

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月14日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2008～2011

課題番号：20248025

研究課題名（和文） 土壌圏を媒体とする物質循環のミッシングソース・ミッシングシンクに関する研究

研究課題名（英文） Missing sources and missing sinks of transport phenomena in soils  
研究代表者

宮崎 毅(Miyazaki Tsuyoshi)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授

研究者番号：00209892

研究成果の概要（和文）：本研究は、土壌圏を媒体とする物質循環を総合的に検討し、行方不明の物質（ミッシングシンク）と発生源不明の物質（ミッシングソース）を突き止めることを目的とした。その結果、(1)浅層地下水の変動がもたらす塩類の地表面集積、(2)降雨の浸透効果による土壌から大気への過剰なCO<sub>2</sub>放出、(3)土壌への有機物投与のプライミング効果によるCO<sub>2</sub>異常放出、(4)森林火災下での土壌圏内炭素循環、(5)気候変動が土壌圏における物質循環のミッシングソース、ミッシングシンクに及ぼす影響の予測、などについて新規性の高い知見が得られた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research was to make clear transport phenomena of materials through vadose zones, which are still vague mainly because of the lack of knowledge in missing sinks and missing sources of them. We succeeded in obtaining new findings: (1) salt accumulations due to fluctuations of relatively shallow groundwater levels, (2) excess CO<sub>2</sub> emission from soils to the atmosphere due to infiltration of rain water, (3) irregular CO<sub>2</sub> emission from soils to the atmosphere due to the priming effects after application of organic matters, (4) unique accumulation of carbon inside the soils under forest fire events, and (5) missing sources and missing sinks in vadose zones under possible climate changes.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	19,100,000	5,730,000	24,830,000
2009年度	10,200,000	3,060,000	13,260,000
2010年度	4,800,000	1,440,000	6,240,000
2011年度	2,800,000	840,000	3,640,000
年度			
総計	36,900,000	11,070,000	47,970,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学／農業土木学・農村計画学

キーワード：塩類集積問題、温室効果ガス、地球温暖化、物質循環、ミッシングソース、ミッシングシンク、プライミング効果、降雨浸透効果

## 1. 研究開始当初の背景

物質循環の研究が未知段階や混沌段階にあるとされる問題の多くは、現象の時間的・空間的不均一性によって解決が阻まれている

た。たとえば、温室効果ガスの代表である大気中CO<sub>2</sub>濃度は1750年頃の280ppmから2004年の377ppmへと増大したが、その元になる陸域での炭素量収支が諸説入り乱れ（混沌段

階)の状態であった。

## 2. 研究の目的

本研究は、土壌圏を媒体とする物質循環を総合的に検討し、行方不明の物質(ミッシングシンク)と発生源不明の物質(ミッシングソース)を突き止めることを目的とした。

## 3. 研究の方法

(1) 浅層地下水の変動がもたらす塩類の地表面集積については、チュニジア、ウズベキスタン、中国など、実際に問題が発生している地域を現地踏査し、これと並行して室内モデル実験、および理論的検討を実施した。

(2) 降雨の浸透効果による土壌から大気への過剰なCO<sub>2</sub>放出については、東大農学部圃場における現地連続計測によって行った。特に、気体は透過させるが液体(水)は透過させないシリコンチューブを圃場内に埋設し、リアルタイムの土壌ガス濃度を連続測定した。

(3) 土壌への有機物投与のプライミング効果によるCO<sub>2</sub>異常放出については、恒温実験室内にてインキュベーション実験を行った。有機物として、牛糞堆肥、鶏糞堆肥などを比較資材として選定した。土壌は日本国内土壌とフィリピン土壌を用いた。

(4) 森林火災下での土壌圏内炭素循環については、ボルネオ島ブキットバンキライ地区森林火災現場の踏査、東大農学部圃場におけるモデル実験、および、東大秩父演習林圃場におけるモデル実験を行った。

(5) 気候変動が土壌圏における物質循環のミッシングソース、ミッシングシンクに及ぼす影響の予測につき、東大付属農場の圃場実測データとハイドラスを用いたシミュレーション手法を用いて検証した。

