

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 24 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23710001

研究課題名（和文）

熱帯泥炭地域における土壌中のガス動態とそれに及ぼす水分条件の影響

研究課題名（英文）

Soil gas dynamics affected by moisture condition in tropical peatland area

研究代表者

濱田 洋平（HAMADA YOHEI）

北海道大学・大学院地球環境科学研究院・特任助教

研究者番号：50323267

研究成果の概要（和文）：

インドネシアの熱帯泥炭地域において、地下水中の溶存ガス濃度の測定手法を確立し、泥炭土壌中の温室効果ガス（GHG）動態とそれに及ぼす水分や火災の影響を評価した。測定の結果、CO₂の放出は排水された自然林で最も高かったのに対し、メタンの放出は湛水した火災跡地で最も高かった。自然林では湛水条件でもメタン濃度は低く、根系を介した酸素の供給の可能性が示唆された。排水された火災跡地では、土壌表層におけるメタン酸化がメタン放出を抑制しており、水位の回復によって放出が増加する可能性がある。

研究成果の概要（英文）：

Methods for measuring dissolved gas concentrations were developed and applied to evaluate the greenhouse gas (GHG) dynamics in tropical peatland soil in Indonesia and the effect of environmental factors including water level and fire. Emission of CO₂ was highest in drained natural forest, while that of methane was highest in flooded burnt area. Low methane concentrations in flooded natural forest implied the importance of oxygen supply via plant roots. Methane flux from drained burnt area would be controlled by methane oxidation in shallow soil layer, suggesting the increase of methane emission after the recovery of water level.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：熱帯泥炭・湿地土壌・温室効果ガス・溶存ガス濃度・インドネシア

1. 研究開始当初の背景

本研究で対象とする熱帯泥炭地域は、高温・湿潤な条件下における高い生産性と分解抑制のため大量の土壌炭素を蓄積している。熱帯泥炭が最も広く分布するインドネシアでは、近年の乱開発によって生じた乾燥化による泥炭の分解促進および火災の頻発のため、最大で世界の化石燃料由来の年間 CO₂ 放出の 13～40%に相当する炭素が放出されている (Page et al. 2002)。

このような社会的関心の高まりに応じて、熱帯泥炭地域における炭素収支やそれに及ぼす乾燥化の影響についての研究が近年進められている。しかし、従来の研究は、地表面におけるチャンバー測定 (Jauhainen et al. 2005; 2008) やそれにタワー観測を組み合わせたもの (Hirano et al. 2007; 2009) が主体であり、土壌内部のガス動態に着目した研究はなされていない。泥炭土壌中のガス動態を考える場合、特にメタンについては、嫌気的な土壌深層で生成されたメタンが好氣的

な土壌表層で吸収されるという、同一プロファイル中で逆向きの現象が生じている可能性がある。このように複雑な土壌内部のガス動態の解明は、今後の自然あるいは人為的な環境変化に対する熱帯泥炭の分解過程を評価・予測する上で不可欠である。

【引用文献】

Hirano et al. (2007): *Global Change Biology*, **13**, 412-425.

Hirano et al. (2009): *Ecosystems*, **12**, 873-887.

Jauhainen et al. (2005): *Global Change Biology*, **11**, 1788-1797.

Jauhainen et al. (2008): *Ecology*, **89**, 3503-3514.

Page et al. (2002): *Nature*, **420**, 61-65.

2. 研究の目的

温暖化対策上、早急な対応が必要なインドネシアの熱帯泥炭地域において、主要な温室効果ガス (GHGs; 本研究では CO_2 ・メタン・亜酸化窒素の3つを扱う) および泥炭の酸化分解に關与する溶存酸素 (DO) の動態を、生成・吸収速度の深度分布とそれに及ぼす水分条件の影響の観点から明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

研究対象地域として、インドネシア中央カリマンタン州パラカラヤ市周辺の熱帯泥炭地域を設定した。異なる地表面条件として自然林と火災跡地を選定し、それぞれ排水の影響の大きい場所と小さい場所に観測地点を設定した。

2011年4月～11月にかけて、測定手法の開発と現地での試験を行った。それに基づき、2011年12月～2012年5月にかけて雨季におけるGHG動態の観測を、それに続く1年間に通年でGHG動態の観測を、原則として月1回行った。研究代表者が渡航できない月には、現地の大学スタッフに調査の代行を依頼した。

地表面におけるGHGフラックスは、密閉チャンバー法により測定した。溶存濃度の測定には、新規に開発した溶解平衡チャンバー (後述)、ならびに従来行われている、採取後に水と空気を攪拌してシリンジ内で平衡させる方法の2つを併用した。ガス濃度は、 CO_2 は現地に設置された赤外線ガス分析計で、メタンと亜酸化窒素はサンプルを日本に持ち帰りガスクロマトグラフィーで、それぞれ測定した。

