

# 土 壤 微 生 物 と 新 し い 炭 素 源

農業技術研究所

鈴木 達彦

## はじめに

1962年、FAO（世界食糧および農業機構）の人口調査によれば、1980年までの世界人口の増加のために、食糧の供給を、1962年のその2倍にしなければならず、21世紀のはじまりまでには、3倍にしなければならぬと予想されており、現在、世界人口の約半分は飢餓と病気とに苦しんでいるということである。

また、化学工業の潜在力からみて、現在のみならず、遠き将来においても、世界人口の食糧の大部分は、太陽エネルギーと炭酸ガスとによらなければならないといわれている。

このような事態を深く認識するならば、米をはじめとする食糧の過剰から、最近、農業に対する軽視の風潮が、本邦の国民のみならず農業従事者や農業技術者の間にさえ、まん延しようとしているのは、甚だ憂うべきことではないだろうか。

また、都市の巨大化や重工業の過密によって生じる各種の公害は、人間の健康な生活をはじめとして、美しい日本の自然を著しくむしばんでいるのが現状であり、環境保全の抜本的対策が強く要望されている。

すなわち、将来とも食糧生産の基盤である大地を、より経済的な労力と資本とで、農業生産を可能ならしめる手段を維持確保すること、自然浄化力に富んでいる大地を有効に利用して、公害の除去・軽減につとめること、この2本柱が、今後われわれのよってたつ基盤でなければならない。

以上の2点を、より円滑に行なうのが微生物であり、今後、食糧の生産と環境保全に対して、微生物が果たす役割は極めて大きいといわなければならない。

## 微生物そのものによる食糧の生産

農業技術の進歩から、今後、低開発国の顕著な農産・畜産物の増加によって、動植物利用による

食糧の生産は、著しく増加することが予測されているが、低開発国における人口の著しい増加から、農産物のみで世界人口の食糧を自給しうるか、あやぶむ向きもある。

微生物は自分一人で、極めて短かい期間に増殖できること、また、気候条件やその他未知の条件によって、生育が左右されやすい植物より、はるかに、人間の意志によって、コントロールされやすい性質があるので、これを利用して、今後、工業的に食糧をつくりだそうという試みが、最近とみに顕著になっている。

その一つは蛋白合成（微生物菌体の大量培養）であり、各種の産業廃棄物を利用して、蛋白を合成しようとする試みである。

酵母・かび・細菌は、比較炭素に富んでいる産業廃棄物（糖蜜、パルプ粕、ノコギリ屑など）中の余分の炭素を、炭酸ガスとして空気中にとばし、窒素を体内にとりこんで、窒素分の高い菌体や生産物を作る性質があり、この性質を利用して、蛋白を生産するのである。

ノコギリ屑をうまく醗酵させれば、豚や乳牛のよい餌料となったり、あるいは、人間のし尿をクロレラと光合成細菌を利用して、高蛋白の稚魚の飼料をつくるとか、石油からある種の酵母による蛋白質の生成が、これに類するものである。

しかし、ここで注目しなければならないのは、石油、し尿、ノコギリ屑いずれをとってみても、そのみなもとは緑色植物により、太陽エネルギーが固定されたものであり、単にエネルギーを食糧にむくようにかえたにすぎないのである。

