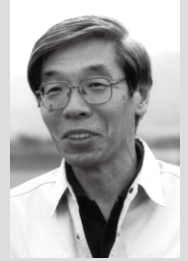


土と施肥の基礎知識

その5

土の元素組成と粘土鉱物

東京農業大学 名誉教授 後藤 逸男
 全国土の会 会長

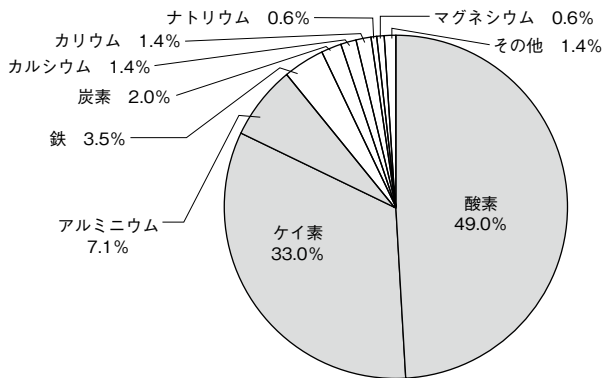


1950年生まれ。東京農業大学大学院修士課程を修了後、同大学の助手を経て95年より教授に就任し、2015年3月まで教鞭を執る。土壌学および肥料学を専門分野とし、農業生産現場に密着した実践的土壌学を目指す。89年に農家のための土と肥料の研究会「全国土の会」を立ち上げ、野菜・花き生産地の土壌診断と施肥改善対策の普及に尽力し続けている。現在は東京農業大学名誉教授、全国土の会会長。

1. 土の元素組成

本連載の後半では「土づくり」や「土壌診断」について記すが、その中で「土の健康は人の健康と同じ」というフレーズを何度も繰り返す。人は生物で土は非生物と、一見まったく違うように思われがちだが、両者には大きな共通点がある。人の体を構成する元素は多い順に酸素・炭素・水素で、一方の土は図1のように酸素・ケイ素・アルミニウムで全体の約90%を占める。酸素を最も多く含むことも両者に共通するが、重

図1：土壌を構成する元素の割合



人は炭素を中心とする高分子有機化合物からできているのに対して、土の主成分である砂と粘土はケイ素を中心とする高分子ケイ酸塩鉱物からできている。昨今では生物の遺伝子組み換えがブームだが、さらに科学が進歩して元素入れ替えが可能になると、人体中の炭素をケイ素に入れ替えて、熱や薬品に強いシリコーン人間ができるかもしれない。なお、シリコーンとはケトンと呼ばれる有機化合物中の炭素をケイ素に入れ替えて作った合成樹脂（シリコーン樹脂）で、耐熱性や化学的安定性に富むため、美容整形などにも利用される。また、木の化石として知られる珪化木とは、植物中の有機物が地中でケイ酸に置き換わった物

要な点はそれぞれ2番目の炭素とケイ素だ。

高校の化学で勉強したメンデレーエフの元素周期律表を思い出してみよう。原子番号6番の炭素の真下に原子番号14番のケイ素が位置している。元素周期律表の縦の列は族と呼ばれる、同じような性質の元素が配置されている。炭素とケイ素は同じ炭素族の元素で、いわば親類である。どちらも4本の手（原子価）を持ち、それらの手をつなぎ合わせる（共有結合）ことで高分子化合物を作ることがができる。

質である。

土には自然界に存在する92種類の元素のほとんどが含まれると考えられるが、少なすぎて分析できないものも数多い。図1に示す9種類の元素のほかに、チタン、マンガン、リン、イオウ、窒素、水素を主成分元素、それ以外を微量元素という。

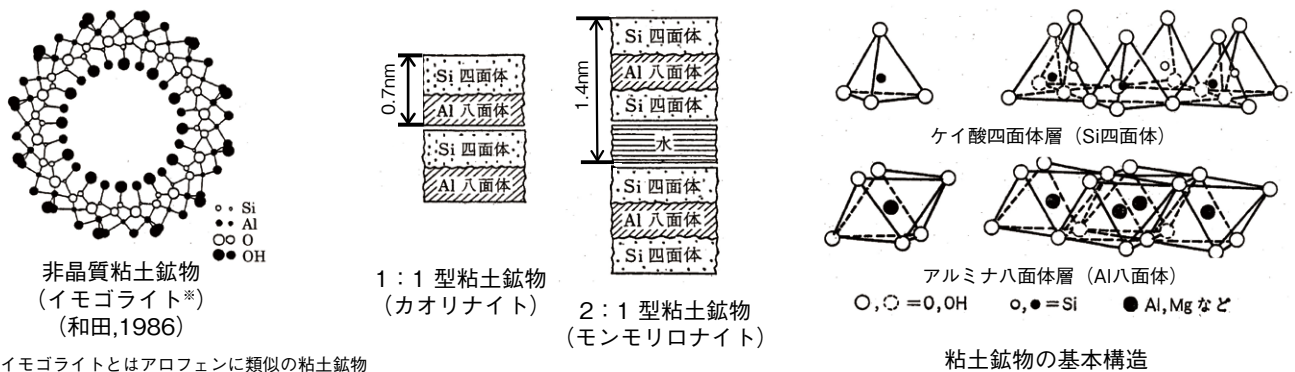
軽量で耐食性に優れる金属であるチタンが主成分元素に含まれていることはあまり知られていない。微量元素には、植物生育に必要な微量元素（亜鉛、銅、ホウ素、モリブデン、塩素、ニッケル）が含まれる。鉄とマンガンは植物栄養学では微量元素に該当するが、土壌学では主成分元素に分類される。

