

原著論文

パケットテストによる簡易土壌養分分析法

松岡憲吾¹・波田善夫²

Soil nutrient analysis made simple by a commercial test kit

Kengo MATSUOKA¹ & Yoshio HADA²

Abstract: We devised a simple and easy procedure for soil nutrient analysis using a commercial kit (Kyoritsu Chemical-Check Lab., Corp.). In our analyses of soil samples from various vegetation types, greater amounts of nitrogen and phosphate were detected in grassland samples than in forest samples. Our procedure, much simpler and easier than conventional methods, is concluded to be usable at least for comparative studies of relative abundance of nutrients in natural soils.

I. はじめに

植生調査など、植物に関する調査を行う中で、土壌養分に関する情報があればより理解が深まると思うことが多い。しかしながら、土壌の化学性に関する分析手法の多くは、比較的高額な機器を準備する必要があるし、化学的知識や技術なども必要であるので、気軽に取り組むことは難しい。一方、農業の分野では、土壌水や抽出溶液の電気伝導度を計測したり、試験紙による窒素量などの簡易計測が行われている(林, 1990)。これらの簡易計測法は、過剰な施肥の影響を検査するためのものであり、自然の土壌に含まれる栄養素の量とは桁外れに高濃度な数値を対象としている場合が多く、そのままでは自然の土壌には適用しにくい。そこで、簡易水質検査に用いられるパケットテスト(共立理化学研究所製)を利用し、窒素やリンを低濃度に含む自然土壌の分析方法を検討したので報告する。

II. 実験方法

1. 試料の採集場所

試料は2007年12月7, 8日に森林, 路傍の草地, 高水敷の草地の3ヶ所で9地点ごとの合計27地点で

採集した。土壌はその日のうちに持ち帰り実験室で分析を行なった。

採集地はすべて岡山県岡山市の域内である。気候的には瀬戸内気候区に属し、年間平均気温は14.8℃, 年間降水量は1,364mm(岡山県, 1988)で、温暖で雨の少ない乾燥した地域である。

森林: 岡山市宿町にある, 岡山理科大学生態システム園のコナラ林で土壌を採集した。

路傍: 岡山市宿町にある, 岡山理科大学生態システム園のチカラシバやカゼクサなどが優占している路傍の草地で土壌を採集した。

高水敷: 岡山市原町にある旭川右岸の中原橋上流部で, ナギナタガヤやチガヤなどが優占している草地から土壌を採集した。

2. 実験方法

土壌の化学分析においては、乾燥した土壌を用いることが普通である。風乾土を用いる場合もあるが、土壌の乾燥には時間が必要であり、恒量になるまで乾燥機で加熱することが普通である。このような分析法においては、準備段階にはかなりの時間が必要である。乾燥や加熱によって土壌に含有される

1 岡山理科大学大学院総合情報研究科・生物地球システム専攻 〒700-0005 岡山市理大町1-1 総合情報学部波田研究室内 E-mail: i07gm10mk@std.ous.ac.jp

2 岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科 〒700-0005 岡山市理大町1-1 E-mail: y_hada@big.ous.ac.jp

栄養塩類の性質や量に影響があると思われるが、その測定方法による値として評価せざるを得ない。

今回採用した生土容積抽出法(林, 1977)は、一定の容積の生土に一定量の蒸留水を加えて振とうし、抽出液を得て、それに含まれる栄養塩類を測定するものである。したがって、生土の含水率は抽出液の塩類濃度に影響を与えることになる。

栄養塩類は土壤に吸着されているものもあり、全量に加えた蒸留水に溶出するわけではない。溶出する量は物質によって異なり、蒸留水の量やpHなどによっても異なる。また、溶出させるための攪拌の時間や方法と時間によっても溶出量が異なる。土壤に含まれる栄養塩類の一部は土壤の粘土などに吸着されており、土壤に含まれるすべての栄養塩類が植物に利用可能ではないことは良く知られている。特にリン酸に関しては土壤に強く吸着されることが知られており、土壤に含まれるリンの量と植物が利用可能なリンの量に大きな違いがある場合も多い。

