

県内茶園における埋設型 EC センサーを 利用した効率的施肥管理技術

第 1 報 埋設型 EC センサー利用による 茶園土壤中の無機態窒素量の推定

堺田輝貴・江上修一¹⁾・中村晋一郎・森山弘信・松田和也
(八女分場)

埋設型 EC センサー値から茶園土壤中の無機態窒素量を求める静岡推定式の本県茶園土壤への適応性を検証するとともに、適応性の高い本県独自の推定式について検討した。

1 静岡推定式は、実測値と推定値との誤差が大きく、本県茶園土壤へ適応できなかった。

2 EC センサー値と土壤 pF 値及び実測した土壤中無機態窒素量の相関式等を解析し、適応性の高い土壤中無機態窒素量推定式(福岡推定式)を求めた。

3 福岡推定式は圃場レベルにおいても適応性が高かった。

[キーワード: 茶園土壤, 埋設型 EC センサー, 無機態窒素量, 推定式]

Technique of Efficiently Fertilizer Administration Using Buried EC Sensor in Tea Field at Fukuoka Prefecture.(1) Prediction of Inorganic Nitrogen Using Buried EC Sensor in Tea Field. SAKAIDA Teruki, Sinichirou NAKAMURA, Hironobu MORIYAMA and Kazuya MATSUDA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818 - 8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 21 : 72 - 76 (2002)

We investigated application of Shizuoka predictive expression to demanded inorganic nitrogen in tea field from EC sensor value, and prepared applicatory predictive expression for Fukuoka prefecture.

1 Shizuoka predictive expression could not apply in tea field at Fukuoka prefecture for large error.

2 We prepared applicatory predictive expression in tea field at Fukuoka prefecture (Fukuoka predictive expression) from correlation of EC sensor value, pF value and measured inorganic nitrogen.

3 Fukuoka predictive expression indicated high application on the field.

[Key words : soil in tea field, buried EC sensor, inorganic nitrogen, predictive expression]

緒 言

近年、茶栽培において、過剰施肥による窒素溶脱等の環境負荷が懸念されている¹⁾。また、平成 11 年 2 月には硝酸性窒素・亜硝酸性窒素が環境基本法に基づく環境基準項目に追加されるなど、過剰施肥栽培の改善が求められている。このため、福岡県は平成 12 年 3 月に、従来より窒素施用量を煎茶園で 16%、玉露園で 28% 低減した施肥基準(煎茶園: 生葉摘採量 1500kg/10a の場合 53kgN/10a, 玉露園: 生葉摘採量 500kg/10a の場合 54kgN/10a)に改訂し²⁾、生産農家へ施肥量削減に対する意識の浸透を図っている。しかし、品質、特に滋味等の内質や生葉の硬軟等を重視する八女茶生産農家は、窒素施用量の削減による品質低下を懸念している。そこで、品質の維持を前提として、窒素施用量の削減による環境負荷の低減を図る必要がある。そのためには、茶樹の養分吸収特性に応じて必要量を供給する施肥技術の確立が不可欠である。

これまでに、烏山ら^{3) 7)}は黒ボク土壤で、久保田ら^{8) 10)}は赤黄色土壤で、収量、品質面から茶園土壤の最適な時期別無機態窒素量について報告している。また、岩橋らは土壤の電気伝導度を経時的かつ容易に把握できる土壤

埋設型 EC センサー(以下、EC センサー)を利用して、静岡県内の茶園土壤に適應した土壤中無機態窒素量の推定法や⁹⁾、最適な土壤中無機態窒素量を設定し、不足した場合に必要な量を供給する施肥法を報告している^{4) 13)}。

しかし、EC センサーを本県で利用するには、茶園の土壤条件や、肥培管理等が異なるため^{2) 9) 12)}、岩橋らの報告^{3) 4)}の県内茶園土壤への適應性について検討する必要がある。また、さらに高い精度で推定できるように、県内の主要な茶園土壤(赤黄色土、黒ボク土)に適應した、EC センサー利用による土壤中無機態窒素量の推定法(以下、福岡推定式)について検討した。

試験方法

1 県内茶園土壤での静岡推定式の適應性検証

(1) 供試土壤

県内の主要な茶園土壤である赤黄色土及び黒ボク土を八女市や筑後市など 32 カ所の茶園から採取し、試験に供試した。なお、土壤の採取部位は茶園のうね間表層(0~20cm 深)とし、赤黄色土は 1997 年 3 月、黒ボク土は 1998 年 3 月に採取した。採取した土壤は、風乾後、2mm のふるいに通して供試した。

