

薩摩硫黄島におけるガリー侵食の経年変化 —1946年～2007年までのオルソ空中写真による分析—

飯塚 正樹

本学地理・環境専攻 2010年3月卒業

I. はじめに

我々が住む日本は、台風や地震、火山の噴火といった自然災害が多発する地域である。ここである災害の中には、短期間のうちに人々に影響を与えるものや、長期間にわたり影響を与えるものが存在する。具体的には、地震や台風、火山の噴火は、短期間のうちに我々の生活に影響を及ぼす自然災害である。その一方で、降雨の影響により発生する土石流は、長期間にわたり人々の生活に影響を与える災害である。

上記災害の中には、事前に災害を軽減することの可能なものが存在する。特に、火山の噴火した地域において発生する土石流災害は、砂防ダムの建築や植生の移植により軽減することができる（大河ほか、2006）。しかし、より効果的な対策を立てるには、より長期間にわたりその現象を把握することが必要であると筆者は考えた。

1. 目的

ガリー侵食とは、降雨により形成される「溝」のことを指す。この「溝」は、裸地斜面に雨が降り、水が下流へ流れる際に形成される侵食地形であり火山体の解体プロセスの一種である（矢橋、1980：丸谷ほか、1993）。

ガリー侵食は、土砂災害と密接な関係を持つとされ様々な研究がなされてきた。具体的には、活火山山麓における土砂災害の研究（下川ほか、1987：西田ほか、1998）や、土砂災害の軽減を図るために設置された砂防ダムの効果を明らかにする研究（大河ほか、2006）。さらに

は、ガリー侵食やリル侵食の発達を、実験装置を使い把握する研究（藤原ほか、1991）や造成地や牧場におけるガリーの発達を研究したもの（辻ほか、1986）等が挙げられる。しかし、上記に挙げた研究をはじめ多くの研究は数週間や数ヶ月、数年間といった調査期間でガリー侵食の変化を追っており、10年、20年といった長期間にわたり変化を追った研究は少ない。筆者が調べた中では、大河ほか（2006）のオルソ空中写真を使用し過去30年間にわたるガリー侵食を調べた研究が最も期間が長い研究であった。しかしガリー侵食とは、長期間にわたる降水の影響により形成される侵食地形であり、断層や崩壊といった一瞬で形成される地形ではない。そのため、短期間の変化だけでなく長期間にわたり経年変化を調べることも、ガリー侵食を明らかにするうえで重要であると考えた。

そこで本研究では、数十年という長期間にわたるガリー侵食の経年変化と、ガリー侵食の形成に影響を与える因子について明らかにすることを目的とした。調査地域は、ガリー侵食が形成されやすい植皮に乏しい斜面を有する活火山であり、定期的に空中写真が撮影されている薩摩硫黄島の硫黄岳とし、調査対象期間は1946年～2007年の61年間とした。

2. ガリー侵食の定義

前述のとおり、ガリー侵食に関する研究は数多く存在する。しかし、ガリー侵食に関する定義はあいまいであり「溝」の深さにより「リル侵食」「ガリー侵食」と区分される。「リル侵食」とは、「溝」の深さが数センチメートル程

度のものを指し、「ガリー侵食」とは「リル侵食」が発達し溝が深くなったものを指す。しかし、この区分には数値的な定義は無く様々な研究で異なる定義がなされている（東野ほか、2008：矢橋、1980）。そこで以下に、本研究における「ガリー侵食」の定義を示す。

本研究では、①空中写真で植生に覆われていない部分に存在する「溝」、②木村（2009）において「溶岩流」と区分された山麓の範囲の中に存在する「溝」をガリー侵食と定義した。その理由は、本研究の調査が空中写真を使用しガリー侵食の経年変化を調べるところにある。筆者は、空中写真の実体視から「ガリー侵食」を把握したが、数センチメートルの深さしかない「リル侵食」を実体視では把握することはできない。つまり、空中写真の実体視により把握できる「溝」は「リル侵食」が発達した「ガリー侵食」であると考えた。

以上のことから本研究におけるガリー侵食とは、硫黄岳山麓に発達し、空中写真で確認できる規模の「溝」全てを指すものと定義する。なお、実体視により抽出したガリー侵食は幅2メートルのものが最小であった。

Ⅱ. 調査地域の概要

調査地域を決定するにあたり3つの条件を設けた。①ガリー侵食が発達しやすいといわれる植被に乏しい斜面を有しており、②定期的に空中写真が撮影され、③東西南北の全ての方位にガリー侵食が形成されている活火山の3つである。以上の条件から、薩摩硫黄島の硫黄岳を調査地域とした。なお、調査期間は、空中写真の入手が可能な1946年～2007年までの61年間である。

薩摩硫黄島とは、鹿児島県の南端にある佐多岬から南西約35kmに位置する火山島である（図1）。薩摩硫黄島は、東西6km、南北3km、面積は11.63km²で東西に長い形をしている。薩摩硫黄島には、3つの成層火山が存在する。島の北側には標高348mの矢筈岳が、島の南側には標高236.2mの稲村岳が、島の東側には本研究の調査地域である標高703.7mの硫黄岳がそれぞれ存在する。なお硫黄岳は、現在も火山ガスを噴出する活火山であり、気象庁は周辺への立ち入りを禁止している（気象庁HP）。

