

菌根の生態的意義について

漢 井 秉 一

只今から御依頼によつて菌根の生態的意義と云う事についてお話しするのでありますがその前に一言お断りしておきたいと思ふ事はこの話の大部分が私の約十年に亘る研究の結果でありましてこれまでいろいろの書物等で御覧になつた菌根説とは凡そ違つたものであります。之は唯争実の教える處に従つての立論である事を予め御承知願ひたいのであります。

先づ第一に菌根と菌根説に就てざつとした歴史を申し上げます。シュライデンがむえいふろんの根の組織の細胞内に菌糸を認めたのは1849年のことで今から一寸百年程前の話であります。その後1877年には有名なメッフェルが森の樹木の根が地中で糸状菌と組織的の交雑を合一して生活するという現象を見て此の根に菌根という名を与えその共生状態を説明した。これが如く菌根問題の端緒なのであります。1882年カミエンスキーという人がじやくびようさうの根に菌根を発見しました。次いで1885年にはフランクが土壌中で菌根と共生する木本植物の栄養について論じ1888年には腐植土に密む森の植物の根に菌根を見て菌根を外菌根と内菌根に分け菌根の意義について述べました。

1889年にはシュリヒトも亦菌根の分布と意義について知見を述べて居り、スタールは1900年に菌根形成の意義という論文を発表した。スタールの菌根についての観察は海岸植物に関する意見その他二三争実と反する處もありますが実に驚く程よく此の現象を観て居ります。スタールは自然界に於ける菌根の現象は意外に広いもので恐らく菌根植物は無菌根植物より多いただろうと云う考えをもつて居つて当時の菌根学者としては余程進んだ見解をもつていた人であります。尚スタールの驚くべきことは水中或は水際の植物は決して菌根を作らないと云う事を知つて居た。水という外因條件に置かれれば植物は決して菌根を作らないと云う事は事実であつてこれからお話しをすることの一つの大事な問題なのであります。

このスタールは十字科植物、莎草科植物及びスギナ類は菌根をもたないという事をいつて居るが例えばスギナ類の如きは何かの違ひがないかと思つて二年間季節を変えて度々當つてみましたはどうしても菌根を見出すことは出来ませんでした。あるという事を証明することは何でもない事ですが決して持たないという事を実証することは難かしい事なのであります。1907年にテルネツという人がほーまどという糸状菌を石南科植物の根から分離しこれが空中窒素と同化するという問題を出しま

した。テルネツは菌根の意義ということは空中窒素の同化ということと関係があると考えたのであります。1913年にはライナーがはいでさうという小さな灌木性の石南科植物の根に根菌をみつけて共生関係はテルネツの云う様に空中窒素の同化と云う事に関係があると主張しました。又1909年にはベルナー及びアルゲツが同じ年に独立に菌の菌根に関する論文を出しました。そして菌の発芽には是非或る種類の根菌が必要で此の場合には確かに根菌との合一は共生関係にあるという事が完全に証明されました。菌が一寸横道に入りますがフランスではそれまで宴会の席上を飾るのに菌の花一本に何千フランという金を払ったものであります。菌を熱帯から取りよせて温室で育てるのですが持つて来るまでに枯れてしまつたり培養にも手数がかゝるので値段が高くなるのであります。菌はそれまで決して温室では発芽しないものであります。これを段々調べてみると菌の種子は非常に小さなもので発芽するには根菌の合一が必要であつて菌が入つた場合は発芽するがそうでなければ発芽しないのです。そしてそういう菌の根菌を根から取り出して合成をやらせて今は奥生で育てる様になつたのであります。その後石南科植物と根菌との共生現象についてはテルネツの説に満足しない人々が出て来てその中の一人であるフライスレーベンが1933年から1935年迄の間に三度論文を出した。ドレスデンの教室から其後此の人はハルレの大学の教授に推薦された人であります。フライスレーベンの説によれば石南科植物と菌根の関係は共生でなく一種の寄生であると考えた。しかしこれは普通の寄生でなく結局無害の寄生であるといつたのであります。

私は1934年に最初の論文を出しましたが陸生植物に於ける根菌の分布とその意義についてという論文でありました(凡そ根という器官を具えた陸生植物は僅かに一部の無菌根植物を除いて環境の如何に拘らず菌根を有するもので菌根の形成は宿主植物の分類系統と関係のある事を述べた)。それから1943年には植物の生活に関する菌根の意義という論文を公にし続いて又1944年には豆科植物の菌根に関する研究によつて菌根と根菌との関係を明に致しました。一方1925年にはメリンの論文が出て居りますがメリンは森の腐植土から種々な高等菌を分離し純粋に培養し之をまつやとうひに植えて菌根の合成を試みました。1936年にはハッチヤヤングのまつやとうひの菌根に関する其の後の報告があり1937年にミッチェルもまつやとうひの菌根の影響について述べて居ります。