これら諸問題の克服のため、溶媒の規格化などをはじめとする抽出条件の改良と基準化がはかられている。抽出溶媒としては、1 規定KCl溶液などが用いられることが多いが、今回の測定では、栄養塩類が雨水に溶け出す状態を想定し、また安易に用意できる蒸留水を抽出液とした。

土壤の性質とともに、溶媒と土壤の混合率および振とう方法と時間によって抽出液中の栄養塩類の濃度は異なる。本報告では、容器を3分間手で振る手振り法を行った。また、抽出液の分析にパックテストを使用することにした。それにより、機器を使用せず、無電源の環境でも分析が可能である。この方法は、簡便であり教育や自然観察などの場面で応用できると思われる。一連の分析過程では、土壤懸濁液をろ過する作業に最も長い時間を必要とする。野外で分析を行う場合には、まず土壤を採集して振とうし、ろ過を行いつつ植生調査などを実施する手順が効率的であろう。

(1) 森林ではB層の土壤を採集した。草地では地表の有機物を取り去り、その下の土壤を採集し、格子間隔が2 mmのふるいで篩い、石や有機物を取

り除いた。

(2) 目盛りつきの200ml広口ポリ容器に100ml蒸留水を入れ、よく混合した生土を150mlの目盛りに水位が上昇するまで入れた(図1)。生土と水とは容積比で1対2である。

(3) ポリ容器の蓋を締め、手で3分間振とうした。これはカクテルを作るシェイカーを振る要領で行った。

(4) 混合液はひだ折りしたろ紙(桐山, No. 6)でろ過し抽出をおこなった(図2)。

(5) 抽出液を共立化学研究所製のパックテスト; アンモニウム態窒素, 亜硝酸態窒素, 硝酸態窒素, そしてリン酸態リン(低濃度)を使用し、定法に従い測定をおこなった(図3, 4)。

(6) アンモニウム態窒素, 亜硝酸態窒素, 硝酸態窒素の測定値から無機態窒素の総量を求めた。



図1. 広口ポリ容器。
(生土と水の比率は、1:2となるように混合する)

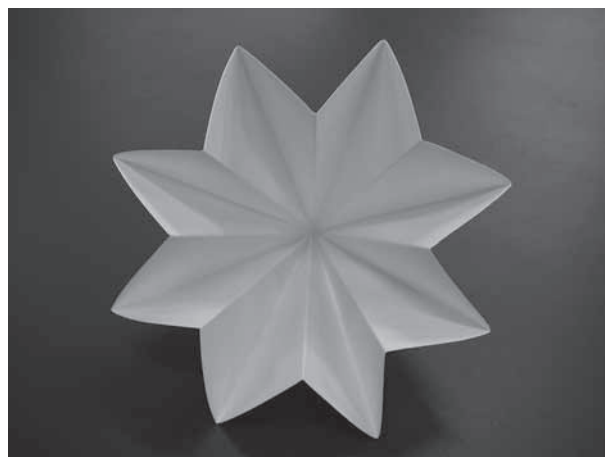


図2. ひだ折りしたろ紙。

3. 留意点

・生土容積抽出法は試料の水分含有量によって測定値が変化する(林, 1977)。また、季節や気温などでも測定値が影響を受けると思われるため、なるべく同じ条件で採集した土壌を使用するほうが良い。

・森林の場合、A層土壌を使用すると有機物が水に浮きうまく混ざらないため、有機物の少ないB層土壌を使用した。

・予備実験で、振とう時間を長くするほど抽出される栄養分が高くなる傾向が見られた。森林や草原の土壌は含まれる栄養分が少ないことと、手で振ることの可能な時間を考慮した結果、3分間混ぜ合わせれば、栄養分をある程度溶かし出すことが出来ると判断した。

