

平成 2 1 年 6 月 4 日現在

研究種目：基盤研究（B）
研究期間：2006～2008
課題番号：18310005
研究課題名（和文） 温暖化に伴う土壌有機物の動態解析と森林生態系変化予測

研究課題名（英文） Dynamics of soil organic matter under global warming and the forecast of the changes in forest ecosystem

研究代表者
東 照雄（HIGASHI TERUO）
筑波大学・大学院生命環境科学研究科・教授
研究者番号：20094170

研究成果の概要：ミズナラ林下の褐色森林土とシラカシ林下の淡色黒ボク土において、アクリル製の模擬温暖化チャンバー（赤外線による照射区を含む）を設置し、主に、土壌有機物の動態を解析した。その結果、とくに冷温帯の褐色森林土で土壌有機物量の明瞭な減少（地温上昇に伴う土壌呼吸量の増大を伴う）と化学構造の変化が認められた。このことは、今後の地球温暖化により森林生態系の重要な要素である土壌自体が変化する可能性を示唆している。

交付額

(金額単位：円)			
	直接経費	間接経費	合 計
2006 年度	5,400,000	0	5,400,000
2007 年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2008 年度	2,700,000	810,000	3,510,000
年度			
年度			
総 計	11,400,000	1,800,000	13,200,000

研究分野：土壌環境化学

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：温暖化、土壌有機物、森林生態系、土壌水分・温度、土壌環境応答

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、平成15年度～17年度の科学研究費補助金によって行った「温暖化に伴う土壌圏溶存有機物の動態解析に関する研究」において、野外における簡易温暖化チャンバーを用いた擬似温暖化実験によって、典型的な土壌有機物（以下、SOM）の一つである溶存有機物が、温暖化に伴って顕著な組成変化（例えば、aromaticityが増加する）を示すと同時に土壌溶液（浸透水）が酸性化することを明らかにした。この事実は、SOMの動態変化を存在形態別に研究することが極めて重要であることを端的に示している。温暖化に伴う存在形態別のSOMの動態変化と将来予

測に関する研究例はなく、温暖化と森林生態系に関する多面的研究の鍵をにぎるSOMの確実な変動予測を得ることは、CO2の吸収源あるいは供給源としての森林生態系評価と炭素フラックスのモデリングにとっても、非常に重要で緊急性の高い研究と言える。本研究は、森林生態系SOMの温暖化に対する変動を予測するために、腐植物質の凝集モデルに基づいて、既に温度・CO2濃度上昇効果が確認されている模擬温暖化チャンバーを野外に設置し、SOMの存在形態別に、その存在量、化学構造（組成）を詳細に解析するところに大きな特色を持つ。

従来の温暖化に伴う森林生態系の土壌有

機物（以下、SOM）の動態変化に関する研究の多くは、SOM 分解による土壌呼吸量の増大とその温度・水分依存性について研究されており、主に生態学的な観点からのものであった。しかしながら、SOM 自体を研究対象として、温暖化による存在形態別の SOM の存在量、化学構造（組成）に関して研究した例は、世界的に見て未だ存在しない。

2. 研究の目的

温暖化に伴う森林生態系の SOM の動態変化について、存在形態別の SOM の存在量、化学構造（組成）の変化を詳細に解析するとともに、SOM の動態変化が森林生態系に及ぼす将来的影響を予測することを研究の目的とする。

3. 研究の方法

本研究の実施期間において、2006 年度と 2007 年度の 2 年間では、冷温帯落葉広葉樹林下の褐色森林土において、また、2008 年度には暖温帯照葉樹林下の淡色黒ボク土において、野外におけるアクリル製の簡易温暖化チャンパーおよび新規に開発した赤外線チャンパーを用いた土壌の加温実験を行った。その際、定期的に、設置チャンパーを用いた土壌呼吸量の測定ならびに地温と土壌水分の測定を行った。そして、各年度の一定期間に渡る野外における加温実験（写真 1 参照）の終了後、赤外線照射を行った簡易温暖化チャンパーと簡易温暖化チャンパーのみを設置した 2 つの加温区、およびチャンパーを設置しなかった対照区から（合計 3 実験区）、土壌試料をコアサンプラーにて表層 5cm から採取し、一般理化学性（全炭素・窒素量、CEC、交換性塩基量、pH など）および SOM 分析、とくに土壌糖類と腐植物質（NaOH 抽出による簡易法と IR・ ^{13}C 固体 NMR・元素分析など）の分析に供試した。実験結果は、3 連の平均値を求め、その SD により解析した。