## 4. 研究成果

(1) 浅層地下水の変動がもたらす塩類の地表面集積について、北アフリカ半乾燥地帯であるチュニジア中部オアシス地区(メトゥイア)において地下水位変動の連続自動測定を行った。その結果、年間150mm前後の降雨量しかない乾燥地において、地下水位が60cmから160cm程度まで、振幅100cmもの振動を頻繁に起こしている現象を見出し、「少量の降雨に対し大きな地下水位変動を観測」(図1)した事実を国際ジャーナルに投稿し受理、公刊された。さらに、「少量の降雨に対し大きな地下水位変動を起こす現象」の原理を追究し、「リサ効果」と「逆ヴェーリングメル効果」という2つの可能性を理論的及び実験的に検証し、我々が観測した現象は、「逆ヴェー

ーリングメル効果」によるものであると結論し、国際ジャーナルに投稿し受理、公刊された。

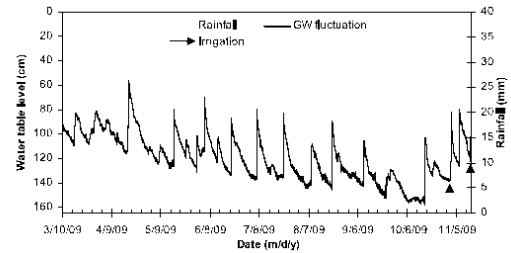


図1 チュニジアの地下水位変動

関連して、ウズベキスタンと中国の乾燥地域を現地踏査し、どちらの国においても浅層地下水の水位変動がみられ、それぞれの地域の塩類集積問題と深く関わっていることを見出した。特に中国東北部(ハルビン近郊)の数百ha農地に広がる塩類集積について、総説論文として国際ジャーナル(国際水田環境工学会誌)に投稿、受理され公表された。ウズベキスタンの場合については、国際農業研究センター報告書に寄稿した。

(2) 降雨の浸透効果による土壌から大気への過剰なCO<sub>2</sub>放出については、日常的な降雨の土壌浸透が、土壌有機物の活性に大きな影響を及ぼしていることを見出し、このことが土壌からのCO<sub>2</sub>ガス放出に及ぼす影響を、圃場実験において検証した。すなわち、土壌の深さ20cmに降雨浸透水が到達すると、迅速にこの深さでのCO<sub>2</sub>ガス濃度が増加すること(TSSR効果)を突き止めた(図2)。図中でBT-GMSと記載したのは、土中埋設型の自動ガス濃度測定装置によるデータであることを示している。この結果を、国内学術誌(農業農村工学会論文集)に投稿、査読後に受理、公表された。

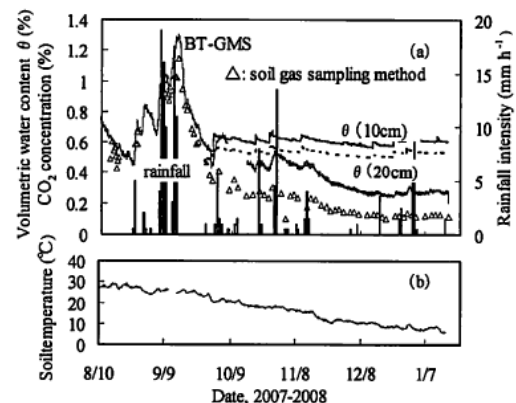


図2 降雨とCO<sub>2</sub>ガス発生の関係

(3) 土壌への有機物投与後のCO<sub>2</sub>異常放出(プライミング効果)について長期測定を行

い、有機物投与後3日以内で土壌の微生物相が劇的に変化し、多量のCO<sub>2</sub>発生が起こることを突き止め、この実験結果を、権威ある国際的総合学会ゴールドシュミット (USA) において発表 (ポスター) した。さらにこの研究を発展させ、火山灰土壌のような酸性土壌の化学性を改良するために、土壌へ石灰資材を投入することによる過剰なCO<sub>2</sub>発生現象 (もう一つのプライミング効果) の解明を行い、石灰投与後たった1日で土壌の微生物相が劇的に変化し、多量のCO<sub>2</sub>発生が起こることを突き止め、新規に発刊された国際的オンラインジャーナル (オープンジャーナルオブソイルサイエンス) に投稿、査読後に受理された。

