

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501043

研究課題名(和文)物理学、化学の概念と連結した火山および火成岩の学習プログラムの基盤づくり

研究課題名(英文)Teaching on volcanism and formation of igneous rocks, linked to physical and chemical concepts.

研究代表者

藤林 紀枝 (Fujibayashi, Norie)

新潟大学・人文社会・教育科学系・教授

研究者番号：20238603

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：物理学、化学で学習する科学概念を統合して「火山活動」や「火成岩のつくりやでき方」の学習内容を作成する事は喫緊の課題である。そのため次の事を行った。(1)WEBページを作成し、火山岩の画像教材を用いてマグマの結晶作用や発泡と「飽和」の概念を結びつる解説を掲載した。(2)軽石を使った噴火の演示実験を提案した。(3)佐渡島小木半島の調査結果を基に粘性の小さい海底火山の形と噴出物の教材を作成し、一部はテレビ公開講座で紹介した。(4)火山灰層の研究手法や鍵層としての役割を論じ、第四紀研究の講座「テフラ学」(7編)にまとめた。(5)火山性洪水堆積物の特性を明らかにし、災害教育の素材を作成した。

研究成果の概要(英文)：Teaching on the "volcanism" and "formation of igneous rocks", using physical and chemical concepts, should be designed in present-day Japanese science education. Our attempts resulted as follow: (1) Image teaching materials of the volcanic rocks and pyroclasts to teach crystallization and vesiculation based on saturation concept were published in WEB page. (2) Using the pumice fragments, a demonstrative experiment was newly considered to teach plinian eruption. (3) Teaching materials of an flat submarine basaltic volcano erupted pillow lavas and fire fountain were shown from the Ogi Basalt, Sado Island, Japan, part of which were introduced by a TV open lecture. (4) Research techniques of the volcanic ash layers and roles of them as key beds were summarized in a lecture series as "Tephrology" (7 issues) in the journal "The Quaternary Research". (5) Volcanogenic catastrophic floods were geologically demonstrated, which provided knowledges for disaster prevention.

研究分野：日本海形成期の海底火山を扱った火山地質学と岩石学、そして地学教育

キーワード：科学教育 災害教育 火山噴火 噴火素過程 テフラ 結晶作用 火山性洪水

## 1. 研究開始当初の背景

自然現象は複雑に相関し、学習指導においては、本来、様々な分野の科学的基礎概念を使用する必要がある。例えば、**マグマから結晶や気泡が形成する現象**は、欧米の火成岩岩石学、火山学の専門書においては「**飽和現象**」で説明されている（例えば、Cas and Wright, 1988; Best and Christiansen, 2001）。しかし、日本の中学校の教科書では、まだこのような基礎的事項が説明されておらず、また別の用語が用いられる事によって、科学的概念の統合がなされにくい状況がある（藤林・平中, 2010）。しかも、地学を学習する機会の少なかった理科教員が多いことを鑑みると、物理学・化学の基礎的学習事項を地学分野の学習指導に活かせるようにすることは喫緊の課題と考える（藤林ほか, 2010; 藤林, 2011）。

火山噴火については、1990年代以降の油を用いた**2相流実験** (Vergnolle and Jaupart, 1990)、炭酸を溶解した水や天然の岩石の熔融体を用いた**減圧実験** (Sparks et al., 1994; Mader et al., 1994)、**火山噴火の観測研究** (Vergnolle and Mangan, 2000) などによって、**SiO<sub>2</sub>成分に乏しいマグマ（玄武岩質マグマ）と富むマグマ（珪長質マグマ）でマグマの破砕メカニズムが大きく違うことが明らかになってきた**。爆発的噴火の原因となる火山ガスの気泡の形成は、マグマ中にイオンとして溶解していた H<sup>+</sup>、OH<sup>-</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、S<sup>4+</sup>などから、**H<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>の分子が飽和によって形成されることである**。状態が**気体（または超臨界流体）**という点が結晶とは異なる。気体は**圧力による体積変化**が大きく、粘性の低い玄武岩質マグマ中では、マグマの上昇とともに指数関数的に膨張する。一方、粘性の高い珪長質マグマ中では、イオンの拡散が悪く気泡が成長しにくい上に体積の膨張率も低く、急激な減圧が引き金となって細かな気泡の形成と破砕が起こる

