

三宅島火山災害に対する行政機関の対応行動に関する地理学的研究

石原 肇*

キーワード：三宅島火山災害、行政機関、環境知覚、対応行動、地理学的研究

1. 序論

(1) 背景

わが国の国土では、位置や地形・地質・気象などの自然的条件から、地震や・台風・豪雨・火山噴火などによる災害が発生しやすい状況になっている。なかでも火山災害が多発しており、近年においては1986年に伊豆大島で、1991年に雲仙普賢岳で、2000年に有珠山と三宅島で噴火による災害が発生した。

これら自然災害への対策に関して行政機関が意思決定する際には、刻一刻と変化する災害の発生状況や復旧状況を空間的・時間的に的確に認識することが、組織内での意思決定を行う上で不可欠なことであり、このことが適切な対策を講じていくための重要な前提となると考えられる。自然災害が発生した際には、地方自治体では災害記録を作成している場合が多い。しかし、これらの災害記録は、当該地域における事実の記載にすぎず、意思決定過程が明文的には記されていないため、他の地域で自然災害が生じた場合の対策にも参考になるような知見として一般化されているとは言いがたい状況にある。

ここで、自然災害に対する環境知覚と対応行動に関する従来の地理学的研究をみると、住民の避難行動などを研究対象としたものが多い傾向にある。一方、行政機関の環境知覚と対応行動を研究対象にした研究はあまり多くはなく、火山災害に対する行政機関の環境知覚と対応行動に関する研究成果をみると、以下に示すとおりわずかしみられない。1977年の有珠山の噴火についてみると、門村ほか(1978)による災害発生時の行政機関の対応行動に関する研究、東(1978)による土砂災害の発生と予防に関する研究、新谷(1988)による泥流発生に対する防災工事の進展に関する研究、片岡ほか(1978)による被災農地の復旧工法に関する研究がみられる。つぎに、1991年からの雲仙普賢岳の噴火についてみると、高

橋・松野(1993)による警戒区域設定後の行政機関の対応行動に関する研究、松井(2001)による土石流の発生とその対策の進展に関する研究、山本ほか(1998)による農業災害の概要と復旧状況に関する研究がみられる。さらに、門村・知念(1995)による有珠山・十勝岳・雲仙普賢岳・桜島における砂防施設の整備状況の比較研究、斉藤ほか(2003)による岩手山における入山規制緩和に向けた登山者安全対策構築に関する研究などがみられる。

概して火山災害対策は、施設整備などのハード面および生活再建策などのソフト面とも、震災対策や風水害対策に比べると整備が遅れている。この原因は、火山噴火の発生頻度が地震や豪雨、台風の発生頻度に比べて低いことと、被害が活火山の周辺に限られることが多いことから、国レベルの対策になりにくい側面があるためであると推察される。

しかし、いったん火山が噴火すると、雲仙普賢岳(1991~1995)や三宅島(2000~)の火山災害の例でも明らかのように、災害が継続し、施設の復旧と整備や被災者の生活再建に直ちに着手できないという制約があり、地震災害や水害などに対してとられる対策だけでは火山災害対策は不十分な状況にある。このような状況をふまえると、火山災害における行政機関の環境知覚と対応行動に関する地理学的研究は特に求められているものと考えられる。

(2) 研究目的

筆者は、2000年以来の三宅島火山活動に対して、東京都災害対策本部が取った一連の行動に参加した。このような状況の克服に三宅島の経験を活かすためにも、この災害でとられた対策を、その意思決定過程にまで踏み込んで考察しておくことは有益と考える。このような問題意識から、これまでに筆者は、2000年6月に発生した三宅島における火山災害を対象として、行政機関の環境知

* 東京都庁・元立正大学大学院地球環境科学研究科

覚と対応行動を明らかにすることを目的とし、東京都災害対策本部をはじめとした行政機関が行った災害対策を時系列に空間的に把握するという方法で、火山ガスに対する安全確保対策の変遷 (石原、2006a)、泥流被害と復旧事業の展開過程 (石原、2007)、森林被害と緑化対策の変遷 (石原、2006b)、農地災害復旧事業と農業復興対策の取組過程 (石原、2006c) について報告してきた。

そこで、本稿では、同様の問題意識をさらに発展させ、2000年6月に発生した三宅島における火山災害を対象として、2000年9月の島民の全島避難から2005年2月における島民の帰島の実現を経て1年後の2006年3月までの期間に行政機関が実施した上記の各種対策を総合的に考察することによって、火山災害の際に行政機関などがとるべき行動様式を明らかにすることを目的とする。

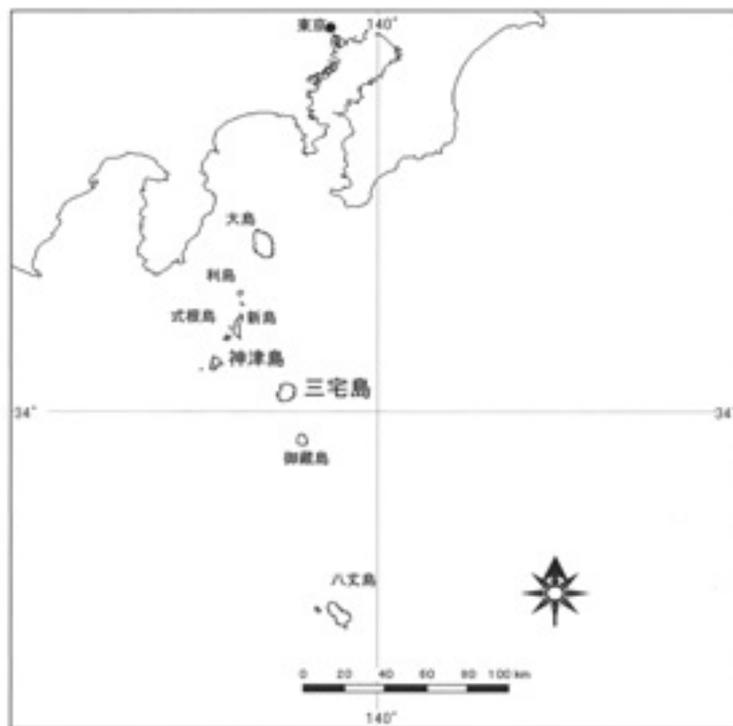
(3) 研究対象地域

火山災害は噴火の際に噴出物が火口から放出されることにより発生するほか、二次的に誘発されるものも含まれる。噴火に伴う災害も多様で、火砕流・火砕サージ、火山体崩落、溶岩流、噴石・火山弾、降下火砕物、マグマ水蒸気爆発、火山泥流、津波、火山ガス、地殻変動、地震、飢饉などがある (宇井、1997)。

本研究は、2000年6月から発生した三宅島の火山災害を対象とする。三宅島は東京から南南西へ約180km 離

れた、北緯35°05′、東経139°31′に位置し、南北約8km、面積約55km²、周囲約35kmのほぼ円形の火山島である (第1図)。三宅島での過去の噴火記録は西暦1085年 (応徳2) 以来1983年の噴火まで、少なくとも14回存在する (津久井・鈴木、1998)。20世紀に入ってから3回の噴火は、1940年 (死者11名、負傷者20名)、1962年 (焼失家屋5棟)、1983年 (溶岩流による埋没・焼失家屋約400棟) となっており、それぞれ島民に大きな人的・経済的被害と不安を与えた (東京都総合防災部、2005)。

研究対象地域として三宅島を選定したのは、2000年6月に始まった三宅島の噴火活動が、三宅島に限らずこれまでの島弧における火山の噴火活動に関して、従来の理解を超えたものであった (中田ほか、2001) ことにある。2000年6月に噴火活動が始まるまでの三宅島の災害予測は、山腹噴火を想定したものであった (東京都防災会議 (1990)、東京都防災会議 (1992))。しかし、2000年6月からの三宅島のたび重なる噴火は中央火口から大量の火山灰を降らせた。その後の大雨により火山灰は泥流となって流出し、家屋や道路などを破壊した (相場、2003)。また、2000年8月下旬から火山ガスが連続的に放出されるようになり、9月下旬には一日の放出量が約5万トンという世界に例をみないほど大量の二酸化硫黄が放出されるようになった (風早ほか、2001)。2000年の三宅島噴火は、これまでに知られている三宅島の過去の活動が



第1図 三宅島位置図

らは全く想像できないものであった（津久井ほか、2001）。したがって、中央火口からの大量の火山灰の放出や火山ガスの放出の継続といった事態は災害予測を超えたものであった。このような未曾有の事態であったがゆえに、防災関係機関が、次から次へと起こる環境変化をどのように認識し、どのような対応行動をとり対処してきたかを地理学的に解析する意義は大きいものと考えられる。

