

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 5 月 28 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K05762

研究課題名(和文) 二次元イオノミクスの開発と植物栄養学への応用

研究課題名(英文) Development of two-dimensional ionomics and its application to plant nutrition

## 研究代表者

渡部 敏裕 (Watanabe, Toshihiro)

北海道大学・農学研究院・准教授

研究者番号：60360939

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)：網羅的元素解析手法であるイオノミクスの拡張のために、各元素の形態の違いを考慮し二次元的に解析する手法を構築することを目的とした。植物については分画を基本とする解析と異なる抽出液による抽出を基本とする解析の二通りの二次元元素プロファイリング方法を考案した。これらを植物のミネラル過剰ストレス応答における元素動態変動と、トマト尻腐れ発症頻度の違いによる果実イオノーム変動の研究に適用し、全量分析からはわからない変動を検出した。土壌に対しても異なる抽出液による二次元元素プロファイリングを行い、植物根が根圏の元素動態に与える影響や異なる土壌pHにおける元素の可給度の詳細な推定に適用できる可能性を示した。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

イオノミクスは植物栄養学では標準的な手法として近年広く使われているが、その発展のために各元素の形態に注目した解析は重要である。本研究は植物組織あるいは土壌に存在する各元素を一斉分画し、異なる形態・存在状態ごとに元素プロファイル得るという画期的な手法を提案した。この手法は作物栽培では作物-土壌間の元素動態(養分元素、有害元素)を明らかにすることに、また無機元素に起因する作物の生理障害への対策に貢献することが期待される。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study was to establish a two-dimensional analysis method for developing ionomics, a comprehensive elemental analysis method, by taking into account the differences in the chemical form of each element. Two two-dimensional elemental profiling methods were devised for plants, one based on fractionation and the other based on extraction with different extractants. These were applied to the study of elemental dynamics in the response to excess mineral stress in plants, and to the study of fruit ionome variation due to differences in the incidence of blossom-end rot among different tomato lines, to detect variation that could not be detected by total mineral analysis. Two-dimensional elemental profiling of soils with different extractants was also carried out, showing their potential application to the influence of plant roots on rhizosphere elemental dynamics and to the detailed estimation of elemental availability at different soil pH.

研究分野：植物栄養学

キーワード：イオノミクス 植物 土壌

## 様式 C-19、F-19-1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

イオノミクスとはある生物に含まれる全元素(イオノーム)を網羅的に解析するものであり、QTL解析やGWASとの統合解析、メタボロミクスやトランスクリプトミクスとの統合解析など様々な植物科学研究に応用されている(Sanchez et al., 2008)。しかし測定できる成分(元素)数は多くとも20~30程度であり、得られる情報量も少ない。一方で、生体内で無機元素は無機イオンとしてだけではなく、様々な有機化合物の構成要素としての役割も大きく、形態を考慮した真の解析が必要である。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、各種の分画方法により植物成分を分画し、各画分について元素の一斉分析を行うことで「二次元イオノーム」情報を取得、より強力なイオノーム解析手法を開発し、植物栄養学に適用する。また、土壌についても分画とイオノーム分析を組み合わせ、より詳細な植物—土壌間の元素動態解析を可能にすることを目的とした。

### 3. 研究の方法

本課題では植物と土壌それぞれについてそれぞれ異なる複数の実験を行った。

#### (1) 植物実験

① 実験1: アルミニウム (Al) 集積植物の *Melastoma* のイオノームに対するアルミニウムと鉄 (Fe) の影響

*Melastoma* は Fe 耐性が弱い Al 集積植物であり、Al が Fe 害を軽減していることがわかっている。*Melastoma* を Al あるいは Fe を含む培養液で生育させ、バッファーによる抽出液を限外ろ過で高分子画分と低分子画分に分画し、それぞれの元素組成を調べた。さらに、異なる pH のバッファーで抽出し、それぞれの元素組成を調べることも行った。

