

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月15日現在

機関番号：82112

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21380202

研究課題名（和文）限界環境に栽培可能な無施肥・共生利用型マメ科新バイオマス作物の研究開発

研究課題名（英文）Development of novel bio-legume crops with high N fixation ability for harsh environment

研究代表者

友岡憲彦（TOMOOKA NORIHIKO）

独立行政法人農業生物資源研究所・多様性活用研究ユニット・ユニット長

研究者番号：40373253

研究成果の概要（和文）：現在農業利用ができていない限界環境（塩害土壌、湛水湿地、酸性土壌）において、化学合成した窒素肥料を用いることなく、共生窒素利用でバイオマス生産を行うことが可能なマメ科新作物を開発することを研究の目的として、熱帯砂浜に適応したハマササゲ、熱帯湿地に自生するナガバハマササゲ、酸性土壌に適応したアカササゲとそれらに共生している根粒菌を対象に、塩、pH、高温に対する抵抗性程度を明らかにした。調査した遺伝資源には、高いストレス耐性を有するものがあり、これらを利用して限界環境に栽培可能な新作物の開発が可能であると考えられた。

研究成果の概要（英文）：To develop novel legume crops which can be grown on harsh environment without industrially synthesized N, *Vigna marina*, *V. luteola* and *V. vexillata* together with their symbiotic bacteria were analyzed for their resistance to NaCl, pH and high temperature stresses. Some of the plant accessions together with symbiotic bacteria accessions were revealed to have very high potential for the development of novel stress resistant legume-symbiotic production system.

交付決定額

（金額単位：円）

|        | 直接経費       | 間接経費      | 合計         |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2009年度 | 5,100,000  | 1,530,000 | 6,630,000  |
| 2010年度 | 4,600,000  | 1,380,000 | 5,980,000  |
| 2011年度 | 4,500,000  | 1,350,000 | 5,850,000  |
| 年度     |            |           |            |
| 年度     |            |           |            |
| 総計     | 14,200,000 | 4,260,000 | 18,460,000 |

研究分野：農学

科研費の分科・細目：境界農学・環境農学

キーワード：育種・耐塩性・マメ科植物・栽培化・耐酸性・根粒菌・共生窒素固定・親和性

## 1. 研究開始当初の背景

地球に存在する化石燃料のうち、石油の可採年数は39年、天然ガスの可採年数は60年といわれており、化石燃料の枯渇に対応した代替エネルギー資源の開発は、人類が解決しなければならないもっとも大きな緊急の課題であった。

## 2. 研究の目的

これまでに農業利用ができなかった限界ストレス環境（塩害土壌、湛水湿地、酸性土壌）において、化学合成した窒素肥料を用いることなく、バイオマス生産を行うことが可能なマメ科新作物を開発することを研究の目的とした。

## 3. 研究の方法

上記の目的を達成するために、既存の作物

にストレス耐性を付与するというこれまでの作物育種の発想を逆転させ、限界環境に適応し、既に強度のストレス耐性を獲得しているマメ科野生種を新たに作物化するという発想で研究を進めた。具体的には、ササゲ (*Vigna*) 属野生種に注目し、熱帯の砂浜に適応したハマササゲ (*Vigna marina*)、熱帯の湿地環境に適応したナガバハマササゲ (*Vigna luteola*)、熱帯の酸性土壌に適応したアカササゲ (*Vigna vexillata*) の3種を主な研究対象とし、その耐塩性程度の解明、耐酸性程度の解明と、それらストレス耐性の遺伝的要因を解明するための遺伝解析雑種集団の作成を行った。

ササゲ属野生植物を、短期間に効率的に栽培化するためには、種子をはじめとする諸器官の大型化、裂莢性、種子吸水性 (休眠性) に関する遺伝子情報が必要である。それらの情報は、同じササゲ属ですでにアフリカにおいて栽培化が達成されているササゲから遺伝子情報を得ることとし、そのために必要な栽培化関連形質の QTL 解析を行った。

また、限界環境下に適応したマメ科野生種の根に共生し、窒素固定をしている根粒菌に注目し、それらの収集、分離、保存を行い、その分子系統分類に必要な遺伝子配列解析と諸ストレス耐性を調査した。