なお、二酸化硫黄は、一時的に呼吸器や眼、喉頭などの粘膜を刺激する刺激性物質であり、これは生理学的には可逆性の気管支収縮を起こさせる（内山、2001）。わが国では比較的活動が活発な火山の火口付近において、二酸化硫黄による中毒事故の発生が多い。1990年頃から頻発した阿蘇火山中岳での観光客ガス中毒事故では、犠牲者の多くが喘息患者か、その潜在的患者であった可能性が高いとされている（小坂ほか、1998）。2000年6月に始まった三宅島の噴火においては、泥流の発生とともに、火山ガスの放出が発生した。2007年においても、その規模は小さくなったが、いぜんとして火山ガスの放出が続いている。

(4) 研究方法

2節に述べた目的を明らかにするため、研究方法として、2000年三宅島火山災害に関して、東京都災害対策本部をはじめとする行政機関が行った災害対策を時系列に、また空間的に把握するという方法を用いる。

すなわち、まず、2000年6月の三宅島火山活動の開始から2005年2月の島民の帰島に至るまでの期間において、その火山災害の最大の特徴である火山ガス災害に関して、防災関係機関が講じてきた対策の変遷について考察する。つぎに、三宅島の2000年から始まる火山災害のもう一つの特徴である泥流災害に対する復旧事業に関す

る防災関係機関が講じてきた対策の変遷について考察する。さらに、火山ガスや降灰・泥流により被害を受けた森林の復旧のために防災関係機関が講じてきた緑化対策の変遷について考察する。最後に、2005年2月に帰島が実現したことにより実施された農地の災害復旧事業と農業復興のための対策の変遷について考察する。これら4つの対策について、2000年6月の災害発生から帰島後1年を経た2006年3月までの変遷と行政機関などの行動様式を総合的に考察する。

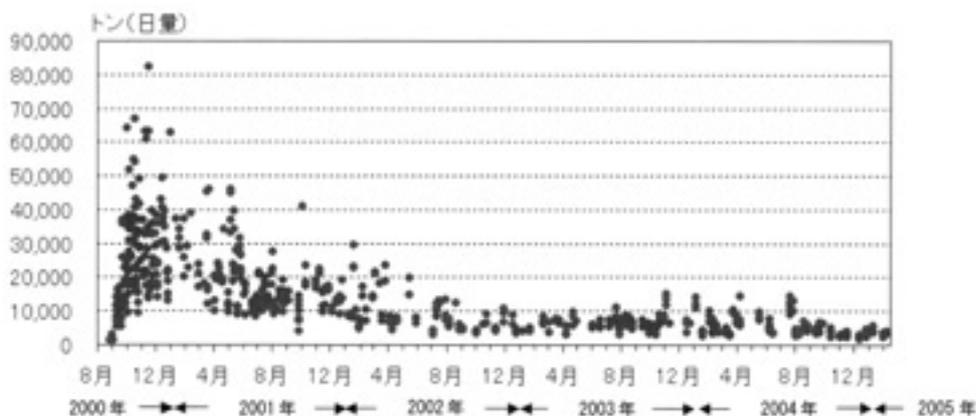
2. 災害の状況

(1) 火山ガスの放出状況

まず、2000年三宅島火山災害の特徴の一つである火山ガスの放出状況についてみよう。

2000年6月26日に三宅島で噴火の恐れがあり、嚴重に警戒を要するとの臨時火山情報が気象庁からもたらされた。この臨時火山情報から始まった三宅島の火山活動は、同年9月2日から4日の間に行われた三宅島島民の全島避難に至るまでの間に、合計7回の噴火が発生した。この間のうち同年8月18日の噴火が最大規模のものであった。その後の同年8月24日に、火山噴火予知連絡会伊豆部会が、山頂から放出される水蒸気や火山ガス等の監視解析で噴火を予測できる場合もあるというように、火山ガスの放出について初めてふれた。同年8月31日に、火山噴火予知連絡会伊豆部会が、火山ガスに注意するよう言及した。

気象庁は紫外線スペクトロメータを用いた二酸化硫黄放出量の観測を同年8月26日から開始した（気象庁、2005）。この結果を第2図に示す。同年10月6日に火山噴火予知連絡会伊豆部会は、火山ガスの放出量が、同年8月下旬以降に増加しており、同年9月中旬以降



第2図 三宅島における火山ガス（二酸化硫黄）放出量の推移（2000年～2005年）

資料：気象庁三宅島測候所ホームページ公表資料により作成

は、1日あたり約2万～4万トンの二酸化硫黄の放出が観測されていると発表した。

以降、二酸化硫黄の放出量は大幅に減少してきたものの、島民の帰島が果たされた2005年2月から2年が経過した2007年2月時点においても1日あたり約1千～2千トンの二酸化硫黄の放出が続いている^{注1)}。

(2) 泥流の発生状況

つぎに、2000年三宅島火山災害のもう一つの特徴である泥流の発生状況についてみよう。

合計7回の噴火のうち、最大規模の噴火であった同年8月18日の噴火についてみると、噴煙高度は約1万5千メートルに達し、全島に火山灰が降下し、多くの噴石が降り、火口付近では2メートルを越す火山灰の堆積が認められており(中田ほか、2001)、全島に大量の火山灰が堆積した。

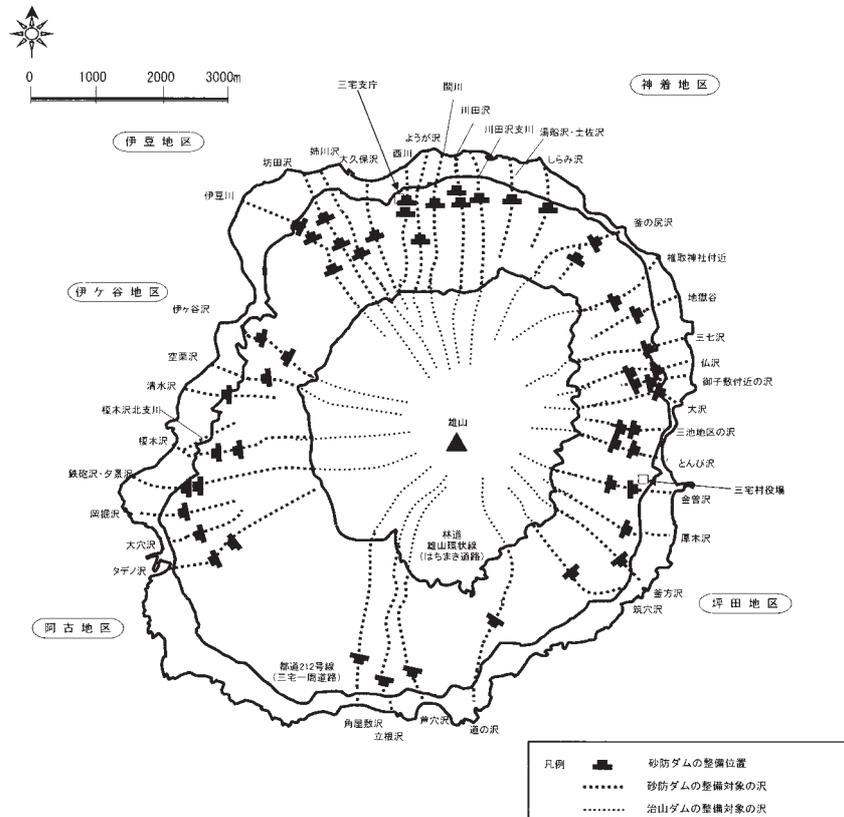
火山灰は、三宅島の雄山山頂から麓にかけ大量に堆積し、雨滴の衝撃による皮膜形成で火山灰層の浸透能が低下したため、大雨により火口付近から全方位に向け泥流が発生した。特に同年9月5日の1日あたり191mmや2001年1月26日の1日あたり117mmの大雨によって泥流が発生した。泥流の発生箇所は第3図に示した。泥流

は火口付近から全方位に向け発生した。雄山上部斜面には多くのガリーが形成され、上部斜面に対するガリーの面積率が約10%までに達した(山越ほか、2003)。また、裸地化した地域や、降灰そのものが樹木大量に付着して樹木が枯損した地域では、面状侵食も認められた(阿部ほか、2002)。

(3) 被害状況

泥流による被害だけでなく、2000年の噴火の際に伴う地震や、5年半にわたる全島避難中における火山ガスによる腐食などの被害も含めてまとめた被害状況が第1表である(東京都総合防災部、2005^{注2)})。

ここで主要な被害状況をみよう。島内の道路をみると、泥流の発生などの影響により、道路や路肩の崩壊、路面の隆起・陥没・洗掘などがみられた。島内を一周している都道の16箇所、村道14路線、林道64箇所などで被害がみられた(第4図)。道路の崩壊、路面の隆起・陥没などの影響で水道をはじめとした電気・電話などのライフラインの被害も発生した(第4図)。三宅島北部にある湯の浜漁港や北西部にある伊ヶ谷漁港では泥流の流入による被害がみられ、南部にある坪田漁港では地盤沈下により漁港全体が沈下して満潮時には漁船の接岸がしにく



