

1 目的 日本の農業は**気候変動**や**生産者の減少**などの問題に直面しており、安定した食糧自給のため将来を見据えた開発が必要とされる。さらに、**SDGs**や**環境**を重視する動きがある中、より安定した**持続可能な食料システム**が必要とされている。

特に北海道は日本の農耕面積の1/4を有し、**食料自給率**への寄与は生産額・カロリーベースどちらも日本一を誇る。それだけに北海道農業は安定した食糧生産に必須である。一方、北海道では年間約90万t(2016年)の**化学肥料**が使われており、過剰な施肥によるリン酸の蓄積も起きている。持続可能な開発のため施肥量の削減が必要とされる。その方法の一つとして土壌分析に基づいた**適正施肥**が挙げられる。適正施肥では圃場内の肥料濃度の**不均一性**を把握し、その結果に基づいた**肥料成分マップ**による**的確な局所施肥**を実施することで施肥量の削減が見込まれる。

現状の土壌分析の**診断密度**は北海道の畑作で平均**19ha**に一点と広く、圃場内での肥料濃度の**不均一性**が把握できず、**均一的な施肥**を行っている(図1)。そのため、現行の土壌分析では適正施肥はできない。そこで**簡便・迅速**な分析方法として**WDXRF**を採用し、短時間で多試料の土壌分析を実施した。迅速化によって詳細化された土壌分析結果をもとに**肥料成分マップ**を作成する(図2)。さらに、これを用いた**不均一施肥・適正施肥**を計画し、圃場濃度の推移・肥料濃度の適正化への影響を評価する。



2 取り組み内容 適正施肥を目指して2つの取り組みを行った。**取り組み①**はWDXRFの結果からリン濃度の分布を推計し、肥料成分マップを作成した。また、従来法の結果と比較することで**推計精度**を評価した。図3に従来法とWDXRFの測定法を比較する。**取り組み②**は取り組み①による肥料成分マップに基づいた施肥を計画した。圃場Aでは**不均一施肥**を行い肥料濃度の推移を評価した(図4)。圃場Bでは**適正施肥**による施肥量の削減、肥料濃度の適正化を予測した。

従来の土壌分析

精秤 抽出 調製 測定

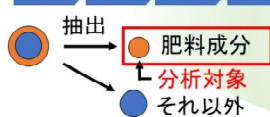


図3 従来法とWDXRFの比較

WDXRFによる土壌分析

加圧 測定

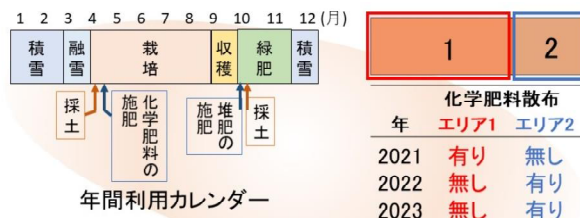


図4 圃場Aの年間利用と化学肥料の散布

結果① 従来の土壌分析の結果に対してWDXRFの結果をプロットしたところ、圃場Aでは相関係数が0.8程度と**強い正の相関**が認められ、3年間の分析で**分布**はほぼ**一致**していた(図5)。これは肥料濃度が高いため、WDXRFの信号強度に**肥料濃度**が大きく影響し、肥料成分濃度に応じてWDXRFの結果も変化したと考える。圃場Bでは相関が認められなかった(図6)。圃場Bは肥料濃度が適正值を下回っていた。そのため圃場内の**土の性質のばらつき**がWDXRFの結果に影響したと考えられる。そこで土壌へのリン酸の吸着の強さの指標とされる**リン酸吸収係数**に注目したところリン酸吸収係数と(従来法の結果をWDXRFの結果で除した値)で**強い負の相関**が認められた(図7)。リン酸吸収係数を用いることで推計を行えたが、リン酸吸収係数を測定するにも**多くの手間**がかかる。そこでWDXRFの結果からリン酸吸収係数を推計し、WDXRFの結果のみから肥料成分について推計したところ、従来法の結果と推計結果で相関係数0.738と**強い正の相関**が認められた。(図8)

