

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 17 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究（B）（海外学術調査）

研究期間：2009～2011

課題番号：21403001

研究課題名（和文）

砂漠は二酸化炭素の吸収源か？塩類アルカリ土壌における無機態炭素動態の解明

研究課題名（英文）

Is desert a place for carbon sink? Towards clarifying the dynamics of inorganic carbon in Saline-alkaline soils

研究代表者

王 権 (WANG QUAN)

静岡大学・農学部・准教授

研究者番号：50402235

研究成果の概要（和文）：

乾燥地生態系の塩類アルカリ土壌における炭素の無機的吸収とその動態は、地球スケールの炭素循環を考える際に無視できない“Missing Carbon”について重要な関連性を秘めている可能性があるとして近年関心が高まっているが、蓄積されたデータが少なく、その評価が困難な現状にある。本研究中国北西部に広く分布する砂漠を対象に、乾燥地域の塩類アルカリ土壌における無機炭素動態の解明、及び乾燥地生態系における無機プロセスを含めた炭素収支の定量化を目的とする。具体的には、土壌分析により炭素蓄積量を把握する他、チャンバー法による土壌ガス交換、渦相関測定システムを用いた二酸化炭素フラックスの測定等を行う。さらに、リモートセンシング技術と融合することにより、乾燥地域における炭素吸収を評価する。

研究成果の概要（英文）：

Carbon sequestration by saline or alkaline soils through inorganic way and its dynamics in arid ecosystems have been linked with the “missing carbon” mystery which plays a critical role in global scale carbon cycle in recent. However, evaluation of the approach remains a dilemma due to scarcity of available data. This study tries to understand the dynamics of inorganic carbon stocks and abiotic CO₂ exchanges in most barren ecosystems in the world, which may help to solve ‘missing carbon’. In detail, soil carbon stocks are estimated by lab analysis, soil respiration is quantified by soil respiration chambers and is estimated through eddy covariance in large scale. Furthermore, remote sensing techniques are extensively involved to estimate carbon sequestration in arid area.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	10,300,000	3,090,000	13,390,000
2010 年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2011 年度	2,100,000	630,000	2,730,000
年度			
年度			
総計	15,400,000	4,620,000	20,020,000

研究分野：数物系科学 A

科研費の分科・細目：環境動態解析

キーワード：

- | | | |
|------------|---------------------|---------|
| (1) 環境動態 | (2) CO ₂ | (3) 砂漠 |
| (4) 無機態炭素 | (5) アルカリ土壌 | (6) 乾燥地 |
| (7) 無機プロセス | (8) Missing Carbon | |

1. 研究開始当初の背景

最近の研究では、アメリカ・ネバダ州のモハーヴェ砂漠において非生物学的プロセスを含む炭素吸収が温帯林の炭素吸収量と同レベルであるとの報告があり、また中国グルバンテンギユト砂漠においても夜間の二酸化炭素吸収が確認されている。しかし、これらの報告が乾燥地における現象を代表する一般的な結果であるか、また特異的なものであるかの決定は、あまりにもデータが不足しているため困難であり、著名な科学雑誌の *Science* でさえ特別記事を掲載し注目している (*Science*, 2008, Vol 320, 1409-1410)。

これらが示すように、乾燥地生態系における無機炭素動態は地球レベルでの炭素循環において無視できるプロセスではなく、この無機炭素動態に関する研究が“CO₂ missing sink”の解明につながると考えている。中国西部に位置する膨大な砂漠では、夜間の二酸化炭素吸収が報告されている。pH8.5~11 にもなる塩類アルカリ土壌が広く分布している。その広大な面積から地球規模での気候変動、炭素循環において、重要な影響を及ぼすと推測されるものである。しかし、中国において膨大な面積を持つ乾燥地域での炭素循環に関する情報はなく、こんな研究で得られる情報が地球規模の炭素循環解析・評価における情報の空白地帯を埋める貴重なものとなる点で、重要な意義を持つ。

2. 研究の目的

乾燥地域の塩類アルカリ土壌における無機炭素動態の解明、及び乾燥地生態系における無機プロセスを含めた炭素収支の定量化を目的として、二酸化炭素の吸収源・貯留庫としての乾燥地域の可能性を評価すると同時に、地球レベルでの炭素循環における‘missing carbon’の解明を目指すものである。中国北西部に広く分布する乾燥地を調査対象地とする。

