

草地の土壤微生物と牧草生産

北海道立十勝農業試験場

東田修司

1 はじめに

土壌中には大きさが数ミクロン単位の微生物が多数生息している。最も数の多いのは細菌類で、1gの土に数億を数える。カビも数こそ細菌に及ばないが、1gの土に総延長で100m以上も生息している。これら微生物の総量(バイオマス)は全土壌有機物の数%を占めている。まさに、土は生きていると言える。しかし、実際に目で見ることができないため、微生物が草地でなにをしているかは、良く認識されていないのが現状であろう。本稿では、微生物の働きのうちで、草地生産性に深く関わっている部分について紹介する。

2 草地における土壤微生物の働き

土壤微生物は草地生態系で極めて多岐にわたる役割を演じている(図1)。

1) 有機物の分解

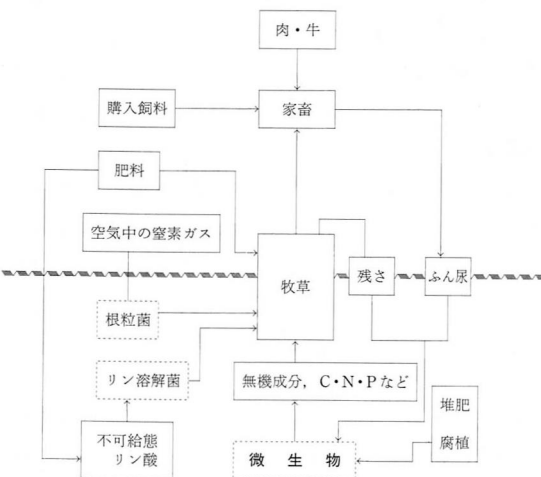


図1 草地での微生物の働き

草地では収穫量に匹敵する量の有機物が土壌に還元されると言われている。土壤微生物の働きの第一は、この有機物を分解し、再び無機成分として牧草に供給することである。また、畑地などと同じであるが、更新時にすぎ込まれた堆肥や土壌の腐植も微生物によって分解・無機化されることによって、始めて作物にとって吸収・利用が可能となる。土壤微生物は草地の物質循環のかなめと言える。

2) リン溶解菌

土壤微生物の一部が有機物の分解過程で有機酸を生成し、土壌の不可給態のリン酸を可給化する事が知られている。これらの菌をリン溶解菌と呼んでいる。ある調査では、普通に測定される土壤微生物の約10%がリン溶解菌であった。可給化されたリン酸はいつたん微生物の菌体に取り込まれるが、その菌の死滅によって植物に供給される可能性がある。草地では比較的リン酸が可給化されやすいと言われており、リン溶解菌の働きも考慮する必要がある。

3) 菌根菌

カビの一種である菌根菌も、牧草のリン酸吸収を助ける菌である。菌根菌は牧草と共生関係にあり、牧草根内に形成したのう状体から土壌中に菌糸を伸ばしている。そして、土壌中の菌糸から吸収したリン酸を作物に供給する働きをしている。言わば、リン酸吸収のための第2の根と言える。菌根菌の研究はニュージーランド、イギリスの草地で盛んであるが、道内での研究は多くない。

4) 根粒菌

マメ科牧草と共生して、空気中の窒素を固定する菌である。言わば、土壌中の肥料工場であり、

窒素施用量の十分でない草地において、その働きは、特に重要である。

本稿では、1) 有機物の分解菌と 4) 根粒菌について、最近、天北農試に行われた試験の結果を中心に紹介する。

3 有機物の分解

1) 草地土壌での微生物の特徴

有機物の分解は特定の微生物によって行われているのではなしに、草地に住む大多数の微生物によって行われている。草地は長年にわたって耕起されずに利用されるので、牧草の地上部残さや家畜ふん尿の還元は土壌表面に限定される。また、有機物の蓄積する数 cm の層を除けば、その下の土層は機械走行や家畜の踏圧によってち密化する。牧草根も極く浅い表層に集中するようになる。このように、微生物のエサとなる有機物が集中的に還元される地表面数 cm の土壌には、数の上では毎年耕起される普通畑の数倍にも達する微生物が生息している。逆に、その下の土層はエサとなる有機物が限られ、また、通気性の悪化による酵素の欠乏から、畑地の数分の 1 の微生物を数えるばかりとなる。このように、0~15 cm 程度の浅い土層で明確な層位分化を起こすことが、草地土壌微生物の第一の特徴である。