薩摩硫黄島には、形成年代や地質の異なる火山が3つ存在する。まず硫黄島の北には、喜界

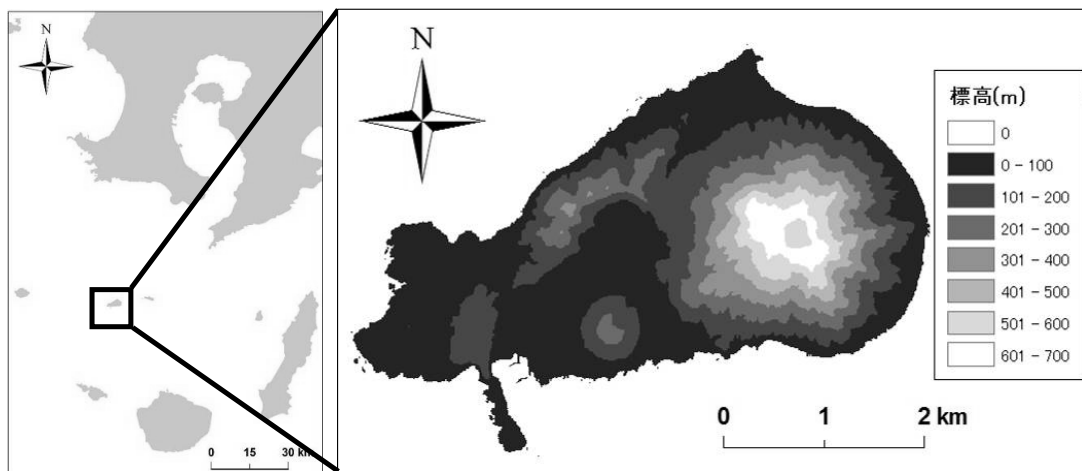


図1 薩摩硫黄島位置図

カルデラ壁の一部であり玄武岩質溶岩流やスコリアによって形成された矢筈山、次に硫黄島の南には、玄武岩質の成層火山でありスコリアや溶岩流により形成された稲村岳である。そして硫黄島の西側には、本研究の調査地域であり流紋岩とデイサイト質の溶岩流や溶岩ドームからなる成層火山の硫黄岳が存在する（産業技術総合研究所地質調査総合センターHP）。

薩摩硫黄島の植生は、ウバメガシ群落、クロマツ群落、リュウキュウチク群落、ハチジョウススキ群落、火山荒原植生が存在する。こうした中で、硫黄岳には、ウバメガシ群落、ハチジョウススキ群落、火山荒原植生が生育している。なかでも、火山荒原植生が硫黄岳の大部分を覆っている（第2回、第3回自然環境保全基礎調査、5万分の1現存植生図）。

Ⅲ. 方法

1. オルソ空中写真の作成

本研究では、国土地理院発行の空中写真からガリー侵食を判読し経年変化を調べた。使用した空中写真は、1946年、1966年、1981年、1995年、2007年の5時期である（表1）。薩摩硫黄島を撮影した空中写真は他にも存在するが、ガリー侵食の変化を定期的に把握するには一定の間隔で空中写真を入手することが望ましいと考えた。そこで、最も古い1946年の空中写真と、最も新しい2007年の空中写真の年代を基準に15年間隔、5時期の空中写真を入手した。

解析にあたり、まず5時期の空中写真を立体視しガリー侵食の判読を行った。次に、空中写真のオルソ補正を行いガリー侵食の長さを計測し経年変化を抽出した。

オルソ補正とは、空中写真に存在する中心投影や飛行機の傾き等により生じた歪みを補正することである。オルソ補正に使用したソフトウェアは、リモートセンシング解析ソフトウェア「PG-Steamer4.1」、使用した資料は5時期の空中写真、空中写真をオルソ化する際のリファレンス画像として利用する高解像度衛星画像でありSPOT衛星画像のEarth Clip（（財）日本地図センター作成・発行）、数値標高モデル10mメッシュである。

図2に、空中写真のオルソ補正の結果を示す。

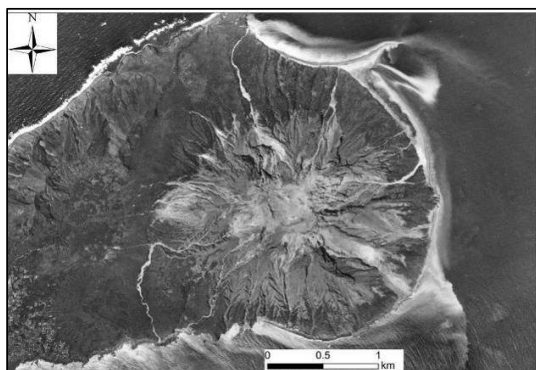
上記のオルソ空中写真からガリー侵食を計測し、その経年変化を調べる。また、ガリー侵食の形成に影響を与えるといわれる植生、降水量、斜面の傾斜角を調べ、ガリー侵食との関連性を考察することにした。

2. 降水量データの解析

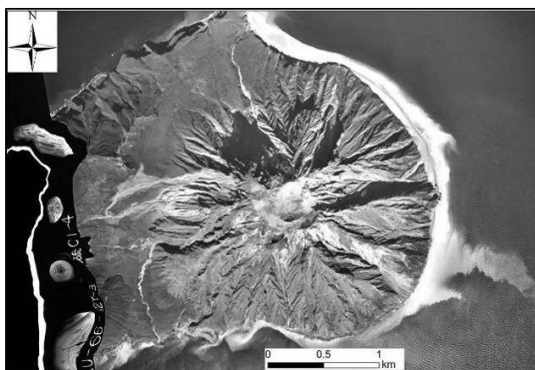
ガリー侵食は、降雨の影響により形成される侵食地形であり、本研究を進める上で降水量データの入手が必要不可欠である。しかし、薩摩硫黄島には、降水量を観測するための測候所や气象台、アメダス地点が存在しない。そこで、薩摩硫黄島の周辺で降水量データの入手可能な、枕崎、指宿、佐多、種子島、上中、屋久島、尾之間、中之島の降水量データを使用する

表1 入手した空中写真

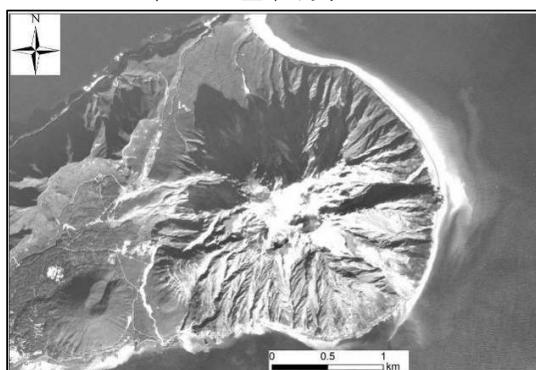
	年代	間隔	焦点距離	撮影高度	縮尺
1	1946		153mm	6,096m	1/39,843
2	1966	20年	152.85mm	3,050m	1/19,954
3	1981	15年	152.91mm	5,370m	1/35,118
4	1995	14年	152.94mm	3,900m	1/25,500
5	2007	10年	105.2mm	4,400m	1/41,825