（藤林・平中, 2010）。形成される火山灰や軽石、火山弾といった火山砕屑物の形、組織、そして大きさは、このようなマグマ破砕のメカニズムによって決まる。しかし、教科書ではこのような玄武岩質マグマと珪長質マグマの噴火のメカニズムまでは触れられないため、生徒は漠然とした現象や物の名称としてしか把握できない。**物質の「飽和」、「状態変化」や「体積変化」の知識を基盤として、より科学的に火山噴火の概念を形成させるよう学習内容を刷新する必要がある**。

さらに、2011年3月11日に始まった東北日本太平洋沖地震では、富士火山を含むいくつかの火山で火山性地震が誘発された。これらは一応終息したが、2013年は新燃岳の噴火、2014年には御嶽火山が水蒸気噴火し、桜島火山の活動が活発化、さらに2015年には箱根火山の水蒸気活動が活発化し、また口永良部島の大規模噴火が起きている。このような状況下で、火山活動とそれによって引き起こされる災害を、災害科学あるいは防災教育という観点から生徒に教える事が必要である。特に、これまであまり取り上げてこられなかった火山災害である**カルデラ湖決壊による火山性洪水**の発生の教材を作成する事は重要であると考えられる。実際、過去の火山噴火によって起きたカルデラ湖の決壊（山津波）が下流の平野部に大きな被害をもたらしたことは、沼沢火山や十和田火山で指摘済みである (Kataoka, 2011; Kataoka et al., 2009)。新たな学習内容の作成が急務となっている。

## 2. 研究の目的

中学校理科2分野上の「変動する大地」の単元で学習する「火山の噴火や活動」では、マグマ、マグマの粘性（ねばりけ）、噴火の激しさ、火山の形、溶岩の色あい、火山噴出物、火山災害についてまとめられて

いる。本研究では、粘性の低い玄武岩質マグマと粘性の高いデイサイトの爆発的噴火の素過程の違いを明確に解説した学習内容、「火成岩のつくりやでき方」で、マグマの中で特定成分に「飽和」して結晶作用が起きる、つまり鉱物ができるといった概念を盛り込んだ学習内容を作成する。また、火山災害の中でほとんど取り扱われていない過去のカルデラ湖決壊で発生する火山性洪水（山津波）について、地質学的な解析例を示す。

### 3. 研究の方法

- (1) 中学校の「火山の活動」の学習に物理学・化学の基礎的事項を連結した学習内容の作成するため、**気泡の形成と破裂**について、「飽和」、「物質の三態」、「体積変化」といった用語を使用した学習内容を作成する。
- (2) 火山の学習領域では、これまでに小麦粉、ココア、カルメ焼き、炭酸飲料とメントスなどを用いたアナログ実験が示され、中学校の授業でも活用されるようになっていく。しかし、噴火をなかなかリアルに感じにくいという側面があった。そこで、**天然の軽石や火山灰を十和田火山、榛名火山、始良火山で採取し、粘性の高いマグマの代表的な噴火様式であるプリニー式噴火の実験教材を開発する。**
- (3) また、十和田火山と榛名火山のプリニー式噴火の堆積物を火口近傍から遠方まで追って、**降下火山砕屑物の特徴**をわかりやすく説明する教材を作成する。
- (4) 佐渡島小木半島に分布する小木玄武岩を構成している溶岩噴泉堆積物中から火山弾（水中）、スコリアといった火山砕屑物を採取し、粘性の低いマグマの代表的な噴火（爆発的）様式であるハワイ式噴火の**降下火山砕屑物の特徴**をわかりやすく説明する教材を作成する。
- (5) **カルデラ湖決壊**などによって起こる**火山性洪水**で形成された地層の解析から得