② 実験2: 尻腐れ発症と果実の元素動態の関係

トマトの生理障害として知られる尻腐れ発症のしやすさが異なる系統を用いて、土耕栽培した果実における各元素の水溶性濃度および全濃度を測定した。

③ 実験3: 硫黄荒原に生育するカヤツリグサ科植物の根元素動態に及ぼす硫黄の影響

土壌に多く硫黄を含む硫黄荒原に生息する酸性土壌耐性が極めて強いカヤツリグサ科植物の根における元素動態に及ぼす硫黄の影響について調査した。このカヤツリグサ科植物は硫黄が十分存在する条件でのみ Al 耐性が極強であり、硫黄が地上部への Al 輸送の制御に関わることが示唆されている。調査では Al を含む培養液で栽培した植物体のインタクト根から脱離液で溶出されるアポプラスト画分、凍結融解により膜を破壊した後に脱離液で溶出されるシンプラスト画分、および残渣画分(脱離液で溶出されない画分)に分け、それぞれの画分における元素の一斉分析を行った。

#### (2) 土壌実験

① 実験1: 三要素試験圃場で栽培した植物の根圏と非根圏の元素動態比較

窒素、リン、カリウムのいずれかを欠乏させた圃場および全て施肥した圃場で異なる4植物種を栽培し、根圏および非根圏土壌における抽出性元素濃度の差異を水抽出と0.1 M 塩酸抽出でそれぞれ調査した。

② 実験2: 褐色森林土の元素動態と土壌 pH の関係

四国の高原(褐色森林土)の異なる地点から採取した土壌について水抽出液及び酢酸アンモニウム抽出液を調整し、そこに含まれる元素の一斉分析を行い、土壌 pH との関係調べた。

### 4. 研究成果

#### (1) 植物実験

① 実験1: 抽出液の高分子画分の元素組成において、葉では Fe 処理の影響はなく、Al の影響のみ見られた。根でも同様に Al 処理の影響が見られ、-Al 処理では Fe の影響も見られた。低分子画分の元素組成では葉では Al 処理の影響が見られ、若い葉では Fe 処理の影響もあった。根では Al 処理の影響は見られたが Fe 処理の影響は明白ではなかった。以上の結果から、*Melastoma* のイオノームには Al 処理が大きく影響し、Fe 処理は地上部では若い葉の低分子画分に、根では高分子画分に存在するイオノームに影響することがわかった。

次に、異なる pH バッファーで抽出される元素の組成を調査したところ、傾向が異なる元素が認められた。例えば、若葉でのカルシウムは+Al 処理で中性バッファーではコントロールと比べて濃度が著しく低下した一方、酸性バッファーでは大きく上昇した。この傾向は+Fe 処理では認め

られず+A1 特有の現象だった。一方、若葉のモリブデン濃度については+A1 処理と+Fe 処理の両方で酸性バッファーでの濃度が上昇し、A1 と Fe の影響は類似した。他の元素においても特徴的な結果は複数認められ、部位間による傾向の違いも見られた。

② 実験 2：果実の水溶性濃度／全濃度比を比較したところ、開花後 10 日目（まだ尻腐れが発症していない段階）の果実下部では、尻腐れを発症しやすい系統で水溶性モリブデン濃度の全モリブデン濃度に対する比率が有意に大きく、尻腐れへの関与が示唆された（表 1）。一方で尻腐れに関わることがこれまでに報告されているカルシウムではそのような差はなかった。

表 1. 開花後 10 日目の果実下部におけるモリブデンおよびカルシウムの水溶性濃度/全濃度比

	モリブデン	カルシウム
M82（尻腐れを発症しやすい系統）	0.576 **	0.693
IL8-3（尻腐れを発症しにくい系統）	0.430	0.645

\*\* :  $P < 0.01$  (t-test)

③ 実験 3：この植物の A1 耐性に寄与していることが示されている硫黄に関しては、アポプラストでは硫黄処理の影響は全く受けなかった一方、低硫黄処理のシンプラストでは高硫黄処理の 1/100 程度の濃度しか硫黄が存在しなかった。このことはアルミニウム耐性における硫黄の役割がシンプラストにおけるものであることを強く示唆する。また硫黄と同様にシンプラストでのみ高硫黄処理で濃度が上昇した元素にはリンと鉄があり、これらの元素が硫黄と関係してアルミニウム耐性を強化している可能性が予想された。