・ろ紙はひだ折にすると、ろ過時間が短縮され素早くろ過することが可能であった。

・ろ紙は、ろ過速度とろ過能力を考慮すると、3

μ程度の粒子を保留できる緻密さをもつものが適当であった。

・硝酸態窒素のバックテストは亜硝酸にも反応するため、値の補正が必要である。今回検出した亜硝酸は微量なため、計算上での処理が可能であった。計算式は以下の通りである(共立理化学研究所)。

見かけの硝酸態窒素の測定値 - 亜硝酸態窒素の測定値 × 8 = 硝酸態窒素の濃度

III. 結果

分析結果は、抽出液に含まれている物質の濃度として表記した。これは、バックテストの判読結果をそのまま表わしたものであり、生土の単位体積あたりの抽出量とするには、簡単な計算が必要である。

1. 窒素

(1) アンモニウム態窒素

検出されたアンモニウム態窒素の平均値は、森林土壌では2.00mg/l、路傍の土壌では1.67mg/l、高水敷の土壌では1.50mg/lであった(図5)。アンモニウム態窒素の量を比較すると、大きな差はあらわれなかったが、やや森林土壌で高い値が検出された。

(2) 亜硝酸態窒素

検出された亜硝酸態窒素の平均値は、森林土壌では0.009 mg/l、路傍の土壌では0.019mg/l、高水敷の土壌では0.030mg/lであった(図6)。亜硝酸態窒素は森林土壌ではほとんど検出されなかった。路傍や高水敷の土壌で高い値が検出された。

(3) 硝酸態窒素

検出された硝酸態窒素の平均値は、森林土壌では0.19mg/l、路傍の土壌では2.76mg/l、高水敷の土壌では1.48mg/lであった(図7)。森林土壌で測定した全てのサンプルで、補正を行う前の値は検出限界の値(0.2 mg/l)であり、ほとんど検出されなかった。路傍の土壌では亜硝酸態窒素と同じく高い値が検出された。

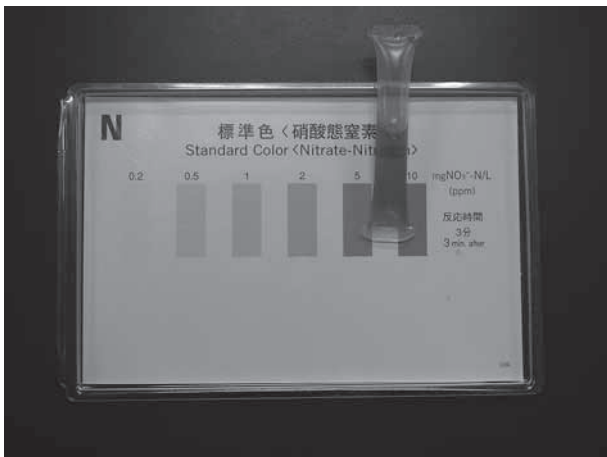


図3. 比色による測定.



図4. 実験風景.