4. 研究成果

(1) 大気の影響を受けにくい地下水のDO濃度の測定法の開発

DOセンサーとして、蛍光式溶存酸素計を採用した。この方式は比較的新しく、従来使用されているガルバニ電池式に比べ、使用中のDO消費がなく攪拌を行う必要がないとされている。センサー先端と容量50mLのシリンジを塩ビ管用の異径コネクターを介して接続し、コネクター側面には2か所に穴を開けて軟質塩ビ製のチューブ2本を繋いだ (図1)。チューブ先端の三方活栓を切り替え、間隙水サンプラーを通して一方のチューブから間隙水を採水し、もう一方のチューブから排水した。

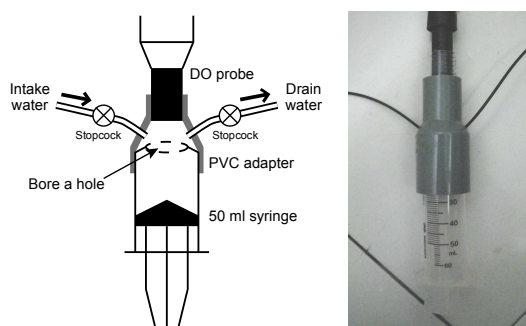


図1. DO測定装置の概要

測定値は、シリンジ内に残留している大気や一つ前の試料の影響を避けるため、1回目の吸引時の値は読み捨て、2回目以降の値を記録した。その結果、一つ前の測定値とDOが大きく異なる場合に、測定値が安定するまでに多くの吸引回数が必要となることが分かった。間隙水の吸引を過度に繰り返すと、他深度からの移流の影響が無視できなくなるため (吸引範囲を完全な球形と仮定すると、10回吸引した場合 (500mL) の半径は間隙率90%で5.1cm, 80%で5.3cm), 吸引は10回を上限とした。その後、得られた連続データからExcelのソルバー機能を用いた収束計算を行い、DOの真値を決定した (図2)。

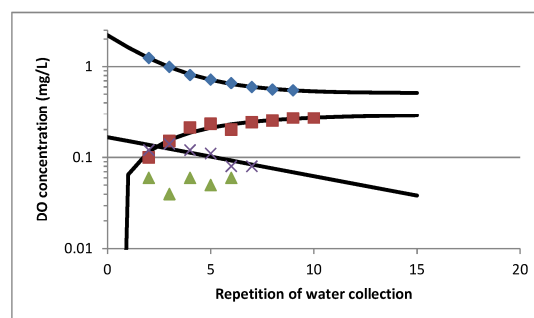


図2. 収束計算によるDO決定の事例

(2) 溶解平衡チャンバーの開発と適用

地下水中に溶解している GHG 濃度を測定するため、溶解平衡チャンバーを作成した(図3)。測定の原理は、所定の深度に設置した小空間(チャンバー)に空気を充填し、しばらく放置して周囲の地下水と溶解平衡に達した後、空気を回収して分析を行うというものである。試験観測の結果、CO₂と亜酸化窒素については一週間程度で平衡に達した一方、メタンは平衡に達するまでに非常に長い時間を要し、実用上問題があることが分かった。この理由として、メタンの水への溶解度が他の2つに比べて著しく低いため、チャンバー内の空気と接触した水面付近の溶存メタンがほぼすべて空気中に移動してしまい、それを補うための溶存メタンの拡散輸送が間に合わず、溶解平衡を律速している機構が想定された。

この試験結果に従い、溶解平衡チャンバーの適用は、測定手法の都合上多めのサンプルガスが必要となるCO₂に限るものとした。さらに雨季における観測の結果、CO₂濃度が十分高く希釈によって容量を増加することができるかと判断したため、2012年5月以降はCO₂も含めて従来の方式を適用した。

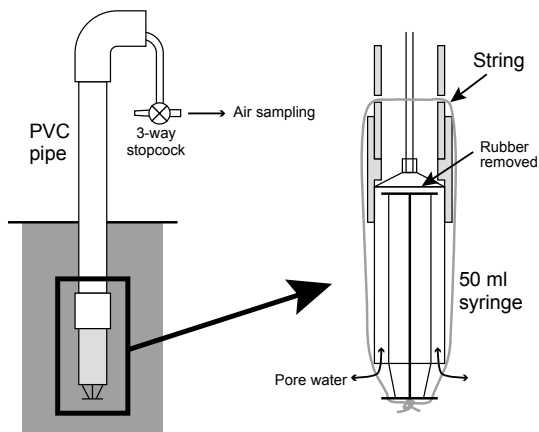


図3. 溶解平衡チャンバーの概要

(3) DO 濃度のプロファイル

測定された間隙水中の DO 濃度は 0.1~0.2mg/L となった(図4)。これは地上大気と平衡状態にある水中の濃度(約8mg/L)の1~3%に相当し、泥炭層中における DO の大きな消費を示唆する値である。湛水している地表水中の DO 濃度は間隙水よりも高かったが、大気との平衡濃度よりも概して低く、1mg/L 以下になる場合もあった。深度による違いは明瞭ではなかった。一方、地表面状態による違いも明確ではないものの、自然林で0.1~0.3mg/L、火災跡地で0.1mg/L前後と、自然林でより高い値が見られることがあった。この理由として、火災による泥炭層の透水性の低下や気根を持つ樹木の焼失などの影響が考えられる。

