

S-1 21世紀の炭素管理に向けたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究

テーマI ボトムアップ（微気象・生態学的）アプローチによる

陸域生態系の炭素収支解析に関する研究

（3）土壌圏における炭素収支の定量的評価に関する研究

3）土壌炭素フラックスの時空間変動モデルの構築と広域推定手法の開発

独立行政法人農業環境技術研究所 大気環境研究領域
岐阜大学 流域圏科学研究センター

横沢正幸・米村正一郎
秋山 侃

〈研究協力者〉 農林水産省農林水産技術会議事務局
独立行政法人農業環境技術研究所
岐阜大学 流域圏科学研究センター

白戸康人
安立美奈子
賈 書剛・Wahid Din Ara

平成14～18年度合計予算額 58,617千円

（うち、平成18年度予算額 9,303千円）

※上記予算額には、間接経費13,530千円を含む

〔要旨〕 陸域生態系における最大の炭素貯留、分解の場である土壌圏を対象として、土壌炭素動態の機構的モデルを構築するとともに、広域かつ簡便に土壌貯留炭素量の空間分布を推定する方法を提案した。土壌炭素動態モデルは、5つのコンパートメントを持ち、高山サイト（冷温帯落葉広葉樹林）、菅平サイト（ススキ草原）および日本各地の農耕地において土壌フラックスデータならびに土壌炭素長期動態データに適用し、検証と改良を行った。また、GISと衛星データを援用し、簡易な現地調査を組み合わせることで小流域スケールにおける土壌炭素貯留量の空間分布を推定する手法を開発し、岐阜県高山市郊外の大八賀川流域をモデルケースとして、有効性を確かめた。これにより、植生遷移、土地利用、有機物管理などによる土壌への有機物の入力が増加した場合に土壌炭素収支がどのように変化するかを予測する基盤システムが構築された。

〔キーワード〕 貯留、分解、土地利用、環境応答、有機物管理

1. はじめに

世界の陸上生態系に貯留されている土壌有機炭素（SOC）の総量は、全球における大気中の二酸化炭素（CO₂）の約2倍、植生バイオマスの約3倍に相当する約1500PgCと推計されている。すなわち、SOCは地球の炭素循環における最大のリザーバーとして機能し、極めて重要な役割を担っている。そして、SOCは土地利用や環境変化によって変動するが、その膨大な貯留量から、局所的な環境応答は微小であっても、広域で引き起こされる炭素フローの変化は甚大であると予想される¹⁾。以上の背景から、温暖化、地球環境問題に関連して、土地利用変化や環境変動が広域スケールのSOCの動態におよぼす影響を解析し評価する研究が注目されている。そこでは、環境条件と有機炭素の分解過程を記述する数理モデルが利用され、土地利用、環境変化による影響の解明、評価、その対策あるいは緩和策などの検討が行われている。

2. 研究目的

本研究は、サブサブテーマ（１）土壤炭素フラックスの時空間変動の定量的評価、（２）土壤炭素収支におけるプロセスの相互作用と時空間変動における観測、実験結果に基づき、土壤内における炭素動態過程の記述に焦点をあてたプロットスケールの機構的モデルを構築すること、小流域スケールにおける土壤炭素の時空間分布を評価するために、センサーの性能が年々向上している衛星情報と普及の進む地理情報システム（GIS）を利用して、広域的な土壤炭素貯留量の推定手法を開発し、これを用いた土壤圏炭素分布図を提示すること、を目的とする。それらのモデルならびに手法は、自然および人為による環境変動、植生・土地利用変化にともなう土壤炭素の動態変化、ならびにその管理手法の評価に資する。

3. 研究方法

（１）土壤炭素動態の機構的モデル

土壤有機炭素（SOC）は一般に、環境条件に依存した微生物による分解・集積過程を経て、一部は微生物の呼吸（HR）として土壤表面からCO₂ガスとして放出される。これらの諸過程は数多くの中間産物状態を経由し、かつ滞留時間もさまざまである。このため、SOC動態のモデルは、中間産物を時定数の異なる数種類の仮想的な炭素プールとして代表させた、いわゆるコンパートメントモデルが主流である。本研究では、Rothamsted Carbon Model (RothC)²⁾をベースとした。

