

令和 4 年 6 月 6 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H02316

研究課題名（和文）土壌生成速度測定法の確立による土壌生産力持続性評価手法の開発

研究課題名（英文）Establishment of the Methods of Soil Formation Rate Measurement toward the Development of a Sustainability Evaluation Method of Soil Productivity

研究代表者

阿部 進（Abe, Susumu）

近畿大学・附属農場・講師

研究者番号：40708898

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：土壌生成速度（SPR）測定法の有力候補である原位置宇宙線生成核種年代決定法（TCN法）と地球化学的マスバランス測定法（GMB法）について、その測定精度と適用範囲を明らかにし、SPR測定法を確立することを目的として、環境条件の異なる調査地においてSPRの測定を行った。その結果、GMB法については、米国、インドネシア、京都、奈良においてSPRを算出することができた。他方、TCN法については、試料の効率的な前処理方法の開発まで進んだが、COVID-19の影響もあり、実施期間中に測定まで完了することができなかった。そのため、今後の課題として継続して取り組んでいく予定でいる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題は、土壌生成速度（SPR）の有力な測定手法である地球化学的マスバランス（GMB）法と原位置宇宙線生成核種（TCN）法によるSPRの測定精度と適用範囲について検討した。本研究で得られた知見は、SPR測定法の確立へ貢献できる。また、SPRと土壌が失われる速度（土壌侵食速度＝SER）のバランス状態を指標とする土壌生産力の持続性に関する評価手法の開発へ向けた基礎情報を提供できる。

研究成果の概要（英文）：We examined soil production rates (SPR) in sites with different environmental conditions, to establish the measurement methods of SPR with a focus on the in situ cosmogenic radionuclide (TCN) method and the geochemical mass balance (GMB) method. As a result, we successfully computed SPR in USA, Indonesia, Kyoto and Nara using GMB method. On the other hand, regarding TCN method, although we have developed an effective method of processing samples for the measurement of TCN, we were not able to complete TCN measurement during the project period, due mainly to COVID-19 pandemic. Therefore, we will keep our efforts in this regard in the coming years.

研究分野：環境農学

キーワード：土壌生成速度 岩石風化 マスバランス 宇宙線生成核種

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

定常状態にある陸上生態系では、(理論上) 土壌が新しくできる速度(土壌生成速度 = SPR) と土壌が失われる速度(土壌侵食速度 = SER) が等しくなる。したがって、SPR と SER のバランス状態を明らかにすることで、土壌本来のもつ潜在的生産力と土壌劣化状況を把握し、土壌生産力の持続性を評価できる。しかし、すでに確立された測定法が存在し、世界中で多くのデータが蓄積している SER に反して、SPR の研究は大きく後れをとっており、今だ確たる測定法が定まっていない。例えば、これまでテフラ年代学、段丘区分、炭化物の ^{14}C 年代測定などに基づいて土壌年代(したがって、SPR) の推定が試みられてきたが、いずれも汎用性が低く、研究の進展は極めて緩慢であった。このような状況にあって、SPR の有力な測定手法として注目されているのが、i) 原位置宇宙線生成核種年代決定法(TCN 法) と ii) 地球化学的マスバランス測定法(GMB 法) の二つである(表 1)。しかし、いずれの手法においても得られた SPR 値の信頼性(精度と確度) および、その適用範囲(適用可能な空間スケールと環境条件) が明らかにされておらず、SPR 測定法として普及する上での障壁となっている。

表 1 : 本研究で用いる土壌生成速度 (SPR) 測定法の概要

原位置宇宙線生成核種年代決定法 (TCN 法)	地球化学的マスバランス測定法 (GMB 法)
<p>宇宙線生成核種である ^{10}Be や ^{26}Al の濃度は地質物質の地球表層における滞留時間を反映し、宇宙線に晒されている時間が長いほどこれら核種の濃度が高くなる現象に基づいて、岩石や土壌中(とくに石英中)の ^{10}Be や ^{26}Al の濃度を測定することで土壌年代を決定し、SPR を求めることができる。</p> <p>ここでは、土壌侵食と土壌生成は釣り合っており、土壌の厚さは定常状態にある Δz という仮定を前提として SPR を算出する。したがって、SPR は基岩から土壌への転換速度として定義され、基岩の物理的風化によって主に影響を受ける。</p> <p>ある一地点において、岩石や土壌を採取し、石英を単離して、その ^{10}Be 濃度をタンデム型加速器質量分析で測定し、環境影響(緯度、高度など)を演算処理で除去・補正することで、ピンポイント(点)で SPR を求めることができる。</p>	<p>岩石風化/土壌生成過程でキーとなる 7 つの無機元素 (Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg) について、集水域スケールのマスバランスを計算することで SPR(ここでは S) を求める(式(1))。</p> $P \cdot Pi + R \cdot Ri = S \cdot Si + D \cdot Di + G \cdot Gi + V \cdot Vi \quad (1)$ <p>(P=雨水; R=岩石; S=土; D=渓流水; V=植生; Pi, Ri, Si, Di, Gi, Vi=元素 i の平均濃度)</p> <p>山岳地形上で定常状態にある集水域生態系に限定すれば、地下水への流入と植生による新規吸収は無視できるので、式(1)は式(2)へと変換できる。</p> $R \cdot Ri - S \cdot Si = D \cdot Di - P \cdot Pi \quad (2)$ <p>従って、岩石、土、渓流水、雨水を採取して、各々に上記 7 つの元素濃度を測定し、多変量解析を行うことで集水域(面)での SPR が得られる。</p>