層位分化を起こした土壌の表面から 0~2 cm の土層は有機物還元量の多い部位であり、この微生物は主に還元された有機物の分解・無機化を行なっていると言える。それより下の作土下部の微生物は畑地と同様に、言わば地力窒素の供給者としての役割を担っていると言える。

次の特徴は表層の微生物数と活性が牧草の生育パターンに伴って、極めて特徴的な季節変化を起こすことである。0~2 cm 土層の細菌数は春と秋に数が多く、初春・夏・晩秋には数が少ない。これは一つに、初春・晩秋には気温が低く、夏は水分が不足するなど気象要因の影響が表われていると言える。同時に草地から微生物へのエサの供給の多寡も反映している。春の増加は越冬中に枯死した有機物に対応し、秋の増加は一番草の枯死株などに由来していると考えられる。この微生物活動の活発化によって分解・無機化した窒素は、春に

は有穂茎による旺盛な一番草生産、秋には越冬・翌年の一番草生産の準備に利用され、草地の生産性に密接に結び付いている。

さて、草地土壌微生物の分解活性は特に土壌表面に近い部位で高まっている。これは、供給される有機物を分解するための微生物側の対応現象と見ることができる。しかし、土壌表面は過乾・過湿の影響を受けやすく、また、刈取り・利用直後は太陽光の直射を受けるなど、微生物の活動にとって好適な条件にあるとは言い難い。このために、作土全体ではほぼ均一な微生物活性を示す畑地よりも草地の微生物活性は低く、有機物の分解スピードは遅いと言えよう。このような部位に大量の有機物が還元されることは、言わば草地の宿命と言えよう。

2) 微生物活性低下の要因

ここまで述べてきたように、もともと高くない草地の微生物活性がなんらかの要因によって更に低下した場合、0~2 cm 土層では草地生態系サイクルでの有機物の分解・無機化の部分が遮断されることにより、牧草への無機養分の供給が低下する。これと同時に、分解されず土壌表面に蓄積した有機物によって、干ばつが助長されることも考えられ、草地の生産性が低下する。これより下の作土下部では、微生物活性が低下することによって、造成・更新時にすぎ込まれた堆肥等有機物や腐植の分解が抑制される。その結果として、地力窒素の供給量が低下することになる。これは窒素要求量の大きな草地にとって大きな痛手となる。

草地の微生物を活性化させ、物質循環を円滑化させて草地の生産力を高めるためには、まず、微生物活性を低下させている要因について知る必要がある。

草地では施用された肥料中の酸性根や降雨中の炭酸によってカルシウムが溶脱され、造成後何年かするうちに、表面の土壌が酸性を呈するようになる。微生物も酸性条件では生育しにくくなり、活動も鈍くなる。これが草地表層 0~2 cm 土層の微生物活性を低下させる第一の要因である。分解が抑制されると草地表層に有機物の蓄積が起こる。この有機物はいつたん乾くと疎水性を呈し、少量の降雨では湿りにくくなり、ますます分解されに

くい条件となる可能性もある。以上の要因のため、草地土壌表層の微生物活性は経年化に伴って低下の傾向にあると言える。作土下部の微生物活性も同様に経年的に低下することが認められている。この要因の一つが耕起されないための土壌のち密化・通気性の悪化である。このため、牧草根の分布も少なくなり、微生物のエサとなる有機物の供給も極めて限られたものとなる。さらに、施肥も表面に限定されるので、微生物にとって必要なリン酸・カリの供給も低下していく。これらの要因が総合して、作土下部の微生物活性を低下させる。このため、利用年数の長い草地での土壌窒素供給量は極めて低いものとなる。

3) 微生物の活性化対策

深さ 0~2 cm の表層が酸性化して、微生物活性が低下している場合は、炭カルの表面施用による酸性改良が効果的である。表 1 に一例を示した。炭カルの施用によって牧草収量の増加が得られている。これには、土壌の化学性改善が直接牧草生育に及ぼす効果も含まれていようが、同時に微生物の活性化も収量増に寄与していよう。

