

緒 言

北海道は寒冷な気象条件にあるが、農業はこれを克服しながら今日にいたっている。豊かな土地資源に恵まれて今後もさらに発展が見込まれることから、北海道は日本の食糧基地と期待されている。広大な北海道では地域によって気象や土壌条件が異なり、それぞれに応じて稲作をはじめ畑作、酪農、野菜および果樹作などが地帯を形成して営まれている。畑作についてみると、道東の十勝および網走・北見地方の二大畑作地帯が代表的であるが、近年では、道央を中心とする水田の約半数に達する転換畑での畑作物の作付けも無視できない。このような北海道の畑作における主要4作物の全国の作付け面積に占める割合³²⁾をみると、麦類38%、馬鈴しょ61%、てん菜100%、マメ類29%に達しており、日本農業における北海道の位置づけは非常に重要である。

さて、マメ類をはじめとするマメ科作物は根粒菌と共生し、畑作物のなかでも特異的な作物であることが知られている。根粒菌はマメ科作物の根に感染して根粒を形成し、そのなかで空気中の窒素ガスをアンモニアに変換（窒素固定）し、宿主であるマメ科作物はこの窒素を利用して生育する。このように、根粒菌は空気中に無尽蔵にある窒素ガスをアンモニア態窒素に固定して作物に供給しており、根粒は窒素製造工場といってもよい。そのため、北海道施肥標準³³⁾ではマメ科作物に対する窒素の施用量を非マメ科作物よりも少なく設定している。特に、ダイズの場合は根粒からの固定窒素の供給量が他の小豆や菜豆などのマメ科作物よりも多い^{31,69,75)}ので、窒素施用量は著しく少なく、根粒依存型の栽培が行なわれており、根粒菌の果す役割は非常に大きい。

ところで、窒素肥料の主要な原料となっているアンモニアの製造技術はドイツのハーバーボッシュによって1909年に確立され、その後、改良

が加えられて現在にいたっている。その原理は、根粒菌による生物的窒素固定と同様に、空気中の窒素ガスを水素ガスと反応させてアンモニアを製造するが、その際に400～600℃、100～1,000気圧という条件を必要とする。このように工業的窒素固定は非常に高温と高圧を必要とし、これに要する膨大なエネルギーは化石エネルギーに頼っている。これに対して、根粒菌による生物的窒素固定は常温、常圧のもとで、作物からエネルギー（光合成産物）の供給を受けて行われるので、人為的なエネルギーの投入は全く必要としない。

1973年、いわゆるオイルショックが世界を襲い、化石エネルギー資源が有限であることが強く認識された。特に、資源の乏しい我が国ではエネルギーの有効利用と新しいエネルギー源の開発に向けての研究が強く求められるようになった。このような背景の中で、自然エネルギーの有効利用に関する研究が強化され、文部省の特定研究「生物の生産組織の開発」（1976～1978）、農林水産省の大型プロジェクト研究「農林水産業における自然エネルギーの効率的利用技術の確立に関する総合研究」（1978～1987）が進められた。両研究では生物的窒素固定が研究課題の一つとして取り上げられ、その中で、著者はダイズ根粒菌の有効利用という課題で研究に参加する機会を得た。本報告はその成果を中心に取りまとめたものである。

さて、日本における根粒菌の利用を振り返ってみると、高い窒素固定能を有する有効根粒菌の人工接種は、1940年代まではマメ科緑肥作物（クローバ、ルーピン）の増産用として奨励された程度であったが、その後、ダイズなどのマメ科畑作物への接種も積極的に進められるようになり、現在にいたっている。有効根粒菌の配布は、1950年代頃までは、当初は東京大学において、その後、当時の農林省農業技術研究所に

において純粋培養した菌が都道府県の農業試験場を経由して配付されていたようであるが、詳細な記録はない。十勝農業協同組合連合会の資料によると⁹⁸⁾、北海道では1938年から主として道立農業試験場本場で配布していたが、一部は清水町農業協同組合、片倉肥料、新田ベニヤなどの民間でも販売していた。その後、1954年に十勝農業協同組合連合会（十勝農協連）が配布事業を開始し、これに伴って、間もなく他の民間での販売が中止された。現在、我が国で有効根粒菌の配布事業を行っているのは十勝農協連だけである。配布形態は、当初は粉状接種剤であったが、1974からノークュライド種子による配布も開始し、現在ではこれが主流になりつつある。ノークュライド種子というのは、詳細は後述するが、工場で根粒菌を接種・加工した種子⁸¹⁾である。十勝農協連の販売実績によれば、マメ科畑作物およびマメ科牧草用の根粒菌は、作付け面積に換算して、63,679および31,679 haに相当する量が出荷されている。この大部分は北海道で利用されており、マメ科作物の総作付け面積の80%に達し、その普及率は非常に高いと推定される。

次に、本研究を開始するまでの我が国の根粒菌に関する研究を振り返ってみる。1940年代頃までの研究の中心は根粒菌の生理、分類および窒素固定能の高い菌株の探索などであった。その後、根粒菌の積極的な利用に伴って種々の研究の必要性が増大し、多方面にわたる研究成果が多数報告されるようになった。そのうち、根粒菌の生理、生態に関するものをみると、必ずしも多いとは言えない。1953年から1955年にかけて石沢³⁸⁻⁵⁵⁾は各種根粒菌についての詳細な研究結果を報告した。その内容は根粒菌の人工培地上における生理と生態、宿主作物との関係、窒素固定能など広範にわたっており、18編に及ぶものであった。また、1953年に山内¹⁰⁸⁾は現場の作物栽培の立場からダイズ、小豆、菜豆の作物種間および品種間の根粒着生の差を報告した。この数年後、辻村と渡辺は根粒菌の土壤中

における生態を詳細に研究し、その結果を1959年から1963年の間に5編にわたって報告⁹⁸⁻⁹⁷⁾している。土壤中の根粒菌数の測定法として希釈頻度・根粒形成法が実用的であることを明らかにし、この方法によって根圏および非根圏土壤の根粒菌を調査してその生態の解明を行なった。土壤中における根粒菌の具体的な生態に関する研究としては、我が国では渡辺らの報告が最初であろう。このあと、1981年に三浦ら⁷²⁾は秋田県八郎潟におけるダイズの根粒着生不良の対策として、有効根粒菌の多量接種や既栽培土の接種が効果的であることを報告した。

以上これまでの根粒菌の生態に関する研究の概要であるが、研究例が少なく、十分に解明されているとは言えない。特に、実際の作物生産場面における根粒菌の生態と利用に関しては不明な点が少なくない。たとえば、ダイズ、小豆、菜豆などでは根粒菌が接種されていなくても、通常は、十分な根粒が着生し、収量についてみても、それほど劣らないのが現状である。これは、土壤中にすでに根粒菌が生息しているためと考えられ、この点では根粒菌を有効に利用しているといえる。しかし、さらに高い収量を目指して、高い窒素固定能の有効根粒菌を接種してもその効果は著しく低いのが一般的である。また、マメ科牧草のアルファルファについてみると、北海道ではアルファルファの処女地が多く、土壤のアルファルファ根粒菌の密度は低いと推定されるので、根粒菌の接種は特に重要である。しかし、播種時に種子に有効根粒菌を接種しても、発芽後のアルファルファには根粒が着生せず、明らかな窒素欠乏を呈して生育が劣る場合があり、その結果、アルファルファは雑草との競合に負けて消失し、草地造成に失敗する例がある。このように、なぜ有効根粒菌の接種効果が著しく低かったり、不安定だったりするのかわ、その原因は不明のまま残されている。

以上のことから、著者は根粒菌の有効利用の向上をはかるためにはこの点の解明が最も重要と考え、本研究を開始するにいたった。

謝 辞

本研究の遂行と取りまとめにあたり、前東京大学農学部教授丸山芳治博士には終始ご指導とご援助を賜わり、かつ、詳細に本文のご校閲の労を賜わった。前東京大学農学部教授熊沢喜久雄博士、前東北大学教授古坂澄石博士、鹿児島大学農学部教授東四郎博士には暖かい励ましを賜わった。

本研究は中央農業試験場および十勝農業試験場の両場にわたって実施した。当時の中央農業試験場での上司である歴代化学部長の森哲郎氏、松代平治氏、後藤計二氏、奥村純一博士、歴代の土壌肥料第一科長である岩淵晴郎博士、関口久雄氏（現天北農業試験場主任研究員）、当時の土壌改良第二科長平井義孝氏、十勝農業試験場土壌肥料科長（現天北農業試験場長）大崎亥佐雄氏には種々のご指導とご理解をいただいた。また、両場をとおして土壌肥料科員の諸氏には種々のご指導とご協力をいただいた。

上川農業試験場砂田喜与志場長には本稿のご校閲をいただいた。

本研究の主要部分は文部省の特定研究「生物の生産機能の開発」および農林水産省のプロジェクト研究「農林水産業における自然エネルギーの効率的利用技術の確立に関する総合研究」において実施した。著者が所属した研究チームの関係諸先生には研究の機会と多大なご指導を賜わった。

本研究の遂行にあたり、十勝農業協同組合連合会農産事業部から試料の提供と種々のご協力とご助言をいただいた。

以上の各位に対して心から感謝の意を表します。

前東京大学丸山芳治教授は平成2年3月東京大学を退官されて間もなく、6月10日逝去された。衷心よりご冥福をお祈り申し上げます。

第1編 ダイズ有効根粒菌の接種効果の実態

ダイズ根粒菌には種々の窒素固定能のものが知られており、ダイズの栽培にあたっては、窒素固定能の高い有効根粒菌を人工的に接種することが広く行なわれてきた。しかし、現地の農家や指導機関では接種効果が明瞭でないという指摘が少なくない。

そこで、本章では、既往の試験成績および実際の接種試験をもとに、接種効果の実態を明らかにし、これを確認する。

第1章 既往の接種試験成績

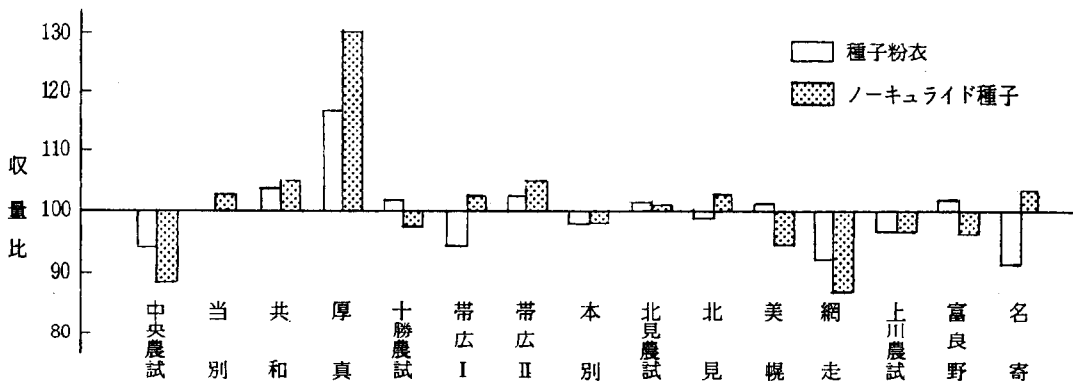
昭和53年に道立の中央、十勝、上川および北見の4農業試験場が組織的にダイズ有効根粒菌の接種試験³⁴⁾を実施した。