(2) 土壌実験

① 実験 1：水抽出と塩酸抽出では多くの元素で傾向が異なり、根圏において同様の挙動を示す元素グループが複数確認された。種間においても傾向の違いは見られ、それぞれの養分元素に対する植物側の元素集積プロファイルとの比較から植物根の元素可給化能の違いを説明できる可能性が示された（図 1）。

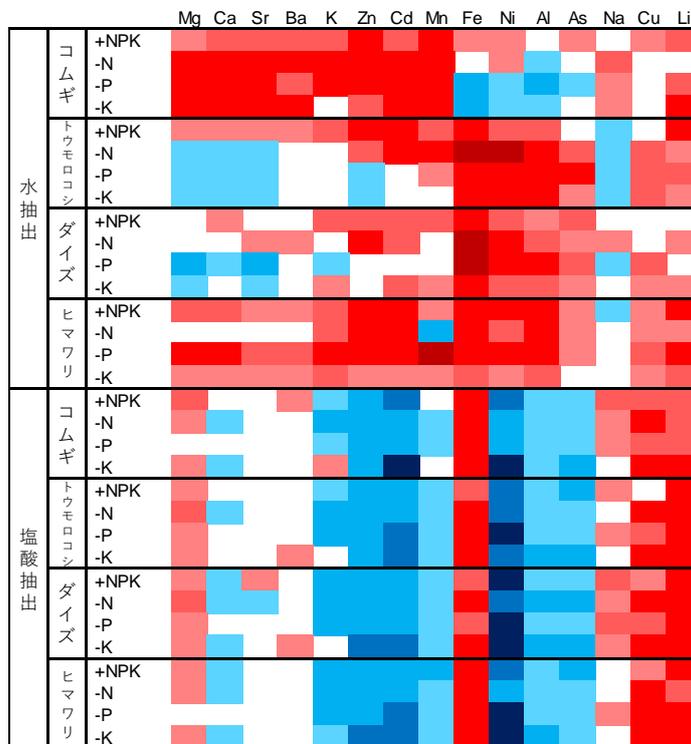


図 1. 三要素試験圃場で異なる植物を栽培した土壌から得た土壌抽出液の根圏土壌/畝間土壌比ヒートマップ

赤いほど根圏での濃度が畝間より高く、青いほど低いことを示す。塩酸抽出は 0.1M 塩酸を使用。  
 +NPK：完全区、-N：窒素無施肥区、-P：リン無施肥区、-K：カリウム無施肥区  
 水抽出の方で植物種間差が明白に出ている。

② 実験 2：異なる抽出液で抽出された各元素について、土壌 pH との間の相関を調べたところ、ほとんどの元素で水抽出と酢酸アンモニウム抽出は同じ傾向を示した。測定した多くの元素で土壌 pH が低いほど抽出液中の濃度が高まった一方、カルシウム、ストロンチウム、バリウムは土壌 pH が高いほど濃度が高かった。次に、水抽出／酢酸アンモニウム抽出比を各元素濃度について計算し、土壌 pH との関係を調べたところ、いくつか明白な傾向が見られた。マグネシウム、カルシウム、ストロンチウム、バリウムといったアルカリ土類金属に加え、カドミウム、マンガンといった重金属元素では土壌 pH が低いほど水抽出／酢酸アンモニウム抽出比が高く、コバルトの水抽出／酢酸アンモニウム抽出比については pH5.5 付近を頂点とする下向きの放物線を描いた。これらの情報は異なる土壌 pH における元素の可給度を評価する上で重要な知見と思われる。

<引用文献>

Sanchez DH, Lippold F, Redestig H, Hannah M, Erban A, Kraemer U, Kopka J, Udvardi MK (2008) Integrative functional genomics of salt acclimatization in the model legume *Lotus japonicus*. Plant J 53:973-987