3. 研究の方法

中国西北部の乾燥地域を対象として、土壌分析により無機炭素蓄積量を把握する他、チャンバー法による土壌ガス交換、渦相関測定システムを用いた二酸化炭素フラックス

の測定等を行う。さらに、リモートセンシング技術と融合することにより、二酸化炭素の吸収源・貯留庫としての広域乾燥地域の可能性を評価する。

(1) 研究サイト

- ① 中国タクラマカン砂漠の中国科学院新疆地理生態研究所アクスフィールドステーション敷地内に、60m×60mの固定調査地を設定した。当調査地は植生を持たないアルカリ性土壌の裸地である。
- ② 中国ジェンガル沙漠の中国科学院新疆地理生態研究所・阜康ステーション敷地内に、60m×60mのタマリクス保護地を設置した。当保護地はアルカリ性土壌で、約60%が裸地である。

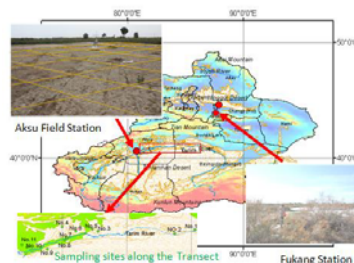


図1：上記の長期調査地、及びタリム川沿岸に設けたトランセクトの位置関係図

(2) 実地観測

- ① プロットスケール：調査地内の植生および土壌調査、地表面の分光反射測定を行った。さらに、10m 間隔の各メッシュ交点において土壌サンプリングを行い、無機炭素量、有機炭素量、電気伝導度、pH、BD、土壌水分量等を深さ 30cm まで 10cm 間隔で解析した。固定調査地 a の中央には、2009 年 9 月に渦相関システムを設置し、乾燥地アルカリ土壌における大気炭酸ガス濃度の連続測定を行っている。さらに、携帯型地表面 CO₂ ガスフラックス測定装置を用いて、異なる土壌被覆タイプによる地表面 CO₂ ガスフラックスを測定した。

- ② トランセクト：タリム川沿いにおいてアルカリ性土壌の裸地 11 点を選定し、土壌サンプリングを採取してプロットスケールと同様の試験を行った。また現地にて土壌呼吸の測定に特化したチャンバーシステムを用いて 11 点での土壌呼吸速度、ならびに分光反射特性の測定を行った。

(3) 室内実験

室内でインキュベーション実験を行い、土壌水分や塩類アルカリの違いが土壌の炭酸ガスフラックスに及ぼす影響を調べた。

実験用の塩積土壌は 3 つの異なる塩類 (NaCl, Na₂SO₄, Na₂CO₃) の水溶液を濃度別に複数作り、120 サンプルの土壌にそれぞれ含ませることで人工的に作り出した。またこの際、土壌中の水分量や塩分量が分光反射特性に与える影響を調べるため、完成した塩積土壌全ての分光反射特性を測定している。

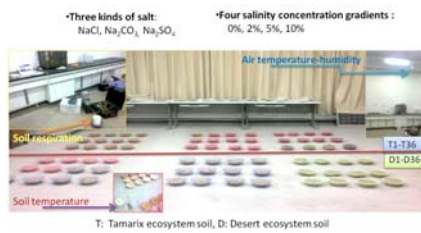


図 2：室内実験風景

(4) リモートセンシングデータ

- ① 近接リモートセンシングデータ：FieldSpec FR 分光反射計 (ASD, USA) による。
- ② 異なる空間精度 (250m, 500m, 1000m) における MODIS、NDVI、EVI プロダクトを収集した。さらに、ALOS、ASTER、TM などの他のリモートセンシングデータも同様に収集した。

(5) データ解析

- ① 分光反射指標の探索
総当たり法によって土壌塩分・土壌水分との相関が最も高い指数を特定した。
- ② INVERSION モデル
HAPKE の土壌反射モデルによって、特定した指標から土壌塩分と土壌水分を逆推定した。

