

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24380142

研究課題名(和文) 農耕地の土壌炭素貯留量推定と其の変化予測手法の確立

研究課題名(英文) Estimation of carbon stock in agricultural soil and prediction of carbon stock change

研究代表者

本郷 千春 (HONGO, CHIHARU)

千葉大学・環境リモートセンシング研究センター・准教授

研究者番号：20272354

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：1985年、2001年、2012年及び2013年の衛星データ、深さ0～30cmから採取した土壌試料から求めた炭素量を用いて農耕地土壌の炭素貯留量の推定を行った結果、可視域の反射率から土壌炭素貯留量を推定することが可能であった。次に衛星データから推定した土壌炭素量を炭素動態モデルRothCの初期の炭素量として将来の変化量予測値を計算した結果、初期値が大きい土壌は将来減少し、初期値が小さい土壌は増加する予測結果となった。また、同じ土壌タイプでも乾燥している土壌の方が将来減少する傾向が見られ、土壌炭素増減には暗渠排水の施工の有無が影響していることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：In this study, an estimation of carbon storage in soil of agricultural area was made using the satellite data of 1985, 2001, 2012, 2013 and the carbon amount measured from soil samples collected from soil 0-30cm in depth. It became clear that the estimation of soil carbon storage was possible using data on reflection of wavelength in visible. Then, prediction of carbon storage change in future was calculated through Roth C model, using the soil carbon amount estimated from satellite data as the initial value for the model. As a result, in case the initial value is high, the predicted value decreases in the future while the initial value is low, the predicted value increases. In addition, the dried soil shows a tendency of decrease in soil carbon. Moreover, the increase or decrease in soil carbon is influenced by with or without underdrainage system.

研究分野：農学

キーワード：土壌炭素 リモートセンシング 地球環境

## 1. 研究開始当初の背景

土壌は地球規模の炭素循環・貯留の場として重要な役割を果たしており、土壌表層 1m に約 2 兆トンの炭素が土壌有機物の形態として保持されている。この量は大気中炭素の 2 倍以上、植生由来炭素の約 4 倍に相当することから、その増減は地球温暖化に大きな影響を及ぼすと報告されている (Post et al. 1990, Batjes 1996, Schlesinger 2000, Watson et al. 2000, IPCC 2001)。これを受けて、農地土壌の適切な管理は炭素の貯留に資するとの認識の下、各国で貯留量の把握とモニタリングが行われている。我が国でも、炭素の貯留機能等土壌の有する環境保全機能に対する関心が高まっていることを受けて、多数の研究が行われている。しかしながら、我が国に分布する土壌は多種多様であることから、広域スケールにおける土壌炭素貯留量の把握や営農管理別の土壌炭素貯留量変化の定量的予測等には、膨大な労力が必要とされる。地球温暖化対策が急務となっている昨今、科学的・技術的観点から、土壌炭素貯留量の把握、様々な営農シナリオによる貯留量の将来予測等の土壌炭素貯留量を省力的に広域スケールでモニタリングする手法の確立が求められている。

一方、本研究グループは、北海道十勝地域の大规模畑作地帯を対象として、衛星データを用いて土壌の腐植含量を推定する手法を提案してきた。そして、土壌中の炭素は有機物の形態で存在していることから、土壌の腐植含量を推定する手法を土壌炭素量推定に適用可能と考え、深さ 0~30cm の土壌炭素貯留量を広域スケールで把握すること及び過去と現在の衛星データを用いた広域的な土壌炭素貯留量の変化を評価することを着想した。

土壌炭素貯留量の変化は一般的に緩やかに生じる現象であり、その変化を実測して把握するためには長期間の観測が必要である。国内外の研究機関では、土壌炭素量が今後どの程度変化し、どのような要因に影響を受け得るのかを予測するために、土壌炭素動態モデルを活用している。そのひとつであるローザムステッド・カーボン・モデル (RothC モデル) は、我が国特有の条件である水田や火山灰土にも適応するように、研究協力者らによって既に改良されており (Koga et al., 2011, Shirato et al., 2003, Shirato and Yokozawa, 2005)、京都議定書のルールに乗っ取った土壌炭素変化量の算出にも用いられている。しかし、先に述べた様に、有機物の長期連用圃場を含め、土壌炭素の動態を長期間、かつ広域スケールで評価した事例は見当たらない。