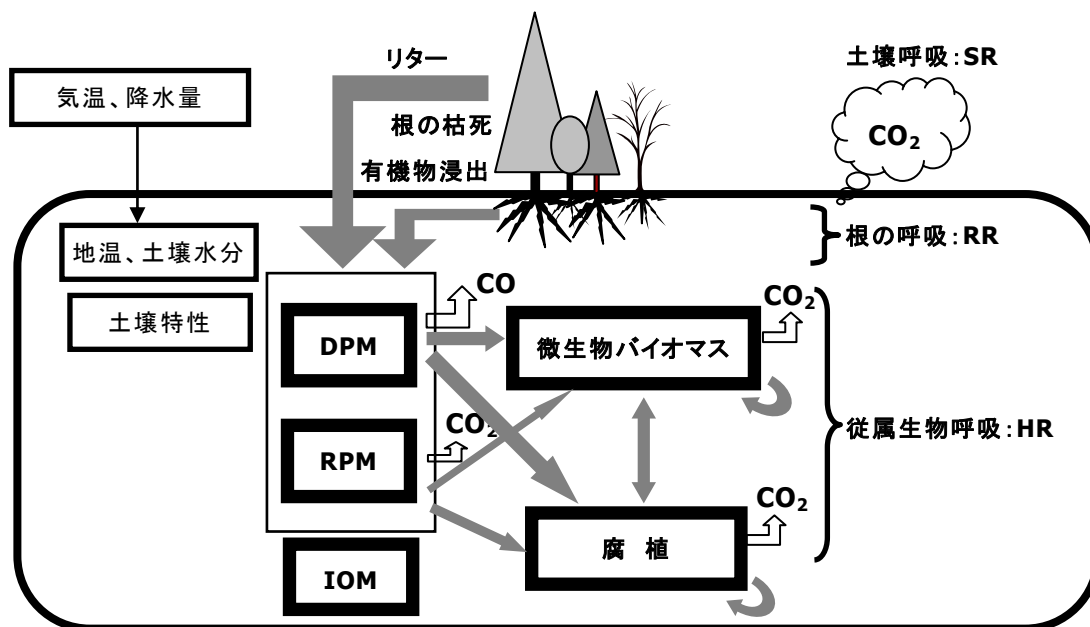


図1 Rothamsted carbon model (RothC)の構造。DPM：易分解性有機物、RPM：難分解性有機物、微生物バイオマス、腐植およびIOM：分解も移入もしない不活性炭素を表す5つのコンパートメントから構成される。各コンパートメントで分解によって生じるCO₂は従属生物呼吸(HR)として土壤から放出される。

RothCはSOCの分解・集積過程に対応した5つの炭素プールを持つ標準的なコンパートメントモデルであり、月別の平均気温、降水量および蒸発散量を環境要素の入力とする（図1）。ほかに、土壌の粘土含量、対象とする深さまでの土壌に含まれる単位面積あたりの全有機炭素量および土壌に入力される炭素量（植生からの落葉、落枝、枯死根、施肥など）が必要である。ただし、入力される炭素量は、平衡状態を仮定すれば、現存する土壌炭素量と環境条件から逆に推定することができる。RothCは、プロセスモデルとしてはパラメータも必要とする入力データも少ないために、冷温帯から熱帯までの耕地、森林、草地といった広い地域、土地利用形態の場で適用され、モデルの妥当性が検証されている。Shirato et al.³⁾は、日本などに広く分布する火山灰由来の黒ボク土壌（Andosols）が他の土壌に比べて腐植成分の分解率が低いことから、土壌の物理性（アルミ含量）に応じた分解率の関数の改良を行い、オリジナルのモデルでは再現できなかった黒ボク土壌におけるSOCの動態を記述可能にした。

（2）広域的土壌蓄積量分布推定手法の確立

広域的な土壌炭素貯留量の推定手法を開発するために、岐阜県高山市の岐阜大学高山試験林およびこれを含む小流域を対象として以下の測定および実験を行なった。

1) 冷温帯林土壌圏炭素の詳細調査：冷温帯落葉広葉樹林の土壌圏における炭素の分布を明らかにするため、1haの試験林を100区（10m×10m）に細分して、それぞれ深さ2mまたは母岩までの土壌、根系、粗大有機物、リター中の炭素量を計測し、全土層中の炭素量に関する悉皆詳細調査を行った。また、これに必要な土壌サンプラーを改良した。

