

導電率に基づく灌漑水の無機態窒素濃推定の可能性検討

Feasibility Study on Electrical-Conductivity-Based Estimation of Inorganic Nitrogen Concentration in Irrigation Water

平井康丸* 濱上邦彦**
Hirai.Y* and Hamagami.K**

1. はじめに

水稻生産における肥培管理への利用を目的として、導電率 (EC) に基づく灌漑水の無機態窒素濃度 (INC) 推定の可能性を検討した。福岡県星野村の 5 つの水系を対象に、2008 年および 2009 年の水稻生育期間中の灌漑水の INC と EC のデータを収集し、両者の関係を線形回帰分析により考察した。また、灌漑水の INC が高い 2 水系 (広内, 鹿里) を対象にして、INC と EC の線形関係に影響を及ぼす要因を明らかにするために、イオンバランスを求めた。さらに、INC の推定式の安定性を、採水日ごとに作成した推定式の傾き・切片の変動から検討し、推定式の精度を交差検定の平均相対誤差 (MRECV) により評価した。

2. 材料および方法

灌漑水の採水は福岡県星野村にて実施した。採水期間は、2008 年および 2009 年の水稻生育期間の 6 月上旬～10 月上旬である。2008 年は星野村内の 5 つの水系 (藤山, 広内, 三坂, 鹿里, 上原), 2009 年は 2 つの水系 (広内, 鹿里) で採水を行った。採水した灌漑水の各サンプルについて、導電率 (以下, EC) を EC メータ (B-173, HORIBA), 陽イオンおよび陰イオンをイオンクロマトグラフィー (ICS-90, DIONEX) を用いて測定した。また、2008 年の 10 月 16 日に採水したサンプルについては、pH を pH メータ (B-212, HORIBA), 無機態炭素濃度を炭素計 (TOC-5000A, SHIMADZU) を用いて計測した。なお、本研究では、亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$), 硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$), アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) の濃度の和を無機態窒素濃度 (Inorganic Nitrogen Concentration, 以下 INC と表記) としている。まず、INC と EC の関係を考察するために線形回帰分析を行った。次に、2008 年 10 月 16 日の採水データを用いてイオンバランスを評価した。さらに、各採水日について EC と INC の関係を線形回帰式で表すことにより、EC を説明変数とする INC の推定式を作成した。なお、イオンバランスの評価および INC の推定式の作成は、INC が高く EC との相関が高かった広内, 鹿里水系を対象に行った。また、推定式の傾き, 切片の変動傾向を調べるとともに、交差検定の平均相対誤差 (Mean Relative Error of Cross Validation, 以下 MRECV) により推定精度の評価を行った。交差検定に際しては、同一採水日のデータを 1 データセットとして、全 15 データセットから任意の数のデータセットを推定式の作成に使用し、残りのデータセットにより推定誤差を求めた。この推定誤差の計算を、使用するデータセット数ごとに全ての組み合わせについて行い平均値を求めることにより、推定式作成に使用したデータセット数と推定誤差の関係が求められる。

3. 結果および考察

図 1 に示す水系別の線形回帰分析の結果は、INC の高い広内, 鹿里の 2 水系では、決定係数がそれぞれ $r^2=0.82$, $r^2=0.84$ であり、INC が 3mg/L 以下に分布した藤山, 三坂, 上原水系では、回帰式の決定係数はそれぞれ $r^2=0.28$, $r^2=0.01$, $r^2=0.22$ と低かった。本結果から、INC が低い水系において

*九州大学大学院農学研究院 **愛媛大学農学部

* Faculty of Agriculture, Kyushu University ** Faculty of Agriculture, Ehime University

キーワード: 灌漑水, 導電率, 無機態窒素濃度

は EC による推定は困難であると判断し、以降の結果および考察では広内、鹿里水系を対象にすることとした。図 2 において、横軸の正負の軸は、それぞれ陽イオンおよび陰イオンの電荷モル濃度を表している。図中のアルファベットの H, R は、それぞれ、広内 (Hirouchi)、鹿里 (Rokuri) 水系のアルファベット表記の頭文字、数字は水系の上流から順に付した。電荷モル濃度の総和は、鹿里水系において大きかった。NO₃⁻濃度は広内水系の上流部で特に高く、鹿里水系においては全採水点で比較的高かった。他のイオンについては、両水系ともに Ca²⁺が陽イオンの中で最も濃度が高く、SO₄²⁻の濃度は鹿里水系のみで高かった。広内、鹿里水系の流域では、多量の窒素施肥を伴うお茶の栽培が盛んであり、茶園で主に施用される、硫酸、硝安、尿素および石灰等により各水系において特徴的なイオンバランスが形成され、INC と EC の線形関係に差異が生じた (図 1) と推察される。以上の結果から EC に基づく INC の推定式は水系別に作成するのが妥当であると考えた。

