

令和 3 年 6 月 10 日現在

機関番号：10105

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05367

研究課題名（和文）リン酸肥料を多施用してきた普通畑土壌におけるカドミウムの実態と対策

研究課題名（英文）Effects of heavy application of phosphate fertilizer on cadmium dynamics in upland fields

研究代表者

谷 昌幸（Tani, Masayuki）

帯広畜産大学・グローバルアグロメディシン研究センター・教授

研究者番号：00271750

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：北海道の大規模畑作地帯には黒ボク土と呼ばれる火山灰土壌が広く分布し、作物生育に不可欠であるリンが固定されるためリン酸肥料を多く施用してきた。しかし、リン酸肥料の原料にはカドミウムなどの有害重金属が含まれ、土壌に蓄積したり、作物に吸収されたりする可能性がある。本研究の結果、畑土壌にはリンとともにカドミウムが多量に蓄積しているものの、黒ボク土ではカドミウムが作物に吸収されにくく、バレイショ塊茎のカドミウム濃度は低いことが証明された。他の土壌が分布する地域でも、土壌酸性を改良したり、カルシウムを含む肥料を施用したりすれば、私たちの健康に影響を及ぼさないことが可能である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、リン酸肥料を多施用してきた北海道の普通畑で生産されたバレイショ塊茎のカドミウム濃度は国際基準を下回っていることが明らかとなった。カドミウム濃度が高い地域では、適切な土壌改良と施肥管理により低下させることが可能であることも示された。カドミウムは有害な重金属であり、カドミウムを含む作物可食部の摂取により人間の健康に直接的な影響がある。リン酸肥料などに含まれるカドミウムによる影響を明らかにすることは、安全な作物生産に貢献する社会的意義が非常に大きい重要な研究成果である。

研究成果の概要（英文）：Volcanic ash soils called Andosols are widely distributed in large-scale upland fields in Hokkaido, and phosphorus, which is an essential element for crop growth, is fixed, so phosphate fertilizer has been heavily applied. However, rock phosphate, which is the raw material for phosphate fertilizer, contains harmful heavy metals such as cadmium, which may accumulate in the soil or be absorbed by crops. As a result of this study, it was proved that cadmium is not easily absorbed by crops in Andosols and the cadmium concentration in potato tubers is low although a large amount of cadmium is accumulated in the upland soils together with phosphorus. Even in areas where other soils are distributed, it is possible to decrease the cadmium concentration in potato tubers by improving soil acidity and applying calcium fertilizers so that it does not affect our health.

研究分野：土壌学

キーワード：カドミウム 普通畑土壌 リン酸肥料 カルシウム施肥 バレイショ

1. 研究開始当初の背景

カドミウムは、動植物にとって有害で、必須性がない元素であるが、様々な土壤中に普遍的に存在する。未耕地土壌では母材および大気降下物がカドミウムの主な起源であり、農耕地土壌では、それらに加えて、肥料・堆肥・下水汚泥などの資材や灌漑水に由来するカドミウムも付加される。とくに、リン酸肥料(肥料取締法ではりん酸質肥料と呼ばれる)に含まれるカドミウムに由来する広域的な土壌の汚染が世界中で懸念されている。

リン酸肥料の原料となるリン鉱石は、フッ化アパタイトを主成分とする天然鉱石であり堆積岩質と火成岩質の2種類がある。堆積岩質のリン鉱石にはカドミウムが多く含まれ、肥料製造時にカドミウムを取り除くことが難しく、リン酸肥料にはカドミウムが多く含まれる。各国でリン酸肥料に含まれるカドミウムの規制値が設けられ、日本では可溶性リン酸 1 kg-P₂O₅ 当たり 150 mg 未満と定められている。欧州連合では、2003 年から 2015 年にかけて段階的に規制値が下げられ、現在は可溶性リン酸 1 kg-P₂O₅ 当たり 20 mg 未満と厳しい規制が設けられている。

