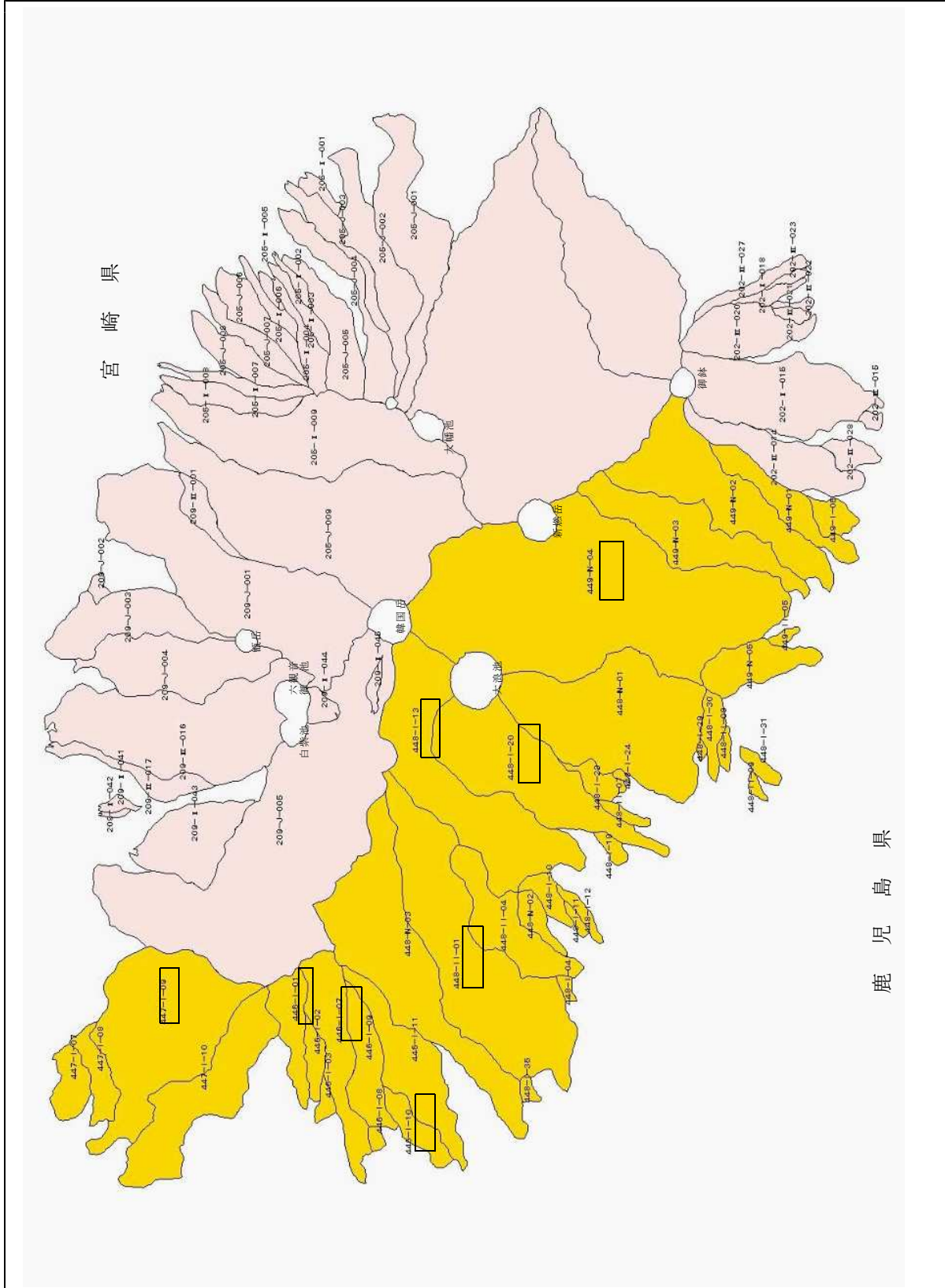
本検討では、霧島山の噴火によって著しく降灰が堆積すると想定される溪流、すなわち流域源頭部が霧島火山にかかるような溪流について、想定氾濫範囲を設定するため、図2-1-14に示すとおり、鹿児島県内の40溪流を抽出し、このうち、地形特性、保全対象、流出土砂量を考慮して8溪流においてシミュレーションを実施した。