第3図 泥流の発生と対策の箇所 (2001年)

資料：東京都災害対策本部の資料により作成

第1表 被害状況一覧 (2005年)

	種 別	被災規模	被 害 原 因
道路	都道 村道 林道 農道	16箇所 14路線 64箇所 3箇所	道路決壊 / 路面隆起・陥没 / 泥流道路埋没 / 橋桁破損 道路崩壊 / 路肩崩壊 道路崩壊 / 道路決壊 / 路面洗掘 / 泥流道路埋没 路面隆起・洗掘 / 擁壁崩壊 / 橋脚破損
港湾	漁港 港 空港 海岸	3箇所 1箇所 1箇所 1箇所	地盤沈下 / 泊地埋没 地盤沈下 泥流堆積 / 火山性ガスによる / 施設劣化 地盤沈下
ライフライン	水道 電気 (東京電力) 電話 (NTT) 携帯電話 (NTT ドコモ) LP ガス	送水管 電気設備等 21箇所 発電設備 2箇所 配電設備 21箇所 通信設備 7箇所 建物関係 8箇所 11箇所 3基地局 約1,500戸	道路決壊・路面隆起・陥没等に伴う被害 火山ガスによる腐食 降灰・湿気による運転不能 火山ガスによる錆 泥流による倒壊、流失、陥没等 降灰による汚損 電線の倒壊等による断線 降灰吸入による通信機の錆等 降灰・湿気による錆・床腐食等 泥流道路崩壊に伴う電柱倒壊等 泥流による商用電力停止 火山ガスによる腐食
治山・治水	治山 砂防 森林	26溪流 13溪流 2,500ha	溪流崩壊・山腹崩壊 泥流による 火山ガスによる
住宅	村営 一般 堆積土砂	32団地 島内全域 島内全域	地震・降灰・火山ガス・長期放置による内外の劣化 白蟻被害 / 降灰・火山ガス・長期放置による屋外の劣化 噴火による火山灰
教育施設	小学校 中学校 高校 体育館 1箇所 プール 1箇所 格技棟 1箇所 校庭 1箇所 社会教育施設	校舎 3箇所 体育館 3箇所 プール 2箇所 校舎 3箇所 体育館 3箇所 プール 3箇所 校舎 1箇所 公民館 図書館 体育館 社会教育会館	降灰・火山ガス・長期放置による施設内外の腐食 降灰・火山ガス・長期放置による施設内外の腐食 降灰・火山ガス・長期放置による施設内外の腐食 降灰・火山ガス・長期放置による施設内外の腐食
公共施設等	中央診療所 保育園 自然公園施設 その他	1箇所 3箇所 9園地 2歩道 高濃度地区内園地 5箇所 6箇所 5箇所	降灰・火山ガス・長期放置による施設内外の腐食 降灰・火山ガス 噴火後の陥没による消失 降灰・長期的な火山ガスによる腐食・錆 降灰・火山ガスによる腐食 降灰・火山ガスによる腐食 降灰
生産基盤施設	農地 農業用水関連施設 業業基盤施設	274ha 1箇所 17箇所	降灰・泥流の堆積、土壌酸性化等 泥流による沈砂池埋没 長期避難による施設の管理不能

資料:東京都総合防災部 (2005) 『東京都の災害』 により作成

い状況になっており、南東部にある三宅島空港では、泥流の侵入とそれによりフェンスが約52メートルに及んで倒壊した(第4図)。火山灰の降灰による住宅の被害は島内全域でみられたが、泥流による被害も島内8箇所で見られた(第3図)。農地については、火山灰の降灰、泥流の流入など島内の全農地274haで何らかの被害がみられた泥流。この他にも学校保、育園、診療所、村営住宅など様々な施設で降灰や火山ガスの腐食などの被害がみられた。

このように、泥流の発生が大きな被害をもたらしたため、26渓流を対象に砂防ダムの整備が、13渓流を対象に治山ダムの整備が行われることとなった。

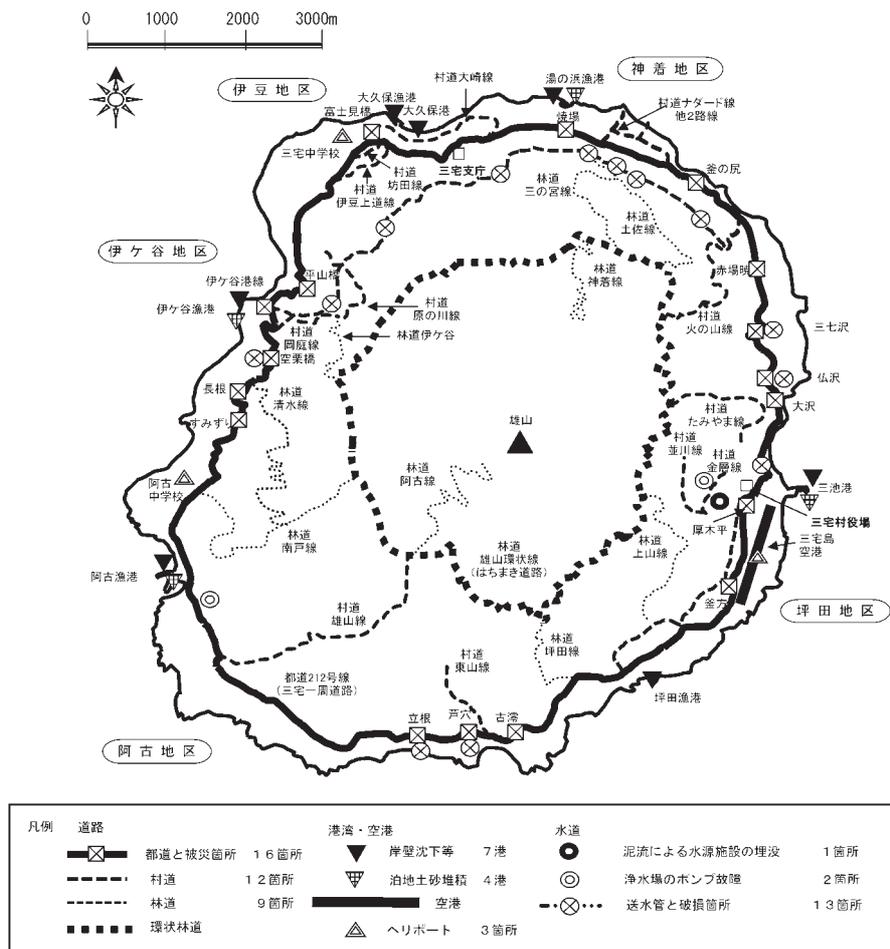
なお、発災時における軽傷者は1名のみと記録されており、これだけ大規模な火山災害であったにもかかわらず、人命に影響のある被害がなかったことは、不幸中の幸いであったといえよう。

3. 行政機関の各種対策の展開

(1) 火山ガス対策の展開

まず、島民の全島避難中の三宅島における火山ガスに対する行政機関の安全対策の構築と夜間滞在方法の変遷についてみよう。石原(2006a)は、三宅島における2000年6月の噴火活動の開始から2005年2月の島民の帰島に至るまでの間について、行政機関の火山ガスに対する安全対策の構築と夜間滞在方法の対応の変化から、火山ガスに対する行政機関の対応行動を4つの期間に分けた(第5図)。それぞれの期間における対応行動の特徴を以下に記す。

第1期は、2000年9月から2001年9月までで、洋上の船舶や神津島に現地災害対策本部を置いた物理的回避期である。この時期は、火山ガスの特性を把握できない状態であり、かつ1日あたり約2万~5万トンという大量の火山ガス放出量であったため、行政機関は火山ガスの影響の及ばない洋上の船舶や神津島に現地災害対策本部を置かざるを得なかったといえよう。なお、この期間に



第4図 道路・港湾施設・水道施設の被災箇所(2001年)

資料：東京都災害対策本部の資料により作成

東京都災害対策本部は、火山ガスの放出が続く状況下において、既存施設に脱硫装置を装備することで、三宅島島内で安全に夜間滞在することが可能かの試行を2001年5月に行い、2001年6月段階で可能であることを明らかにしている。

第2期は、2001年9月から2003年12月までで、三宅島において夜間滞在を可能とするために、二酸化硫黄を脱硫装置によって除去することで建物全体を防護した化学的回避期である。この時期は、火山ガス放出量は減少傾向にあるものの、1日あたり約5千~2万トンという大量の放出が続いていたとともに、二酸化硫黄濃度に対する基準については、一般社会における環境基準や労働安全衛生上の許容濃度を用いた作業基準しかない状態であった。そのような状況の中で、行政機関の職員や災害復旧事業に携わる従事者が三宅島島内で夜間滞在ができるようにするため、行政機関は二酸化硫黄を脱硫装置によって除去することで建物全体を防護した夜間滞在施設を設置した。