(4) 森林火災下での土壌圏内炭素循環については、まず熱帯雨林が広がるインドネシア、カリマンタンの森林火災跡地土壌の現地調査から開始した。その結果、高熱にさらされた後の熱帯土壌の物理性・化学性の回復につき、知見を得たので、この結果を査読付き国際ジャーナル (Journal of Tropical Forest Science) に投稿、受理され公表された。さらに、模擬的な森林火災を起こして、これに伴う炭素・窒素・水動態変化をモデル実験的に検証したところ、恒温条件下での土壌水分移動特性や、酸素量が減少した土壌内における炭素移動について、それぞれ顕著な特徴を見出した。これらの成果につき、2本の査読付き論文を投稿、受理され公表された。

(5) 気候変動が土壌圏における物質循環のミッシングソース、ミッシングシンクに及ぼす影響の予測について、汎用プログラム、ハイドラスを用いて予測した。シミュレーションの精度を確認するため、過去の気候記録とそれに対応する土壌中の水分移動、熱移動、CO<sub>2</sub>移動などを実験圃場でモニタリング・記録し、将来予測に用いる汎用プログラムハイドラスの実態予測能力を検証し、十分な予測力を有することを実証した。そこで、この手法を未来の気候条件に当てはめ、未来の土壌圏物質移動を予測した。これらの検討結果を国際ジャーナル (ベイドスゾーンジャーナル) に投稿し、受理、発刊された。

なお、凍結土壌における水収支 (水循環のミッシングシンク、ミッシングソース) は、まだ解明が進んでいない水文科学分野なので、凍結土壌を用いた半屋外実験を行い、その結果を国際ジャーナル (Soil Science Society of America, Journal) に投稿、受理され公表された。

## 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37件)

- ① Tsuyoshi Miyazaki, Mohamed Khaled Ibrahim, and Taku Nishimura, Shallow Groundwater Dynamics Controlled by Lisse and Reverse Wieringermeer Effects, *Journal of Sustainable Watershed Science & Management* 1 (2): 36–44, 2012, 査読あり doi: 10.5147/jsWSM.2012.0065
- ② Chihiro Kato, Taku Nishimura, Hiromi Imoto and Tsuyoshi Miyazaki, Predicting soil moisture and temperature in the vadose zone of volcanic ash soils under a monsoon climate in Japan, *Vadose Zone Journal*, 10: 541-551, 2011, 査読あり . doi:10.2136/vzj2010.0054.
- ③ Wilfredo A. Dumale Jr., Tsuyoshi Miyazaki, Kenta Hirai, Taku Nishimura, SOC Turnover and Lime-CO<sub>2</sub> Evolution during Liming of an Acid Andisol and Ultisol, *Open Journal of Soil Science*, 1, 50-54, 2011, 査読あり DOI: 10.4236/ojss.2011.12007.
- ④ Ibrahimi Mohamed Khaled, Miyazaki Tsuyoshi, Nishikawa Kohei, Nishimura Taku, Imoto Hiromi, Experimental and Modeling Investigation of Shallow Water Table Fluctuations in Relation to Reverse Wieringermeer Effect, *Open Journal of Soil Science*, 1, 17-24, 2011, 査読あり DOI: 10.4236/ojss.2011.12003.
- ⑤ Taku Nishimura, Noriyuki Kamachi, Hiromi Imoto, Masaru Mizoguchi, Tsuyoshi Miyazaki, Prefreeze Soil Moisture and Compaction Affect Water Erosion in Partially Melted Andisols, *Soil Science Society of America, Journal*, Vol.75, No.2, 1-8, 2011, 査読あり doi:10.2136/sssaj2010.0226.
- ⑥ Mohamed Khaled Ibrahim, Tsuyoshi Miyazaki and Taku Nishimura, A high measurement frequency based assessment of shallow groundwater fluctuations in Metouia Oasis, South Tunisia, *Hydrological Research Letters*, 4, 75–79, 2010, 査読あり, *Hydrological Research Letters*, 4, 75-79
- ⑦ 遠藤敏史、常田岳志、井本博美、西村拓、宮崎毅、埋設型ガスモニタリングシステムを用いた降雨時の土壌CO<sub>2</sub>ガス濃度変化の検討、農業農村工学会論文集 Vol. 78, No.5: 25-31, 2010, 査読あり。
- ⑧ K. Seki, K. Suzuki, T. Nishimura, M. Mizoguchi, H. Imoto and T. Miyazaki, Physical and chemical properties of soil in the fire affected forest in East Kalimantan, Indonesia, *Journal of Tropical Forest Science* 22(4): 414-424, 2010, 査読あり。
- ⑨ Wilfred A. Dumale., Tsuyoshi Miyazaki, Taku Nishimura, and Katsutoshi Seki, CO<sub>2</sub> evolution

and short-term carbon turnover in stable soil organic carbon from soils applied with fresh organic matter, *Geophysical Research Letters*, Vol.36, L01301, doi: 10.1029/2008GL036436, 2009, 査読あり。