(2) EC センサーによる測定

供試土壤約 1,500mL を、pF センサー (SPAD-2124) を用いて土壤 pF が 1.5 になるように水を加え、水分が均

1) 現南筑後地域農業改良普及センター

一になるように混和した。この土壌をカラムに充てんし、密閉後、恒温室(5℃)で1日間静置した。静置後、カラム毎にECセンサー(SPAD-2121)を挿入し、3時間後に測定した。なお、ECセンサーによる測定はカラムの中心部で行った。

(3) 静岡推定値と実測値との比較

測定したECセンサー値を、静岡推定式³⁾に代入して得られた無機態窒素量(以下、静岡推定値)と、イオンメーター(ORION-901)により実測した無機態窒素量(アンモニア態窒素+硝酸態窒素:以下、実測値)を比較し、適合性を検討した。なお、実測はカラムから取り出した土壌で行った。また、アンモニア態窒素は供試土壌20gに10%塩化カリ溶液100mLを加え、硝酸態窒素は供試土壌20gに蒸留水100mLを加え、いずれも30分間振とうし、ろ過後に測定した。

2 福岡推定式の作成

(1) 供試土壌

供試土壌、土壌の採取部位、採取時期及び調整は試験1と同様に行った。

(2) ECセンサー値と土壌中無機態窒素量との相関

試験1と同様の方法で得られたECセンサー値と、実測値との相関を検討した。なお、実測値は試験1と同様の方法で測定した。

(3) ECセンサー値と土壌pFとの相関

供試土壌約1,500mLを、pFセンサーを用いて土壌pFが2.5, 2.0, 1.7, 1.5, 1.4になるように水を加え、水分が均一になるように混和した。この土壌をカラムに充てんし、密閉後、恒温室(5℃)で1日間静置した。静置後、カラム毎にECセンサーを挿入し、3時間後に測定した。なお、ECセンサーによる測定はカラムの中心部で行った。

また、土壌pF1.5におけるECセンサー値の高低により、供試土壌を赤黄色土では高EC土(5~7dS/m)、中EC土(3~5dS/m)、低EC土(3dS/m未満)の3水準、黒ボク土は高EC土(3dS/m以上)、低EC土(3dS/m未満)の2水準に分類して土壌pFとの相関について検討し、相関式の精度を高めた(第1表)。

第1表 ECセンサー値(dS/m)による供試土壌の分類

土 壌	高EC土	中EC土	低EC土
赤黄色土	7(6.06)	15(4.03)	10(2.43)
黒ボク土	14(4.25)	-	18(2.44)

注1) 赤黄色土は高EC土(5~7dS/m)、中EC土(3~5dS/m)、低EC土(3dS/m未満)、黒ボク土は高EC土(3dS/m以上)、低EC土(3dS/m未満)に分類。

2) 数値はサンプル数。カッコ内はpF1.5におけるECセンサー値の平均。

(4) 福岡推定式の作成

ECセンサー値と土壌中無機態窒素量との相関及びECセンサー値と土壌pFとの相関を利用し、岩橋らの報告3)に準じて福岡推定式を作成した。

3 圃場レベルでの静岡推定式及び福岡推定式の検証

圃場レベルにおいて、静岡推定値及び試験2で作成した福岡推定式により得られた無機態窒素量(以下、福岡

推定値)と、実測値との適合性を検討した。調査は、赤黄色土は2000年1月~2001年3月に福岡県八女市今福の農家圃場(標高40m, 土性L/CL)で、黒ボク土は2000年6月~2001年3月に八女分場内圃場(標高140m, 土性L)で行った。調査圃場の施肥実績は第2表に示した。ECセンサー及びpFセンサーは、岩橋の報告⁵⁾に準じて埋設した。また、実測する土壌は、うね間中央と雨落ちの中間部の深さ0~20cmから採取し、イオンメーターで無機態窒素量を測定した。

第2表 施肥実績

調査圃場 (所在地)	2月 上旬	3月 上旬	4月 上旬	5月 下旬	7月 中旬	8月 中旬	9月 中旬	窒素施用量 (kg/10a)
赤黄色土茶園 (八女市今福)	春配合 ¹⁾ (17.6) ²⁾	春配合 ¹⁾ (13.2)	苦土硫安 (7.5)	-	硫安 (4.2)	秋配合 (4)	秋配合 (4)	50.5
黒ボク土茶園 (八女分場内)	春配合 (22)	春配合 (6.6)	苦土硫安 (7.5)	有機化成 (4)	-	秋配合 (6)	秋配合 (6)	52.1

