

新しい生物性評価方法の提案 (版5)

2014.3.5

合同会社 土づくり推進機構

代表 麦島 昌

1. はじめに

土壌の三特性（化学性、物理性、生物性）の中で、最も形式知化が難しいのが生物性である。生物性と言えば微生物の解析が中心で、一般的手法は、好気性菌による有機物の分解能力を判断の一つとしている。しかし、土壌中の微生物は時間と共に増減を繰り返すため、一測定においてその特性を評価することは困難であり、これが生物特性の形式知化を難しくしている原因と考えられる。

弊社においても約 10 年にわたりシャーレによる有機物の分解能力の判定を行ってきた。その結果の一部を図 1 に示す。(8/9 ページ)

しかし、この方法は、判定するまでの時間として 48～160 時間を必要とする点など土壌の生物特性の把握の障害となっていた。この課題を解決するため、所要時間を 12～24 時間以内に結論を導くことを目標として、群馬県産業技術センターと共同研究に取り組んできた。

本共同研究の成果により、上記目標を解決するとともに、新しい土壌中の微生物の評価方法を提案することができた。この評価方法は、群馬県と共同で特許を出願（特願 2014-20991）した。

なお、本件の研究開発費の一部は、群馬県と前橋市の支援のもとに実施した。(平成 25 年度 ぐんま新技術・新製品開発推進事業)。

2. 土壌の生物性評価項目：開発の要点

最近、農産物の鮮度保持・美味しさを確保するニーズの高まりから、土壌の生物性の重要性が認識されつつある。弊社でも従来の微生物を評価する手法に加え、より安価、且つ、短時間で土壌中の生物特性を評価できる手法について検討を行ってきた。

土壌中の微生物を大別すると好気性菌と嫌気性菌に分けることができる。また、好気性菌はグラム染色により、グラム陽性菌とグラム陰性菌に分けられる。これらの菌による土壌中の有機物の分解能力への影響度合い等により評価対象にするか否かの判断をした結果、好気性菌数とグラム陽性菌数を考慮すべき要素であるとする結論を本開発研究で見出した。この理由として、好気性菌は有機物の分解に影響度が大きいことは、一般的にも知られていることではあるが、弊社の試験において同様に影響度の大きいことが確認できた。一方、グラム陽性菌は、好気性菌に比べ決して有機物などの分解能力が高いとの情報があるわけではないが、本開発研究の試験結果においては、好気性菌数とグラム陽性菌数の比率が有機物などの分解能力に影響を与えているとの結果を得たので、微生物に関しては好気性菌数とグラム陽性菌数を評価項目として設定した。

又、腐植に関しては、食品添加物として知られるパラベン^{注1}は、その分子内の炭素鎖が長くなるほどグラム陽性菌を静菌する効果が高くなるとの見

解があり、パラベンの様な効果を持つ物質を土壤に施す方法として、腐植物質を考えた。腐植物質は好気性菌が増殖することも知られているので、腐植創出には効果が大きいと考えられる。

腐植物質は、様々な用途（化粧品・飲料水など）があり、家禽などの飼料として施すことなどが知られている。腐植を飼料として与えることにより、家禽の致死割合の低減や重量の増加に寄与するとの報告が有り、体内において良い菌を刺激し、悪い菌を抑えるためであるとされている。

その他に、土壤中の腐植量は、CECなどの改善も含めて総合的に腐植は多いほど良いと考えられることから、一般的には腐植物質量を増やすことは生物性改善に必須であり、土壤の質により対応は様々な方法があると思われるが、まずは、土壤の特性の中において、生物性の指標になりうる好気性菌数を増やす工夫は欠かせないと考えた。

以上から生物性評価として、腐植物質量を絡めて好気性菌数、グラム陽性菌数でデータ採取と解析を行った。3項以降に採取データの一部と解析結果をまとめた。

尚、誰でも簡単な操作で実施できる装置を選択しており、腐植率の測定は、弊社開発の「つち博士 M2」、微生物数測定には、エム・ビー・エス製のインピーダンス測定法による Fst GADD を用いた。