図 3 に広内、鹿里水系において各採水日ごとに求めた推定式の傾きおよび切片を示す。広内水系の傾きは、2009 年の採水日のデータから急激に小さくなり、それに伴い、切片が増加した。一方、鹿里水系は傾きは比較的安定しており、切片は、若干値が変動したものの兩年度の大きな違いは見られなかった。推定式の決定係数は、広内が全採水日について $r^2=0.9$ 以上 (平均 $r^2=0.95$)、鹿里水系が、2008 年 7 月 31 日の $r^2=0.67$ 、2009 年 7 月 9 日の $r^2=0.82$ を除いて $r^2=0.9$ 以上 (全採水日の平均 $r^2=0.94$) であった。図 4 に交差検定の結果を示す。両水系ともに推定式作成に使用したデータセットが増えるにしたがい MRECV が減少し、広内および鹿里水系の MRECV の範囲は (全データの評価)、それぞれ 29~40%、26~30%と鹿里水系において推定精度が高かった。一方、INC が 5mg/L 以下の低濃度の範囲を除外した MRECV の範囲は、それぞれ 18~25%、13~18%と推定精度が向上した。今回計測した広内および鹿里水系の INC の範囲は、それぞれ、1.1~21.6mg/L、0.5~15.4mg/L であり、EC 測定による灌漑水の INC 推定は、精密な肥培管理への利用を目的とする場合は精度が十分ではないが、INC が高濃度の場合、灌漑水による窒素供給量の目安を得るのに有用であると判断された。

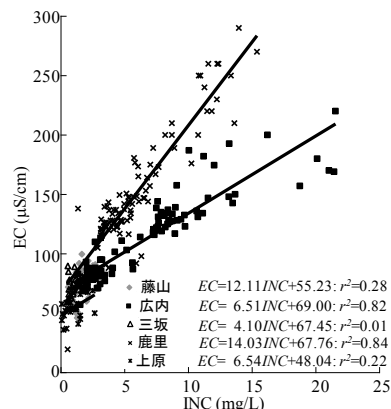


図 1 INC と EC に関する線形回帰分析結果

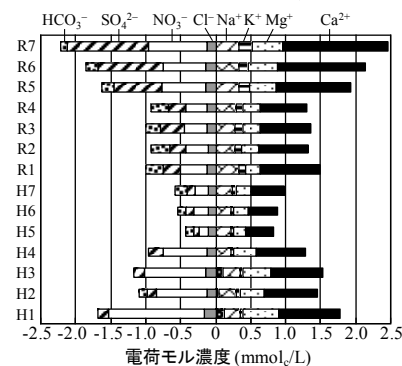


図 2 イオンバランス

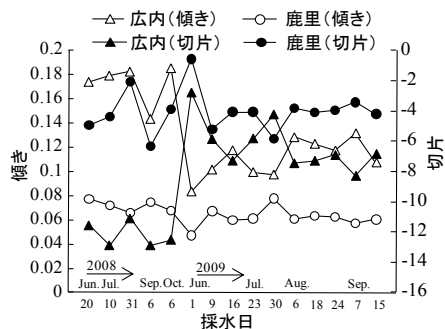


図 3 各採水日の推定式の傾きおよび切片

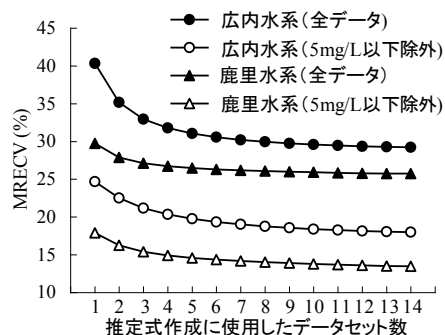


図 4 交差検定結果