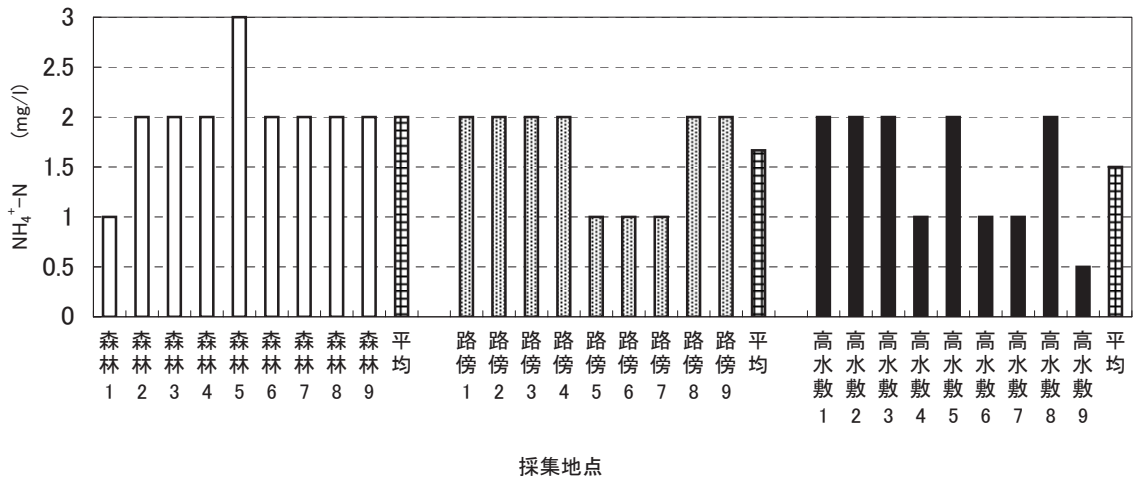


図5. 各採集地点のアンモニウム態窒素の濃度.

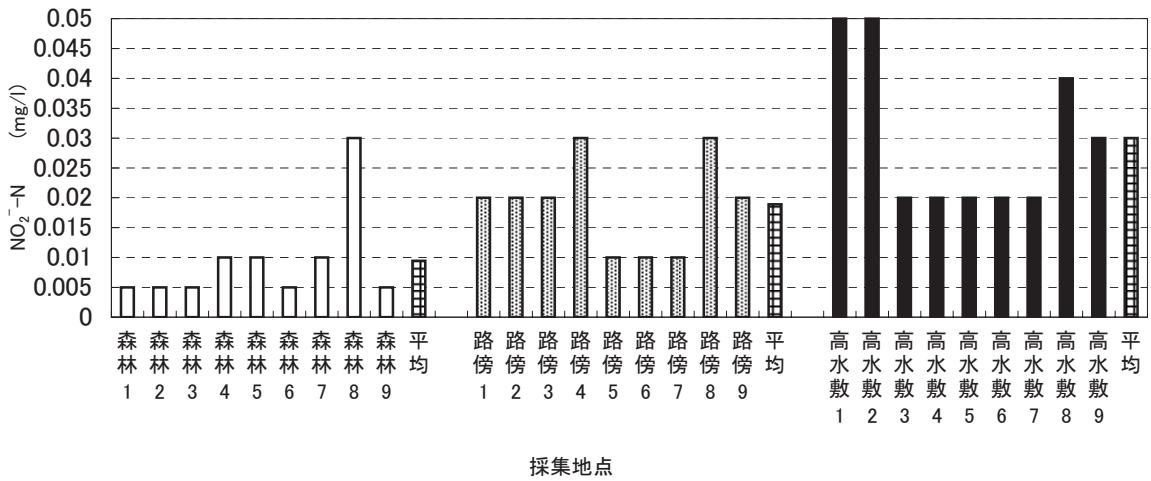


図6. 各採集地点の亜硝酸態窒素の濃度.