#### 4. 研究成果

##### (1) ササゲ属野生植物の耐塩性評価

植物側の高度耐塩性系統を特定するために、ハマササゲ 50 系統、ナガバハマササゲ 50 系統、アカササゲ 130 系統、計 230 系統について、発芽後 3 週間の幼植物を用いた水耕栽培によるスクリーニングを実施した。耐塩性が最も高かったのは、ハマササゲで、NaCl 濃度 350mM 4 週間に続く 500mM 4 週間 (計 8 週間) ストレスでも生存可能な系統を選抜できた。次いで耐塩性が高かったのはナガバハマササゲで、NaCl 濃度 300mM 4 週間に続く 400mM 4 週間 (計 8 週間) ストレスでも生存可能な系統を選抜できた。3 種の中で最も耐塩性が弱かったのはアカササゲであったが、NaCl 濃度 250mM 4 週間の後 350mM 4 週間 (計 8 週間) ストレスでも生存可能な系統を選抜できた。ハマササゲは概してどの系統も高い耐塩性を示したが、ナガバハマササゲとアカササゲは耐塩性に関して大きな種内変異を保有していた。

次に、これらの高度耐塩性遺伝子の同定を目的に、耐塩性に関して対照的な反応を示した種・系統間での交雑実験を実施した。その結果、ナガバハマササゲについては、アフリカ・ベナン原産の耐塩性強の系統 (JP23389=現在の分類学的取扱いではハマササゲの 1 亜種とされている) とブラジ

ル原産の耐塩性弱系統 (JP235855) との雑種の作成に成功し、QTL 解析を行うための F2 集団を獲得した。アカササゲについては、南アメリカ・スリナム原産の耐塩性強の系統 (JP202334) とコロンビア原産の耐塩性弱の系統 (JP235869) との雑種の作成に成功し、QTL 解析を行うための F2 集団を獲得した。耐塩性が最も強いハマササゲに関しては、種内に耐塩性弱の系統が存在しないため、ナガバハマササゲとの種間交雑を実施し、オーストラリア産耐塩性弱のナガバハマササゲ系統 (JP236246) とパプアニューギニア産耐塩性最強系統 (JP236255) との間で F1 雑種植物の獲得に成功し、現在 F2 種子を収穫中である。

##### (2) ササゲ作物化遺伝子の同定

高度ストレス耐性野生種を新たに栽培化するための栽培化遺伝子同定を目的に、アフリカ起源の栽培ササゲ (*Vigna unguiculata*) と野生ササゲの雑種集団を作成し、分子連鎖地図の作成と栽培化関連形質の QTL 解析を行った (論文 1、2)。

詳細な分子連鎖地図は BC1F1 集団を用いて、226 個の SSR (Single Sequence Repeat) マーカーで作成した。マーカー間平均距離 3.96cM、総長 852.4cM、11 連鎖群から構成される分子連鎖地図の作成に成功した。さらに、BC1F1 雑種集団と F2 雑種集団の 2 集団を用いて、24 形質に関する栽培化関連形質の QTL 解析を実施し、合計 156 個の QTL を検出した。これら栽培化関連形質の中で、連鎖群 3、7、11 に、作用力が大きく複数の形質の栽培化に寄与したと考えられる興味深い QTL を見出した。

##### (3) アカササゲの耐酸性

アカササゲの遺伝資源 118 系統を用いて、低 pH に対する初期生育を調査した結果、pH3 での生育が pH6 での生育を凌ぐ (乾物重生産が 120%以上) 耐酸性遺伝資源 24 系統を見出した。

##### (4) 限界環境自生地における根粒の収集と分離された菌の分子分類学的同定

2009 年に、石垣島と西表島において探索調査を実施し、砂浜に生育するハマササゲ (8 地点) と、湿地に生育するナガバハマササゲ (2 地点) に着生していた根粒を収集した。

このうち、ハマササゲの自生地 (砂浜) で収集した根粒から分離した菌計 37 株を用いて、種分類の指標として用いられる 16SrRNA 遺伝子の塩基配列を決定した。根粒菌を収集した自生地は、石垣島 3 か所 (Ishi-3: 井野田海岸、Ishi-4: 井原間海岸、Ishi-5: 底地海岸)、西表島 3 か所 (Irio-1:

南風見田の浜、Irio-2：星砂海岸、Irio-3：星立海岸）である。

16SrRNA 塩基配列解析の結果によると、収集した根粒から分離した細菌は、4つのグループから構成されていた。グループ1は、*Rhizobium leguminosarum* に近縁な2菌株で構成され、西表島星砂海岸で収集した2菌株がこのグループに属していた。グループ2は、*Rhizobium huautiense* に近縁な4菌株で構成され、石垣島底地海岸で収集した1菌株と西表島星立海岸で収集した3菌株が属していた。グループ3は、*Sinorhizobium fredii* に近縁な6菌株で構成され、西表島南風見田の浜で収集した1菌株、西表島星砂海岸で収集した4菌株、西表島星立海岸で収集した1菌株が属していた。グループ4は、*Agrobacterium tumefaciens* に近縁な22菌株で構成され、石垣島3地点、西表島3地点、計6地点すべての収集菌株が属していた。この他に、*Microbacterium* 属に属する1菌株（石垣島井原間海岸）、*Paenibacillus polymyxa* に近縁な1菌株（西表島星砂海岸）、*Bacillus* 属に属する1菌株（石垣島底地海岸）が根粒から分離された。以上のことから、ハマササゲには極めて多様な細菌が根粒内に生息していることが明らかになった。

(5) ハマササゲの根粒から分離した菌の nodA 遺伝子

ハマササゲの根粒から分離した菌はこれまで根粒菌と思われていなかった菌種を含む多様な分類群から構成されていることが明らかになったため、これらの菌が根粒形成遺伝子を持っているかどうか確認するために、根粒形成遺伝子 nodA の塩基配列を調査した。材料には、16SrDNA の塩基配列によって *Sinorhizobium* 属と判定された7菌株、*Agrobacterium* 属と判定された9菌株、*Bacillus* 属と判定された2菌株、計18菌株を用いた。その結果、これらの菌はすべて nodA 遺伝子を持っていることが明らかになった。また、これらの菌株は、*Sinorhizobium fredii* 型の nodA 遺伝子塩基配列を持つ菌株グループ (*S. fredii*-nodA グループ) と、*Sinorhizobium meliloti* 型の nodA 遺伝子塩基配列を持つ菌株グループ (*S. meliloti*-nodA グループ) とに分類することができた。

16SrDNA 配列で *Sinorhizobium* 属と判定された7菌株中6菌株は *S. fredii*-nodA グループで、1菌株が *S. meliloti*-nodA グループであった。*Agrobacterium* 属と判定された9菌株は、1菌株が *S. fredii*-nodA グループで、8菌株が *S. meliloti*-nodA グループであった。*Bacillus* 属と判定された2菌株は、ともに *S. meliloti*-nodA グループであった。この結

果は、nodA 遺伝子がこれらの菌株間で水平伝達を起こした可能性を示唆している。

(6) ハマササゲの根粒から分離した菌の環境ストレス耐性

ハマササゲの根粒から分離した37菌株 (*Agrobacterium* 属22菌株、*Sinorhizobium* 属7菌株、*Rhizobium* 属5菌株、*Microbacterium* 属1菌株、*Bacillus* 属1菌株、*Paenibacillus* 属1菌株) を用いて、NaCl 耐性、高 pH 耐性、高温耐性の程度を調査した。異なる処理条件に対する耐性の判定は、YMB 培地上でのコロニーの生育状態によって行った。

① NaCl 耐性

NaCl 濃度は、0 (Control)、1、2、3、4、5% の6段階で試験を行った。全37菌株において、NaCl 濃度1%では100%、2%では94.6%、3%では89.2%、4%では54%、5%では10.8%がコロニーを形成した。ハマササゲの根粒から分離した菌には、高度の NaCl 耐性を持つ菌が含まれていることが、明らかになった。菌の分類群と NaCl 耐性の間に顕著な関連性は見いだせなかった。