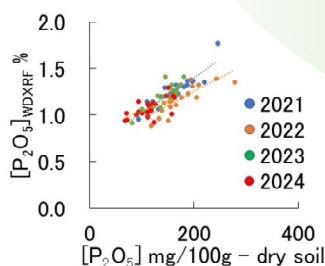


図5 圃場Aの従来法とWDXRFの関係

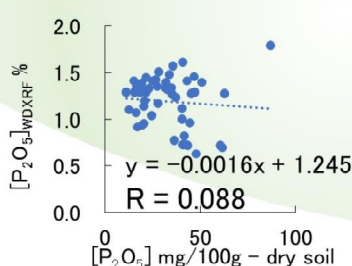


図6 圃場Bの従来法とWDXRFの関係

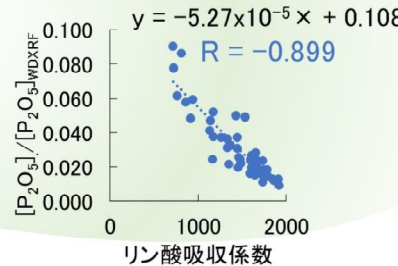


図7 リン酸吸収係数と従来法、WDXRFの関係

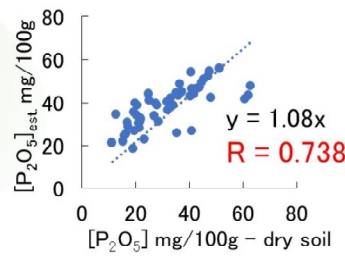


図8 従来法と推計結果の関係

結果② 圃場A全体の平均肥料濃度は**減少**していた(図9)。ただし、エリアごとの平均値には不均一施肥の効果が不明瞭であった。これは、雨や雪解け、土の攪拌により、肥料成分の水平方向の移動も起こり、不均一施肥の地点ごとの効果が明確ではなかったと考えられる。

従来法による圃場Bの肥料成分マップは図10-(a)に示すように**不均一**であった。代表値をもとに**均一施肥**を行った場合、施肥後の予測では多くの地点で**過不足**が生じ、適正值の範囲に入っていたのは**4割**であった(図10-(c))。それに対してWDXRFによる推計値をもとにした**適正施肥**では施肥量を**17%削減**できることが示された(図10-(b))。適正施肥後の予測では**過剰**となる地点が大きく減り、**不足**となる地点は少し減少した(図10-(c))。適正值の範囲に入る地点は**6割**になった(表)。このように肥料濃度の不均一性を把握することができれば、均一施肥に比べ**施肥量の15~20%の削減**ができ、多くの地点で肥料濃度の**適正化**が**可能**であると考えられる。

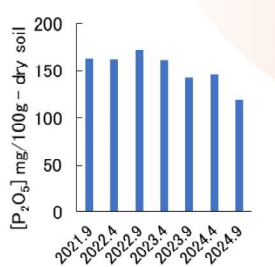


図9 圃場Aの平均肥料濃度

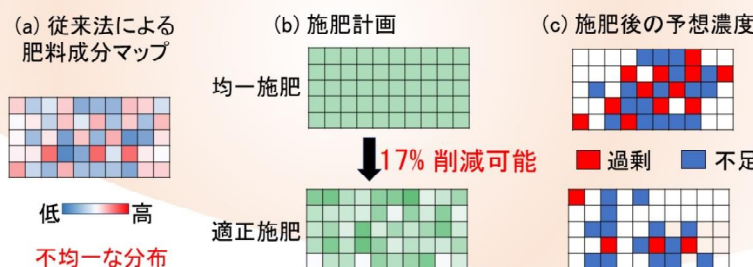


図10 圃場Bにおける均一施肥と適正施肥の効果の比較

表 施肥後の圃場の状態予想

施肥方法	不足	適正	過剰
均一施肥	17	21	12
適正施肥	14	32	4

圃場内の**不均一性の把握**

効果的な**施肥の計画**

施肥量の**削減**
肥料濃度の**適正化**

結言 1 WDXRFを用いることで**簡便・迅速**に分析ができ、従来法の結果と相関が認められた。相関が認められない圃場でも**リン酸吸収係数**といった土壌の性質を示す指標を用いることで**肥料成分**について**推計**が可能であることを示した。

2 圃場内の肥料濃度の**不均一性**を把握し、**施肥計画**を立てることにより、圃場内の**肥料濃度の減少**や**施肥量の削減**が見込まれる。