各農業試験場でそれぞれ3～4圃場、合計15圃場において、ダイズ品種「トヨスズ」、「キタムスメ」および「ユウズル」を供試して行なった。

有効根粒菌としてはJ-10号菌を用い、二つの接種法を比較した。一つは慣行の種子粉衣法であり、鉾物の微粉末に有効根粒菌を添加したものが市販されているので、これを播種直前に種子に混合・粉衣した。このようにして種子表

面に接種される根粒菌数は 10^4 /種子程度と推定される。もう一つの接種方法としてノーキュライド種子を用いた。これは、アメリカで開発された新しい接種法であり、工場で有効根粒菌を接種・加工した種子が市販されている。精選した種子の表面に培養菌を付着させ、これを真空状態の中に置いたのち、一気に爆気して常圧に戻すことにより、種子の表皮内に根粒菌を挿入接種する^{67,80,81)}。この方法による接種菌数は種子あたり $10^4 \sim 10^5$ /種子前後といわれている。栽培法は現地の慣行法にしたがった。

以下は試験結果の概要である。供試3品種についての成績のうち、各試験場で共通して用いた「トヨスズ」に対する接種効果を第1図に示した。無接種区に対する接種処理区の収量を百分比で示した。15試験地のうち厚真試験地では種子粉衣区は118、ノーキュライド種子区は130の高い収量比を示したが、共和、帯広(III)および北見農試の3試験地ではいずれの接種法も105以下の低い収量比にとどまり、残りの11試験地ではいずれかの接種法または両者が無接種より低い収量比であった。このように、厚真試験地では接種による増収は明らかであったが、他の試験地では接種効果は著しく低いかまたは認め



第1図 現地におけるダイズ有効根粒菌の接種効果

られなかった。

本試験は、接種効果をダイズの収量だけから判定しており、詳細な検討はしていない。しかし、実際の農業生産場面では、作物の収量に基づく接種効果の判定で十分であり、また、本質的な接種効果の解析手段の乏しい状況において、本試験のように収量から接種効果を判定せざるをえない。

以上、道内4試験場、15試験地で実施した接種試験の結果、接種効果が明らかであったのは厚真試験地のみであり、他の試験地では明瞭ではなかった。このような結果は、接種効果が明瞭に認められる例が少ないという現地での指摘と一致しており、接種効果の実態を示していると考えられる。

第2章 有効根粒菌の接種試験

本章では実際にダイズ有効根粒菌の接種試験を実施し、その接種効果を解析した。すなわち、接種効果に影響すると考えられる土着ダイズ根粒菌の密度と窒素固定能、接種ダイズの根粒着生量や生育・収量などを調査し、これらの相互関係から解析した。

第1節 供試土壌のダイズ根粒菌の密度と窒素固定能

1. 試験方法

1) 供試土壌

十勝地方7圃場、北見地方2圃場および胆振地方1圃場の合計10圃場から土壌を採取し、五千分の1アールのポットに詰めた。土壌は5月初旬の作付前の圃場から採取した。採取方法は、それぞれの圃場について、数ヶ所から深さ15cmの土壌を採取して混合した。これを道立中央農試まで運搬または郵送し、湿土の状態で5mmの篩いを通したのち試験に供した。土壌の種類としては、2土壌が褐色低地土で、他の8土壌は黒ボク土である。黒ボク土は腐植含量によって2分され、腐植含量が10%以上の著しく高い土壌は黒色を呈し、他の褐色の黒ボク土とは外観的にも明らかに異なる。これらの土壌の概要を第1表に示す。

2) 菌密度の測定

辻村^{93,94)}らの方法にしたがって希釈頻度・根粒形成法により測定した。70%エチルアルコール

第1表 供試土壌の概要

圃場	土壌の種類	pH (H ₂ O)	全炭素N (%)	全窒素N (%)	C/N比	腐植 (%)	熱水抽出N (mg/100g)	N無機化量 ¹⁾ (mg/100g)
十勝 A	褐色低地土	6.0	1.04	0.10	10.5	1.8	4.2	0.98
十勝 B	褐色低地土	5.6	3.27	0.21	16.0	5.6	5.6	1.12
十勝 C	黒ボク土	6.3	3.91	0.40	9.7	6.7	9.8	2.86
十勝 D	黒ボク土	5.9	3.51	0.24	14.6	6.1	6.4	2.24
十勝 E	黒ボク土	6.0	2.27	0.19	12.3	3.9	4.8	0.73
十勝 F	黒ボク土	5.8	3.76	0.27	13.8	6.5	5.0	1.37
十勝 G	黒ボク土	5.9	7.50	0.51	14.7	12.9	14.9	2.30
北見 A	黒ボク土	5.9	7.87	0.53	14.9	13.6	12.6	1.94
北見 B	黒ボク土	5.3	7.87	0.53	14.9	13.6	13.5	2.96
厚真	黒ボク土	6.0	1.57	0.12	12.8	2.7	6.7	1.12

1) 30°C, 3週間培養

ルで殺菌した100 ml容ポリビンに洗浄・蒸気殺菌(120℃, 1時間)した川砂を七分程度に詰め, 滅菌水を10ml加えた。これにダイズ種子(トヨスズ)を3粒播種し, 土壤希釈液1mlを加えたのち殺菌砂で覆土した。種子は70%エチルアルコール溶液に2分間, 次いで0.1%塩化第2水銀溶液に3分間浸漬して表面殺菌し, 滅菌水で十分に洗浄して用いた。土壤希釈液は 10^{-2} ~ 10^{-7} のものをを用い, 各希釈液について5連で行なった。栽培は昼温25℃, 夜温20℃の人工気象室中で行ない, 発芽後に間引きして1本立とし, 途中の給水には滅菌クロン氏液²³⁾と滅菌水を交互に用いた。栽培期間は, 外部からの汚染を最小限にとどめるために短期間の方が望ましいが, 着生した根粒が肉眼で容易に観察し得るまでの25日間とした。栽培終了後, 根部を洗浄して根粒着生の有無を調査し, この結果から菌数の最確値を求め, これをもとに乾土1gあたりの菌数を算出した。

3) 窒素固定能の測定

洗浄した川砂を直径18cmの植木鉢に詰めて蒸気殺菌(120℃, 1時間)し, 播種床に土壤1gを加え, その上に播種した。ダイズは「北見白」を用いた。6月3日に播種して人工気象室中(昼温25℃, 夜温20℃)で栽培し, 7月14日

に収穫して調査に供した。

2. 試験結果

1) 土着ダイズ根粒菌の密度

土着ダイズ根粒菌は, 現に土壤に生息しているものとした。したがって, 過去のダイズ作付け時に接種した有効菌が土壤に生残していれば, これも含まれていることもあり得る。

第2表に示すように, 土着ダイズ根粒菌密度は土壤によって異なり, 乾土1gあたり 10^2 ~ 10^7 にわたっていた。十勝Eと北見A土壤は少なくとも過去10年間はダイズを作付していなかった圃場であり, 菌密度も 10^2 ~ 10^3 と低かった。これに対して, 他の大部分の土壤では, 菌密度はこれより高く, なかでも厚真土壤は乾土1g当たり 2×10^7 と著しく高かった。

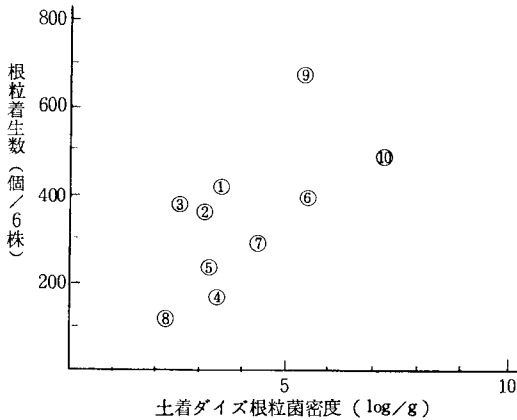
2) 根粒の着生数と総乾物重

第2表に示したが, 根粒着生数は土壤によって大きな違いが見られ, ダイズ6株当たり113個から644個にわたっていた。根粒着生数が多い北見B土壤や厚真土壤では土着ダイズ根粒菌の密度も高く, 第2図に示すように, 根粒着生数と土着根粒菌密度の間には比較的高い関連性が認められた。つぎに, 根粒の総乾物重につい

第2表 土着ダイズ根粒菌密度およびダイズ収量調査結果

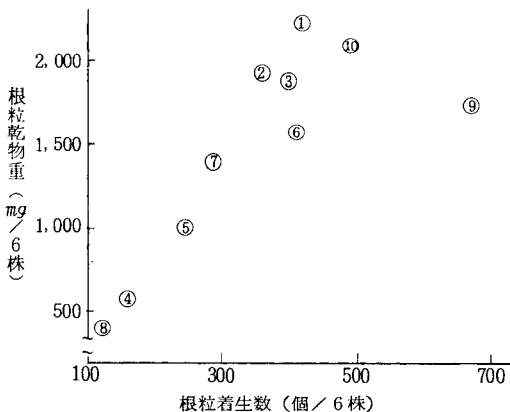
圃	場	土着根粒菌密度 (対数/乾土g)	根粒(6株当)		乾物収量 (g/6株)	窒素含量 (%)	窒素固定量 (mg/6株)
			数	乾物重(mg)			
1.	十勝 A	3.49	413	2,240	14.4	3.42	412
2.	十勝 B	3.16	363	1,900	12.6	3.21	323
3.	十勝 C	2.80	385	1,874	13.7	3.21	360
4.	十勝 D	3.37	155	561	10.6	2.00	131
5.	十勝 E	3.13	239	1,000	8.3	2.80	151
6.	十勝 F	5.48	399	1,550	11.0	3.01	251
7.	十勝 G	4.40	282	1,378	10.9	2.66	209
8.	北見 A	2.29	113	407	7.1	1.63	35
9.	北見 B	5.49	664	1,733	11.9	2.91	264
10.	厚真	> 7.30	492	2,046	14.5	3.43	416

てみると、第3図に示すように、根粒着生数に伴って増加する傾向にあった。しかし、着生数が6株当たり400個程度(67個/株)で根粒総乾物重はピークに達し、着生数がこれを大きく上回る⑨北見B土壤と⑩厚真土壤ではそれに見合う乾物重の増加は見られなかった。この原因は、第4図から明らかなように、根粒の平均1個重の低下によるものである。このように、根粒が一定の着生数を越えたときに根粒の生長・肥大が抑制されることは、宿主ダイズから根粒に供給されるエネルギー源としての炭水化物の総量に限度があり、一定以上の着生数では根粒1個当たりの炭水化物供給量が減少したことを示していると考えられる。