⑩Li Wang, Katsutoshi Seki, T. Miyazaki, and Y. Ishihama, The causes of soil alkalization in the Songnen Plain of Northeast China, *Paddy and Water Environment*, Vol.7, No.3:259-270, 259-270, DOI 10.1007/s10333-009-0166-x, 2009, 査読あり。

⑪小渕敦子、溝口勝、西村拓、井本博美、宮崎毅、地表面燃焼下の黒ボク土壌における撥水性発現機構、農業農村工学会論文集、263, 73-79, 2009, 査読あり。

⑫小渕敦子、西村拓、溝口勝、井本博美、宮崎毅、地表面燃焼下における土壌中の温度変化と有機物量の変動、農業農村工学会論文集、260, 31-38, 2009, 査読あり。

⑬川本治、宮崎毅、中野政詩、地すべり崩土の力学特性と変形の局所化、農業農村工学会論文集、262, 57-65, 2009, 査読あり。

⑭Shoichiro Hamamoto, Katsutoshi Seki, and Tsuyoshi Miyazaki, Effect of aggregate structure on VOC gas adsorption onto volcanic ash soil, *Journal of Hazardous Materials*, 166(1), 207-212, 2008, 査読あり。

⑮Hidetoshi Mochizuki, Masaru Mizoguchi and Tsuyoshi Miyazaki, Effects of NaCl concentration on the thermal conductivity of sand and glass beads with moisture contents at levels below field capacity, *Soil Science and Plant Nutrition*, 54: 829-838, 2008, 査読あり。

⑯Shoichiro Hamamoto, Takeshi Tokida, Tsuyoshi Miyazaki, Masaru Mizoguchi, Dense Gas Flow in Volcanic Ash Soil: Effect of Pore Structure on Density-Driven Flow, *Soil Science Society of America, Journal* 72: 480-486, 2008, 査読あり。

(他 21 件)

[学会発表] (計47件)

①宮崎毅、(招待講演) 土壌圏を媒体とする物質循環・移動の諸相、CREST「持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム」研究領域公開シンポジウム、2012年3月13日、高知市。

②宮崎毅、(招待講演) 放射能汚染に対する農耕の改良・注意点、日本地質汚染審査機構「放射能物質と農業・健康に関する公開講座」、2012年1月27日、王子北トピア。

③宮崎毅、(基調講演) 中山間地域における農地保全について、農業農村工学会農地保全研究部会研究集会、2011年11月10日、山梨県甲府市。

④宮崎毅、(招待講演) 水稲栽培と放射性物質について、全国清酒技術者会研究集会、2011

年10月19日、東京都港区。

⑤宮崎毅、(招待講演) 世界の土問題と日本の科学技術、外務省大 24 回サイエンスカフェ、2011年10月7日、外務省会議室。

⑥宮崎毅(招待講演) 食料生産と水についてー日本の食料自給率をめぐる議論ー、第2期第2回遠友水学校、2011年9月1日、中央大学工学部。

⑦宮崎毅(招待講演) 土壌の放射能汚染と農産物への影響、JA しらかわ、2011年7月21日、福島県。

⑧宮崎毅(招待講演) 水稲栽培と放射性物質について、日本酒造組合中央会清酒技術委員会、2011年7月8日、東京都。

⑨宮崎毅(招待講演) 消費者の不安に農学者が答える<大震災・原発事故・食の安全>水と土と緑を甦らせるために、2011年6月1日、日本農学会シンポジウム、弥生講堂。

⑩宮崎毅(招待講演) 暮らしの中の土、土について考える公開シンポジウム、2010年11月22日、日本学術会議

⑪Miyazaki, T. Prevention of desertification by controlling ground water and soil water. Tunisia-Japan Symposium, 2010年11月29日, El Mouradi Gammarth, Tunisia (Keynote lecture, invited)