2) 特徴土層の検出：調査時間と労力を大幅に削減するために、ある場所の全土層を代表する特定土層を検出した。

3) 広域推定手法の開発：高山市を流れる大八賀川流域圏の土壌炭素分布を明らかにするために、リモートセンシングとGISを使った解析を行った。そのため、まず高分解能衛星画像により精密な土地被覆図（植生図）を作り、水田、草地、落葉広葉樹林、常緑針葉樹林など14の土地被覆カテゴリを決めた。また、国土数値情報から、各地点の傾斜角度（0-8°、8-35°、35°以上）および傾斜方位（315°-135°、135°-225°、225°-315°）にそれぞれ区分した。これらを元に対象流域圏で36地点159箇所の土壌サンプルを採取し、その土壌炭素量を計測した。その結果を土地被覆、傾斜角度、傾斜方位に反映させて、カテゴリ毎の炭素量を決めた。

4. 結果・考察

（1）土壌炭素動態の機構的モデル

図2は畑地土壌で測定された土壌フラックスの季節変化である⁴⁾。モデルの計算結果も季節変化はおおむね一致し、とくに休耕状態で植物のないF区では、フラックスの絶対値もほぼ一致した。図3は、冷温帯ススキ草原（筑波大学菅平高原実験センター）および冷温帯落葉広葉樹林（岐阜大学高山試験地）で測定された土壌フラックスとRothCによるモデルの計算値を比較したものである。こちらでも季節変化は再現されており、とくに草が枯れる冬季には絶対値についてもよく一致している。なお、図2のI区、N区の場合と同様に、夏季に見られるフラックスの実測値と計算値との差は、植物根による呼吸に由来するものと考えられる。このことから、植物根の呼吸量を逆にモデルから推定することができる。

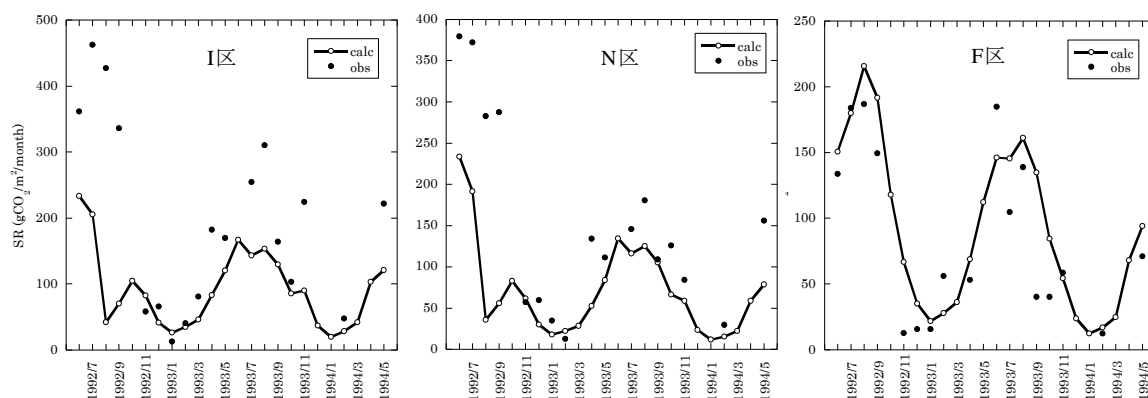


図2 農環研圃場における土壌フラックスの季節変化（実測値⁴⁾とモデル計算との比較）
 I区：陸稲（夏作）、大麦（冬作）、投入炭素90gCm⁻²、N区：陸稲（夏作）、大麦（冬作）、
 投入炭素20gCm⁻²、F区：休耕畑

