

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(B) (特設分野研究)

研究期間：2014～2017

課題番号：26310313

研究課題名(和文) 共生窒素固定系の環境適応システムの解明と環境傾度対応型ダイズ栽培技術への応用

研究課題名(英文) Study on environmental adaptation system of soybean-nodulating symbiosis and the application

研究代表者

佐伯 雄一 (Yuichi, Saeki)

宮崎大学・農学部・教授

研究者番号：50295200

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、有用ダイズ根粒菌の優占化に関する環境適応機構の解明と生態的特性の応用について湛水・塩類集積・温度の環境因子に着目して研究を行った。

完全脱窒能を示す有用根粒菌の優占化に土壤の還元状態が影響を及ぼし、脱窒に適した環境で有用菌が優占化し、後のダイズ栽培でも有用菌の高い根粒占有率が検出された。塩類化土壤ではSinorhizobium属根粒菌が宿主への高い感染性を示し、Bradyrhizobium属根粒菌は根粒占有率を下げた。一方、有用菌接種により高温でのダイズの生育阻害が緩和された。

以上、有用根粒菌の優占化のための環境因子の一部を明らかにし、温度ストレスへの接種の有用性を確認した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we focused on the relations between soybean rhizobia and water-logging, salinization, and temperature as soil environmental factors. We have studied for rhizobial dominancy and naturalization under each environmental conditions and application of the ecological traits for soybean production.

The useful bradyrhizobia that indicate complete denitrification became dominant under the reducing condition in soil of water-logging status. And the bradyrhizobia became dominant in case of soybean nodulation. Sinorhizobia raised the infection priority to host soybean in salinized conditions. As a result, nodule occupancy rate by bradyrhizobia became recessive in salinized soil. However, inoculation of useful bradyrhizobia mitigated soybean growth inhibitions under high cultivation temperature.

We have demonstrated some of environmental factors for predominance of useful bradyrhizobia, and have indicated advantage of inoculation for soybean growth against high temperature stresses.

研究分野：土壤微生物

キーワード：根粒菌 優占化 群集構造 環境ストレス 湛水 塩類化 栽培温度 ストレス耐性

1. 研究開始当初の背景

マメ科作物であるダイズやアズキは土壌細菌である根粒菌と共生窒素固定を行い、窒素を化学肥料に依存しないため、環境負荷の小さい作物である。窒素固定能の高い菌株による根粒占有率为 50%以上を高めた研究例では 10~20%の収量増が示されている。そのため、窒素固定能の高い根粒菌を人工接種する方法は古くから行われてきているが、土着ダイズ根粒菌が存在する場合、接種根粒菌はダイズ感染において土壌環境に馴化した土着根粒菌との競合で排他されてしまい、接種効果が認められない場合が多い。このため、根粒菌が生息する環境因子と根粒菌生態に関わる知見の蓄積が必須とされる。

これまでの研究で、*Bradyrhizobium* 属ダイズ根粒菌には、緯度に沿ったニッチの変遷が認められることを明らかにした。日本では *B. japonicum* USDA123、*B. diazoefficiens* USDA110、*B. japonicum* USDA6、*B. elkanii* USDA76 のクラスターに属する株が主要な根粒菌であり、北から南へ、その土壌中での占有率を変えながら変遷している (図 1)。