なお、シミュレーションに用いる計算条件及び流出土砂量の考え方並びにパラメータは表2-1-17に示す。

表2-1-17 シミュレーションのパラメータ

<p>■ 計算条件(ハイトグラフ・ハイドログラフ) ハイトグラフは、各観測所の既往最大時間雨量発生時を基にピーク時の降雨量1時間のみを100年確率規模に引き延ばした。 また、ハイドログラフは、中安の総合単位図法で設定した。清水ピーク時には、土石流平衡濃度にまで発達するものとして土石流流量を算出し、その後の1時間の清水ハイドロを用いて後続流の土砂を与えた。</p>			
<p>■ 流出土砂量 流出土砂量（火山噴火に伴う土石流によって流出する土砂量）は、移動可能土砂量と運搬可能土砂量を比較し、小さい方を採用 (1) 移動可能土砂量（流域内に存在する不安定土砂量） 移動可能土砂量＝移動可能溪床堆積土砂量＋崩壊可能土砂量＋降灰堆積土砂量 (2) 運搬可能土砂量（想定降雨によって流出しうる土砂量） 運搬可能土砂量＝水量×平衡土砂濃度 対象降雨：既往最大時間雨量が生起したときのハイトグラフを用い、そのハイトグラフのピーク雨量を100年超過確率に引き延ばした。 ※ 雨量観測所は、統計期間が十分ある雨量観測所（気象庁のえびの・霧島御池、国土交通省の巢の浦）のデータを採用した。各観測所の100年超過確率時間雨量は以下の通りである。 （えびの観測所：112.9mm，霧島御池観測所：90.5mm，巢の浦観測所：91.8mm） ※ 降雨－流出解析手法：中安の総合単位図法 ※ 流出率：1.0（降灰により降雨の浸透能が低下することを想定）</p>			
項目	単位	値	理由
運動量補正係数	—	1.2	一般値
砂礫の密度	g/cm ³	2.5	一般値（2.5～2.6）
流体密度	g/cm ³	1.2	細粒土砂（火山灰）が常時混入していると想定
内部摩擦角	°	35	一般値
平衡土砂濃度	%	30	
平均粒径	cm	10	現地サンプル調査（粒径調査）の結果より