② 高 pH 耐性

pH 処理は、pH4、5、7 (Control)、8、9、10.5 の6段階とした。全単離菌株 (37菌株) の中で、pH4 では5.4%、pH5 では89.2%、pH7、8、9、10.5 では100%の菌株がコロニーを形成した。また、pH10.5 において生育が若干弱まった4菌株を除くと、すべての菌株が pH7 (Control) よりも高い pH において、より良い生育を示した。このことから、石垣島と西表島の海岸 (砂浜の土壌 pH は、9.3 - 9.6 であった) に生育するハマササゲの根粒から分離した菌は、高 pH に高い耐性を有することが明らかになった。また、これらの菌は低 pH に対しては感受性であることが明らかになった。

③ 高温耐性

菌の培養温度は、28°C (Control)、37°C、40°C、45°C の4段階とし、インキュベーター内で3~4日培養してコロニーを観察した。全単離菌株 (37菌株) の中で、37°C および40°C では100%すべての単離菌株がコロニーを形成し、45°C では67.5%の菌株がコロニーを形成した。このことから、ハマササゲの根粒から分離した菌には、高度の高温耐性を有する菌が多く含まれていることが明らかになった。菌の分類群と高温耐性の間に顕著な関連性は見いだせなかった。

以上の環境ストレス耐性試験の結果、石垣島と西表島の砂浜に生育するハマササ

ゲの根粒から分離した菌には、高度の環境ストレス耐性を有する菌株が含まれており、限界環境におけるバイオ肥料として極めて有望であることが判明した。

#### 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 15 件)

- 1) Kongjaimun A, Kaga A, **Tomooka N**, Somta P, Shimizu T, Shu Y, Isemura T, Vaughan D.A, Srinives P (2012) An SSR-based linkage map of yardlong bean (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *Unguiculata* Sesquipedalis Group) and QTL analysis of pod length. *Genome* 55(2): 81-92. 査読有  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1139/g11-078>
- 2) Kongjaimun A, Kaga A, **Tomooka N**, Somta P, Vaughan D.A, Srinives P (2012) The genetics of domestication of yardlong bean, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. ssp. *unguiculata* cv.-gr. *sesquipedalis*. *Annals of Botany*. Online 査読有  
DOI: 10.1093/aob/mcs048
- 3) Kondo N, **Tomooka N** (2012) New sources of resistance to *Cadophora gregata* f. sp. *adzukicola* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *adzukicola* in *Vigna* spp. *Plant Disease* 96(4): 562-568. 査読有  
DOI:<http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-06-11-0463>
- 4) Djedidi S, **Yokoyama T**, **Tomooka N**, Ohkama-Ohtsu N, Risal CP, Abdelly C, Sekimoto H (2011) Phenotypic and genetic characterization of rhizobia associated with alfalfa in the Hokkaido and Ishigaki regions of Japan. *Syst Appl Microbiol*. 34: 453-461. 査読有  
DOI:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.syapm.2011.04.006>
- 5) Djedidi S, **Yokoyama T**, Ohkama-Ohtsu N, Risal CP, Abdelly C, Sekimoto H. (2011) Stress tolerance and symbiotic and phylogenetic features of root nodule bacteria associated with *Medicago* species in different bioclimatic regions of Tunisia. *Microbes and Environments*. 26: 36-45. 査読有  