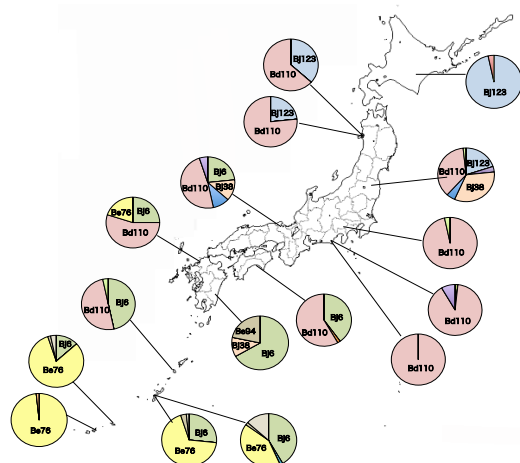


図 1 日本の土着ダイズ根粒菌の分布

日本国内において、ダイズ畑は元来水田として利用されていた農地を転換畑として利用する沖積土が多く、日本国内のダイズ栽培面積の 80%以上を占める。根粒菌の土壌による局在を詳細に検討すると、転換畑などの細粒質土壌において *B. japonicum* USDA110 系統株の高い占有率が検出された (Saeki *et al.* 2013)。これは、USDA110 系統株が、他の根粒菌と比較して、還元環境になりやすい細粒質土壌における生残性が高いことを示唆し、その理由として、根粒菌の嫌気呼吸(脱窒能)の違いが挙げられる。好氣的土壌のダイズ根粒菌は、*B. japonicum* USDA6 株に代表される N_2O 放出型根粒菌や *B. elkanii* のような亜硝酸生成型根粒菌のような不完全脱窒能を示す根粒菌が優占する。このため、不完全脱窒能を有する根粒菌が優占するダイズ圃場からの N_2O ガスの発生が、環境保全型ダイズ栽培の課題となっている。近年、USDA110 株の

完全脱窒能が注目され、USDA110 株が優占したダイズ根粒が、根系の N_2O ガスも吸収して N_2 ガスに変換することが明らかとなった。この事実は、有用根粒菌の接種技術や土壌定着の必要性を強く支持するものである。

一方、乾燥条件下では塩類集積・アルカリ環境になるため、*Bradyrhizobium* 属根粒菌が優占する弱酸性土壌とは異なり、ダイズ根粒菌 *Sinorhizobium (Ensifer) fredii* の優占が報告されており、酸性土壌とは異なるダイズ根粒菌群集を構築している。根粒菌の乾燥・塩類集積条件下における環境適応機構を明らかにするために更に研究を必要とする。

以上のように気候変動に対応したダイズ栽培技術の確立のため、様々な環境下における共生窒素固定系の環境適応機構と機能発現のための研究が必要とされている。

2. 研究の目的

黒ボク土には *B. japonicum* USDA6 系統が優占し、温度が高くなるに連れて *B. elkanii* の優占が認められるようになる。水田のような一定期間の湛水を経た転換畑には *B. diazoefficiens* USDA110 系統が優占する。また、沖縄の石灰岩を母材とする塩基飽和度が 100%を超えるアルカリ性の土壌には *S. fredii* が優占している。これらの土壌環境の違いと根粒菌の優占化・土着化のメカニズムを解明し、根粒菌生態を明らかにすることは、土着根粒菌の群集構造そのものを人為的にコントロールし、農業生産や地球環境にとってより良い結果をもたらしめると考えられる。本研究は、環境条件として、主として、湛水条件と塩類集積に着目し、さらに温度を付加的な環境因子とした。国内の主要な畑土壌である黒ボク土(一般畑土壌)、灰色低地土(転換畑)および、砂丘未熟土(畑土壌:乾燥地土壌)を用い、主に下記の 4 テーマについて、各土壌で優占化が認められるダイズ根粒菌の優占化メカニズムを明らかにすることを目的に研究を行った。

- 1) 湛水条件下における根粒菌の優占化
- 2) 塩類集積環境における根粒菌の優占化
- 3) 温度勾配環境下における栽培と感染根粒菌群集構造解析
- 4) 熱帯地域の土着根粒菌解析

3. 研究の方法

1) 湛水条件下における根粒菌の優占化
湛水条件下における *nosZ+* 根粒菌の優占化を検証するために滅菌土壌を使用したマイクロコズム解析を行った。黒ボク土と灰色低地土を滅菌し、*B. japonicum* USDA6、123、*B. diazoefficiens* USDA110、*B. elkanii* USDA76 株を土壌に混和したマイクロコズム土壌を WT set とし、USDA110 の N_2O 還元酵素遺伝子 (*nosZ*) を変異させた USDA110 $\Delta nosZ$ を用いて調製したマイクロコズム土壌を Mut set とした。各マイクロコズムを、最大容水量の 40% 含水とした土壌と湛水状態におい

た土壌とに分け、20、25、30℃暗所条件で30-60日間静置培養した。数日おきに減水分の水を補給した。培養後、土壌から環境DNAを抽出し、ITS領域をPCR増幅し、変性剤濃度勾配電気泳動(DGGE)解析によって各菌株をPCRアンプリコンを、変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法(DGGE)によりバンドとして検出した。それぞれの菌株の優占率を画像解析によって求めた。得られた群集構造から多変量解析を用いて環境因子と群集構造の変遷に関して解析を行った。