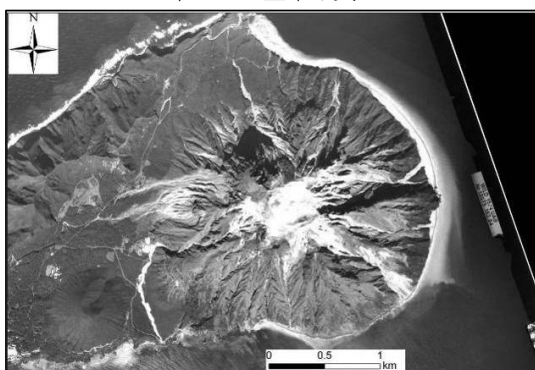
1946 年オルソ空中写真



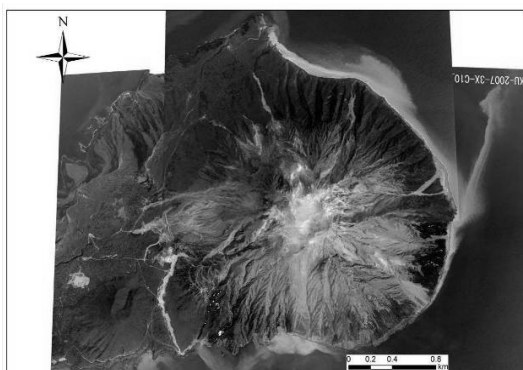
1966 年オルソ空中写真



1981 年オルソ空中写真



1995 年オルソ空中写真



2007 年オルソ空中写真

図2 計測と判読に使用したオルソ空中写真

(図3)。降水量データの解析では、まず8箇所の年間降水量を抽出し、その後、空中写真の撮影間隔と同じ期間でそれぞれの地域の降水量の平均値を求めた。

以上の、降水量データとガリー侵食との関連性を考察する。

3. 斜面傾斜角の計測

辻ほか(1986)は、傾斜角25度を境にガリー侵食の拡大が増加することを明らかにした。この結果を参考に、本研究においても斜面の傾斜角とガリー侵食の関係を考察する。傾斜角を調べるため使用した資料は、数値標高モデル10m

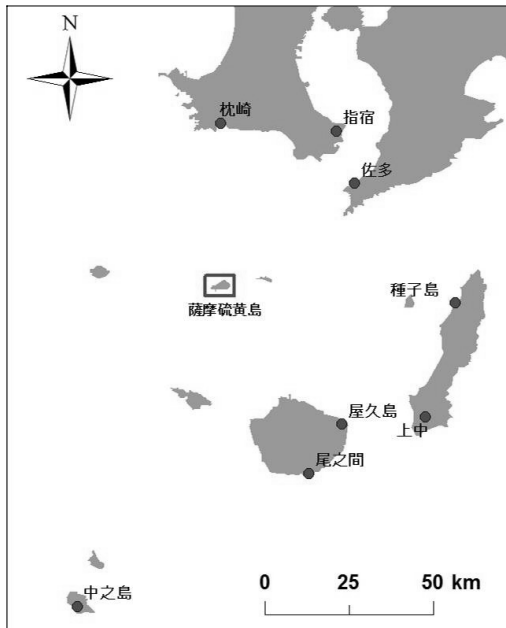


図3 降水量データ取得一覧

メッシュである。傾斜角の計測では、ArcGISに数値標高モデル10mメッシュを読み込み傾斜角の計測機能を使用し斜面傾斜角を調べた。

4. ガリー侵食、植生の計測

筆者は、硫黄岳山麓に発達するガリー侵食の経年変化を調べるために、5時期の空中写真の立体視を行った。本研究におけるガリー侵食の定義は、I章で述べたとおり、①空中写真上で植生に覆われていない部分に存在する「溝」、②木村（2009）で「溶岩流」と区分された範囲の中に存在する「溝」である。そして、5時期の空中写真を立体視しオルソ空中写真にガリー侵食を描画した。しかし、ガリー侵食は合流と細分化を繰り返し複雑な形状を構成している。そのため筆者は、本研究におけるガリー侵食を数える際の基準を示すことが必要であると考えた。

本研究では、ガリー侵食を数える際の基準を以下の3つとした。①ガリー単体で流路を形成

しているもの、②複数のガリーが合流し大きなガリーを形成したもの、③大河ほか（2006）の判読基準を参考に、同一流路内に存在する不連続なガリー侵食、である。

IV. 結果

1. ガリー侵食、植生の計測結果

以下に、5時期の空中写真から判読したガリー侵食を示す（図4、表2）。

図5から、硫黄岳に発達するガリー侵食は、61年間を通じ拡大していることが明らかとなったため、次に、東西南北のガリー侵食の経年変化を調べることにした。東西南北斜面の範囲を決定するにあたり、筆者はArc GISの「格子線」の設置機能を使用した。硫黄岳の火口を中心に東西南北斜面の設定を行い、ガリー侵食を4つの方位に区分し、方位別の長さの経年変化を調べた（図6）。

図6から、北側斜面におけるガリー侵食は、1946年～1981年にかけて減少し、1981年～2007年にかけて増加している。東側、南側斜面のガリー侵食は、1946年～2007年にかけて増加している。西側斜面のガリー侵食は1946年～1966年、1981年～1995年にかけて増加している。一方で、1966年～1981年、1995年～2007年にかけて、ガリー侵食は減少している。

図7に、方位別にみたガリー侵食の割合を示す。図7から、5時期全てにおいて西側斜面のガリー侵食が最も多いことが明らかとなり、西側、南側、東側、北側の順にガリー侵食が長い結果となった。

