

## 地球の環境と土の微生物

誌名	土と微生物
ISSN	09122184
著者	木村, 真人 ほか1名,
巻/号	59巻2号
掲載ページ	p. 99-101
発行年月	2005年10月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



公開シンポジウム

地球の環境と土の微生物

木村真人

名古屋大学大学院生命農学研究科, 〒464-8601 名古屋市千種区不老町

1. 緑の地球を支える土の微生物

6月14日現在,今年(2005年)のヨーロッパ西部は水不足が深刻で,庭の水まきや愛車の洗車などを禁じる自治体が増えているとのこと。ヨーロッパは2002年に豪雨による洪水被害,2003年には酷暑とここ数年異常気象が続き,「地球温暖化の影響」が噂されている(朝日新聞6月14日朝刊)。図1は,綾里,南鳥島,与那国島における1987年以降の大気中二酸化炭素濃度の季節変動を示したものであり,1987年から2001年にかけてその濃度は350ppmから370ppmに上昇していた。わが国においても,地球温暖化の影響が着実に押し寄せている。

ところで,大気中の二酸化炭素濃度上昇の原因として,毎年化石燃料由来の二酸化炭素が55億トン(炭素換算量,以下同じ),森林伐採など農業関係が16億トンの計71億トン発生するのに対し,陸上植物や海洋による吸収が39億トンと不十分で,その差32億トンが毎年大気中に蓄積されることが原因と考えられている。しかし,このような数値の背景で,多量の二酸化炭素を「地球は呼吸」している。図2は,陸域の植物や土壌中の炭素存在量と,光合成量,呼吸量を示したものである。大気中には,約7500億トンの炭素が二酸化炭素として存在し,陸上植物は毎年約1100億トンの炭素を光合成している。同時に植物は約550億トンの炭素を呼吸で大気へ放出し,残り550億トンの炭素が植物遺体として土に帰る。この550億トンの植物遺体炭素を土の微生物が毎年分解することによって,「緑の地球」は大気-陸域間のバランスを維持している。

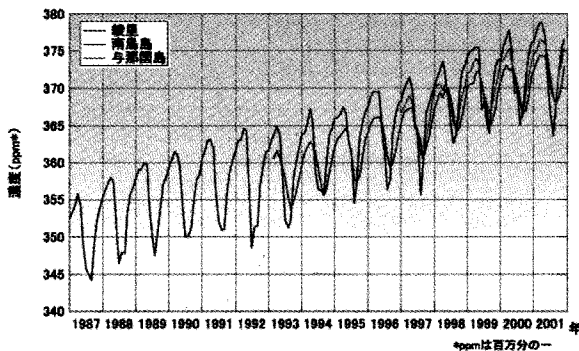


図1 日本上空の二酸化炭素濃度の月平均値の経年変化 (気象庁気候変動監視レポート2003)

「もし,土の微生物が突然いなくなったら?」

単純計算からは,14年もすると大気中には二酸化炭素がなくなり,陸上植物は光合成することができず,地上は枯木や落葉で覆い尽くされるであろう。このように,土の微生物たちは,静かに大量の有機物を分解し,地球の緑を維持している。その量は,化石燃料消費量の10倍にも達する。

本シンポジウム「地球環境を支える土の微生物-生ごみ・リサイクルを考える-」は,土の微生物たちのこの有機物分解能力に期待し,生ごみ・リサイクル問題を考えようとするものである。

2. 地球上いたるところが微生物の棲み処

図3は土壌中の細菌数と緯度,高度との関係を示したもので,ソ連のツンドラ地帯から南へ,タイガ,草原さらに乾燥荒原にわたって,またカザフスタンのアラタウ山の山麓から富士山の頂上に近い高度に相当する地点までの各土壌1グラム中に生育する細菌数を測定したもので,多数の土壌の平均の値である。気温,降雨量,土壌環境が土壌ごとに著しく異なり,人口密度から類推してツンドラや山頂近くでは細菌数が著しく少ないものと想像されたにも関わらず,菌数はいずれの土壌も1g中に8~40億と多数でしかも土壌間で大差のない数であった。この結果は,土の中の微生物がその種類ごとに生存能力が極めて多様で,しかも個々の微生物が環境の変化に対し速やかに適応できる能力を有しているためと考えられている。事実,微生物の生育できる極限環境を調べた表1の結果によると,高温の温泉や南極・北極の氷河の中で,更には