そのこと自体は重要であるが、緑色植物による太陽エネルギーの固定の重要性を、否定するものにはならない。

全世界の人口が必要とするエネルギーの $\frac{1}{10}$ が、動物資源によるものであり、残り $\frac{9}{10}$ は植物資源

であるといわれているので、植物資源の確保が今後ますます重要になってくるであろう。

ところが、植物資源には動物に必要なリジン、スレオニン、トリプトファンなどのアミノ酸が少ないので、これらのアミノ酸の微生物による生産が試みられている。

また、一般の炭素源を、エネルギー源として微生物に利用——させると、生産物には一般に硫黄を含むメチオニンが少ない。

しかし、ある種のキノコには、硫黄を含むアミノ酸を合成するものがあり、その利用も今後考えらるべきである。

モルセラ(かびの一種)を、缶詰工業や飲料製品の廃水で多量培養することにより、極めて簡単にリジン、ロイシン、トリプトファンなどのアミノ酸が生成される。

しかし、この場合、アミノ酸と同時に多量の菌体が生成される筈であり、その処理をどうするかについての検討も、同時に必要である。

一方、微生物からある酵素を抽出することは、微生物の増殖の早いこと、コストの安いことから、動植物から、その酵素を抽出するよりも有望となってきている。

これらの精製抽出酵素によって、炭素源を原料として、アミノ酸の合成が試みられ、このときは、菌体の増殖はないので、あと始末の問題はなくなってくる。

以上、のべたような微生物による、蛋白、あるいは必須アミノ酸の合成において注意しなければならないことは、石油蛋白の合成にみられる、発ガン物質のような毒物の生成であり、とくに、食物という立場から、毒物の生成の有無についてはとくに慎重に検討されなければならない。

また、すでにのべたように、微生物による食糧の生産は、炭素化合物の形をかえるということであり、自然に存在する炭素化合物ならば何でもよい。

微生物にはいろいろの種類のものであって、地球上に天然に存在する炭素化合物のすべてのものを、ある条件のもとで代謝することができるといっても、過言ではないからである。

むしろ、この場合は未利用の炭素化合物の利用と、それにもっとも適応している微生物の検索が

重要なのである。これらの微生物はその大部分が、土から分離されたものが多いということも、最後に附記したい。

#### 土壤微生物による炭素の利用

土壤微生物はそのごく一部をのぞいて、有機栄養であり、エネルギー源として炭素化合物を必要とし、土に加えられた炭素化合物は、一部は菌体にとりこまれ、残りは大部分が分解されて、畑条件下では炭酸ガス、湛水条件下では、一部メタンガスとなって空気中に揮発する。したがって、微生物の活性をたかめるためには、土に炭素化合物を補給してやる必要がある。

微生物活性が高ければ、後述するように、作物に対する養分の補給、病気のコントロールなど、「健康な土づくり」が可能となってくるからである。

すなわち、人間が手間をかけなくても、土の微生物が自分でやってくれるだろうと予測されるからである。

すでにのべたように、土の中には、天然に存在するあらゆる種類の炭素化合物を、エネルギー源として分解する微生物が存在しているので、天然の炭素化合物を土に加えても、一応、受入れ体制はできているものと考えて良いであろう。

いま、土壤に炭素化合物のうちで簡単な形であるグルコース( $C_6H_{12}O_6$ )のCを $C^{14}$ でラベルしたものと、同様に、 $C^{14}$ でラベルした稲わらを加え、土の中で、どのくらい、分解するかを示したものが表1である。

T-Cは土壤よりの $CO_2$ の全発生量、G-Cはグルコースあるいは稲わらに由来する $CO_2$ 、H-Cはグルコースおよび稲わらを加えたときの土壤有機物に由来する $CO_2$ 、S-Cは有機物無添加区の $CO_2$ の全発生量を示している。

グルコースの場合は、8週間に加えたグルコースの75%前後が、土壤の種類によらず分解している。したがって、加えたグルコースの炭素の約25%が、土の中に残留していることを示している。

土の中でのグルコースの分解は1週以内で完了するので、残留するグルコースの炭素のほとんど大部分が、菌体に合成されたものと考えられる。

また、一例として、図1に示したように、1週以後のG-Cの $CO_2$ 発生曲線は、1週までに較べて

著しくゆるやかであり、いったん、菌体化された炭素の分解が著しく悪くなることを示しているようである。

このように、加えられた炭素が、形をかえて微生物の体合成に利用され、合成された炭素化合物は、一部はゆっくりと無機化され、残りは重縮合をくりかえして腐植となるのである。