以上のことから、北海道十勝地域を調査対象地区として、衛星リモートセンシングや GIS といった空間情報と、炭素動態モデル RothC を用いることにより、土壌炭素貯留量のモニタリングに資する、広域スケールでの土壌炭素貯留量の把握とその変化の将来予測を行うことを着想した。

## 2. 研究の目的

地球温暖化対策において、2020 年までに 25%削減、2050 年までに 80%削減と、低炭素社会へ向けた中長期的ロードマップが示されている。農業は、温室効果ガスを排出する立場、土壌への炭素貯留により緩和する立場、さらには地球温暖化による気候変動の影響を受ける立場を併せ持つ特異な産業である。一方で、農耕地土壌が土壌への炭素貯留を通じて、地球温暖化防止に貢献することが認識されている。しかし、実際の土壌炭素貯留量を把握することは、データ収集の困難さもあり容易ではない。

本研究では、上述した課題解決を主眼とし、日本を代表する畑作地帯である北海道十勝地域を対象として、過去と現在の衛星データを利用した広域スケールにおける土壌炭素量の推定、土壌炭素変化量の把握、土壌炭素量の将来予測、耕地化に伴う土壌炭素量の増減の把握について実施する。

## 3. 研究の方法

(1) 衛星データによる土壌炭素量の推定、変化量の把握、土壌炭素量の将来予測

### ①対象地域

北海道十勝管内帯広市及び芽室町を解析対象地域とした。耕地面積は帯広市が約 20,400ha、芽室町が約 20,200ha であり、主に小麦、馬鈴薯、てん菜、豆類、長芋などの作物を 3 輪作ないし 4 輪作している。

対象地域の土壌区分は台地では主に乾性黒ボク土で占められ、帯広市では黒ボク土と湿性黒ボク土が混在している。また河川沿いでは低地土、砂礫地が主である。対象地域全体の母材は、火山灰由来と沖積由来のものが多く堆積しており、河川から離れるにつれて沖積由来の母材から火山灰由来の母材が優勢している。

### ②使用データ

#### 1) 衛星データ

1985 年 5 月 24 日撮影の Landsat TM、2001 年 5 月 18 日撮影の SPOT4 号、2012 年 5 月 17 日撮影の SPOT5 号、2013 年 5 月 27 日撮影の SPOT6 号のデータを使用した。

#### 2) 土壌炭素率データ

1985 年の衛星データに対応する実測データとして、地力保全基本調査成績書を用いた。地力保全基本調査成績書は「地力保全対策要綱」「土壌保全対策要綱」などに基つき、昭和 50 年までに農地土壌 25 ha に 1 点の割合で土壌調査を実施して成果を取りまとめたものである。本解析には、北海道立十勝農業試験場が発行した成績書を用いて、土壌炭素率と容積重から炭素量を求め、深さ 0~30cm の加重平均炭素量を用いた。この値を 1985 年の衛星データに対応する実測データとした。また、2002 年 5 月、2003 年 5 月、2012 年 7 月、2013 年 6 月に対象地域内において行った調査で得られた土壌炭素率データを各々 2001 年、2012 年、2013 年の衛星データに対応する実測デー

タとして用いた。

なお、1985年はチューリン法、それ以外の年は乾式燃焼法により求められた値であるため、過去に作成した変換式を用いて1985年の実測データを乾式燃焼法による全炭素率へ変換した。

### 3) 数値地図・土壌のGISデータ

全ての衛星データを幾何補正する際の参照用データとして、国土地理院発行の25,000分の1縮尺の数値地図を使用した。また、推定した土壌炭素量の空間分布と土壌等との関係を調べるために、対象地域の土壌母材、土壌区分のシェープファイルを用いた。

### 4) 炭素動態 RothC モデル入力パラメータ

土壌炭素量の初期値には、2013年の衛星データから推定した土壌炭素量を使用した。土壌母材及び粘土含量は地力保全データから求めた。リン酸吸収係数として採取した土壌サンプルの分析データを用いた。水面蒸発散量は、アメダスの気温、降水量の平年値から算出した。また、農林水産省が公開している小麦、テンサイ、大豆、小豆、ばれいしょ、スイートコーン、いんげんの7品目の作付面積、収穫量から作物残差量を求めた。

