

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：34506

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2020

課題番号：16K01044

研究課題名(和文)山地崩壊と土石流の作用を導入した地形学習の転換

研究課題名(英文)Transformation of topographical learning that introduces the effects of mountain collapse and debris flow

研究代表者

林 慶一 (HAYASHI, Keiichi)

甲南大学・理工学部・教授

研究者番号：10340902

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：山地の地形形成の学習において、従来の風化や侵食により徐々に変化するという概念に基づく学習を、数百年に一度ほどの間隔で発生する大規模な山地崩壊と土石流が瞬間的に地形変化を引き起こすという新しい概念に基づく学習に転換する研究を行った。そのために、日本全土を地質と気候の大きく異なる4地域に分けて、野外及び文献調査を通して、山地崩壊の地域的な特徴を明らかにした。そして、これを効果的に学習できるように、地形を見て触って感じ取れる3D地形モデルを作成し、これに地質図や崩壊時の衛星写真などを投影して、地質の違いが反映されていることを実感できる教材を開発した。また、教員のための地史教材の作成法も開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年の集中豪雨などにより、自然が引き起こす激変が人間生活に大きな打撃を与えているが、従来は地域の自然景観の成り立ちは流水による侵食によって理解する学習となっていた。本研究は、このような考え方を、地質や気候による地域性も明らかにした上で、山地崩壊とそれに続く土石流の絶大な役割を果たしているという考え方に基づくものに大きく転換するものである。これは、自然の見方や考え方を新しいものに転換するという理科教育の改善という面で大きな意義がある。同時に、地域性の強い土砂災害や水害に対して、地域の生徒たちがどのような災害リスクのある場所に住んでいるかを学習する機会にもなり、防災教育上も大きな意義がある。

研究成果の概要(英文)：In learning the formation of mountains, the traditional concept of gradual changing due to weathering and erosion is changed to the new concept of instantaneous changing due to large-scale mountainous collapses and debris flow that occur at intervals of several hundred years. As basic data for this purpose, I divided the whole of Japan into four regions with significantly different geology and climate, and clarified the regional characteristics of mountain collapse. Then, in order to learn this effectively, I created a 3D topographical model that students can see and touch, and then project a geological map or satellite image at the time of collapse. This teaching materials allow students to experience the relationship between geology and mountainous topography. I We also developed a method for creating geological history teaching materials for teachers.

研究分野：地学教育，科学教育

キーワード：山地崩壊 土石流 地形学習 教材開発 地質 気候 実験教材 地史教材

1. 研究開始当初の背景

山地の地形は、科学界でも近年まで Davis(1899)が北米大陸の新旧の山地の比較研究から提案した**侵食輪廻説**に基づいて、隆起した大地を河川の流水が徐々に侵食して形成されると考えられてきたため、教育界でもこの考え方に基づく内容が定着している。しかし、近年の大規模な山地崩壊の発生から、山地では流水の作用は限定的で、数百年に一度の大規模な山腹崩壊が地形を一気に変更するとともに、谷底に崩落した土砂を流水とはメカニズムの異なる土石流が排出する実態が明らかになりつつある(図1)。



図1 稜線からの標高差 600mもの巨大崩壊で、一気に更新された地形(奈良県赤谷)。Google Earth による。

筆者は、自身の先行研究(基盤研究(C)課題番号23501035)で、日本各地でこれらの崩壊地を調査する機会を得て、その過程で河川を取り巻く山地地形の成因の学習に、**大規模な深層崩壊(山地崩壊)と土石流の巨大な運搬力の役割**を入れなければならないとの着想を得た。

2. 研究の目的

そこで、本研究ではこのような劇的な地表変化の見方を教育に導入することを目的として、まず、地質・気候等の違いによる地域性が想定されることから、**国内の各地で野外調査を行って山地崩壊と土石流による地形変化の実態を把握することとした**。次に、この結果を教育に反映させるために、**地表の変化に関する学習内容を転換するのに必要な教材を開発することとした**。

3. 研究の方法

については、日本全体を図2のように、**A 北海道**、**B 日本海側**、**C 太平洋側**、**D 中央高地**の4地域に分けて、それぞれの典型的な山地地形の変化を野外調査を行って把握する。次に、については、の調査で得られた各地域の斜面崩壊と土石流の特性を理解できる教材と実験を開発する。