注¹ 食品などの抗菌剤として広く使用されているパラオキシ安息香酸エステルの別名

3. 土壤中の腐植物質量と好気性菌及びグラム陽性菌の関係性について

土壤中の腐植物質量と土壤 1g あたりの好気性菌及びグラム陽性菌の推移を図 2 に示す。これから言えることは土壤中の腐植物質が増えるに従い、好気性菌とグラム陽性菌が多くなっていることである。しかし、好気性菌の増加とグラム陽性菌の増加勾配は明らかに異なっている。

土壤中の腐植物質量に対する好気性菌数中のグラム陽性菌数の割合（グラム陽性菌数／好気性菌数＝G-p/Aer）で、有機圃場と慣行圃場のそれぞれの分布状況を図 3 と図 4 に示す。又、この両方の分布度数グラフを図 5 に示す。

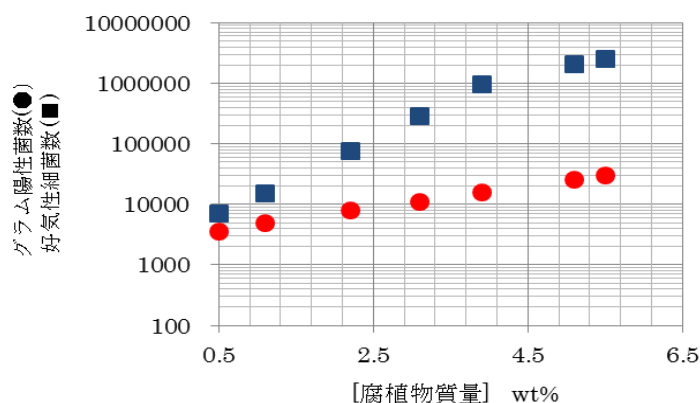


図 2 腐植率と 1g あたりの好気性菌とグラム陽性菌の推移

図 3・4 及び 5 の有機・慣行圃場数

区分	圃場数
有機圃場	26
慣行圃場	23

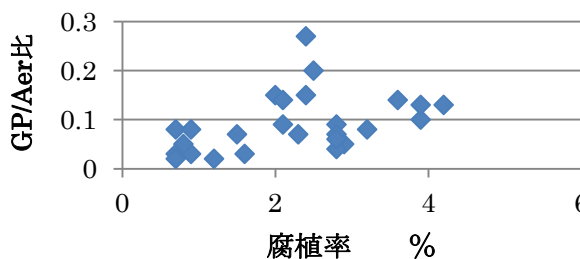
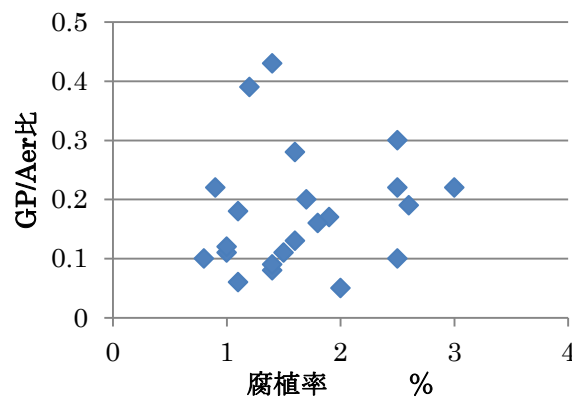
図3 有機農業の事例
腐植率とGP/Aer比の関係図4 慣行農業の事例
腐植率とGP/Aer比の関係