注1) 春配合にはLPコート30・40・ss100が含まれている。

2) カッコ内の数字は窒素量(kg/10a)

結 果

1 県内茶園土壌での静岡推定式の適応性検証

第1図に供試土壌の実測値と静岡推定値との比較を示した。両土壌とも、静岡推定値は実測値に対し低い値を示す傾向にあり、その傾向は実測値が高いほど顕著であった。なお、実測値と静岡推定値との間には、赤黄色土で平均38.4mg/100g乾土(最大82mg/100g乾土, 最小19.1mg/100g乾土)、黒ボク土で平均32.2mg/100g乾土(最大68.9mg/100g乾土, 最小7.6mg/100g乾土)の誤差が認められた。

2 福岡推定式の作成

供試土壌の無機態窒素量と土壌pF1.5におけるECセンサー値との相関を第2図に示した。土壌中無機態窒素量をy(mg/100g乾土)、ECセンサー値をx(dS/m)とすると、赤黄色土は $y = 14.7x + 4.37$ 、黒ボク土は $y = 18.6x - 5.2$ 、の回帰式のもとに、高い相関(相関係数 $r = 0.8$ 以上)が認められた。

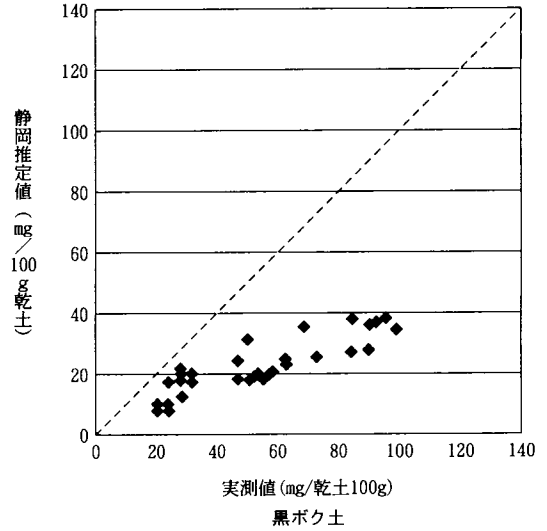
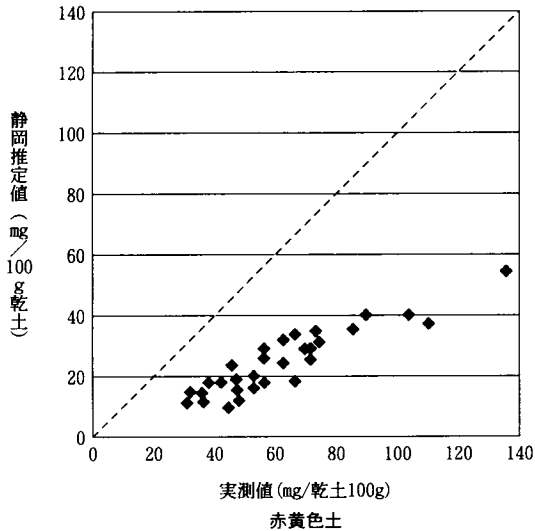
次に、ECセンサー値と土壌pFとの相関を第3図に示した。両土壌ともECセンサー値は土壌pFの上昇に伴い直線的に上昇し、その傾きは高EC土ほど大きく、低EC土になるほど小さくなる傾向が認められた。

この結果を基礎とし、岩橋らの報告³⁾に準じて福岡推定式の作成を試みた(赤黄色土の場合)。

まず、第3図のpF1.5におけるECセンサー値と、関係式の傾き及びy軸切片から、関係式の傾き a_1 及びy軸切片 b_1 の変動式を求めた(第4図, 第5図)。この変動式をECセンサー値と土壌pFとの関係式 $E = a_1 \times P + b_1$ (E:ECセンサー値, P:pFセンサー値)に代入することにより、測定したECセンサー値を、pF1.5状態での値に補正する式①を得た。