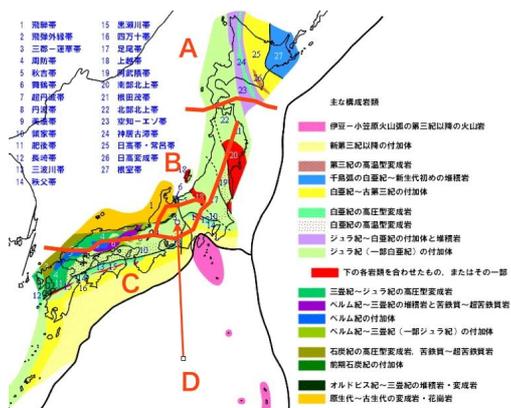


図2 調査地域の区分。地質概略図(地質調査総合センター)上に赤線で境界を示した。

4. 研究成果

については、地域ごとに次のような山地崩壊と土石流の特性が明らかになった。

A 北海道：1926年に大規模な泥流が発生した十勝岳，2018年に胆振東部地震によって数百の斜面崩壊が発生した厚真町周辺，周氷河地形の宗谷岬を調査した。本地域の山地地形変動は**寒冷気候と大規模火山活動の影響**で特徴付けられる。寒冷気候下で長期間にわたって残雪があるため、火山の噴火で高温の岩屑なだれなどが発生すると、それよりもはるかに大規模な融雪泥流を誘発して、はるかに離れた平野部にまで達するという特徴がある(図3)。また巨大カルデ



図3 麓の平野に堆積した1926年の十勝泥流の堆積物。

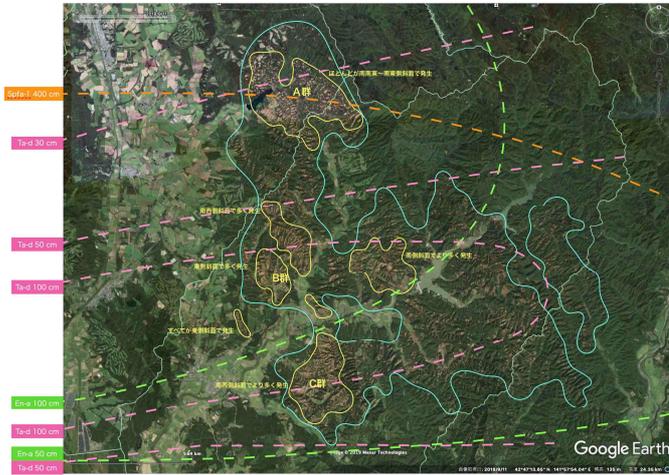


図4 2018年の胆振東部地震を誘因として発生した厚真町付近の山地斜面崩壊と、望海物質となった火山噴出物の分布。

ラ噴火等などによって、軽石などの火山降下堆積物が基盤の表面を覆う地域では、これが融雪時の地下水で粘土化しており、地震時の震動が誘因となって、極めて高い面密度での斜面崩壊が同時発生する(図4)。基盤地質に関係のない現象が起こりうるということがわかった。宗谷丘陵にはなだらかな表面に深いV字谷が形成されているが、これは寒冷期の凍結風化碎屑物を蓄積していたということが素因で、後氷期の融雪の流水の侵食・運搬を容易にしていることがわかった。

食・運搬を容易にしていることがわかった。

B 日本海側: 火山フロントより日本海側に位置する範囲で、標高の高い山地の多くは大きな堆積を持つ火山である。岩木山、鳥海山、月山、岩手山、磐梯山などの調査により、これらの火山はその高度がピークに近づくまで成長すると、それ以後の噴火あるいは地震が大規模な山体崩壊を引き起こしている。これのうち最も新しい1888年に山体崩壊を起こした磐梯山は、豊富な記録や写真があり教材としては最も適している(図5)。北側には1888年の岩屑なだれ堆積物や流れ山が見られるが、地質図を活用すると南西側には有史以前の大規模な山体崩壊の証拠(翁島岩屑なだれ堆積物)が確認できる。また、栗駒山や月山、蔵王などでは、崩壊ではなく原地形が大きなブロックとして保たれたまま滑る地すべりの形態も見られるが、これは山地内での変形に止まっている。したがって、**火山の形成とその山体崩壊とそれに続く巨大な土石流や岩屑なだれの概念が、この地域の学習では不可欠であり、導入の上で授業展開する必要があることがわかった。**