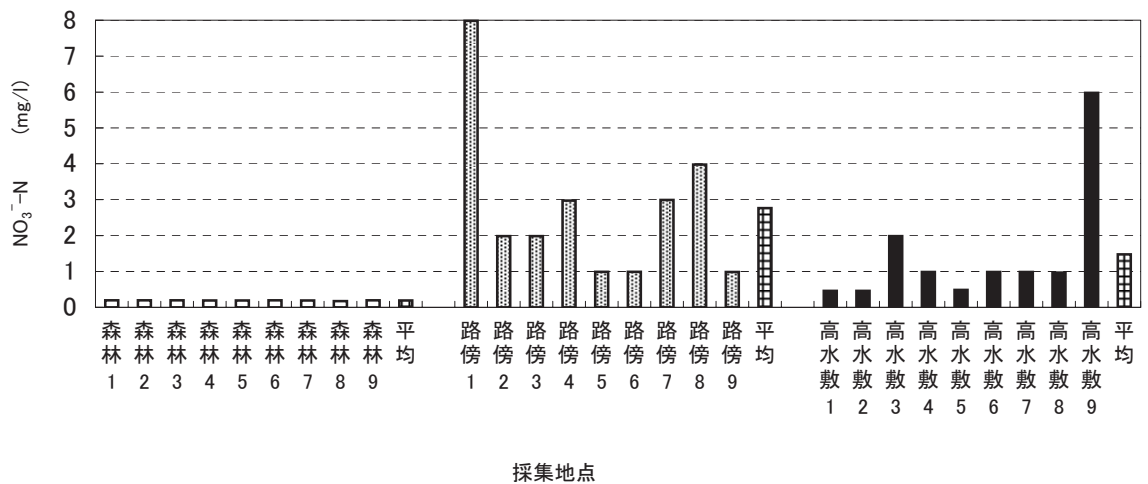


図7. 各採集地点の硝酸態窒素の濃度.

(4) 無機態窒素の総濃度

森林土壌では2.20mg/l, 路傍の土壌では4.45mg/l, 高水敷の土壌では3.00mg/lであった(図8). 窒素量は森林土壌で低く, 路傍や高水敷の土壌の方が高かった.

壤では0.12mg/lであった(図9). リン酸態リンは森林では低く, 路傍では高い値が検出された.

2. リン酸

リン酸態リン

検出されたリン酸態リンの平均値は, 森林土壌では0.04mg/l, 路傍の土壌では0.19mg/l, 高水敷の土

IV. 考察

1. 窒素

森林土壌では, 生成される無機態窒素の大部分が直ちに植物に吸収されるため, 含有量は常に低く抑えられている(堤, 1987). 今回の結果でも森林土壌の窒素量は路傍や高水敷より低く, これと同様の傾向を示した. また, 乾性褐色森林土では無機化速度

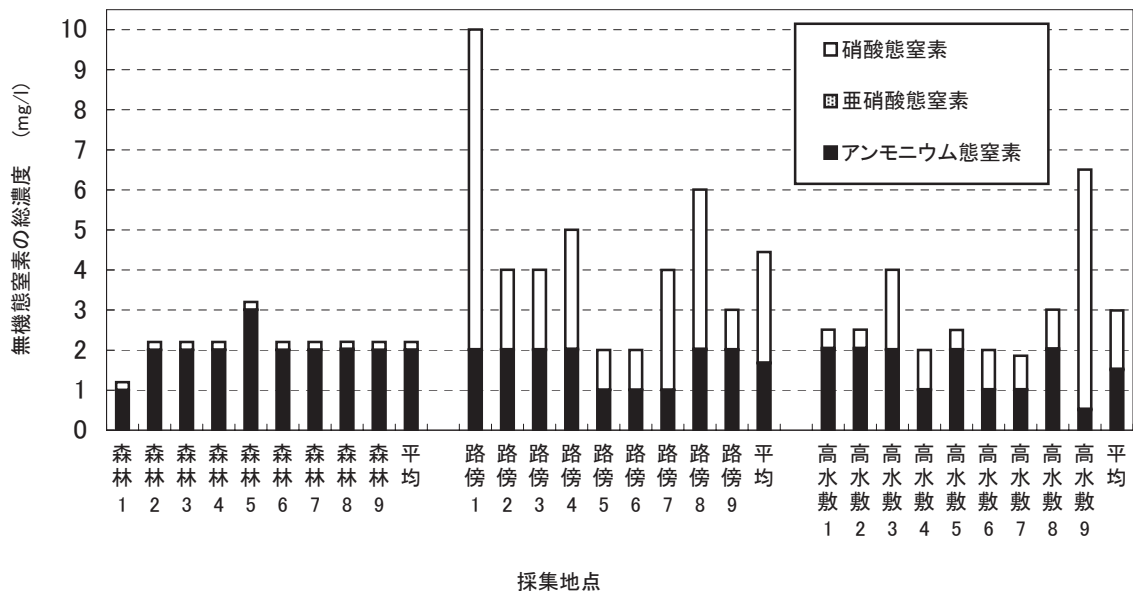


図8. 各採集地点の無機態窒素の総濃度.

