

機関番号：12102
 研究種目：基盤研究 (B)
 研究期間：2008 ～ 2010
 課題番号：20405003
 研究課題名 (和文) 北緯 80 度カナダ北極圏における温暖化影響評価の為の土壤炭素動態に関する観測調査
 研究課題名 (英文) Observational study for impact assessment of global warming on soil carbon dynamics at the 80N Canadian arctic circle region
 研究代表者
 内海 真生 (UTSUMI MOTOO)
 筑波大学・大学院生命環境科学研究科・准教授
 研究者番号：60323250

研究成果の概要 (和文)：温暖化により急激な気温上昇が予想される北極域の土壤炭素循環動態変化予測に資するデータを得ることを目的に、カナダ北極エルズビア島およびノルウェー領スバル諸島ニーオルスンで現地調査を行った。両島の氷河退行域に植生等を考慮したトランセクトおよび観測点を設定し、チャンバー法による土壤呼吸速度測定および、深度別土壤ガス・土壤試料採を採取した。各点の土壤呼吸速度や土壤特性などを解析した結果、氷河退行時期や植生・永久凍土深度の違いにより土壤呼吸速度やメタンフラックスが変化していることが判明した。

研究成果の概要 (英文)：To obtain data of the dynamics of soil carbon cycle in the Arctic region where a rapid temperature rise would be expected by Global warming, the field investigation study was carried out at glacier retreat area in the Elsemir island (Canada) and Ny-Alesund (Spitsbergen island, Norwegian). We set up the investigation points belong to the transect line at each island considering with glacier retreat time and vegetation. At the each points, we measured soil respiration rates by chamber method, and collected soil gas and soil samples. The soil respiration rate and methane flux were changed by the difference of glacier retreat time, vegetation and permafrost layer depth.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2009 年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2010 年度	300,000	90,000	390,000
年度			
年度			
総計	7,200,000	2,160,000	9,360,000

研究分野：環境動態解析

科研費の分科・細目：環境動態解析

キーワード：温暖化影響、北極圏、土壤生態系、土壤呼吸

1. 研究開始当初の背景

北極・高緯度域は、温暖化による温度上昇の影響を最も強く受ける地域として注目さ

れている。北極の平均気温は、過去 100 年間で世界平均上昇率の約 2 倍の速度で上昇しており、今後も温暖化の進行によって気温の

上昇が深刻化すると予想されている。さらに、2007年夏には、北極海の海水面積が1978年から開始された衛星観測史上最小となったことが確認された。この海水面積の減少はIPCC第4次報告書で予測されている減少を大幅に上回る速度であった。また、海底堆積物コアを用いて過去の気候変動記録を復元した多くの研究は、過去に起きた温暖化などの急激な気候変動の最初の兆候が、北半球高緯度で最初に起きたことを示しており、温暖化をはじめとする気候変動に対して脆弱な北極・高緯度域における環境変化を評価することは、地球レベルの気候変動を予測するためにも重要な課題である。

陸域の氷河や氷床も、これまでの予想を上回る速度でその面積を急激に小さくしている。温暖化の進行に伴う氷河の後退は、陸上炭素循環にも大きな影響を与えると予想されるが、これらに関する十分な知見は未だ無い。現在、スバル諸島を含む北極圏並びにアラスカ、シベリアなどの広大なツンドラ地帯では、地球の歴史上最も気温の高かった中生代の海で大量に堆積した有機炭素（fossil carbon）を含む地層が基盤の多くを形成している。これらの fossil carbon を大量に含んだ地層は、その多くがこれまで氷河・氷床に覆われていたため、低温かつ嫌気的な状態で、現在までほぼ過去1万年の間、長期に安定に存在してきた。しかし、近年の急速な氷河・氷床の後退によって、長く安定に存在してきた fossil carbon 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てきている。大気に暴露された fossil carbon の地層は速やかに土壌微生物や地衣類などの陸上植生の進入を受けることになり、容易に分解され、さらに温暖化を加速する正のフィードバックを引き起こす可能性がある。ノルウェー王国スバル諸島の氷河後退域における陸上炭素循環に関する先行研究から、「氷河後退域・永久凍土融解土壌では、土壌呼吸により放出される炭素量が、表層植物バイオマスの全分解量を上回る規模である」ことが判明し、この原因が、「温暖化に伴う気温上昇によって活性化した土壌微生物群集による新たな土壌内有機炭素の分解、もしくは永久凍土融解によって放出されたCO₂やメタンの微生物による酸化分解由来のCO₂によるものである」ことを示すデータが得られつつある。スバル諸島以外の地域においても、今後の温暖化の進行に伴う環境変動により、微生物による fossil carbon 由来の新たなCO₂放出源（ホットスポット）が、生態系炭素循環に影響を与える規模で生じる可能性があるが、北極・高緯度域におけるこれらの観測データは不足している。