日本の農耕地では、リン酸を固定する能力が著しく高い黒ボク土が普通畑や野菜畑に広く分布し、作物生産性を高めるためにリン酸肥料の多施用が行われてきた。長年にわたるリン酸肥料の多施用により、土壌のリン肥沃度は大幅に改善され、農耕地土壌中の有効態リン酸レベルが増加傾向にあることが数多く報告されている。研究代表者は、大規模畑作地帯である北海道十勝地域の黒ボク土畑土壌において、農耕地とそれに隣接する未耕地における土壌中のリンの垂直分布を比較し、層厚差や仮比重を考慮して面積当たりのリン蓄積量を評価したところ、リンは深さ 35 ~ 40 cm までの作土層に集中して貯まっており、その蓄積量は約 8 ~ 10 Mg-P₂O₅/ha と見積もられた。その大部分は、フッ化アンモニウムを含む試薬により抽出される無機態リン酸(AI 型リン酸)であり、通常の作物には利用できない形態である。一方、リン酸施肥に伴うカドミウムの蓄積や形態を正確に評価した研究はほとんどない。

また、カドミウムは作物の必須元素ではないものの、作物によっては根から吸収したカドミウムを可食部に移動させる。水稲やダイズはカドミウムを吸収しやすく、可食部に移行しやすいため、日本ではとくに水稲については多くの研究が行われてきた。現在は湛水管理や土壌改良などにより、コメのカドミウム濃度を Codex 委員会の規制値未満に抑制することが可能となっている。一方、麦類や野菜類におけるカドミウムの吸収抑制などに関する研究は少ない。海外ではカドミウムの摂取源としてバレイショが注目されており、アメリカ合衆国では 24%、オーストラリアでは 56%のカドミウム摂取がバレイショに由来すると報告されている。日本では、野菜可食部におけるカドミウムの研究例は少なく、バレイショに関する知見は非常に乏しい。コメの消費量が減り、ファストフードやスナック菓子などを好む現代の食生活においては、実態の把握と対策が不可欠である。

2. 研究の目的

日本の農耕地、とくに普通畑や野菜畑においてリン酸肥料が多施用されてきた結果、リンが土壌に蓄積して有効態リン酸が増加し、かつてほどの量のリン酸を施用する必要がないにもかかわらず、いまだに多肥がなされているのが現状である。その中で、リン酸肥料の施用に伴って土壌に付加されたカドミウムはどうなっているのであろうか。土壌中に蓄積しているのか、どのような形態で存在しているのか、作物に吸収されているのか、どのようにすれば作物可食部への吸収を抑制することができるのかを明らかにすることを目的とした。

まず、リン酸肥料の多施用が長年にわたって行われてきた生産者の圃場を対象とし、普通畑土壌にカドミウムが蓄積しているのかを明らかにするために、未耕地と農耕地の土壌断面におけるカドミウムの垂直分布を比較する。研究代表者は、大規模畑作地帯である北海道十勝地域の黒ボク土畑土壌において、農耕地とそれに隣接する未耕地における土壌中のリンの垂直分布を比較し、層厚差や仮比重を考慮して面積当たりのリン蓄積量を評価できたことを報告している。この手法を他の地域や土壌型に適用することにより、カドミウムを含む他の元素の蓄積や消費を明らかにすることが可能である。

次に、北海道の主要なバレイショ生産地帯である十勝地域と上川地域の生産者圃場を対象とし、土壌の種類や特性によるカドミウムの存在量と形態に違いはあるのか、バレイショの塊茎に含まれるカドミウム濃度はどれくらいかを明らかにするために、土壌型が異なる地域の普通畑圃場の表層土壌とバレイショ塊茎におけるカドミウムの水平分布を調べる。研究代表者は、2013 年度からカルビーポテト株式会社と「バレイショ栽培における施肥技術と土壌改良に関する共同研究」を行ってきており、上記 2 地域の生産者圃場から広域的に 170 点の土壌試料と塊茎試料を集め、土壌の特性と養分含量、塊茎の収量と品質、それらの相互関係について研究を行ってきた実績があり、カドミウムの実態把握に展開することが可能である。

さらに、同地域の生産者圃場で実施している、バレイショへのカルシウム施肥試験において栽培および採取した塊茎を供試し、カルシウム施肥による塊茎へのカドミウム移行の低減効果を調べる。バレイショにおけるカルシウム施肥は、ウィスコンシン大学植物生理学のパルタ教授が提唱した理論に基づいており、バレイショ塊茎の肥大期に硝酸カルシウムなどを含む肥料を施