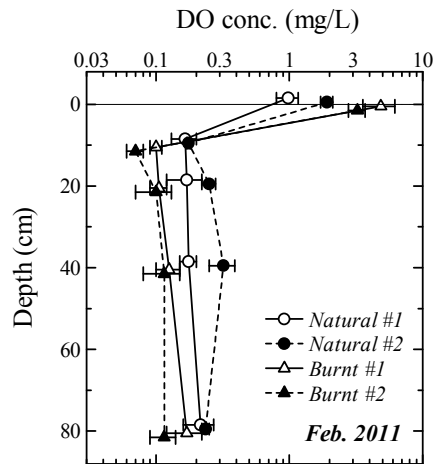


図4. DO 濃度のプロファイル

(4) GHG のフラックスと溶存濃度

雨季における地表面からの GHG フラックスを測定したところ、CO₂放出は排水の進んだ自然林で大きく、排水の進んだ火災跡地で小さくなった。メタン放出は湛水した火災跡地で有意に大きく、湛水した自然林がそれに続き、排水の進んだ場所では火災の有無を問わず小さかった。N₂O フラックスはいずれの地点でも極めて小さかった。

これら3種のGHGについて、地球温暖化係数(GWP; CO₂は1, メタンは25, N₂Oは298)を掛け合わせてGWPフラックスを計算したところ、排水の進んだ自然林と湛水した火災跡地で大きくなった(図5)。前者はCO₂が大半を占めたのに対し、後者ではメタンの割合が18~25%に達した。N₂Oの寄与はほとんどなかった。

溶存ガス濃度については、CO₂は排水の進んだ自然林でやや高く、メタンは火災跡地で極めて高くなった。排水された火災跡地では、メタンのフラックスおよび表層付近の濃度が湛水した火災跡地よりも低く、表層付近におけるメタン酸化の可能性が示唆された。これに対して、湿原でのメタン生産を制御する因子の1つであるDOには、有意な地点間差は見られなかった。N₂Oは、排水の進んだ自然林でまれに高濃度が観測された以外は全般的に低かった。

自然林で溶存メタン濃度が低い一方、DOに差がなかったことから、自然林に存在する樹木の通気組織による酸素供給とそれが根系近傍で直ちに消費されるというメカニズムが考えられる。また、排水条件でのメタンフラックスの小ささや火災跡地からのGWP放出に占めるメタンの割合を考慮すると、現状の植生のまま水位を回復すると、CO₂放出の削減をメタン放出が打ち消し、GHG放出が抑制されず、逆に増加するかもしれない。火災跡地では、水位とともに植生を回復させることが重要である。

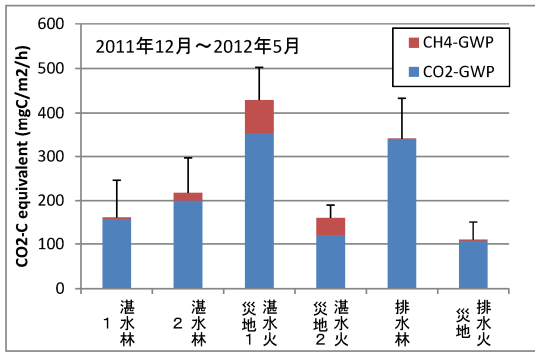


図5. 雨季の地点別 GWP フラックス

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0件)

※投稿準備中1件あり

[学会発表] (計4件)

F.F. Adji, 濱田洋平, U. Darung, S.H. Limin, 波多野隆介: Relationships among dissolved gases and environmental factors under different land use in tropical peatland, Central Kalimantan, Indonesia. 日本土壌肥料学会 2012 年度鳥取大会, 2012 年 9 月 4 日~6 日, 鳥取大学 (鳥取市)

Hamada Y., F.F. Adji, R. Hatano, U. Darung, S.H. Limin: Dissolved gas measurement under flooded wetland soils. 10th International Conference of the East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies, 2011 年 10 月 10 日~13 日, Cinnamon Lakeside Hotel (コロンボ, スリランカ)

濱田洋平, F.F. Adji, 波多野隆介, U. Darung, S.H. Limin: 湛水した湿地土壌中に存在する溶存ガス濃度の測定法の開発. 水文・水資源学会 2011 年度総会・研究発表会, 2011 年 8 月 30 日~9 月 1 日, 京都大学 (宇治市)

濱田洋平, F.F. Adji, 波多野隆介, U. Darung, S.H. Limin: 湿地土壌中における溶存酸素濃度の測定法. 日本土壌肥料学会 2011 年度つくば大会, 2011 年 8 月 8 日~9 日, つくば国際会議場 (つくば市)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]
特記事項なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

濱田 洋平 (HAMADA YOHEI)

北海道大学・大学院地球環境科学研究院・

特任助教

研究者番号: 50323267

(2)研究分担者

()

研究者番号:

(3)連携研究者

()

研究者番号:

(4)研究協力者

Fengky F. Adji (FENGKY F. ADJI)

北海道大学・大学院農学院・院生

研究者番号: -