4. 研究成果

プロットスケール

● アクス試験地

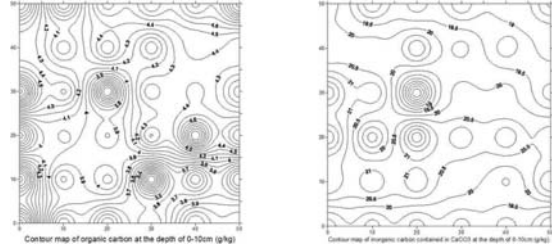


図 3：アクス試験地における無機炭素 (左) 及び有機炭素 (右) の分布

図 3 より、当試験地における無機炭素の貯蔵量は有機炭素のそれよりも大幅に多いことが解った (無機炭素/有機炭素=4.66)。

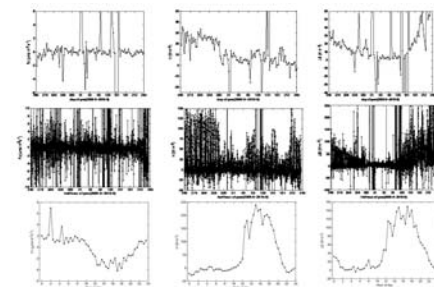


図 4：アクス試験地における渦相関のデータ

図 4 のデータより、当試験地では年間おおよそ 0.40kg/m² の炭素が放出されていることが解った。

● 阜康試験地

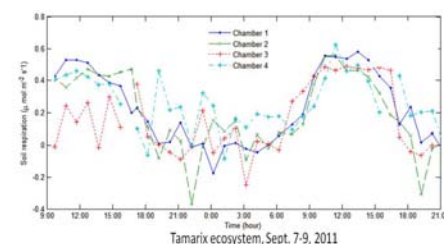


図 5：阜康試験地における炭素放出量の推定

チャンバーシステムによる測定から、当試験地における炭素の放出量が図 5 のように推定された。年間の放出量はおおよそ 0.076kg/m² であり、また夜間における炭素の吸収現象が確認された。さらにリターで被覆された箇所では高い CO₂ 放出が確認されたが、塩類集積箇所では日平均で極めて低い CO₂ 放出を示し、

僅かながら CO₂ 交換が確認された。
トランセクト

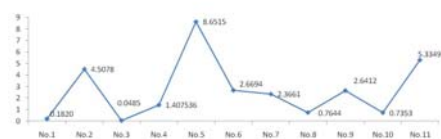


図 6：トランセクトにおける CO₂ の交換量

図 6 から、トランセクトにおいては CO₂ の吸収はほとんど見られず、ほぼすべての地点において放出が起こっていた。年間に換算すると、その量はおよそ 0.02~3.27kg/m² となった。

室内実験

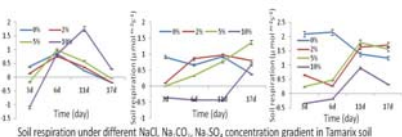


図 7：室内インキュベーション実験の結果

図 7 より、ほとんどの土壤サンプルで CO₂ の放出が測定されたが、一部高濃度の塩積土壌については CO₂ の吸収も見られた。この実験結果を統計的に分析した結果、アルカリ性土壌から放出される CO₂ の量は年間およそ 0.28kg/m₂ となった。

土壤塩積と分光反射特性の関係

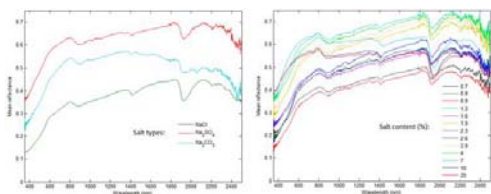


図 8：異なる土壤塩分の種類（左）及び濃度（右）と分光反射特性との関係

図 8 に見られるように土壤塩分を構成する成分並びに濃度の差異と分光反射特性の間には明らかな関係性が見られた。ここから、土壤塩分の成分並びに濃度を高精度で推定できる分光反射指標の特定に成功した。

まとめ

- (1) 塩積土壌はたいていの場合が炭素放出源として、年間 40~76gC/m² を大気中に放出していることが解った。また、夜間においては炭素が吸収される現象も確認された。
- (2) ほとんどの荒廃地において炭素流動の総和は放出に傾いたが、重塩積土

壤地においては逆の傾向も確認できた。

- (3) 荒廃地の土壌に含まれる無機炭素量は、有機炭素のそれより大幅に多く、5 倍近い差があった。
- (4) 土壌の分光反射特性は含まれる塩類の成分と濃度の両方に影響を受けるが、その影響力は成分の方が大きかった。
この度、土壌内塩分を分類するための指標を新たに開発し、分光反射特性の測定や RTM モデルから土壌内塩分を推定することを可能とした。
- (5) 現状ではリモートセンシング技術による乾燥地の炭素吸収の直接評価には至っていないが、十分なデータ量とそれに基づいたシミュレーションは充実しているため、近い将来これらを元にして上記評価を実現させるものである。