さらに、宮崎大学にてボンミノリ(Rj_2Rj_3)とフクユタカ(Rj_4)の交配により作出された Rj 遺伝子集積ダイズ系統($Rj_2Rj_3Rj_4$)について、水田転換畑における生育特性を把握するために、実験圃場での栽培試験を行った。 Rj 遺伝子集積ダイズ系統(B×F)の早生(E)、中生(M)、晩生(L)の3系統とフクユタカ、サチユタカ、エンレイの3品種を用いた。試験は島根大学生物資源科学部附属生物資源教育研究センター本庄総合農場で行った。調査項目については、主茎長、主茎節数、着莢数、地上部乾物重、子実数、百粒重、子実収量を調査した。さらに、開花期調査の際に栽培中のダイズ根から根粒を採取し、根粒から根粒菌のDNAを抽出後、16S-23S rRNA 遺伝子ITS領域のPCR-RFLP解析を行い、土着根粒菌の根粒占有率を調査した。さらに、窒素固定能に関与する $hupLS$ 遺伝子についてもPCR法を用いて調査した。

2) 環境における根粒菌の優占化

塩類集積土壌における *S. fredii* の優占メカニズムを解明するにあたり、ダイズ根粒菌の耐塩性を評価した。pH および塩濃度を段階的に変化させた YMA 培地上に *B. diazoefficiens* USDA110、*B. japonicum* USDA4、6、38、123、124、135、*B. elkanii* USDA31、61、76、94、*S. fredii* USDA191、192、193、194、205 の菌液をスポットし、コロニー形成の有無およびコロニー面積を測定することで、各根粒菌株の耐塩性を評価した。次に塩類集積土壌中における根粒菌の群集構造の変遷を評価するため、滅菌した黒ボク土・砂丘未熟土に NaCl もしくは NaHCO_3 で塩類集積土壌を調製し、USDA6、76、110、123 および USDA205 を混和したマイクロコズムを調製し、一定培養期間後の根粒菌群集構造を DGGE 法およびリアルタイム PCR を用いて評価し、各菌株の占有率を求めた。

塩類集積環境下における根粒菌の宿主への感染能を評価するために、NaCl 0、20、50mM を含む N-free 水耕液を加えたバーミキュライトポットにおける根粒菌の根粒形成能を評価した。USDA31、110 および *S. fredii* USDA191、192、193、205 株を混合接種し、感染根粒菌の同定を行い、群集構造の評価を通じて塩類集積土壌における感染における生態的特性を解析した。さらに、塩ストレス環境下における根粒形成遺伝子の発現を解析

した。HM 培地に USDA31、110、205 をプレ培養し、EC 値を NaCl で 2、5、10 dS/m とした培地で本培養した。ダイゼインもしくはゲニステインを添加し、24 時間培養後に菌体を回収した。2 dS/m が標準 HM 培地における EC 値である。RNA 抽出・cDNA 合成を行い、根粒形成遺伝子 *nodC* をターゲット遺伝子とし、リファレンス遺伝子に *gyrB*、*rpoB*、*sigA* の 3 遺伝子を用いてリアルタイム PCR による相対発現の評価を行った。

3) 温度勾配環境下におけるダイズ栽培と根粒菌群集構造解析

地球温暖化に伴う気候変動の作物生産への影響に関する基礎的知見の蓄積の一環として、異なる栽培温度環境下におけるダイズの生育および感染根粒菌群集構造(2016 年度調査)について調査した。試験は島根大学生物資源科学部附属生物資源教育研究センター神西砂丘農場内の温度傾斜型チャンバー(TGC)内で行った。TGC 入り口付近から奥にかけて低温区、中温区、高温区とした。供試作物の栽培には砂丘未熟土を充填した 5 L 容ポットを用いた。ダイズ品種に、2016 年度はエンレイ、オリヒメ、ボンミノリ、フクユタカ、ボンミノリ×フクユタカ交配系統を、2017 年度はエンレイ、オリヒメ、IAC-2、フクユタカ、ボンミノリ×フクユタカ交配系統の 5 品種を用いた。供試菌株として *B. diazoefficiens* USDA110 を用いた。供試菌株接種区と無接種区を設け、TGC 内で栽培した。採取した根粒から根粒菌を分離し、根粒菌の DNA を抽出した後、16S-23S rRNA ITS 領域の PCR-RFLP 解析を行い、ダイズ根に根粒着生した根粒菌の占有率を調査した。収穫時に主茎長、茎葉乾物重、主茎節数、莢数、莢重、根粒数の測定を行った。

