

## 野菜畑土壌の根圏環境

九州大学農学部

教 授 松 口 龍 彦

### 1. はじめに

集約畑作とくに野菜作では、連作障害が品質・収量低下の最大の要因となっており、著しい場合には産地崩壊さえ招いている。かつて行われた野菜連作に関する調査結果（野菜試，昭59）では、障害の“原因”の70%以上が土壌伝染性病害であるとされた。しかしその後、多くは作物栄養条件（素因）、環境条件（誘因）、病原菌や寄生性線虫（主因）の三者がからむ要因複合型障害であることが明かになってきている。土壌条件や作物栄養条件の微妙な差によって、発生の有無や発生程度がまちまちな不定性病害が増加している現状は、この観点から看過できない。

多量施肥や土壌消毒を反復すると、土壌の塩類集積、腐植の減耗が進み、ついには土壌の保水力やイオン交換容量が低下する。その結果、作物の代謝不全や病原菌に対する抵抗力の低下、および根圏の微生物的緩衝力（microbiostasis）の低下などが起こり、これらが病害発生の素因、誘因となる。他方、連作障害を上手に抑えている農家の技術に共通する点として、深耕、減肥、控え目の土壌消毒、消毒後での腐熟堆肥の鍍込みなどが挙げられる。

これらの事実は、集約栽培における根圏管理の重要性を示すものであろう。従って適正な根圏管理のためには、根圏における根、病原菌、他の微生物群集の間の密接な相互作用、およびこれらの相互作用と土壌の養水分条件との間の因果関係などの発現メカニズムの解明と制御技術の開発が不可欠となる。そこで、これらに関する既往の知見にもとずき、私の考えを述べたい。

### 2. 土壌消毒の反復に伴う

#### 土壌理化学的緩衝力の低下

土壌消毒は現に発生した病虫害の防除には必要

止むを得ない応急処置かも知れないが、それによって土壌の微生物群集は“部分殺菌”されて質的、量的に激減し、その微生物的緩衝力が低下する。その結果、ガス抜き・施肥後間もなく、生き残った微生物はそれぞれの性質に応じた速度で増殖しはじめ、1～2カ月以内に生菌数は無消毒土の数倍から数十倍に激増する。その際有機物の分解が促進される。この現象を“部分殺菌効果”という。従って、土壌消毒を繰り返して行くと、やがて土壌の水分保持力やイオン交換容量が低下し、土壌溶液のEC（電気伝導度）や浸透圧が上昇し易くなる。すなわち土壌の理化学的緩衝力が低下する。

通年施肥量が多く、土壌消毒が反復実施される野菜畑、とくに作土の塩類集積が著しいハウスで、有機物施用による腐植管理が必要な第一の理由がここにある。

### 3. 病害に対する作物の抵抗力と

#### 土壌の塩類集積

土壌の塩類集積や養分アンバランス化は、作物の養水分吸収力に影響して、体内の代謝調節機能に変調をもたらし、ひいては病害に対する抵抗力を低下させる。例えば、塩類集積が土壌水の浸透圧を上昇させて根発達を阻害し、根の吸水力や分泌作用に影響したり、あるいは土壌中のアンモニア態N／硝酸態Nの値が高いとキュウリの斑点細菌病、セルリーの萎黄病、メロンの萎ちよう病などが発病しやすくなる。キュウリでは抵抗性品種でもこの現象が起こることが認められている。

多くの野菜畑土壌では、pHの上昇、可給態Pの集積が進み、有機態Nの無機化、硝化作用の潜在速度が速くなっている。それに土壌消毒を行うと、ガス抜き後N無機化は早々に回復促進されるが、硝化作用は消毒後1カ月余りほぼ停止し、そ

の間、土壌のアンモニア態N/硝酸態Nの値は高レベルで推移する。このような土壌条件では作物病害が発生し易いといえよう。腐熟堆肥には硝化細菌が豊富に含まれるので、ガス抜き後での施用は土壌の硝化作用を回復促進し、作物の病害抵抗力を回復させる効果がある。作物根圏で生起するこれらの因果関係の解明は畑地力研究の今後の課題であろう。

4. 土壌条件と根圏細菌とくにPGPRの生態

根および周辺土壌部位、すなわち根圏 (rhizosphere) では、根の分泌物や脱落組織をすばやく分解利用できる限られた種類の微生物が、それ以外遠の非根圏土壌に比べ数倍から数十倍の高レベルで生息している。このように、非根圏に比べ根圏の微生物群集は、多様性は小さいが代謝活性や増殖速度は明らかに大きい。従って、根圏は根生長調節や病原菌増殖抑制などの有用微生物の機能を活用できる場である。