#### ③解析手順

数値地図を参照データとして1985年、2001年、2012年、2013年に取得された衛星画像の幾何補正処理を行った後、反射率に変換した。次に、反射率変換画像から実測調査地点の反射率を抽出し、この値を説明変数、実測炭素率から炭素量に変換した値を目的変数として回帰分析を行った。10郡クロスバリデーションにより式の精度検証を行った後、母材、土壌区分別に1985年と2012年の推定土壌炭素量の傾向を調べたさらに、27年間の土壌炭素の増減傾向を把握した。

次に実測調査方法と分析方法が同一である2001年と2013年のデータを用いて土壌炭素量の推定を行い、12年間の土壌炭素の増減傾向を把握した。

最後に、2013年のデータで推定した土壌炭素量を RothC モデルの土壌炭素量の初期値として入力し、25年後、50年後、75年後の予測を行った。

#### (2) 耕地化に伴う土壌炭素増減量の把握

十勝地域の代表土壌タイプ(黒ボク土)の分布区域を対象とし、帯広市を調査エリアとした。帯広市は、縦横に市が管轄する防風保安林が配置されており、その他にも営農者が風害対策として耕地防風林を設置している。これらは、いずれも畑地に隣接している。

以上のことから、防風保安林、耕地防風林を未耕地とし、隣接耕地との土壌炭素含量の違いを10地点で比較した。具体的には、未耕地、耕地で土壌断面調査を行い、表層から埋没A層の最下層までを対象とし、層別に土壌サンプルを採取し、容積重と土壌炭素の分析に供試した。

以上の分析結果を利用し、未耕地と耕地の

土壌炭素量、およびその増減を算出した。その際、客土等により未耕地に比べて極端に土量が増加した耕地等では、土壌炭素量の比較が困難と考えられるため、未耕地と耕地で埋没A層までの総土量が変わらないことを比較の条件とした。

### 4. 研究成果

(1) 衛星データによる土壌炭素量の推定、変化量の把握、土壌炭素量の将来予測

#### ①反射率と土壌炭素量の関係

表1に衛星データの各観測波長帯の反射率と土壌炭素量との相関係数を示す。全ての年度において緑波長域、赤波長域および近赤外域において1%水準で有意な負の相関関係が見られた。一般に、炭素は土壌中の腐植物質と呼ばれる難解性の有機物として蓄積されている。松中(2003)は、土壌中の腐植物質は暗色系の色であるため、腐植物質の含有量が多くなるにつれて土色は黒色になっていくと報告していることから、炭素量が多い土壌では可視域から近赤外域の反射率との間に負の相関関係が成立したと考えられる。

次に、全ての波長帯の反射率を用いて重回帰分析を行った結果、1985年と2012年では赤波長域の反射率が、2001年と2013年では緑波長域の反射率が説明変数として選択された。10郡クロスバリデーションによる炭素量推定式の精度検証を行った結果、1985年のRMESは33.6Mg/ha、2001年のRMESは43.0Mg/ha、2012年のRMESは25.9Mg/ha、2013年のRMESは32.0Mg/haであった。炭素量の分布状況を調べてみたところ、1985年では十勝川および札内川周辺と、美生川と帯広川に挟まれた地域で炭素量が75Mg/ha以下の地域が多く見られた。一方、帯広川と札内川に挟まれた地域や札内川以西地域で75Mg/ha以上の炭素を含む土壌が多く分布していた。2012年においても同様の傾向が見られたが、1985年で炭素量が75Mg/ha以下と推定された地域内において、増加傾向にある土壌が確認された。

また、母材、土壌区分別の土壌炭素量の分布の特徴を調べたその結果、母材区分では1985年、2012年共に火山灰由来で最も炭素量が多く、次いで火山灰/沖積由来、沖積由来であった。火山灰由来が支配的な母材から沖積由来が支配的な母材になっていくにつれて炭素量は相対的に少なくなる傾向が確認された(図1, 2)。火山灰土のリン酸吸収係数は1500以上と大きいことから、土壌中のアルミニウムと結合し難解性の物質を形成し、これらが有機物と反応し多くの腐植物質を生成すると考えられる。従って、火山灰を母材とする土壌では炭素量が相対的に多いことが推察された。