表に示したように、稲わらの分解はグルコースより、はるかに悪く、33~53%である。

8週目におけるCO<sub>2</sub>-C(mg/100g乾土)の合計及び加えたグルコース-C(又は稲-C)に対する%

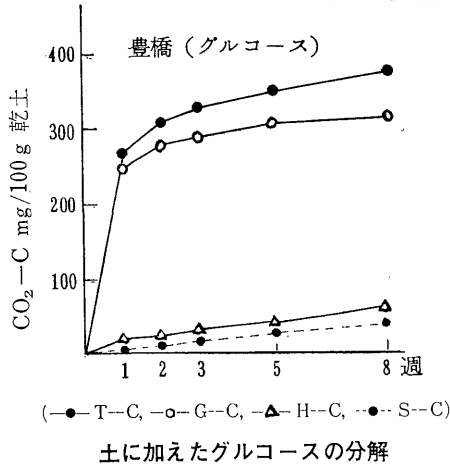
土 壤	添 加 物	T-C	G-C	$\frac{G-C}{400} \times 100$	H-C	S-C	P.E.
芽 室	グ ル コ ー ス	337	290	73 %	47	32	16*
	グ ル コ ー ス + N	334	295	74	39	"	8
	稲	239	193	48	45	"	14*
北 本	グ ル コ ー ス	403	254	64	109	34	75*
	グ ル コ ー ス + N	341	299	75	42	"	9*
	稲	272	228	57	44	"	10*
豊 橋	グ ル コ ー ス	373	305	76	60	38	21*
	グ ル コ ー ス + N	379	306	77	67	"	28*
	稲	264	211	53	50	"	12*
都 城	グ ル コ ー ス	380	304	76	85	23	61*
	グ ル コ ー ス + N	350	313	78	37	"	14*
	稲	232	197	49	33	"	13*

\*...有意差あり (5%水準)

これは稲わらの構成物質が、リグニンのような微生物によって分解されにくいものを、多く含んでいるからである。

表のP.E.とは、(H-C) - (S-C)によって示されるもので、グルコースあるいは稲わらの添加によって、土壤中の在来の有機物の分解が促進されることを示している。

土に有機物を加えても、なかなか土の炭素含量が増さないのは、加えた有機物中の炭素の微生物菌体へのとりこみなど、土の中への炭素の残留が



おこる一方、土壌の在来の有機物が外部から新鮮有機物を加えることによって分解が促

進され、(+), (-) のバランスがとれてしまうためである。

とくに、可分解性有機物であればあるほど、土壌有機物の分解が促進されるのは、表の都城土壌の場合にみられ、土の中に炭素を蓄積しようとする場合、考えなければならないことであろう。

また、表でグルコースと無機Nとを併用した場合、(H-C) ...つまり、土壌有機物の分解は、グルコース単用に較べて抑制される場合が多く、添加する有機物のC/N比(炭素率)に関係があることが分る。

このような分解過程は、いったん、土に有機物が加えられれば、土の中の微生物が自分達でやってくれるものであり、ここでは、人間が何にも関与する必要はない。

これが、土の中における有機物代謝のオートメ化であるが、工業微生物の場合と異なり、培地の組成の複雑であること、関与微生物が極めて多いこともあって、加えた有機物の何割が、土の中のどんな微生物にとりこまれ、どういう中間生産物ができ、それらが、どういう過程で腐植に変わってゆくかという点については、あまりにも分らないことが多い。C<sup>14</sup>ラベル有機物を駆使して、これらの点が今後明らかにされなければならない。

たとえば、ちがった形の有機物を加えても、最後には同じ腐植ができるのか、添加する量、C/N比の異なった場合、残留割合はどうなるのか、炭素化合物の分解中に、微生物により生成される抗生物質、生長促進物質あるいは植物毒素の有無が明らかにされなければならない。

植物毒素については、北海道で緑肥の鋤込みによって、エンバクの初期生育を阻害する毒素が検出されている。そして、これは可分解性有機物の同時鋤込みによって、解消されることも明らかにされている。

概して、このような毒素は長期間つづくものではないが、高水分・低温および嫌気的条件下では、植生に害を与えやすいといわれている。

土の中に存在する病害虫によって生ずる各種の病気は、その防除がもっとも困難であり、その対策として、薬剤による消毒が行なわれてきたが、薬剤は病害虫以外の土壌微生物にも影響を与えること、また、殺菌剤の中には、殺菌剤中の成分の