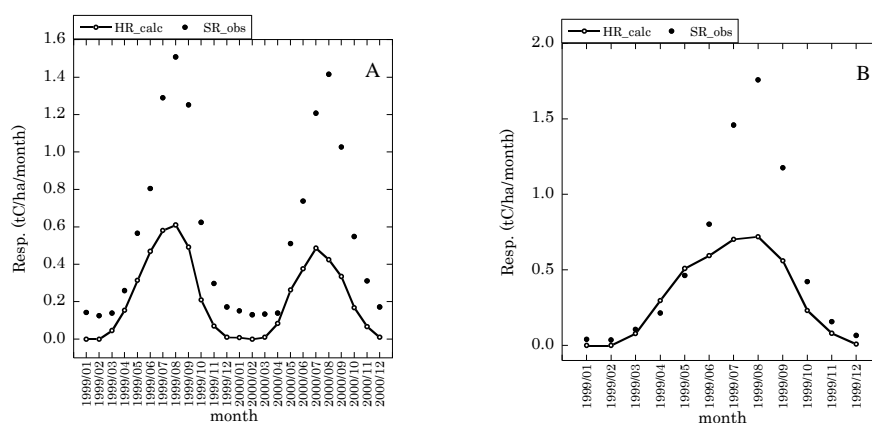


図3 菅平スキ草原（A）と高山落葉広葉樹林（B）における土壌フラックス
 の季節変化。SRは実測値、HRは計算値

次に、土壌炭素動態の広域評価について紹介する。ここでは、水田を対象として、水田での有機物分解を記述できるように改良したRothCモデルを用いる⁵⁾。水田では、水稻の作付期間中、土壌は湛水状態にあり、土壌有機物動態が畑地とは大きく異なる。すなわち、嫌氣的な条件が有機物の分解を阻害し、結果として水田の土壌有機物含量は畑よりも高くなっている。既存のSOCの分解過程を記述するモデルのほとんどは畑状態における好氣的有機物分解を想定しているため、そのままでは水田土壌へ適用できない。ここでは湛水期間と非湛水期間のそれぞれにおいて、畑地状態で決められた分解率を変化（減少）させて、SOCの時間変化が実測に最も近くなるように分解率を新たにチューニングした。

水田のSOC用に改良したモデルを用いて、織田らの地力保全基本調査・代表断面データベース⁶⁾に基づいて作成した全国の土壌炭素量分布を初期条件として、収穫残渣の処理を表1に示す3つのシナリオで変えた場合の炭素蓄積量変化のシミュレーションを行った。シナリオは農水省がまとめた「環境保全型農業（稲作）推進農家の経営分析調査報告」⁷⁾から引用した。ただし、全国の水田において一律に各シナリオの管理を採用したと仮定した。

表1 シミュレーションに使用した水田での有機物管理のシナリオ (kgC/ha)

scenario	description	total	Manure	Residues	
				rice straw	stubble and roots
1	control	67	0	0	67
2	organic	206	32	107	67
3	BAU	197	16	114	67

BAU : business as usual

ここで初期条件として設定した土壌炭素量分布では、全国の水田のSOC総量は155 Mt-C と推計された（図4A）。ただし、利用可能な全国の土地利用分布図は1995年当時のものであり、現在の水田面積の約1.7倍である。シナリオにしたがって20年間管理を行った結果の総量の時間変化を図4Bに示す。稲ワラも持ち出すシナリオ1（control）の場合、全国総計で18 Mt-C 減少するが、環境保全型農業で推進されると考えられる有機肥料の利用増加を想定したシナリオ2（organic）では10 Mt-C 増加した。それに対して、シナリオ3（BAU）の場合はそれらの間で、SOC総量はほぼ一定と推定された。シナリオ1と2の差28 Mt-Cは、日本の年間総CO₂排出量372 Mt-C（2005年）の7.5%、農業セクターから排出される年間CO₂（7.6 Mt-C）の3.7倍に相当する。20年間の炭素増減量の分布をシナリオ1とシナリオ2で比較した結果を図5に示した。土壌特性と気象条件によってSOC量の変化には地域的差異が生じる。とくに、気温の低い北海道、東北あるいは黒ボク土壌の地域ではSOCの蓄積量が大きく、気温の高い南西日本では蓄積量が相対的に小さいことが分かる。今後は、栽培管理の変更に伴う温室効果ガスの発生による効果の評価、ならびに地域的差異を考慮した栽培管理シナリオの適用についても検討する必要がある。