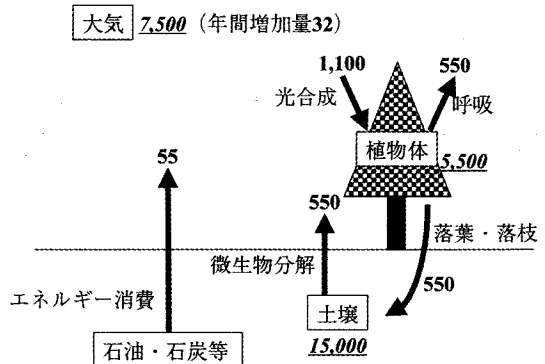


図2 大気と陸域の炭素存在量(斜体下線)と年間炭素循環量(単位:億トン)(Bolin,1981より改変)

14000 m余りの深海で、また砂漠や干物、強酸や強アルカリの液体中で、微生物たちが元気に生活していた。表中の Eh の値が低い環境は酸素が存在しないばかりでなく、極めて還元的な環境のことであり、表面を水で覆われた水田の土壌中がそのような環境である。酸素を嫌い、むしろ無酸素の環境を好む細菌も多種類土の中に存在する。したがって、生ごみや有機物資源のリサイクルに参与する微生物はごく普通の微生物たちであり、通常土の中で生活していた多種類の微生物たちがその働きを担っている。

### 3. 微生物：小さな体で大きな働き

土の中の微生物は、細菌、放線菌、糸状菌（カビ）、原生動物に分けられる。細菌や放線菌は直径が1 μm（1 μm = 0.001 mm）前後、糸状菌も数 μm の小さな生物であり、1匹、1匹の活動は小さい。しかし、一般に生物の大きさとその生物活性（働き）の間には反比例の関係が認められ、微生物は、‘小さいが故に大きな働き’をしている。図4は、各種生物の体重を横軸に、1個体当たりの代謝活性（1時間当たりに消費するエネルギー量；カロリー）を縦軸に表示したものである。両軸とも対数目盛で表示されている。図中、単細胞生物、変温動物、恒温動物のいずれも体重の減少に伴って直線的に代謝活性が減少している。そこで、変温動物の代謝活性の変化を示す近似直線を左下に延長し、10<sup>-12</sup> g の生物と1 g の生物の代謝活性を比較し

てみると、10<sup>-12</sup> g の生物の代謝活性は約 10<sup>12</sup> kcal / 時間 / 個体であり、この生物 1 g の代謝活性が 1 kcal / 時間であることがわかる。他方、1 g の生物の代謝活性は 10<sup>3</sup> kcal / 時間 / 個体であり、同じ 1 g の生物量で比較すると、10<sup>-12</sup> g の生物は 1 g の生物より代謝活性が 1000 倍高いことが解る。10<sup>-12</sup> g の生物とは、およそ 10<sup>3</sup> mm の大きさの生物で（生物の体の比重はほぼ 1、例として立方体の生物を想定）、細菌や放線菌が該当する。他方 1 g の生物とは約 1 cm の生物であり、以上の結果から、「体のサイズが 10,000 分の 1 になると代謝活性は 1000 倍増加する」、さらに「体のサイズが 10 分の 1 になると代謝活性は 6 倍増加する」と要約できる。1 g の生物 1 個体の働きを、微生物ならば 0.001 g で十分である。微生物は、‘小さいが故に大きな働き’ができる。

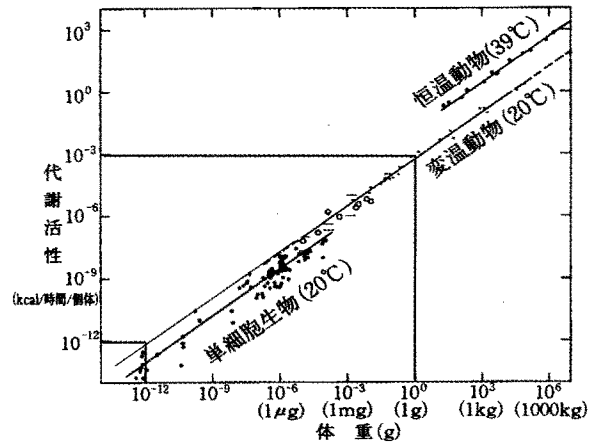


図4 各種生物の体重 (g) と代謝活性 (kcal/時間/個体) の関係 (Wilkie, 1977)