図2-1-14 抽出溪流及びシミュレーション対象溪流



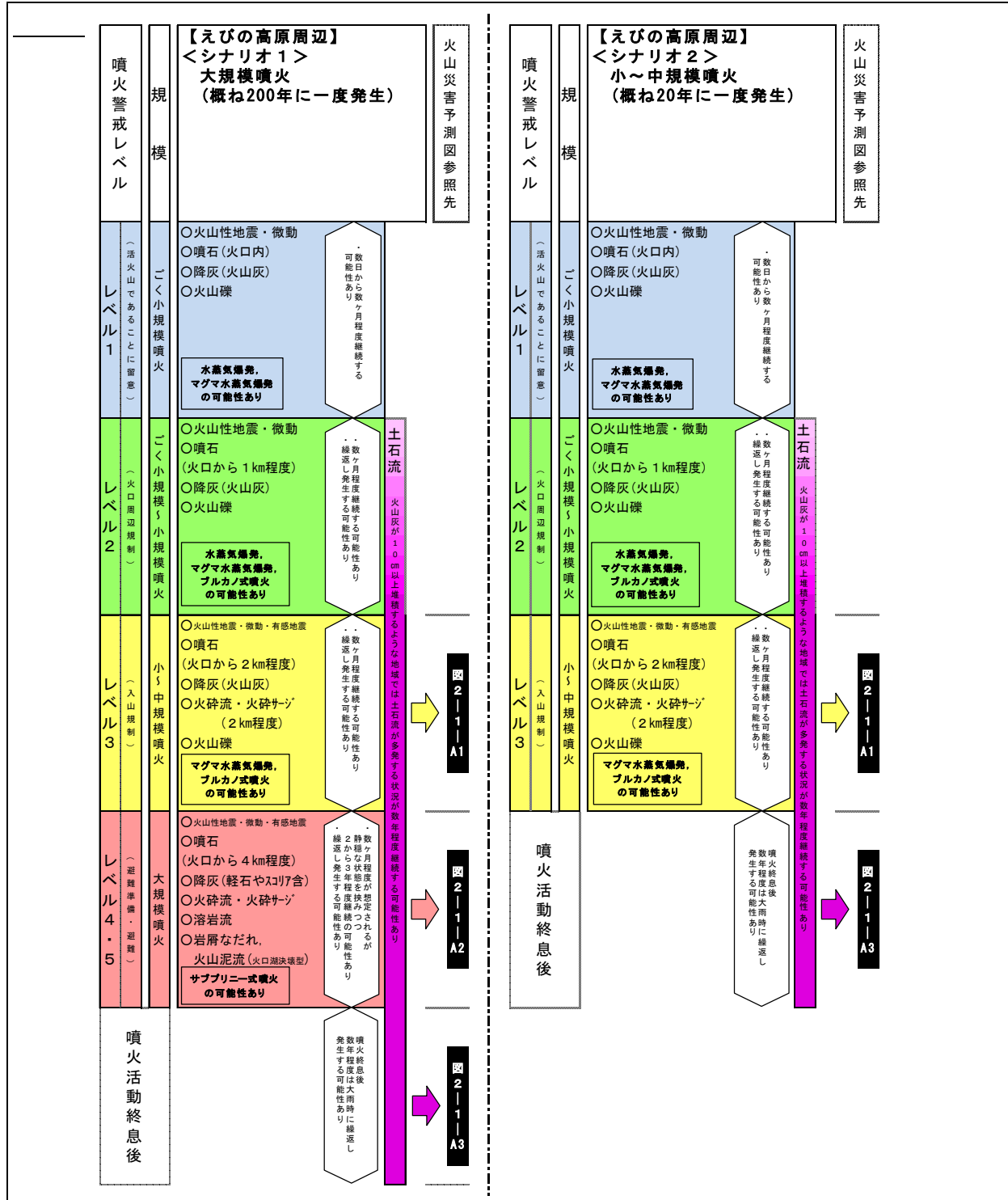
- ※ □ は、シミュレーション実施溪流
- ※ 溪流番号については、資料編の土石流危険溪流を参照
- ※ 出典：霧島火山噴火対策検討業務報告書（火山噴火対策編）[平成19年3月：九州地方整備局宮崎河川国道事務所]

4 噴火シナリオ

火山防災対策を実施する上で、どこで、何が発生し、その影響がどこまで到達するかを推定することが重要である。このため、過去の火山活動履歴等をもとに、噴火シナリオ（噴火規模、想定火口、想定現象）を設定し、図2-1-A～Dに示した。