られた**堆積物の特性**をテフラ学的に解説する事によって、**火山災害に関する知識を普及**する。

### 4. 研究成果

本研究により、以下のような研究成果が得られた。

- (1) 新しくWEBページを作成し、種々の火山岩サンプルの画像教材を掲載して、**斑晶鉱物の結晶作用と飽和（析出）の概念**とを結びつける解説を作成した。

(<http://www.niigata-u.ac.jp/~fujib/index.html>)

- (2) 榛名火山、十和田火山の**プリニー式噴火の降下堆積物と火砕流堆積物の地層写真**を教材化し、WEBページに掲載した。

(<http://www.niigata-u.ac.jp/~fujib/index.html>)

- (3) また、それらに含まれる**軽石を使った演示実験の素案**を作成し、小学校教員養成課程の理科の授業において試行的に演示した。ドライヤーと軽石を使った実験により、火山噴火で噴出する火山ガスの風量（風力）と噴煙の大きさを実感させることができること、また同時に、浮かばず山体を流れ下る軽石から火砕流の概念や火山災害の概念を導く事ができることが証明された。今後は、教材として活用しやすいように、改良して行く予定である。

- (4) 佐渡島小木半島の海底火山の調査結果をまとめ、粘性の小さいマグマの活動で形成された枕状溶岩および**溶岩噴泉堆積物**の火口からの距離にともなう層相変化について明らかにした(Fujibayashi et al., 2014)。

- (5) 平成26年度新潟大学テレビ公開講座「佐渡を極める第1回自然編 日本海の豊かな島・佐渡 その独特な成り立ちと生物たち」(制作著作BSN, 平成27年1月31日(土)午前10:30放送, 49分間)に出演

し、小木半島の中期中新世玄武岩質海底火山の形や、ようがんおよび火山放出物の特徴について解説した。

- (6) 火山灰層の研究手法や鍵層としての役割について紹介する講座「テフラ学」(全7編)を、第四紀研究に公表した(片岡・長橋および長橋・片岡の「テフラ学」(全7回), 2014-2015)。
- (7) 十和田カルデラ、阿蘇カルデラやイタリアのゾンマ火山、ヴェスビオ火山の**火山性洪水堆積物**の地質学的研究から、堆積物の特性を明らかにし、それらの研究成果を論文文化した(片岡・ゴメス, 2012; Gomez et al., 2012; 小野ほか, 2012; Tsukamoto et al., 2012, 2013)。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 19 件)