4) 熱帯地域の土着根粒菌解析

熱帯における土着ダイズ根粒菌を解析するために、フィリピン国 Central Luzon State Univ. のダイズ畑土壌を採取した。ポットで異なる Rj 遺伝子型ダイズを栽培し、着生した根粒を採取した。根粒表面を殺菌した後ホモジネートを調製し、YMA 培地に塗布しシングルコロニーを分離した。2 回のシングルコロニー分離で純化した後、HM 液体培地で培養後、ゲノム抽出を行った。解析ターゲット遺伝子として 16S rRNA、16S-23S rRNA ITS 領域、*rpoB* 遺伝子の PCR-RFLP 解析およびシークエンス解析を行った。ITS 領域と *rpoB* 遺伝子の多様性からフィリピンに土着化しているダイズ根粒菌の多様性を評価した。

4. 研究成果

1) 湛水条件下における根粒菌の優占化

黒ボク土と灰色低地土のマイクロコズムを湛水条件下で 30-60 日培養した結果、非湛水条件と比較して WT set において有意に USDA110 株が優占化し、その群集構造も明ら

かに異なっていた。培養日数の違いは明確でなく、高い培養温度で USDA110 株の優占化が顕著であった。一方、USDA110 $\Delta nosZ$ を用いた Mut set では明確の区別は出来なかった。高い培養温度で USDA110 の優占化の傾向が認められた (図 2 : Saeki *et al.* 2017)。

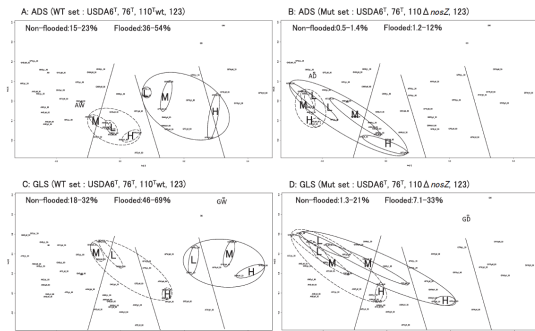


図2 湛水条件の違いによる群集構造の差

本結果の多変量分散分析の結果、温度や培養期間と比較して、湛水条件が根粒菌群集構造に最も大きな影響を与えていた。この結果は有用根粒菌の人為的コントロールに湛水処理が有効であることを示唆している。

栽培試験の結果、子実収量については、B×Fの3系統ではMが348.2g/m²と最も高い値を示し、MとE、L間では130g/m²以上の差がみられた。Mと開花期がほぼ同時期のサチユタカを比較すると、子実収量はサチユタカが285.8g/m²でMが高くなったが、有意な差は認められなかった (表 1)。

表1 転換畑ダイズ栽培試験における調査結果

品種	主茎長 (cm)	主茎節数 (節/plant)	地上部乾物重 (g/m ²)	着実数 (個/m ²)	子実数 (個/m ²)	百粒重 (g)	子実収量 (g/m ²)
B×F-E	67.4	13.4 ab	251.8 c	318.8 c	218.9 c	24.6 b	63.8 c
B×F-M	69.4	13.8 ab	432.8 ab	1180.7 a	1477.4 a	23.6 b	348.2 a
B×F-L	71.0	13.9 ab	424.1 ab	784.0 b	1037.7 b	20.7 bc	214.6 b
エンレイ	56.2	12.8 b	340.0 bc	101.0 c	66.2 c	29.7 a	16.7 c
サチユタカ	56.2	12.1 b	344.2 bc	704.1 b	974.4 b	29.3 a	285.8 ab
フクユタカ	70.6	16.1 a	467.9 a	934.1 ab	1245.6 ab	26.0 b	311.7 ab