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Takashi Nakamura, Mitsuru Osaki, Toshihiro Watanabe	4. 巻 47
2. 論文標題 Zero-valent iron reduces cadmium and arsenic accumulation in spinach ( <i>Spinacia oleracea</i> L.)	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 646 ~ 655
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/01904167.2023.2280151	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 -
1. 著者名 Koffi Pacome Kouame, Raj Kishan Agrahari, Tasuku Miyachi, Yasufumi Kobayashi, Toshihiro Watanabe, Toshiki Nakamura, Akiko Maruyama-Nakashita, Masafumi Shimizu, Hiroyuki Koyama, Yuriko Kobayashi	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Alleviating effect of calcium sulfate on aluminum stress through enhanced malate release with increased gene expression of malate transporter and sulfate transporter	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Soil Science and Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00380768.2024.2334278	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 -
1. 著者名 Kan Ayane, Maruyama Hayato, Aoyama Nao, Wasaki Jun, Tateishi Yoshiko, Watanabe Toshihiro, Shinano Takuro	4. 巻 68
2. 論文標題 Relationship between soil phosphorus dynamics and low-phosphorus responses at specific root locations of white lupine	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Soil Science and Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 526 ~ 535
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00380768.2022.2104103	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 -
1. 著者名 Suzuki Masataka, Eguchi Tetsuya, Azuma Kazuki, Nakao Atsushi, Kubo Katashi, Fujimura Shigeto, Syaifudin Muhamad, Maruyama Hayato, Watanabe Toshihiro, Shinano Takuro	4. 巻 857
2. 論文標題 The ratio of plant 137Cs to exchangeable 137Cs in soil is a crucial factor in explaining the variation in 137Cs transferability from soil to plant	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 159208 ~ 159208
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2022.159208	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 -

1. 著者名 Xiao Lingran, Shibuya Tomoki, Watanabe Toshihiro, Kato Kazuhisa, Kanayama Yoshinori	4. 巻 23
2. 論文標題 Effect of Light Quality on Metabolomic, Ionomic, and Transcriptomic Profiles in Tomato Fruit	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 13288 ~ 13288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms232113288	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nguyen Tam Thanh, Dwiyantri Maria Stefanie, Sakaguchi Shuntaro, Koide Yohei, Le Dung Viet, Watanabe Toshihiro, Kishima Yuji	4. 巻 15
2. 論文標題 Identification of a Saltol-Independent Salinity Tolerance Polymorphism in Rice Mekong Delta Landraces and Characterization of a Promising Line, Doc Phung	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Rice	6. 最初と最後の頁 65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12284-022-00613-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Syaifudin Muhamad, Suzuki Masataka, Maruyama Hayato, Kubo Katashi, Watanabe Toshihiro, Shinano Takuro	4. 巻 69
2. 論文標題 Potassium applications reduced cesium uptake and altered strontium translocation in soybean plants	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Soil Science and Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 88 ~ 98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00380768.2023.2166776	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 -

1. 著者名 Zhang Chengming, Zhang Chaoqun, Azuma Takayuki, Maruyama Hayato, Shinano Takuro, Watanabe Toshihiro	4. 巻 131
2. 論文標題 Different nitrogen acquirement and utilization strategies might determine the ecological competition between ferns and angiosperms	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Annals of Botany	6. 最初と最後の頁 1097 ~ 1106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/aob/mcad009	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 -

1. 著者名 Toshihiro Watanabe, Ryota Tomizaki, Ryotaro Watanabe, Hayato Maruyama, Takuro Shinano, Masaru Urayama, Yoshinori Kanayama	4. 巻 287
2. 論文標題 Ionomic differences between tomato introgression line IL8-3 and its parent cultivar M82 with different trends to the incidence of blossom-end rot	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientia Horticulturae	6. 最初と最後の頁 110266
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scienta.2021.110266	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 -

1. 著者名 Takuo Enomoto, Junko Yoshida, Takafumi Mizuno, Toshihiro Watanabe, Sho Nishida	4. 巻 16
2. 論文標題 Differences in mineral accumulation and gene expression profiles between two metal hyperaccumulators, <i>Noccaea japonica</i> and <i>Noccaea caerulescens</i> ecotype Ganges, under excess nickel condition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant Signaling & Behavior	6. 最初と最後の頁 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15592324.2021.1945212	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 -

