

平成30年6月22日現在

機関番号：82101

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H05117

研究課題名(和文) 北極土壌圏温暖化に伴う凍土融解と土壌微生物による新たなCO₂放出メカニズムの解明研究課題名(英文) Permafrost thawing and novel mechanism of CO₂ emission by microbe under warming Arctic

研究代表者

内田 昌男 (uchida, masao)

国立研究開発法人国立環境研究所・環境計測研究センター・主任研究員

研究者番号：50344289

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,700,000円

研究成果の概要(和文)：北極高緯度の陸域には、永久凍土中に大量の有機炭素が蓄積し、温暖化にともなう微生物活動の活発化によって、より脆弱化する懸念がある。本研究では、多様な炭素源(難分解性の化石炭素、現代炭素)からなる北極海スピッツベルゲン島ニーオルスンの氷河後退域における氾濫原から採取指した土壌を用いて、土壌微生物の従属栄養代謝による炭素源を調べるため、土壌微生物由来リン脂質脂肪酸(PLFA)について¹⁴C測定を行った。測定の結果、PLFAの¹⁴C年代は、主に化石炭素からなるバルク有機炭素よりもさらに新しいことから、表層植生に由来した水溶性有機炭素とともに化石炭素を用いた従属栄養代謝が行われていることがわかった。

研究成果の概要(英文)：High latitude region including the Arctic has largest reservoir of soil organic carbon (SOC) in the Earth. Since the high latitude region would be significantly influenced with environmental change under global warming, fragile of soil carbon reservoir should be investigated. Thus we investigated here the carbon source of soil respiration to evaluate fragile characteristics of the SOC using natural level radiocarbon as a novel sensor of fragile soil organic matter under future global warming. Here Arctic soil were collected in a successional glacier foreland in Ny-Alesund, Svarvard islands, Norway. Microbial phospholipids fatty acids (PLFAs) were extracted from soils for compound-specific radiocarbon analysis. in the geological time scale. We discussed their results in the light of soil carbon dynamics under climate instability in the Arctic region.

研究分野：生物地球化学

キーワード：北極 永久凍土 ニーオルスン スピッツベルゲン島 放射性炭素 微生物 細胞膜脂質 氷河

1. 研究開始当初の背景

現在、北極圏、特にアラスカ、シベリアなどの広大なツンドラ地帯には、長い地質時代を通じて蓄積された大量の有機炭素を含む土壌（永久凍土）から構成されている。これらの fossil carbon 有機物を大量に含んだ地層の多くは、永久凍土層により低温かつ嫌気的な状態で、長期にわたり安定に存在してきた。しかし、近年の温暖化に関連した急速な氷河・氷床の後退、永久凍土層の融解によって、長く安定に存在してきた fossil carbon 有機物の地層が、酸化・湿潤的な環境に劇的に曝されるようになった。大気に暴露された fossil carbon の地層は速やかに地衣類などの陸上植生や土壌微生物の進入を受ける。元来、これらの fossil carbon は、氷河や永久凍土層により安定に保存されているが、温暖化に伴い、酸化・湿潤的環境下におかれた場合には、容易に分解される可能性をもっている(Petch et al., 2003, Science 誌)。以上のことから、北極・高緯度土壌圏は、大量の有機炭素リザーバーを持つ地域であるにも関わらず、温暖化の結果、今後どのような環境変化の実態把握には未だ多くの課題がある。温暖化による微生物バイオマスの変動は、明らかに土壌内 fossil carbon 有機物の分解に少なからず影響を与え、また同時に永久凍土融解層の拡大により、凍土内にトラップされている温暖化ガスの新たな放出を引き起こすものと考えられる。

2. 研究の目的

北極地域の土壌は、永久凍土中に大量の有機炭素を蓄積しており、地球温暖化の進行に伴い、正のフィードバック効果を有していることから、その将来の影響の把握が極めて重要である。

。本研究では、永久凍土でも最近の温暖化に伴い急激な環境変化を受けた氷河後退委

域における炭素動態について、自然レベル放射性炭素をトレーサーに用いて、微生物による炭素動態および凍土中の CO₂ ガスの起源について検討を行った。

3. 研究の方法

本研究は、北極海スパールバル諸島スピッツベルゲン島ニーオルスンで行った。ニーオルスンの西側には、東ブレッガー氷河がある。この東ブレッガー氷河後退域を調査対象地に選定し、氷河末端から Kongsfjord 海岸へと至るおよそ 2.6km の区間の中心部にあたる氾濫原、河川浸食でできた露頭において行った。地上部から凡そ 70cm 深まで、土壌試料を採取し、土壌有機炭素、ブラックカーボン、バルク有機炭素の放射性炭素、安定同位体比分析を行った。また、土壌微生物の動態を把握するため、土壌深度 20cm の土壌試料から微生物脂質を抽出し、その分子レベル ¹⁴C 測定を行った。さらに土壌中 CO₂ の ¹⁴C 測定を行った。