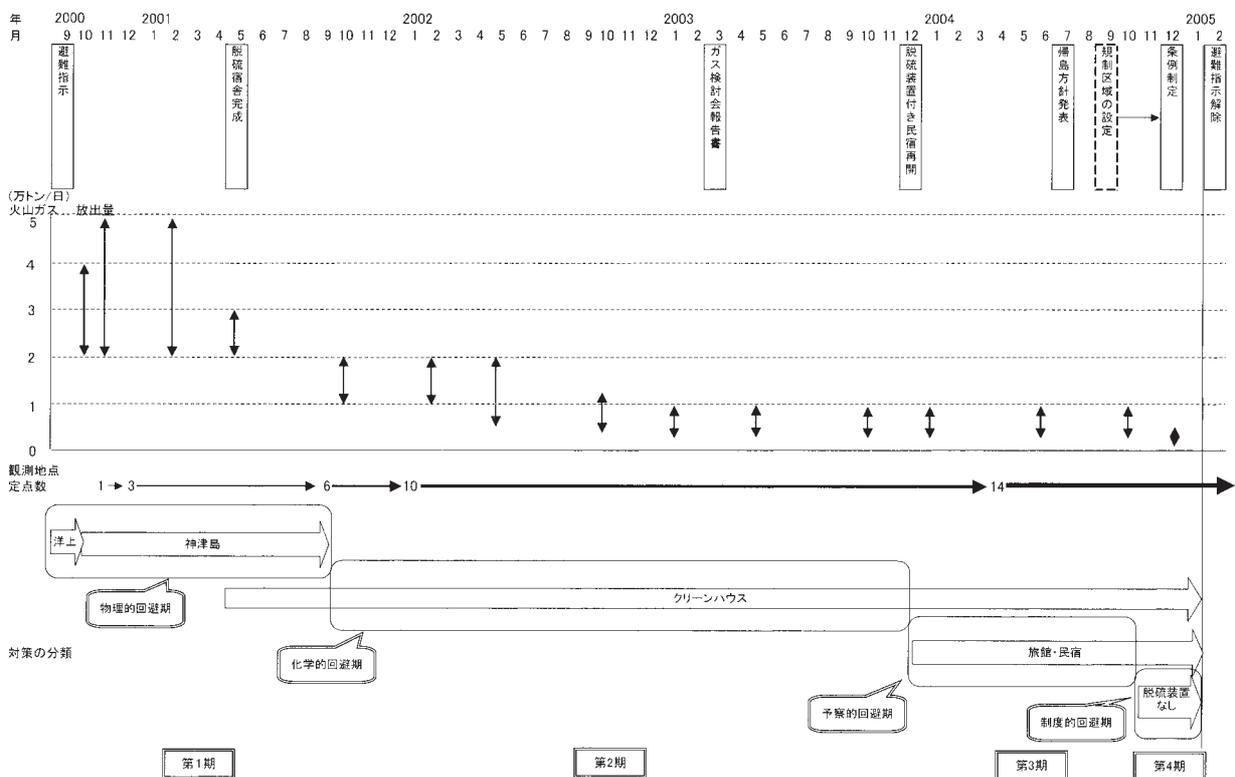
なお、この期間に内閣府と東京都は、「三宅島火山ガスに関する検討会」を設置し、火山ガスに関する安全確保の面からの科学的な検討を行った。この検討会では、三宅島の火山ガスの特性と火山ガス成分の健康影響に関する資料をもとに、帰島の判断材料と安全対策が検討された。同検討会は2003年3月24日に、『三宅島火山ガス

に関する検討会報告書』（三宅島火山ガスに関する検討会、2003）をとりまとめ発表した。その報告書では、二酸化硫黄による健康影響については、直ちに健康や生命への影響はないが、長期間の曝露を受けることによって身体に生じる長期的影響（慢性影響）と、瞬間的あるいは短時間に高濃度の二酸化硫黄を吸入することによって身体に現れる短期的影響（急性影響）について考慮したとしている。

長期的影響についての二酸化硫黄濃度の目安^{注3)}については、せきやたんが出やすくなるなど、軽度の慢性影響がある程度増加するリスクを受容することを前提とした場合に目安となる濃度とし、年平均値が概ね0.04ppm以下であること、1時間値0.1ppm（環境基準）を越えた回数が年間10%以下であること^{注4)}とした。また、短期的影響についての二酸化硫黄濃度の目安については、短期的影響については比較的低濃度で身体に影響が現れる恐れのある人および一般的に影響を受けやすいと考えられるぜん息患者・新生児・乳児・妊婦等の高感受性者、迅速な避難が困難な幼児・児童・高齢者・障害者等の要援護者、それ以外の一般人の3グループについて、それぞれ注意すべき目安の濃度を段階的に設定したとしており、これをまとめると以下のとおりである。

レベル1 5分値^{注5)} 0.2 ppm

感受性の高い人に対して健康への影響が考えられる



第5図 火山ガス対策の対応行動の変遷

濃度。要援護者に対して、周囲の人が配慮する必要がある濃度。

レベル2 5分値 0.6 ppm

感受性の高い人に重大な影響を及ぼす可能性がある濃度。

レベル3 5分値 2 ppm

一般の人に対して、注意を呼びかける必要がある濃度。

レベル4 5分値 5 ppm

一般の人に重大な影響を及ぼし始める濃度。

第3期は、2003年12月から2004年10月までで、この時期は、二酸化硫黄の短期的健康影響と長期的健康影響の二つの考え方に着目し、長期的健康影響について地理的に安全と判断される区域において、短期的健康影響のみを回避する目的で、建物の一室だけを脱硫装置によって防護した予察的回避期である。

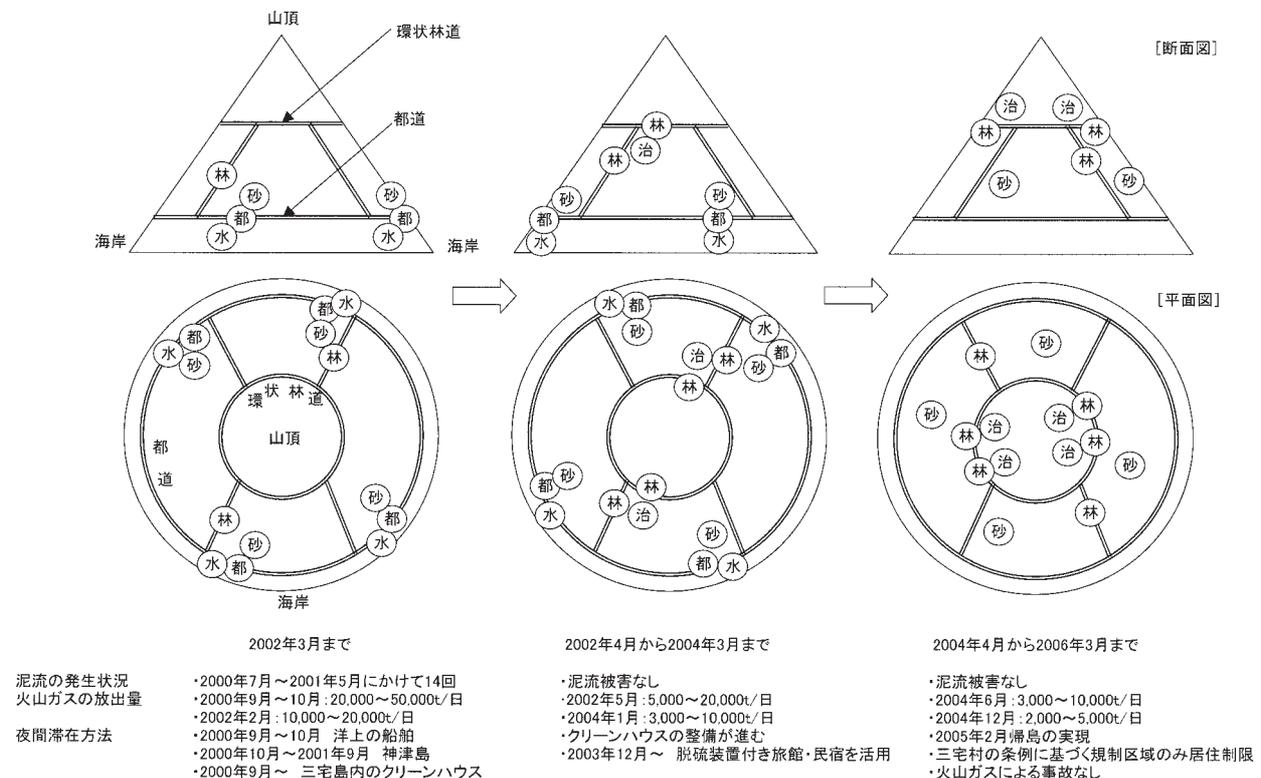
東京都と三宅村では帰島後の速やかな観光産業復興を期する点および労働環境の改善の観点からも、夜間滞在施設として旅館や民宿を活用していくことが必要であるという判断がなされた。この時期は、火山ガス放出量はさらなる減少傾向にあるものの、1日あたり約3千~1万トンという火山ガスの放出が続いていた。そのため、東京都災害対策本部は、まず火山ガスの影響の少ない場所を選定することとし、火山ガス検討会報告書を参考に