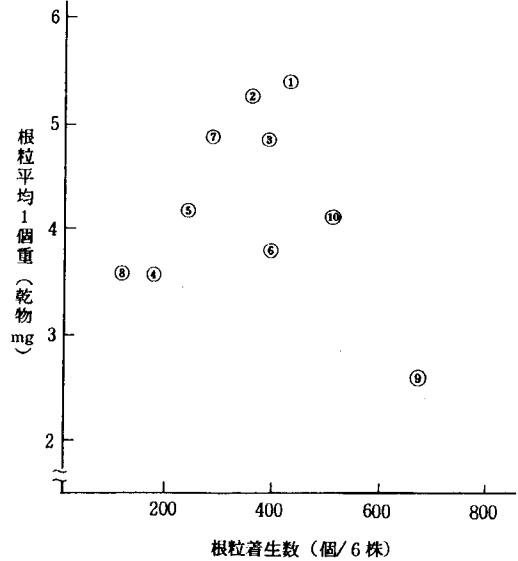


第2図 土着ダイズ根粒菌密度と根粒着生数の関係

○中の番号は第2表に示した圃場番号を示す。以下の図も同じ。



第3図 根粒着生数と根粒総乾物重の関係



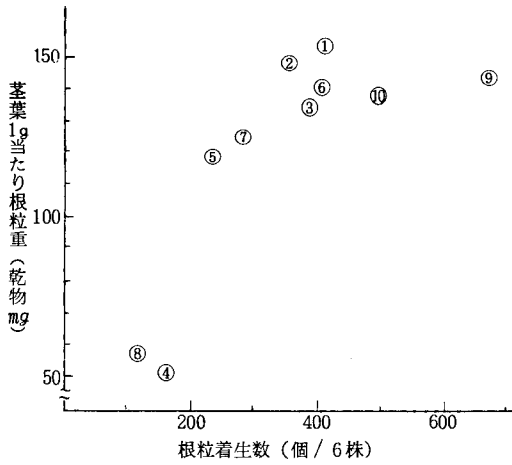
第4図 根粒着生数と根粒平均1個重

そこで、光合成の場であるダイズ茎葉部の乾物1gあたりの根粒乾物重を求め、これと根粒着生数の関係を見ると、第5図に示すように、着生数が400個/6株のときにはほぼ最大値に達し、その値は約150mgであった。このことから根粒の総乾物重は着生数の増加に伴って一定量まで増加するが、本実験条件下では、宿主の茎葉乾物1g当たりの根粒乾物重は150mg程度が限度とみられる。これ以上の着生数では根粒の平均1個重が減少し、根粒の総量としては限度値を上回らないように、自動的にコントロールされているように思われる。

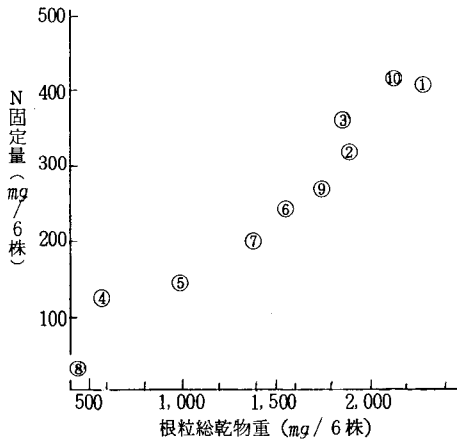
3) 窒素固定量

第2表に示したように、窒素固定量は土壤によって大きく異なり、最も低い北見A土壤ではダイズ6株あたり35mgの窒素が固定されたにすぎないが、厚真土壤では416mgもあり、その差は10倍以上もあった。この窒素固定量は第6図に示すように根粒の総乾物重と密接に関連していた。これらはダイズの生育にも反映し、第7図および第8図に示すように、根粒総乾物重および窒素固定量の高いものはダイズの茎葉乾物

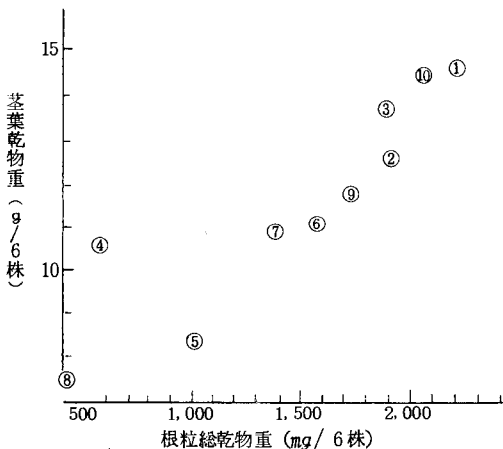
重も明らかに高かった。



第5図 根粒着生数と茎葉乾物 1g 当たり根粒乾物重の関係



第6図 根粒総乾物重とN固定量の関係

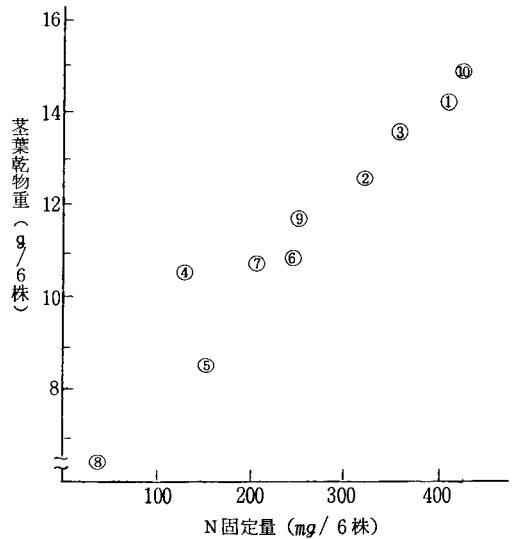


第7図 根粒乾物重と茎葉乾物重の関係

4) 土壌の類型化

以上に示した結果は、土壌 1 ㍉を種子上に接種して砂耕栽培したものである。土壌の添加量が非常に少ないので、得られた結果は土壌の理化学的性質の違いによるものではなく、土壌の生物性すなわち土着ダイズ根粒菌の密度や窒素固定能の違いが強く反映したものと考えられる。

現在、ダイズに対する窒素の標準施用量は 1.0 ~ 1.5 kg/10a と非常に少なく、根粒菌依存型の栽培が行われている。したがって、土着ダイズ根粒菌の密度や窒素固定能が高い圃場では、有効菌が接種されていなくてもダイズの生育・



第8図 窒素固定量と茎葉乾物重の関係

収量は高く、相対的に有効菌の接種効果は低下すると考えられる。また、土着ダイズ根粒菌の密度は、根粒着生の場面で、接種有効菌と競合することが考えられる。このようなことから、土着ダイズ根粒菌の密度や窒素固定能が有効菌の接種効果に及ぼす影響は小さくないと考えられる。

そこで、本実験の結果から、供試土壌を推定接種効果が低、中、高の3タイプに類型化し、これを第3表に示した。十勝D、十勝Eおよび

北見A土壌は、土着ダイズ根粒菌の密度と窒素固定能が劣っているので、有効根粒菌の接種効果は高いと考えられる。

壤を供試した。土壌の概要はすでに第1表に示した。

第2節 有効根粒菌の接種効果

1. 試験方法

1) 供試土壌

第1節の土着ダイズ根粒菌の評価で用いた土

2) 根粒菌接種法

有効根粒菌（J-10）を酵母エキス・マンニット寒天培地上で10日間培養し、集菌して滅菌水に分散された。これの一定量を、播種して覆土直前の種子上にコマゴメピペットで滴下した。接種菌数は平板法²¹⁾によって計数した結果、種子あたり 1.3×10^6 であった。

第3表 土着根粒菌と接種効果（推定）に基づく土壌の類型区分

土 壤	土着根粒菌密度	根粒着生数・重	窒素固定能	接種効果（推定）
9. 北 見 B	高	高	中	低
10. 厚 真	高	高	高	低
1. 十 勝 A	低	中	高	中
2. 十 勝 B	低	中	高	中
3. 十 勝 C	低	中	高	中
6. 十 勝 F	高	中	中	中
7. 十 勝 G	低	中	中	中
4. 十 勝 D	低	低	低	高
5. 十 勝 E	低	低	低	高
8. 北 見 A	低	低	低	高

3) 施肥量

硫安0.5，過リン酸石灰2.5，硫酸カリ1.0
(g/ポット)

4) 試験規模

5,000分の1アールポット試験，1ポット2本立，3連制。

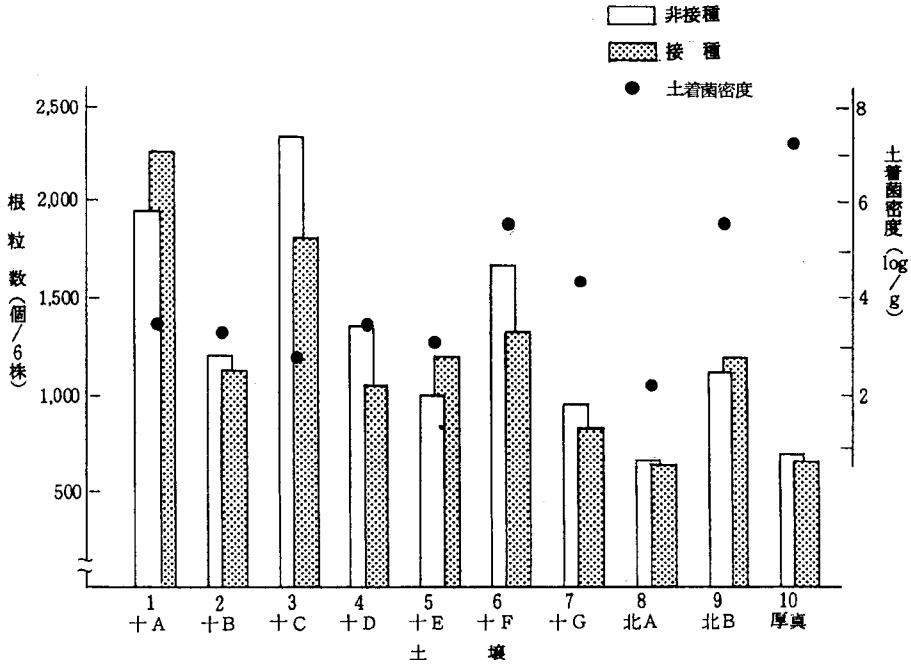
5) 栽培法

5月31日に接種・播種し，開放した温室中で栽培した。途中，水道水を用いて水分を補給した。8月18日（子実肥大始め）に収穫して調査に供した。

2. 試験結果

1) 根粒の着生数と総乾物重

第9図に根粒着生数の結果を示した。前節の土壌少量接種砂耕試験（以下砂耕試験）と比較して，本節の土耕試験では根粒の着生数は著しく高い水準にあった。また，砂耕試験結果では十勝D，Eおよび北見A土壌は土着ダイズ根粒菌密度が低く，根粒着生数も少なかったもので，接種による根粒着生数の増加が特に期待されたが，これらの土壌のうち，接種区の根粒着生数が増加したのは十勝E土壌のみであった。このほかでは，土着ダイズ根粒菌密度が中程度の十勝A土壌でも接種区の着生数は増加したが，残りの8土壌では着生数の明らかな増加は認めら