4. 研究成果

20-25cm 深の土壌内微生物の炭素動態を調べるため、乾燥重量数百グラムの土壌からリン脂質脂肪酸 (PLFA) を抽出し、それらの ¹⁴C 年代測定を行った。抽出された PLFA は、遊離脂肪酸 (C14-C18) から、メチルエステル化したのち、分取キャピラリーガスクロマトグラフ (PCGC) を用いて、分取・精製された。分取された脂肪酸量は、10 マイクログラム炭素前後であった。14C 年代の結果は、7000 年から 12000 年だった。これは、同層準の土壌有機炭素の 14C 年代の結果、約 30000 年と比較すると新しいものであった。しかし、土壌 CO₂ の年代、3000-7000 年と近い値を示した。

これは、現在、生息している微生物の炭素源が、バルク有機炭素よりもさらに新しい炭素を資化していることを示唆している。氷河後退による表層植生の成立過程は、比

較的近年であることを推測すると、現在、生息している微生物は、化石炭素に加えて、よりフレッシュな炭素を選択的に利用していることを示唆しているかもしれない。

土壌 30cm 深と 40cm 深において採取した土壌内 CO₂ の ¹⁴C 年代は、3000-7000 年と古く、fossil carbon の微生物による分解が示唆された。土壌内 CO₂ の起源としては、土壌微生物による土壌有機物の分解と植物の根呼吸があげられる。本調査地点では、植物体の根が、表層 10cm 以浅までしか到達していないことを現地調査から確認している。したがって、土壌 10cm 以深の CO₂ の起源は主に微生物呼吸によるものと考えられる。しかしながら、永久凍土の融解による凍土から脱ガスした CO₂ の寄与も考えられるが、脱ガスの影響は大きくないと考えられた。

以上の結果から、炭素源として多くが化石炭素からなる環境に生息する微生物は、従属栄養代謝において、難分解性の化石炭素とともに、選択的により新鮮な有機炭素（主に水溶性有機炭素）を用いた代謝が行われていることがわかった。水溶性有機炭素(DOC)の利用による活性の度合いについては、この時点では不明であるが、今後の温暖化による水分環境（降雪量、降水量の増加）の変化と表層の植生からの水溶性有機炭素の土壌深部への輸送量が増加した場合、DOC が触媒となって、難分解性の化石炭素の分解がさらに促進されるかもしれない。

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 4 件)

(1)内田昌男、熊田英峰 (2016) 小型加速器質量分析装置の進歩と環境・地球化学研究への応用. ぶんせき 500, 310-317.査読なし

(2) Iwahana G., Harada K., Uchida M., Tsuyuzaki S., Saito K., Narita K., Kushida K., Hinzman L. (2016) Geomorphological and geochemistry changes in permafrost after the 2002 wildfire in Kougarak, Seward Peninsula, Alaska. Journal of Geophysical Research : Earth Surface, 121(9), 1697-1715.査読あり

(3) Iwahana G., Uchida M., Liu L., Gong W., Meyer F.J., Guritz R., Yamanokuchi T., Hinzman L. (2016) InSAR detection and field evidence for thermokarst after a Tundra wildfire, using ALOS-PALSAR. Remote Sens, 8(3), 218 査読あり

(4) Sasaki M., Kim Y. W., Uchida M., Utsumi M. (2016) Diffusive summer methane flux from lakes to the atmosphere in the Alaskan arctic zone. **Polar Science**, 10 303-311. 査読あり

〔学会発表〕(計 3 件)

(1)M. Uchida, M. Uchida, H.Kumata, K. Mantoku, Evidence of Heterotrophic Microbial Decomposition of Preaged Carbon in Arctic soil; Implications from radiocarbon analysis of phospholipid fatty acids (PLFAs), Radiocarbon Conference, Trondheim, Norway, 2018.

(2)M. Uchida, K. Mantoku, T. Kobayashi. (2017) Recent update of ultra micro-scale radiocarbon analysis, 14th International conference of accelerator mass spectrometry, Ottawa Canada, August, 2017.

(3) 尾村 宏美, 青木 元秀, 内田 達也, 梅村 知也, 熊田 英峰, 2015 堆積物試料中のバクテリア細胞膜由来ホパノイドの抽出方法の検討, 第 22 回クロマトグラフィーシンポジウム, 近畿大学(東大阪), 2015/5/28-30

6 . 研究組織

(1)研究代表者

内田 昌男 (UCHIDA MASAO)

国立環境研究所・環境計測研究センター・

主任研究員

研究者番号：50344289

(2)研究分担者

熊田 英峰 (KUMATA HIDETOSHI)

東京薬科大学・生命科学部・講師

研究者番号：60318194

(3)研究分担者

内海 真生 (MOTOO UTSUMI)

筑波大学・環境生命系・准教授

研究者番号：60323250