K Tejima, K Satoh, K Takeda, **T Yokoyama** and I Narumi (2012) The Effect of  $\gamma$ -Sterilization of Carrier Materials on the Shelf Life of Biofertilizer Containing *Bradyrhizobium japonicum* strain USDA110. *RADIOISOTOPES* 61: 161-171. 査読有
- 6) Wei, M., Takeshima, K., **Yokoyama, T.** (2010) Temperature-Dependent Expression of Type III Secretion System Genes and Its Regulation in *Bradyrhizobium japonicum*. *Molecular Plant-Microbe Interaction* 23: 628-637. 査読有
- 7) Risal, C., P., **Yokoyama, T.**(corresponding author), **Ohkama-Ohtsu, N.** (2010) Genetic diversity of native soybean bradyrhizobia from different topographical regions along the southern slopes of the Himalayan Mountains in Nepal. *Systematic and Applied Microbiology*. 33: 416-425. 査読有.
- 8) Isemura T, **Tomooka N** (corresponding author), Kaga A (2010) Comparison of the pattern of crop domestication between two Asian beans, azuki bean (*Vigna angularis*) and rice bean (*V. umbellata*). *JARC* 45: 23-30. 査読有.
- 9) Isemura T, Kaga A, **Tomooka N** (corresponding author). (2010) The genetics of domestication of rice bean (*Vigna umbellata*). *Annals of Botany* 106: 927-944. 査読有
- 10) Kuroda Y, Kaga A, **Tomooka N** (2010) The origin and fate of morphological intermediates between wild and cultivated soybeans in their natural habitats in Japan. *Molecular Ecology*. 19: 2346-2360. 査読有
- 11) **Tomooka N**, Inoue J and Akiba M (2010) Collection and conservation of wild leguminous crop relatives on Tsushima island, Nagasaki, Japan. *Annual Report on Exploration and Introduction of Plant Genetic Resources*. 26: 27-34. 査読有
- 12) **Tomooka N**, Pandiyan M, Senthil N, Ramamoorthi N (2009) Collection and conservation of leguminous crops and their wild relatives in Tamil Nadu, India, 2009. *Annual Report on Exploration and Introduction of Plant Genetic Resources*. 25: 83-109. 査読有
- 13) **Tomooka N**, Pandiyan Taguchi T, Nemoto T (2009) Collection and conservation of wild leguminous crop relatives in Hokkaido, Japan, 2008. *Annual Report on Exploration and Introduction of Plant Genetic Resources*. 25: 1-11. 査読有
- 14) Kuroda Y, **Tomooka N**, Kaga A. (2009) Genetic diversity of wild soybean (*Glycine soja* Sieb. et Zucc.) and Japanese cultivated soybeans [*G. max* (L.) Merr.] based on microsatellite (SSR) analysis and the selection of a core collection. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 56: 1045-1055. 査読有
- 15) 大山卓爾, **横山 正**, 安藤象太郎 (2009) 土壤改良資材を用いて食料と環