ただし、酸性矯正に当たって、十分な量の炭カルを施用しなかった場合、かえって一時的に収量が低下することがある。草地表面に蓄積している有機物は炭素率が高いので、微生物の活性化による分解に伴って、窒素分が逆に有機物によって取り込まれるからである。これも時を経るにつれて分解・無機化の方向に転じていくのではあるが、その前段の窒素分が有機物によって取り込まれる期間は酸性改良がうまくいったときほど短いと考えられる。このため、炭カル施用に当たっては基準量を守って行う必要があろう。

作土下部の微生物性を草地維持段階で直接改善することは難しい。そこで、更新時に堆肥などをすき込んで通気性の改善・有機物の補給を行うとともに、十分量の石灰・リン酸を供給することが

重要となる。これによって、経年的な微生物性の低下は緩和されよう。

やむを得ず、すでに作土下部の微生物性が低下してしまった草地に対しては、新しい技術としてサブソイラーを入れることが試みられている。これによって、通気性が改善され、微生物活性が向上するとともに、牧草のビガーが高まることが期待されている。同時に畑地で行われているような心土肥培耕を組み合わせれば、より高い効果が得られる可能性があり、今後の検討が待たれている。

ここまで述べたように、一般に牧草生育を良くするような処理を行えば微生物も活性化し、微生物の面からも草地生産力が向上するようである。

4 空中窒素の固定

1) 草地での窒素固定量

根粒菌はマメ科牧草と共生して空気中の窒素を固定する。その量は極めて多く、寒冷地の天北地方でもアルファルファで年間 30 kg/10 a, ラジノクローバで 20 kg/10 a を超えると推定される。より暖かい十勝地方のダイズ根粒菌が年間に固定する窒素量は 20 kg/10 a 弱と推定されており、草地での窒素固定量はこれをしのいでいる。マメ科牧草の根粒自体は越冬中に脱落するようであるが、牧草は春先融雪後、直ちに萌芽し光合成を始めるので、そのぶん種子からスタートする畑作物よりも長期間にわたって窒素固定が行われるものと考えられる。農家の草地では窒素が収量の制限要因になっている場合が多く、マメ科牧草を好適な状態で維持することは、生産力向上の一つのポイントとも言える。

2) 固定窒素の移譲

マメ科牧草と根粒菌によって固定された窒素の一部は、混播されているイネ科牧草にも吸収・利用されていることが知られている。これを窒素移譲と呼んでいる。移譲の系路としては、一つにマメ科牧草の収穫残さや枯死葉が土壌に還元されて、先に紹介した土壌微生物によって分解・無機化されてイネ科草に吸収されるものが考えられる。ほかに、マメ科草の根が窒素化合物を分泌し、それがやはり微生物によって分解されて、イネ科草に吸収さ

表 1 表層(0~2cm)酸性化草地への石灰施用と土壌微生物の関係

(宝示戸ら)

石灰用量 (kg/10a)	土 壤 pH	牧草収量 (kg/10a)	細菌数 ($\times 10^6/g$)	糸 状 菌		T T C 還元活性	フ ラ ク ト ー ス 分解活性
				胞 子 数 ($\times 10^4/g$)	長 さ (m/g)		
0	4.4	867	12.8	15.8	201	37	271
200	5.5	850	13.4	12.9	216	105	345
400	5.9	899	13.7	13.9	269	287	471
800	6.3	941	22.3	9.1	270	172	392

れることも指摘されている。天北地方の試験結果から、年間の窒素移譲量はアルファルファ・オーチャードグラス草地の場合、最大7 kg/10 a、ラジノクローバ・オーチャードグラス草地では10 kg/10 aに達していた。これは、全窒素固定量のそれぞれ約30%、50%に当たる。

一般に、土壌中の無機態窒素濃度が高い場合、根粒の活性は低下する。したがって、もし土壌中に放出された窒素がイネ科草によって吸収されなかったとしたら、それはマメ科草の根粒による窒素固定を低下させることになる。このことから、適度のイネ科草が共生していることにより、系全体での窒素固定効率が高まっている可能性がある。