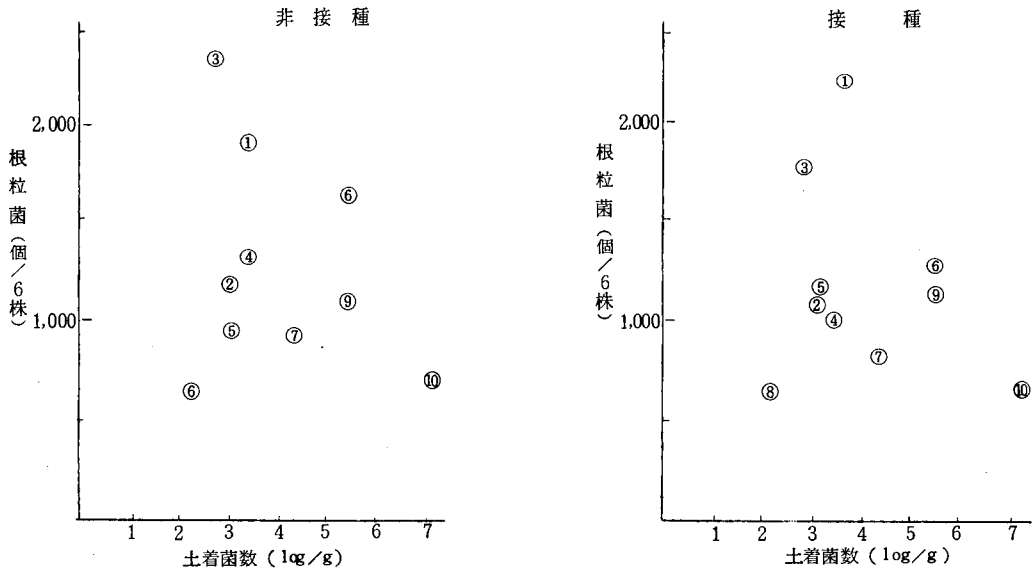


第9図 根粒着生数および土着ダイズ根粒菌密度

れなかった。

第10図に土着ダイズ根粒菌密度と根粒着生数の関係を示した。前節の砂耕試験では両者は比較的高い正の関係にあったが、本試験では非接種系列をみてもそのような関係は認められな

った。また、接種系列もほぼ同様で、接種によってその傾向に大きな変動はみられず、前節とは異なる傾向であった。その理由として、本実験のような土耕条件では、土着ダイズ根粒菌密度が低い土壤であっても、ダイズの根系全体と



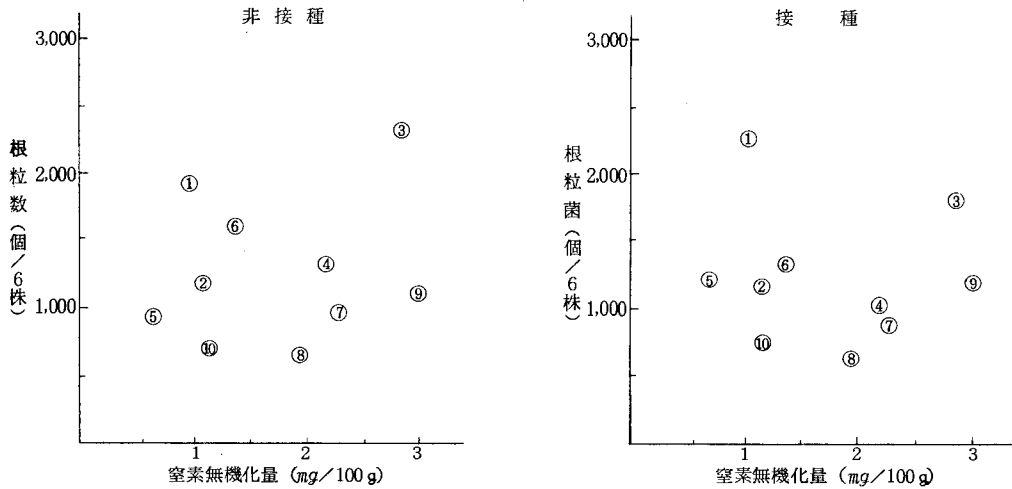
第10図 土着根粒菌密度と根粒着生数の関係

してみれば比較的高い菌数となること、根粒菌は宿主作物の根面で速やかに増殖^{83,86)}して根粒を着生することなどが土壤の菌密度の差を見かけ上小さくしたことが考えられる。このほか、土耕では根粒着生に及ぼす土壤の無機態窒素含量の負の影響も考えられる。しかし、第1表に示したように、いずれの土壤の窒素無機化量も低いレベルにあり、また、第11図に示すように、土壤の窒素無機化量と根粒着生数の関係をみても一定の傾向は認められず、土壤の無機態窒素が根

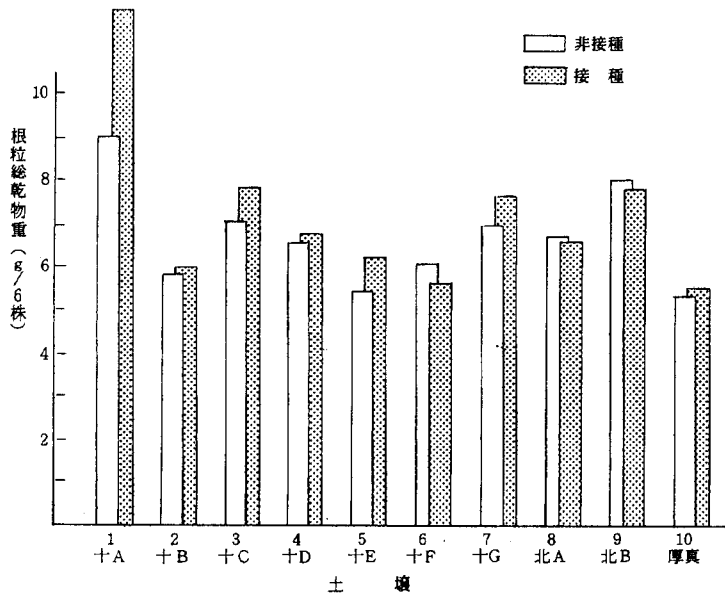
粒着生に及ぼす影響は小さかったと考えられる。

次に、根粒の総乾物重をみると、第12図に示すように、十勝A土壤では、根粒着生数の場合と同様に、根粒総乾物重も接種区で増加したが他の土壤では接種によっても根粒総乾物重は非接種と大差がなかった。

第13図には根粒の着生数と総乾物重の関係を示した。非接種および接種のいずれについても根粒の着生数の増加に伴う総乾物重の増加傾向は明らかでなく、両者の間に一定の関係は認め