私が菌根について最初手を着けたのは火山植物と菌根の関係についてでありました。昭和7年阿蘇山で火山植物の生態に関する事項を調べている間に偶然之迄殆んど此点に就ては注意されなかつた禾本科植物の根に全く菌根のあることを知つたのであります。ファベルという人はジャワの硫黄地帯の火山植物を調査した結果硫黄地帯では岩石は腐爛崩壊して附近は腐植土に乏しくかゝる場所に適応するには空中窒素を同化する微生物と共生する根菌を又は菌根をもつた植物が多く之は火山植物の生態的特徴であると考え1925年に此の事をフロラと云う雑誌に発表致しました。

私は同じことが矢張り阿蘇の火山に埋つている中岳の噴火口の附近に観察されるものだろうと考えて火口に最も接近している植物から調査を始めた。中岳の火口に一番接近しているのは御存知のいたどりで100米、200米のところまで接しています。他の植物はそこには生え得ない。火山灰に

理っているいたどりの根を調べるには普通ミクロームを使うのですが私はこれを使わずに手切り
にしました。ミクロームで切るには日数もかゝるのでもしこれを手で切片を作れば見る見る中に切
ることが出来又生のまゝで根を寝ることが出来るのです。切るといっても直径が2/10 英から5/10
英程度のものでありますから切った切片が何処にあるか分らない位で先づ切ることの余程の訓練をし
たのでした。そして度々場所を変えたり季節を変えたりして骨を折ったがどうしても菌根はみづかり
ませんでした。前にも申し上げました糸に在るという事を認めるのはそれ程面倒な事ではないが本當に
ないという事を確認するには相当努力が必要であります。結局どうしてもないという事になりその次
に出て来るのはしようじょうすげですがこれにもない。後で気がつくと先程お話ししたスタールが莎
草には既に菌根がないということを知っていたのでした。それから次に火口から5
00米程下つてくるとかりやすもどきが在ります。禾本科植物は全世界に四千種からある重要なこの
科に菌根の知られているのは竹の種類である。これは我が国で発見されたのが始めてその他には皆で
アメリカでモリニア属に一種発見されています。それ以外には余りはつきりしたことは発表されてい
なかつたのでした。そのかりやすもどきの根を切ったところ細胞の中に糸状菌があつた。次にきりり
まがりやすの根を切ってみると又ある。次に1000米離れてくるとすゝきが現われる。この根を調べ
ると又ある。こう簡單にあるのを何故人が発表していないのか。之は正しく火山植物の見逃すことの
出来ない特別な生態であると考えた。ところが今度は熊本に帰つて暫くたつてから附近にあるすゝき
を切ってみると又驚いた。何れ何れでもないことじやないか。何処のすゝきにもあるではないか。これ
はおかしい。それならばその辺にある禾本科植物を皆切つてみようと思つてありと凡ゆる禾本科植物
の根を切つて調べたところがないものはない。これは今迄人が知らなかつたんだということを考へつ
きフェベルの論旨は向違つているという事に気がついたのである。それでは菌根の形成と環境の問題
はどうかということを知るために先づ主な文献をみたが菌根といえば直に森の植物が向環となり多
くの場合菌植土は菌根形成には必須の関係にあるという外周条件だと考へて来た。メリンはまつやと
うかの外周根の根莖ははらたけを初め種々な高莖菌であると述べて居るが1903年にメラーは菌
植土の少い海岸の砂土に育成するまつの根にも菌根を生ずる事を観察している。それから一方スター
ルは沿岸植物には菌根植物はないといつて居る。しかしこれはやつてみると其の様な事実は無いとい
う事を確認する事が出来た。又マックドガールはロッキーマウンテンの中心地帯には菌根植物は非常に少
いといつて居るがところが私は徳州の駒ヶ岳から高山植物を採集して調べたところ一般に菌根はあつた。
尚沖繩にも行き離れた小さな島々を廻り調べてみると何れも菌根はある。であるから私の見をところ
ではこういう結論に達した。

外周条件は菌根形成には大した関係はない。唯問題はスタールの論旨である。これは水中とか水岸
のものは菌根を作らない。そういうことを又私は確かめた。これを観察を以てなしに実験によつて確
かめた。よしの根莖をとりその根を皆切つてしまつてこれを陸地へ移すとすると二三週間にして根を
出し其の根には菌根が形成されて居る。又例えば水稻には菌根は出来ないが陸稲には菌根を生ずる。