土壌区分別に見た場合は、湿性黒ボク土で相対的に多くの炭素量が蓄積されており、次いで褐色森林土、乾性黒ボク土、低地土の順であった。同じ黒ボク土でも乾性よりも湿性の方が炭素量を多く含む理由として、土壌水

分量が多い土壌ほど微生物等による炭素化合物の分解が少なくなることが挙げられる。

表1 各観測波長帯の反射率と土壌炭素量との相関係数

1985年 LANDSAT TM 観測波長帯(μm)	青 0.45-0.52	緑 0.52-0.60	赤 0.63-0.69	近赤外 0.76-0.90	中間赤外 1.55-1.75	中間赤外 2.08-2.35
相関係数	-0.462*	-0.544**	-0.577**	-0.526**	-0.178	-0.026
2001年 SPOT4 観測波長帯(μm)		緑 0.50-0.59	赤 0.61-0.68	近赤外 0.78-0.89	中間赤外 1.58-1.75	
相関係数		-0.600**	-0.544**	-0.460**	-0.05	
2012年 SPOT5 観測波長帯(μm)		緑 0.50-0.59	赤 0.61-0.68	近赤外 0.78-0.89	中間赤外 1.58-1.75	
相関係数		-0.647**	-0.697**	-0.641**	-0.01	
2013年 SPOT6 観測波長帯(μm)	青 0.455-0.525	緑 0.530-0.590	赤 0.625-0.695	近赤外 0.760-0.890		
相関係数	-0.850**	-0.865**	-0.864**	0.733**		

\*\*1%水準で有意 \*5%水準で有意

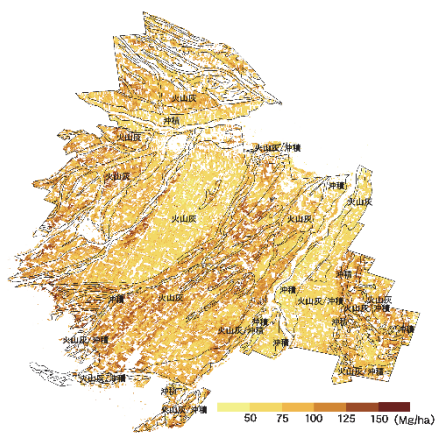


図1 土壌炭素量と母材区分 (1985)

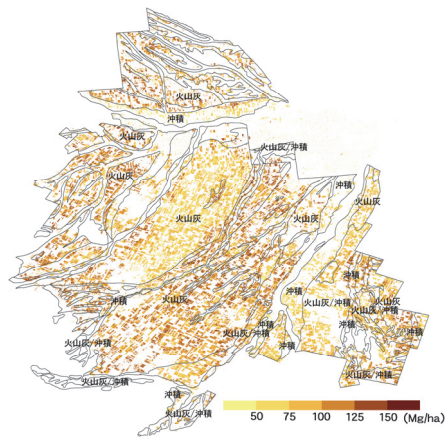


図2 土壌炭素量と母材区分 (2012)

## ②土壌炭素量の増減傾向

2012年の推定炭素量から1985年の推定炭素量を差し引いて母材区分別に増減量の分布を調べてみると、火山灰由来、火山灰/沖積由来の農地で土壌炭素蓄積量が増加し、沖積由来の農地では減少していることが明らかになった。土壌区分別では、乾性黒ボク土におい

て増加量が多かった。一方、2013年の推定炭素量から2001年の推定炭素量を差し引いて土壌区分別に増減量の分布を調べてみると、乾性黒ボク土では増減が見られないが湿性黒ボク土で大きく減少していることが確認された。土壌炭素含量がもともと少ない土壌では有機物が蓄積しやすく、そのため炭素含量が減少しにくいことが確認されていること(中井, 2006)、対象地域では作物生産基盤の改良を目的として暗渠排水工事が行われていることから、土壌水分や微生物による有機物分解の条件が変化し、湿性黒ボク土では乾性黒ボク土に比べ炭素の蓄積が進まなかったものと考えられる。