⑫C. Kato, T. Nishimura, H. Imoto and T. Miyazaki, Applicability of hydru to Predict Soil Moisture and Temperature in Vadose Zone of Arable Land under Monsoonal Climate Region, Tokyo, 2010 19th World Congress of Soil Science, 2010年8月5日, Brisbane, Australia

⑬T. Nishimura, N. Kamachi, H. Imoto and T. Miyazaki, Mechanisms of water erosion in a partially melted, frozen Andisol, 2010 19th World Congress of Soil Science, 2010年8月5日, Brisbane, Australia

⑭W. A. Dumale, Jr., T. Miyazaki, T. Nishimura and K. Seki, Turnover of stable organic carbon and CO<sub>2</sub> evolution from soils applied with fresh organic matter. Goldschmidt A250., Tennessee, USA., 2010年6月14日

⑮T. Nishimura, K. Hirai, H. Imoto and T. Miyazaki How liming on acid soils contributes greenhouse gas emission from agricultural land, JPGU (日本地球惑星科学連合), 2010年5月26日, 幕張メッセ

⑯Chihiro Kato, Taku Nishimura, Hiromi Imoto, Tsuyoshi Miyazaki: Effects of global warming on moisture and temperature profile of vadose zone in western Tokyo, JPGU meeting, MakuHari (Japan), 2009.5

⑰Atsuko Obuchi, Masaru Mizoguchi, Taku Nishimura, Hiromi Imoto, Tsuyoshi Miyazaki: Increase in soil hydrophobicity and changes in organic matter content of organic andisol under soil surface burning, JPGU Meeting, MakuHari (Japan), 2009.5

⑱ Wilfredo Dumale, Tsuyoshi Miyazaki, Taku Nishimura, Katsutoshi Seki : Short-term turnover of stable organic carbon and CO2 evolution of soils applied with fresh organic matter, JPGU Meeting, Makuhari (Japan), 2009.5

⑲ Nishimura, T., A. Obuchi, Masaru Mizoguchi, H. Imoto and Tsuyoshi Miyazaki: Increase in Hydrophobicity of Andisol Under Soil Surface Heating, ASA-CSSA-SSSA International Annual Meetings, USA, 2009

⑳ Ibrahim, K., Miyazaki, T., Nishikawa, K., Nishimura, T., and Imoto, H.: Shallow Water Table Fluctuations in response to Added Water Events Under Semi-arid and Arid Climate Conditions, TJASSST 2009 Tunisia-Japan Symposium on Society, Science & Technology the 9th edition, 2009. Tunisia

(他 27 件)

[図書] (計5件)

① 宮崎毅、西村拓(編著)、東京大学出版会、土壤物理測定法、2011年、pp.224

② 宮崎毅(分担執筆)、社団法人農業農村工学会、改訂7版 農業農村工学ハンドブック、2010年、263-268, 272-274

③ 宮崎毅、日本経済新聞社、経済教室: グローバルな食料の安全保障—持続的生産と環境両立を—、2009年9月29日、日本経済新聞、31面。

④ Tokida, T., Miyazaki, T. and Mizoguchi, M., American Geophysical Union, Washington, DC., USA., Physical controls on ebullition losses of methane from peatlands, In Carbon Cycling in Northern Peatlands (eds. Andrew Baird, Lisa Belyea, Xavier Comas, Andrew Reeve & Lee Slater), 2009年, pp.219-228

⑤ 西村拓、農文協、最新農業技術 土壤施肥 Vol.1 世界の環境問題—アメリカの土壤問題—、2009年、p.9.

[産業財産権]

○出願状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

<http://park.its.u-tokyo.ac.jp/chisui/>

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

宮崎 毅 (Miyazaki Tsuyoshi)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授

研究者番号: 00209892

### (2)研究分担者

西村 拓 (Nishimura Taku)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・准教授

研究者番号: 40237730

井本 博美 (Imoto Hiromi)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・技術専門員

研究者番号: 40419255

### (3)連携研究者

溝口 勝 (Mizoguchi Masaru)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授

研究者番号: 00181917

関 勝寿 (Siki Katsutoshi)

東洋大学・経営学部・准教授

研究者番号: 40313069