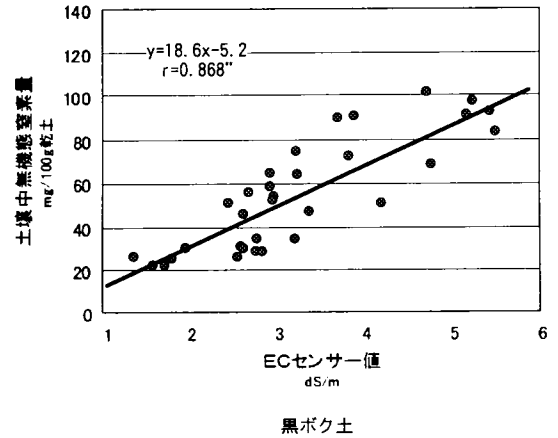
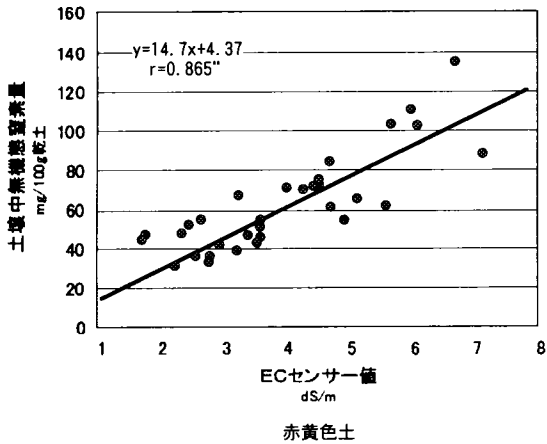
$$E_{pF1.5} = \frac{E - 0.176P + 0.225}{0.188P + 0.71} \quad \text{式①}$$

($E_{pF1.5}$: pF1.5状態のECセンサー値)



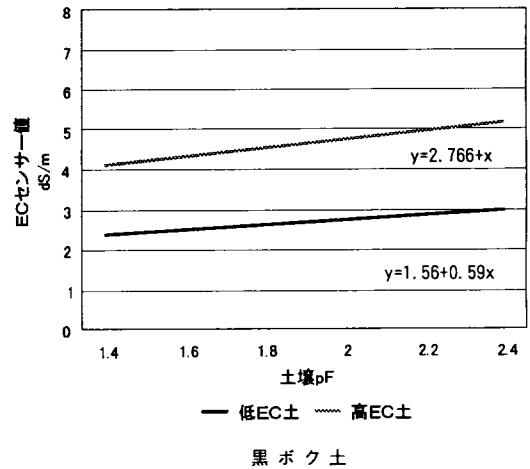
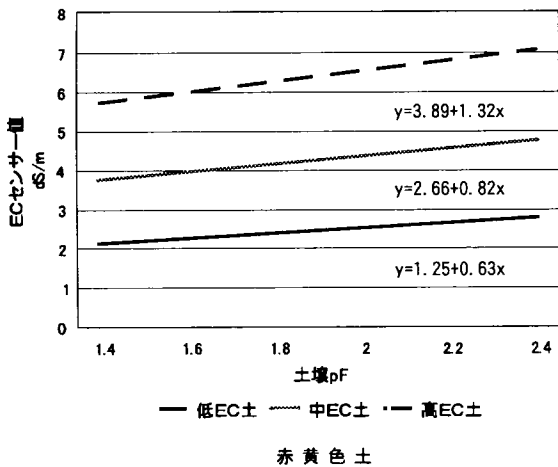
第1図 供試土壌の実測値¹⁾と静岡推定値²⁾との比較

- 注1) イオンメーターで測定した無機態窒素量 (アンモニア態窒素+硝酸態窒素)
 2) 静岡推定式¹⁾ (赤黄色土: $y = 7.43x - 4.33$, 黒ボク土 $y = 7.79x - 1.22$, y : 無機態窒素量, x : pF1.5におけるECセンサー値) より求めた無機態窒素量



第2図 土壌中の無機態窒素量と土壌pF1.5におけるECセンサー値との関係

注) 図中のは1%水準でこの回帰直線が有意であることを示す。



第3図 土壌別のECセンサー値と土壌pFとの関係

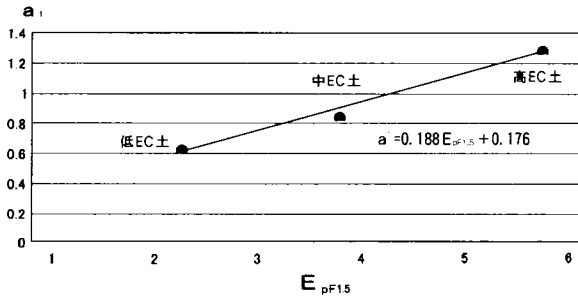
注) 土壌pF1.5におけるECセンサー値により, 赤黄色土は高EC土: 5~7dS/m, 中EC土: 3~5dS/m, 低EC土: 3dS/m未満, 黒ボク土は高EC土: 3dS/m以上, 低EC土: 3dS/m未満に分類。

