

## 熱帯の土壌 (II-10)

八木久義\*・山家富美子\*\*

### 土壌反応 (pH)

#### 1. はじめに

土壌の化学的な状態を表わすものの一つに、土壌反応という用語がある。これは、土壌の酸性や中性及びアルカリ性の状態を指標する用語であり、一般に次式のように、水溶液中の水素イオン濃度の逆数の常用対数(水素イオン濃度指数:pH)として表わされる。

$$\text{pH} = \log [1/\text{H}^+] \quad \text{H}^+ : \text{溶液中の水素イオン濃度 (g/l)}$$

この pH は、土壌中で進行する各種化学反応に影響を与えるとともに、植物養分の可給性、有害重金属の溶解度、植物根や微生物の生理状態などとも密接な関連を持つといわれている。極めて多様な環境下で生成発達する熱帯の土壌は、その pH も非常に変化に富んでいると思われる。本稿では、土壌の pH の意味するところや、測定法などについて簡単に述べてみたい。

#### 2. 土壌 pH の一般的区分

自然状態にある土壌の pH の範囲は、一般に 4 前後から 9 前後と考えられているが、その変動範囲は国により地域により異なる。そのため土壌の酸性やアルカリ性の状態がどの程度であるかを簡潔に表わす pH の区分も、国により地域によりそれぞれ異なる。

例えば、温暖湿潤気候に属するわが国では、一般に土壌の酸性化が進み易いため、特殊な母材に由来するものや人為が加わったもの以外では、酸性を呈する土壌がほとんどである。そのため日本の森林土壌関連分野では、次のような区分が一般に使用されている(農林水産省林野庁, 1983)。

pH	~	4.0	~	5.0	~	6.0	~	7.0
区分		強酸性		中酸性		弱酸性		微酸性

また、アメリカで使用されている同国農務省で作成した土壌 pH の区分は、次のとおりである (Soil Survey Staff, 1951)。

4.5 未満…Extremely acid	6.6-7.3…Neutral
4.5-5.0 …Very strongly acid	7.4-7.8…Mildly alkaline
5.1-5.5 …Strongly acid	7.9-8.4…Moderately alkaline
5.6-6.0…Medium acid	8.5-9.0 …Strongly alkaline
6.1-6.5…Slightly acid	9.1 以上…Very strongly alkaline

YAGI, Hisayoshi & YAMBE, Fumiko : Soils in the Tropics (II-10) Soil Reaction (pH)

\* 東京大学農学部, \*\* 元農林水産省森林総合研究所企画調整部

熱帯地域においては、このように公式に認知された標準的な土壌 pH の区分法はまだない。これまでに幾つかの方法が提案されているが、Anthony YOUNG (1980) によって提案された方法は次のとおりである。

4.0 未満…Very strongly acid	(6.5-7.5… ‘Neutral’)
4.0-5.0 …Strongly acid	7.0-8.0 …Weakly alkaline
5.0-6.0 …Moderately acid	8.0-9.0 …Moderately alkaline
6.0-7.0 …Weakly acid	9.0 以上…Strongly alkaline

### 3. 活酸性 (Active acidity) と潜酸性 (Potential acidity)

上述のように、土壌は酸性、中性、またはアルカリ性を示すが、そのうち酸性は土壌に含まれる酸性物質に由来する。この酸性物質は、土壌水に溶解して存在する溶存成分と、土壌粒子に吸着保持されている吸着成分とに分けられ、両者は土壌中で平衡関係を保っている。

酸性の溶存成分としては、水溶性の無機酸や有機酸、及び Al 塩のような水溶性塩類がある。また吸着成分としては、交換性 Al と交換性 H とがある。それらの吸着成分は 1M の KCl 溶液を加えることによって、陽イオン交換により溶液中に遊離し酸性を呈する。

そのため、前者のような溶存成分による酸性を、活酸性あるいは pH (H<sub>2</sub>O) と呼ぶのに対して、後者のような KCl 溶液を加えることによって発現する酸性を、潜酸性あるいは pH (KCl) と呼び区別する。

この pH (H<sub>2</sub>O) は、概して土壌中に存在する各種塩類の影響を受け変化しやすいが、水の代わりに 1MKCl を用いた pH (KCl) は、土壌中の塩類濃度や季節的变化の影響が少ない。そのため、pH (KCl) の方がより本質的な土壌の pH 状態を反映するとも考えられており、わが国及び欧州で広く用いられている。

一般に酸性化の進んだ土壌では、pH (H<sub>2</sub>O) の要因物質である溶存酸性成分は、吸着態で固相に存在する土壌の酸性全体と比較すると極めて少なく、およそ千分の一から数万分の一程度であるといわれている。そのため土壌の酸度を矯正する場合には、土壌の酸性全体を考慮に入れなければならない。

また、一般の酸性土壌では多くの場合、pH (KCl) は pH (H<sub>2</sub>O) より 0.5~1.5 程度低い値を呈する。これは、加水分解によって酸性を生じる交換性 Al、あるいは複合体を作っているためにゆっくりと交換される Al が、土壌中にかなりの量存在することを示唆している。

特異なケースとして、pH (KCl) - pH (H<sub>2</sub>O) = ΔpH で表される ΔpH がプラスを示すこともある。これは、土壌の交換複合体の主体が加水酸化鉄などで占められ、土壌が正味のプラス荷電をもっていることを示唆している。このような特徴は、極めて風化の進んだ Oxisol や、火山灰を母材とする Andisol の一部にみられる。