土壌残留などがあって、合理的ではない。したがって、生物的防除も今後考えられなければならない。

土に有機物を加えれば、土の中の微生物が活性になることはよく知られている。したがって、土に有機物を加えることによって、病害虫をおさえることはできないだろう。

土に有機物を加えると、病原菌も病原菌に関係のない土壌微生物も同時に増えて、かえって病気を助長する場合がある。

たとえば、果樹のモンパ病をおこすかびには絶対寄生ではなく、エネルギー源として有機物をとりこむものもあり、このような菌に対して、新鮮有機物の投下は危険であろう。

ただし、土に加える有機物の形態が問題になることもあり、土にペクチンあるいはキチンを施用すれば、それらを利用するペクチナーゼやキチナーゼをもつ微生物が増殖して、病原菌の細胞壁をとかし、病原菌が消滅するという例もみられている。

したがって病原菌に対して、抗生物質を生産する菌や病原菌をとかず微生物を、増殖させる有機物の検索が重要である。

最近、堆肥は原料難と人手難とから、本邦では、ほとんど利用されていない。新鮮有機物の施用は、土壌微生物の活性をたかめるものの、土壌有機物の分解促進や、病害虫の異常増殖、植物毒素の生成など、すでにのべたように、とかく問題が多い。

これに対して、堆肥の多用においては、上述したような難点もみられないので、新鮮有機物の堆肥化の過程において、どのような生物学的過程が起っているのか、今後、大いに注目すべきである。

最近の研究によれば、新鮮有機物の堆肥化過程で、土壌細菌や病原菌を溶菌するブデロピブリオが見出されている。

このようなことからすれば、新鮮有機物を堆積発酵させて、毒物を消去し、病原菌を溶菌する菌を増殖させ、これをかなり大量に施用することは、「健康な土づくり」の一環として考えなければならない。

農薬公害の大部分は、土の中の微生物が、これまで遭合したことの無い有機化合物を土壌に加え

たためであり、その形からみれば、極めて新しい画期的なものであっても、土の中の微生物にとっては、迷惑至極のものであったのである。

土の中の微生物の活性をたかめるためには、天然に存在する有機物をもっと合理的に利用することであり、その利用形式、関与微生物について、より詳細に研究することが、まず第一になされなければならない。堆肥の再検討も古くて、実は新しい内容をもっているのである。

一方、自然環境の保全という面で、微生物の今後果す役割は大きい。

この場合は、農業生産の場合と多少趣きを異にして、土の微生物がどれだけ、外部から加えられる有機物の負荷にたえられるかということである。

この場合、有機物中の炭素は、大部分がCO<sub>2</sub>として最終的に大気中に放出されるので問題はない。

むしろ、有機物中に含まれる窒素含量を土の中で、いかにして低くするかが問題であり、N含量の低下のためには、土の微生物作用のうちで、脱窒作用を有効に利用することが必要となってくるであろう。

8月15日現在の本年産米の第1回予  
あ と が き

想が発表されました。異常気象による北海道の不作の影響で、作柄は平年を100として「やや不良」の98とやら。この指数から割出したことしの収穫予想高は1,117万トン、これに陸稲20万トンを見込み、本年の生産量は1,137万トンで、これは年間消費量に対し28万トン不足だそうです。一応、米の生産調整については当面の意図は達したとみられています。

お約束したとおり、9月の特集号をお送り致します。

「新しい米づくり」に焦点をあてて編集しましたが、いろいろ手ちがいなどもあって、東海近畿農試の徳永先生のほか、九大の甲斐先生の原稿を頂戴できなかったことは、たいへん残念です。別の機会に執筆して戴きたいと考えています。

去就を注目されていた「円」が、ついに8月28日からいよいよ変動相場制をとることになりました。本年下期はいよいよ問題が多いようです。(K生)



**チッソ旭肥料株式会社**