用することにより、塊茎のカルシウム濃度を高めて内部品質を向上させる技術である。研究代表者は、同教授と 2014 年度から研究連携を行っており、カルシウム施肥がバレイシヨの細胞壁構造や加工特性に大きな影響を及ぼすことを報告しており、カルシウムの拮抗作用によりカドミウムの吸収と移行を軽減できる可能性が高いと考えられる。

3. 研究の方法

本研究では、北海道の主要なバレイシヨ生産地帯である十勝地域と上川地域の生産者圃場を対象とし、(1) 未耕地と農耕地の土壌断面におけるカドミウムの垂直分布、(2) 普通畑圃場の表層土壌におけるカドミウムの水平分布、(3) 普通畑圃場で生産されたバレイシヨ塊茎のカドミウム濃度、(4) カルシウム施肥がバレイシヨ塊茎のカドミウム濃度に及ぼす影響などを調べた。これらの研究成果を総合的に取りまとめて普通畑土壌におけるカドミウムの実態や作物への吸収と移行を明らかにするとともに、他の地域や土壌における実態、その他の作物への影響などに係る広域的な研究への展開を視野に入れた解析を行った。

(1) 未耕地と農耕地の土壌断面におけるカドミウムの垂直分布

未耕地と農耕地の土壌断面調査を行い、深さ 5 cm ごとに採取した土壌試料について全カドミウム量の分析を行った。層厚差や仮比重を考慮して面積当たりのカドミウム量を比較し、農耕地においてカドミウムが蓄積しているのか、蓄積しているとすれば、どのような土壌特性や元素と関連があるのかを検証した。

(2) 普通畑圃場の表層土壌におけるカドミウムの水平分布

普通畑 90 地点の深さ 0~20 cm の表層土壌を採取し、土壌の全カドミウム量と可給態カドミウム量(Mehlich3 法)を調べ、カドミウム量がどのレベルか、土壌のコロイド組成やリン量とどのような関連があるのかなどの実態を明らかにした。

(3) 普通畑圃場で生産されたバレイシヨ塊茎のカドミウム濃度

上記の普通畑圃場で生産されたバレイシヨ塊茎のカドミウム濃度を分析し、カドミウム濃度がどのレベルか、土壌のカドミウム量との関係はあるのか、塊茎の収量や他の元素濃度とどのような関連があるのかなどの実態を明らかにした。

(4) カルシウム施肥がバレイシヨ塊茎のカドミウム濃度に及ぼす影響

同地域の生産者圃場で実施しているバレイシヨへのカルシウム施肥試験において栽培および採取した塊茎を供試し、塊茎のカドミウム濃度を低減する効果があるのか、他の元素濃度とどのような関連があるのかなどを検証した。

4. 研究成果

(1) 未耕地と農耕地の土壌断面におけるカドミウムの垂直分布

淡色黒ボク土および厚層黒ボク土における未耕地と農耕地の仮比重と層厚差を考慮した面積当たりの各元素量の垂直分布を比較した。淡色黒ボク土では、農耕地における全リン量は、既報と同じ傾向を示し、深さ 0~40cm において未耕地よりも顕著に多く、深さ 40~50cm で急激に減少し、深さ 50cm より下層では未耕地とほぼ同じか、やや少ない値を示した。農耕地における全カドミウム量は、全リン量と著しく類似した垂直分布を示し、深さ 0~40cm において未耕地よりも顕著に多く、深さ 40~50cm で急激に減少し、深さ 50cm より下層では未耕地と同じ値を示した。厚層黒ボク土では、農耕地における全リン量は、既報と同じ傾向を示し、深さ 0~30cm において未耕地よりも顕著に多く、深さ 30~40cm で急激に減少し、深さ 40cm より下層では未耕地とほぼ同じ値を示した。農耕地における全カドミウム量は、淡色黒ボク土と同様に全リン量と著しく類似した垂直分布を示し、深さ 0~30cm において未耕地よりも顕著に多く、深さ 30~40cm で急激に減少し、深さ 40cm より下層では未耕地と同じ値を示した。