※異なる文字間に有意差あり (Tukey HSD test, p < 0.06)

土着根粒菌の占有率調査では、B×F-E、B×F-L、サチユタカ、フクユタカにおいて *B. diazoefficiens* USDA110 近縁の土着菌株が優占しており、そのうち *hupLS* 遺伝子保有株はサチユタカとフクユタカで高い占有率を示した (図 3)。

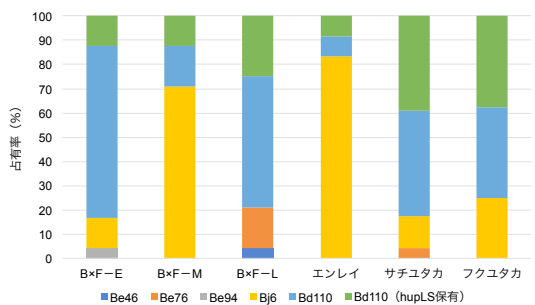


図3 転換畑ダイズ栽培における土着ダイズ根粒菌の根粒占有率

本研究の結果から、転換畑土壌におけるダイズ栽培では、多くの場合 USDA110 系統株が

優占するが、品種・系統によって USDA110 系統の高い根粒占有率が認められないことがあった。また、*Rj* 遺伝子集積ダイズ系統の *hupLS* 遺伝子保有株の根粒着生に対する有用性を示すことはできなかったが、*hupLS* 遺伝子保有株のダイズへの根粒着生は収量増加に繋がる可能性を示唆した。

2) 塩類集積環境における根粒菌の優占化

ダイズ根粒菌の耐塩性を 720 時間の培養で評価した結果、*S. fredii* 株は酸性培地ではコロニー形成できなかった。一方、アルカリ性の培地では高い塩濃度でも耐性を示した。*Bradyrhizobium* 属根粒菌では広い pH 範囲においてコロニー形成を確認できたが、耐性を示す塩濃度は *S. fredii* よりも低い塩濃度であった (表 2)。この結果から、*S. fredii* は *Bradyrhizobium* 属根粒菌と比較して潜在的な耐塩性が高いことが明らかとなった。

表2 根粒菌の耐塩性: 720時間培養後のコロニー形成最大NaCl濃度 (% w/v)

	pH4.0	pH5.0	pH6.0	pH6.8	pH8.0	pH9.0	pH10.0
<i>B. diazoefficiens</i> USDA110	0.05	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4
<i>B. japonicum</i> USDA4	0.01	0.7	0.7	0.5	0.5	0.4	0.3
<i>B. japonicum</i> USDA6	0.05	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4
<i>B. japonicum</i> USDA38	0.05	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
<i>B. japonicum</i> USDA123	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3
<i>B. japonicum</i> USDA124	-	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3
<i>B. japonicum</i> USDA135	-	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4
<i>B. elkanii</i> USDA31	0.3	0.9	1.0	0.8	0.7	0.7	0.4
<i>B. elkanii</i> USDA61	0.3	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6
<i>B. elkanii</i> USDA76	0.3	0.8	0.9	0.9	0.8	0.5	0.5
<i>B. elkanii</i> USDA94	0.3	0.9	0.9	0.7	0.6	0.6	0.5
<i>S. fredii</i> USDA191	-	-	-	0.3	0.8	1.0	1.1
<i>S. fredii</i> USDA192	-	-	0.05	0.8	0.9	1.3	1.4
<i>S. fredii</i> USDA193	-	-	0.1	0.5	0.9	1.1	1.2
<i>S. fredii</i> USDA194	-	-	1.1	1.9	2.0	1.5	2.0
<i>S. fredii</i> USDA205	-	0.01	0.3	1.2	1.0	1.1	1.2

次に、塩類集積土壌における根粒菌の群集構造の変遷を評価したところ、リアルタイム PCR および DGGE を用いたいずれの結果においても、*S. fredii* の優占化は認められなかった。この結果から、単に土壌の塩類集積が *S. fredii* の優占化を引き起こすわけではないことが示唆された。一方で、塩類集積条件下における *S. fredii* のダイズ根粒占有率は上がるということが明らかとなった (図 4)。