図5 有機・慣行圃場のG-P/Aer比分布状況

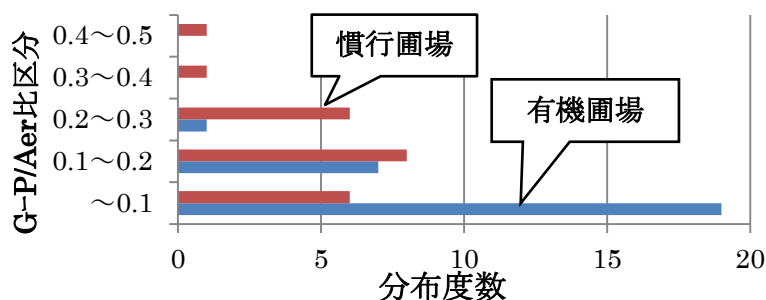


図 3・4 及び 5 の圃場数は、慣行 23 箇所、有機 26 箇所ではほぼ同じ圃場数において図 5 のような度数分布であったことから、明らかに有機と慣行圃場の生物性判断が可能と考えられる。

圃場の微生物の動向を考慮するとき、除草剤等を含めた農薬の使用頻度と土壌残留濃度及び深度など、多様化した農業生産形態より微生物の存在量は大きく影響を受ける。試験に供した土壌は、全く化学農薬・化成肥料等を使用していない圃場、僅かに除草剤を使用した圃場、有機物を十分に与えて農薬を使用した圃場など、様々な条件のもとに土づくりを行っている圃場からそれぞれ採取した。図 5 の度数分布は、生産者の聞き取りなどから有機(自然農業)と非有機(慣行)毎に分類してまとめたが、有機圃場と慣行圃場とで G-p/Aer の度数分布に明らかな差を確認することができた。

この考察の中で、腐植率の 1% 前後以下(腐植のほとんどない状態)の土壌について、図 6 と図 7 に示す。図 6 及び図 7 の土壌は、腐植はほとんどない反面、好気性菌が $391 \times 10^3 \sim 1461 \times 10^3$ と多いのに対して、グラム陽性菌が少ないのでグラム陽性菌数/好気性菌数の比は 0.03~0.08 と低い値を示してい

る。この土壌は、目視観察でも肥沃度の高い土壌とは言えず、石ころがごろごろしている圃場ではあるが、泥炭と思われる粒が散見された。このことから、腐植率が高ければ良いと言う考え方より、その地域々々で土壌に整合した土づくりの工夫が大切だと考えられる。しかし、このような特徴ある圃場においても、その分析結果が、今回の土壌中腐植物質量と G-P/Aer 比を絡めた評価方法で、土壌と整合した評価結果を得ていることを確認することができた。

このサンプル土壌は、愛知県光輪農場さんからいただいた土壌で、作物の大根などの抗酸化力も一般のものを 100 とすると 120 と高く、大根の肌もきれいでかつきめの細かい出来栄であったことから土壌と作物の関連を知る上で貴重な情報と考えられる。

図6 光輪農場の事例
腐植率とグラム陽性菌(□)
及び好気性菌数(△)の推移

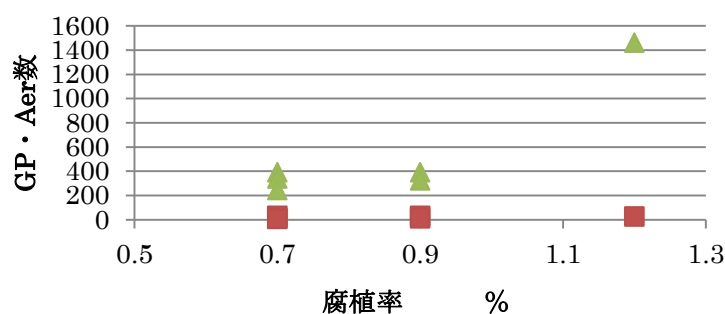
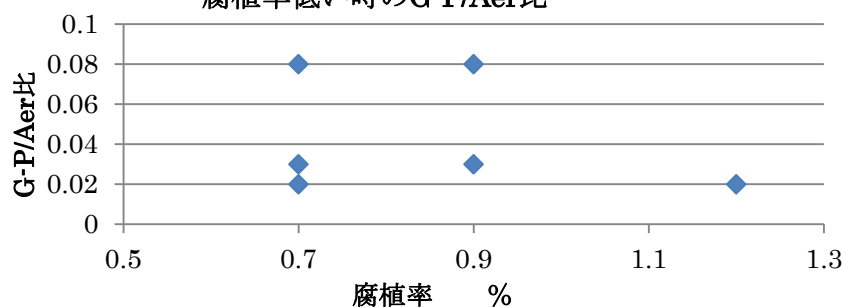