表 1 未耕地土壌と農耕地土壌の層厚差を考慮した面積当たりの各元素量、および未耕地と農耕地との差と比

地点名	C	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cd
	(Mg ha ⁻¹)						(kg ha ⁻¹)	(g ha ⁻¹)
淡色黒ボク土								
未耕地(0-100cm)	144	14.3	2.87	51.7	69.3	39.1	559	299
農耕地(0-75cm)	126	14.0	6.42	44.1	80.9	36.4	593	868
差(農耕地 - 未耕地)	-17.4	-0.30	3.55	-7.67	11.6	-2.62	34.9	569
比(農耕地 / 未耕地)	0.88	0.98	2.24	0.85	1.17	0.93	1.06	2.90
厚層黒ボク土								
未耕地(0-100cm)	564	38.7	7.45	29.0	67.3	15.8	352	580
農耕地(0-80cm)	440	31.8	12.1	51.3	61.8	21.0	429	930
差(農耕地 - 未耕地)	-124	-6.92	4.61	22.3	-5.51	5.22	77.1	350
比(農耕地 / 未耕地)	0.78	0.82	1.62	1.77	0.92	1.33	1.22	1.60

差は農耕地土壌の値から未耕地土壌の値を差し引いて算出した。比は農耕地土壌の値を未耕地土壌の値で除して算出した。

未耕地と農耕地の層厚差を考慮し、未耕地土壌では深さ 0~100cm、農耕地土壌では相当する深さ(100cm - 層厚差)までにおける面積当たりの各元素量を積算し、農耕地と未耕地の差および

比を表1に示した。全リン量は、既報と同様な結果であり、農耕地の作土層で著しく多く、未耕地土壌深さ0~1mの全リン量に対して、農耕地土壌は約60~120%の蓄積が認められた。

全カドミウム量は、全リン量と同様に、いずれの黒ボク土においても、農耕地が未耕地を上回り、農耕地利用によって蓄積していることが明らかとなった。全カドミウム量は、それぞれ190%と60%の著しい蓄積であった。リン酸肥料の多施用に伴って農耕地土壌にカドミウムが供給されて蓄積した可能性が極めて高く、淡色黒ボク土では 569 g ha^{-1} 、厚層黒ボク土では 350 g ha^{-1} の蓄積であった。聞き取り調査から淡色黒ボク土は約60年間、厚層黒ボク土は約55年間にわたって畑地として利用されてきたことから、淡色黒ボク土では $9.5 \text{ g ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ 、厚層黒ボク土では $6.4 \text{ g ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ の増加となる。十勝地域における年間のリン酸施肥量を $200 \text{ kg-P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ とすると、1年間のカドミウム供給量は $7.2 \text{ g ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ となる。本研究で認められた蓄積量はリン酸肥料に由来するカドミウムの供給のみで十分に説明できる範囲である。作物による吸収と圃場外への持ち出しもあるため単純には結論付けることは難しいが、リン酸肥料の施用に伴って黒ボク土の普通畑に多量のカドミウムが蓄積していることを十分に認識する必要がある。

(2) 普通畑圃場の表層土壌におけるカドミウムの水平分布

北海道の十勝地域と上川地域の普通畑90地点から採取した表層土壌について、土壌の全カドミウム量と可給態カドミウム量の記述統計量を表2に示した。

表2 北海道の十勝地域と上川地域における普通畑表層土に含まれる全カドミウム量と可給態カドミウム量の記述統計量

	全カドミウム量		可給態カドミウム量	
	十勝地域	上川地域	十勝地域	上川地域
	(μg kg ⁻¹)		(μg kg ⁻¹)	
中央値	424	108	63.3	85.9
平均値	415	110	63.7	83.9
最大値	599	181	103	125
最小値	243	55.0	32.3	41.4