1. 著者名 Ryota Arakawa, Hisae Fujimoto, Haruka Kameoka, Seiro Toriyama, Yoshihiro Yoshida, Toshihiro Watanabe, Hayato Maruyama	4. 巻 90
2. 論文標題 Effects of different potassium nitrate concentrations and temperature conditions on the elemental composition and blossom-end rot in paprika ( <i>Capsicum annuum</i> L.)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Horticulture Journal	6. 最初と最後の頁 401 ~ 409
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2503/hortj.UTD-294	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Chengming Zhang, Nobuhiro Tanaka, Maria Stefanie Dwiyanti, Matt Shenton, Hayato Maruyama, Takuro Shinano, Qingnan Chu, Xie Jun, Toshihiro Watanabe	4. 巻 29
2. 論文標題 Ionomic profiling of rice genotypes and identification of varieties with elemental covariation effects	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Rice Science	6. 最初と最後の頁 76 ~ 88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.rsci.2021.12.007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Toshihiro Watanabe, Ryosuke Okada, Soyoka Tokunaga, Hayato Maruyama, Masaru Urayama, Takuro Shinano	4. 巻 45
2. 論文標題 Nitrogen deficiency-induced molybdenum accumulation in wheat	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 1413 ~ 1424
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/01904167.2021.2020838	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 -

1. 著者名 Atsuhide Takao, Jun Wasaki, Hisae Fujimoto, Hayato Maruyama, Takuro Shinano, Toshihiro Watanabe	4. 巻 68
2. 論文標題 Possible solubilization of various mineral elements in the rhizosphere of <i>Lupinus albus</i> L.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Soil Science and Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 353 ~ 360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00380768.2021.1980355	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 -

1. 著者名 Toshihiro Watanabe, Ryosuke Okada, Masaru Urayama	4. 巻 45
2. 論文標題 Differences in ionic responses to nutrient deficiencies among plant species under field conditions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Plant Nutrition	6. 最初と最後の頁 1493 ~ 1503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/01904167.2021.2020837	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 -

1. 著者名 Toshihiro Watanabe, Takayuki Azuma	4. 巻 134
2. 論文標題 Ionic variation in leaves of 819 plant species growing in the botanical garden of Hokkaido University, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Plant Research	6. 最初と最後の頁 291 ~ 304
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10265-021-01254-y	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 -

1. 著者名 Chengming Zhang, Syuntaro Hiradate, Yoshinobu Kusumoto, Sayaka Morita, Tomoyo F. Koyanagi, Qingnan Chu, Toshihiro Watanabe	4. 巻 12
2. 論文標題 Itonomic Responses of Local Plant Species to Natural Edaphic Mineral Variations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 614613
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2021.614613	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計53件(うち招待講演 0件/うち国際学会 5件)