して、長期的影響についての二酸化硫黄濃度の目安を満たしている地区(伊豆、神着および坪田地区の一部)とすることとした。その上で、火山ガスに覆われた際に、緊急避難できる脱硫装置の付いた部屋を各旅館や民宿に一室設けることとし、夜間滞在施設として活用を図った。

なお、この期間の2004年7月に、三宅村は、2005年2月に避難指示解除を行う旨の「帰島方針」を発表した。その上で、三宅村は、「安全対策専門家会議」を設置し、2004年9月に、同会議は規制区域を設定した。

第4期は、2004年11月から2005年1月までで、この時期は、規制区域を設けるとともに火山ガスの観測体制や情報伝達体制の整備とクリーンハウスへの避難行動を確立することで、脱硫装置を整備していない施設においても夜間滞在が可能となった制度的回避期である。この時期は、火山ガス放出量はより一層減少し、1日あたり約2千~3千トンという放出量にまで低下していた。島民の帰島を目前に控え、規制区域以外の区域においては脱硫装置を整備していない施設において夜間滞在が可能となり、規制区域のみ夜間滞在が規制された状況になっている。なお、この期間の2004年12月に、「三宅村火山ガスに対する安全確保に関する条例」が三宅村議会で可決された。

以上の4つの期間を経て三宅島島民の帰島が実現した。



第6図 地形的位置との関係からみた泥流対策の対応行動の変遷 (模式図)

2005年2月の帰島から2007年1月までの2年間に三宅島では火山ガスによる事故は発生していない。全島避難中の防災関係機関の火山ガスに対する認識・経験に基づく安全対策の積み重ねが、「三宅村火山ガスに対する安全確保に関する条例」という制度となって具現化し、行政と島民が一体となった安全対策の実践につながったことによるものであろう。また、火山ガスによる事故が発生していないという実績は、島民が火山ガスに対して安全な暮らしを営んでいくために条例に基づいて設定した規制区域の範囲が妥当であったことの証であろう。三宅村が、今後も引き続き火山ガスによる事故の発生がないように、規制区域への島民の居住制限や立入規制、火山ガス警報や注意報の発令など、条例の的確な運用を図っていくことが必要であるものと考えられる。

(2) 泥流対策の展開

つぎに、三宅島における2000年火山泥流災害による被害への災害応急対策および災害復旧・復興の経過についてみよう。石原(2007)は、三宅島における2000年8月から2005年2月の島民の帰島を経て2006年3月に至るまでの間について、行政機関が行った泥流対策の展開を以下に示すように3つの期間に分けた。この対応行動を模式化してまとめたものが第6図であり、それぞれの期間の特徴を以下に記すこととする。

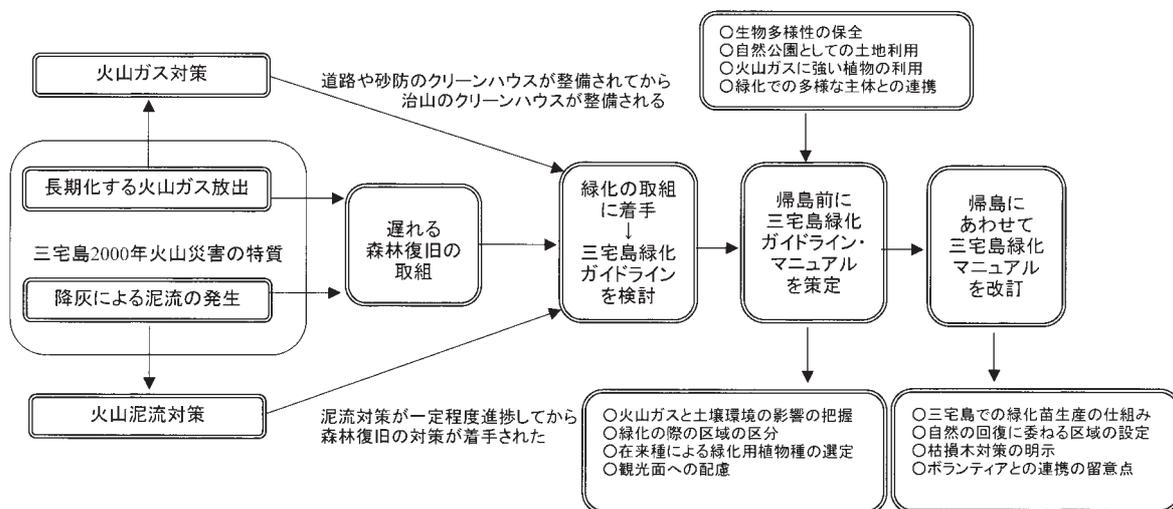
第1期は、災害応急対策を含む2002年3月までの期間である。この期間の対策では、移動経路の確保、水道施設の復旧、ガス観測施設の敷設などのため、道路の復旧が最も重視されていた。また、今後の泥流による被害を軽減するため、砂防施設の整備が優先されていた。そして、復旧事業は海岸に沿って島を一周する都道周辺での

復旧を中心としていた。これらのことは、山頂から島の全方位に泥流が発生し、島内を一周している都道の16箇所が寸断されており、この機能回復が何よりも優先されたからである。ことに、火山ガスの放出が続く中、クリーンハウスが整備されるまでの間は、洋上や神津島に現地災害対策本部を設置せざるを得ず、三宅島での島内作業に従事する人員数が制約されたことから、復旧事業の対象に関する優先順位が明確になされた結果といえよう。

第2期は、2002年4月から2004年3月までの期間である。この期間の復旧事業では、都道の復旧が完了し、砂防施設の整備が多くなされるようになった。また、気象観測機器を設置するために環状林道への通行が確保され、この林道の復旧に伴って治山施設の整備が進められてきた。この時期は、都道周辺だけでなく都道よりも山側の位置での復旧事業が進み始めた時期といえよう。このことは、引き続き火山ガスの放出が続くものの、公共施設に脱硫装置を設置したクリーンハウスの整備や旅館・民宿を活用したことで夜間滞在できる人員が大幅に増加したことや、都道が復旧したことで他の被災箇所への移動が格段に容易になったこと等が要因であると考えられる。

第3期は、2004年4月から2006年3月までの期間である。この期間の復旧事業をみると、すでに都道の復旧は済んでおり、復旧事業は都道よりさらに標高の高い位置において、砂防施設の整備や治山施設の整備などが主に行われてきた。この時期は、火山ガスの放出量が低下してきたとともに、2005年2月に帰島が実現し、三宅村が条例を制定することで火山ガスに対する安全確保対策を確立し、夜間滞在における人員の制約がなくなり、復旧事業が進捗した。

前述のそれぞれの期間における復旧事業の状況をもと



第7図 緑化対策の対応行動の変遷

に復旧事業の展開過程を模式的に示した第6図をみると、道路の復旧、砂防施設の整備、治山施設の整備など各事業の実施については、時期ごとに優先される事業が異なっており、事業の実施箇所が空間的にも変化していることが確認される。本来、火山泥流対策としての治山・砂防工事は、泥流の発生箇所である上流部から順に復旧などに着手すべきであるが、三宅島では火山ガスの放出が続いたため、標高の低い都道周辺から各種対策を進め、その後標高の高い位置にある泥流発生箇所の対策を行わざるを得ないという判断、すなわち泥流対策の展開戦略が行政機関によって決定され、その順序に従い諸対策が講じられた。

(3) 緑化対策の展開

さらに、緑化対策の変遷についてみよう。石原 (2006b) は、2000年三宅島火山災害における緑化対策の変遷について報告をしている。この中で示された行政機関の緑化対策の対応行動を示したものが第7図である。

緑化対策は、泥流対策が一定程度進んでからの取り組みとなった。この理由は、火山ガスの影響が大きく、前節の泥流対策の変遷で述べたように、航空実播による緑化がうまくいかなかったことによる。そのため、火山ガスの放出量が減少し、優先されていた泥流対策が進捗してから緑化対策が本格的に実施されることとなった。すなわち、火山災害の復旧対策にあたり、火山ガス対策、泥流対策、次いで緑化対策という優先順位が明白に意識されていた。