表層土壌の全カドミウム量は、十勝地域で243~599 μg kg⁻¹の範囲で平均415 μg kg⁻¹、上川地域で55~181 μg kg⁻¹の範囲で平均110 μg kg⁻¹であり、十勝地域で有意に多かった。わが国の非汚染表層土壌における全カドミウム量は56~801 μg kg⁻¹の範囲であり、畑土壌における平均値は239 μg kg⁻¹であると報告されている。本研究で十勝地域および上川地域の表層土壌で得られた全カドミウム量は、すべて非汚染表層土壌の範囲内であり、十勝地域は平均値よりも総じて多く、上川地域は平均値よりも少なかった。本研究で対象とした十勝地域には、完新世ないし後期更新世に堆積した火山灰に由来する土壌が多く、上川地域には火砕流台地上の洪積堆積物に由来する土壌が多く、その母材や土壌生成過程が著しく異なる。これらの影響により、十勝地域と上川地域の普通畑表層土壌における全カドミウム量が明瞭に異なる結果が得られたと考えられた。農耕地土壌においては、リン酸肥料や下水汚泥などの肥料や資材などの投入に伴ってカドミウムが投入されることにより全カドミウム量が増加する可能性があり、とくに北海道の普通畑土壌ではリン酸肥料の多量施用に伴うカドミウムの増加が懸念される。十勝地域と上川地域の普通畑表層土壌における全リン量と全カドミウム量との関係を調べたところ、いずれの地域においても、全リン量と全カドミウム量との間には有意な正の相関関係が認められ、リン酸肥料の施用に伴って土壌中へリンが蓄積している普通畑では、カドミウムも蓄積している可能性が示された。

一方、可給態カドミウム量は、十勝地域で32~103 μg kg⁻¹の範囲で平均63.7 μg kg⁻¹、上川地域で41~125 μg kg⁻¹の範囲で平均83.9 μg kg⁻¹であり、上川地域でやや多かった。全カドミウム量に対する可給態カドミウム量の割合は、十勝地域で平均16.2%であったのに対し、上川地域では平均77.2%であり、両地域の普通畑表層土壌におけるカドミウムの存在形態と可給性が大きく異なると考えられた。十勝地域と上川地域の普通畑表層土壌における全カドミウム量と可給態カドミウム量との関係を調べたところ、十勝地域では、土壌中の全カドミウム量と可給態カドミウム量との間に明瞭な関係が認められなかったのに対し、上川地域では有意な正の相関関係が認められた。土壌中のカドミウムの可給性については、カドミウムの存在形態、とくに土壌コロイドとの相互作用が大きな影響を及ぼす可能性が高い。十勝地域の表層土壌については、可給態カドミウム量とアロフェン含量との間に有意な負の相関関係($r = -0.351^*$)が認められたが、上川地域では明瞭な関係が認められなかった。火山灰に由来する黒ボク土や多湿黒ボク土が広く分布する十勝地域では、土壌中のカドミウムがアロフェンなどの非晶質粘土鉱物に特異吸着され、その可給性が低下する可能性が示された。

(3) 普通畑圃場で生産されたバレイショ塊茎のカドミウム濃度

北海道の十勝地域と上川地域の普通畑90地点から採取したバレイショ塊茎試料について、塊

茎中のカドミウム濃度と面積当たりのカドミウム吸収量の記述統計量を表3に示した。

表3 北海道の十勝地域と上川地域におけるバレイショ塊茎のカドミウム濃度およびカドミウム吸収量の記述統計量

	塊茎のカドミウム濃度		塊茎によるカドミウム吸収量	
	十勝地域	上川地域	十勝地域	上川地域
	(μg kg ⁻¹)		(g ha ⁻¹)	
中央値	15.0	37.3	0.630	1.51
平均値	16.2	37.4	0.695	1.53
最大値	45.0	82.6	1.54	3.32
最小値	4.48	8.22	0.243	0.338

塊茎のカドミウム濃度は、十勝地域で4.5～45.0 μg kg⁻¹の範囲で平均16.2 μg kg⁻¹、上川地域で8.2～82.6 μg kg⁻¹の範囲で平均37.4 μg kg⁻¹であり、上川地域で高い傾向であった。本研究で供試した試料については、Codex委員会が定める国際基準値100 μg kg⁻¹を超過する塊茎はなかった。

十勝地域と上川地域の普通畑における土壌中の可給態カドミウム量とバレイショ塊茎中のカドミウム濃度との関係を調べたところ、土壌中の可給態カドミウム量と塊茎中のカドミウム濃度との間に有意な正の相関関係が認められたが、上川地域では明瞭な関係が認められなかった。上川地域では、土壌pHと塊茎中カドミウム濃度との間に有意な負の相関関係が認められた。以上のように、本研究で対象とした十勝地域と上川地域では、土壌中の可給態カドミウム量と土壌pHが、塊茎へのカドミウムの移行性を支配していることが考えられた。