また黒ボク土では, $a_1 = 0.225E_{pF1.5} + 0.04$, $b_1 = 0.659E_{pF1.5} - 0.05$ となり, 赤黄色土の場合と同様に, EC

センサー値と土壌pFとの関係式 $E = a_1 \times P + b_1$ に代入することにより補正式②を得た。

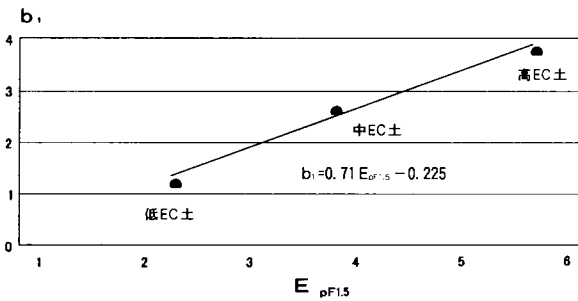
$$E_{pF1.5} = \frac{E - 0.04P + 0.05}{0.225P + 0.659} \quad \text{式②}$$

(y: 土壤中無機態窒素量 mg/100g 乾土, E: ECセンサー値, P: pFセンサー値)



第4図 ECセンサー値と土壌pFの関係式の傾きの変動

注) $E_{pF1.5}$: pF1.5におけるECセンサー値, a: ECセンサー値と土壌pFの関係式の傾き。



第5図 ECセンサー値と土壌pFの関係式のy軸切片の変動

注) $E_{pF1.5}$: pF1.5におけるECセンサー値, b: ECセンサー値と土壌pFの関係式のy軸切片。

次に、式①、②を第1図の回帰式に代入することにより、福岡推定式を得た。以下に、土壌別の福岡推定式を示した。

$$\text{赤黄色土 } y = 14.7 \times \frac{E - 0.176P + 0.225}{0.188P + 0.71} + 4.37$$

$$\text{黒ボク土 } y = 18.6 \times \frac{E - 0.04P + 0.05}{0.225P + 0.659} - 5.2$$

3 圃場レベルでの静岡推定式及び福岡推定式の検証

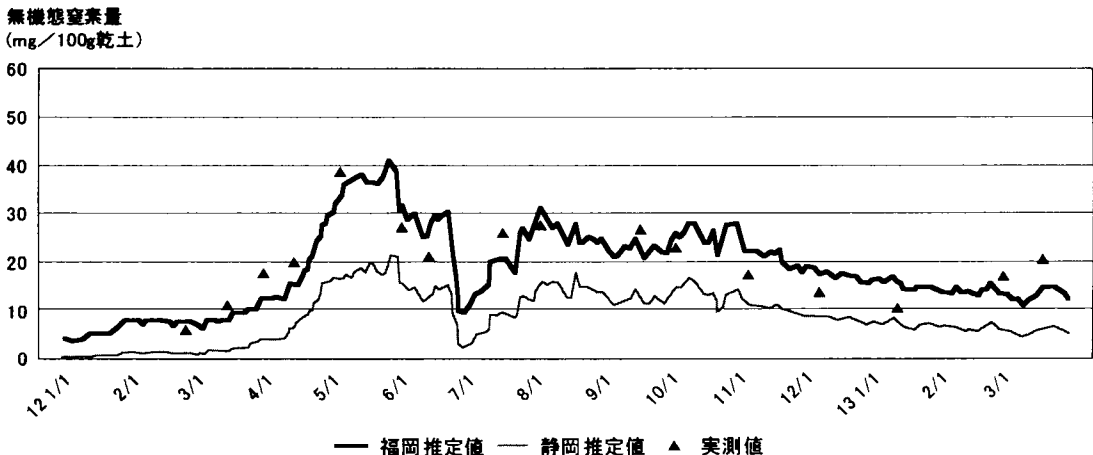
第6図、第7図に、茶園での土壤中無機態窒素量の実測値と、福岡推定値及び静岡推定値の推移を示した。両土壌とも、静岡推定値は実測値に対し、かなり低い値で推移し、誤差が大きかった。