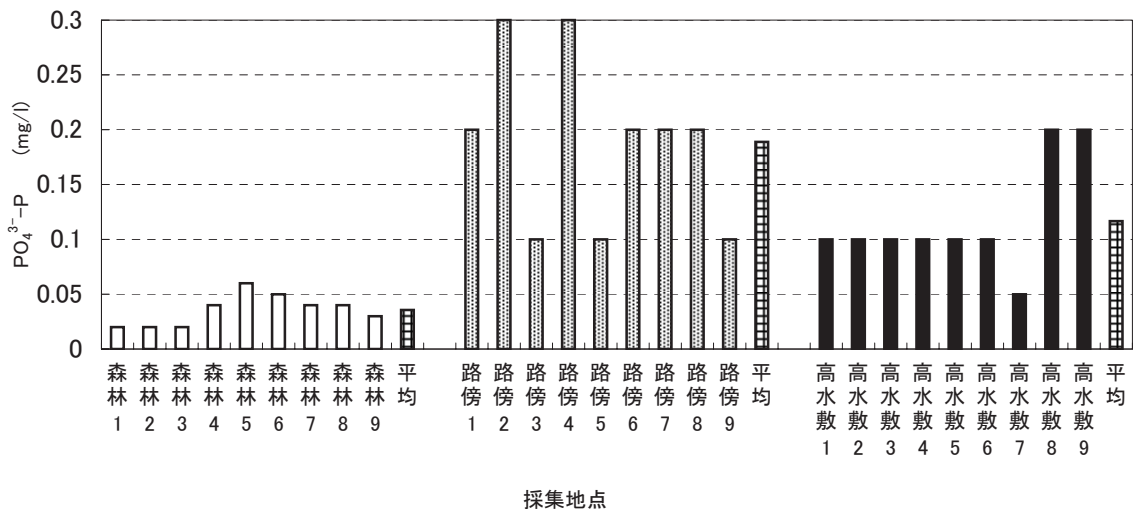


図9. 各採集地点のリン酸態リンの濃度.

が遅く、ほとんどがアンモニウム態窒素であるとされ、適潤性褐色森林土ではほとんどが硝酸態窒素であるとされる(堤, 1987)。今回の結果では、森林土壌はアンモニウム態窒素が多く、硝酸態窒素はほとんど検出できないほど微量であった。このことから、土壌は乾性褐色森林土の特徴をもっているのではないかと考えられた。岡山県南部は温暖で雨の少ない乾燥した瀬戸内式気候の地域であるため、このような結果になったと考えられた。

樹木が窒素源として硝酸態窒素を利用する能力は、種類によって大きな差があり、利用できない種もある。例えば、ツツジ科植物は硝酸態窒素を利用できる能力が低いことが知られている(小山, 2004)。このように植物の種類によって、利用できる無機態窒素の形が異なる。この方法は、簡便に土壌中に多く存在する無機態窒素の形を調べることができ、窒素と植物の関係性についての研究で役立つと考えられた。

2. リン酸

リン酸の濃度は森林土壌では値が低く、路傍や高水敷の土壌では高い値が検出され、森林と草原で大きな差がみられた。リン酸も窒素と同様に、樹木が直ちに吸収するため、森林土壌では値が低いと示唆された。

3. 抽出方法について

土壌中に存在するアンモニウム態窒素は、水溶態と交換態および固定態に分けられる。一般的には、

土壌中のアンモニウム態窒素は水溶態と交換態の含量として測定されている。交換態は土壌に吸着する性質を持っており、水に溶け出しにくいいため、通常は溶媒として塩化カリウムや塩化ナトリウムなどの中性塩溶液を用いて交換浸出を行う(日本土壌肥料学会, 1986)。今回は溶媒として蒸留水を使用しているため、アンモニウム態窒素の一部分しか抽出できていないと考えられた。