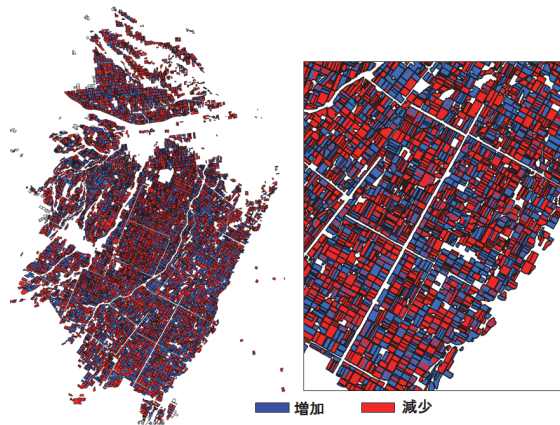


図3 圃場1筆単位の土壌炭素量増減傾向 (2013年推定炭素量-2001年推定炭素量)

## ③土壌炭素量の将来予測

RothCモデルに2013年の推定土壌炭素量を初期として入力し25年後、50年後、75年後の炭素量を予測した。予測結果は将来増加傾向にあるグループと減少する傾向の2つのグループに分けられた。増加傾向のグループでは75年後までに最大20.4ton/ha、最小6.5ton/ha、平均12.3ton/ha増加すると推定された。また減少傾向のグループでは75年後までに最大36.4ton/ha、最小0.5ton/ha、平均12.0ton/ha減少すると予測された。

4(1)②で述べたように土壌炭素増減量は土壌の乾湿に依存していると考えられる。また、一般に裸地の土壌において可視域の反射率が高いほど乾燥状態を示し、低いほど湿潤状態を示すとされている。そこで、緑バンドのデジタル値を用い、増加傾向と減少傾向で場合分けを行った。緑波長帯のデジタル値が520以下であると推定土壌炭素量が将来的に減少する傾向を示し、それ以上であると増加傾向を示しており、同土壌種内および同母材でも乾湿の度合いと土壌炭素量の間に関係があることが明らかになった。さらに、75年後の予測土壌炭素量から2013年の推定炭素量を差し引いて求めた増減量と緑波長帯のデジタル値の相関係数は0.76(1%水準で有意)

であり(図4)、将来的な土壌炭素の増減は土壌の乾湿に依存していることが示された。

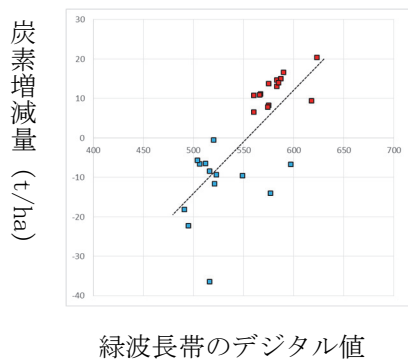


図4 炭素増減量と緑波長帯のデジタル値の関係(赤:増加、青:減少)

### (2) 耕地化に伴う土壌炭素増減量の把握

写真1は調査区域の主要土壌である淡色黒ボク土、多腐植質厚層多湿黒ボク土の未耕地と耕地の代表土壌断面写真である。

両未耕地とも表層直下に白色の火山砂層(樽前-b火山灰)が観察されたが、耕地では火山砂は目視では見られなかった。その理由として深耕による土層攪乱が挙げられる。

埋没A層の最下層までの深さを比較すると、淡色黒ボク土の未耕地では深さ60cmまで確認されたのに対して、同一層位までの深さが50cmに留まった。多腐植質厚層多湿黒ボク土の未耕地では深さ90cmまで埋没A層が確認されたが、耕地では同一層位までの深さが60cmに留まり、両土壌とも耕地化により埋没A層までの厚さが薄くなっていることを確認した。後に示すように未耕地と耕地の土量には変化がなく(表2)、耕地におけるA層厚の低下は大型機械による土壌圧縮の影響によると考えられた。