図7 光輪農場の事例
腐植率低い時のG-P/Aer比



4. 腐植物質量を絡めた生物性評価基準と表示方法

4-1. 評価基準値

腐植物質量（腐植率）、好気性菌数、G-P/Aer 比（グラム陽性菌数／好気性菌数）の三要素から評価する土壌の生物性評価方法について提案する。それぞれの基準値は表 1 及び 2 表による。

表 1 土壌 1g あたりの好気性菌数基準値

レベル	①：好気性菌数	評価値
レベル D	<5,000	1
レベル C	5,001~90,000	2
レベル A	90,001~200,000	4
レベル B	200,001<	3

表 2 腐植率とグラム陽性菌数/好気性菌数比基準

レベル	②：腐植率	③：グラム陽性菌/好気性菌比	評価値
レベル D	<0.9	0.3<	1
レベル C	1~1.9	0.2~0.29	2
レベル B	2~2.9	0.1~0.19	3
レベル A	3<	<0.09	4

4-2.表示方法

要素としての好気性菌数（①）腐植率（②）、グラム陽性菌数／好気性菌数比（③）の三要素を同じ重み付けで評価を行う。すなわち、

$$W = \text{好気性菌数レベル①の評価値} + \text{腐植率レベル②の評価値} + \text{グラム陽性菌数/好気性菌数比レベル③の評価値}$$

$$W = \text{三要素の評価値の和}$$

具体的な表示事例 1：DDD3 の場合

評価値 3 ということは、要素①の評価値=1、②の評価値=1、③の評価値=1 であることから、評価値の和が 3 となる。又、数字の前の DDD は、便宜上付加し、土壌のどの要素が利点になっている否かを即、判断をするための情報として付記する。

実際の圃場から採取した土壌のデータを表 3 に示す。

表 3 土壌の生物性評価値。

No	生産者区分	グラム陽性菌数/ 好気性菌数	土壌 1g あたりの菌数 上行 グラム陽性菌数 下行 好気性菌数	評価	腐植率 %
87	A	0.17	39×10^3	BCB8	1.9
89			233×10^3		
216	B	0.07	5.4×10^3	CCA8	1.8
218			83×10^3		
219	C	0.6	7.5×10^3	DCD4	1.5
221			13×10^3		

評価事例説明

表示事例 2：生産者 A の評価「BCB8」では

要素①はレベル B で評価値=3、要素②はレベル C で評価値=2、要素③はレベル B で評価値=3 となる。このことから「BCB8」となる。

4-3. 評価値の範囲

図 8 に評価項目毎にレーダチャートで示す。前記三要素の合計は最小 3、最大 12 段階評価であり、同時に各要素のレベル評価として A~D の 4 段階評価を組み合わせることで DDD3~AAA12 の 64 段階評価とした。

例えば、ACA10 という評価は、好気性菌数レベル及びグラム陽性菌数/好気性菌数比レベルで A、腐植率レベルが C であることを読み取ることができる。

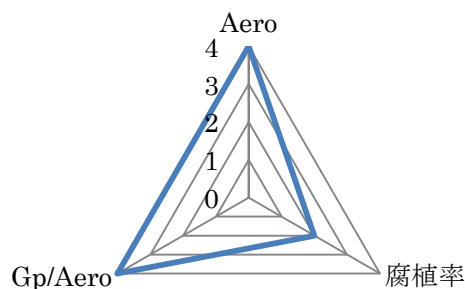


図8 評価（三角レーダチャー）

4-4. 好気性菌数のレベルと評価値について

表 1 に示した好気性菌数基準値のレベルとして、土壌 1g あたりの好気性菌数 90,001~200,000 の範囲を A（評価値 4）とし、200,001 以上を B（評価値 3）とした理由を以下に示す。