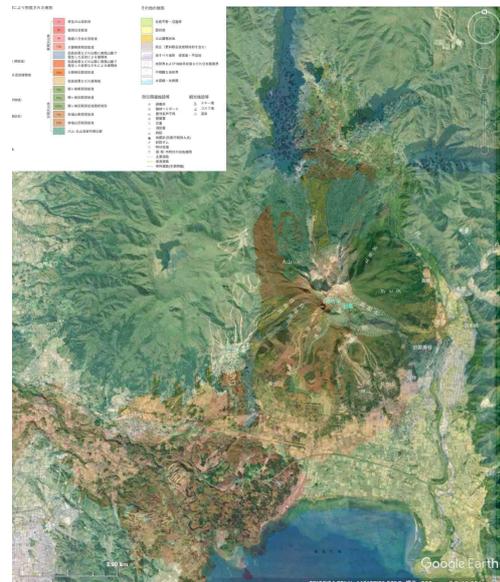


図5 Google Earthの衛星写真上に谷と地理院の火山土地条件図「磐梯山」を重ねて表示。地形が地質を最もよく反映していることを示している。

同じ日本海側でも西日本の場合には火山は少なく、古い時代の付加帯の堆積物などが山地を形成している。これらの場所では、地質時代の堆積物を調べたところ(林ほか,2017;林,2019)、また近年は発生した土砂災害を検証した結果、山裾に限定される小規模な斜面崩壊と土石流に止まっていることがわかった。

C 太平洋側: 研究計画では1地域としたが、付加帯の発達する西日本と、構造侵食型の東日本では大きく異なることがわかった。東日本では山地が低く丘陵的な山容で傾斜も緩やかなために、山地崩壊はほとんど発生しておらず、土石流もまれであり、従来の教育内容である流水による徐々に進行する地形変遷観をほぼそのまま活用して良いことがわかった。これに対して、西日本の太平洋側は付加帯の成長により付け加えられた岩石が褶曲・断層を形成しながら急速に隆起しており、この地域で多発する夏から秋の大量降雨が誘因となって、大規模な山腹斜面崩壊や大土石流が発達することが紀伊半島と四国での調査によりわかった。昭和28年の有田川水害の

際には、1箇所のみ山腹崩壊としては日本史上最多の98名が亡くなるという災害が起こっている(図6)。野外調査の際に、2名の生存者のうちのお一人から話を伺うことができ、体験者でなければわからない情報を得ることができた。同様な大規模崩壊は有田川上流域で多数発生し、それによって河道閉塞が起こり天然ダムがいくつも形成され、それによる上流側の水没とその崩壊による下流側の洪水が大規模な2次的被害をもたらした。これらは山腹の凹地や滝となって現在も痕跡を残しているため、これらを教材に取り入れることが有効であるとわかった。また、平成23年の紀伊半島の水害は直後の衛星写真をGoogle Earthの過去画像の中から利用できるため、これを教材に活用することは有効である。



図6 昭和28年の有田川水害時の北寺地区の巨大山腹崩壊。下方にあった村役場を含めて、村の中心部が全滅した。

D 中央高地：3000m級の日本アルプスでは、2500m付近より上では氷期に山岳氷河が発達し、それが形成したカールが特徴である。稜線部には堅固な基盤岩類が発達しているため、表層に凍結風化による岩片が多数あるものの、それらは谷沿いに緩やかに流下して安息角の巨大な崖錐として堆積しており、見かけの険しさとは逆にかなり安定していることがわかった。しかしこれらの基盤岩を貫いたマグマが噴出した火山のある場所では、**堅固ではない噴出物からなる地質のため、B地域の火山と同様に山体崩壊や土石流が発達する。**このことは地域にかかわらず火山共通の見方をすることが可能であることを示唆する。