2. 研究の目的

SPR 測定法の有力な候補となっている TCN 法と GMB 法について、その測定精度と適用範囲を明らかにすることで、SPR 測定法を確立することを目的とする。これにより、SPR と SER のバランスを指標とする、土壌生産力の持続性に関する新しい評価手法の開発を目指す。

3. 研究の方法

- i) 環境条件が異なる調査地において、集水域内での地形位置や微地形の変化と関連した空間変動に着目しつつ TCN 法で SPR を測定し、その精度と適用範囲を求める。
- ii) i)と同じ調査地で、GMB 法を用いて集水域スケールの SPR 測定し、測定精度と適用範囲を求める。

4. 研究成果

本研究で調査・研究したサイトは、予備調査地も含めると 20 サイト以上に及ぶが、その中から海外サイトとして、米国ハバードブルック、アリゾナ、インドネシア国西スマトラ、国内サイトとして、奈良、京都、沖縄を集中調査地として選定した。土壌や岩石（母岩）について、各調査地の集水域内におけるケイ素、アルミニウム、鉄のような鉱物の主要構成元素の空間変動が大きかったため（図 1）GMB 法の精度を高めるためにはこれら空間変動を考慮したサンプリングが必要となることが示唆された。また、ハバードブルックの長期モニタリングデータの解析から、渓流水を通じて放出される元素量の年次変動や季節変動が大きいことから、長期に及ぶ渓流水のモニタリングが GMB 法の精度の向上に必要となることが示唆された。

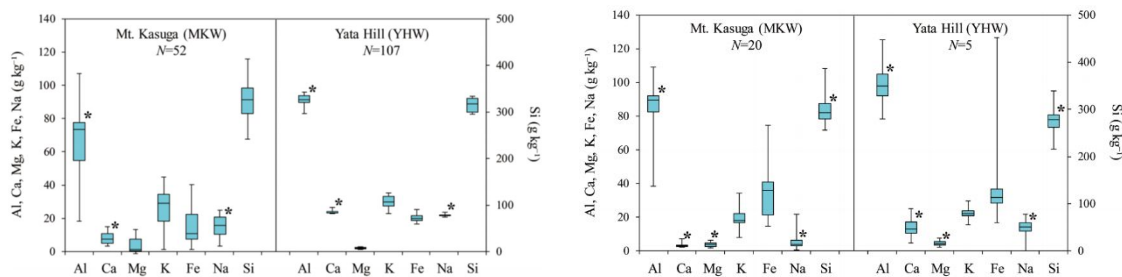


図 1：奈良県の調査地における土壌（左）および岩石（右）の主要構成元素組成（Abe et al. [2019]より抜粋）

GMB 法によって得られた SPR 値は米国ハバードブルック（亜寒帯湿潤気候；花崗岩）に比べて奈良（温暖湿潤気候；花崗岩）で低かったことから（データは未発表のため割愛）、主に気候の差異（とりわけ温度）によって SPR が異なることを科学的データによって裏付けることができた。引き続きデータ解析を進めるとともに、研究成果を学術論文としてとりまとめる予定である。