2. 植生の被覆面積の経年変化

植生の被覆面積は、ガリー侵食の判読方法と同じく空中写真の実体視で行った。

薩摩硫黄島の硫黄岳には、「落葉」「常緑」「草本」植物が生育している（第2回、第3回自然環境保全基礎調査、5万分の1現存植生

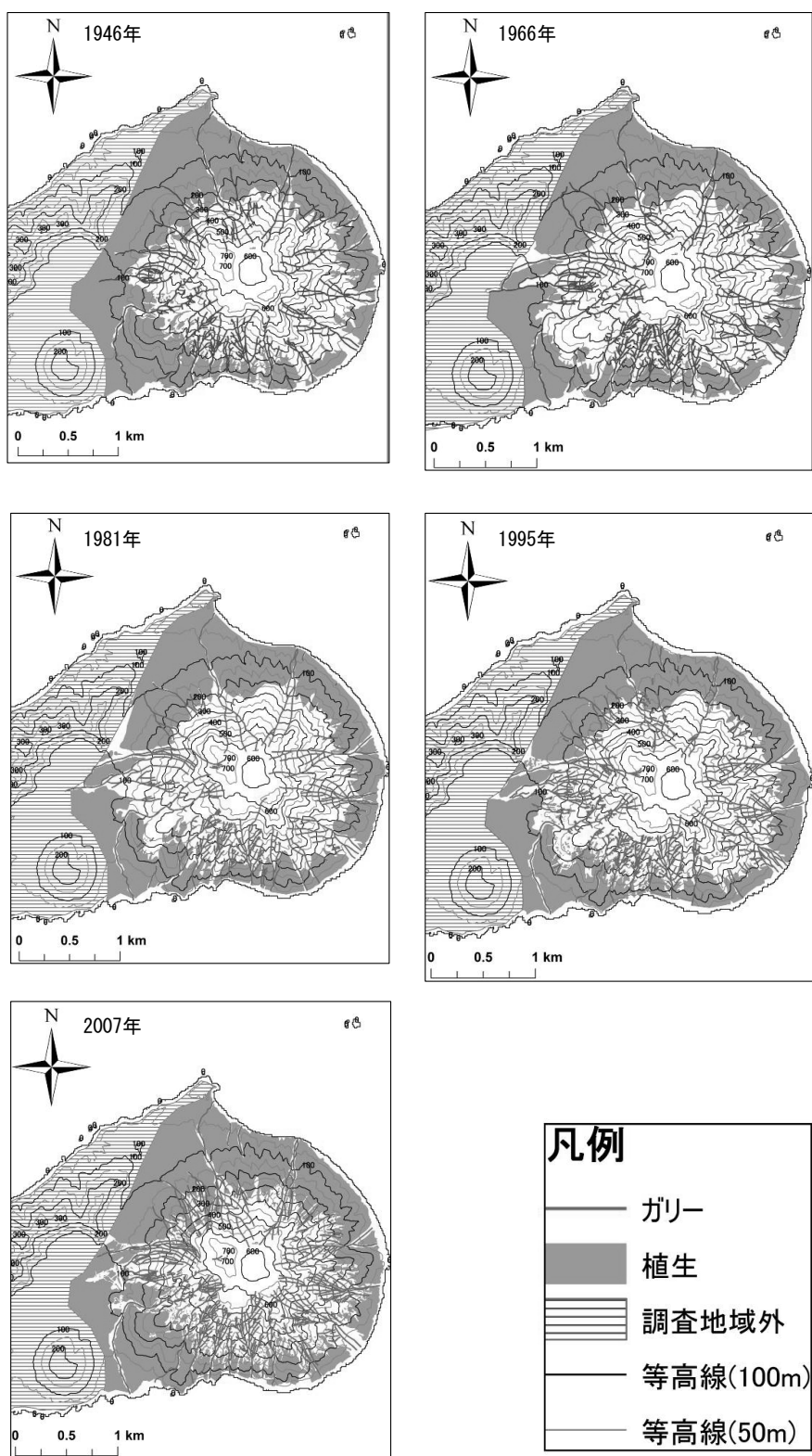


図4 ガリー侵食と植生の被覆面積の経年変化

表 2 計測結果

	1946年	1966年	1981年	1995年	2007年
ガリー侵食 (km)	40.6	48.1	48.8	60.4	64.1
本数	27	30	30	35	27
植生 面積 (ha)	314.4	272.1	278.8	276.0	327.0

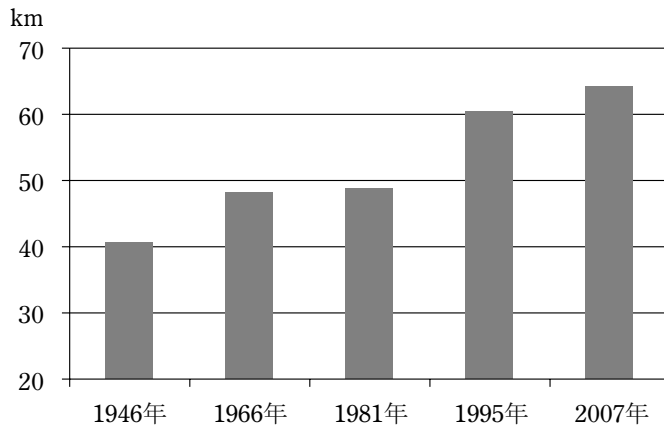


図 5 1946年～2007年までのガリー侵食の経年変化

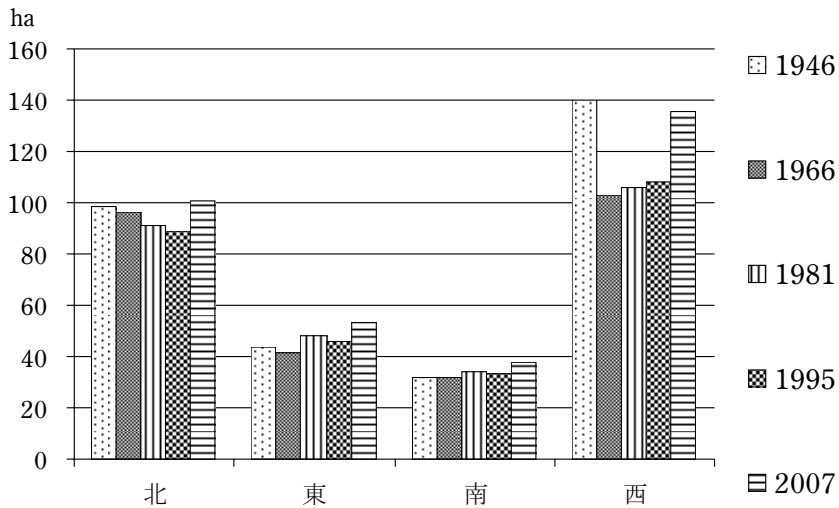


図 6 方位別に見たガリー侵食の長さ

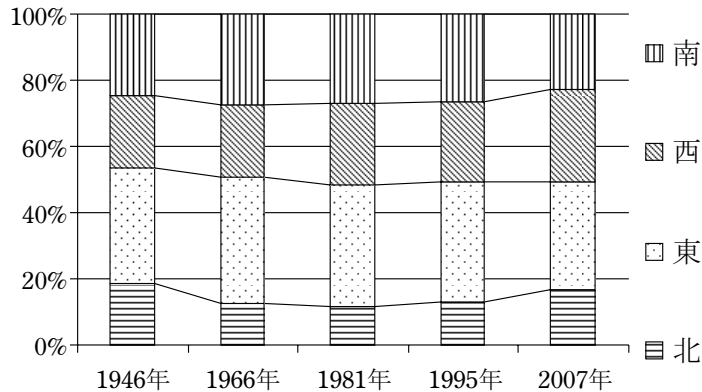


図7 ガリー侵食の方位別の割合

図)。本研究では、空中写真の撮影時期に関わらずこれら3種類の植物を一括して「植生」と分類した。このことから本研究では、撮影時期の違いにより発生する植生の被覆面積の誤差は生じないものとする。なお、実体視により判読した植生の最小面積は 100m^2 である。