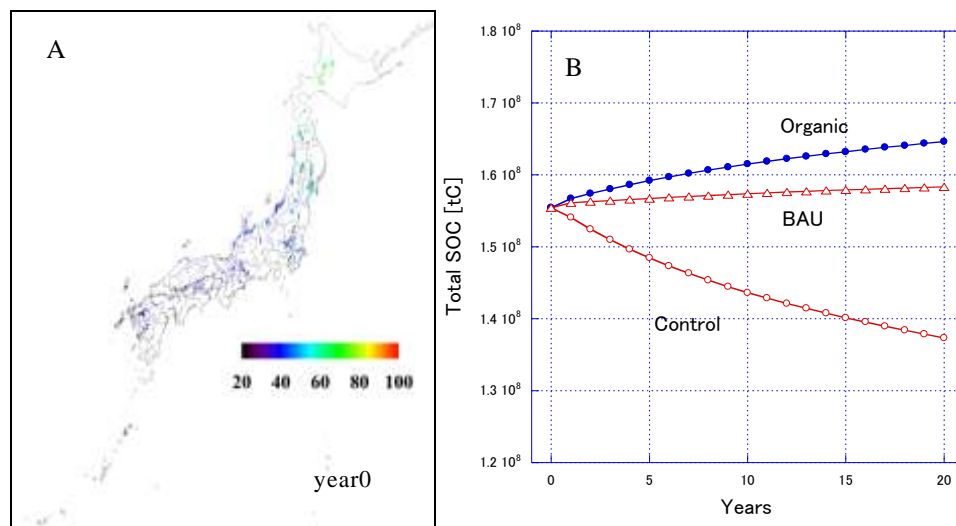


図4 A: 全国の水田のSOC分布、B: 有機物処理（シナリオ）の違いによる全国の水田に蓄積される総土壌炭素量の時間変化（水田分布は1995年）

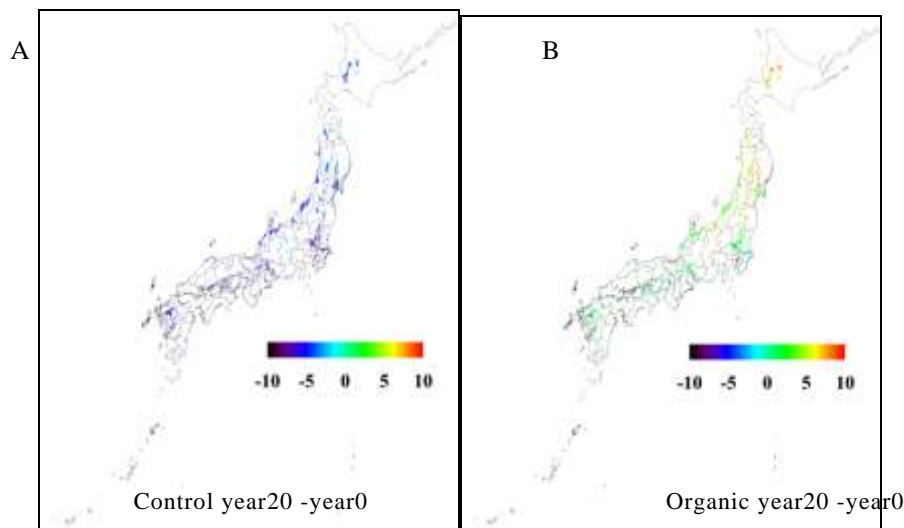


図5 有機物処理（シナリオ）の違いによる水田土壌炭素の増減量分布（20年間の積算）

A：シナリオ1、B：シナリオ2

（2）広域的土壌蓄積量分布推定手法の確立

1）冷温帯林1haの詳細調査により、100区の土壌中の炭素貯留量は、ヘクタール当たり最小63tから最大619tと大きく変動した。これは地形の影響を強く受け、谷部で炭素量が多かった。平均値は334tであった。この調査を容易に行なうために、双凸構造の刃をもつ直圧式手動土壌サンプラーを開発した。これにより、圧縮することなく、原状のままの土壌を取り出すことができる。

2）土層10cmごとの炭素量を分析した結果、深さ50-60cmの土層がその地点の土壌中の全炭素量と最も相関が高く、 R^2 は0.772であった。このため、50-60cm深の土層をこの地点の特徴土層とした。

3）広域推定法の開発については、大八賀川流域に対してLandsat、ASTER、ALOSなどの衛星画像を用いて14カテゴリの土地被覆図を作成した。これに基づいて36地点159箇所の土壌サンプリングを行ない、土壌炭素量を計測した。また、国土数値情報により傾斜角度を3段階、傾斜方位を3方向に区分した。これらの情報を総合化して各カテゴリ、傾斜、方位を加味した数値を与えることにより、流域土壌炭素マップを作成した（図1）。この結果、下流域の市街地で炭素量が少なく、上流の落葉樹林が高い傾向があった。まだ検証は十分でないが、手法として提示した。



図6 大八賀川流域土壌圏炭素分布図

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

土壌有機物動態モデルRothCは比較的簡単な構造を持ちながら、土壌フラックスの見積りおよびSOC動態の広域評価に十分に利用できることが示された。さらに、オリジナルモデルに改良を加えることで、黒ボク土壌、水田土壌にも適用可能となった。また、リターコンパートメントの炭素を土壌サンプルから推定するプロトコルを提案することで、各コンパートメントの初期値の不確実性を逡減することができた。

(2) 地球環境政策への貢献

1 haの冷温帯試験林における悉皆詳細調査により、2次元・3次元的な土壌炭素の分布様式が明らかになった。広域的な炭素分布、とりわけ土壌中の炭素量推定は重要であるにもかかわらず、調査に時間と労力を要するため、その手法すら確立されていない。今回、プロトタイプを示すことができた。今後さらに検証を行い、衛星画像を使った土壌炭素推定の精度が向上すれば客観的評価が可能となる。