2. 研究の目的

そこで本研究では、スバル諸島以外の北極・高緯度地域、特にこれまでほとんど調査・研究が進んでいないカナダ高緯度地域において、fossil carbon 分解・放出のポテンシャルを評価し、北極・高緯度地域の土壌圏温暖化影響評価に広く応用可能な評価手法を確立・構築することを目的に海外調査研究を実施した。

3. 研究の方法

(1) 調査地の選定と調査の実施

本研究ではカナダ北極エルズビア島（北緯80度）を調査地に選定した。理由として、国際極域観測基地がノルウェー政府により設置されこれまでに先行研究が行われているノルウェー北極海スピッツベルゲン島（ニールスン）同様に、氷河の後退が毎年進行しており急激な温暖化による環境変化を受けている地域の一つであること、また、エルズビア島では、国立極地研究所が2001年から陸域生態調査を始めており、本研究を遂行するにあたり必要となる現地の情報を得られること、が挙げられる。



図1 研究対象地としたカナダ・エルズビア島ならびにノルウェー・スピッツベルゲン島（写真はエルズビア島氷河後退域調査地点）

カナダ北極エルズビア島（北緯80度）を調査地とし、国立極地研究所の協力を得て2008年6月28日から7月19日の期間に現地調査を実施した（図1）。また、2009年以降

エルズミア島での現地調査が実施不可能となったことから、2009年8月9日から8月16日および2010年7月11日から7月28日の2回、エルズミア島とほぼ同緯度に位置し、比較対象地となり得るノルウェー・スピッツベルゲン島（ニーオルスン）において同様の現地調査を実施した。

ニーオルスンは、1912年以来気象観測が開始され、日本を含め多くの国の極地研究機関が集結し、様々な気象観測を行っている。このような長期間にわたる気象観測データの蓄積がある調査地は、北極域においては現在ニーオルスンのみである。

(2) 観測点の設置と観測項目

エルズミア島氷河退行域の現地調査地において、氷河末端より海岸に向かって約8.3 kmの間に観測トランセクトを設定し、氷河後退時期の違いおよび植生等を考慮しトランセクト上に観測点を決定した。各観測点で、土壌温度等の現地計測可能な環境因子を測定し、チャンパー法による土壌呼吸速度測定およびガス試料採取、深度別土壌ガス試料および土壌分析用試料を採取した。

ノルウェー・スピッツベルゲン島（ニーオルスン）においてもエルズミア島で行った現地調査と同様の測定および試料採取を実施した。ニーオルスン氷河退行域調査地でのトランセクト設定および観測点は、国立極地研究所がこれまでに現地で設定しているトランセクトおよび観測点に準拠した。

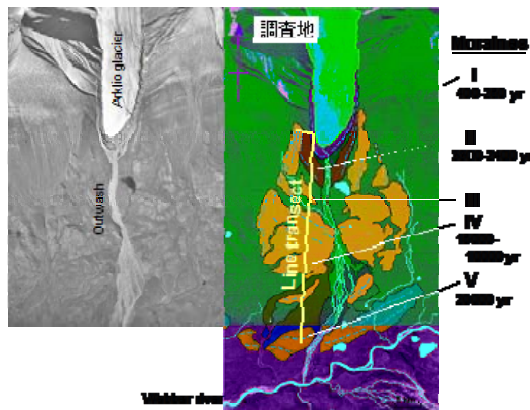


図2 カナダ北極エルズミア島の現地調査地の概要

4. 研究成果

(1) エルズミア島氷河退行域

モレーンの形成時期に応じ、最新期（図2中のI: St. 1; 80° 52.149 N, 82° 50.191 W）、新期（II: St. 2; 80° 52.059 N, 82° 50.330 W）、古期A（III: St. 3; 80° 551.598 N, 82°

