

令和元年6月15日現在

機関番号：10105

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K15400

研究課題名(和文)人工衛星データを利用した圃場内のリン酸肥沃度と保水性のばらつきの評価

研究課題名(英文)Field-scale soil phosphate fertility and available water capacity assessed using land surface feedback dynamic patterns

研究代表者

木下 林太郎(Kinoshita, Rintaro)

帯広畜産大学・畜産学部・助教

研究者番号：70793678

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：北海道十勝地域の土壌の高いリン固定力は、火山灰土壌特有の粘土鉱物およびAlと腐植物質の複合体に由来することを明らかにした。また同地域の大規模圃場では、圃場内で土壌のリン固定力が大きくばらつく場合があった。このばらつきは、非火山灰土壌が表層土壌に混入することが原因であることを示した。土壌のリン固定力と土壌の保水力は同じ土壌成分に規定されている。土壌の保水力は簡易に測定可能であり、分析設備が乏しい場合でも、間接的にリン固定力の推定に利用できることが示された。また、土壌水分は人工衛星データから測定が可能であり、リン固定力の推定に利用可能なことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

北海道十勝地域の大規模圃場では圃場内で土壌のリン固定力が大きくばらつく場合があり、1圃場内で作物の収量や環境負荷、さらには収益に大きなばらつきが存在することが示唆された。今後は、1圃場内での作物の収量制限因子の違いを評価していく必要がある。

これまで、土壌のリン固定力の評価は多様な試薬や分析機器を利用して測定されてきた。本研究から、土壌のリン固定力は保水性の評価から間接的に評価可能なことが示された。よって、天びんと乾燥器のみで簡易に土壌のリン固定力の評価が可能である。また、人工衛星搭載の近赤外線カメラで推定が可能なが示された。

研究成果の概要(英文)：The soils of Tokachi region in Hokkaido has high P fixing capacity. From this study, it was verified that the capacity originates in the particular clay mineralogy (allophane and imogolite) and Al-humus complex. Also, we identified cases where the P-fixing capacity of the soil varies highly within a single field. The mixing of non-volcanic ash soils into the topsoil was the cause of this variation. The P-fixing capacity and soil water holding capacity originate in the same soil properties. Water holding capacity is easy to measure and can be used as an indirect estimation for P-fixing capacity where the laboratory equipment is limited. In addition, soil water content can be estimated using infrared cameras that is onboard of satellite, and it can also be used as an indirect method to estimate soils P-fixing capacity.

研究分野：土壌学

キーワード：リン肥沃度 保水性 リン酸吸収係数 人工衛星 近赤外線

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

北海道十勝地域では圃場の大規模化が進んでおり、圃場内で土壌特性のばらつきが生まれることが懸念されていた。火山灰土壌は土壌のリン固定力が高く、適正なリン酸施肥量の把握が重要である。リンは有限な資源であり、持続的な農業生産には、リン資源の消費を抑制することも重要である。適正なリン酸施肥量の決定には、土壌固有のリン固定力の把握が重要である。既存のリン固定力の評価方法は、圃場から土壌サンプルを採取し、湿式分析法でリン酸吸収係数の算出により行なわれている。しかしこの方法で圃場内のばらつきを評価するためには、コストや時間等の制約により限界があった。

### 2. 研究の目的

人工衛星データなどを利用して、簡易に土壌のリン固定力の評価方法を構築することを目指した。

### 3. 研究の方法

(1) 圃場内の土壌のリン固定力のばらつきの評価を行うために、北海道十勝地域幕別町の2圃場から、50メートルおきに土壌サンプルを採取した。採取した土壌はリン酸吸収係数および他の理化学的性質分析に供試した。Landsat-8 人工衛星データを取得し、標高データと併せてリン酸吸収係数の推定モデルの構築を行った。

(2) 地域規模やさらに広範囲の土壌データでリン酸吸収係数を簡易に推定する方法を確立するために、十勝地域と上川地域の77圃場から採取された土壌、さらにインドネシア( $n=17$ )とケニア( $n=85$ )から採取された土壌を実験に供試した。供試された土壌についてリン酸吸収係数、保水性および理化学的性質分析を行った。また、ドローン搭載の近赤外線カメラを用いて反射光の測定を行った。供試土壌は風乾時および土壌水分を変化させた状態で撮影され、近赤外線カメラで土壌の水分含量の推定が可能かの評価も行った。

