

## 微生物活動を中心とした土壌の炭素動態

## Carbon dynamics in soil as affected by microbial activity

# 犬伏 和之 [1]

# Kazuyuki Inubushi[1]

[1] 千葉大院・園芸

[1] Horticulture, Chiba Univ.

<http://www.h.chiba-u.jp/soil/>

陸地の表面を薄く覆う土壌。その土壌という場（土壌圏）における物質循環が地球の生物活動を支えている。たとえば、土壌に存在する腐植は、地表に降り積もった落葉・落枝などが分解・変質して土壌中で安定化した有機物であるが、その炭素含有量は世界全体では大気中の二酸化炭素量の約2倍に相当するといわれ、地球上の炭素循環を考える上で極めて重要な炭素貯蔵庫になっている。

また人類の生存に必要な農作物の生産は、平均わずか30cmにも満たない表土において健全な物質循環が行われることによって、維持されてきた。しかし近年、人口の増大と農業以外の産業の興隆による優良な農耕地土壌の他用途への転用によって、農耕地が減少し、本来、農業生産に適当でない脆弱な土壌においても農業生産が行われるようになってきている。そして不適切な土壌管理によって塩類集積・砂漠化・表土流出などの土壌の劣化が急速に進行している。さらに、地球温暖化などの大規模な気候変動や火山の爆発・暴風雨などの自然災害によっても、土壌劣化が引き起こされ、世界各地で深刻な問題となっている。

土壌圏の生成（土壌物質の形成と土壌を場とする物質循環）は、土壌に生息する生物自身の機能によるところがきわめて大きい。土壌中の物質循環の要となる微生物は、きわめて多種多様であるため、その量を表す場合は種別に個体数を計数するより、菌体重をバイオマスとして示すほうが理解しやすい。例えば日本の畑地土壌では、32-1155 kg/haの微生物菌体炭素が存在し、土壌全炭素量の0.2-3%程度を占める。この僅かにみえる土壌微生物が、その畑への年間施肥窒素に相当する量をも蓄えている計算になる。またその代謝回転速度は数十日から2年以内と見積もられており、環境変動を敏感に反映することから早期警戒指標としても注目されている。

陸上生態系の炭素循環では、森林の植生と土壌が最も重要であると考えられており、森林FACE実験が世界の数か所で行われている。大気CO<sub>2</sub>濃度が高まると植物の光合成が促進されることは、実際に樹木を使ったFACE実験で確かめられているが、炭素循環にとっては、光合成促進で植物が余分に取り込んだ炭素がどこに回るかが重要である。例えば光合成で増えた炭素が主に木質部の増大に回れば、その炭素は比較的長い間生態系に留まる。あるいは、生態系に余分に吸収された炭素が、結果として土壌中の腐植を増やせば、生態系に留まる期間はさらに長くなる。一方、余分に吸収された炭素が、植物や土壌微生物の呼吸促進に使われてしまうと、炭素の吸収先としては意味を失う。また、植物の光合成促進が主に葉の生長を促進して、毎年のリター（落葉落枝）量が増えれば、炭素吸収先としての意義はリターの分解速度に依存する。高CO<sub>2</sub>濃度で植物の炭素吸収は増大し、根の呼吸や、根分泌と根のターンオーバー分を合わせたライゾデポジション（rhizodeposition）が増えて、植物から土壌への炭素の流れは速まるが、土壌炭素の蓄積には必ずしもつながらない。土壌への炭素蓄積は、炭素の供給促進ではなく微生物による有機物分解の抑制によって生じると思われる。

さて、炭素の流れが促進されると、土壌炭素が蓄積するかどうかとは別に、CO<sub>2</sub>以外の温室効果気体の生成・放出が増加する可能性がある。土壌は、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）に次いで重要な温室効果ガス：メタン（CH<sub>4</sub>）の重要な放出源である。大気中のCH<sub>4</sub>はさまざまな自然および人為放出源がそれらの起源となっているが、自然湿地（115 Tg/yr）と水田（60 Tg/yr）が全放出量（535 Tg/yr）の33%を占めており、放出源として、土壌はきわめて大きな割合を占めている。これに加えて、CH<sub>4</sub>の地球温暖化指数（GWP: Global Warming Potential）、すなわち、二酸化炭素を1とした場合の地表から放出された単位質量あたりの温暖化効果は、100年間の累積効果で23と算出されることから、土壌からのCH<sub>4</sub>の放出は地球温暖化に大きな影響を与えていると考えられる。

CH<sub>4</sub>は湿地や水田などの湛水土壌において、メタン生成菌と呼ばれる一群の嫌気性古細菌の活動により、他の生物が複雑な有機物を分解して排出した低分子化合物から生成される。したがって、大気CO<sub>2</sub>増加にともなう陸上生態系の炭素循環の変化は、土壌からのCH<sub>4</sub>の放出量にも影響を及ぼすと考えられる。もし、これらの放出量が増大すると、前述の地球温暖化指数の大きさから、地球温暖化に対するフィードバック効果は決して小さくないと考えられる。実際、最近の水田FACE実験やチャンパー試験によって、大気CO<sub>2</sub>増加が土壌からのCH<sub>4</sub>放出に影響することが分かっている。