こうなつて来ると外圍條件にも唯一の例外があつたのである。

次に菌根を宿している植物の分類學上の位置の問題であるが今迄の學者の見るところではこの菌根の自然界に於ける分布の概子は断片的に知られていたが全体的には知られてなかつた。さて外圍條件に殆ど關係が無いとすれば宿主の分類系統に關係がありはしないかということに気がついてこの問題に入った。かつてこの分類系統ということに關係して今迄菌根のことを研究した人はハッセルバウムが1931年にがんこうらんという高山植物の根の觀察をしたところ石南科植物の根の菌根とよく似たところがあるということから石南科とがんこうらん科との分類系統關係を論じがんこうらん科は石南族に近いものだということを書いた。これが菌根を分類系統に使つたはじめてであります。又ハッセルマンは寒帯地方に見るちようのすけさうの根の菌根形成と全く同じ事實を歐洲の高山にあるちようのすけさうにも觀察して之は單なる外圍條件によるものでなく分類系統に關係するものと考えた。これまで宿主植物の外圍條件と菌根の形成との關係について考えた人はあるが宿主の分類系統について考えた人は殆どないといつてよい。私は自然界にみる菌根の分布の有様をなく調査した結果菌根と宿主植物の關係はたまたま起る偶然の結果ではなく古い昔から今日に至る長い長い間の關係でなりつたものであるというふうに考えました。著しい例を挙げると先づ双子葉植物では最下等のものすべて内菌根とくなく、せんりよう、ちやらんの株なものには太い菌糸が入つて居る。次に来るやなぎ、かんばはしばみ、藪斗の諸科に属する近縁の一連植物はすべて外菌根を形成する。外菌根というのはまつの菌根の株に根の先々の先端を外側から菌糸が巻き付いて一部根の組織内に菌糸が入るが細胞の隙間に侵入しても決して細胞内を侵さず中心柱の内部にも入らない。これが外菌根の特徴であります。腐植土に富んだ森の植物には此の種のものが多し。これら一連の植物の外には双子葉植物のみならず単子葉植物にも外菌根を形成するものは一つもない。或場合には特例ではあるがむかごに外菌根をつくるものがまゝある。いらくさ科で族中心子族はすべてあかぎ、ひゆ、おしろいばな、やまごぼう、つるな、すべりひゆ、せきらくの諸科は無菌根で一つも菌根を作らない。此の性質は十字科植物に富んでいる。そして之以外に双子葉植物には無菌根はない。皆内菌根を形成する植物である。こういう事はどうして定めるか。唯觀察上の事實に基いていうかというに決してそうではない。実験的に私は今迄の人のやらかなつた方法で菌根を作らせたり作らせなかつたりすることが出来ないのであります。だから實際にその実験に訴えて確証を得なければ承知しません。自然界にもないが実験的にやつても出来ないのならばこれだけの範囲の植物には菌根はないと言えるのであります。十字科になると私が見出した所に既にこういうことをスタールが認めています。勿論実験も何もしないで觀察上の事實だけをなめてあります。十字科が無菌根であつてそれよりずつと高等になるに従つて根菌と宿主植物の關係は次第に密接になつて居ります。単子葉植物は下等なものは多く菌根の通り水湿のところに生える植物でこれらのものは菌根を形成しないのは勿論であり外圍條件からいつても出来ないのが普通であります。単子葉植物の無菌根はどういうものかと申しますと先づサザン科であるがその他つゆくさ科、燈心草科、天爵星科の一部、これだけが無菌根であります。これらを除けば単子葉植物では

菌根を皆持っています。そして高等になるにつれて菌根と宿主植物との関係は菌科に至って完全な域に達しています。裸子植物や羊歯植物の根についても同じ様な事がいわれますが今こゝでは申し上げません。以上のことから考えて高等植物が水岸を離れ次第に陸地へとつて来たもので水岸を離れて陸上の生活に次第に適応する様になって菌根との関係が共生の域にまで発展したものと考えます。宿主植物が高等の域に進むに従って菌根との関係は益々緊密の度を加えて来たものでその関係が共生でなく寄生の現象など致しますとかくの如き性質は宿主植物にとっては明らかに不利な条件であり自然淘汰の結果その様な菌根を持つ性質は稀薄するどころか自然界から除かれた筈であります。この場合除かれてしまったと致しますと自然界に於ける植物の分布状態は今日とは凡そ違つたものと考えられ又植物の進化は今日の状態とは全く異つたものであつたらうと思われれます。そうすると実際にはこれは共生の現象であらうか寄生であらうか。之は菌根問題のまさに重要な点であると思われるのであります。