一方、福岡推定値は、静岡推定値に比べ明らかに実測値に近い値で推移した。なお、赤黄色土では春季や7月中旬に最大6mg/100g乾土程度、黒ボク土では春季に最大5mg/100g乾土程度の誤差(実測値の±20%以上)が認められたが、調査期間を通じての誤差は、赤黄色土で4mg/100g乾土程度、黒ボク土で3mg/100g乾土程度と、かなり小さかった(第3表)。

考 察

福岡県内の茶園土壌において、静岡推定式の適応性を検証した結果、実測値と静岡推定値の間には大きな誤差が認められ、静岡推定式は県内の茶園土壌には適応できないと考えられた。これは、静岡県と本県の茶園土壌では、ECセンサー値と土壤中無機態窒素量の相関(第1図、第2図)やECセンサー値と土壌pFとの相関が異なることに起因している。このため、ECセンサーを利用した土壤中無機態窒素量の推定には、本県の茶園土壌に適応した推定式を作成する必要がある。また、久保田らは、土壌の電気伝導度から無機態窒素量を推定する方法(回帰式)を明らかにしているが⁹⁾、土壌の種類や環境条件等により回帰式が異なるため、地域別に回帰式を作成する必要があることを指摘している。

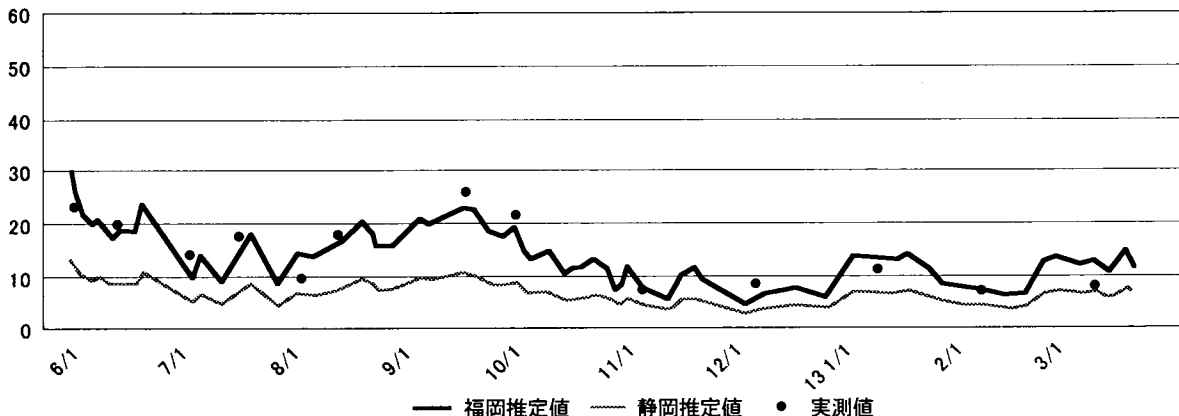
そこで、県内の茶園土壌に適応した、土壤中無機態窒素量推定式(福岡推定式)を作成し、圃場レベルでの適応性を検討した。その結果、福岡推定値は静岡推定値に比べ、明らかに実測値に近い値を示し、誤差も小さかった。このことから、福岡推定式の精度は高いことが実証され、圃場レベルでの適応が期待できる。



第6図 赤黄色土茶園における実測値¹⁾と福岡推定値²⁾及び静岡推定値³⁾の推移(2000年1月~2001年3月)

注1) イオンメーターで測定した無機態窒素量(アンモニア態窒素+硝酸態窒素)。第7図も同様。
 2) 試験2で作成した福岡推定式により求めた無機態窒素量。第7図も同様。
 3) 静岡推定式¹⁾により求めた無機態窒素量。第7図も同様。

無機態窒素量
(mg/100g乾土)



第7図 黒ボク土茶園における実測値と福岡推定値及び静岡推定値の推移 (2000年1月～2001年3月)

土壌	調査期 (回数)	誤差平均 ³⁾ (mg/100g乾土)	誤差比率 ⁴⁾ 平均 ⁵⁾ (%)	アンモニア態窒素 ⁵⁾ 比率平均 ⁵⁾ (%)
赤黄色土	通 年 (17)	3.93	19.5	20.1
	誤差発生期 ³⁾ (3)	5.75	29.4	42.1
黒ボク土	通 年 (13)	2.64	18.9	14.0
	誤差発生期 (1)	5.10	68.9	46.6