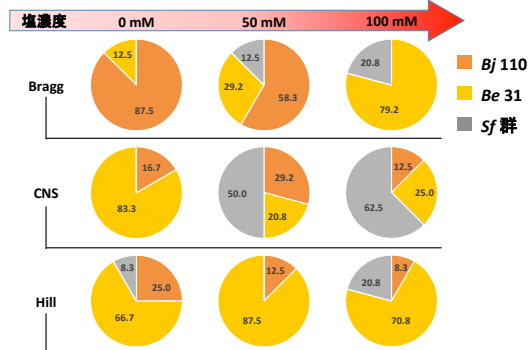


図4 塩濃度による根粒占有率の違い

根粒占有率の結果から、塩ストレス環境下における根粒菌の *nod* 遺伝子発現を解析したところ、塩ストレスによる *nod* 遺伝子発現の大きな阻害は検出されなかった (図 5)。この

ため、図4で示した現象は、ダイズから分泌されるイソフラボンの濃度や組成の変化によって引き起こされるものと考えられた。今後、宿主側の塩ストレス環境下におけるイソフラボン分泌を解析する必要がある。

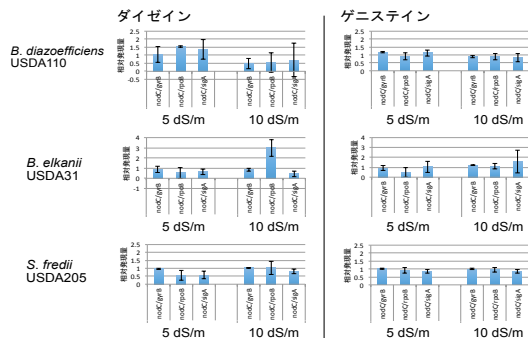


図5 塩ストレス環境下におけるダイズ根粒菌の根粒形成遺伝子発現

3) 温度勾配環境下におけるダイズ栽培と根粒菌群集構造解析

2年間に渡る栽培試験の結果、ダイズにおいて、接種区では主茎長、茎葉乾物重、主茎節数、莢重、根粒数が低温区、中温区、高温区の順に値が上昇し、無接種区においては茎葉乾物重、主茎節数、莢数、莢重、分枝数が低温区と比較し中温区で上昇するが高温区では減少する傾向を示した(表3)。

表3 USDA110接種によるダイズの生育差

根粒菌	温度	主茎長 (cm/plant)	地上部乾物重 (g/plant)	主茎節数 (個/plant)	莢数 (個/plant)	莢重 (g/plant)	根粒数 (個/plant)
接種	低温	1.17 a	3.22 a	1.16 a	3.42 b	6.15 b	2.38 a
	中温	1.31 a	3.16 a	1.16 a	3.30 ab	3.10 ab	2.40 a
	高温	1.24 a	2.54 a	1.12 a	2.60 ab	2.93 a	2.38 a
無接種	低温	1.02 a	1.80 a	1.09 a	1.96 ab	1.73 a	1.79 a
	中温	1.24 a	1.44 a	1.07 a	1.96 ab	1.72 a	1.70 a
	高温	1.00 a	1.00 a	1.00 a	1.00 a	1.00 a	1.00 a

*異なる文字間に有意差あり (Tukey-Kramer test, p < 0.05)

根粒菌占有率調査では、接種区では気温の上昇により USDA110 の占有率が減少したが各温度区で 79%以上の占有率を維持し、無接種区では各温度区で *B. elkanii* USDA76 および USDA94 クラスターの土着菌株が優占していた(図5)。

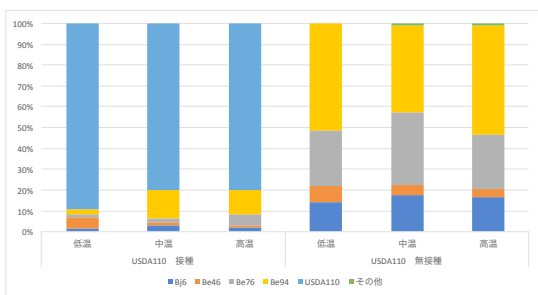


図5 接種USDA110および無接種区における土着菌の根粒占有率

以上の結果から、気温の上昇が莢の成長およびその後の子実肥大に影響すると考えられ、*B. diazoefficiens* USDA 110 の接種は高温下での生産性を確保する傾向にあった。以上のことから、高温下におけるマメ科作物の生産性確保のために有用ダイズ根粒菌として知られる *B. diazoefficiens* USDA 110 の