#### 4. 湿潤及び乾燥気候下における土壌 pH の変化

##### 1) 湿潤気候下における土壌の酸性化

雨水中には、炭酸ガスの溶存により微量ではあるが炭酸が生成されている。降水量が蒸発散量より多いような湿潤気候下では、そのような雨が土壌内に浸透し、絶えず下方に流亡する。そのため、長い間には土壌のもつ  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  などの交換性塩基は、浸透水中の  $\text{H}^+$  との陽イオン交換により失われ、土壌の交換性 H が増加するとともに塩基飽和度が低下し、土壌 pH が低下する。

そのような酸性化の進行により、土壌の交換性 H がある程度以上に増加すると、粘土の破壊と一部の溶解によって  $\text{Al}^{3+}$  を生じ、交換性 H のほかに交換性 Al が出現し、前述の潜酸性が発現する。

このようにして酸性化した土壌では、植物の生育に必要な塩基類が不足するとともに、B や Mo などの微量元素の可給性も低下する。また、浸透水中に  $\text{Al}^{3+}$  が存在するようになると、次式のようにリン酸と反応して難溶性の塩基性リン酸塩バリスサイトを形成して、リン酸を不可給態化する。



以上のような過程により、熱帯湿潤地域には、酸性化が進み化学的性質が劣悪な土壌が広く生成・分布する。

##### 2) 乾燥～半乾燥気候下における塩類や塩基類の集積

降水量より蒸発散量が多いところでは、前述の塩基類の流亡作用とは逆に、その水分環境に応じて、各種塩類や塩基類の集積作用が進行する。そのため、そのような地域の土壌 pH は一般に 7.0 よりも高く維持される。

特に降水量が少ない地域の低地や地下水面の高いところでは、可溶性塩類が集積した塩類土壌や、多量の交換性ナトリウムの影響を受けたアルカリ土壌などが生成分布する。いずれも可溶性塩類を多量に含むため、植生はオカヒジキ属のような塩生植物がまばらに生えているに過ぎない。

また、多少の降雨により塩類は流亡するが、塩基類が土層内に集積するような水分環境のところでは、塩基類に富んだ土壌が生成分布する。それらの土壌は、灌漑手段の導入により優良な農耕地への転換が可能である。しかし、灌漑水の質や量の管理が不適切で塩類集積が進行すると、いずれ取り返しのつかない土壌の荒廃を引き起こす恐れがあるので十分な配慮が必要である。

以上のように、一般に降水量の多いところでは土壌 pH が低く、少ないところでは高い傾向があるが、勿論例外もある。例えば、湿潤地域にも、塩基性母材に由来する若い土壌では比較的 pH が高いし、乾燥地域にも、過去の気候条件下で生成された塩基含量の低い酸性土壌が存在するなどである。

また、降水量とはそれ程関係なく極端に酸性の強い土壌として、硫化水素や亜硫酸ガスを多量に噴出する硫気孔周辺の土壌、沼沢地、湖、河口周辺などに発達する泥炭土、及

び黄鉄鉱などの硫化鉱物を含む母材から生成される酸性硫酸塩土壌がある。そのうち後者の二土壌は、熱帯地域の沿岸低湿地などに比較的広く分布しており、各種利用上大変問題の多い土壌とされている。

## 5. pH 測定法

土壌 pH の測定方法には、比色法と電気的方法の二種類があり、実験室での測定には主として後者が用いられている。

### 1) 比色法

土壌の浸出液に、いろいろな pH の範囲で変色する指示薬を加え、その色調の変化から pH 値を知る方法である。指示薬としては、メチルレッド、リトマス、フェノールフタレイン、及びトリエタノールアミンなどがよく使用される。この方法は、比較的容易に pH を調べるのが可能であり、特に指示薬を染み込ませた試験紙は持ち運びも取扱いも極めて簡便である。しかし、測定に際しては多少正確さに欠けるきらいがあるので、野外におけるおよその土壌 pH を調べる場合などに適している。

### 2) 電気的方法

電気的方法で最も多く用いられるのは、ガラス電極と基準電極を用いて、土壌対水の比が 1:1 から 1:2.5 くらいの懸濁液の pH を測定する、いわゆるガラス電極法である。これは、ガラスなどの非晶質物からなる薄い膜を挟んで pH の異なる二つの溶液が接する場合、この pH の差に比例した電位差が現われるのを利用した測定法である。

このガラス膜は極めて壊れやすいので、取扱いには慎重を期し、また、使用後はよく洗浄し、ガラス膜が乾燥しないよう蒸留水などに漬けておかななくてはならない。また、基準電極には被検液との電気的連絡を目的とした液絡部があり、測定時には KCl 溶液などの内部液がわずかつづではあるが絶えず滲出している。従って、内部液の定期的な補充を怠らないよう気をつけるとともに、緩衝能力の小さい被検液の場合には、できるだけ測定時間を短くすることも大切である。また、測定に際して液絡部を懸濁液まで入れると、液間電位差による誤差を生じる恐れがあるので、基準電極は上澄液に、ガラス電極を懸濁液に入れて測定する方がよいといわれている。

以上のように pH は、他の化学的性質よりも遙かに手軽に測定でき、しかも土壌の pH 値を知ることにより、植物の生育や土壌生物の活動と土壌との関係、土壌の生成分類上の位置、及び化学的性質の劣悪化の程度などをおおまかに知ることができる。そのため、熱帯地域はいうに及ばず世界各国において、pH は土壌を理解するために大変重要な測定項目の一つとされている。