写真 1：野外実験の様子

左から対照区（チャンパーなし）、チャンパーのみ、そして赤外線照射区。午前 5 時から午後 5 時まで野外空気温度より 5℃高くなると電源が切れ、野外温度より 2℃高い温まで下がると電源が入るように設定した。

4. 研究成果

(1) いずれの土壌においても、地温の上昇効果が認められ（赤外線加温区で、対照区と比較して、最大 2.5℃）、土壌呼吸速度と高い相関関係を示した（図 1 参照）。しかしながら、温度依存性（ Q_{10} 値）は、2 つの土壌で異なる傾向を示し、冷温帯落葉広葉樹林下の褐色森林土で明らかに高くなる傾向を示すことから、今後の温暖化に伴う土壌呼吸量の増大は、より気温の低い土壌型（亜型）で高くなることが強く示唆された。

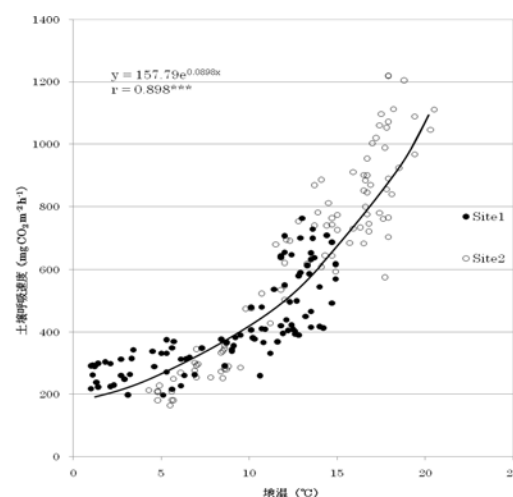


図 1. 冷温帯ミズナラ林下の褐色森林土における地温と土壌呼吸量の関係（2006 年度に Site 1, 2007 年度に Site 2 で得られたデータを示す）。

(2) 地温が高い処理区ほど、全炭素および全窒素量の減少が認められ（図 2）、SOM 量の明らかな減少、それに伴う CEC および交換性塩基量の減少など、地温上昇が土壌の理化学的諸性質に重大な影響を及ぼすことが示された。

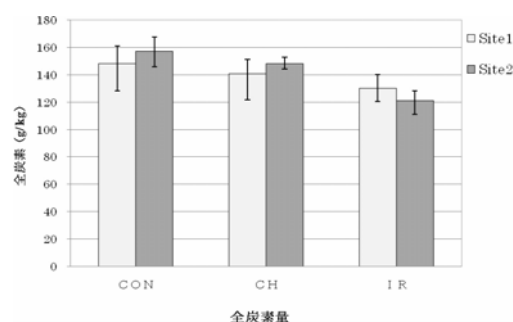


図 2. 対照区（CON）、チャンパー区（CH）および赤外線照射区（IR）における加温実験後の土壌全炭素量の比較

(3) 土壌糖類に関しては、ヘミセルロースと比べ、セルロースが著しく減少することが認められた。また、土壌試料の ^{13}C -NMR スペクトル測定から得られた存在形態別炭素の SOM 総炭素に占める炭素割合（%）と SOM 量から

求めた各形態別の炭素量 (図 3) および IR の測定によれば、地温が高いほど、とくに炭水化物炭素量が減少することが認められ、土壤糖類の結果と一致する傾向を示した。

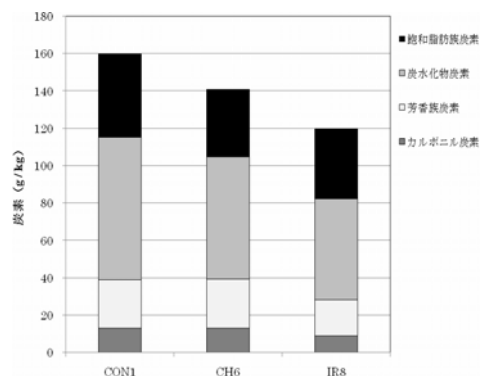


図 3. 土壤試料の ^{13}C 固体 NMR スペクトルから求めた形態別炭素の存在量の比較 (対照区 (CON), チャンバー区 (CH) および赤外線照射区 (IR))