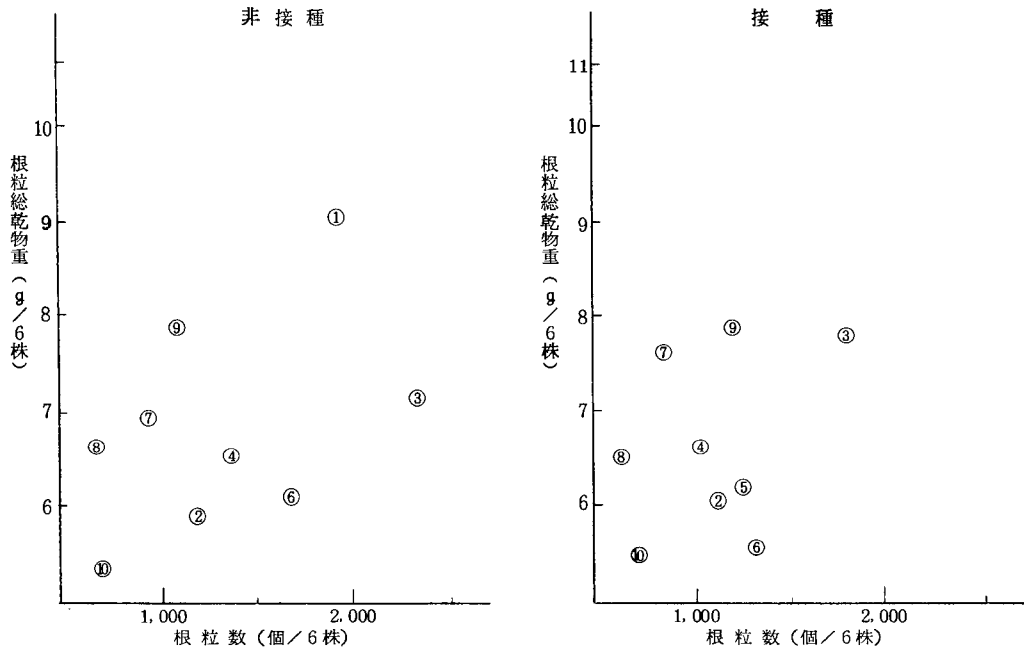
第11図 土壤の窒素無機化量と根粒数の関係



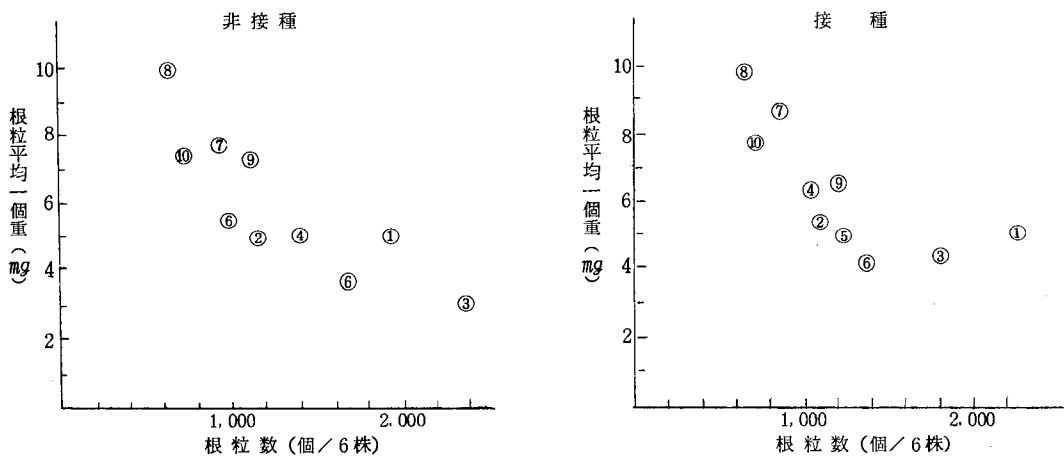
第12図 根粒総乾物重

られなかった。これは、第14図に示すように、根粒の平均1個重がその着生数の増加とともに減少したためである。このような根粒の着生数

の増加に伴う平均1個重の減少は土耕のダイズで多くみられる現象で、第1節の砂耕試験で示したように、根粒1個当たりの受給炭水化物量



第13図 根粒数と根粒総乾物重の関係



第14図 根粒数と根粒平均1個重の関係

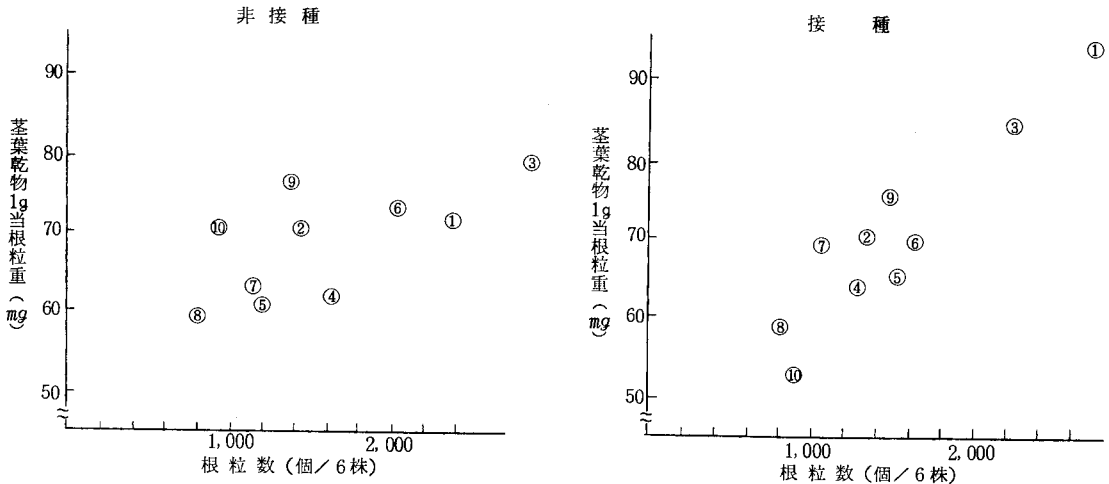
の減少によるものと考えられる。

つぎに、根粒着生数とダイズの茎葉乾物1株当たりの根粒乾物重の関係を示す。

ダイズ茎葉1株当たりの根粒乾物重は砂耕試験と比較して低いレベルにあり、また、着生数に伴って増加したままで、一定着生数でピークが

みられないなど、砂耕試験と異なる傾向を示した。土耕においてはダイズは根粒が供給する窒素以外に土壌窒素も吸収・利用するので、根粒が供給する窒素を上回る生育をし、そのため、ダイズの単位乾物重あたりの根粒乾物重は相対

的に砂耕試験より低くなったと考えられる。これに対して、砂耕試験では、ダイズは窒素源を根粒のみに依存しているので、最大限の共生が成立していたと考えられる。その結果、ダイズ単位乾物重あたりの根粒乾物重は土耕試験より



第15図 根粒着生数と茎葉乾物1gあたり根粒重の関係

も高く、一定着生数以上では限界値に達したと推定された。これに比較すれば、土耕の場合のダイズ単位乾物重あたりの根粒乾物重は低く、さらに根粒の着生を高めて有効利用をはかる余地が残されていると考えられる。

2) ダイズの収量と窒素吸収量

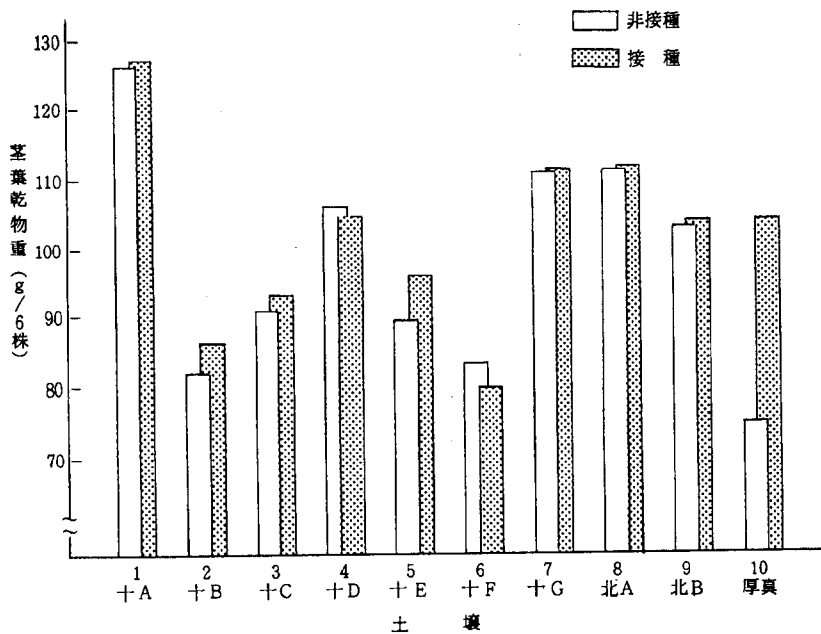
第16図にダイズの乾物収量を示した。十勝のB, C, E土壌および厚真土壌の接種区は、非接種区と比較して、それぞれ5, 3, 8, 38%増収したが、他の土壌では非接種区と大差がなかった。次に、窒素吸収量についてみると、第17図に示すように、十勝B土壌と厚真土壌の接種区は、非接種区より、それぞれ9, 24%高かったが、他の土壌では吸収量の増加はみられなかった。

接種効果は、窒素含量の高いダイズ子実の収量向上という面からみれば、窒素吸収量の増大で判定することもできる。これによれば、接種

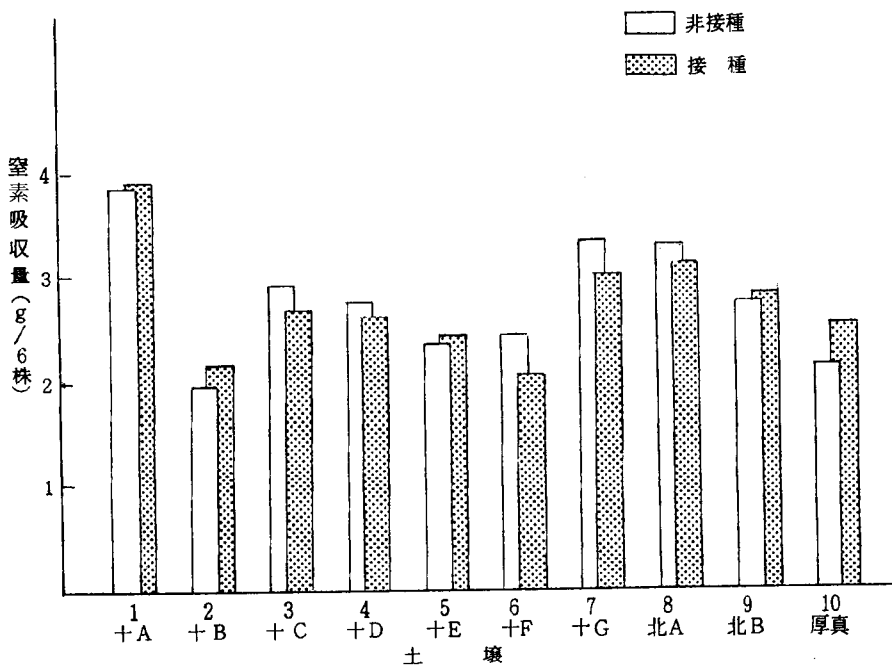
効果が認められたのは十勝B土壌と厚真土壌の2土壌においてのみといえる。

この窒素吸収量にもとづく接種効果と土着根粒菌の密度および窒素固定能、根粒の着生数と総乾物重、ダイズの収量などの接種効果構成要因との関係を見ると次のとおりである。

十勝B土壌と厚真土壌は、土着根粒菌の密度と窒素固定能が比較的高いので、接種効果は中および低と推定された。実際に、これらの土壌の接種区の根粒の着生数と総乾物重は増大しなかったが、ダイズの収量と窒素吸収量では高く、特に厚真土壌では著しかった。一方、土着根粒菌の密度と窒素固定能から、接種効果が中程度と推定された十勝A土壌および接種効果が高いと推定された十勝E土壌では、接種区の根粒着生数と総乾物重は高かったが、ダイズの収量と窒素吸収量の向上は見られなかった。また、接種効果が高いと期待された十勝D土壌と北見A土壌の接種区ではいずれの接種効果構成要因の



第16図 ダイズの茎葉乾物重



第17図 ダイズの窒素吸収量

向上もなく、接種効果は認められなかった。このほかの土壤の接種区でも、いずれかの接種効

果構成要因が接種によって高くなる場合もあったが、ダイズの収量や窒素吸収量に結びつかな

かった。このように、大部分の土壌で接種効果が認められず、その原因を接種効果の構成要因から解明しようとしたが、明らかにすることはできなかった。

第3章 考 察

本編ではダイズ根粒菌の接種効果の実体を明らかにした。すなわち、第1章の既往の接種試験成績で示したように、一部の試験地を除いて、大部分の試験地では接種効果が認められていない。また、第2章の実際の接種試験でも同様の結果が得られた。さらに、第2章では土着根粒菌の密度と窒素固定能、根粒の着生数および総乾物重、ダイズの収量と窒素吸収量などの接種効果を構成する要因の相互関係から解析を試みたが、接種効果が低い原因を明らかにすることはできなかった。

実際に圃場で栽培されているダイズをみると、無接種にもかかわらず、一般に多数の根粒が着

生している状況にある。したがって、高い窒素固定能の土着ダイズ根粒菌が多く生息している圃場では、無接種であっても根粒の着生やダイズの収量は高く、そのため、有効菌の接種効果は相対的に低下すると考えられ、これに対して土着根粒菌の窒素固定能が低い圃場では高い接種効果が期待された。しかし、第2章で示したように、このような土壌でも接種効果は認められなかった。このように、有効根粒菌の接種効果が発現しない事例はこのほかにも我が国では秋田県八郎潟の干拓地での報告⁷²⁾があり、海外でも多くの報告^{11,36,58,103,104)}がある。これらの報告のなかには、接種効果が低い原因として、接種した有効根粒菌が十分に根粒を着生できなかったことを指摘^{58,103,104)}しているものが少なくない。北海道においても、同様のことが原因となって接種効果を低めていると考えることもできるが、この点の解明は今後の根粒菌の有効利用上重要な課題である。

第2編 土壤に生息するダイズ根粒菌の生態

前編でみられたように、供試土壤中には既にダイズ根粒菌が生息しており、その菌密度や窒素固定能は一様はでなかった。このような土着根粒菌の生態を知ることは、根粒菌の有効利用の向上をはかる上で重要と考えられる。本編の第1章では北海道内の圃場のダイズ根粒菌密度を、第2章ではこれらのダイズ根粒菌の窒素固定能を調査、解析した。

