

# 近赤外分光法による三重県の標高の異なる水田土中の可給態窒素の推定 Estimation of available nitrogen in paddy soil in Mie prefecture by NIR spectroscopy

東映里<sup>1</sup>・名和将晃<sup>1</sup>・渡辺晋生<sup>1</sup>

<sup>1</sup>三重大学生物資源学部

## 要旨(Abstract) :

水田土中の可給態窒素の推定を目指し、三重県の標高が異なる 24 地区 30 圃場の水田土の近赤外分光スペクトルに対して主成分回帰分析を行った。その結果、任意の地区の多数のデータに基づく検量式 (Case 1) はその地区の可給態窒素の推定に有効でも他地区の可給態窒素の推定には適さないこと、少数であっても様々な地区のデータに基づく検量式 (Case 2) であれば、ある程度汎用的に可給態窒素を推定できることが示唆された。

キーワード： 地力窒素, 主成分回帰分析, 近赤外線分光

**Key words:** soil nitrogen, principal component regression analysis, near infrared spectroscopy

**はじめに** 水田土の窒素肥沃度の指標の 1 つに可給態窒素がある。従来の評価法では可給態窒素の測定に 30°C 4 週間の静置培養を要する。一方、農業のスマート化には、測定の省力化や迅速化が必須である。ところで、近年、近赤外分光法が食品分野で糖度や酸度等の品質評価に実用化されている。これは対象に近赤外線を照射し、吸光スペクトルに基づき成分や品質を迅速かつ非破壊で定量する方法である。しかし土壌については全炭素・全窒素 (TC・TN) や CEC の定量の可能性が示唆されているものの、可給態窒素 (AvN) については推定精度の高い定量結果がほとんど示されていない。そこで、本研究では三重県各所の水田土を対象に近赤外分光法による可給態窒素の推定を試みた。

**試料と方法** 三重県津市から伊賀市にかけてのコシヒカリ栽培水田 (標高 0 m~611 m) において、2022 年には 6 圃場で、2023 年には 23 圃場で、代掻き前にそれぞれ無作為に 5 地点以上から作土を採取、混合し試料とした。また津市大里では、2021 年 9 月に 5 圃場から各水田 12 地点、2 圃場から代掻き前に 42 点の作土を採取し、混合することなく試料とした。試料を風乾後、2 mm 篩通過分を用いて可給態窒素とアンモニア態窒素 (NH<sub>4</sub>-N)、硝酸態窒素

(NO<sub>3</sub>-N)、pH、CEC、交換性の Ca、Mg、K、有効態の P と Si、TN、TC、CN 比、強熱減量 (IL)、低水分領域の水分特性曲線、粒度組成をそれぞれ測定した。また、400~2500 nm の近赤外スペクトルを 0.5 nm 刻で近赤外分析計 NIRS DS2500/F (FOSS) で測定した。そして、得られた近赤外スペクトルと土の可給態窒素や各物理化学性との関係を主成分回帰で分析した。主成分回帰は scikit-learn 機械学習ライブラリを用いて Python 3 で行った。また、検量式の評価に平均平方二乗誤差 (RMSE) を用いた。主成分回帰分析は 2 つの方針で行った。1 つは大里の 102 試料のうち、81 試料を検量式作成データ (cal) に、21 試料を検量式評価データ (val) に用い、作成した検量式で 2022 年採取の他地区 6 圃場のデータ推定 (est) を試みた (Case 1)。もう 1 つは大里の 7 圃場から 1 点ずつと 2022 年採取の他地区 6 圃場の計 13 試料を検量式作成データ (cal) とし、大里の残り 95 試料のデータ (est) の推定を試みた (Case 2)。

**結果と考察** 可給態窒素や TN、TC や強熱減量は、標高が高い水田の土ほど多かった。また、気温は標高が高いほど低く、例えば、年平均気温  $T$  [°C] と IL [%] には  $IL = 22.8 - 1.02T$  の線形関係が見られた。