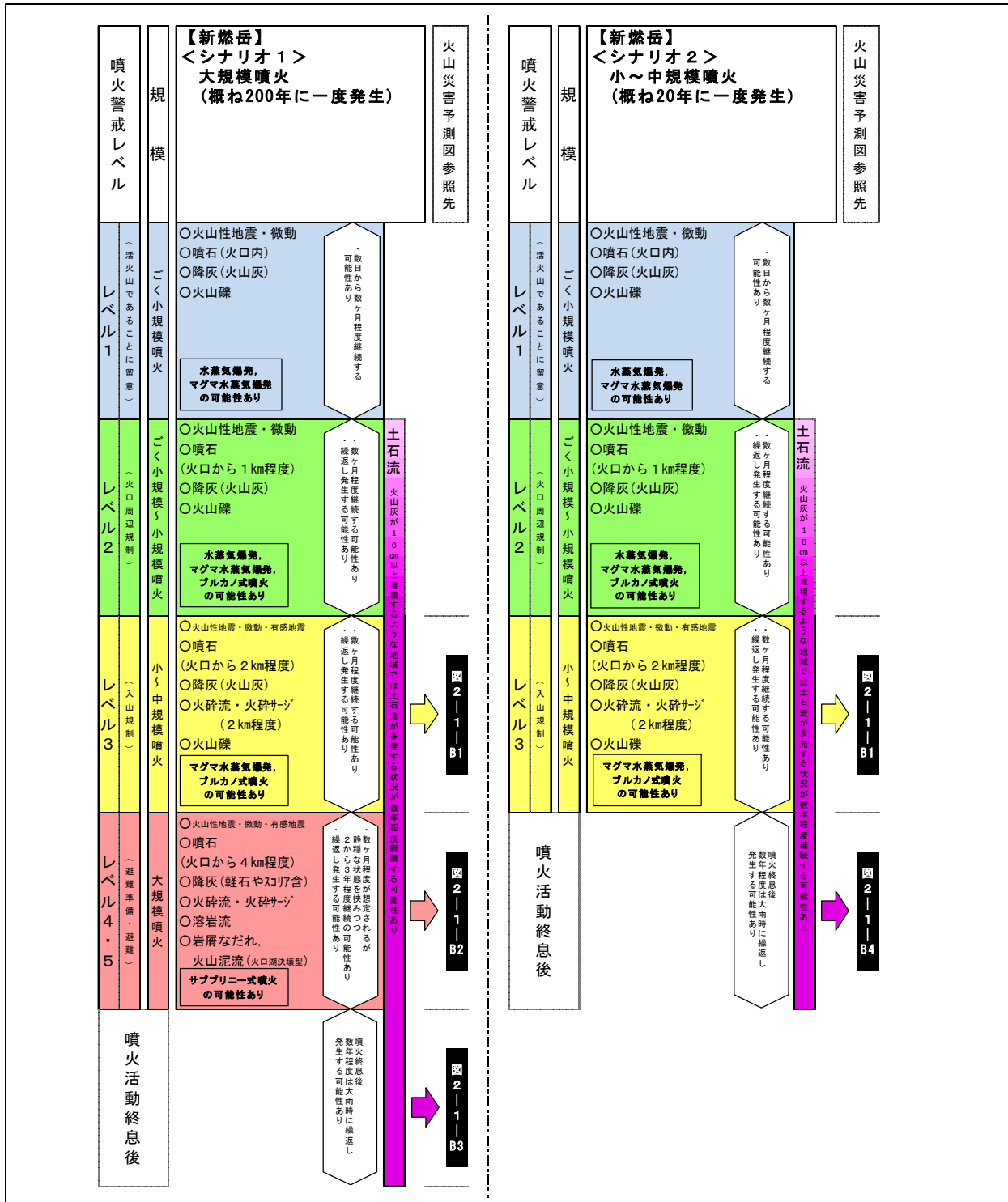
■ 噴火シナリオ（えびの高原周辺）

図2-1-A



■ 噴火シナリオ（新燃岳）

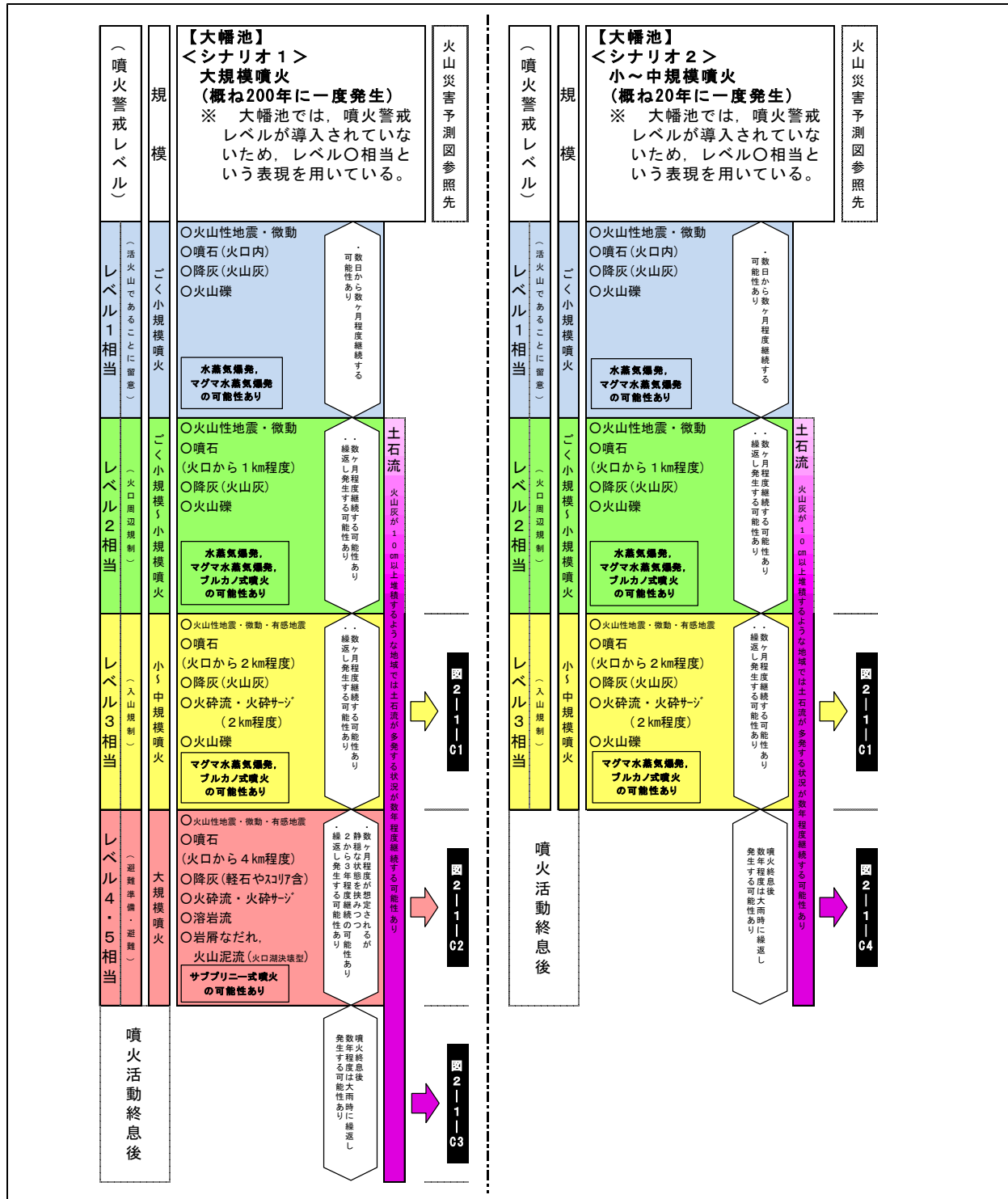
図2-1-B



※ 本シナリオは、霧島火山防災検討委員会報告書（平成20年3月）を基にしているが、新燃岳の火口湖については、平成23(2011)年の噴火により消失しているため、現状において火山泥流の可能性は無い。

■ 噴火シナリオ（大幡池）

図2-1-C



■ 噴火シナリオ（御鉢）

図2-1-D