また、微量元素の中で有害元素に分類されるカドミウム、ヒ素、水銀などは人工的に汚染されていない土にも必ず含まれる。その含有量をバツクグラウンド値といい、水銀で0.1mg/kg以下、カドミウムで0.2~0.3mg/kg、ヒ素では10mg/kg程度に達することもある。土から有害元素が検出されたら直ちに汚染土壌と見なすのは誤りで、バツクグラウンド値と比べて汚染の有無を判断するべきである。

2. 粘土鉱物は土の屋台骨

土の保肥力や肥沃度に大きく影響

図2：粘土鉱物の構造（青峰・和田原図）



*イモゴライトとはアロフェンに類似の粘土鉱物

する粘土鉱物は、土の屋台骨ともいえる構成成分である。人の体を支える骨がリン酸カルシウムを主成分とするのに対して、土の屋台骨はケイ酸のほかにアルミナという物質からできている。

粘土鉱物は直径0・002mm以下のたいへん微細な粒子であるが、土の主成分である酸素・ケイ素・アルミニウムなどの元素が規則正しく配列する結晶構造を成している。その結晶構造により層状粘土鉱物と球状粘土鉱物に大別される(図2)。

前者はちようどタン板を重ねたような層状構造を有し、酸素とケイ素を主成分とするケイ酸四面体層と酸素とアルミニウムを主成分とするアルミナ八面体層が1枚ずつ組み合わされた1・1型粘土鉱物と、2枚のケイ酸四面体層の間にアルミナ八面体層が挟まれた2・1型粘土鉱物がある。また、火山灰から生成した黒ボク土に含まれる粘土鉱物は、ボールのような中空球状構造の粘土鉱物でアロフェンと呼ばれる。

これら粘土鉱物の性質は著しく異なり、植物生育の観点から最も優良な粘土鉱物は、モンモリロナイト(スメクタイトとも呼ばれる)で代表される2・1型粘土鉱物、続いてカオリナイト、ハロイサイトの1・1型粘土鉱物で、アロフェンが最も不良

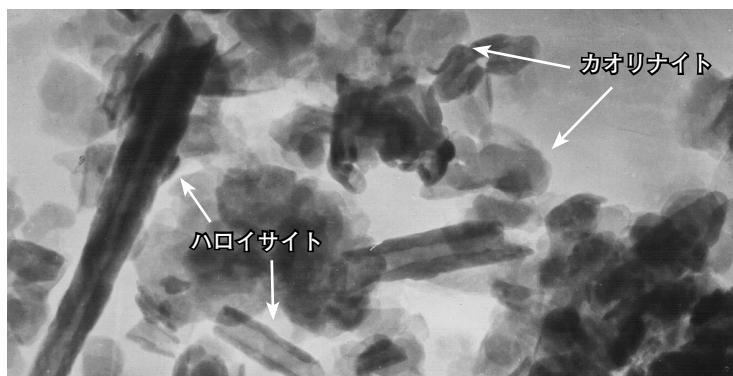
な粘土鉱物である。

粘土鉱物の優劣を左右する最も大きな相違点は、肥持ちあるいは保肥力と呼ばれる、土の胃袋に例えられる陽イオン交換容量(CEC)で、モンモリロナイトはほかの2種類の粘土鉱物に比べて10倍以上も大きい。すなわち、粘土鉱物としてモンモリロナイトをたくさん含んだ土が良い土で、その筆頭格が世界の穀倉地帯に分布するチェルノーゼムである。

日本の土にはモンモリロナイトはほとんど含まれず、1・1型粘土鉱物を主体としている。写真1は、ハロイサイトとカオリナイトの電子顕微鏡写真である。どちらも1・1型の層状粘土鉱物であるが、ハロイサイトはパイプのような中空管状となっている。黒ボク土にはアルミナを多量に含むアロフェンが含まれ、このような粘土鉱物の種類がチェルノーゼムと日本の土との根本的な肥沃度の違いの一因となっている。

なお、日本の穀倉地帯と呼ばれる新潟県、富山県などの北陸地域の水田にはモンモリロナイトを含んだ土が分布し、良質米の産地として知られる。ただし、それらのモンモリロナイトは、地表での土壌生成作用でできたのではなく、地殻内での熱水作用や続成作用と呼ばれる岩石の変

写真1：赤色土壌中の粘土鉱物（東京都小笠原村父島）



質により地下で生成した後の地殻変動で山地となり、浸食などにより河水水で運搬堆積されたものである。

このようにモンモリロナイトは農業的には優れた粘土鉱物であるが、ほかの鉱物とは異なり乾湿により体積が変化し、乾くと縮み、湿ると膨張する。そのため、あまりにも大量のモンモリロナイトを含んだ土壌は排水・透水不良となり土壌物理性が悪くなる。土の世界も過ぎたるは及ばざるがごとしといえる。