接種は有効であると考えられた。

4) 熱帯地域の土着根粒菌解析

熱帯圃場として、フィリピンルソン島の CLSU における土着ダイズ根粒菌の調査を行ったところ、*B. elkanii* の優占が認められた。ITS 領域の解析の結果、多くは *B. elkanii* USDA76 株のクラスター (Be76) に含まれた。より詳細な解析を行ったところ、ITS 領域で Be76 に属するとしても *rpoB* の遺伝子解析の結果、多くの株が Be46 のクラスターに分類された。この結果は、熱帯に土着化している *B. elkanii* 根粒菌は温帯で検出される根粒菌とは異なるゲノム構造を有することを示唆している(図6; Mason *et al.* 2017)。ゲノム構造と環境適応性は密接に関連しており、より詳細に解析していくことによって環境適応機構の解明が期待される。

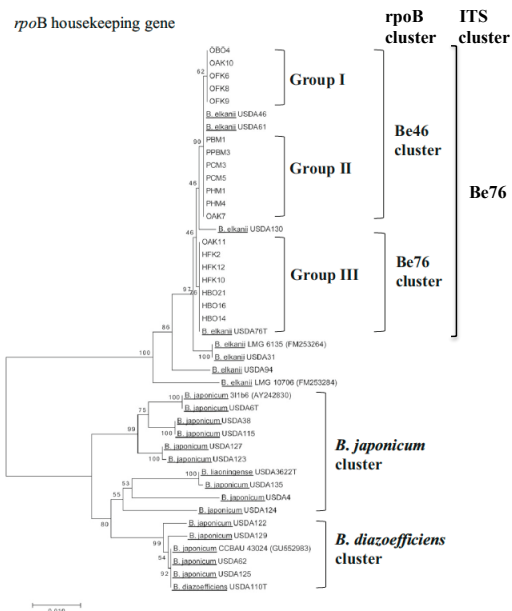


図6 フィリピンから分離した*B. elkanii*の*rpoB*の系統樹

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

- ① Mason MLT, Matsuura S, Domingo AL, Yamamoto A, Shiro S, Sameshima-Saito R, Saeki Y. Genetic diversity of indigenous soybean- nodulating *Bradyrhizobium elkanii* from southern Japan and Nueva Ecija, Philippines. Plant and Soil, 417, 349-362 (2017) 査読有。
- ② 佐伯雄一・山本昭洋. 根粒菌生態研究からみえる農業技術—日本におけるダイズ根粒菌群集構造コントロールの可能性—。アグリバイオ, 1, 1078-1081 (2017) 査読無。
- ③ 佐伯雄一・城惣吉. 根粒菌生態研究から

みえる農業技術—ヒトはダイズ根粒菌群集構造をコントロールできるのか?—。アグリバイオ, 1, 602-605 (2017) 査読無。

- ④ Saeki Y, Nakamura M, Mason MLT, Yano T, Shiro S, Sameshima-Saito R, Itakura M, Minamisawa K, Yamamoto A. Effect of flooding and the nosZ gene in bradyrhizobia on bradyrhizobial community structure in the soil. *Microbes and Environments*. 32, 154-163 (2017) 査読有。
- ⑤ Shiro S, Kuranaga C, Yamamoto A, Sameshima-Saito R, Saeki Y. Temperature Dependent Expression of NodC and Community Structure of Soybean-Nodulating Bradyrhizobia. *Microbes and Environments*, 31, 27-32 (2016) 査読有。
- ⑥ 佐伯雄一. ダイズ根粒菌の生態研究と農業技術への応用. 日本土壤肥料学雑誌. 86. 575-581 (2015) 査読有。
- ⑦ 佐伯雄一. 根粒菌生態機能を活用した環境保全型ダイズ栽培技術の開発に向けて. 農業と科学, 667, 2-7 (2015) 査読無。
- ⑧ Shiina Y, Itakura M, Choi H, Saeki Y, Hayatsu M, Minamisawa K. Relationship Between Soil Type and N₂O Reductase Genotype (*nosZ*) of Indigenous Soybean Bradyrhizobia: *nosZ*-minus Populations are Dominant in Andosols. *Microbes and Environments*, 29, 420-426 (2014) 査読有。