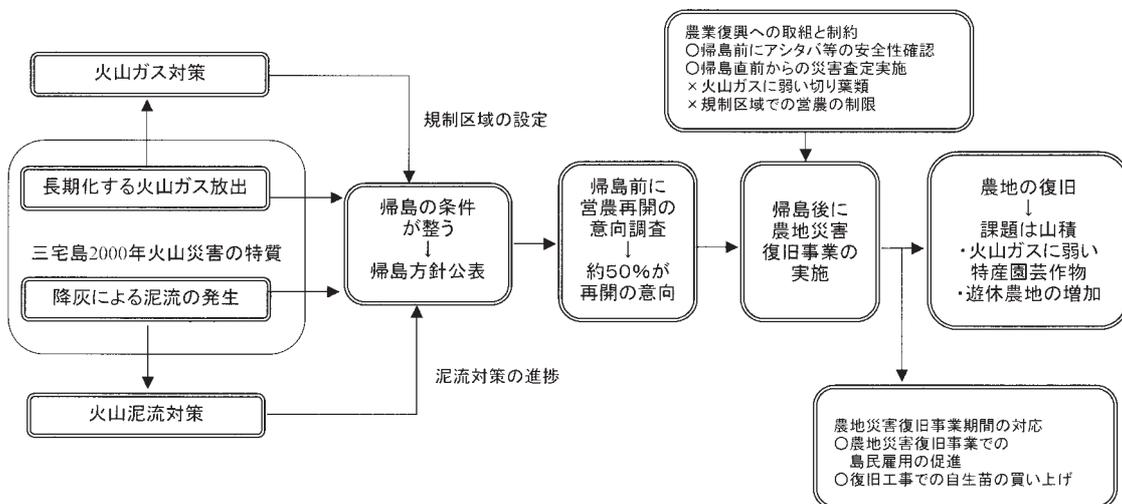
行政機関 (東京都) は、2000年8月に緑化対策の基本的な指針に関する検討に着手し、2004年1月に三宅島緑化ガイドラインが策定された。三宅島緑化ガイドライン

の策定にあたっては、植物の生育に対する火山ガスと土壌環境の影響をふまえた上で、まず固有種の重視や生物多様性の保全といった生態学的な原則、次いで火山ガスへの耐性、侵食防止効果や観光面への配慮が行政機関によって確認され、それに基づくゾーニングが行われた。三宅島の復旧事業における緑化は、この三宅島緑化ガイドラインに基づき実施されてきた。より詳細な三宅島緑化マニュアルが2004年4月に策定され、島民の帰島にあわせてあるいは帰島後の状況に応じて随時改定され、生態系保全のために必要な在来種の緑化苗の確保や被害を受けた枯損木の対策に関して有効に機能してきた。併せて帰島後には、火山ガスによる植生への影響を把握した上で、2005年7月に自然の回復に委ねる区域の設定が行われた。

以上のように、三宅島火山災害においては、行政機関が生態学的な原則、火山ガスへの耐性、侵食防止効果や観光面への配慮といった認識に基づき、緑化に関する基本的な指針を定め、その上で火山ガスの発生状況といった自然条件や島民の帰島という社会条件を捉え、的確に対応行動がとられてきたものと考えられる。

(4) 農業復興対策の展開

最後に、農業復興対策の変遷についてみよう。石原 (2006c) は、2000年三宅島火山災害における農業復興の変遷について報告をしている。この中で示された行政機関の農業復興対策の対応行動を示したものが第8図である。三宅島における農業復興対策は、2004年7月に三宅村が島民の帰島方針を公表してから開始された。この理由は、農業関連の復旧事業が、島民が帰島することを前提とした事業であることに起因する。



第8図 農業復興対策の対応行動の変遷

帰島前に三宅村が農家に対して営農再開の意向についてアンケート調査を行ったところ、約50%の農家が帰島後に営農再開する意向を示した（三宅村観光産業課、2002）。三宅村の帰島方針の中で帰島後に阿古集落や坪田集落に火山ガスに対する安全確保のための規制区域が設定されることが予想された状況下での農家の回答であり、帰島後に営農再開の意向を持つ農家が半数に上ったことは、農業による生活再建への期待が大きいものと推察された。

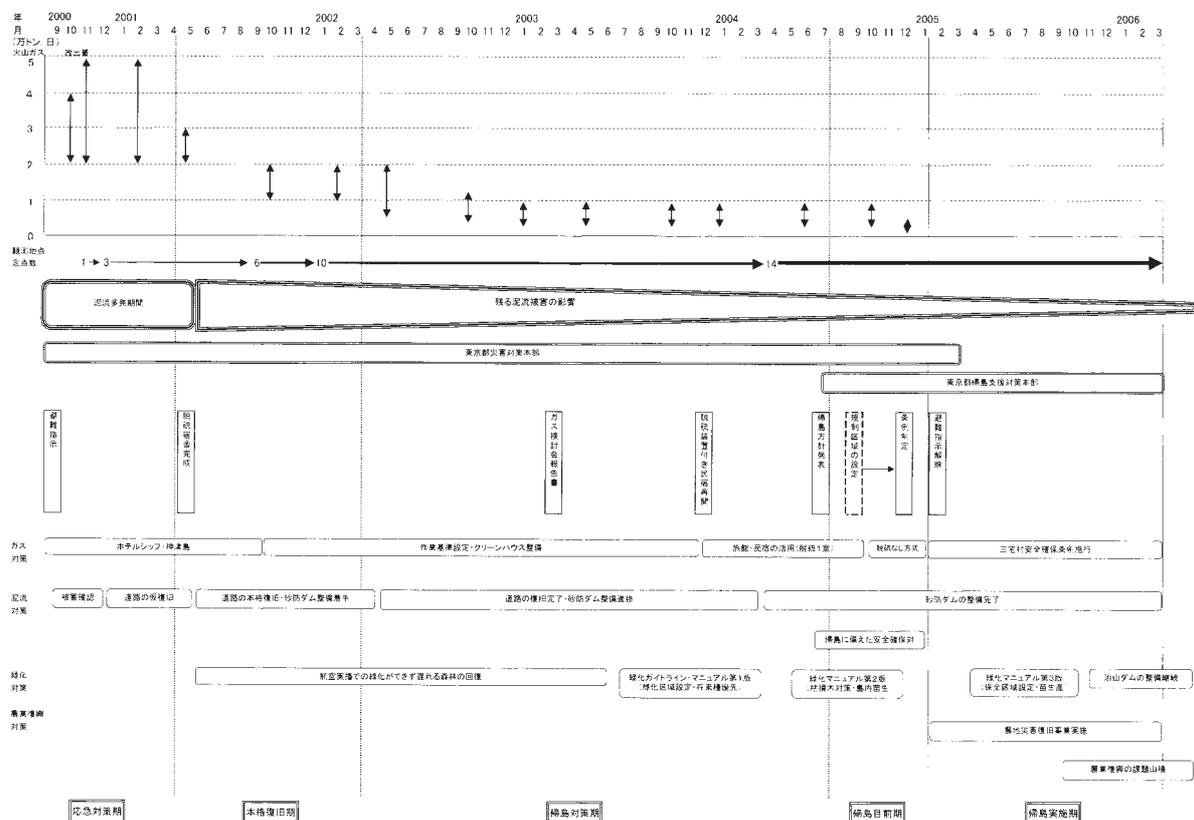
2004年9月に、三宅村の安全対策専門家会議は規制区域を設定し、これが後の安全確保条例に基づく阿古高濃度地区および坪田高濃度地区の設定につながり、両地区では営農の制限が課されることとなる。帰島後の、火山ガス放出量をみると、1日あたり約1千~2千トンという量にまで減少している。このような前提の中、帰島後の三宅島での営農再開に関しては課題が山積していた。一つは、全島避難前の基幹作物であったレザーファンやタマシダといった切り葉類が火山ガスの被害を受けやすいことである。もう一つは、営農再開の基盤となる農地が降灰や泥流によって被災しており、農地の災害復旧事業を進めるのに時間が必要であったことである。農地の災害復旧には時間がかかり、最短でも2005年の秋作からしか営農を再開することができないことが想定された。

このような背景から、行政機関は、農地災害復旧事業において島民雇用の促進に努めた。その結果2005年に延べ人数として約5,400人が雇用された。また、農地災害復旧事業中は、農家にとっては現金収入が見込めず、行政機関は復旧工事で必要な火山ガスに比較的強いと考えられる在来種の緑化苗を買い取ることにした。この取り組みによって、わずか約3か月の間に3万本の緑化苗を確保すると同時に、農家の収入も確保されることになった。

このように行政機関においては、帰島後1年の間、農家が営農再開を果たすまでに様々な対応を行ってきた。今後本格的な農業復興を果たすためには、引き続き火山ガスに強い農作物を検索し、火山ガスに強い農作物を導入することが前提となろう。

4. 行政機関の対応行動に関する総合考察

本研究ではこれまで、2000年の三宅島火山災害に関する防災関係機関の火山ガス対策の変遷、泥流被害の発生と復旧事業の対策の変遷、緑化対策の変遷および農業復興対策の変遷について述べてきた。すなわち、火山災害における災害応急対策や災害復旧・復興策の明らかな、あるいは暗黙の基礎となった、行政機関による一種の環