### 4. 研究成果

(1) 十勝地域幕別町の2圃場は隣接しているものの、土壌管理方法が大きく異なっていた。1つめの圃場(14.7 ha)は化学肥料、有機肥料および農薬等を一切投入しない自然農法で栽培されていた(自然栽培区)。2つめの圃場(8.3 ha)は化学肥料の窒素成分量および節減対象農薬の使用回数を5割以下で栽培する特別栽培(特別栽培区)によって栽培されていた。それぞれの圃場で2か所ずつ土壌断面調査を実施した。その結果、自然栽培区には腐植質灰色台地土と普通多湿黒ボク土が、特別栽培区には普通黒ボク土と淡色黒ボク土が存在することが明らかとなった(図1)。

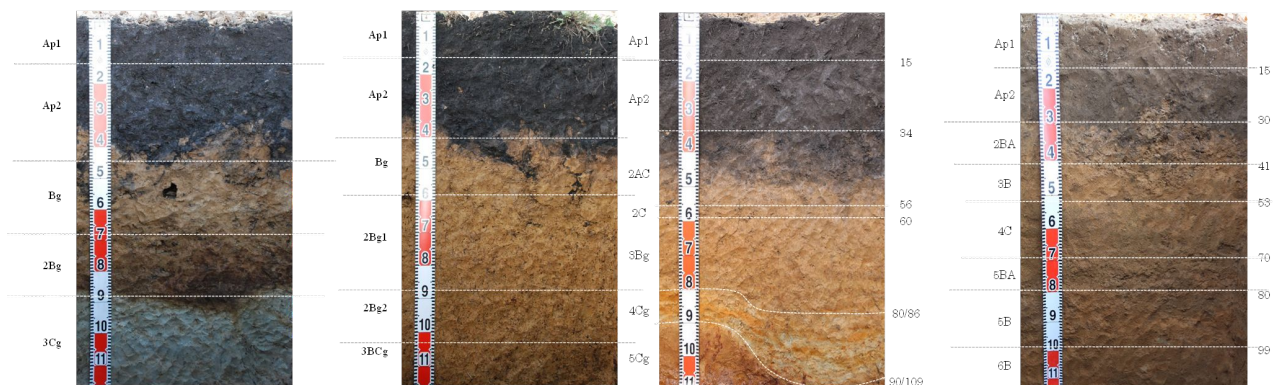
図1. 十勝地域幕別町の隣接する2圃場の土壌断面

腐植質灰色台地土

普通多湿黒ボク土

普通黒ボク土

淡色黒ボク土



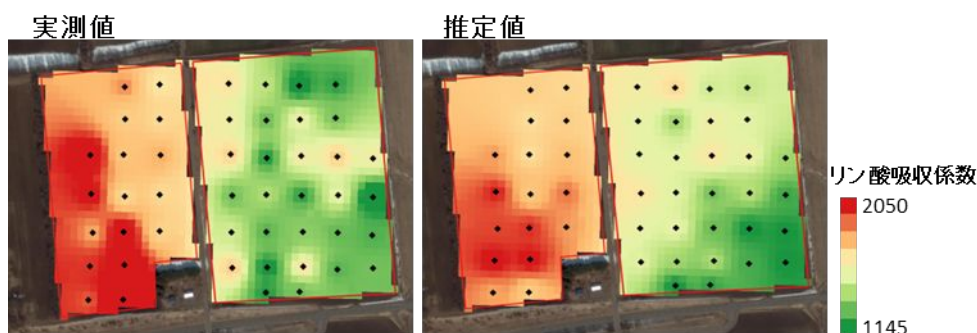
それぞれの圃場においてリン酸吸収係数は大きくばらついていた。リン酸吸収係数は0から2690までの数字で表され、数字が高くなるにつれて土壌固有のリン固定力が高いことを示す。また、リン酸吸収係数は火山灰土壌の分類にも利用されている(リン酸吸収係数 > 1500)。自然栽培区では920から2320、特別栽培区では800から2030の間でばらついていた。どちらの圃場においても、リン酸吸収係数は酸性シュウ酸アンモニウム可溶のアルミニウム含量( $Al_0$ )と高い相関関係が存在した。これは、非・準晶質の粘土鉱物およびAl-腐植複合体の両方が土壌のリン固定力を規定していることを示す。これは、Hashimoto et al. (2012)が提示した結果が、同地域でも適応できることを示すとともに、非常に狭い範囲のリン酸吸収係数の空間変動も $Al_0$ によって規定されていることを明らかにした。

本研究において、リン酸吸収係数だけでなく永久しおれ点などの保水性の指標も $Al_0$ に規定されていることに注目した。自然栽培区ではリン酸吸収係数と永久しおれ点の間に $r = 0.89$ の相関関係が存在した。特別栽培区では、測定に煩雑な操作が必要な永久しおれ点だけでなく、風乾土水分含量との間にも高い相関関係が存在することを証明した( $r = 0.94$ )。これにより、