境を考える, アジアの微生物資材. 農業および園芸. 84: 203-212. 査読無

[学会発表] (計 30 件)

- 1) **Tomooka N.**, Naito K, Kaga A, Isemura T, Vaughan D.A (2012) “Neo-domestication” for a rapidly changing world. SABRAO (招待講演). 2012年1月13日. The Empress Chiang Mai Hotel, Thailand
- 2) 江原宏, 田中春菜, 平松有美, **友岡憲彦**. (2012) 低 pH 条件下での *Vigna vexillata* の初期生育特性. 熱帯農業研究. 2012年3月31日. 東京農工大学
- 3) 吉田裕太郎, 伊勢村武久, 内藤健, 加賀秋人, 奥野員敏, 江原宏, **友岡憲彦**. (2012) アズキ近縁野生種 *V. nakashimae* および *V. riukiensis* における耐塩性関連形質の QTL 解析. 熱帯農業研究. 2012年3月31日. 東京農工大学
- 4) **Tomooka N.** (2011) Azuki bean compatible wild *Vigna* – Are they really diverse and useful? International Symposium on Genetic Resources and Breeding of *Vigna* Legumes (招待講演) 2011年10月9日. 中国農業科学院 (北京)
- 5) Kongjaimun A, Somta P, Kaga A, **Tomooka N.**, Vaughan D.A, Srinives P (2012) QTL analysis of pod characteristics in yardlong bean [*Vigna unguiculata* (L.) Walp. ssp. *unguiculata* cv.-gr. *sesquipedalis*]. SABRAO. 2012年1月15日. The Empress Chiang Mai Hotel, Thailand
- 6) ジディディ サレム, **横山正**, **友岡憲彦**, 大津直子, 関本均 (2011) チュニジアと日本の土壌から単離した *Sinorhizobium* 属根粒菌の遺伝的な特性比較. 植物微生物研究会. 2011年9月20日. 岡山大学農学部
- 7) 吉田裕太郎, Nanda Gunasekara Bandara L.M, **友岡憲彦** (2011) 南アジアの *Vigna* 属野生種3種 (*V. aridicola*, *V. stipulacea*, *V. trilobata*) における塩類耐性の自然変異. 熱帯農業研究. 2011年3月28日. 明治大学農学部
- 8) **友岡憲彦**, 伊勢村武久, WAN P, 吉田裕太郎, 内藤健, 加賀秋人, 江原宏, 横山正 (2011) ハマササゲ(*Vigna marina*)、ナガバハマササゲ(*V. luteola*)、アカササゲ(*V. vexillata*)の種内および種間交雑. 熱帯農業研究. 2011年9月17日. 信州大学農学部
- 9) 吉田裕太郎, 伊勢村武久, **友岡憲彦**, 奥野員敏, 加賀秋人, 内藤健 (2011) 近縁野生種ヒメツルアズキ (*Vigna nakashimae*) を利用したアズキの根系形質に関する QTL 解析. 熱帯農業研究. 2011年9月17日. 信州大学農学部
- 10) 内藤健, 加賀秋人, 磯部祥子, 白澤健太, 平川英樹, 田畑哲之, **友岡憲彦** (2011) *Vigna* 属野生種の Neo-Domestication を目指した栽培化遺伝子のファインマッピング. 育種学研究. 2011年9月23日. 福井県立大学
- 11) Djedidi, S., Ohkama-Ohtsu, **N., Tomooka, N., Yokoyama, T.** (2010) Phenotypic and phylogenetic characterization of root nodule bacteria associated with *Medicago* species in Japanese soils. 1st Asian Conference on Plant-Microbe Symbiosis and Nitrogen Fixation. 2010年9月23日. 宮崎県青島パームビーチホテル
- 12) **N., Tomooka** (2011) Genetic and Genomic Resources in the genus *Vigna*. AgBIO'2011. 2011年2月1日. Tamil Nadu 農業大学、インド
- 13) **友岡憲彦** (2010) *Vigna* 属植物の栽培化関連遺伝子とその育種利用. ガンマワールドシンポジウム. 2010年7月14日. 水戸三の丸ホテル
- 14) **友岡憲彦** (2010) マメ科ササゲ属植物の器官大型化と環境適応. 160 委員会 第10回研究会. 2010年12月14日. キャンパス・イノベーションセンター東京
- 15) **Yokoyama, T.** (2010) Summary of FNCA biofertilizer project. FNCA 2010 Workshop on Mutation Breeding Project and Biofertilizer Project. 2010年11月8日. フィリピン・マニラ
- 16) **友岡憲彦**, Alisa K, 加賀秋人 (2010) ジュウロクササゲ (*Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis*) 分子連鎖地図の作成. 日本熱帯農業学会. 2010年10月9日. 沖縄コンベンションセンター
- 17) 江原宏, 岡田まどか, 阿部裕子, **友岡憲彦** (2010) 3種の *Vigna* 属植物 (*V. luteola*, *V. marina*, *V. vexillata*) の塩処理に対する生長反応特性. 日本熱帯農業学会. 2010年10月9日. 沖縄コンベンションセンター
- 18) Takeda, K., Tejima, K., Satho, K., Narumi, I., **Yokoyama, T.** (2010) Phenotypic improvement of *Bradyrhizobium japonicum* USDA110 into a high temperature tolerant strain in terms of ion-beam. 1st Asian Conference on Plant-Microbe Symbiosis and Nitrogen Fixation. 2010年9月23日. Aoshima Palmbeach Hotel, Miyazaki, Japan
- 19) **Yokoyama, T.**, Torii, A., Ando, S., Kojima, K., Motobayashi, T., Boonkerd, N. (2010) Plant nutritional and yielding effects of *Azospirillum biofertilizer* on rice cultivation under Japanese paddy fields and climatic conditions. 2010年9月23日. Aoshima Palmbeach Hotel, Miyazaki, Japan