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. Naramoto, M., Wang, Q. 2012. Soil CO₂ flux from desert ecosystems in western China. *Journal of Arid Land Studies*, in press. (査読有)
2. Wang, S., Chen, X., Wang, Q., Li, P., Cao, X. 2012. Identification of the best spectral indices to remotely trace the diurnal course of water use efficiency of *Tamarix ramosissima* in the Gurbantunggut Desert, China. *Environmental Earth Sciences*, 65:11-20. (査読有)
3. Ma, Z., Chen, X., Wang, Q., Li, P., Jiapaer, G. 2012. Retrieval of leaf biochemical properties by inversed PROSPECT model and hyperspectral indices: an application to *Populus euphratica* polymorphic leaves. *Journal of Arid Land*, 4:52-62. (査読有)

[学会発表] (計 11 件)

1. Lu, S., Yin, G., Wang, Q., Kakubari, Y. 2012. Soil respiration under different salining in a typical arid ecosystem.

- Proceedings of the 123th Annual Meeting of the Japanese Forest Society at Utsunomiya, Japan, March 28, 2012.
2. Li, J., **Wang, Q.**, He, X. 2012. Effect of saline water irrigation on sand soil and the physiology and growth of *Populus euphratica* Oliv. Proceedings of the 123th Annual Meeting of the Japanese Forest Society at Utsunomiya, Japan, March 28, 2012.
 3. Li, P., **Wang, Q.** 2012. Retrieval of biochemicals for assimilating branches of *Haloxylon ammodendron* through inversed radiative transfer models. Proceedings of the 123th Annual Meeting of the Japanese Forest Society at Utsunomiya, Japan, March 28, 2012.
 4. Zheng, C., Fukunishi, I., **Wang, Q.**, Maina, J. 2012. Sap flow of *Haloxylon ammodendron* and its relation with environmental factors. Proceedings of the 123th Annual Meeting of the Japanese Forest Society at Utsunomiya, Japan, March 28, 2012.
 5. **Wang, Q.** 2011. Some recent understandings of carbon dynamics in arid land ecosystems. Shizuoka University International Symposium 2011 "Initiatives for crossing boundaries within science and technology", P246-247, Shizuoka, Japan, November 29, 2011.
 6. Li, P., **Wang, Q.** 2011. Calibration and simulation of leaf scale reflectance and its inversion applications in typical arid ecosystems. Shizuoka University International Symposium 2011 "Initiatives for crossing boundaries within science and technology", P116, Shizuoka, Japan, November 28, 2011.
 7. Zheng, C., **Wang, Q.** 2011. Water flux monitoring in typical arid ecosystems using sap flow methods. Shizuoka University International Symposium 2011 "Initiatives for crossing boundaries within science and technology", P117, Shizuoka, Japan, November 28, 2011.
 8. Zhang, Q., Kakubari, Y., **Wang, Q.**, Lu, S. 2011. Water and nitrogen movement in agricultural ecosystem in a semi-arid region. Shizuoka University International Symposium 2011 "Initiatives for crossing boundaries within science and technology", P120, Shizuoka, Japan, November 28, 2011.
 9. **Naramoto, M.**, **Wang, Q.** 2011. Soil CO₂ flux from desert ecosystems in western China. The 1st International Conference on Arid Land (ICAL1) Abstracts, P12, Narita-Tokyo, Japan, May 24-28, 2011.
 10. **Wang, Q.** 2010. Some remote sensing applications in arid lands: (1) Identification of best hyperspectral indices for remotely estimating soil salinity. "Ecological Management of Arid Ecosystems in the Central Asia", Memorial Symposium of Academic Exchange of SU-XIEG, Shizuoka University, Japan, January 19, 2010, pp 185-186.

11. **Wang, Q.**, Pu, Z., Li, P., Ma, Z., Chen, X. 2009. Lab-based hyperspectral indices to predict soil salinity. Proceedings of the 47th Autumn Conference of the Remote Sensing Society of Japan at Nagoya, Japan, November 26, 2009, pp 243-244.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

王 権 (WANG QUAN)
静岡大学・農学部・准教授
研究者番号：50402235

(2) 研究分担者

檜本 正明 (Naramoto Masaaki)
静岡大学・農学部・助教
研究者番号：10507635