1. 発表者名 水野隆文・桑原康輔・近藤大地・伊東拓朗・村井良徳・山下 純・橋本 篤・渡部敏裕
2. 発表標題 植物標本と蛍光 X 線分析を用いた野生植物の元素集積傾向の解析(5) 土壌の違いが野生植物の各種元素の集積量と相関性に与える影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2023年度愛媛大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 和崎 淳・愛原健司・渡部敏裕・坪田博美
2. 発表標題 宮島に自生するクラスター根形成種ヤマモモの葉身元素組成と雌雄間差
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2023年度愛媛大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山田郁絵・丸山隼人・渡部敏裕・信濃卓郎
2. 発表標題 イネにおける硫黄とリンの吸収・体内分配のクロストーク
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2023年度愛媛大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山口夢乃・丸山隼人・山下寛人・一家崇志・信濃卓郎・渡部敏裕
2. 発表標題 アルミニウム集積植物メラストーマ ( <i>Melastoma malabathricum</i> ) のアルミニウムによる鉄毒性緩和機構に関する研究
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2023年度愛媛大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 村島和基・丸山隼人・渡部敏裕・大津厳生・草野 都・杉山暁史・小林奈通子・濱本昌一郎・福島敦史・大熊直生・藤原風輝・二瓶直登・市橋泰範・信濃卓郎
2. 発表標題 マルチオミクスによるダイズ子実収量に関わる複合的要因解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2023年度愛媛大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Koffi Pacome Kouame, Raj Kishan Agrahari, Yasufumi Kobayashi, Toshihiro Watanabe, Akiko Maruyama, Hiroyuki Koyama, Yuriko Kobayashi
2. 発表標題 Study on the alleviative effect of gypsum ( $\text{CaSO}_4$ ) to rhizotoxicity in acid soil
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2023年度愛媛大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 芹澤和樹・大橋(兼子)敬子・渡部敏裕
2. 発表標題 異なる光質環境で栽培された数種葉野菜の元素集積特性
3. 学会等名 日本生物環境工学会2023年豊橋大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高橋尚敏・佐藤謙・中川博之・渡部敏裕・平田聡之・國府方吾郎・村井良徳・中村剛
2. 発表標題 北海道の石灰岩地に固有の国内希少種シリベシナズナの遺伝的管理単位と栽培土壌条件
3. 学会等名 日本植物分類学会第23回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 山田郁絵・丸山隼人・渡部敏裕・信濃卓郎
2. 発表標題 イネの P 欠乏応答における硫黄とリンのクロストーク
3. 学会等名 第65回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Takafumi Mizuno, Daichi Kondo, Hiroto Kasai, Imam Purwadi, Antony Van Der En, Yoshinori Murai, Atsushi Hashimoto, Toshihiro Watanabe
2. 発表標題 X-ray Fluorescence herbarium ionomics on plants from ultramafic, calcareous, and volcanic soils in Japan
3. 学会等名 The 10th International Conference on Serpentine Ecology (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kaito Sotojima, Hayato Maruyama, Jun Wasaki, Takuya Koyama, Syuntaro Hiradate, Takuro Shinano, Toshihiro Watanabe
2. 発表標題 Sulfur enhances aluminum tolerance in <i>Fimbristylis tashiroana</i> Ohwi growing in solfatara fields
3. 学会等名 Taiwan-Japan Plant Biology 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 水野隆文・近藤大地・河西皓仁・伊東拓朗・村井良徳・山下 純・橋本 篤・渡部敏裕
2. 発表標題 植物標本と蛍光 X 線分析を用いた野生植物の元素集積傾向の解析 (4)
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2022年度東京大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 芹澤和樹・大橋(兼子)敬子・渡部敏裕
2. 発表標題 異なる光質が葉野菜の体内元素濃度に及ぼす影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2022年度東京大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村島和基・丸山隼人・渡部敏裕・信濃卓郎
2. 発表標題 ダイズの Cs 体内分配に関わるミネラルネットワークの経時的変動
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2022年度東京大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Raj Kishan Agrahari・榎本拓央・伊藤弘樹・中野友貴・柳瀬笑子・渡部敏裕・井内 聖・小林正智・山本義治・小山博之・小林佑理子
2. 発表標題 AI 耐性遺伝子 PGIP1の発現量ゲノムワイド関連解析による PGIP1発現を制御するシグナル伝達経路と遺伝子の同定
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2022年度東京大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菅あやね・丸山隼人・古川 純・渡部敏裕・信濃卓郎
2. 発表標題 シロバナルーピンのセシウム吸収・分配における元素間相互作用
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2022年度東京大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山口夢乃・渡部敏裕・信濃卓郎・丸山隼人
2. 発表標題 アルミニウム集積植物メラストーマ ( <i>Melastoma malabathricum</i> ) の好アルミニウム性における鉄の関与