49.630 W）、古期B（IV: St. 4; 80° 51.070 N, 82° 50.003 W）および最古期（V: St. 5; 80° 550.375 N, 82° 51.012 W）に観測点を設定した。

土壌二酸化炭素濃度（土壌深度30 cmおよび50 cm）は最古期（30 cm平均濃度900 ppm、50 cm平均濃度920 ppm）、古期B（30 cm平均濃度644 ppm、50 cm平均濃度625 ppm）、新期（30 cm濃度519 ppm、50 cm濃度515 ppm）とモレーン形成時期が古いほど高い値を示した。また、モレーン形成時期が同じと区分される観測点でも、植生や永久凍土到達深度に空間的なばらつきが認められた。

エルズミア島観測点における土壌メタンフラックスは観測点毎に大きく異なっていた（表1）。古期B（St. IV）の2つの観測点では、 $-0.078 \text{ mg CH}_4/\text{m}^2/\text{h}$ （St. IV-1）および $0.025 \text{ mg CH}_4/\text{m}^2/\text{h}$ （St. IV-2）という吸収および放出の値が得られたが、この違いは永久凍土到達深度および植生の違いによるものと考えられた。土壌によるメタン放出および吸収速度は、温帯や寒帯地域と比較すると高いものではなかった。

表1 カナダ北極エルズミア島調査点のメタンフラックス

date	site	CH ₄ conc. (ppm)	CH ₄ flux (mg CH ₄ /m ² /h)
2008.7.6	St.3-2	2.6	-0.09
2008.7.8	St.2	2.8	-0.004
2008.7.10	St.5	2.5	-0.024
2008.7.11	St.3	2.6	-0.002
2008.7.11	St.4-1	3.0	-0.078
2008.7.11	St.4-2	2.5	0.025
2008.7.12	St.4	2.6	-0.028
2008.7.12	St.5-1	2.7	-0.002
2008.7.12	St.5-2	2.6	0.001

(2) ニーオルスン氷河退行域

エルズミア島との比較検証を念頭に氷河退行域に St. A03 (78° 55.567 N, 11° 50.747 E)、St. A04 (78° 55.492 N, 11° 49.979 E)、St. A06 (78° 55.364 N, 11° 50.016 E) および St. A7 (78° 55.296 N, 11° 49.906 E) を設定した。

土壌二酸化炭素濃度は2010年では St. A03（20 cm平均濃度348 ppm、40 cm平均濃度722 ppm、50 cm平均濃度636 ppm）、St. A06（30 cm濃度395 ppm、40 cm平均濃度452 ppm、50 cm平均濃度670 ppm）、St. A07（20 cm濃度458 ppm、40 cm濃度653 ppm、50 cm濃度691 ppm）と観測点によらずほぼ同程度の値を示した。これはニーオルスン調査域の植生がエルズミア島調査域と比較した場合、貧弱でモレーン形成時期によらず類似したものであることが原因であると考えられる。エルズミア島と比較すると緯度はニーオルスンが低い、永久凍土到達深度は50 cm深度までではいずれの観測点でも確認出来なかつ

た。

ニーオルスン観測点における土壌メタンフラックスは観測点毎の違いはほとんど認められず、その値は $-0.006 \text{ mg CH}_4/\text{m}^2/\text{h}$ (St. A04) から $0.012 \text{ mg CH}_4/\text{m}^2/\text{h}$ (St. A07) の低い範囲にあった (表 2)。ニーオルスン土壌からのメタン放出および吸収速度は、エルズミア島観測点の同時期のメタンフラックスと比較しても低く、土壌深度や土壌中有機炭素量が大きく異なっていることが考えられる。

表 2 スピッツベルゲン島ニーオルスンのメタンフラックス

date	site	CH ₄ conc. (ppm)	CH ₄ flux (mg CH ₄ /m ² /h)
2009.8.11	St.A03	2.2	-0.003
2009.8.11	St.A06	2.4	0.005
2009.8.12	St.A07	2.5	0.007
2010.7.17	St.A06	2.2	0.002
2010.7.20	St.A04	2.3	-0.006
2010.7.21	St.A03	2.3	0.004
2010.7.21	St.A06	2.4	-0.002
2010.7.22	St.A07	2.3	0.012