- (1) 片桐初香・小川麻衣子・藤林紀枝 (2015) 佐渡島小木玄武岩中に包有されるはんれい岩類、新潟大学教育学部研究紀要・自然科学編 第7巻第2号, 49-62. (査読無)
- (2) 南裕介・大場司・林信太郎・片岡香子 (2015) 鳥海火山北麓に分布するラハール堆積物の運搬・堆積過程と構成物質の時間変化. 火山, 第60巻, 第1号, 1-16. (査読有)
- (3) 片岡香子・長橋良隆・小野映介 (2015) 津軽平野岩木川下流域における複数起源のテフラの再堆積と混合. 第四紀研究, 第54巻第1号, 21-29. (査読有)
- (4) 長橋良隆・片岡香子 (2015) テフラ学(第7回): 肉眼視できないテフラ(クリプトテフラ)の認定と評価. 第四紀研究, 第54巻第1号, 31-38. (査読有)
- (5) Fujibayashi N., Asakura, K., Hattori, T., Allen S. (2014) Pillow lava and spasmodic submarine fire fountaining in the middle Miocene marginal basin, Sado Island, Japan. *Island Arc*, 23-4, 344-364. (査読有)
- (6) 片岡香子・長橋良隆 (2014) テフラ学(第6回): テフラ層の記載法. 第四紀研究, 第53巻第6号, p. 323-329. (査読有)
- (7) 長橋良隆・片岡香子 (2014) テフラ学(第5回): 火山ガラスの主成分元素組成とテフラ層の対比. 第四紀研究, 第53巻第5号, p. 265-270. (査読有)
- (8) 長橋良隆・片岡香子 (2014) テフラ学(第4回): テフラ層を構成する粒子の形態と組成. 第四紀研究, 第53巻第4号, 229-234. (査読有)
- (9) 片岡香子・長橋良隆 (2014) テフラ学(第3回): テフラの再堆積. 第四紀研究, 第53巻第3号, 175-183. (査読有)
- (10) 長橋良隆・片岡香子 (2014) テフラ学(第2回): テフラ層の同時堆積性について. 第四紀研究, 第53巻第2号, 111-116. (査読有)
- (11) 長橋良隆・片岡香子 (2014) テフラ学(第1回): 用語法. 第四紀研究, 第53巻第2号, 103-109. (査読有)
- (12) Tsukamoto, S., Kataoka, K.S., Oguchi, T., Murray, A.S., and Komatsu, G. (2014) Luminescence dating of scoria fall and lahar deposits from Somma-Vesuvius, Italy. *Quaternary Geochronology*, 20, 39-50. (査読有)
- (13) 片桐敏紀・興治文子・小林昭三 新潟県における明治期から昭和初期の地学教育の変遷, 2014-10, 新潟大学教育学部研究紀要 自然科学編, 第7巻第1号, 7-30. (査読無)
- (14) Tsukamoto, S., Kataoka, K.S. and Miyabuchi, Y. (2013) Luminescence dating of volcanogenic outburst flood

sediments from Aso volcano and tephritic loess deposits, southwest Japan.

*Geochronometria*, vol. 40, no. 4, 294-303.

(査読有)

- (15) 小林昭三・興治文子 (2013) 能動学習型科学概念形成における ICT 活用-ICT 活用した鍵実験で活性化する予想・討論・検証の手順. 新潟大学教育学部研究紀要・自然科学篇 第5巻第2号. 47-66. (査読無)

- (16) Gomez, C., Kataoka K. S., and Tanaka K. (2012) Large-scale internal structure of the Sanbongi Fan - Towada Volcano, Japan: Putting the theory to the test, using GPR on volcanoclastic deposits. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 229, 44-49. (査読有)

- (17) 片岡香子・ゴメス クリストファー

(2012) 東北地方のカルデラ火山地域における地中レーダ探査. 新潟大学災害・復興科学研究年報, 第1号, 73-74. (査読無)

- (18) 小野映介・片岡香子・海津正倫・里口保文 (2012) 十和田火山AD 915噴火後のラハールが及ぼした津軽平野中部の堆積環境への影響. 第四紀研究, 51-6, 317-330. (査読有, 日本第四紀学会論文賞)

- (19) 小林昭三・興治文子・畠山森魚・遠藤霞・今井友之・高野和明 (2012) ICT-based Active Learning型力学概念形成授業の吹き矢・パイプ・システムによる具体化, 新潟大学教育学部研究紀要・自然科学編 第5巻第1号. 1-20. (査読無)

[学会発表] (計 12 件)

- (1) 藤林紀枝 (2014) 中期中新世の日本海で形成された玄武岩質海底火山の規模と層相変化の例, 日本地質学会第 121 年学術大会, 2014 年 9 月 13 日~9 月 15 日, 鹿児島大学郡元キャンパス (鹿児島県鹿児島市).

- (2) 小林昭三・興治文子・土佐幸子・畠山森男, 日本各地の授業筆記等による明治中期

の能動的理数授業の再発見と再構成, 日本物理学会秋季大会, 2014 年 9 月 7 日 - 9 月 11 日, 中部大学春日井キャンパス (愛知県春日井市).