植生の判読を行う範囲は、硫黄岳山麓である。北、東、南側斜面は海と接しているため、山頂から海までが山麓になる。しかし、西側斜面には広く平らな土地が広がり、さらに、鬼界カルデラ壁や稲村岳と接している。そこで、西側斜面の定義を、鬼界カルデラ壁と稲村岳と接する部分までとし、植生の被覆面積を計算した。

図8から、薩摩硫黄島の硫黄岳における植生の被覆面積は、1946年～1966年の間に面積が減少し、1966年～1995年にかけては横ばいである。その後、1995年～2007年の間に面積が増加していることが明らかとなった。つまり、観測年代により植生の被覆面積に大きな変化を確認することが明らかとなった。次に、ガリー侵食と同様、植生の被覆面積を斜面方位別にみたときの経年変化を調べた(図9)。なお、斜面方位の設定方法は、ガリー侵食の斜面方位を設定した方法と同様である。

図9から、斜面方位別に植生の被覆面積の経

年変化をみると、方位により異なる変化を示していることが明らかとなった。また、南側斜面を除く3方位において、1945年～1966年にかけて被覆面積が減少していることや、1995年～2007年の間に、被覆面積が増加していることが共通していることが明らかとなった。

図10から、斜面方位別に植生の被覆面積をみると、西側斜面の植生が61年間を通じ最も被覆面積が広いことが明らかとなった。また、61年間を通じ、西側、北側、東側、南側の順に、植生の被覆面積が多いことが明らかとなった。

3. 降水量データ

前述のとおり薩摩硫黄島には、降水量を観測地点が存在せず、降水量データを明らかにすることができない。そこで、薩摩硫黄島の周辺で降水量データの入手が可能、枕崎、指宿、佐多、種子島、上中、尾之間、中之島、屋久島の降水量データを使用し、ガリー侵食との関連性を検討した。