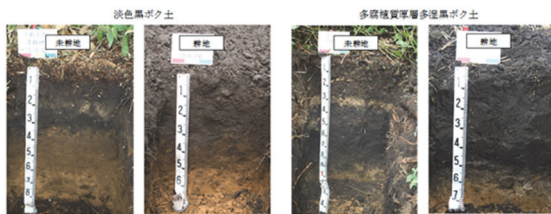


写真1 淡色黒ボク土、多腐植質厚層多湿黒ボク土の未耕地と耕地の代表土壌断面写真

表2に示すように、総土量の未耕地に対する耕地の変化割合は各地点で5%未満であり、未耕地と耕地の土量はほぼ同等であると考えられた。このことから、各調査地点の未耕地と耕地の土壌炭素量の比較が可能と判断し、それぞれの土壌炭素量とその差を計算した。なお、表中に示す変化量は未耕地の土壌炭素量から耕地の炭素量を差し引いたものであり、その値がマイナスを示す場合は耕地化により土壌炭素が集積したこと、プラスの場合は耕

地化により土壌炭素が減少したことを示す。

耕地化による土壌炭素増減は地点によって異なり、耕地化により土壌炭素が集積した地点(グループ1)、変化のない地点(グループ2)、減少した地点(グループ3)に大別された。グループ1では耕地化により21.9-31.8 Mg C ha<sup>-1</sup>の土壌炭素量が增大していたのに対して、グループ3では耕地化により78.5-149.8 Mg C ha<sup>-1</sup>もの土壌炭素量が減少していた。

初期炭素量(未耕地の土壌炭素量)を見ると、グループ3では300 Mg C ha<sup>-1</sup>以上と、他のグループ(概ね90-230 Mg C ha<sup>-1</sup>)に比べて大きい値を示した。つまり、初期炭素量の大きい土壌ほど耕地化に伴う土壌炭素の減少が顕著であった。

一方、土壌タイプに焦点をあてると、土壌断面調査からグループ1の耕地土壌はいずれも淡色黒ボク土に分類された。グループ2の耕地土壌は多腐植質普通黒ボク土、グループ3の耕地土壌は多腐植質普通黒ボク土、多腐植質普通多湿黒ボク土と多腐植質厚層多湿黒ボク土であり、耕地化に伴い炭素減少量が顕著なグループほど、土壌タイプは排水不良の土壌断面形態を示した。

十勝地域ではこれまで排水不良土壌を対象に暗渠排水等の排水改良が積極的に施工され、排水の改善が図られており(Niwa et al., 2007)、供試圃場の営農者への聞き取り調査から、グループ3の耕地では、いずれも積極的に暗渠排水による排水改良が行われてきたことを確認した。

以上のことから、十勝地域の黒ボク土では排水不良土壌ほど初期炭素量が多いという特徴があり、排水改良に伴い土壌が好氣的条件となり、その多く蓄積した土壌炭素の分解が促進したと考えられた。その結果、グループ3に該当するような土壌では、現状の作物残渣、緑肥や堆肥等による圃場への炭素還元量では、土壌炭素の分解量を補えない状況にあると考えられた。

加えて、上述したような耕地化による土壌炭素増減の土壌タイプ別の違いは、衛星画像から判断した土壌炭素量の変化と符合しており、衛星画像を用いた土壌炭素変化のモニタリングは有効な手法であることが実証された。

表2 各調査地点の未耕地及び耕地の総土量、土壌炭素量、土壌タイプ

	総土量(Mg ha <sup>-1</sup> )		土壌炭素量(Mg C ha <sup>-1</sup> )		土壌タイプ(耕地)**
	未耕地	耕地	未耕地	耕地	
地点1	2909	2818	91.6	123.5	-31.8 淡色黒ボク土
地点2	2981	2993	114.4	136.3	-21.9 淡色黒ボク土
地点3	3410	3570	132.8	160.1	-27.3 淡色黒ボク土
地点4	3130	3075	195.3	193.2	2.1 多腐植質普通黒ボク土
地点5	2897	2775	232.5	235.8	-3.4 多腐植質普通黒ボク土
地点6	3327	3174	305.6	198.0	107.6 多腐植質普通黒ボク土
地点7	3486	3395	361.5	217.3	144.2 多腐植質普通黒ボク土
地点8	4781	4706	477.7	327.9	149.8 多腐植質厚層多湿黒ボク土
地点9	3496	3599	348.1	269.6	78.5 多腐植質普通多湿黒ボク土
地点10	2926	2876	260.9	178.4	82.5 多腐植質普通黒ボク土