第1章 ダイズ根粒菌の密度

北海道における畑作は東・北部の十勝および北見地方を中心に営まれているが、近年では、中央部や南部を中心に分布する水田の約50%が

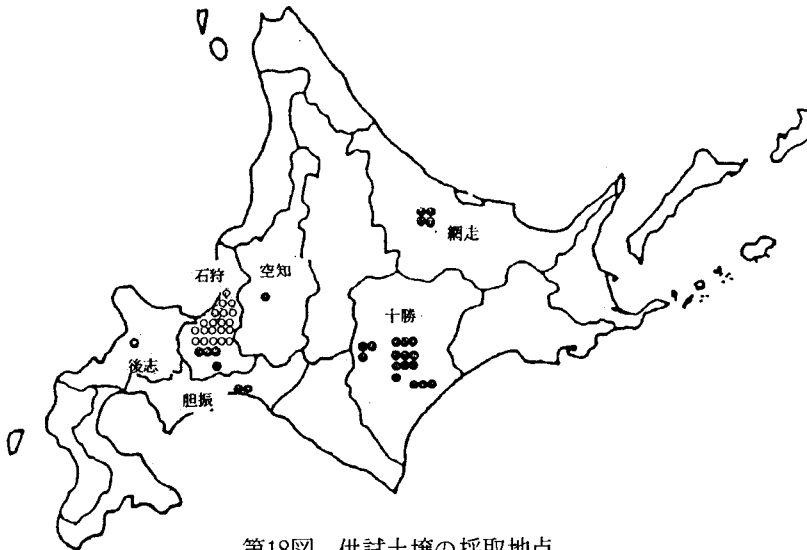
畑に転換され、野菜のほかに畑作物の作付けも定着しつつある。これらの主要な畑土壤について調査を実施した。

第1節 普通畑土壤のダイズ根粒菌密度

1. 試験方法

1) 供試土壤

後記の第2節、転換畑土壤のダイズ根粒菌の密度の測定に供した土壤とともに、その採取地点を第18図に示した。5月初旬の作付け前に28圃場から土壤を採取した。それぞれの圃場について、数ヶ所から深さ15cmの土壤を採取して混



第18図 供試土壤の採取地点

● 普通畑 ○ 転換畑

合し、湿潤土のまま2mmの篩を通して直ちに測定に供した。測定は中央農業試験場で行なったので、遠隔地の十勝および北見地方で採取した土壤は数日の郵送後に、他の土壤も採取して1~2日後に測定に供した。

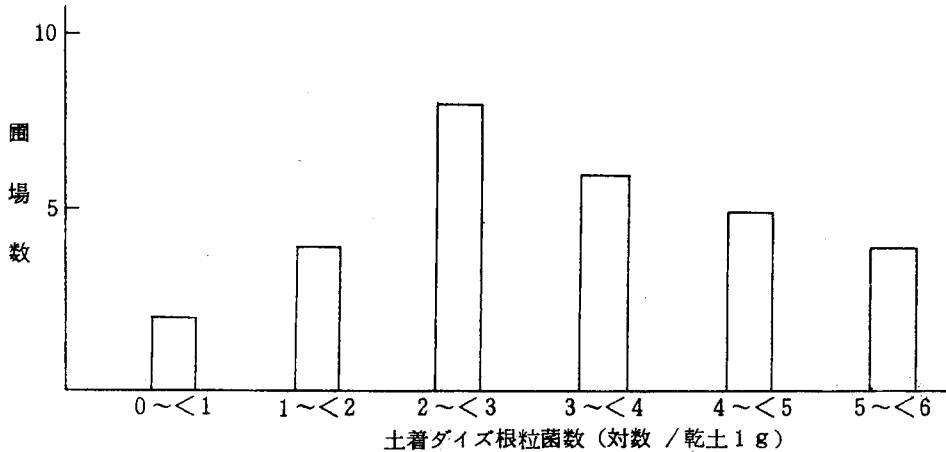
2) 根粒菌密度の測定

第1編の第2章、第1節に示した方法で測定した。

2. 実験結果

第19図に土着ダイズ根粒菌の密度別の圃場の出現頻度を示した。乾土1gあたり $10^2 \sim 10^3$ の

密度を示す圃場が最も多く、 $10^3 \sim 10^4$ の圃場がこれに次ぎ、両者で全圃場の約50%を占めた。残りの圃場についてみると、 10^4 以上の高い菌密度の圃場が多かった。このような菌密度の違



第19図 土着ダイズ根粒菌の密度別圃場出現頻度

いは土壌条件の影響を受けていることが考えられるが、第4表に示すように、一部の土壌について、土壌の性質と菌密度の関係をみても、土壌の種類や土性、pH、腐植含量、C/N比などと菌密度との間には特定の関係は認められなかった。

つぎに、第5表に示す菌密度と圃場の作付け歴の関係をみると、調査前年までの過去10年間

にダイズを作付けしなかった圃場では、乾土1gあたり 10^2 以下の低い菌密度であったが、ダイズ作付け歴のある圃場ではこれより菌密度は高く、なかでも、規則的な輪作によって、ダイズの作付け頻度が最も高い北見A圃場（4回/10年）は乾土1gあたり 1.4×10^5 という最も高い菌密度を示した。第20図はこのようなダイズ作付け頻度と菌密度の関係を示したものであ

第4表 土壌の種類、性質を異にする圃場の土着ダイズ根粒菌密度

圃場	土壌の種類	土性	pH		腐植含量 (%)	C/N比	土着ダイズ根粒菌密度* (10^2 /乾土1g)
			K ₂ O	KCl			
十勝 A	表層腐植質黒ボク土	SL	6.0	5.1	6.5	13.8	6
十勝 B	表層多腐植質黒ボク土	L	5.2	4.6	15.0	19.9	440
十勝 C	淡色黒ボク土	SL	6.2	5.3	3.9	12.3	1
十勝 D	細粒褐色低地土	LiC	6.2	4.7	1.5	14.1	632
北見 A	表層多腐植質黒ボク土	L	5.5	4.5	15.0	22.1	1,425
北見 B	表層多腐植質黒ボク土	L	5.4	4.5	13.5	14.9	1
広島	表層多腐植質黒ボク土	L	5.3	4.4	6.6	12.5	2
厚真	淡色黒ボク土	SL	6.0	4.9	2.7	12.8	3
長沼	細粒褐色低地土	CL	6.8	5.2	1.8	10.1	0.4
共和	細粒褐色森林土	CL	4.7	3.7	3.0	11.1	0.5

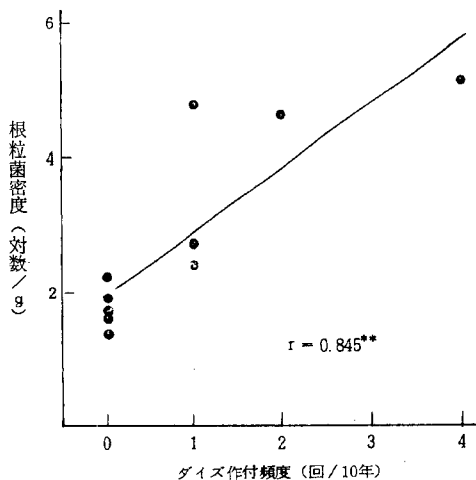
* 昭和51年5月土壌採取、測定。

る。両者の間には比較的高い相関関係が認められ、宿主であるダイズの作付けが土壌のダイズ根粒菌密度に強く影響していることが認められた。

第5表 作付け経歴を異にする圃場の土着ダイズ根粒菌密度

圃場	作 付 経 歴										土着ダイズ 根粒菌密度 (菌数×10 ² / 乾土1g)	
	昭和41年	42	43	44	45	46	47	48	49	50		
十勝A	—	—	—	バレイシ	テサイ	サイ	イウ	コムギ	バレイシ	テサイ	ダイズ	6
十勝B	—	—	—	テサイ	ダイズ	バレイシ	サイ	イウ	エバ	バレイシ	ダイズ	440
十勝C	トウモロコシ	エバ	バレイシ	コムギ	テサイ	トウモロコシ	アズキ	バレイシ	コムギ	テサイ	1	
十勝D	アズキ	バレイシ	テサイ	アズキ	バレイシ	テサイ	バレイシ	アズキ	テサイ	ダイズ	632	
北見A	ダイズ	テサイ	エバ	ダイズ	テサイ	エバ	ダイズ	テサイ	エバ	ダイズ	1,425	
北見B	エバ	コムギ	クロー	バレイシ	テサイ	エバ	コムギ	クロー	バレイシ	テサイ	1	
広島	ダイコン	ダイコン	ダイコン	グイン	グイン	グイン	グイン	グイン	グイン	グイン	2	
厚真	アズキ	エバ	アズキ	エバ	アズキ	エバ	バレイシ	トウモロコシ	ダイズ	エバ	3	
長沼	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4	
共和	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.5	

* 昭和51年5月土壌採取、測定。—は不明、ただしダイズ作付けなし。



第20図 圃場のダイズ作付け頻度と土着ダイズ根粒菌密度の関係

1) 供試土壌

第18図に既に示したように、20か所の圃場から土壌を採取した。転換畑では根粒の着生が不良であることが地元関係者によって指摘されていたので、菌密度とともに根粒着生量も同時に調査できるように、次の方法で土壌を採取した。7月中旬（ダイズの開花直前）にダイズの根部を面積30×30cm、深さ20cmの土壌とともに1圃場あたり5株掘り取った。土壌と根を注意深く分け、土壌は湿润土のまま2mm篩いを通して根粒菌密度の測定に、根は根粒着生の調査に供した。

2) 根粒菌密度の測定

第1編の第2章、第1節と同様に行なった。

第2節 転換畑土壌のダイズ根粒菌密度

1. 実験方法

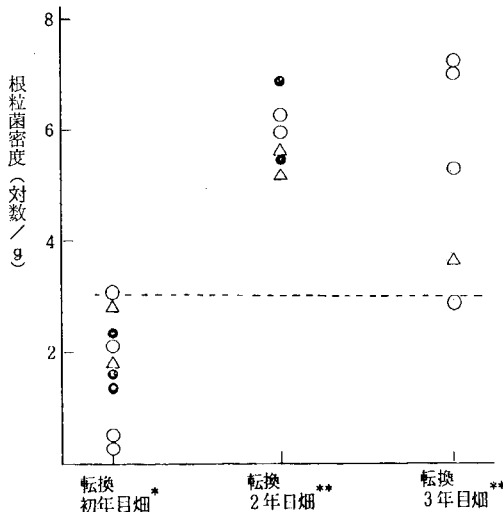
2. 実験結果

昭和46年以来の水田の畑転換政策によって、

北海道では多くの水田が畑に転換され、現在では、水田の約50%が転換されている。転換畑では野菜のほか麦類、てん菜および豆類などの畑作物の作付けも多く、調査した当別町と新篠津村では、転換3年目の畑がほとんどであったがその80%にダイズを作付けし、しかも、連作していた。

1) 根粒菌密度

第21図に示すように、褐色低地土（排水良）グライ低地土（排水不良）および無機質泥炭土（表層20mm客土層、排水良）のいずれの種類



第21図 水田転換畑の土着ダイズ根粒密度

* ダイズ初作畑 ** ダイズ連作畑
○ 褐色低地土, ● グライ土, △ 表層無機質泥炭土.