他方、TCN 法については、採取した試料の前処理に苦戦したが、最終的に従来の手法より効率のよい前処理方法を提案することができた。しかし、COVID-19 の影響により海外調査の実施および海外研究協力機関との協力が困難であったことから、研究期間中に TCN の測定を完了することができなかった。今後の課題として引き続き、取り組んでいく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Susumu S. Abe, Takahiro Harada, Hiroshi Oumura, Toshiyuki Wakatsuki	4. 巻 53
2. 論文標題 Comparing rates of rock weathering and soil formation between two temperate forest watersheds differing in parent rock and vegetation type	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japan Agricultural Research Quarterly	6. 最初と最後の頁 169-179
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Khairun N. Kamarudin, Mayu Tomita, Keiko Kondo, Susumu S. Abe	4. 巻 53
2. 論文標題 Spatial Variability and Geostatistical Mapping of Selected Soil Properties in Mt. Wakakusa Grassland of Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japan Agricultural Research Quarterly	6. 最初と最後の頁 265-277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 該当する
1. 著者名 Irwin M. Umami, Khairun N. Kamarudin, Hermansah, Susumu S. Abe	4. 巻 53
2. 論文標題 Does Soil Fertility Decline under Smallholder Rubber Farming? The Case of a West Sumatran Lowland in Indonesia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japan Agricultural Research Quarterly	6. 最初と最後の頁 279-287
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 該当する
1. 著者名 Kitayama, R, Yanai, J, Nakao, A	4. 巻 36
2. 論文標題 Ability of micaceous minerals to adsorb and desorb cesium ions: Effects of mineral type and degree of weathering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Soil Science	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ejss.12913	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 Nakao A, Tomita M, Wagai R, Tanaka R, Yanai J, Kosaki T	4. 巻 204
2. 論文標題 Asian dust increases radiocesium retention ability of serpentine soils in Japan.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Radioactivity	6. 最初と最後の頁 86-94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jenvrad.2019.03.028	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 中尾淳	4. 巻 90
2. 論文標題 汎用機器を用いた土壌分析の現在 1. 電磁波を用いた分析 1. X線回折分析による鉱物組成解析の基礎と今後の可能性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本土壌肥科学雑誌	6. 最初と最後の頁 395-402
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jenvrad.2019.03.028	査読の有無 無
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 前島勇治	4. 巻 535
2. 論文標題 サンプリング「土壌 - 事前準備から試料調製・保管まで - 」	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ぶんせき	6. 最初と最後の頁 308-309
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Susumu S. Abe, Takahiro Harada, Hiroshi Okumura, Toshiyuki Wakatsuki	4. 巻 53
2. 論文標題 Comparing rates of rock weathering and soil formation between two temperate forest watersheds differing in parent rock and vegetation type	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japan Agricultural Research Quarterly	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Khairun Kamarudin, Mayu Tomita, Keiko Kondo, Susumu S. Abe	4. 巻 53
2. 論文標題 Spatial variability and geostatistical mapping of selected soil properties in Mt. Wakakusa grassland of Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japan Agricultural Research Quarterly	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 該当する

1. 著者名 Khairun Kamarudin, Mayu Tomita, Keiko Kondo, Susumu S. Abe	4. 巻 15
2. 論文標題 Geostatistical estimation of surface soil carbon stock in Mt. Wakakusa grassland of Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Landscape and Ecological Engineering	6. 最初と最後の頁 215-221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11355-019-00370-1	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 該当する

1. 著者名 Susumu S. Abe, Kenta Ashida, Khairun N. Kamarudin, Maulana I. Kamil, Irwin M. Umami, Hermansah	4. 巻 62
2. 論文標題 Soil Micronutrient Availability as Affected by Land Use and Management in a Tropical Volcanic Mountain Area of West Sumatra, Indonesia	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tropical Agriculture and Development	6. 最初と最後の頁 136-140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 該当する

1. 著者名 Nurhaliza M. Shahidin, Roslan Ismail, Khairun N. Kamarudin, Susumu S. Abe	4. 巻 62
2. 論文標題 Spatial Variability of Selected Chemical Properties of a Lateritic Soil under Mango Cultivation in Northern Peninsular Malaysia	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tropical Agriculture and Development	6. 最初と最後の頁 204-208
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 該当する

1. 著者名 山科千里・阿部 進	4. 巻 89
2. 論文標題 土壌生態系サービスを支える土壌動物の役割 4. 熱帯の生物多様性を支えるシロアリの土塚建設	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本土壌肥科学雑誌	6. 最初と最後の頁 161-167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Zeng-Yei Hseu, Franz Zehetner, Kazumichi Fujii, Tetsushiro Watanabe, Atsushi Nakao	4. 巻 327
2. 論文標題 Geochemical fractionation of chromium and nickel in serpentine soil profiles along a temperate to tropical climate gradient	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geoderma	6. 最初と最後の頁 97-106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.geoderma.2018.04.030	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 該当する