- 20) Tejima, K., **Yokoyama, T.**, Satho, K., Narumi, I. (2010) The advantage of  $\gamma$ -irradiation of biofertilizer's carrier in bacterial inoculants survival. 1st Asian Conference on Plant-Microbe Symbiosis and Nitrogen Fixation. 2010年9月21日. Aoshima Palmbeach Hotel, Miyazaki, Japan.
- 21) 大脇良成、田澤純子、松岡宏明、新良力也、**横山正**、松本静治、静川幸明、吉川正巳 (2010) 連作ダイズ根粒に感染する非共生土壌細菌の多様性. 日本土壌肥料学会 2010年北海道大会. 2010年9月9日. 北海道大学
- 22) 静川幸明、松本静治、吉川正巳、大脇良成、田澤純子、**横山正** (2010) 異なる地域の連作ダイズ根粒から分離される非共生土壌細菌および根粒菌の分布. 日本土壌微生物学会 2010年東京大会. 2010年5月22日. 東京大学
- 23) 武田喜代子・手島光平・佐藤勝也・鳴海一成・**横山正** (2010) 炭素イオンビーム照射による高温耐性ダイズ根粒菌の作出. 日本土壌微生物学会 2010年東京大会. 2010年5月22日. 東京大学
- 24) 鳥居昭宏・安藤象太郎・本林 隆・**横山正** (2010) *Azospirillum* 菌接種による飼料イネ「リーフスター」の窒素肥料低減栽培技術の研究. 日本土壌微生物学会 2010年東京大会. 2010年5月22日. 東京大学
- 25) 大脇良成、田澤純子、松岡宏明、**横山正**、松本静治、静川幸明、吉川正巳 (2010) 連作ダイズの根粒より分離した非共生細菌の特性. 第32回根研究集会. 2010年4月20日. つくば市農業研究機構中央農業研究センター
- 26) S. Djedidi, **T. Yokoyama** (2009) Stress tolerance and genetic analysis of root nodulation bacteria isolated from Medicago species in different bioclimatic regions of Tunisia. 日本土壌肥料学会. 2009年9月15日. 京都大学
- 27) **友岡憲彦**, Thet Yee Khaing, 吉田裕太郎 (2009) 3種の *Vigna* 属植物 (*Vigna luteola*, *V. marina*, *V. vexillata*) 遺伝資源における塩水耐性の自然変異について. 日本熱帯農業学会. 2010年3月28日. 千葉大学
- 28) 吉田裕太郎, **友岡憲彦**, 奥野員敏 (2009) アズキと近縁野生種遺伝資源の塩水耐性の自然変異について. 日本熱帯農業学会. 2010年3月28日. 千葉大学
- 29) 伊勢村武久, 加賀秋人, **友岡憲彦** (2009) リョクトウ栽培種と野生種との交雑に由来するBC1F1集団を用いた栽培化関連形質のQTL解析. 日本育種学会. 2009年9月26日. 北海道大学
- 30) **友岡憲彦**, 加賀秋人, 平野久美, Duncan Vaughan (2009) ケツルアズキ多器官大型化突然変異遺伝子近傍のAFLPマーカーの開発. 日本育種学会. 2009年9月26日. 北海道大学
- [図書] (計4件)
- 1) **Yokoyama, T.** (2010) *Research Signpost, Kerala, India*. Biological nitrogen fixation: Nitrogen cycle in agriculture, Nitrogen Assimilation in Plants ISBN: 978-8-308-0406-4
- 2) **Tomooka N.**, Kaga A, Isemura T, D. Vaughan (2010) *Springer*. Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources. Chapter 15. *Vigna*
- 3) **N. Tomooka** (2009) *White Lotus*. The origins of rice bean (*Vigna umbellata*) and azuki bean (*V. angularis*): The evolution of two lesser-known Asian beans. In "An Illustrated Eco-history of the Mekong River Basin" ed T. Akimichi.
- 4) **T. Yokoyama** (2009) *Springer*. Biological nitrogen fixation, In Nitrogen assimilation in plants, ed. Ohyama T. Sueyoshi K.
6. 研究組織
- (1) 研究代表者  
友岡 憲彦 (TOMOOKA NORIHIKO)  
農業生物資源研究所・多様性活用研究ユニット・ユニット長  
研究者番号：40373253
- (2) 研究分担者  
横山 正 (YOKOYAMA TADASHI)  
東京農工大学・大学院農学研究院・教授  
研究者番号：70313286