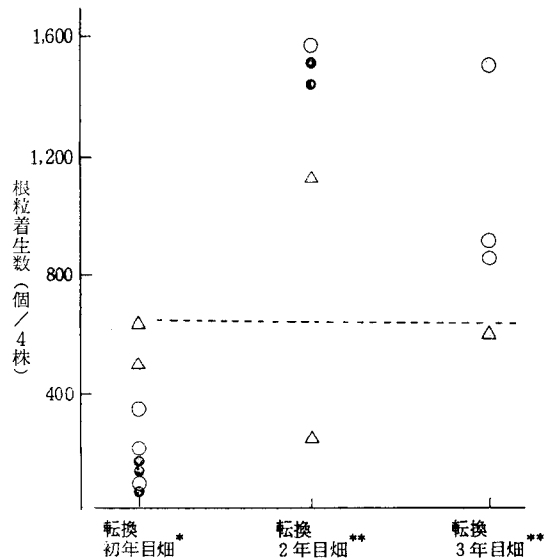
土壌においても転換初年目畑の菌密度は乾土1gあたり $10^2 \sim 10^3$ であった。初年目土壌は水田土壌特有の還元的性質を残している^{74,90)}ので、特に排水不良のグライ低地土では好気性細菌である根粒菌の生息には不利な環境条件にあると考えられた。しかし、ここに示した菌密度は、同じダイズ作付け歴のない普通畑のものに匹敵し、予想したよりも高かった。次に、ダイズを連作していた転換2～3年目畑をみると、菌密

度は乾土1gあたり $10^3 \sim 10^7$ と高く、土壌の種類に関係なく、普通畑を上回る著しく高い菌密度を示す圃場が多かった。

以上に示した転換畑土壌のダイズ根粒菌密度は、調査方法の項で示したように、ダイズ根域から採取した土壌の調査結果である。鈴木ら⁸⁸⁾の方法によるような、根に近接する土壌すなわち根圏土壌を選択的に採取して調査したものではないが、第1節の普通畑の非根圏土壌と比較すれば、転換畑の土壌は根圏土壌も一部含んでおり、そのため、高い菌密度となったと考えられる。

2) 根粒着生数

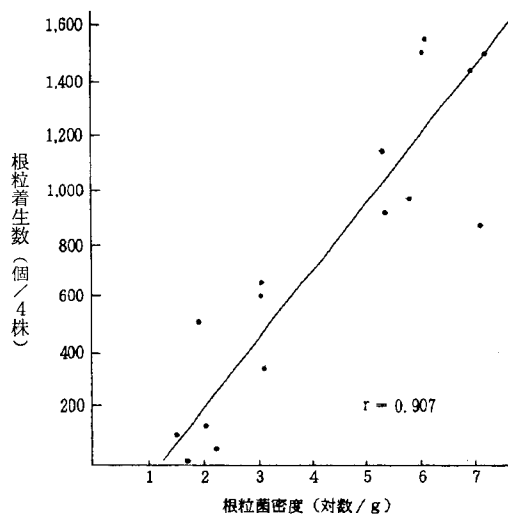
前項1)の根粒菌密度を調査した20圃場のうち、18圃場のダイズの根粒着生数を第22図に示した。土壌採種時の聞き取り調査では、全圃場のダイズに有効根粒菌を接種していた。しかし、転換初年目畑のダイズの根粒着生数は著しく少なかった。これに対して、転換2、3年目畑のダイズの根粒着生数は、2年目畑の1圃場のダイズを除いて、明らかに初年目畑より高かった。こ



第22図 水田転換畑ダイズの根粒着生数

* ダイズ初年畑 ** ダイズ連作畑
○ 褐色低地土, ● グライ土, △ 表層無機質泥炭土.

のような結果は前項1)の土壤のダイズ根粒菌密度とはほぼ同様の傾向にあり、第23図で明らかのように、菌密度と根粒着生数の間には比較的高い関連性が認められた。



第23図 土壤の根粒菌密度と根粒着生数の関係

第2章 ダイズ根粒菌の窒素固定能

第1章で示したように、普通畑および転換畑の土壤にはダイズ根粒菌が生息しており、その菌密度は圃場によって異なっていた。土壤に生息する根粒菌を評価する上でこのような菌密度とともにその窒素固定能を知ること必要である。

1. 実験方法

1) 供試土壤

十勝地方の普通畑3圃場と石狩地方の転換畑1圃場で採取した土壤を用いた。十勝のEおよびF土壤は淡色黒ボク土であり、G土壤は褐色低地土である。また、石狩の転換畑は褐色低地土であり、転換後1, 2年目の作付け作物は不明であるが、その後の2年間はダイズを連作した圃場である。いずれも5月初旬に作物

の作付前に採取し、その方法は第1章の第1節の場合と同様に行った。

2) 土着根粒菌の分離

常法²³⁾に従って次のように行った。供試土壤を直径18cmの植木鉢に詰め、これに「トヨスズ」「北見白」,「ユウズル」の3品種のダイズをそれぞれ播種し、開放した温室中で45日間栽培した。種子は第1編の第2章,第1節の場合と同様にエチルアルコールと塩化第二水銀溶液に浸漬して表面殺菌した。施肥は行わず、途中の給水には水道水を用いた。栽培終了後、根粒を根から採取して洗浄し、種子の場合と同様に表面を殺菌した。これを個々に1mlの滅菌水中で磨砕し、酵母エキス・マンニット寒天培地上に塗布して28°Cで培養した。コロニーの発生を待って単独のコロニーを再び培地上に移植して培養し、これを供試菌とした。用いたダイズ品種は育種系統が異なり、草形や熟期にもそれぞれ特徴があり、遺伝的背景は異なっていると考えられる。特に「トヨスズ」は線虫抵抗性という特徴を有する品種である。

3) 窒素固定能の測定

洗浄した川砂を直径18cmの植木鉢に詰めて蒸気殺菌(120°C, 時間)し、これに供試土着根粒菌をそれぞれ接種したダイズ種子を播種し、開放した温室中で栽培した。ダイズは「トヨスズ」と「北見白」の2品種を用い、種子は表面殺菌した。供試土着根粒菌の接種法は、それぞれの菌の懸濁液(10⁹/ml)に種子を数分間浸漬する方法で行い、ただちに播種した。発芽後に間引きして1鉢2本立ちとし、3連で栽培した。栽培期間中は汚染防止のため鉢の表面を布で覆い、給水には滅菌クローン氏液²³⁾と滅菌水を交互に用いた。しかし、長期にわたる汚染防止には不十分と思われたので、栽培期間は40日とした。栽培終了後、作物体の乾物重と窒素含量から窒素吸収量を求め、無接種のダイズの窒素吸収量を差し引いて窒素固定量とした。対照

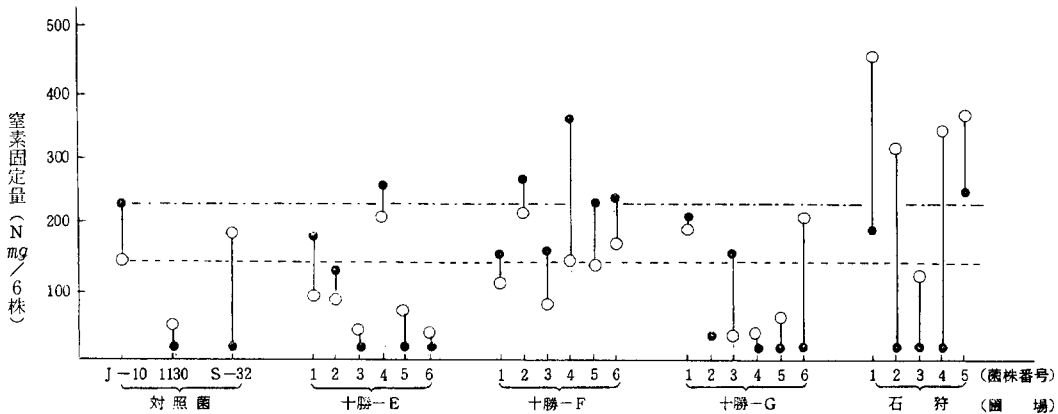
として、特性の明らかな J-10 号菌（実用有効菌），1130 号菌（無効菌），S-32 号菌（「トヨスズ」に対して無効で「北見白」に対して有効）の 3 菌株についても同様に実験を行った。

2. 実験結果

根粒菌が窒素固定にいたる過程は、(1)根への

感染、(2)根粒の発生、(3)根粒の生長、(4)窒素固定の 4 段階に区分できる²⁶⁾。本実験で得た窒素固定量はダイズの窒素吸収量の差し引き法で求めたもので、これら各段階の能力の総合的な結果であり、広い意味での菌株の窒素固定能とみることができる。

対照菌についてみると、第24図に示すように J-10 号菌（有効菌）は「トヨスズ」および「北見白」のいずれの品種に接種した場合も比較的



第24図 各種圃場から分離した土着ダイズ根粒菌の窒素固定能

●トヨスズ，○北見白を宿主としたときの窒素固定量，●—○同一菌株を示す。
J-10実用有効菌，1130無効菌，S-32トヨスズに無効，北見白に有効菌，菌株番号
1，2はトヨスズ根粒，3，4は北見白根粒，5，6はユウズル根粒からの分離菌。

高い窒素固定能を示し、1130号菌（無効菌）は著しく低い固定能しか示さなかった。また、品種特異性の S-32 号菌は「トヨスズ」に対して低く、「北見白」に高い固定能を示した。これらは菌株の特性どおりの結果であった。

つぎに、土壌から分離した菌株をみると「トヨスズ」に接種した場合には、対照の無効菌程度の低い固定能の菌株から有効菌を大きく上回る高い固定能のものまで、菌株によって著しく異なっていた。さらに、圃場によっても違いがあり、十勝の E、G および石狩圃場では大部分の菌株は低い固定能しか示さなかったが、十勝 F 圃場の菌株には有効菌に匹敵する高い固定能を示すものが多かった。

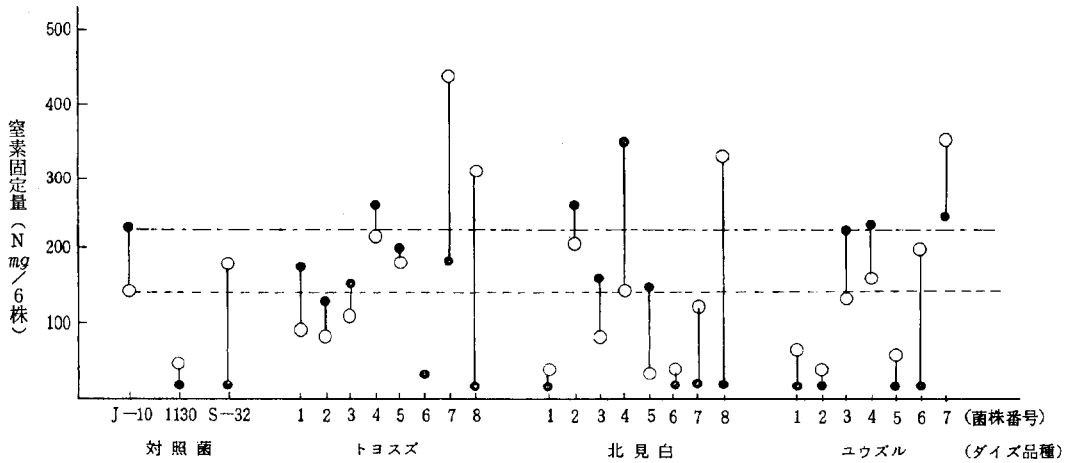
つぎに、これらの菌株を「北見白」に接種し

た場合をみると、「トヨスズ」に接種した場合と同様に、固定能は菌株によって異なり、また、十勝 F 圃場の菌株には高い固定能を示すものが多かった。さらに、石狩圃場の菌株は特異的で、「トヨスズ」に接種した場合と比較して、「北見白」に接種した場合に著しく高い固定能を示した。このように特定の品種に対して高い窒素固定能を示す菌株は他の圃場の菌株の一部にもみられ、菌株と品種の特異的な結びつきを示唆しているように思われる。第25図は土着根粒菌の分離源のダイズ品種ごとに菌株を再配列して示したものである。分離源として用いた「トヨスズ」、「北見白」、「ユウズル」は育種系統が異なるので相互に遺伝的背景は異なると考えられる。これらの品種から分離した菌株の「トヨスズ」およ