第9図 2000年三宅島火山災害への行政機関の対応行動の変遷

境知覚や対応行動を論じてきた。それら4つの分野について行政機関の対応行動を時系列でとりまとめたものが第9図である。また、それらの対応行動の前提となった行政機関の三宅島火山災害に対する環境知覚の推移について模式化を試みたのが第10図である。

すなわち、行政機関の火山災害に対する対応行動を時系列でみた場合、まず火山ガスの重要性が認識されてきた。火山ガス対策については、全島避難から帰島に至るまでの間が4つの期間に分けられ、帰島後の期間を含めると5つの期間に分けることができる。高濃度の二酸化硫黄の放出が長期化するというこれまでわが国ではみられなかった火山災害において、行政機関は火山ガスの主要な有害物質を把握するまでの期間には洋上や他の島に物理的に回避をして災害対策を実施してきている。つぎに、行政機関は、火山ガスの有害物質を二酸化硫黄であると把握してから、公共施設などに脱硫装置を付けることで化学的回避を行っている。さらに、行政機関は、健康への影響の観点から火山ガスを避けるため、二酸化硫黄の漂流する方位を把握し、三宅島における安全な地域を判別することで予察的回避を可能としている。行政機関は、この予察的回避を実践することにより、地域の安全性を実証し、観測値の傾向からゾーニングを行った上で、健康影響が懸念される地域については条例を制定す

ることによって制度的回避を行っている。以上のように、行政機関は、これまでに経験したことの無い二酸化硫黄の長期的な放出という火山災害に対して、二酸化硫黄濃度の推移や高濃度の二酸化硫黄が出現する空間的特性などの現象を把握し、その状況に応じて随時判断をし、規制区域の設定や警報発令などの手段を講じて対応している。

つぎに、泥流対策については、火山ガス対策の進捗状況、すなわち火山ガスの観測体制やクリーンハウスの整備に合わせて進められてきたものである。その際に、道路の復旧や砂防ダムの整備が優先された。このことは、島内一周道路の確保と、集落や公共施設を泥流の被害から守ることが優先されたためである。また、一般的に泥流対策では、泥流発生源の対策が優先される。しかし、2000年の三宅島火山災害では、火山ガスの影響が大きいことや火口に近い山麓での緑化植物の生育が困難であったことから、標高の低い位置からの泥流対策が進めざるを得ないと認識された。火山ガスによって復旧事業に従事できる人員に制約がある状況において、事業実施による効果の大きい事業が優先的に取り組まれたためである。

さらに緑化対策については、泥流対策がある程度進んだ段階で着手されるようになってきている。生物多様性の観点から三宅島緑化ガイドラインや三宅島緑化マニュアル

時期	2000年9月～2001年9月	2001年10月～2003年11月	2003年12月～2004年10月	2004年11月～2005年1月	2005年2月～2006年3月
火山ガス(ト/日)	2万～5万	5千～2万	3千～1万	2千～5千	1千～2千
火山ガス対策					
泥流対策					
緑化対策					
農業復興対策					

第10図 2000年三宅島火山災害に対する行政機関の環境知覚の推移 (三宅島を平面的に認識した場合の模式図)

が策定され、これらの基本的な指針に則して緑化対策が進められてきている。これらの基本的な指針では、火山ガスや泥流の影響による植物の生育環境の地域的差異が認識され、緑化する際の区分がなされている。その上で、緑化を行っていくために火山ガスに強い在来種を緑化用植物として用いられることとしている。また、2000年三宅島火山災害の特徴である火山ガスと泥流による影響で、大量に発生した枯損木の対策についても基本方針が示され対処されている。さらに、火山ガス放出量の減少による下層植生の回復状況や砂防ダムや治山ダムの整備の進捗にあわせて、緑化する際の区分の見直しを図り、新たに自然の回復に委ねる区域を設定している。

農業復興対策については、帰島の方針が確定してからの対応となっている。すなわち、農地の災害復旧事業は、帰島後に島民が営農を再開することを前提としたものであったためである。農地の災害復旧事業は、帰島後約1年かかることが予想されていたため、行政機関は農地復旧事業に島民を雇用するように努めた。また、行政機関は、復旧事業の緑化に用いる苗を自生植物から調達することを考案し、農家による緑化用苗生産が直ちに着手されてきている。この取り組みは、農地の復旧が終わるまでそこに作付けすることができない農家の収入に対して寄与している。

以上のように、2000年6月以降の三宅島火山災害に関する行政機関の環境知覚と対応行動は、火山ガス対策の環境知覚と対応行動の変遷と極めて密接に関連している。火山ガス対策、泥流対策、緑化対策、農業復興対策のそれぞれは、ばらばらに行われているのではなく、火山ガス対策の進捗に合わせざるを得なかったという現実によるといえよう。このことから、4つの対策を時系列で見ると、4つの対策の工程は、あたかもすでにプログラムされていたかのように実施されてきているようにみえるが、人への健康影響がある火山ガス災害の克服、すなわち行政機関の火山ガスの把握、状況に応じた判断、およびそれへの対応行動が、空間的特性に応じてとられ、他の対策の進捗を決定づけていったものといえよう。

2000年6月に噴火活動が始まるまでの三宅島の災害予測は山腹噴火を想定したものであったが、2000年6月に始まった噴火活動以降、防災関係機関は次から次へと起こる環境変化を空間的に把握し、対処してきた。火山ガス対策における規制区域の設定、泥流対策における復旧事業の優先順位、緑化対策における緑化区域の設定など、防災関係機関の対応行動は、ゾーニングが行われることで空間的に明確にされてきており、これらの経過は時系

列的にも把握できるものであった。

5. 結 論

本研究は、2000年6月に発生した三宅島における火山災害を対象として、2000年9月の島民の全島避難から2005年2月における島民の帰島の実現を経て1年後の2006年3月までの期間に、東京都災害対策本部をはじめとした行政機関が行った災害対策を時系列に、また空間的に把握することで、行政機関の環境知覚と対応行動を明らかにすることを目的とした。

2000年三宅島火山災害に対する行政機関が行った災害対策のうち的主要な4つの対策、すなわち火山ガス対策、泥流対策、緑化対策、農業復興対策に関する行政機関の対応行動を総合的に考察した。その結果、2000年三宅島火山災害に対する行政機関の対応行動は、火山ガス対策が主軸となっており、火山ガス対策の進捗に密接に伴って、泥流対策や緑化対策、農業復興対策が行われるようになってきた。すなわち、火山島における災害対策は、火山ガスの発生とその推移を重視し、火山ガスの状況により現状を判断し、対処していく必要があることが明らかとなった。

2000年三宅島火山災害に対する行政機関の環境知覚と対応行動を分析した本研究は、火山ガス大量放出への対応例としてだけでなく、未曾有の自然災害に対して諸対応策の優先順位・優先場所を考え、行政機関が適切な行動をとれるようにしておくために、大いに参考となるものと思われる。行政機関の諸災害記録にある対応行動を時空間的に整理し、行政機関がどのような状況認識、つまり一種の環境知覚の下に、どのような判断・決定が行われ、どのように実行されたかを客観的に考察しておくことは、どのような自然災害への対応策の検討にも役立つものである。もちろん、他の地域で火山ガスが大量に放出するような災害があった場合には、本研究で検証した事例が、直接の参考となるものと考えられる。

謝 辞

本稿の作成にあたっては、内山幸久教授、田村俊和教授、島津弘教授をはじめとした立正大学地球環境科学部の先生方にご指導いただいた。また、前東京都災害対策担当部長竹内直佐氏、東京都三宅島災害対策技術会議緑化関係調整部会有識者検討委員会委員長の相場芳憲東京農工大学名誉教授、委員の高遠宏(財)肥料科学研究所常務理事、可知直毅首都大学東京教授、阿部和時日本大学教授、石川芳治東京農工大学教授、上條隆志

筑波大学講師にもご指導をいただいた。さらに、気象庁三宅島測候所長坂戸宏敏氏(現在、中部航空地方气象台)、三宅村総務課長佐久間忠氏には公表資料の使用についてご了解いただいた。以上の方々にここに記してお礼申し上げます。