そこでいよいよ本日のお話の菌根の生態的意義という問題の結論に移つて行くのであります。菌根現象というのはいくつあるのか或は共生であるのかという問題は既に数十年前から論争に論争を重ねて何れとも決仕られない難問題なのであります。例えば菌の根菌の如きは種子の発芽ということと密接な関係があるということが実証されこの場合は明らかに共生であります。けれどもこれは特別な場合であつて勿論一般に通ずる菌根論の解決になるものではありません。又石南科植物の菌根の如きは今日もなお未解決の問題として残されて居ります。まつ族の菌根は赤を決定をみないばかりかそれは菌根現象の僅か一部を占めて居る外菌根に関する問題であります。斯かる重要な問題の研究に當つて曾ってスタールが菌根現象は実に広い現象であるということを示しているにも拘らずこれまで何故か何れも科種の二三の植物、殊に多く木本を選んで研究の対象として菌根の研究をしているが自然にはもつと都合のよいいろいろの菌根植物があつてどれをとつて来ても使えるものをどうして使わないか私には不思議に堪えなかつたのであります。結局研究者達は古い文献に頼つて本当の菌根の在り方を知らないからであらうと考えました。だから私は最も都合のよい材料を採んだそのお話を致します。この問題を解決するためには先づ適当な実験材料を選ぶべきでそれには野生の一年生草本を採つたのであります。短期間に明らかな菌根の影響による其の植物の発育状態を知る事が出来るので自由に同一種類の植物を簡単に而も自然に近く無菌根に或は菌根状態に培養する事を考案し斯して出来るだけ同一條件の下に無菌根状態のものを対照として菌根の影響を数量的に比較せんとしたのであります。これまでメリン等の方法もありますがこのメリンの方法というのは森の腐植土の高菌数を純粋に培養し之を以て菌根の合成を行おうとするのであります。培養法は外部から雑菌の入らない瓶ことう考案であります。これは実につまらない方法と思ひます。材料が松などであるから二年以上もコルベンの中で培養するのであります。こういうことをして狭い中で不自然な培養を続けてたとえ菌の合成が出来たとしてもそれが直に菌根の影響などは云われません。外の影響がいろいろ加つての結果であつて此のやり方には菌根は出来ません。私の培養実験にはすべて植木鉢を用いました。培養土としては菌根の土の上側60パーばかりをはねて下から余り肥料のない土をとり篩にかけたものを、砂

を3の割合でよく混合して用いこれを五寸鉢に盛り植木鉢をそのまま、実験室の圧力釜に入れて一気圧半で50分消毒して完全な殺菌を遂げこれに昇水Kにて消毒した種子を蒔く。そして苗が出て来てこれが3桁程になった時に今度はもう一つの消毒した植木鉢に移植するのであります。その時同じ位の程度のもを根を切らない株に注意して抜いて消毒した二個の植木鉢に移り植える。その時第一の鉢にはそのまま、第二の鉢には移植の際からずしも腐植土でなくても何処の土でもよくこの無殺菌の生の土を5瓦から10瓦位とつて添土します。そしてこれらの鉢は消毒された台の上に並べフレームの枠をかけて埃の入らない株にする。常に蓋をあけてして換気をよくし灌漑には水道水を用い水だけで特別に肥料を施さずに培養する。そしてある培養期間の後で茎と根に切り分けこれらを乾燥器にて完全に乾燥して目方を比較するのであります。この方法でやると例えばしろを例にとれば移植後63日目に菌根が出来てるのが対照の30倍になる。それでは菌根の影響だということがどうして分るかというに抜く時根を一々顕微鏡によつて調べて観ると一方は菌根が出来てるし一方は全然出来ていない。菌根のないのは充分生長が出来ず大きくならないので根を切つてみなくとも一見してすぐ分るのであります。とうがらしは75日で20倍、ひのきは63日で2倍になりすざはは98日で4倍、くろまつは80日で1.5倍、くすはは125日で3倍という数字が出ています。私は單にこれら二三の例に止まらずあらゆる種類の産生植物約100種類以上について此の実験を試みましたが菌根を形成するものは必ず発育がよく無菌根のものより著しく顕著でありました。そして菌根現象は明らかに共生であるという事動かすことの出来ない確証を得たのであります。しかしこの菌根現象は殆ど環境とは関係なしに根菌は到るところに存在しているので発芽してから二三週間或は遅くとも数週間で必ず菌根を形成します。それで理論的には非常に面白い問題であるが実用的には蔓科植物の根菌の様な意義をもつものということはいわれません。尤も造林関係の苗の育成等については此後此の菌根問題が大いに利用されるものと考えているのであります。

まだお話ししたい事はいろいろありますが余り長くなるのでこれ位で私の話を終りたいと存じます。

本稿は25年5月20日、日本林学会九州支部講演会
に於ける特別講演要旨。

講演者は熊本大学教授呼博士、

速記——中田 桂子