び「北見白」に接種したときの窒素固定能をみると、たとえば、「トヨスズ」からの分離菌株は「トヨスズ」に接種した場合にのみ高い固定

能を示すなど、菌株と品種の特異的な組み合わせを示す結果は得られなかった。

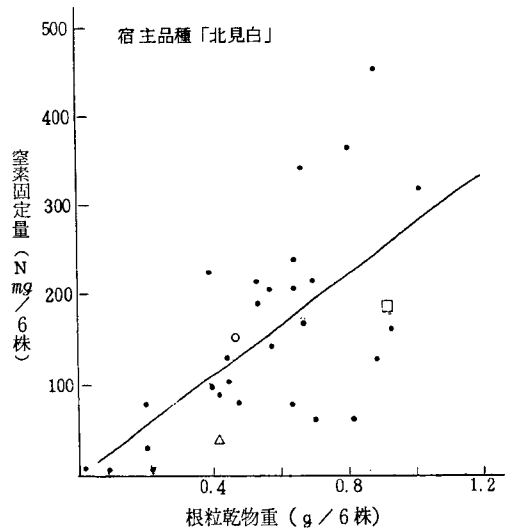
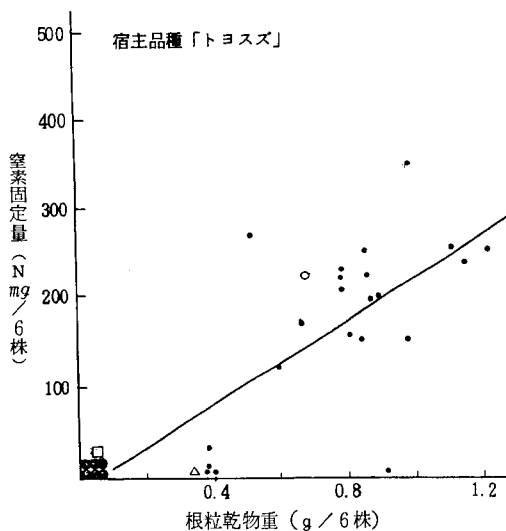
第26図は着生した根粒の総乾物重と窒素固定



第25図 各種圃場から分離したダイズ根粒菌の窒素固定量

●トヨスズ, ○北見白を宿主としたときの窒素固定量

菌株番号 { J-10有効菌, 1130無効菌, S-32トヨスズに無効で北見白に有効菌
1, 2は十勝-E, 3, 4は十勝-F, 5, 6は十勝-G, 7, 8は石狩圃場分離菌



第26図 根粒重と窒素固定量の関係

●土着根粒菌接種ダイズ, ○J-10号菌接種ダイズ, △1130号菌接種ダイズ, □S-32号菌接種ダイズ

量の関係を示したものである。両者の間には比較的高い相関関係が認められた。このことから、高い固定能を示す菌株は、一般的に、根への感染、根粒の発生と生長、窒素固定の一連の過程をとおして高い能力を有すると考えられる。しかし、回帰直線から大きくはずれる菌株も一部にみられ、これは根粒の形成や肥大あるいは窒素固定に関連する能力が部分的に特異的であると推定される。

第3章 考 察

1. 根粒菌密度

根粒菌は宿主作物の根に感染して根粒を形成し、その中で共生的に生息する。一方、宿主不在の場合は、土壤中では遊離の状態が生息しなければならないので、土壌の性質の影響を強く受けることが予想される。そこで、経年畑および転換畑土壌のダイズ根粒菌の密度を調査した結果を見ると、経年畑では、土壌に生息するダイズ根粒菌の密度は乾土1gあたり 10^7 にわたり、圃場によって著しい差異がみられた。しかし、このような菌密度と土壌の種類や化学的性質の間には一定の関係は認められなかった。この結果は10ヶ所の圃場を調査したものであり、調査事例は十分とはいえないが、Weaver¹⁰⁵⁾は多くの圃場を調査して同様の結果を得ている。

つぎに、水田転換畑の調査結果をみると、土壌のダイズ根粒菌密度は、転換初年目畑では低かったが、2、3年目畑では著しく高い菌密度であった。菌密度が急激に上昇した原因の一つとして、水田を畑に転換したことにより、土壌への酸素供給が向上したことが考えられ、根粒菌と同様に好気性の硝酸化成菌についても同様なことが認められている³⁷⁾。このように、土壌が根粒菌の基本的生息を左右するような条件下では、根粒菌の密度は大きな影響を受けるといふ報告はほかにもある。強酸性土壌では根粒菌密度は低いこと^{68, 77)}夏期の土壌の著しい高温と

乾燥は根粒菌の生息を妨げていること¹⁴⁾、また、プロトゾアによる根粒菌の捕食を示した報告¹⁸⁾もある。

北海道には火山灰土、沖積土などが分布し、それぞれ異なる性質を有している。

さらに、個々の農家によって輪作形態や土壌管理が異なるなどのため、根粒菌の生息環境としての土壌は非常に多様と考えられる。しかし、畑についての本調査結果では、ダイズ根粒菌密度と土壌の一般的な理化学性との間には特定の関連性は認められなかった。北海道における多くの畑土壌では、供試土壌に類似した理化学性を有しているので、水田転換畑での菌密度の著しい変動を除けば、土壌の性質がダイズ根粒菌の密度におよぼす影響は小さいと考えられる。すなわち、一般的な畑条件においては、土壌の性質の違いはダイズ根粒菌の適応能力の範囲内にあると推察される。

ダイズ根粒菌の密度と関連性が認められたのは宿主であるダイズの作付頻度であった。このように、宿主作物の作付が根粒菌密度に影響するという報告^{77, 93, 94, 105)}は多い。辻村ら^{95, 96, 97)}はレンゲ菌とクローバ菌はそれぞれの宿主作物の根圏で特異的に密度が高かったことを報告しており、ダイズ根粒菌の場合も宿主作物の根圏で増殖し、その結果、作付頻度に応じて土壌中の菌密度も高くなったことが考えられる。転換畑における転換2、3年目畑の急激な菌密度の上昇は、土壌の酸化とともに、このようなダイズの連作による宿主作物の影響も大きかったと考えられる。

以上のように、ダイズ根粒菌の密度は宿主作物に強く依存して生息していると考えられるが、一方では、ダイズ作付歴がない圃場の土壌にも、菌密度は低いが、ダイズ根粒菌は生息しており、同様の報告^{3, 77, 105)}は少なくない。前記の辻村ら^{96, 97)}は、宿主作物以外の根圏でも根粒菌が生息していたこと、また、乾燥した土壌を再び湿润状態に保つと、根粒菌はほかの微生物と共に増殖することを報告している。この他にも、根

粒菌が宿主作物以外の根圏で生息するという報告^{13,20,86)}は多い。さらに、根粒菌は内生孢子様の耐久組織を形成するという報告⁵⁾もある。これらの事実は、宿主作物不在のもとでも、根粒菌は土壤中で一定の菌密度を保って生息できることを示している。

2. 窒素固定能

土壤から分離したダイズ根粒菌の窒素固定能は菌株によって大きく異なっていた。土壤には多様な微生物が多く生息しており、ダイズ根粒菌に限ってみても、その能力は一樣でないことを示しているといえよう。一方、圃場間で比較してみても、宿主ダイズ品種によって異なるが、十勝F圃場と石狩圃場では高い窒素固定能の菌株が多いが、他の圃場では少ないなどの差が認められた。

実験の開始にあたって、土着根粒菌の窒素固定能は低いと予想されたが、一部の圃場には高い窒素固定能の菌株が多かった。Weberら¹⁰⁶⁾も総説のなかで、土壤に生息するダイズおよびアルファルファの根粒菌のうち25%は高い窒素固定能を有していた例を示しており、また、Nutman⁷⁷⁾らも圃場によっては有効菌が多かったことを報告しているなど、土壤に生息する根粒菌の窒素固定能が高かったという報告は少なくない。

一部の圃場に高い窒素固定能の菌株が多く生息していた原因は明らかではないが、そのうちの一部の菌株については、過去のダイズ作付時の接種有効菌が生残していたことが考えられる。特に、ダイズの作付頻度が高ければ、有効根粒菌が土壤に加わる機会が多く、その密度も高まると考えられる。このように、土壤に生息するダイズ根粒菌の窒素固定能は、前項の密度の場合と同様に、宿主ダイズの作付と密度に関連していると推定されるが、さらに、作付する品種

の影響も考えられる。「トヨスズ」と「北見白」で示された窒素固定能を比較すると、いずれかの品種に対してのみ高い固定能を示す菌株が少ないが、特に、十勝F圃場の菌株は「トヨスズ」に対して一様に高く、石狩圃場では「北見白」に対して著しく高い固定能を示すものが多かった。このように、圃場に生息するダイズ根粒菌が特定の品種に高い窒素固定能を示す原因は明らかでない。しかし、Caldwellら¹²⁾やWeberら¹⁰⁶⁾はダイズの品種と根粒菌株の特異的な結びつきが存在することを報告しており、このことから、特定の品種が高い頻度で作付された場合、その品種に適応した菌株が土壤中でさらに増加することが考えられる。石狩圃場の菌株が「北見白」に対して特異的に高い固定能を示したのはこの顕著な例とみることができ。すなわち、北野圃場では畑転換後2年間ダイズを連作しており、そのうえ、作付品種はこの地方の標準品種である「キタムスメ」の可能性が高く、そのため、同じ育種系統の「北見白」にも適応する菌株が土壤中で特異的に増加したことが推定される。

このような品種と菌株の特異的な組み合わせに関しては、本実験では「トヨスズ」、「北見白」および「ユウズル」の育種系統が異なる3品種から分離した菌株を「トヨスズ」と「北見白」に再接種してみたが、期待したような結果は得られなかった。しかし、この結果からただちに品種と菌株の特異的組み合わせを否定することは危険であり、さらに詳細な検討が必要がある。

一部の圃場に高い窒素固定能の菌株が多く生息している理由の一つとして、過去の接種有効根粒菌の生残が考えられた。しかし、有効菌を著しく上回る高い窒素固定能の菌株も一部に生息しており、有効根粒菌の生残だけでは説明することはできない。これは非常に興味ある現象であり、今後の解明が待たれる。