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2022年度東京大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂口文香・丸山隼人・佐々木孝行・西田 翔・和崎 淳・信濃卓郎・渡部敏裕
2. 発表標題 アルミニウム集積植物メラストーマにおける FRD3タイプ MATE のアルミニウム輸送への関与
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2022年度東京大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 熊谷起一・北岡 哲・小濱諒太・丸山隼人・信濃卓郎・渡部敏裕
2. 発表標題 異なる窒素条件下において塩化ナトリウムがテンサイの生育に与える影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2022年度東京大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 荒川竜太・鳥山星呂・アクリッシュ穂波・渡部敏裕・信濃卓郎・丸山隼人
2. 発表標題 パプリカ果実における部位別の元素動態と尻腐れ果発症との関係
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2022年度東京大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Muhamad Syarifudin・Masataka Suzuki・Hayato Maruyama・Katashi Kubo・Toshihiro Watanabe・Takuro Shinano
2. 発表標題 A study on potassium application's effect on cesium and strontium uptake in soybean
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2022年度東京大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Lingran Xiao, Tomoki Shibuya, Toshihiro Watanabe Kazuhisa Kato Yoshinori Kanayama
2. 発表標題 Multiomic analysis to investigate the effect of light quality on carbon cycle and element accumulation in tomato
3. 学会等名 第18回 日本ナス科コンソーシアム年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takafumi Mizuno, Daichi Kondo, Hiroto Kasai, Yoshinori Murai, Atsushi Hashimoto, Toshihiro Watanabe
2. 発表標題 Construction of ionome database of Japanese wild plants and extraction of plant nutritional information
3. 学会等名 The 8th International Symposium on Metallomics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 合田爽馬、宮下佳恵、渡部敏裕、佐野雄三
2. 発表標題 北海道産樹木108種の樹皮組織含まれる無機成分の一斉分析
3. 学会等名 第73回日本木材学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 荒川竜太・村島和基・丸山隼人・渡部敏裕・信濃卓郎
2. 発表標題 パブリカ果皮内の元素組成および機能性成分に及ぼす窒素栄養条件の影響
3. 学会等名 園芸学会令和5年度春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長谷川公紀・北岡哲・丸山隼人・金山喜則・信濃卓郎・渡部敏裕
2. 発表標題 トマト染色体置換系統における果実光合成の尻腐れ発症への関与の検討
3. 学会等名 園芸学会令和5年度春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長谷川公紀・渡邊涼太郎・丸山隼人・金山喜則・信濃卓郎・渡部敏裕
2. 発表標題 トマト尻腐れ発症率の品種間差と果実への無機元素蓄積の関係
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2021年度北海道大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 水野隆文・河西皓仁・近藤大地・渡部敏裕・橋本 篤
2. 発表標題 ハンドヘルド型蛍光X線分析計を用いた野生植物の元素集積解析(2)石灰岩土壌植物の元素集積特性
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2021年度北海道大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤大地・河西皓仁・渡部敏裕・橋本 篤・水野隆文
2. 発表標題 ハンドヘルド型蛍光X線分析計を用いた野生植物の元素集積解析(3)野生植物の硫黄(S)含有量に関する調査・解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2021年度北海道大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 和崎 淳・山本晃弘・丸山隼人・中坪孝之・渡部敏裕
2. 発表標題 火山性強酸性土壌に生育する植物の葉身元素組成の特徴
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2021年度北海道大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荒川竜太・村島和基・渡部敏裕・信濃卓郎・丸山隼人
2. 発表標題 異なる窒素条件下におけるパプリカ果実の元素組成と尻腐れ果発症との関係
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2021年度北海道大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鳥山星呂・荒川竜太・村島和基・丸山隼人・信濃卓郎・渡部敏裕
2. 発表標題 温度処理にともなう元素吸収・分配がパプリカの尻腐れ果発症に与える影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2021年度北海道大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浅枝諭史・丸山隼人・藤本久恵・久保堅司・藤村恵人・渡部敏裕・信濃卓郎
2. 発表標題 シロバナルーピンの放射性セシウム吸収特性と根圏土壌中元素動態の関係
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2021年度北海道大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木政崇・藤本久恵・浅枝諭史・丸山隼人・久保堅司・藤村恵人・渡部敏裕・信濃卓郎
2. 発表標題 異なる圃場におけるダイズへの放射性セシウムの移行比較
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2021年度北海道大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菅あやね・丸山隼人・和崎 淳・渡部敏裕・信濃卓郎
2. 発表標題 シロバナルーピン根域における土壌中リン動態に与える影響の局所的評価
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2021年度北海道大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木政崇・藤本久恵・浅枝諭史・丸山隼人・久保堅司・藤村恵人・渡部敏裕・信濃卓郎