また、マメ科草の残さは高たんばくであり、微生物のエサとして良好なために、マメ科草が維持されている草地では、そうでない草地と比べて高い微生物活性を示した。以上から、マメ科草と根粒菌による窒素固定によって、草地生態系内に窒素が富化されるばかりでなく、物質循環の流れそのものが円滑になって、草地の生産性向上に貢献していると言える。

3) 根粒菌の接種

もともと、北海道にはアルファルファの根粒菌が生息していないため、新たな作付けに当たっては、菌の接種が必要であると言われている。しかし、根粒菌をあらかじめ接種した種子を播種しても、根粒形成の悪い例がたまたま見られる。この要因は大別して二つ考えられる。

一つは種子の保存状態が悪く、接種してあった菌が死滅した場合である。種子に接種したアルファルファ根粒菌は高温に弱く、25℃の保存では3週目で、15℃では8週目でその能力を失うので、冷蔵保存することが鉄則である。ほかに、大量の堆肥施用によって土壌中の窒素濃度が高くなり過ぎ、根粒形成が阻害される場合がある。アルファルファ

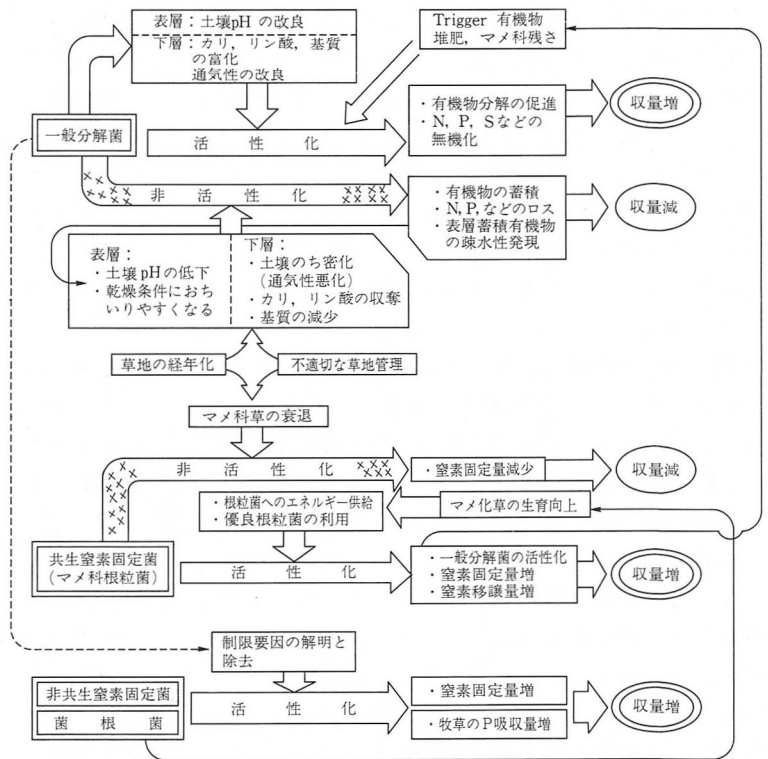


図2 微生物活性と草地生産力

の根粒菌は堆肥中で増殖するので、3~4 t/10a程度の堆肥施用を行うことによって、根粒形成が促進される。しかし、それ以上の堆肥施用では根粒形成を阻害したり、雑草を多くしてアルファルファのスタンド数を減少させるので注意を要する。

5 おわりに

本稿で紹介した微生物の働きと、それに影響を与える要因について図2に示した。

一般に、集約的な農業ほど土壌微生物に対する依存度が低くなると言われている。その典型は肥料と農薬を多投している施設栽培農業であり、そこには土壌微生物の活躍する余地はあまりない。草地の場合でも常に更新を繰返しつつ年間25 kg/10 aの窒素とそれに対応した無機成分を施用すれば、土壌微生物を無視することができる。しかし、実際には、草地の窒素施肥量は10 kg/10 aにも満たず、まだまだ微生物の働きに頼らざるを得ないようである。本稿で草地における土壌微生物の重要性について認識いただければ幸いである。