土壌中の水溶性リンは土壌が酸性に傾くと、溶け出しやすくなったALやFeと直ちに結合して難溶性化合物になる。また、中性および弱アルカリ性の場合ではCaと結合して難溶性化合物をつくる。また、土壌中の粘土に存在するALやFeによって吸着される場合や、微生物によって体内に利用され有機態に変化する場合もある(松中, 2003)。様々な可給態リン酸の測定法が提案されているが、絶対量を求めることは困難である(日本土壌肥料学会, 1986)。リンは水に溶け出しにくい性質を持っており、今回の実験でも一部分しか抽出できていないと考えられた。

4. 測定方法について

農業の分野で簡易計測として使用されている硝酸イオンテスト紙(メルク社製)は、測定範囲が0~500mg/lの7段階である。硝酸態窒素に換算すると0~114mg/lを7段階で表示していることになる(林, 1990)。パックテストの硝酸態窒素の測定は0.2~10mg/lの6段階で表示するため、精度が高い。今回の結果は、すべての値がパックテストの測定範囲内におさまっており、森林や草原土壌から抽出した液体を測定する場合は、パックテストが適していると考えられた(表1)。

表1. パックテストの測定範囲と各測定データの範囲。

測定項目	測定範囲	標準色の値	森林	路傍	高水敷
NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	0.2~10	0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10	1.0~3.0	1.0~2.0	0.5~2.0
NO ₂ ⁻ -N (mg/l)	0.005~0.5	0.005, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5	0.005~0.03	0.01~0.03	0.02~0.05
NO ₃ ⁻ -N (mg/l)	0.2~10	0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10	0.176~0.196 (0.2~0.2)	0.992~7.984 (1~8)	0.460~5.976 (0.5~6)
PO ₄ ²⁻ -P (mg/l)	0.02~1	0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1	0.02~0.06	0.10~0.30	0.05~0.20

さらにバックテストを活用して、詳細な計測値を検出する場合は、バックテストの反応液を吸光度で計測するデジタルバックテストを用いることもできる。

今回測定した値は、あくまでも簡単に水に溶け出てくる部分を相対的に比較した値であり、振とう時間や、pHの違いにより溶け出てくる値は変化することを留意しなければならない。同じ条件で土壌を採集し分析すれば、相対的な濃度の違いを比較することは可能であると考えられた。

要約

簡便に森林や草原などの自然の土壌中に含まれる栄養分を分析する事ができれば、野外調査などに大きく貢献できる可能性がある。そこで、バックテストを利用する簡便な土壌成分分析法を考案した。採集した土壌の窒素、リンを分析した結果、森林よりも草原の方が多く検出され、それぞれの環境に相応した値を得る事が出来た。本方法により、養分の含有量が少ない自然土壌の土壌養分を測定し、相対的に比較することは可能であると考えられた。

引用文献

- 林勇(1977). 温室床土の簡易検定における生土容積抽出法の実用化試験. 神奈川園試研報, 24: 80-91.
- 林勇(1990). 「切り花栽培の新技术 パラ 下巻」: 41-46p, 誠文堂新光社, 東京.
- 小山里奈(2004). 樹木-土壌系の窒素循環-樹木による土壌中の窒素の吸収と同化. 地球環境, 9(1): 11-18.
- 松中照夫(2003). 「土壌学の基礎-生産・機能・肥沃度・環境-」: 210-211p. 農山漁村文化協会, 東京.
- 日本土壌肥料学会(1986). 「土壌標準分析・測定法」: 105p, 127p. 博友社, 東京.
- 岡山県(1988). 「岡山県メッシュ気候図 資料編・地図編」北海道地図(株).
- 堤利夫(1987). 「森林の物質循環」: 61p, 63p. 東京大学出版会, 東京.

(2008年1月24日受理)

