

|          |   |
|----------|---|
| 氏名       | たか た ゆう すけ<br>高 田 裕 介   |
| 学位(専攻分野) | 博 士 (農 学)   |
| 学位記番号    | 農 博 第 1655 号  |
| 学位授与の日付  | 平 成 19 年 7 月 23 日   |
| 学位授与の要件  | 学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当   |
| 研究科・専攻   | 農 学 研 究 科 地 域 環 境 科 学 専 攻   |
| 学位論文題目   | Analysis of spatial and temporal variation of soil organic carbon budget and its application to sustainable agriculture in northern Kazakhstan<br>(カザフスタン北部における土壌有機炭素収支の時空間変動解析と持続的農業の確立に関する研究) |
| 論文調査委員   | (主 査)<br>教 授 小 崎 隆 教 授 縄 田 栄 治 教 授 星 野 敏  |

### 論 文 内 容 の 要 旨

カザフスタン共和国の北部穀作地帯は土壌有機物 (SOM) に富む肥沃なチェルノーゼム土壌およびその類縁土壌が優占することから、世界的な穀物生産基地としての重要性はもとより、地球規模での炭素循環の観点からも重要な地帯である。しかし、農業・環境の両側面にとって貴重な本地帯の SOM は、不適切な土地利用によって減耗していると報告されている。一方、本地帯における SOM 動態に及ぼす土地利用の影響を時空間的に評価した例は皆無であるため、SOM の減耗がどのような条件下で、どの地帯で、どの程度、生じているかは不明である。以上のような背景のもと、本地帯において、SOM 減耗を抑制するための持続的な土地利用法を提示するために、1) SOM の州レベルでの現存量評価、2) 土壌有機炭素 (SOC) 収支に及ぼす土地利用の影響評価、3) SOC 収支の時空間変動解析を行った。これらの結果に基づき、本地帯における SOM の減耗状況を詳細に検討することで、4700 余に及ぶ圃場のそれぞれについて持続的な土地利用法を提示した研究を取りまとめたものであり、次の各章からなっている。

第 1 章は序論であり、この研究の背景を明示するとともに、本論文で取り扱う課題について記述している。

第 2 章では、研究対象地域であるカザフスタン北部穀作地帯の気候、植生、地形、および土壌について記述した。調査地帯は半乾燥地帯に位置するため、水分管理が穀物栽培にとって重要となる。本章では、本地帯の輪作体系の基幹をなす水分管理技術としての夏季耕起休閑について詳細に記述している。

第 3 章では、州レベルでの SOM の現存量評価を行っている。まず、SOM 量の予測のため、衛星画像から得た植生情報と地形情報を用いて重回帰分析を行った。得られた回帰式に基づき SOM 量を算出し、その予測残差の空間依存性をジオスタティスティクス手法を用いて解析し、空間的に補正することで、SOM を精度良く地図化できることを記述している。

第 4 章では、SOC 収支に及ぼす土地利用の影響評価を行っている。まず、土壌からの CO<sub>2</sub> 放出量を現地にて測定した結果、その全変動の 40~80% 程度を土壌温度、降水量、乾燥度指標、および易分解性炭素量によって説明できることを報告している。土地利用ごとに年間炭素投入量を実測し、SOC 収支を算出した結果、穀物栽培畑および採草地では SOC 収支は正の値となり、夏季休閑畑では負の値となったことから、SOM 減耗は夏季休閑畑において生じていることを示している。また、本地帯において、SOC 収支が最も大きな正の値を示し、環境リスクが低かったのは採草地であることを明らかにしている。

第 5 章では、SOC 収支の州レベルでの時空間変動解析を行っている。得られた SOM 分布図 (第 3 章) と CO<sub>2</sub> 放出モデル式 (第 4 章)、土地利用図、および衛星画像を用いて、2001 年から 2005 年まで SOC 収支の時空間変動解析を行った結果、休閑を含む輪作体系で SOM の減耗が生じていること、また、SOM の減耗は、概して、調査地域北部で高く、南部で低くなり、SOM 現存量と同様の傾向を示すことを明らかにした。さらに、調査地全域で、休閑頻度の増加と共に SOM の減耗が加速すると結論付けた。

第6章では、SOMの減耗を抑制するための持続的な土地利用について論じている。まず、休閑を含む輪作体系を採用していた圃場において、2001年から2005年までの5年間の炭素収支が負の値を示した圃場を抽出した。それらの圃場において、夏季休閑を排除した場合の炭素収支予測を行い、炭素収支予測の結果が正の値を示した圃場については、夏季休閑の排除を推奨し、負の値を示した圃場については、本地帯で最も環境リスクの低い採草地管理を輪作体系に組み込むことを推奨するという具体的な土地利用法を提言した。

第7章は、本研究の成果のまとめと結論に当てられている。

## 論文審査の結果の要旨

農業および環境の両側面から貴重な農耕地土壌中の有機物（SOM）の管理は、人口増加と地球環境問題に取り組むための重要な鍵であると考えられる。農耕地のSOM動態は気候、地形、土壌などの生態環境と輪作体系などの作物管理により影響を受けることが知られており、その両者とSOM動態との関係を定量的、かつ、時空間的に評価することで、SOM動態の適切な管理、即ち、持続的な土地利用とは何かを具体的に提言することができる。

地球規模での食糧生産および炭素循環という両側面から重要なカザフスタン共和国北部穀作地帯では、SOMの減耗が深刻な問題となっている。本論文は、当該地域において、州レベルでのSOM現存量の評価及び土壌有機炭素（SOC）収支に及ぼす土地利用の影響評価、さらに、SOC収支の時空間変動解析を行うことで、SOMの減耗を規定する要因を州レベルで解析し、持続的な土地利用を具体的に提案した一連の研究成果を取りまとめたもので、評価できる点は以下のとおりである。

1. 地形および植生情報を用いてSOM現存量の予測を行い、その予測誤差の空間依存性をジオスタティスティクス手法により解析して補正することで、SOMを精度良く地図化できることを示した。

2. 土地利用ごとにCO<sub>2</sub>放出量の予測モデルの構築を試みた結果、CO<sub>2</sub>放出量の全変動の40～80%程度を土壌温度、降水量、乾燥度指標、および易分解性炭素量によって定量的に説明できることを報告した。また、本調査地域で一般に行われている夏季耕起休閑（裸地休閑）畑はSOC収支の値が最も低く、環境リスクが高いことが示され、一方、採草地はSOC収支が最も高く、環境リスクが最も低いことが定量的に示された。

3. SOC収支の州レベルでの時空間変動解析を行った結果、調査地全域で、休閑頻度の増加と共にSOMの減耗が加速すると結論付けられた。また、SOMの減耗は、概して、調査地域北部で高く、南部で低くなり、SOM現存量と同様の傾向を示すことが明らかとなった。

4. SOC収支の時空間変動解析の結果を用いて、SOMの減耗を抑制するための持続的な土地利用について、4700余の圃場ごとに、輪作体系からの夏季耕起休閑の排除、採草地管理の輪作体系への導入、もしくは現行輪作体系の維持といった具体的なオプションとともに適正化のための提言を行った。

以上のように本論文は、カザフスタン北部穀作地帯において、SOM動態に及ぼす生態環境と作物管理の影響を定量的、かつ、時空間的に解析し、SOM動態を適切に管理するための持続的な土地利用法を具体的に提示しており、土壌学、農業生態学、土地利用学ならびに環境科学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成19年6月19日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。