第3表 土壌中無機態窒素量の実測値と福岡推定値¹⁾との誤差と無機態窒素量に占めるアンモニア態窒素の比率

注1) 試験2で作成した福岡推定式により求めた無機態窒素量。
2) 実測値と福岡推定値との誤差の平均。
3) 実測値に対する誤差(実測値と福岡推定値の差)の割合。
4) 土壌中無機態窒素に占めるアンモニア態窒素の割合。
5) 誤差が5mg/乾土100g以上、誤差比率が20%以上の調査期で赤黄色土は2000年3月31日、7月18日、2001年3月19日、黒ボク土は2001年3月12日を示す。

一方、福岡推定式においても、春季(両土壌)や7月中旬(赤黄色土)に比較的大きな誤差が認められた。ここで、誤差が大きかった調査期の無機態窒素の組成をみると、無機態窒素量に占めるアンモニア態窒素の比率が高かった(第3表)。このことは、土壌溶液中のイオンに反応するECセンサーは、土壌に吸着されやすいアンモニア態窒素に対しては反応が鈍く、アンモニア態窒素が多く含まれる時期には、誤差が生じやすいといえる。このため、アンモニア態窒素比率が高くなる時期は、施肥資材の分解特性、施用量及び気象条件等から、アンモニア態窒素の発現量を加味する等の対応が必要となる。

ところで、本試験で用いたECセンサーは、土壌pFやECが極端に高い状況では、ECセンサー自体の測定誤差が生じる恐れもあるが、本試験では試験期間を通じて測定誤差が生じるような状況になることはなかった。しかしながら、干ばつ時や施肥直後でECが急激に上昇する状況下では、ECセンサー自体の測定誤差に注意する必要がある。以上のことから、県内の主要な茶園土壌に適応した、ECセンサー利用による土壌中無機態窒素量の推定法が明らかとなった。今後、さらに環境負荷の低減が強く求められる中、土壌中の無機態窒素量をリアルタイムで容易に把握できる技術の確立は、より効率的な施肥技術の開発に貢献できる。そのためにも、本試験で確立した福岡推定式の精度をさらに高めるため、ECセン

サーが反応するその他の成分(カリ、塩素、苦土等)による補正法の検討や²⁾、ECセンサーを利用して、品質を維持しつつ窒素施用量を大幅に節減できる効率的な施肥管理を実証していく必要がある。

引用文献

- 1) 福岡県農政部(2000) 福岡県茶施肥基準。
- 2) 福岡県農政部農業技術課(1988) 茶業技術指導指針。
- 3) 岩橋光育(1992) 土壌埋設型センサーを利用した茶園土壌の無機態窒素の測定。静岡茶試研報16:35-41
- 4) 岩橋光育(1997) 土壌埋設型ECセンサーによる茶園の施肥管理技術。茶研報84:49-58
- 5) 岩橋光育・森田明雄(1994) 土壌埋設型センサーの埋設方法。静岡茶試研報18:43-46
- 6) 鹿兒島茶試・宮崎総農試茶支場・福岡農総試(1988) 九州地域重要新技術研究成果No2. 良質、低コスト茶生産のための土壌窒素濃度診断、施肥技術。
- 7) 烏山光昭・藤嶋哲男・松元順(1981) 火山灰茶園土壌における最適な窒素肥沃度の検索。茶研報53:17-25
- 8) 古閑孝彦(1987) 地域別・土壌の自然史的性格。農業技術体系・土壌施肥編3. 農山漁村文化協会:9-76
- 9) 久保田朗・中村晋一郎・杉山喜直(1991) 茶園の窒素濃度診断による施肥技術(第2報) 土壌中の無機態窒素濃度とECの相関。九州農業研究53:34
- 10) 久保田朗・渡辺敏朗・中村晋一郎・大森薫・杉山喜直(1989) 茶園の効率的施肥(第2報) 赤黄色土壌茶園における窒素濃度の制御。福岡農総試研報A-9:87-90
- 11) 松尾宏(1992) 茶畑を集水域とする溜池の酸性化現象について。用水と廃水34(2):18-23
- 12) 静岡県経済農業協同組合連合会(1991) 茶生産指導指針。
- 13) 田口義弘・米山誠一(1995) 緩効性肥料を利用した茶園の施用窒素量削減の試み。茶研報81:17-23