- (3) 片岡香子 (2014) 火山性大規模洪水の堆積学と地形学: 扇状地・段丘形成の別視点. 日本第四紀学会2014年大会. 2014 年9月6日~9月8日. 東京大学柏キャンパス (千葉県柏市)

- (4) 片岡香子・明野智一・長橋良隆 (2014) 肘折カルデラ周辺における火砕流・サージ・ラハール堆積物の地中レーダ探査. 日本堆積学会2014年山口大会, 山口大学 2014年3月15日~16日, (山口県山口市)

- (5) 南裕介・大場司・林信太郎・片岡香子 (2014) 鳥海火山北麓, 火山麓扇状地を構成するラハール堆積物: 地形的および地質学的特徴. 平成25年度東北地域災害科学研究集会. 2014年1月7日~1月8日, 秋田大学工学資源学部 (秋田県秋田市).

- (6) Fujibayashi N., Kondo, H., Kagami, H., and Kimura J. (2013) Sm-Nd mineral isochrons and trace element compositions of parent melts for Atsumi gabbroic xenoliths included in the late Miocene volcanic rocks, Atsumi area, western margin of NE Japan. International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior, Scientific Assembly. 2013年7月20日~7月24日, 鹿児島県民交流センター (鹿児島県鹿児島市).

- (7) Kataoka, K. S. and Gomez, C. (2012) Large-scale internal structures in pumiceous and bouldery deposits derived from gigantic volcanogenic breakout flood events. Experimental Stratigraphy Workshop. 2012年12月11日

-12月12日, University of Texas, Austin, USA.

(8) Kataoka, K. S. and Gomez, C. (2012) Large-scale internal structure in volcanogenic breakout flood deposits: Extensive GPR survey on volcanoclastic deposits. AGU Meeting, 2012年12月03日-12月07日, Moscone Center, San Francisco, USA.

(9) 永尾隆志・小井戸一浩・永尾真理子・角縁進・木村純一・藤林紀枝, (2012) 島根県邑智郡川本町に分布するミネットII 岩石学および地球化学的特徴, 日本火山学会, 2012年10月14日~2012年10月16日, エコールみよた (長野県北佐久郡御代田町).

(10) 藤林紀枝・木村健太・山田綾実・池田正道・永尾隆志, 2012, 冠高原に産するブロンザイト質斜方輝岩, 日本地質学会第120年学術大会, 2012年09月15日~2012年09月17日, 大阪府立大学中百舌鳥キャンパス (大阪府堺市).

(11) 片岡香子・ゴメス クリストファー (2012) 火山性決壊洪水堆積物中に認められる大規模な内部構造: 地中レーダ探査の火山砕屑物への応用. 日本地質学会第118年学術大会. 2012年9月15日-9月17日. 大阪府立大学中百舌鳥キャンパス (大阪府堺市).

(12) 片岡香子・ト部厚志 (2012) 沼沢湖噴火の火砕流発生から降雨型ラハール, せき止め湖決壊洪水, 平野域での再堆積に至るまで: 同一起源テフラ物質に由来する地層と地形の変容, その同時性と非同時性. 日本第四紀学会2012年熊谷大会. 2012年8月20日-8月22日, 立正大学熊谷キャンパス (埼玉県熊谷市).

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]  
ホームページ等  
<http://www.ed.niigata-u.ac.jp/~fujib/index>

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者  
藤林 紀枝 (FUJIBAYASHI, Norie)  
新潟大学・人文社会・教育科学系・教授  
研究者番号: 20238603

(2) 研究分担者  
片岡 香子 (KATAOKA S., Kyoko)  
新潟大学・災害復興科学研究所・准教授  
研究者番号: 00378548

小林 昭三 (KOBAYASHI, Akizo)  
新潟大学・人文社会・教育科学系・名誉教授  
研究者番号: 10018822