図11は、空中写真と同じ間隔で入手した1946年～2007年の降水量データをまとめたものである。

図11から、降水量の観測開始年代がそれぞれ異なるため、ガリー侵食との画一的な評価が

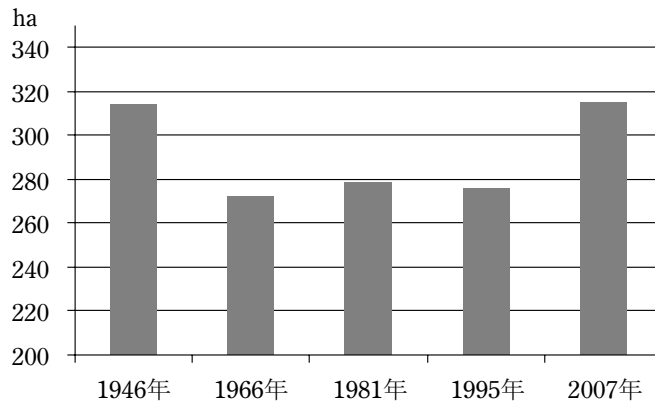


図8 硫黄岳山麓の植生の被覆面積の経年変化

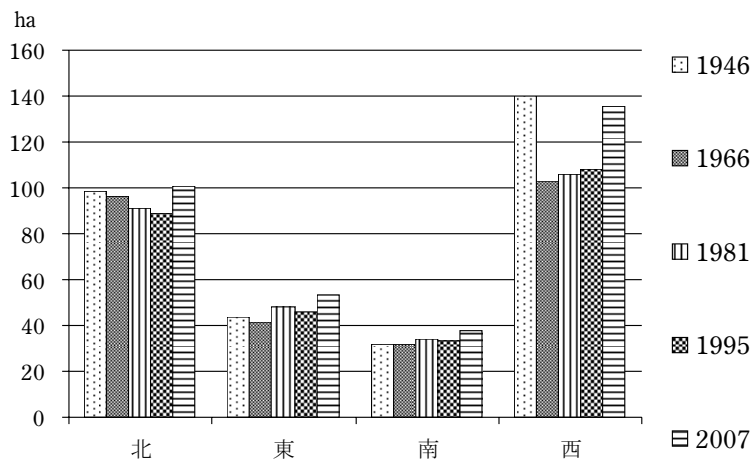


図9 方位別に見た植生の被覆面積

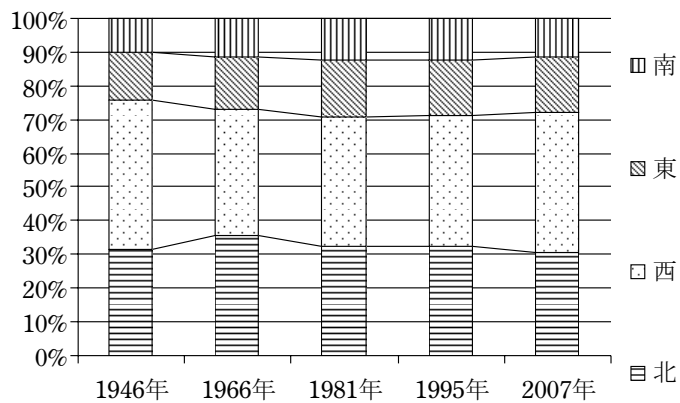


図10 方位別に見た植生の被覆面積の割合

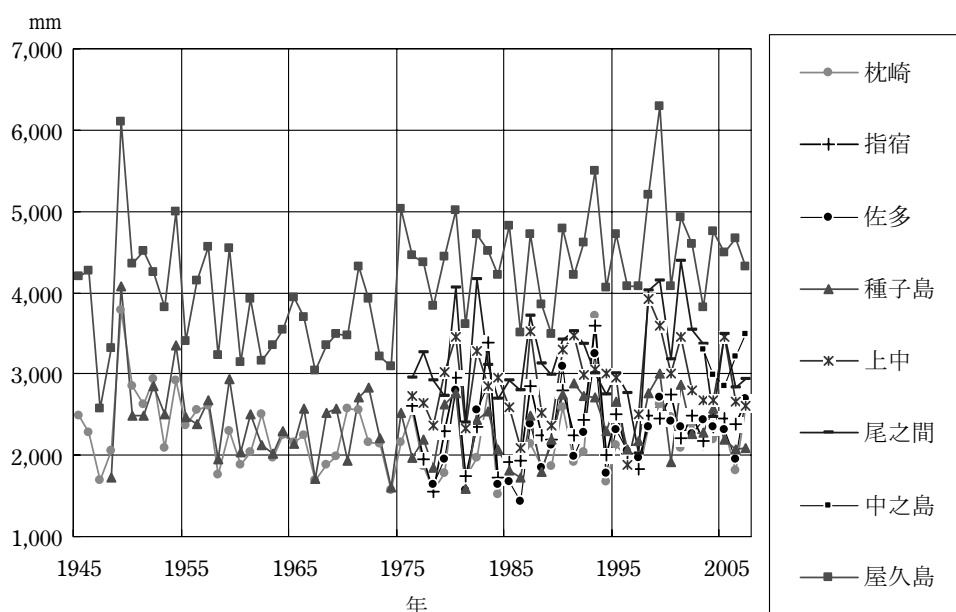


図11 薩摩硫黄島周辺地域の降水量データ

不可能であると推定した。そこで、各地点の降水量の平均値を空中写真と同一の間隔で求め(図12)、ガリー侵食と比較する。

図12から、5時期に分けた降水量に、時期による降水量の増減をみることはできない。この結果から、降水の影響を受けたガリー侵食は、一定のスピードで変化していくことが推測できる。

4. 硫黄岳の傾斜角

辻ほか(1986)は、斜面の傾斜角が25度以上の地点において、ガリー侵食の発達が促されることを明らかにした。そこで、本研究においても、ガリー侵食と斜面の傾斜角との関連性を検討する。使用する資料は、数値基盤地図10mメッシュから作成した(図13)。

図13から硫黄岳は、傾斜角31~50度の斜面から成り立っている斜面が広範囲を占めていることが明らかとなった。この結果は、辻ほか(1986)が指摘した傾斜角25度より大きい数値となった。

V. 考察

筆者は、1946年から2007年のオルソ空中写真を使用し、ガリー侵食と植生の被覆面積の経年変化を調べた。また、ガリー侵食の形成に影響を与えるといわれる降水量データと硫黄岳の傾斜角を調べた。そして、ガリー侵食と植生の被覆面積、降水量データ、傾斜角を比較し、硫黄岳に発達するガリー侵食の形成に影響を与える要因を考察する。

1. ガリー侵食と植生の被覆面積との比較

図14は、1946年~2007年の61年間にわたる、ガリー侵食と植生の被覆面積の経年変化を示したものである。

図14から、硫黄岳に発達するガリー侵食は、61年間を通して拡大している。また、植生は、1995年まで減少しその後増加したことが明らかとなった。このことから、植生が減少するとガリー侵食の増加幅が拡大することが明らかとなった。特に、1946年~1966年、1981年~

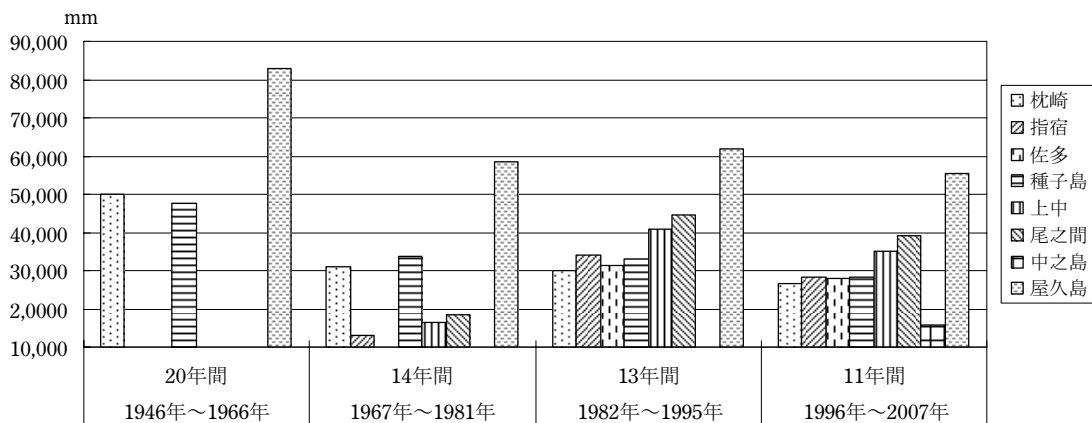


図12 周辺8地点の降水量の平均値

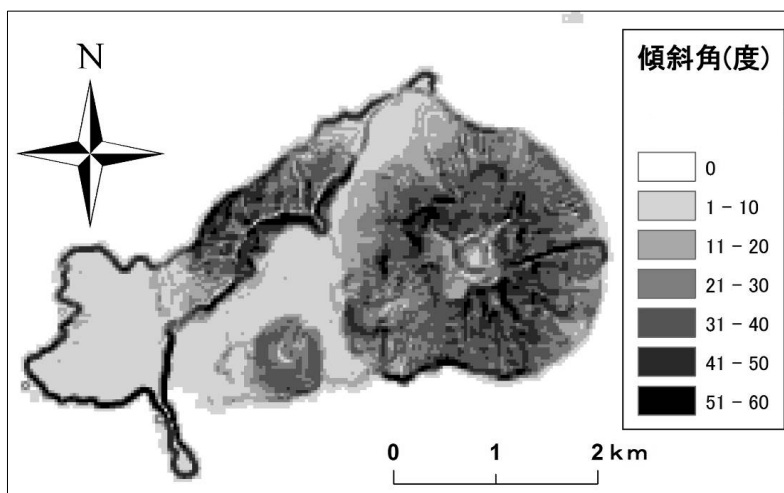


図13 硫黄島山麓における傾斜角

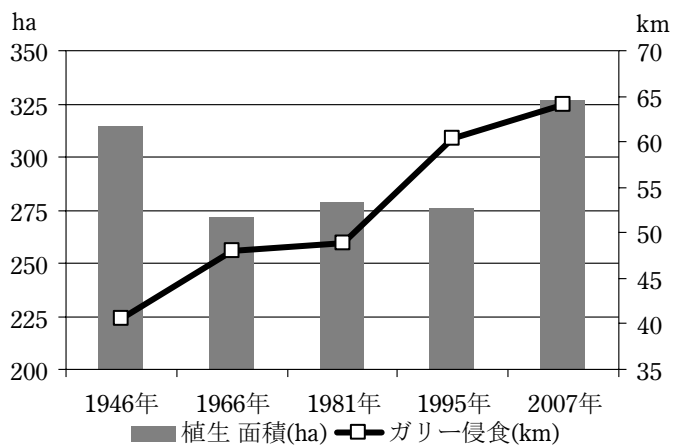


図14 1946年～2007年までのガリー侵食と植生の経年変化

1995年にかけて、植生の被覆面積が減少しガリー侵食が拡大したという関係を見ることができる。その一方で、植生の被覆面積が増加した時期は、ガリー侵食は拡大するもののその増加幅は小さくなることが明らかとなった。1966年～1981年、1995年～2007年にかけて、植生の被覆面積は増加しガリー侵食は微増したという関係を見ることができる。