なお、本稿は、2007年2月に立正大学に提出した博士論文の一部を修正・加筆したものである。

注

- 1) 気象庁三宅島測候所の観測データ(気象庁、2007)によると、2007年2月6日における5回の二酸化硫黄放出量の観測値は、1,800、1,700、1,300、1,200、900(トン/日量)となっている。
- 2) 内閣府は、避難中の島民が三宅島に帰島する直前の2005年1月25日に、2000年6月から始まった三宅島噴火災害に係る復旧・復興事業費をとりまとめ公表した(内閣府、2005b)。これによれば、2004年度については予定額であるが、総計で約667億円の事業費となっている。この内訳をみると、安全確保対策に約26億円、基盤整備対策に約508億円、生活再建対策に約133億円となっている。安全確保対策と基盤整備対策が島民の全島避難中に三宅島において実施された対策である。
- 3) 環境基準は、「維持されることが望ましい基準」であり、行政上の政策目標である。環境基本法第16条に「政府は、大気の汚染、水質の汚濁、土壌の汚染及び騒音に係る環境上の条件について、それぞれ、人の健康を保護し、および生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準を定めるものとする」と定められている。大気環境基準は、主に工場や自動車などの人為的な発生源を主たる発生源と考えられて設定されている。したがって、排出抑制の対策がとれない火山噴火のような自然災害により、二酸化硫黄濃度が比較的短時間の間に変化するような状況は考慮されていない。このため、「目安」という概念が用いられている。
- 4) 1時間値は、1日あたり最大24回の測定データが出される。1年間の全測定回数に対する「1時間値が0.1ppmを越えた回数」の割合を求め10%以下であるかを判断している。
- 5) 5分値には、5分間の平均値や5分ごとの計測値などがある。三宅島では自動測定機で連続して二酸化硫黄濃度を測定しており、5分間の濃度変化を反映して算出した値を5分値としている。

引用文献

- 相場淳司(2003):三宅島噴火災害と泥流対策.土木学会誌, 88(2), 50-53
- 石原 肇(2006a):2000年三宅島火山ガス災害 - 対策の変遷 -. 地学雑誌, 115, 172-192.
- 石原 肇(2006b):三宅島緑化ガイドラインの策定について. 植生情報, 10, 1-8.
- 石原 肇(2006c):2005年帰島後の三宅島における農業復興対策. 地域安全学会梗概集, 19, 51-54.

- 石原 肇(2007):三宅島火山災害に対する行政機関の対応行動に関する地理学的研究. 立正大学学位請求論文.
- 宇井忠英(1997):噴火と災害. 宇井忠英編:『火山噴火と災害』. 東京大学出版会, 48-78.
- 内山巖雄(2001):火山性ガスと健康影響について. 大気環境学会編:『三宅島噴火と広域大気汚染 - 特別講演会要旨集 -』. 大気環境学会, 45-46.
- 風早康平・平林順一・森 博一・尾台正信・中堀康弘・野上健治・中田節也・篠原宏志・宇部浩三(2001):三宅島2000年噴火における火山ガス - 火山灰の付着ガス成分およびSO₂放出量から推測される脱ガス環境 -. 地学雑誌, 110, 271-279.
- 片岡隆四・梅田安治・桜田純司・長沢徹明(1978):有珠山噴火による被災農地の復旧工法について. 関清秀編:『有珠山噴火と環境変動』. 北海道大学, 357-363.
- 門村 浩・知念民雄(1995):活動火山地域における土砂災害防止への環境地形学的研究アプローチ. 有珠山・十勝岳・雲仙普賢岳・桜島を例に. 流通経済大学論集, 29, 21-61.
- 門村 浩・山本 博・鈴木利吉(1978):一九七七年有珠山噴火災害と住民の対応. 地理, 23(4), 59-70.
- 気象庁(2005):三宅島火山ガス(二酸化硫黄)放出量. 気象庁ホームページ. 気象庁.
http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/320_Miyakejima/so2emission.htm
- 気象庁(2007):三宅島火山ガス(二酸化硫黄)放出量. 気象庁ホームページ. 気象庁.
http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/320_Miyakejima/320_So2emission.htm
- 小坂丈予・平林順一・山本雅弘・野上健治(1998):わが国に於ける火山ガス人身災害の発生要因とその防止対策. 自然災害科学, 17(2), 131-154.
- 斉藤徳美・山本英和・佐野 剛・土井宣夫(2003):岩手山入山規制緩和にむけた登山者安全対策の構築. 自然災害科学, 22(1), 59-74.
- 新谷 融(1988):有珠山防災工事の進展. 門村浩・岡田弘・新谷融編著:『有珠山 その変動と災害』. 北海道大学図書刊行会, 195-224.
- 高橋和雄・松野 進(1993):雲仙普賢岳の火山災害における警戒区域設定後の行政の危機管理と避難者対策. 自然災害科学, 12(1), 39-62.
- 津久井雅志・鈴木裕一(1998):三宅島火山最近の7000年間の噴火史. 火山, 43(4), 149-166.
- 津久井雅志・新堀賢司・川辺禎久・鈴木裕一(2001):三宅島火山の形成史. 地学雑誌, 110(2), 156-167.
- 東京都総合防災部(2005):東京都の災害. 東京都.
- 東京都防災会議(1990):『伊豆諸島における火山噴火の特質等に関する調査・研究報告書(三宅島編)』. 東京都.
- 東京都防災会議(1992):『伊豆諸島における火山噴火の特質及び火山防災に関する調査研究』. 東京都.
- 東京都三宅支庁(2001):『管内概要平成12年版』. 東京都三宅

- 支庁.
- 内閣府 (2005b) : 「三宅島噴火災害に係る復旧・復興事業費等とりまとめ」. www.bousai.go.jp/kinkyu/050125zigyou/050125zigyouhi_2.pdf
- 中田節也・長井雅史・安田 敦・嶋野岳人・下司信夫・大野希一・秋政貴子・金子隆之・藤井敏嗣 (2001) : 三宅島2000年噴火の経緯, 山頂陥没と噴出物の特徴. 地学雑誌, 110(2), 168 - 180.
- 東 三郎 (1978) : 一九七七年有珠山噴火に伴う土砂害の発生と予防. 地理, 23(4), 33 - 47.
- 松井宗広 (2001) : 雲仙普賢岳の火山災害10周年 - 火山災害がもたらしたもの - 土石流の発生と土石流対策. 自然災害科学, 20 - 1, 8 - 13.
- 三宅島火山ガスに関する検討会 (2003) : 三宅島火山ガスに関する検討会報告書. 東京都・内閣府.
- 三宅村観光産業課 (2002) : 農業者意向調査結果及び災害復旧申請状況について (記者発表資料). 三宅村.
- 三宅村 (2005a) : 三宅村防災のしおり. 三宅村.
- 三宅村 (2005b) : 広報みやげ2005年4月1日号. 三宅村.
- 三宅村 (2006) : 広報みやげ2006年5月1日号. 三宅村.
- 山本晴彦・早川誠而・鈴木義則・平山耕三 (1998) : 1990年雲仙・普賢岳噴火による農業災害の概要と復旧状況. 自然災害科学, 16(4), 261 - 276.

A geographical study on corresponding action of the administrative bodies for The Miyakejima volcanic disaster

Hajime ISHIHARA

Tokyo Metropolitan Government · Former Graduate School of Geo-environmental Science, Rissho University

A volcanic disaster has occurred on Miyakejima, a volcanic island of about 55km² in area situated about 180km south of Tokyo, since June 2000. This disaster is characterized by both continuous release of volcanic gas and frequent outbreak of mudflow. This had forced about 4 thousand of the all islanders to refuge outside during 4 years and 5 months until their return in February, 2005. This study aims at clarifying environmental perception and correspondence actions of administrative bodies by following up the anti-disaster measures applied to the island during the period of the all islanders' refuge. On this account, this study investigated anti-volcanic gas measures, anti-mud flow measures, tree-planting measures, and agriculture rehabilitation measures, both chronologically and spatially. Results are as follows.

The change in anti-volcanic gas measures during the all islanders' refuge shows the following four periods. They are the period of physical avoidance, the period of chemical avoidance, the period of forecasting avoidance, and the period of institutional avoidance. Administrative bodies applied each measure for each period.

Anti-mud flow measures during the all islanders' refuge started from the restoration of the major ring road along the coast and then shifted to the control of gullies inland. It is retrogressive in comparison with ordinary watershed control measures and is forced by the severe damage of volcanic gas in the upstream forests and grasslands.

For recovery of the forest which suffered damage from volcanic gas and mud flow, tree planting measures have been performed by administrative bodies. A tree planting guideline and a manual were prepared in consideration of tolerance to gas and application of native plants.

Agriculture rehabilitation measures came to be begun with the village authority's announcement of coming back. The administrative bodies aimed at progress in farmland restoration business as one of agriculture rehabilitation measures.

Administrative actions on anti-volcanic gas measures, anti-mud flow measures, tree planting measures, and agriculture rehabilitation measures proceeded generally in correspondence with each other. As a result, anti-volcanic gas measures became a principal axis. Other measures came to be taken with close relation with progress of anti-volcanic gas measures.

This study revealed that administrative anti-hazard actions were the results of administrative body's perception of succeeding events that were frequently not precognitive. In the case of Miyakejima's volcanic disaster since 2000, unprecedented continuing release of poisonous gas controlled the all hazards. Therefore administrative decisions were made on the basis of sound perception of continuing gas emission and its effects and they were in consequence successful. Comparative study of administrative body's perception of natural hazards is thus hopeful to contribute to the establishment of sound and flexible anti-hazard measures.

Keywords: Miyakejima volcanic disaster, administrative bodies, environmental perception, corresponding action, geographical study