[学会発表] (計 15 件)

- ① 佐伯雄一. 根粒菌のゲノム生態学的研究. 日本土壤肥料学会九州支部 2017 年度例会
- ② 仁田脇義和・石崎芽生・山本昭洋・佐伯雄一. 水稻裏作ダイズ栽培のための種子処理法の検討. 日本土壤肥料学会九州支部 2017 年度例会
- ③ 直野晋也・山本昭洋・佐伯雄一. 塩類集積土壌におけるダイズ根粒菌群集構造に関する研究. 日本土壤肥料学会九州支部 2017 年度例会
- ④ 北林颯人・山本昭洋・佐伯雄一. 塩ストレスが感染根粒菌群集構造に及ぼす影響に関する研究. 日本土壤肥料学会九州支部 2017 年度例会
- ⑤ 城惣吉・藤村佳暁・門脇正行・松本真悟・佐伯雄一. 島根県内土着ダイズ根粒菌の遺伝子多様性とダイズ栽培への利用可能性の検討. 日本土壤肥料学会 2017 年度仙台大会
- ⑥ Mason MLT・Lyn TB・Yamamoto A・Saeki Y. Genetic diversity and distribution of indigenous soybean-nodulating bradyrhizobia in the Philippines. 日

本土壤肥料学会 2017 年度仙台大会

- ⑦ 直野晋也・山本昭洋・佐伯雄一. 塩類集積土壌におけるダイズ根粒菌群集構造に関する研究. 日本土壤肥料学会 2017 年度仙台大会
- ⑧ 北林颯人・山本昭洋・佐伯雄一. ダイズの塩耐性と感染根粒菌群集構造構築に関する研究. 日本土壤肥料学会 2017 年度仙台大会
- ⑨ 鮫島玲子・山田祐大・篠原一輝・城惣吉・佐伯雄一. 静岡の水田より単離したダイズ根粒菌 *Bradyrhizobium diazoefficiens* 脱窒能欠損株に関する研究. 環境微生物系学会合同大会 2017
- ⑩ 間塚真矢・門脇正行・松本真悟・佐伯雄一・城惣吉. 異なる温度環境がマメ科作物の生育と根粒菌の接種効果に及ぼす影響. 農業生産技術管理学会 2017 年度大会
- ⑪ Mason MLT, Domingo AL, 山本昭洋, 佐伯雄一. Diversity and Endemism of Soybean-Nodulating Bradyrhizobia between Southern Japan and Central Luzon, Philippines. 日本土壤肥料学会 2016 年度佐賀大会
- ⑫ 城惣吉・門脇正行・松本真悟・小林和広・江角智也. 島根県における土着アズキ根粒菌の遺伝子多様性とアズキ栽培への活用に関する研究. 日本土壤肥料学会 2016 年度佐賀大会
- ⑬ 直野晋也・大山真由美・山本昭洋・佐伯雄一. 塩類集積土壌におけるダイズ根粒菌の占有率と感染傾向. 日本土壤肥料学会 2016 年度佐賀大会
- ⑭ Mason MLT, Matsuura S, Yamamoto A, Saeki Y. Diversity and endemism of soybean rhizobia between Southern Japan and Central Luzon, Philippines. 日本土壤肥料学会 2015 年度京都大会
- ⑮ 中村美里・城惣吉・板倉学・南澤究・山本昭洋・佐伯雄一. 土壌の湛水条件が根粒菌群集構造におよぼす影響. 日本土壤肥料学会 2014 年度東京大会

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐伯 雄一 (SAEKI, Yuichi)

宮崎大学・農学部・教授

研究者番号：50295200

(2) 研究分担者

鮫島 玲子 (SAMESHIMA, Reiko)

静岡大学・(連合)農学研究科・准教授

研究者番号：00377722

城 惣吉 (SHIRO, Sokichi)

島根大学・生物資源科学部・助教

研究者番号：20721898