以上のことから、植生の被覆面積は、お互いに影響を与え合う関係であると推定した。

2. 方位別にみたガリー侵食と植生の関連性

前述のとおり、ガリー侵食と植生の被覆面積の経年変化との間に関連性が存在すると推定した。次に、IV章と同じく、ガリー侵食の長さや植生の被覆面積を斜面方位別に分け、両者との間に関連性が存在するかを調べた（図15）。

1) 北側斜面

図15から、北側斜面におけるガリー侵食と植生の被覆面積の間には、図14のような明確な関連性をみることはできない。

北側斜面のガリー侵食は、1981年まで減少し、その後2007年まで急激な伸びを示した。また、植生の被覆面積は、1995年まで減少し2007に1946年と同水準まで回復した。つまり、図14と同じ関係を見ることができたのは1981年～1995年だけである。上記の関連性の低さは、山頂が影で覆われていることに起因すると推定した。1966年と1981年の空中写真は、北側斜面の山頂付近が影で覆われた。そのため、影で覆われた地域に発達するガリー侵食を立体視により把握することが困難であった。一方で、植生は影で覆われていない地域で発達しており、正確な判読が可能であった。

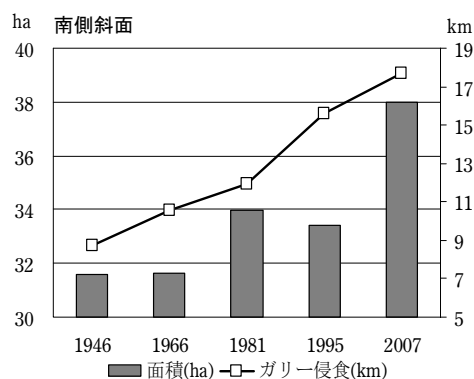
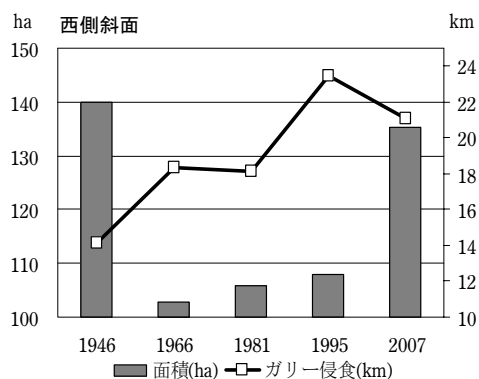
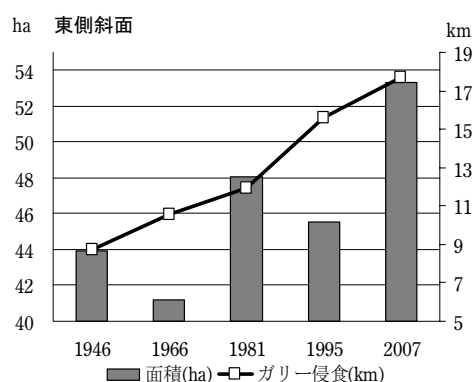
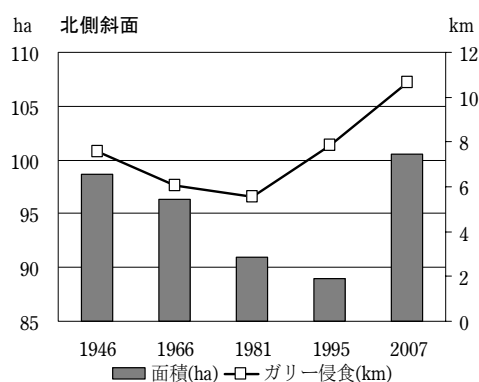


図15 斜面方位別に見たガリー侵食と植生の経年変化

1966年と1981年は、ガリー侵食と植生がともに減少するという結果となった。なお、2007年は、ガリー侵食と植生が両方増加している。両者が増加した理由に、標高の影響を挙げることができる。

ガリー侵食は、標高200m以上の地点で拡大し、植生は、標高200m以下の地点で被覆面積を拡大した。つまり、それぞれが影響を与え合わない地点において拡大したため、両者の値が増加したものと推定した。

以上のことから、北側斜面におけるガリー侵食と植生の関係を正確に明らかにすることができなかった。その理由は、山頂が影に覆われたことが挙げられる。しかし、1986年～1995年のガリー侵食と植生の関連性と、1995年～2007年におけるガリー侵食と植生、さらには標高との関連性を明らかにすることができた。

2) 東側斜面

図15から、東側斜面におけるガリー侵食と植生の被覆面積の経年変化に、図14のような関連性が存在すると推定した。

東側斜面におけるガリー侵食は、61年間を通じ拡大しているが、特に増加幅が大きくなった年は、1966年と1995年である。また、植生の被覆面積に増減が見られるが、植生が減少した年は1966年と1995年である。このことから東側斜面では、図14と同様に植生の被覆面積が減少するとガリー侵食の増加率が大きくなると推定できる。しかし、1981年と2007年は、植生が増加したにも関わらずガリー侵食が増加した。その理由として、北側斜面と同じ標高による拡大地域の差異が存在すると推定した。その理由として、東側斜面では、標高100m以上の地域でガリー侵食が拡大している一方で植生は標高100m以下の地域で拡大している。

以上の事から、東側斜面におけるガリー侵食は、標高の影響を受けつつ61年間にわたり拡大していると推定した。

3) 西側斜面

図15から、西側斜面では図14と同じく、植生が減少するとガリー侵食が増加するという傾向が明らかとなった。特に、1946年～1966年、1995年～2007年の2時期においてその傾向が顕著である。なお、1981年～1995年にかけて、ガリー侵食と植生の被覆面積が増加している。この理由は他の斜面と同様に、標高の違いにより拡大地域が異なるためであると考えた。具体的には、標高250m地点より高い地域でガリー侵食が、標高250m以下の地域では植生が拡大している。また、西側斜面におけるガリー侵食は、全ての時期において他の斜面のよりガリー侵食が大きな値を示していた。その理由として、西側斜面を除く地域は硫黄岳の裾野が海と面しており、ガリー侵食が拡大する余地が少ない。その一方で、西側斜面にはガリー侵食が拡大する余地のある裾野が広がっているため、西側斜面におけるガリー侵食は拡大を続けることができたと推定される。なお、1995年から2007年にかけて植生が急激に拡大した理由は、西側山麓に砂防ダムが建設され土壌が安定したためと推定される。