(4) カルシウム施肥がバレイショ塊茎のカドミウム濃度に及ぼす影響

十勝地域の生産者圃場において、三要素を施肥標準量で作条施用した区を対照区とし、施肥標準量の作条施肥に加えて、播種後に硫酸カルシウム50 g m⁻²を全層施用した硫カル区、リン酸肥料をリン酸アンモニウムから過リン酸石灰(過石)に替えて標準量を施用した過石区をそれぞれ4反復で設置し、加工用バレイショ(品種:トヨシロ)の栽培試験を行った。バレイショ塊茎のカドミウム濃度は、対照区で平均23.4 μg kg⁻¹であり、硫カル区では平均17.6 μg kg⁻¹と対照区よりも25%低く、過石区では平均19.1 μg kg⁻¹と対照区よりも18%低かった。土壌中の可給態カドミウム量が同程度であったことから、硫カル区や過石区で塊茎のカドミウム濃度が低下したのは、これら肥料の施用にともなって可溶性のカルシウム塩が供給され、カルシウムイオンとの拮抗作用によりバレイショによるカドミウムの吸収が抑制されたことによると考えられた。

上川地域の生産者圃場において、三要素を農家慣行量で作条施用した区を対照区とし、土壌診断に基づく三要素の施肥対応量で作条施肥を行った施肥対応区、施肥対応に加え、播種後に硫酸カルシウム50 g m⁻²を全層施用した施肥対応+硫カル区をそれぞれ5反復で設置し、加工用バレイショ(品種:トヨシロ)の栽培試験を行った。バレイショ塊茎のカドミウム濃度は、対照区で平均33.6 μg kg⁻¹であり、施肥対応区では平均25.5 μg kg⁻¹と対照区よりも24%低く、施肥対応+硫カル区では平均23.6 μg kg⁻¹と対照区よりも30%低かった。土壌中の可給態カドミウム量が同程度であったことから、施肥対応で塊茎のカドミウム濃度が低下したのは、三要素の減肥、とくにリン酸減肥にともなって肥料に由来するカドミウム供給量が減少したこと、カドミウムの吸収がカルシウムにより抑制されたと考えられた。以上のように、本研究で対象とした十勝地域と上川地域の生産者圃場では、硫酸カルシウムや過リン酸石灰などの施用によるカルシウムの供給、リン酸肥料の減肥など、適切な肥培管理により塊茎へのカドミウムの移行を抑制することが可能であることが示された。

(5) 本研究のまとめ

本研究で対象とした地域では、土壌中の有効態リン酸量が多く、リン酸施肥量を減らしてもバレイショの収量や品質が低下しないことが報告されている。今後のリン酸施肥量を根本的に見直し、土壌へのカドミウムの蓄積を最小限に抑えるとともに、土壌改良による塩基飽和度の向上、可溶性のカルシウム塩を含む肥料の積極的な施用などの肥培管理を行うことにより、バレイショ塊茎へのカドミウムの移行を抑えることは十分に可能であると考えられた。

主な引用文献

- Alloway, B.J. 1995. Cadmium. In B.J. Alloway (ed.) Heavy metals in soils, p. 122-151. Blackie Academic and Professionals, London.
- 浅見輝男 2001. データで示す - 日本土壌の有害重金属汚染, アグネ技術センター, 東京.
- McLaughlin, M.J., and Singh, B.R. 1999. Cadmium in Soils and Plants, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- 谷 昌幸・溝田千尋・八木哲生・加藤 拓・小池正徳 2010. 十勝地域の未耕地土壌および農耕地土壌におけるリン酸の垂直分布と蓄積量. 土肥誌, 81, 350-359.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 谷 昌幸、木下 林太郎	4. 巻 91
2. 論文標題 十勝地域の普通畑黒ボク土における元素の蓄積量と消耗量の評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本土壌肥科学雑誌	6. 最初と最後の頁 137 ~ 146
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20710/dojo.91.3_137	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 谷 昌幸、木下 林太郎
2. 発表標題 リン酸肥料を多施用してきた普通畑土壌におけるカドミウムの可給性と作物への移行
3. 学会等名 日本土壌肥科学会2020年度岡山大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------