6. 引用文献

- 1) 伊藤昭彦 (2002) 陸上生態系機能としての土壌有機炭素貯留とグローバル炭素循環, 日本生態学会誌 52: 189-227.
- 2) Coleman K. & Jenkinson D. S. (1996) RothC-26.3 - A model for the turnover of carbon in soil. In: *Evaluation of Soil Organic Matter Models: Using Existing Long-Term Datasets* (eds. D. S. Powlson, P. Smith & J. U. Smith), pp.237-246. Springer, New York.
- 3) Shirato Y., Hakamata T. & Taniyama I. (2004) Modified Rothamsted carbon model for Andosols and its validation: changing humus decomposition rate constant with pyrophosphate-extractable Al. *Soil Science and Plant Nutrition* 50: 149-158.

- 4) Nakadai T., Koizumi H., Bekku Y. & Totsuka T. (1996) Carbon dioxide evolution from upland rice-barley double-cropping field in central Japan. *Ecological Research* 11: 217-227.
- 5) Shirato Y. & Yokozawa M. 2005. Applying the Rothamsted Carbon Model for long-term experiments on Japanese paddy soils and modifying it with simple tuning of decomposition rate. *Soil Science and Plant Nutrition* 51: 405-415.
- 6) 織田健次郎、三輪勲太郎、岩元明久 (1987) 地力保全基本調査代表断面のコンパクトデータベース, 日本土壤肥料学雑誌58: 112-131.
- 7) 農林水産省大臣官房統計部 (2004) 環境保全型農業 (稲作) 推進農家の経営分析調査報告, p88.

7. 国際共同研究等の状況

なし

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文 (査読あり)>

- 1) Nakadai T, Yokozawa M, Ikeda H, and Koizumi H: *Applied Soil Ecology*, 19, 161-171 (2002)
“Diurnal change of carbon dioxide flux from bare soil in agricultural field in Japan”
- 2) 賈 書剛、秋山 侃、小泉 博: システム農学, 18 (1), 26-35 (2002)
「冷温帯林土壌圏の炭素循環. 1. 地形、植生と土壌分布」
- 3) 賈 書剛、秋山 侃、小泉 博: システム農学, 18 (2), 142-151 (2002)
「冷温帯林土壌圏の炭素循環. 2. 現地詳細調査に基づく生態系炭素貯留量の推定」
- 4) 賈 書剛、秋山 侃、莫 文紅、稲富素子、小泉 博: 日本生態学会誌, 53, 13-22 (2003)
「冷温帯落葉広葉樹林における土壌呼吸速度の時空間変動, 1. 面的変動の計測と要因解析」
- 5) Yokozawa M: *Morphogenesis and Pattern Formation in Biological Systems*, eds. Sekimura, T. et al., Springer Verlag, New York, 237-246 (2003)
“The mode of competition and spatial pattern formation in plant communities”
- 6) Shirato Y and Taniyama I: *Soil Sci. Plant Nutr.*, 49, 921-925 (2003)
“Testing the suitability of the Rothamsted carbon model for long-term experiments on Japanese non-volcanic upland soils”
- 7) Shirato Y, Hakamata T and Taniyama I: *Soil Sci. Plant Nutr.*, 50, 149-158 (2004)
“Modified Rothamsted carbon model for Andosols and its validation: Changing humus decomposition rate constant with pyrophosphate-extractable Al”
- 8) Watanabe T, Yokozawa M, Emori S, Takata K, Sumida A, Hara T.: *Global Change Biology*, 10, 963-982 (2004)
“Developing a multilayered integrated numerical model of surface physics-growing plants interaction, MINoSGI”
- 9) Shirato Y and Yokozawa M: *Material Circulation through Agro-Ecosystems in East Asia and Assessment of its Environmental Impact*, Ed. Y. Hayashi, NIAES series 5, 69-75 (2004)