図 9 に、土壌中の好気性菌数に対する腐植率及び G-p/Aer 比を示す。

このグラフから、好気性菌数 200,000 を境に腐植率が低下している傾向が確認できた。又、G-p/Aer 比は、やはり、好気性菌数

200,000 前後で安定領域

になる。これらのことから、好気性菌数は、200,000 前後を境に特別な状況を作ら

ない限り腐植率も、好気性菌数も増えないのではないかとと思われる。また、好気性菌の増加が腐植物質の分解に寄与していることが示唆される。

更に図 10 の腐植率とグラム陽性菌数/好気性菌数の関係グラフにおいても同様なことが言える。但し、弊社の経験では、火山灰土のような土壌において腐植の塊（アルミのキレート現象）ができ腐植率は高くなる場合があり、数年で腐植率は下がる傾向にある。（A の部分）

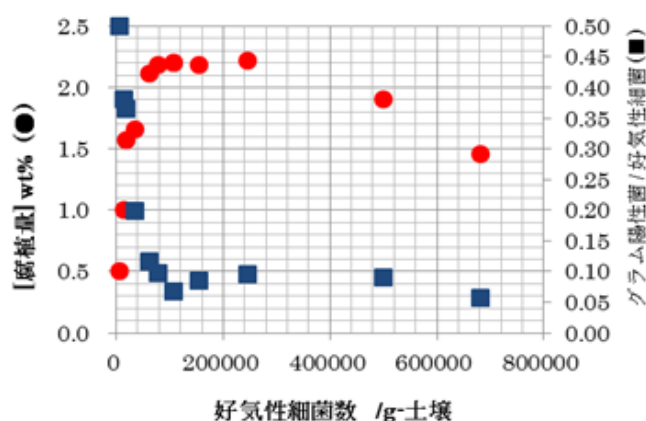


図 9 土壌 1g 当たりの好気性菌数に対する腐植率及びグラム陽性菌数/好気性菌数比の関係

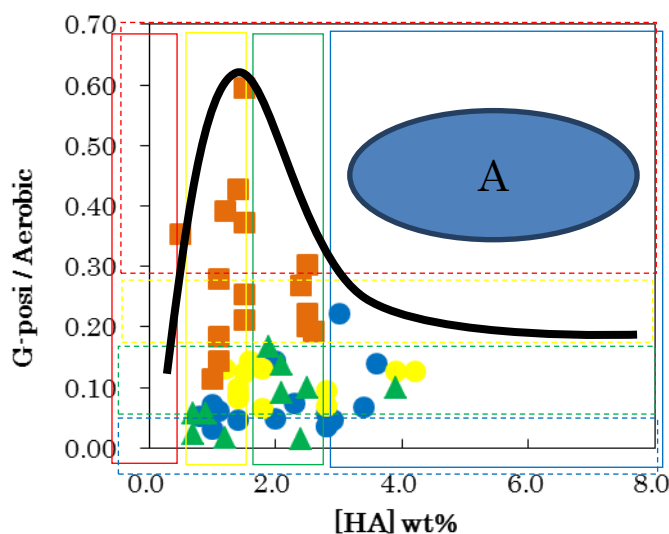


図 10 腐植率[HA]と G-Posi/Aerobic の関係

図-10 に腐植率と G・P/Aer 比の分布図を示す。

これから判ることは、腐植率 2%前後を境に微生物の分布が段々安定領域に移行し、G・P/Aer 比が 0.2 前後で推移する。

腐植が増えると好気性菌が増える一方でグラム陽性菌の増加は、緩やかな増え方であることが予想できる。(図 2)

又、腐植率が低くても十分な抗酸化力を発揮している作物が存在することから、好気性菌数とグラム陽性菌数の割合がポイントとなる。(図 6 及び図 7)

火山灰土では腐植の塊 (アルミのキレート現象) ができ腐植率は高くなる場合があり、数年で腐植率は下がる傾向にある。

(A の部分)