2. 発表標題 異なる交換性カリレベルがダイズのカリウム・セシウムの体内分配に与える影響
3. 学会等名 日本土壤肥料学会北海道支部秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masataka Suzuki, Hisae Fujimoto, Satoshi Asaeda, Hayato Maruyama, Katashi Kubo, Shigeto Fujimura, Toshihiro Watanabe, Takuro Shinano
2. 発表標題 Comparison of transfer of 137Cs to soybeans in different fields
3. 学会等名 Fukushima 10 years: Forest, River, Ocean, and Food? Remaining issues for restoration?
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 榎本拓央・吉田純子・水野隆文・渡部敏裕・西田翔
2. 発表標題 植物の重金属環境適応における重金属トランスポーター遺伝子の量的・質的变化
3. 学会等名 第12回 トランスポーター研究会 九州部会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 水野隆文・河西皓仁・近藤大地・橋本篤・渡部敏裕
2. 発表標題 蛍光 X 線分析計 (XRF) による植物標本の元素測定と, 野生植物の元素集積データベース構築に向けた取組み
3. 学会等名 日本植物学会第85回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takuro Shinano, Hayato Maruyama, Toshihiro Watanabe, Hisae Fujimoto, Masataka Suzuki
2. 発表標題 The role of potassium on the remediation for the radio-caesium contaminated soil
3. 学会等名 Joint Symposium Lithuania - Japan: Biodiversity Conservation and Natural Resources Management based on a Biotechnological approach to Plant-Microbe interaction under a Changing Environment (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Toshihiro Watanabe
2. 発表標題 Basic understanding of aluminum accumulator plants
3. 学会等名 Joint Symposium Lithuania - Japan: Biodiversity Conservation and Natural Resources Management based on a Biotechnological approach to Plant-Microbe interaction under a Changing Environment (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浅尾真結子・渡部敏裕・信濃卓郎・丸山隼人
2. 発表標題 土壌リン・窒素制限下におけるダイズの生育とリン獲得経路の経時的評価
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2020年度岡山大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青山奈央・森田洸介・渡部敏裕・信濃卓郎・丸山隼人
2. 発表標題 コムギコアコレクションを用いた根圏リンの形態別評価とリン獲得形質との関係
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2020年度岡山大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 和崎 淳・岡村惟史・山田大綱・愛原健司・坪田博美・渡部敏裕
2. 発表標題 中国地方の貧栄養な花崗岩質土壤に生育する木本植物の養分吸収特性
3. 学会等名 日本土壤肥料学会2020年度岡山大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 我妻忠雄・大谷 卓・清家伸康・並木小百合・俵谷圭太郎・渡部敏裕・田中和博・飯野由一郎・伊藤太地・佐藤 毅
2. 発表標題 H2O2 高放出性植物の鉄存在下での根圏フェントン反応によるメタン、農薬類の分解
3. 学会等名 日本土壤肥料学会2020年度岡山大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 水野隆文・佐藤奏美・岡野隆志・渡部敏裕・橋本 篤・亀岡孝治
2. 発表標題 ハンドヘルド型蛍光X線分析計を用いた野生植物の元素集積解析(1) データ収集法の検討
3. 学会等名 日本土壤肥料学会2020年度岡山大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 坂口文香・吉井健祐・丸山隼人・佐々木孝行・西田 翔・和崎 淳・信濃卓郎・渡部敏裕
2. 発表標題 アルミニウム集積植物 <i>Melastoma marabathricum</i> におけるMATE 遺伝子の機能解析
3. 学会等名 日本土壤肥料学会2020年度岡山大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤原久貴・丸山隼人・和崎 淳・信濃卓郎・渡部敏裕
2. 発表標題 火山性強酸性土壌に生育するツクシテンツキのイオノミクス解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2020年度岡山大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小濱諒太・合田健登・丸山隼人・菅井徹人・信濃卓郎・渡部敏裕
2. 発表標題 ナトリウムによるテンサイの生育促進と光環境の関係
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2020年度岡山大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Chengming Zhang・Hayato Maruyama・Maria Stefanie Dwiyanti・Nobuhiro Tanaka・Matthew Shenton・Takuro Shinano・Toshihiro Watanabe
2. 発表標題 Ionomic variation of different rice accessions in controlled hydroponic conditions
3. 学会等名 日本土壌肥料学会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〕

<a href="http://lab.agr.hokudai.ac.jp/botagr/pln/nabe/index.htm">http://lab.agr.hokudai.ac.jp/botagr/pln/nabe/index.htm</a>
---

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
研究 分 担 者	平舘 俊太郎  (Hiradate Syuntaro)  (60354099)	九州大学・農学研究院・教授     (17102)	

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