- “Estimating carbon sequestration in Japanese arable soils using RothC model”
- 10) 波多野隆介、犬伏和之、澤本卓治、白戸康人、中原 治、松森堅治：日本土壤肥料学雑誌, 75, 283-289 (2004)
「環境負荷予測への土壌学的展開」
 - 11) 秋山 侃、川村健介、賈 書剛：システム農学, 20 (2), 145-154 (2004)
「リモートセンシング生態学」
 - 12) 賈 書剛、秋山 侃：システム農学, 20 (2), 168-177 (2004)
 - 13) 「冷温帯林土壌圏の炭素動態 3. 特徴土層に基づく土壌炭素貯留量の簡便調査・推定法」
Wei Y, Akiyama T and Shinoda S: International Journal of Remote Sensing, 25, 839-857 (2004)
“Quantitative assessment of nitrogen fixation by forest vegetation using Landsat TM data”
 - 14) S. Jia, and T. Akiyama: Agricultural and Forest Meteorology, 134, 70-80 (2005)
“A precise, unified method for estimating carbon storage in cool-temperate deciduous forest ecosystems”
 - 15) Shirato Y, Paisanchaoen K, Sangtong P, Nakviro C, Yokozawa M and Matsumoto N: European Journal of Soil Science, 56, 179-188 (2005)
“Testing the Rothamsted Carbon Model against data from long-term experiments on upland soils in Thailand”
 - 16) Shirato Y: Soil Science and Plant Nutrition, 51, 191-200 (2005)
“Testing the suitability of the DNDC model for simulating long-term soil organic carbon dynamics in Japanese paddy soils”
 - 17) Shirato Y and Yokozawa M: Soil Science and Plant Nutrition, 51, 405-415 (2005)
“Applying the Rothamsted Carbon Model for long-term experiments on Japanese paddy soils and modifying it with simple tuning of decomposition rate”
 - 18) Shirato Y and Yokozawa M: Soil Biology and Biochemistry. 38, 812-816 (2006)
“Acid hydrolysis to partition plant material into decomposable and resistant fraction for use in the Rothamsted carbon model”

〈査読付論文に準ずる成果発表〉（社会科学系の課題のみ記載可）

なし

〈その他誌上発表（査読なし）〉

- 1) 秋山 侃：岐阜大学流域圏科学研究センター設置記念講演資料（2002）
「衛星生態学による環境計測 一点から面、地域から地球への展開を求めて」
- 2) 白戸康人：農環研ニュース, 5-6 (2002)
「日本の畑土壌はCO₂の吸収源になる可能性があるか？」
- 3) 白戸康人：気象環境研究会資料, 89-92 (2003)
「日本の農耕地土壌へのRothCモデルの適用」

- 4) 白戸康人：地球の炭素循環と農業（2005）
「環境保全型農業事典」
- 5) 白戸康人：農業技術大系・土壌施肥編（2005）
「地球温暖化と土壌炭素循環メカニズムの変化」
- 6) 白戸康人：「続・環境負荷を予測する」博友社，243-262（2005）
「農耕地における土壌有機炭素動態のモデリングー日本およびタイを例としてー」
- 7) 横沢正幸、米村正一郎、白戸康人：日本生態学会誌 55，167-171（2005）
「陸上生態系における炭素動態のモデリングー土壌内の炭素の分配・流れを中心としてー」
- 8) 秋山 侃：第5回奈良女子大学共生科学研究センターシンポジウム，14-17（2006）
「衛星生態学ー流域圏の炭素動態を測る」

（2）口頭発表（学会）

- 1) 賈 書剛、王 淑平、秋山 侃：システム農学 第18巻別号2（2002）
「土壌圏調査用のサンプラー装置の開発」
- 2) 賈 書剛、秋山 侃、大塚俊之、莫 文紅、酒井 徹、小泉 博：第49回日本生態学会大会（2002）
「冷温帯落葉広葉樹林生態系における炭素貯留量の構成．ー高山試験林を例としてー」
- 3) 莫 文紅、秋山 侃、矢崎志洋、川村健介、大塚俊之、王 艷芬、小泉 博：第49回日本生態学会（2002）
「中国内モンゴ草原における耕地化に伴う土壌CO₂放出の変化」
- 4) Mo W., Akiyama T., Wang Y., Ohtsuka T., Chen Z. and Koizumi H: VIII INTECOL International Congress of Ecology (2002)
“Changes in soil CO₂ emission due to cultivation in Inner Mongolia steppe”
- 5) 賈 書剛、秋山 侃、莫 文紅、稲富素子、酒井 徹、小泉 博：日本生態学会中部支部会（2002）
「冷温帯落葉広葉樹林生態系におけるメタン吸収速度の時・空間変動及び要因解析．ー高山試験地を例としてー」
- 6) 白戸康人、横沢正幸、Kevin Coleman：日本土壌肥料学会(2002)
「ローザムステッド・カーボン・モデルによる日本の畑土壌の炭素収支の広域評価」
- 7) Yokozawa M and Shirato Y: VIII INTECOL International Congress of Ecology (2002)
“Spatial evaluation of soil organic carbon on Japanese arable land using the modified Rothamsted carbon model”
- 8) 横沢正幸、白戸康人、鞠子 茂、小泉 博：第50回日本生態学会（2003）
「土壌炭素動態のモデル化ー炭素貯留量と微生物呼吸量」
- 9) Lee J, Li Y, Zhao X, Yokozawa M and Tang Y: 第50回日本生態学会（2003）
“Temperature and moisture effects on respiration of soils from lowland grassland and alpine meadows”
- 10) Shirato Y, Yokozawa M and Coleman K: International Workshop on Material Circulation through Agro-Ecosystems in East Asia and Assessment of its Environmental Impact (2003)
“Estimating carbon sequestration in Japanese arable soils using RothC model”
- 11) Lee J, Li Y, Zhao X, Yokozawa M and Tang Y: 第50回日本生態学会（2003）