5.今後の取り組みについて

野菜生産者、流通者、生活者が、一様に求めている「おいしい野菜、鮮度の良い野菜」に対する答えは、野菜の抗酸化力を高めることではないでしょうか。多くの関係者が一様にこのニーズを感じていますが、この基本は、どのような「土づくり」をすれば良いのかという、課題になり一筋縄では行かない課題であり、複雑な要素が作物と土壌の間には存在すると思います。

今回の生物性評価の試みは、この目的に近づくためのフェーズ 1 です。化学性の一部と生物性を絡めた理由は、従来の化学性、生物性を単独で評価するのではなく、それぞれの特性が土壌という媒体で絡み合っている場合、特に腐植と微生物に関しては、同等の重みづけで判断するとの考え方に弊社では至りました。いずれにしても生産者の農産物の生産性及び品質向上などに寄与する圃場や土壌の複次的な情報をわかり易く形式知化し、土づくりのノウハウの向上につながる取組みをめざします。

今後も、根気強く土壌を知るツールと仕組みを構築して参りますので、多くの方のご支援とご協力をお願いします。

市販の資材と自家製資材の 微生物分解能力調査事例

区分(確認項目)		84	85	86	87	88	89
菌体数 試験	コロニー数 (個/g)	9.0×10 ⁹	1.0×10 ⁹	1.0×10 ⁶	2.7×10 ¹⁰	2.4×10 ¹¹	3.0×10 ⁹
	内バチルス菌数(個/g)	1.0×10 ⁷	1.0×10 ⁷	10 ³ 未満	5.0×10 ³	1.0×10 ⁷	1.0×10 ⁶
	内放線菌 (個/g)	3.0×10 ⁷	2.0×10 ⁷	確認されず			1.0×10 ⁷
	内カビ数 (個/g)	確認されず					
澱粉分 解試験	澱粉分解菌数(個/g)	6.0×10 ⁷	6.0×10 ⁷	10 ³ 未満	1.0×10 ³	1.0×10 ⁷	2.1×10 ⁶
	内バチルス菌数(個/g)	1.0×10 ⁷	1.0×10 ⁷	—	1.0×10 ³	1.0×10 ⁷	4.0×10 ³
	内放線菌 (個/g)	3.0×10 ⁷	2.0×10 ⁷	確認されず			6.0×10 ⁶
	内カビ数 (個/g)	確認されず					
クックド ミート分 解試験	分解能力(A)	3.5	3.5	0	1	2	2
	可溶化速度(B)	3	3	2	3	3	3
	SS減少能力(C)	2	2	2	2	2	2
	振とう状況(4日目)%	80	90	40	50	70	90
総合評価		77	84	0	11	33	39



バチルス菌体



炭水化物分解(澱粉)
判定

No	サンプル名称
84	大塚(高崎市)落葉+鶏糞+豚糞+小枝
85	大塚(高崎市)落葉のみ
86	A社天然フミン酸 (市販品)
87	B社微生物資材 (市販品)
88	c社微生物資材 (市販品)
89	D社腐植資材 (市販品)



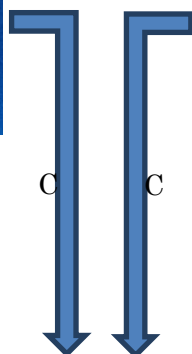
弊社商品と測定技術の紹介



腐植率の測定
(CEC・C/N など算出)
つち博士 M2



微生物の測定
インピーダンス測定方式



「土を知る」を支援します

- 1.腐植率の測定
(測定器の製造・販売)
- 2.微生物の測定
(測定器の販売・測定受託)
- 3.土壌中酸素の補充システム
(酸素くんの製造・販売)
- 4.抗酸化力の測定
(測定受託)

1～3 は、弊社で測定及び販売を行っています。

4 は、外部委託します。

詳細は、お問合せ下さい。

organicms@ybb.ne.jp

又はホームページへ



酸素くん
土壌中の酸素を増やし
有機物の分解、腐植創生
収量増