有用微生物のなかでも、シデロフォア ( $Fe^{3+}$ キレート化合物) の一種、シュードバクチンを産生する数種の蛍光性シュードモナスは、植物成長促進根圏細菌-PGPR (Plant growth-promoting rhizobacteria) -として大きな関心を集めている。数種の菌株では、コムギの根圏で立枯れ病菌に対する抗生物質 (phenazine-1-carboxylic acid) などを生成することも認められている。

蛍光性シュードモナスは桿菌で数本の極鞭毛を持ち、鞭毛のらせん運動により感受性化学物質に向かって水中を泳走する能力、すなわち走化性 (chemotaxis) を示す。根分泌物では遊離アミノ酸に対する走化性が強い。しかし、塩類集積や水分不足によって土壌溶液のECや浸透圧が上昇すると根圏定着力が低下する。これらの環境条件の影響度は他の微生物よりも蛍光性シュードモナスに対して大きく、第1図に示すように蛍光性シュードモナスの中でも菌株間でも異なる。また、塩類集積土壌の根圏優占菌株群は、非集積土壌の

優占菌株群が持たない特異な塩類濃度耐性や遊離アミノ酸走化性スペクトルなどを示すことも解明されている。

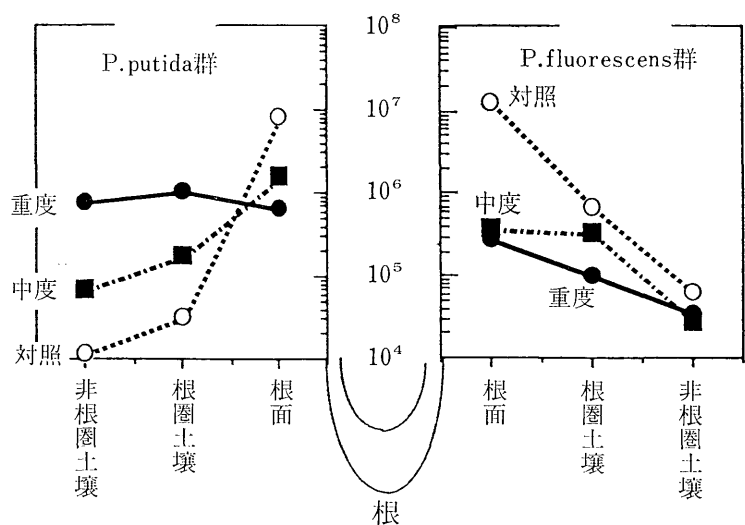
最近、腐熟堆肥施用により根圏での蛍光性シュードモナスの増殖が促進されることも明かにされている。一方、蛍光性シュードモナスが産生するシュードバクチンは、 $Fe^{3+}$ キレート化活性が大きいが、 $K^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ などが共存すると拮抗阻害を受け、その程度は $Ca^{2+}$ で大きい。

このように蛍光性シュードモナスの根圏定着力や $Fe^{3+}$ キレート化活性は土壌水分含量、土壌溶液のEC、浸透圧、イオンバランスなどによって異なるので、土壌の施肥・水分管理は全て蛍光性シュードモナスの善玉効果の出方を左右する。蛍光性シュードモナスなど、生物的防除用有用菌の根圏定着力の向上が緊急の課題となっているが、有用菌を最も必要とする場所が野菜栽培ハウスであることは明白であり、有用菌には有用機能だけでなく、塩濃度耐性も不可欠であろう。

5. 根圏の糸状菌群集の多様性

作物根圏には、その他役割未明の各種微生物も生息し、根圏微生物群集の構成員となっている。従って、病原菌や有用菌も群集が示す微生物的緩衝力の影響下にある。このような根圏微生物群集を作物生育との関係で評価するためには、特定の

第1図 塩類ストレスの増大に伴うハウレンソウ根圏、非根圏の蛍光性シュードモナス種別構成の変化 (境ら, 1992)



対照 (0.36dSm<sup>-1</sup>) 中度ストレス (1.08dSm<sup>-1</sup>) 重度ストレス (1.57dSm<sup>-1</sup>)

有用, 有害微生物の挙動だけでなく, 微生物群集の全体像の解析も必要であろう。そして, 群集生態と病害発生との間に, 作物や病害の種類を超えた次元で共通する関連性を見出すことができれば, それは連作障害対策のための根圏管理技術を考える上でヒントとなる。