- “Temperature and moisture effects on respiration of soils from lowland grassland and alpine meadows”
- 12) 白戸康人：第49回日本土壌肥料学会（2003）
「土壌炭素動態モデルRothCの日本の農耕地土壌への適用」
 - 13) 賈 書剛、秋山 侃：システム農学 第19巻別号1（2003）
「冷温帯落葉広葉樹林の炭素循環. 9. 特徴土層に基づく土壌炭素量の簡便推定法」
 - 14) 賈 書剛、秋山 侃：第78回中国青年科学者会議（2003）
「陸域における炭素循環と生態系管理. 冷温帯林生態系の炭素貯留量の推定と土壌呼吸速度の時空間的解析」
 - 15) 賈 書剛、秋山 侃：システム農学 第19巻別号2（2003）
「冷温帯落葉広葉樹林の炭素循環 10. 土壌中のCO₂ガス濃度の測定および変動」
 - 16) Yokozawa M. and Shirato Y: the 6th International Symposium on Plant Responses to Air Pollution and Global Changes - Program and Abstract -, 127（2004）
“Modeling soil carbon dynamics of natural and agricultural ecosystems in Japan”
 - 17) Shirato Y and Taniyama I: 2nd International Workshop on Integrated Field Science, “New Perspectives of Volcanic Ash Soils in the Integrated Ecosystems -Circum Pacific Volcanic Zone-”, 9（2004）
“Modifying a soil carbon turnover model considering unique properties of Andisols”
 - 18) 横沢正幸、白戸康人：農業環境工学関連4学会2004年合同大会（2004）
「植生の動態を考慮した土壌炭素収支モデル」
 - 19) 白戸康人、横沢正幸：日本土壌肥料学会（2004）
「土壌炭素動態モデルRothCの水田への適用の試み」
 - 20) 秋山 侃：システム農学 第20巻別号1（2004）
「農業—生態系—環境のシステム思考」
 - 21) 賈 書剛、秋山 侃：システム農学 第20巻別号1（2004）
「冷温帯落葉広葉樹林の炭素動態, 植物遺体(立枯れ木・倒木・リターなど)重さの減少率」
 - 22) 賈 書剛：システム農学20（別号2）（2004）
「冷温帯林生態系の炭素循環 特に土壌圏に注目して」
 - 23) 賈 書剛、秋山 侃：システム農学20（別号2）（2004）
「冷温帯林生態系の炭素循環 12. 生態系における炭素貯留量の解析」
 - 24) 賈 書剛、秋山 侃：116回日本森林学会大会（2005）
「土壌圏における土壌・土壌ガス・土壌水採種の道具及び研究例」
 - 25) 賈 書剛、秋山 侃、小泉 博：システム農学21（別号1）（2005）
「冷温帯林生態系の炭素循環 13. 森林土壌メタン吸収速率の時・空間変動」
 - 26) バガナ、賈 書剛、秋山 侃、張 福平、河合洋人、後藤誠二郎、西條好迪：システム農学 第21巻(別号2)（2005）
「竹林生態系における炭素動態 2. 土壌圏における炭素貯留量の推定」
 - 27) 秋山 侃、Wahid Din Ara：平成18年度衛星リモートセンシング推進委員会「環境・農林業ワークショップ in つくば」-だいち（ALOS）データ利用に向けて-(2007)

「ALOS/AVNIR-2 による流域圏土地被覆物の分類精度検証」

28) Wahid D.A and Akiyama T: ASPRS 2007 Annual Conference (2007)

“Phenological change detection in flat and terrace paddy using ASTER satellite images in Takayama river basin area”

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし

(6) その他

なし