回帰分析では、最初に検量式作成データに対する主成分数と RMSE の関係を調べた (図 1)。Case 1 では主成分数が 9、13、25 から RMSE の低下率が徐々に小さくなった。Case 2 では、主成分数が 8 以上で RMSE が急激に低下した。そこで、可給態窒素の検量式作成に用いる主成分数を Case 1 では 13、Case 2 では 8 とした。同様に、各物理化学性についても検量式作成に用いる主成分数を求めた (表 1)。図 2 に Case 1 の回帰結果を示す。検量式作成データに用いた 81 試料中 61 試料については実測値と推定値の残差が 2 mg/100g 未満だった。また、検量式評価データについては RMSE が 1.72 であり、21 試料中 15 試料については、実測値と推定値の残差が 2 mg/100g 未満だった。評価データを概ね推定できたといえる。一方、この検量式は津市高野尾の試料を 3.2 mg/100g で推定できたものの、伊賀市森寺の試料を 22.5 mg/100g 過大評価し、残りの 4 地区についても 10 mg/100g 程度過大評価した。1 地区の試料に基づく検量式はその地区の試料の推定には有効でも、他の地区の推定には不適といえる。図 3 に Case 2 の回帰結果を示す。検量式作成データの RMSE は 0.90 であり、最大残差 1.64 mg/100g と良好な検量式が得られた。この検量式を津市大里の試料の推定に用いると、RMSE が 3.45 となった。8 mg/100g 以上の大きな残差の試料が 95 試料中 3 試料あったが、87 試料の残差は 5 mg/100g 未満であり、さらに 53 試料は 2 mg/100g 未満と、可給態窒素量をある程度推定できたとみなせる。更なる精度の向上には、作成データを増やす必要があると考えられる。表 1 に、その他の物理化学性を推定した際の RMSE を示す。Case 1 の検量式の評価データでは、NO<sub>3</sub>-N、pH、CEC、交換性 Ca、Mg の RMSE は可給態窒素よりも小さく、概ね推定できた。一方、他地区の推定にはいずれの項目も RMSE が大きく不適だった。Case 2 では、多くの項目の RMSE は可給態窒素と同程度だった。

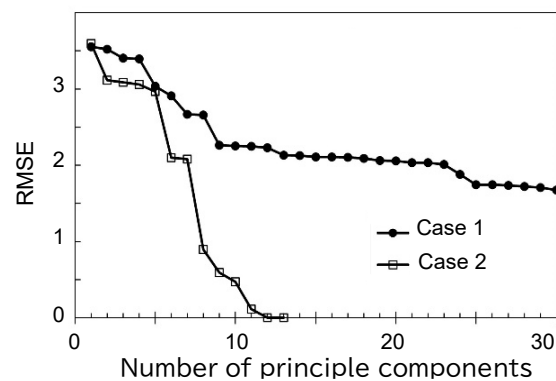


図1 主成分数の増加に伴うRMSE値の推移  
RMSE with number of principle components

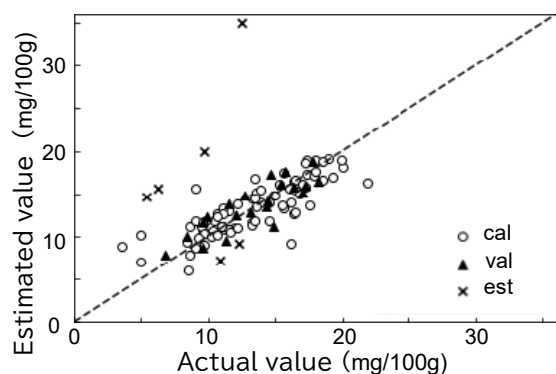


図2 Case 1の検量式の性能評価  
Performance of calibration formula (Case 1)

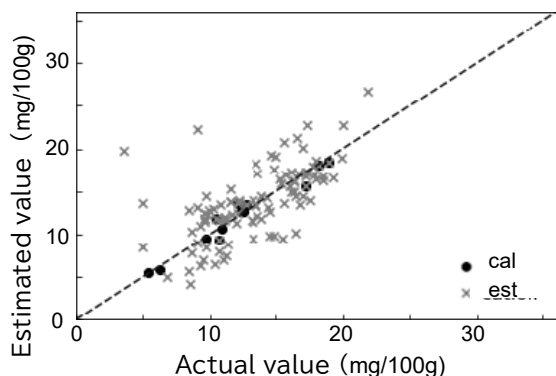


図3 Case 2の検量式の性能評価  
Performance of calibration formula (Case 2)

表1 各物理化学性についての主成分数とRMSE  
Number of principle component and RMSE

	Case 1			Case 2			
	#	cal	val	est	#	cal	est
AvN	13	2.13	1.72	11.60	8	0.89	3.45
NH <sub>4</sub> -N	15	0.67	5.00	25.38	8	1.57	8.73
NO <sub>3</sub> -N	11	1.86	1.68	32.63	7	0.88	2.30
TC	9	2.55	2.37	13.99	12	0.24	3.91
TN	7	2.09	2.51	12.87	8	1.21	3.34
pH	14	1.09	1.12	45.13	9	1.55	3.16
CEC	19	1.15	1.61	13.48	10	0.27	8.33
P	27	1.19	3.00	134.99	3	1.52	3.70
Ca	12	1.56	1.34	36.80	7	2.28	3.30
K	22	1.58	2.93	65.61	7	2.11	3.05
Mg	16	1.53	1.63	42.25	9	2.17	3.64

#:主成分数 cal:検量式作成データ  
val:検量式評価データ est:推定データ