(4) NaOH 抽出の腐植物質に関する簡易分析の結果、腐植酸量とフルボ酸量は、地温の上昇に従って (図 4 で、CON、CH、IR の順番に)、図 2 で示した SOM の減少と共に、減少する傾向が認められた (図 4)。また、腐植酸の $\Delta \log K$ と RF の値から、地温上昇に伴い腐植酸の腐植化度が進行する可能性が示唆された。しかしながら、腐植酸およびフルボ酸は、地温上昇に対する温度応答が異なり、より安定に存在すると考えられている腐植酸においてより顕著な量的変化が認められたことは、アルミニウムと結合していると考えられる腐植酸の存在形態の変化が生じているためと考えられた。

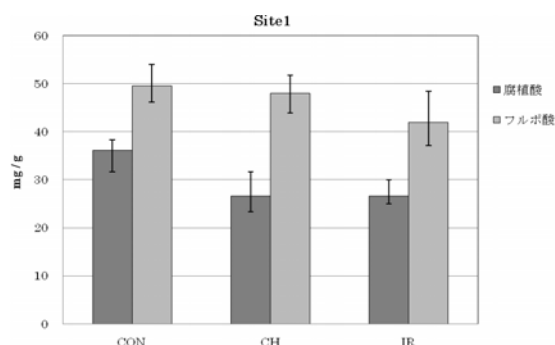


図 4. NaOH 抽出の腐植酸量とフルボ酸量の比較 (対照区 (CON), チャンバー区 (CH) および赤外線照射区 (IR))

(5) 以上の研究成果から示唆されるように、アクリル製の簡易温暖化チャンバー (赤外線照射区を含む) を用いた地温上昇効果により、土壤の理化学的諸性質のみならず、森林土壤の SOM、とくに重要な構成成分である腐植物質が、量的に減少するのみならず、化学構造的に変化することが明らかになった。また、

このような地温上昇による土壤の変化は、本研究で対象とした土壤は、いずれも火山灰由来の土壤ではあるが、冷温帯落葉広葉樹林下の褐色森林土でより明らかな傾向が認められた。つまり、今後の温暖化に伴う土壤有機物の変化は、暖温帯より冷温帯で大きくなることが強く示唆された。

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 2 件)

- (1) Satou, T. and Higashi, T. Relationships between the elution characteristics and spectrophotometric properties of water-soluble organic matter (WSOM) from mor-type O horizon. Soil Sci. Plant Nutri., 査読あり, 54, 353-361 (2008)
- (2) 川東 正幸. 腐植物質研究の基礎講座: その 2、腐植物質の特性を見誤らないために、Humic Substances Research, 査読あり, 4, 1-7 (2008)

[学会発表] (計 5 件)

- (1) 川東 正幸. 土壤生態系における DOC の動態: 収着・生分解・流出、日本土壤肥料学会シンポジウム、日本土壤肥料学会講演要旨集、p. 210、名古屋市立大学 (2008 年 9 月 11 日)
- (2) 今井 伸岳・大瀬 健嗣・佐藤 貴之・中村 智史・浅野 真希・田村 憲司・東 照雄. 褐色森林土における地温上昇に伴う土壤有機物の変化、第 55 回日本生態学会全国大会、講演要旨集、Poster. 2-246、福岡国際会議場 (2008 年 3 月 16 日)
- (3) Nakamura, S. and Higashi, T. Important role of humic acid fraction derived from charcole in soil organic matter accumulation of Amazonian dark earth, 3rd International Conference on Mechanisms of organic Matter Stabilization and De-stabilization in Soils and Sediments, Adelaide, Australia, p33, (2007 年 9 月 23 日)
- (4) 今井 伸岳・東 照雄・田村 憲司. 地温上昇に伴う土壤有機物の動態変化、日本土壤肥料学会講演要旨集、p. 188、東京農業大学 (2007 年 8 月 22 日)
- (5) 東 照雄・坂本 奈穂・大貫 敦子. 落葉広葉樹林の二次遷移に伴う土壤有機物の形態変化、日本土壤肥料学会講演要旨集、p. 115、東京農業大学 (2007 年 8 月 22 日)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

東 照雄・筑波大学大学院生命環境科学研究科・教授・20094170

(2) 研究分担者

田村 憲司・筑波大学大学院生命環境科学研究科・准教授・70211373

川東 正幸・日本大学生物資源科学部・講師・60297794

大瀬 健嗣・筑波大学大学院生命環境科学研究科・産学連携研究員・90396606 (ただし、他研究機関へ転出のため平成 18 年度まで)

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

今井 伸岳・筑波大学・大学院生命環境科学研究科・環境科学専攻・大学院生