各種畑作物の根の菌糸態糸状菌群集と根張りとの関係を示した第2図によれば, 作物の種類を問わず, 糸状菌群集の多様性と根張りの大小との間に正相関がえられ, また作物間では, 連作障害が出にくい作物ほど根の糸状菌群集の多様性も大きい傾向を示した。両者間にどのような因果関係があるかは今後の解析に待たれるが, これらの結果から, 根圏というミニ生態系でも微生物群集の構成員が多様なほど相互作用が著しく多元化し, 緩衝力の大きな生態系が形成される, という推定が成り立つ。

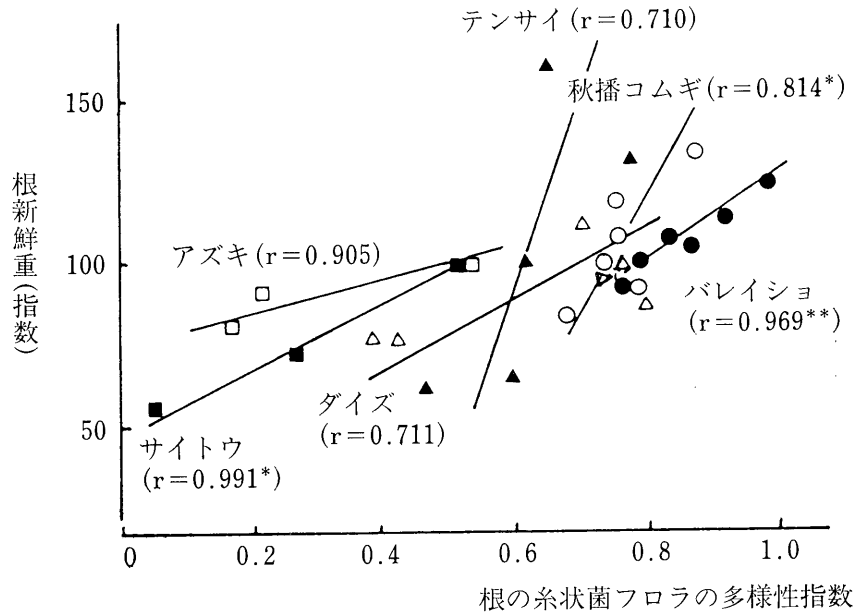
6. 野菜畑地力低下のメカニズム

前述の, 土壤病害の素因や誘因に関する諸知見を考慮するならば, “最近の” 土壤病害は, 腐植の減耗, それに伴う保水力, CECの低下, 多肥による土壤の無機養分集積・アンバランス化, 土壤水の浸透圧上昇, およびそれらによって起こる根圏の微生物的緩衝力や作物の病害抵抗力の低下など, 土壤消毒・多量施肥の反復に起因する地力の低下と密接に関係している。そこで, この“地力の低下”と“土壤病害の発生”との因果関係を第3図に示した。

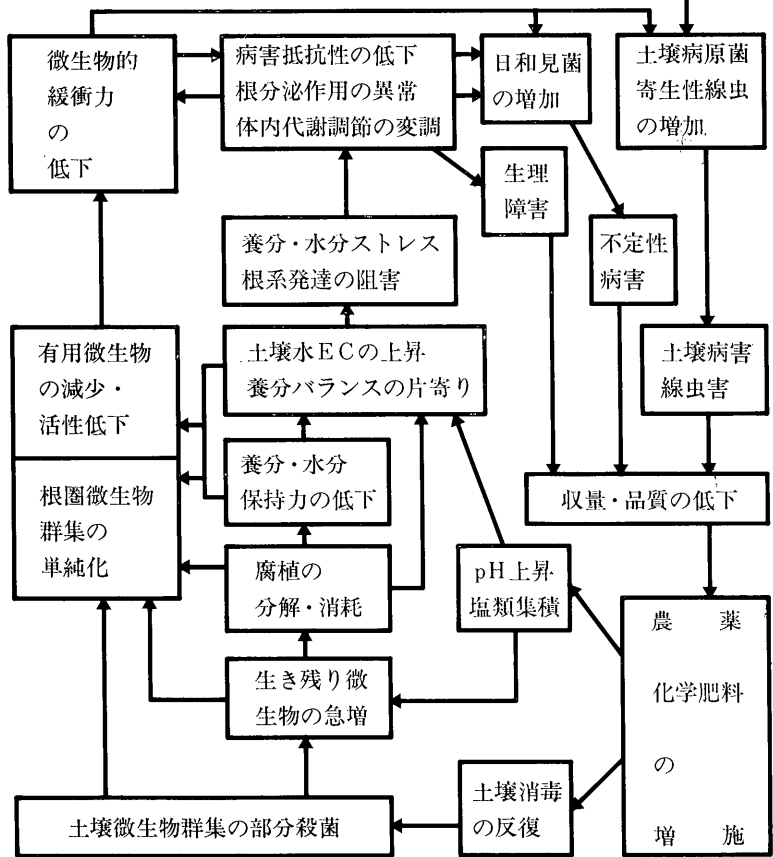
7. 腐熟堆肥の効果

集約栽培畑では, 地力維持のために堆肥の施用

第2図 糸状菌フロアの多様性指数と根重との関係 (松口, 新田, 1987)