リン酸吸収係数を簡易に間接的に評価可能なことが示された。

(2)同圃場において Landsat-8 人工衛星データによりリン酸吸収係数の評価を試みた。同地域で、人工衛星データによる土壌の腐植含量の推定は数多く行なわれている(Niwa et al., 2011)。しかし、リン酸吸収係数は AI。によって規定されているので、既存のモデルを利用して推定することは困難である。そこで、人工衛星データを用いて土壌の保水性を推定することで、リン酸吸収係数を間接的に評価する方法を構築した。長期間降雨が観測されておらず、被覆がない時期の人工衛星データを取得した。Landsat-8 のバンド 7(2.11-2.29  $\mu\text{m}$ ) は土壌水分に吸収帯を持つことが知られている。自然栽培圃場において、重回帰直線モデルを用い、Landsat-8 のデータと標高データから得られた湿潤指標を説明変数にすることで、リン酸吸収係数を一定程度推定可能なことが示された(図 2;  $R^2 = 0.62$ ; RMSE = 213)。一方で特別栽培圃場では、同日に撮影された人工衛星データを用いても推定が困難であり、リン酸吸収係数とバンド 7 の相関関係は自然栽培圃場に比べて低かった( $r = 0.76^{**}$  vs.  $r = -0.30$ )。この一つの理由として、特別栽培圃場では土壌特性の空間変動が大きく、採取された土壌サンプルの距離および人工衛星データの解像度(30 m)ではそのばらつきを捉えきれなかったことが考えられた。

図 2. 自然栽培圃場でのリン酸吸収係数の実測値および Landsat-8 人工衛星データと湿潤指標に基づく推定値



(3) 前述のリン酸吸収係数と保水性の関係性が、広域でも適応可能か評価した。保水性の指標として風乾土水分含量を用い、リン酸吸収係数の推定を試みた。その結果、土壌型に関わらず全ての地域(北海道十勝地域、上川地域、インドネシアおよびマラウイ)で風乾土水分含量によりリン酸吸収係数の推定が可能なが明らかとなった( $0.70 < R^2 < 0.90$ ;  $64.3 < \text{RMSE} < 123$ )。風乾土水分含量は、定温乾燥器および電子天秤のみで測定可能である。分析設備の乏しい地域においても測定が可能であるため、今後の利用が期待される。

(4) 北海道十勝地域および上川地域の 170 圃場から採取された土壌試料を用いて、ドローン搭載の近赤外線カメラを用いて様々な土壌成分が推定可能か評価した。その結果、土壌の腐植含量の推定が可能なが確認された。また、腐植含量の異なる土壌試料の水分含量を調整して、同近赤外線カメラで土壌水分の推定が可能か評価した。現在、土壌水分含量の変化に伴う近赤外線の反射光のデータを蓄積している。今後、ドローン搭載の近赤外線データによる土壌水分含量の推定モデルの構築を実験室規模で行う予定である。さらに、このモデルを屋外で適応し、土壌水分含量だけでなくリン酸吸収係数の推定にも利用する為の研究を継続予定である。

#### < 引用文献 >

Hashimoto, Y., Kang, J., Matsuyama, N., Saigusa, M. 2012. Path analysis of phosphorus retention capacity in allophanic and non-allophanic Andisols. *Soil Science Society of America Journal*. 76(2):441-448.

Niwa, K., Yokobori, J., Hongo, C., Nagata, O. 2011. Estimating soil carbon stocks in an upland area of Tokachi district, Hokkaido, Japan, by satellite remote sensing. *Soil Science and Plant Nutrition*. 57: 283-293.

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 2 件)

木下 林太郎、谷 昌幸、衛星画像を利用した北海道十勝地域における圃場内のリン酸吸収係数のばらつきの評価、日本土壌肥料学会佐賀大会、2016 優秀ポスター賞

木下 林太郎、Murray Clayton、Sonam Sherpa、谷 昌幸、土壌のリン固定力を風乾土水分含量でどこまで推定可能か?、日本土壌肥料学会神奈川大会、2018 優秀ポスター賞

〔図書〕(計 0 件)

〔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：  
国内外の別：

取得状況（計 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕

平成 29 年度 帯広畜産大学卒業論文  
杉浦大斗．衛星画像を利用した十勝地域の普通畑土壌におけるリン酸吸収係数の評価

## 6．研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：  
ローマ字氏名：  
所属研究機関名：  
部局名：  
職名：  
研究者番号（8桁）：

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：  
ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。