エルズミア島およびニーオルスン氷河退行域の現地調査から、近年両島とも急激に氷河の退行速度が上昇していることも判明した。将来的な温暖化影響予測に資するデータを得るためにも、本島での継続的な現地調査研究が必要であると言える。

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 3 件)

- ① Uchida, M., Kumata, H., Koike, Y., Tsuzuki, M., Uchida, T., Fujiwara, K., Shibata, Y. Radiocarbon-based source apportionment of black carbon (BC) in PM10 aerosols from residential area of suburban Tokyo. Nucl. Instrum. Methods B. (査読有), 267(708):1120-1124, 2010.
- ② 内田昌男, 内田雅己, 熊田英峰, 高橋善幸, 大塚俊之, 内海真生, 近藤美由紀, 中坪孝之, 柴田康行. 気候変動と高緯度北極土壌圏—土壌有機炭素リザーバーへの温暖化影響—. 月刊地球, (査読無), 30:216-229, 2008.
- ③ 中坪孝之, 内田雅己, 村岡裕由, 野田響, 吉竹晋平, 内田昌男. 気候変動と高緯度北極陸上生態系—炭素循環を中心に—. 月刊地球, (査読無), 30:240-250, 2008.

[学会発表] (計 15 件)

- ① Saha, M., Kumata, H., Uchida, M., Takada, H. Compound Class Specific Radiocarbon Analysis (CCRSA) of PAHs from Highly Contaminated Kolkata Canal Sediments. Accelerator Mass Spectrometry 2011, 2011.3.20, Wellington, New Zealand.
- ② Uchida M., Utsumi, M., Kondo, M., Takahashi, Y., Uchida, M. Evidence of heterotrophic microbial decomposition of preaged carbon in Arctic soil; Insights from molecular level natural radiocarbon analysis. AGU 2010 Fall Meeting, 2010.12.15, San Francisco, USA.
- ③ Uchida, M., Uchida M., Utsumi, M., Kondo, M., Takahashi Y., Shibata Y. The heterotrophic respiration using old carbon in arctic soil: Insights from compound-specific radiocarbon analysis. Second International Symposium on the Arctic Research, 2010.12.8, Tokyo, Japan.
- ④ 近藤美由紀, 内田昌男, 金 龍元, 内海真生, 篠崎鉄哉, 榎本浩之, 柴田康行. アラスカのツンドラおよび北方林における土壌炭素の蓄積と分解について, 国際極年 2007-2008 シンポジウム, 2010.3.1, 東京 (日本学術会議講堂)
- ⑤ Kondo, M., Uchida, M., Uchida, M., Ohtsuka, T., Yoshitake, S., Kanda, H., Koizumi, H., and Makatsubo, T. Isotopic signatures of soil organic carbon and its relation to Vegetation in a successional glacier foreland in Ny-Alesund, Svalbard. The 10th Arctic Science Summit Week, 2009.3.25, Bergen, Norway.

[図書] (計 1 件)

- ① ウォレス・S・ブロッカー、ロバート・クンジグ 著、内田昌男—監訳、東郷えりか—訳、河出書房新社、CO₂ と温暖化の正体 FIXING CLIMATE、2009 年、350 ページ

[その他]

ホームページ等

http://researchmap.jp/Motoo_UTSUMI/

- ## 6. 研究組織
- (1) 研究代表者

内海 真生 (UTSUMI MOTOO)
筑波大学・大学院生命環境科学研究科・准
教授
研究者番号：60323250

(2) 研究分担者

熊田 英峰 (KUMATA HIDETOSHI)
東京薬科大学・生命科学部・助教
研究者番号：60318194

内田 昌男 (UCHIDA MASAO)
独立行政法人国立環境研究所・化学環境研
究領域・研究員
研究者番号：50344289

内田 雅己 (UCHIDA MASAKI)
国立極地研究所・研究教育系・助教
研究者番号：70370096
(平成 20 年度のみ分担研究者)