1. 著者名 前島勇治・高田裕介・大倉利明・小原洋	4. 巻 90
2. 論文標題 WRB 2014の新基準がわが国の粘土集積層を有する赤黄色土および暗赤色土の分類学的位置づけに及ぼす影響と既存データによる分類の可能性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本土壌肥科学雑誌	6. 最初と最後の頁 61-68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20710/dojo.90.1_61	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 Takashi Kanda, Yusuke Takata, Kazunori Kohyama, Toshiaki Ohkura, Yuji Maejima, Shokichi Wakabayashi and Hiroshi Obara	4. 巻 52
2. 論文標題 New Soil Maps of Japan based on the Comprehensive Soil Classification System of Japan ? First Approximation and its Application to the World Reference Base for Soil Resources 2006	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japan Agricultural Research Quarterly	6. 最初と最後の頁 285-292
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.6090/jarq.52.285	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 -

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Susumu S. Abe, Khairun N. Kamarudin, Irwin M. Umami
2. 発表標題 Decomposition patterns of biochars derived from selected Satoyama biomass resources in soils
3. 学会等名 14th International Conference of the East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies (ESAFS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢内純太・田中壮太・中尾淳・阿部進・廣瀬美奈・阪本啓太・正井路子・齋藤晴義・梶原奈央・K. Dejbhimon・P. Kanyawongha・T. Lattirasuvan・N. Timbas・S. Medina・N. Tan・K. Hafiz
2. 発表標題 熱帯アジアの水田土壌における「緑の革命」後50年間の肥沃度変化-タイ・フィリピン・マレーシアの比較-
3. 学会等名 日本土壌肥料学会本大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 正井路子・矢内純太・Nicola Timbas・Simplicio Medina・中尾淳・阿部進・田中壮太
2. 発表標題 フィリピンの水田土壌における「緑の革命」後50年間の肥沃度変化-因子分析による総合評価-
3. 学会等名 日本土壌肥料学会本大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 F. Masai, J. Yanai, N. Timbas, S. Medina, A. Nakao, S. Abe and S. Tanaka
2. 発表標題 Fertility Re-Evaluation of Paddy Soils after 50 Years of the Green Revolution (FREPS 50) ~ A Case Study in the Philippines
3. 学会等名 ESAFS (14th International Conference of the East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小鼓雄太・中尾淳・前島勇治・阿部進・若狭幸・矢内純太
2. 発表標題 異なる気候インパクトに対する花崗岩類由来の土壌の生成応答
3. 学会等名 日本ペドロロジー学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Maejima, Y., Takata, Y., Kanda, T., Ohkura, T., Obara, H., Koyama, K.
2. 発表標題 Comparison of Japanese Soil Map based on World Reference Base for Soil Resources 2014 and 2006
3. 学会等名 ESAFS (14th International Conference of the East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前島勇治・高田裕介・渡辺桂・大倉利明
2. 発表標題 日本土壌インベントリーの利活用に向けた制度づくりと土壌図の精度向上を目指して 1. アンケート調査に基づく生産者から求められる土壌情報とは？
3. 学会等名 日本土壌肥料学会本大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古市剛久, 若狭幸, 水垣滋, 布川雅典
2. 発表標題 自然資源・環境としての土砂と土砂移動
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 O. Osenyeng, Y. Ogawa, S. Wakasa, K. Hirose
2. 発表標題 Risk assessment of heavy metals release and acidic water formation by mine waste material in Bor mining area, Serbia
3. 学会等名 資源地質学会第69回年会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 若狭 幸
2. 発表標題 二、三のセンサーを搭載したUAVを用いたリモートセンシング研究の紹介
3. 学会等名 2019年度東北地理学会・北海道地理学会秋季学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 若狭 幸
2. 発表標題 地表面露出年代値から推定する断層活動度を用いた地熱開発地域の探査法の開発
3. 学会等名 北東北女性研究者研究・交流フェア2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukihiro Takahashi, Hisayoshi Shimizu, Sachi Wakasa
2. 発表標題 Magnetic anomaly caused by lightning stroke in the grounds of a shrine
3. 学会等名 第146回 地球電磁気・地球惑星圏学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井岡聖一郎、渡部乃佳、若狭幸、村岡洋文
2. 発表標題 北八甲田火山群硫黄岳西方における地熱熱水の発見
3. 学会等名 日本地熱学会令和元年学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前島勇治・高田裕介・大倉利明・小原洋・神山和則
2. 発表標題 World Reference Base for Soil Resources(2014)に基づいた日本土壌図の試作
3. 学会等名 日本土壌肥料学会本大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔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
研究分担者	若狭 幸 (Wakasa Sachi) (40442496)	弘前大学・地域戦略研究所・助教 (11101)	
研究分担者	前島 勇治 (Maejima Yuji) (80391209)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業環境変動研究センター・上級研究員 (82111)	
研究分担者	中尾 淳 (Nakao Atsushi) (80624064)	京都府立大学・生命環境科学研究科・准教授 (24302)	

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
---------	---------