以上の事から、西側斜面のガリー侵食は、東側斜面と同じく植生の増減と標高さらには砂防ダムが建設された影響を受けつつ変化していると推定した。

4) 南側斜面

図15から、南側斜面では図14と同じく、植生が減少するとガリー侵食が増加するという傾向が明らかとなった。特に、1981年～1995年にかけてこの関係が顕著である。なお、1966年～1981年、1995年～2007年にかけて、ガリー侵食と植生の被覆面積が増加傾向を示した。この理由は、他の斜面と同様に標高の影響を受けていると考えた。具体的には、標高200m以上の地域でガリー侵食が拡大し標高200m以下の地域で植生が拡大している。

以上の事から、南側斜面においてもガリー侵

食が植生と標高の影響を受けつつ増加していると推定した。

3. ガリー侵食と降水量データとの比較

北原ほか(1983)や藤原(1991)、東野ほか(2008)は、ガリー侵食は降水量の影響を受けながら変化していくことを明らかにした。そこで本研究においても、ガリー侵食の経年変化と降水量との関係性を調べた。

前述の通り硫黄島には、降水量を観測する地点が存在しない。そこで、硫黄島周辺で降水量を観測している地点の降水量データを参考にガリー侵食との関係を調べた。図12に、空中写真と同じ間隔で算出した降水量の平均値のグラフと図5にガリー侵食の経年変化のグラフを示す。

図12から、周辺8地域の降水量に年代の差異はなく、先行研究からの結果を考えると薩摩硫黄岳のガリー侵食は、一定のスピードで拡大していくものと考えられる。しかし、図5から、ガリー侵食の変化のスピードは一定ではなく年代により大きく変化していることがわかる。このことから、硫黄岳のガリー侵食を考察する場合、降水量がガリー侵食に与える影響は少ないものと推測した。その理由として、先行研究と調査対象期間が異なることが挙げられる。

先行研究の多くは、調査期間が数日~1年と短い。その為、いつの降水によりどこのガリー侵食がどれだけ形成されたか明らかにすることが可能であった。しかし本研究では、調査期間が61年間もの長期にわたり、なおかつ、10年以上の期間をあけて空中写真を入手したため、いつの降水によりどこのガリーがどれだけ形成されたか明らかにすることが困難であった。

以上の事から、調査期間が長期間にわたる場合、降水量とガリー侵食の関係を探ることは困難であると推定した。

4. ガリー侵食と傾斜角との関連性

辻ほか(1986)は、傾斜角が20度以上の地点

において、ガリー侵食の発達ที่促されることを明らかにした。そこで、本研究においても、ガリー侵食と傾斜角に関連性が存在するか調べた。使用した資料は、数値基盤地図10mメッシュであり、ArcGISを使用し傾斜角を求めた(図13)。

図13から、硫黄岳山麓の傾斜角は、30度から50度となっており、辻ほか(1986)の報告したガリー侵食がもっとも成長する傾斜角を上回っている。

このことから、硫黄岳におけるガリー侵食の増加には、傾斜角に関連していると推定した。

VI. まとめ

本研究の目的は、長期間にわたり薩摩硫黄島の硫黄岳山麓に発達するガリー侵食の経年変化を明らかにすることである。筆者は、5時期61年間分のオルソ空中写真を使用し、ガリー侵食の経年変化を調べた。その結果、ガリー侵食は61年間にわたり増加していることが明らかとなった。また、先行研究の中で、ガリー侵食の形成に影響を与えると報告された、植生、降水量、山麓斜面の傾斜角についても調査を行った。その結果、硫黄岳に発達するガリー侵食は、降水量ではなく植生の被覆面積と山麓斜面の傾斜角の影響を受けていた。

以上のことから、硫黄岳におけるガリー侵食は、植生と斜面の傾斜角の影響を受けつつ61年間にわたり拡大していると推定した。

参考文献

- 大河和夏・増谷利博・原田恵理子 2006. 羊蹄山におけるガリー侵食の空間分布の推移. 日緑工32(1): 165-170.
- 木村佳織 2009. 火山土地条件図「薩摩硫黄島」について. 国土地理院時報 No.119: 23-35.
- 北原 曜・遠藤泰造・真島征夫・阿部和時 1983. リル流路網の合流法則. 日林誌 (65)4: 119-124.
- 下川悦郎・地頭蘭隆 1987. 火山灰の被覆が火山体の侵

- 食速度に及ぼす影響—桜島火山を中心にして. 地
形 8(4) : 269-286.
- 辻 修・松田 豊・土谷富士夫 1986. 造成草地の土壌
侵食. 帯大研報 I 15 : 137-143.
- 西田顕朗・小橋澄治・水山高久 1998. 雲仙普賢岳にお
ける植生回復による表面流・土砂流出の変化. 日
緑工士 23 (4) : 249-255.
- 東野外志男・遠藤徳孝・村中克弘 2008. 白山山頂部の
御前峰綾線南斜面に形成されたガリー. 石川県白
山自然保護センター研究報告書 第35集 : 1-16.
- 藤原輝男・深田三夫・本吉文明 1991. 裸地斜面におけ
るリルの平面および断面形態に関する研究. 山口
大学工学部研究報告書 42(1) : 87-95.
- 丸谷知己・ムハマド ヌルディン・執行さや香 1993.
メラピ火山におけるガリー侵食の発達プロセス.
九大演報68 : 61-72
- 矢橋晨吾 1980. ガリー侵食. 土と基礎 28(5) : 105-106.

参考ホームページ

- 産業技術総合研究所 地質調査総合センターホームペー
ジ. [http : //riodb02.ibase.aist.go.jp/db099/vr/sij/](http://riodb02.ibase.aist.go.jp/db099/vr/sij/) (最
終閲覧日2009年11月14日)
- 国土交通省 気象庁ホームページ.
[http : //www.seisvol.kishou.go.jp/fukuoka/508_Satsuma-
Iojima/508_index.html](http://www.seisvol.kishou.go.jp/fukuoka/508_Satsuma-Iojima/508_index.html) (最終閲覧日2009年11月16日)