E 花崗岩地帯：4地域に分けての調査を行う中で、どの地域にも分布する花崗岩地帯は、気候との関係が余り認められない共通の性質の崩壊と長距離型土石流が見られた。この典型例については林(2014)で既に報告しているが、全国的にA~Dのすべての地域の中にこの花崗岩地帯を別に設定して考える必要があることがわかった。その例は、一般普及用の書籍(甲南大学プレミアプロジェクト神戸ガイド編集委員会編, 2020)でも神戸の六甲山を例に解説した。

については、その成果として地形と地質を一体的に理解させることが重要なことがわかったため、学校の設備環境下で準備・実行が可能な**3D地形模型を製作してそれに地質図をプロジェクターで投影する実験方法を考案した(図7)**。同類のものは博物館(産業技術総合研究所 地質標本館, 国土地理院 地図と測定の科学館)等にあるが、本装置は任意の地域について任意の倍率で作成できるため、地域の山地とその成り立ちを扱う学校現場では最も効果的な装置と言える。



図7 3D地形模型上にWeb上の地形図や地質図を投影。

また、この授業の展開には、地域の自然の成り立ちの地史を教員が理解する必要がある。そのための方法として、**専門家向けの地質図とその解説書をWebで閲覧して、教師が生徒に理解させやすい4期±1期の地史を編纂する方法を考案した(林, 2019 口頭発表)**。これを、勤務する学部の教職課程を履修する学生に地学実験の一環として実践し、地学を専門とはしない理科教員にも十分可能なことを検証した(林, 2020)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 林 慶一	4. 巻 66
2. 論文標題 兵庫県東部に分布する篠山層群の年代議論の整理	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 甲南大学紀要（理工学編）	6. 最初と最後の頁 11-18
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14990/00003371	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 林 慶一・藤田早紀・小荒井千人・松川正樹	4. 巻 123
2. 論文標題 兵庫県篠山地域に分布する白亜系篠山層群の層序と古環境	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 747-764
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5575/geosoc.2017.0016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 林 慶一	4. 巻 63
2. 論文標題 紀伊半島の牟婁層群地帯で発生した国内最大規模の土石流と斜面崩壊の記載と発生過程の復元	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 甲南大学紀要（理工学編）	6. 最初と最後の頁 1-24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14990/00002369	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 林 慶一	4. 巻 67
2. 論文標題 オンライン授業環境下での地質野外実習法の開発-地質図を活用して川原の礫から地域地質を学ぶ-	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 甲南大学紀要（理工学編）	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14990/00003665	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 林 慶一	4. 巻 2020年度
2. 論文標題 地質図から地域の地史教材を開発する方法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 甲南大学教職教育センター年報・研究報告書	6. 最初と最後の頁 33-44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14990/00003825	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 林 慶一
2. 発表標題 火山地域の「自然景観の成り立ち」の教材化の視点
3. 学会等名 日本地学教育学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林 慶一
2. 発表標題 新CSに導入された「土石流」と「斜面崩壊」の取り扱い方と課題
3. 学会等名 平成30年度日本理科教育学会近畿支部大会(奈良大会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 林 慶一
2. 発表標題 地表の変化の地域特性と防災-防災教育のジレンマをどう解消するか?
3. 学会等名 日本地学教育学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 林 慶一
2. 発表標題 粒度組成に支配される土石流の性質とそれを理解するための教育用モデル実験
3. 学会等名 日本地質学会第123年学術大会（於：日本大学）
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 文部科学省	4. 発行年 2019年
2. 出版社 実教出版	5. 総ページ数 368
3. 書名 高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説	

1. 著者名 地学基礎編集委員会（木村龍治，吉岡一男，島崎邦彦，縣 秀彦，大路樹生，加藤昌典，田中義洋，坪田幸政，饒村 曜，林 慶一，半田 孝，半田利弘，前川寛和，宮嶋 敏，吉川 真，米澤正弘，東京書籍株式会社）	4. 発行年 2017年
2. 出版社 東京書籍	5. 総ページ数 223
3. 書名 改訂 地学基礎 指導書	

1. 著者名 甲南大学プレミアプロジェクト神戸ガイド編集委員会	4. 発行年 2021年
2. 出版社 昭和堂	5. 総ページ数 320
3. 書名 大学的神戸ガイド	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------