\*変化量は未耕地から耕地の土壌炭素量を引いた値。

\*\*土壌タイプは農耕地土壌分類第3次改訂版に基づく(農耕地土壌分類委員会, 1995)。

### (3) まとめ

①赤または緑の可視域の反射データから土壌炭素量を推定可能であった。

②母材区分が火山灰土壌で炭素量が多かった。

また、乾性黒ボク土より湿性黒ボク土の方が炭素量を多く含んでいた。

③湿性黒ボク土で炭素量が減少傾向にあった。

④Roth-Cモデルによる将来予測の結果、初期値が大きい土壌（炭素量が多い）は将来減少し、初期値が小さい土壌（炭素量が少ない）は将来増加する予想結果となった。

⑤同じ土壌タイプ及び母材においても乾湿の程度と土壌炭素量の間に関係があり、将来的な増減は土壌の乾湿の状態に依存していることが明らかになった。

⑥十勝地域の黒ボク土地帯では、地域全体で見た場合に、排水改良を原因として土壌炭素量が減少していた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 0 件）

〔学会発表〕（計 8 件）

1. Chiharu Hongo, Eisaku Tamura, Kensuke Aijima, Katsuhisa Niwa, Estimating and mapping of soil carbon stock using satellite data, AGU Fall meeting, San Francisco, USA, 15-19 December, 2014

2. 丹羽勝久・永田修・若林勝史・本郷千春：十勝地域における黒ボク土地帯の耕地化が土壌炭素変化に及ぼす影響、第31回農業土木新技術検討報告会、札幌市男女共同参画センター、札幌市、北海道、2014年11月28日

3. 丹羽勝久・永田修・若林勝史・本郷千春：十勝地域の黒ボク土畑における土壌炭素の変化とその要因、2014年度日本土壌肥科学会東京大会、東京農工大学、小金井市、東京、2014年9月9-11日

4. Chiharu Hongo, Eisaku Tamura, Kensuke Aijima, Katsuhisa Niwa, Osamu Nagata, Katsufumi Wakabayashi, Creation of prescription for optimal nitrogen fertilization through evaluation of soil carbon amount using remotely sensed data, 12th The international conference of precision agriculture, p178, Sacramento, USA, July20-23, 2014

5. 丹羽勝久・永田修・若林勝史・本郷千春：十勝地域における黒ボク土地帯の耕地化が土壌炭素変化に及ぼす影響、十勝測量設計協会主催農業農村整備事業測量設計業務担当者技術研修会、帯広市とかち館、帯広市、北海道、2014年2月26日

6. 丹羽勝久・永田修・若林勝史・本郷千春：北海道における耕地化が土壌特性に及ぼす影響、2013年度日本土壌肥科学会北海道支部講演会、道民活動振興センター、札幌市、北海道、2013年12月4日

7. Chiharu Hongo, Katsuhisa Niwa, Osamu Nagata and Katsufumi Wakabayashi, Evaluation of soil carbon stocks in upland field using remotely sensed data, 9th European Conference on Precision Agriculture, p44-45, Lleida, Spain, July 7-11, 2013

8. 相島健介・本郷千春・丹羽勝久・永田修・若林勝史・梶孝幸、多時期衛星データを用いた土壌炭素率推定手法の検討、日本リモートセンシング学会第53回学術講演会論文集、225-226、広島大学、広島市、広島県、2012年11月19-20日

〔図書〕（計 1 件）

農業リモートセンシング・ハンドブック増補版、第2章 土地資源・水資源・農業資源の評価、08 土壌炭素量の推定、p184-189、システム農学会、佐藤印刷（つくば市）pII-35-37, A-14、2014、ISBN978-4-9904471-1-3

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

なし

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

本郷 千春 (Chiharu Hongo)

国立大学法人

千葉大学環境リモートセンシング研究センター・准教授

研究者番号：20272354

(2) 研究分担者

若林 勝史 (Katsufumi Wakabayashi)

独立行政法人

農業・食品産業技術研究機構

北海道農業研究センター・主任研究員

研究者番号：00502890

研究分担者

永田 修 (Osamu Nagata)

独立行政法人

農業・食品産業技術研究機構

北海道農業研究センター・主任研究員

研究者番号：90355462

(3) 協力研究者

丹羽 勝久 (Katsuhisa Niwa)

(株)ズコーシャ

総合科学研究所・室長