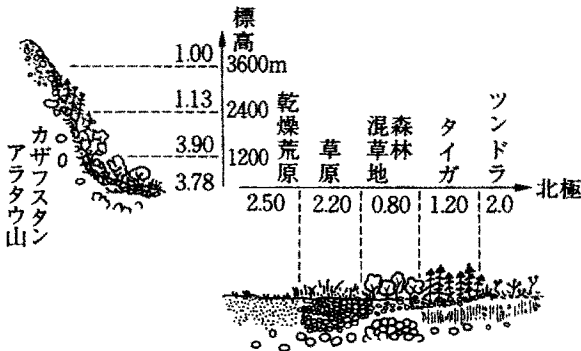


図3 土の中の細菌数と緯度または高度との関係 (服部、1978) (Mishustin (1963) のデータを使用、単位は × 10<sup>9</sup>/g 土壌)

表1 微生物の生息する極限環境 (手塚 1976 より改変)

温度： 85 ~ 93 °C	温泉、火山、堆肥、産業廃棄物
-18 °C	南極、北極、冷凍食品
気圧： 1400 気圧	深海底
乾燥： 長期乾燥	砂漠など
浸透圧： 飽和食塩水	塩水池、死海、塩蔵物、ひもの
ほぼ蒸留水	河川、淡水湖
pH： 10 ~ 13	塩基性湖、産業廃水
2 以下	鉱山廃水、酸性泉
Eh： 約 +850 mV	鉱山酸性廃水
約 -400 mV	水田土壌、嫌気分解中の有機物

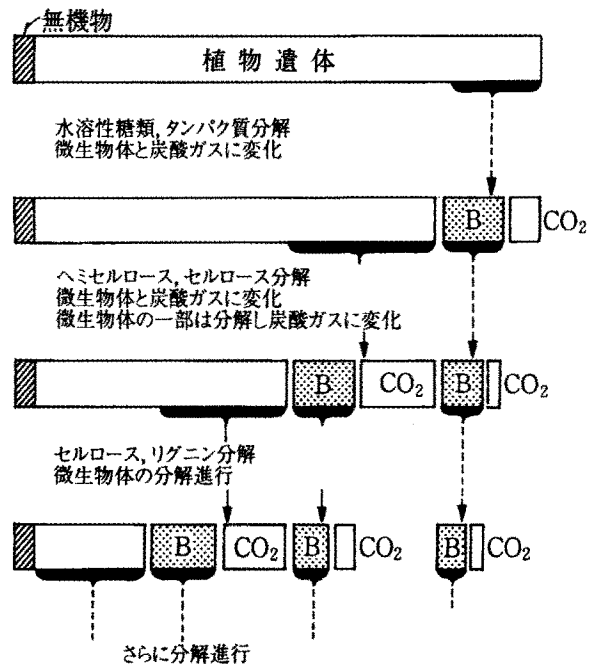


図5 有機物の微生物による分解 (B=微生物) (Stevenson, 1986)

#### 4. 微生物による有機物の分解

植物、動物の体は様々の有機物からできており、土の微生物による分解の遅速は、有機物の種類によって異なる。タンパク質や糖類は速やかに分解され、ヘミセルロースやセルロースの分解は中庸に、リグニン成分はゆっくりと分解され、それに伴ってBで示したように微生物体を作られる（図5）。微生物も死んだ後はただの有機物と化し、他の微生物によって速やかに分解される。したがって、生ごみや有機物資源をコンポスト化すると、易分解性の有機物は分解・消失し、後にリグニン成分を多く含む難分解性の有機物と微生物菌体が残される。前者は土壤腐植の給源となって土壌の団粒化を促進し、後者は植物養分の給源となる（図6）。

以上、地球的視野から土の微生物の働き、特に有機物循環における働きを紹介した。本シンポジウムでは、この土の微生物がわれわれの身近で、生ごみや有機物

資源のリサイクルに利用されていることを3人の講師の先生にお話していただく。本シンポジウムを契機に、これまで以上に生きている土に興味を持ち、土の微生物の働きを身近で実感していただければ幸いである。

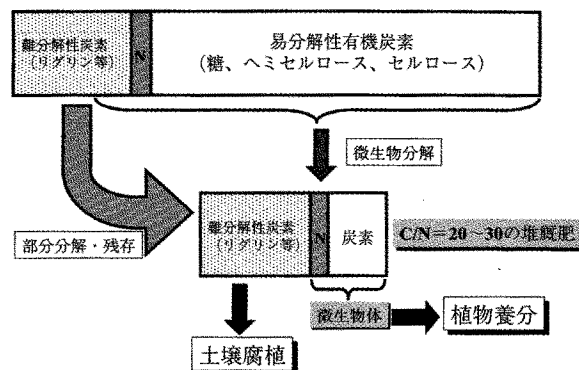


図6 有機物資材のコンポスト化と微生物