第3図 野菜畑の地力低下と土壤病害発生の因果関係  
連作・過剰作付



が勧められている。しかし、実際には原料の質や腐熟程度、すなわち品質に大差があり、連作障害に対する施用効果も正負さまざまである。このことが堆肥の評価を混乱させてはいないだろうか。

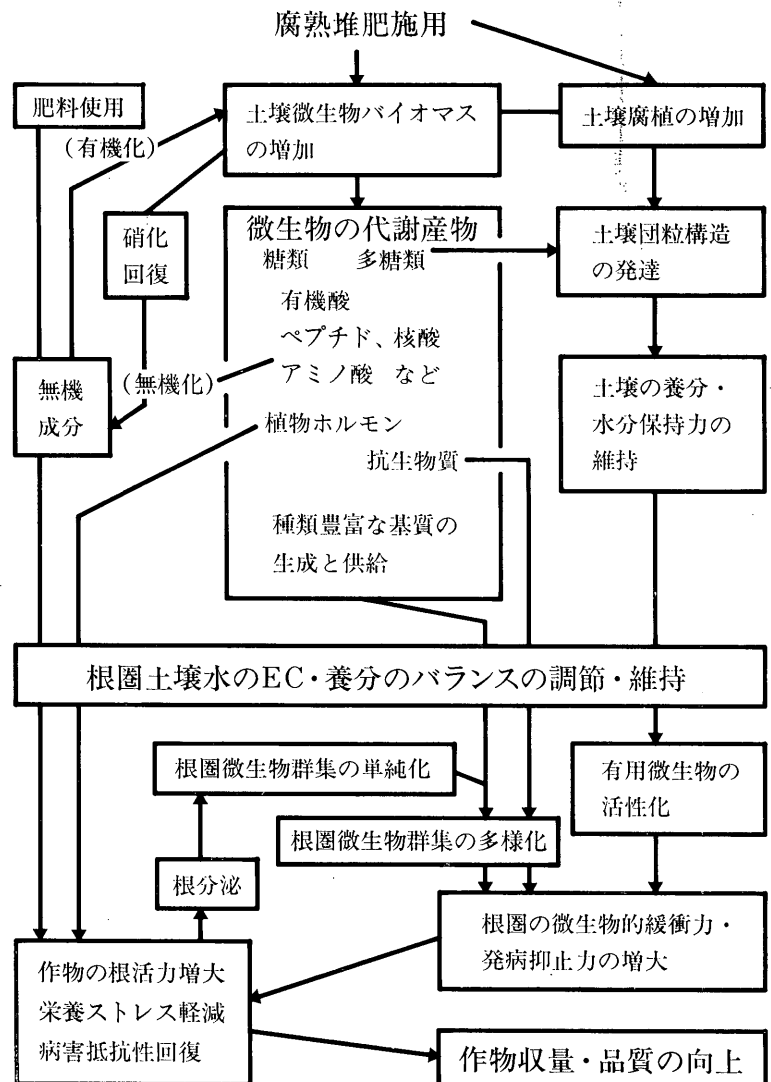
連作障害に対する効果を求めるならば、前項で述べたように、土壌のECや養分バランスの適正調節、および根圏の微生物的緩衝力の強化に有効でなければならない。すなわち、前者に関しては、有機コロイドに富み、かつ土壌無機態Nバランスの上から硝化促進効果が大きいことが、後者に関しては、根圏微生物群集の種類構成を多様化し、かつ蛍光性シュードモナスなどPGPRの根圏定着増殖促進効果を持つことが、それぞれ要求される。もちろん、作物根伸長阻害物質を含むものは避けなければならない。

腐熟堆肥は、未熟堆肥や新鮮有機物資材に比べても、これらの条件を遥かによく具備している。そこで、腐熟堆肥による地力回復と土壤病害抑制の過程を第4図に示した。

8. おわりに

以上のことからわかるように、有用菌、病原菌のいずれにせよ、作物の根圏における生態・活性は、土壌の理化学的条件、根圏の微生物的緩衝力、作物栄養条件などとの密接な因果関係の上に成立している。つまり、土壤病害は連

第4図 腐熟堆肥による地力維持・病害抑制過程



作障害の“主要な原因”というよりも、“主要な症状”であるという認識と対応こそ重要ではなからうか。