

## 鳥取県におけるアズキ (*Vigna angularis*) 栽培—雑草— 野生種複合集団の収集とモニタリング

加賀 秋人<sup>1)</sup>・Ouk-Kyu HAN<sup>1)</sup>・平島 信也<sup>2)</sup>・  
Paramanathen SARAVANKUMAR<sup>3)</sup>・H.M.P.S.KUMARI<sup>4)</sup>・Miranda-Jonson  
GILDA<sup>1)</sup>・友岡 憲彦<sup>1)</sup>・Duncan A. VAUGHAN<sup>1)</sup>

- 1) 農業生物資源研究所・遺伝資源研究グループ・集団動態研究チーム
- 2) 農業生物資源研究所・企画調整部・業務科
- 3) *Department of Botany, University of Peradeniya, Sri Lanka*
- 4) *Rice Research and Development Institute, Batalagoda, Sri Lanka*

## Collection and Monitoring of the Azuki bean(*Vigna angularis*) Complex population in Tottori Prefecture, Japan

Akito KAGA<sup>1)</sup>, Ouk-Kyu HAN<sup>1)</sup>, Shinya HIRASHIMA<sup>2)</sup>,  
Paramanathen SARAVANKUMAR<sup>3)</sup>, H.M.P.S. KUMARI<sup>4)</sup>, Miranda-Jonson  
GILDA<sup>1)</sup>, Norihiko TOMOOKA<sup>1)</sup> and Duncan A. VAUGHAN<sup>1)</sup>

- 1) *Crop Evolutionary Dynamics Team, National Institute of Agrobiological Sciences, Kannondai 2-1-2, Tsukuba, Ibaraki 305-8602, Japan*
- 2) *Farm Management Division, Department of Research Planning and Coordination, National Institute of Agrobiological Resources, Kannondai 2-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-8062, Japan*
- 3) *Department of Botany, University of Peradeniya, Sri Lanka*
- 4) *Rice Research and Development Institute, Batalagoda, Sri Lanka*

### Summary

Tottori Prefecture was visited twice during 2002 at the flowering time and seed maturity of wild azuki (*Vigna angularis* var. *nipponensis*) in order to record population variation and obtain samples for population genetic analysis. Maps showing characteristics of populations sampled are provided (Fig. 1-11). The characteristics of wild azuki populations sampled are given (Table 1). The characteristics of each population is

influenced by a range of different factors that include vegetation cutting, weeding, time of seed maturity, seeds moved by animals and in soil as a result of construction projects. Farmer's practices suggest gene introgression occurs from wild to cultivated azuki as cultivated azuki seed size is reported to decrease over time. Data and leaf samples from over 300 individuals in 29 wild populations in addition to cultivated azuki were obtained (Supplementary table). A relationship between seed weight, growth habit and seed color was observed (Fig. 12). Semi-erect wild azuki is thought to be the result of outcrossing between wild and cultivated azuki and erect small black-seeded wild individuals might represent escaped old cultivars. The materials collected will be subjected to microsatellite analysis and results combined with field data to enable the population dynamics of the azuki bean complex in Tottori Prefecture to be determined.

KEY WORDS : azuki, intra-population variation, population genetics, introgression

## 1. 目的と調査方法

日本国内のアズキは栽培型 (Cultivate type, *Vigna angularis* var. *angularis*) および野生型 (Wild type, *V. angularis* var. *nipponensis*) と、その両者の中間的な形態を示す雑草型 (Weedy type) と呼ばれる3種の生態型によって構成されている。国内の自生集団を集団内の形態の変異で分類すると、形態が一様に野生型 (Wild population) や雑草型 (Weedy population) からなる集団以外に、栽培型と野生型との間の連続的な形態変異を示す複合型集団 (Complex population) が数多く分布している<sup>1)</sup>。 AFLP 分析<sup>2)</sup> や RAPD 分析<sup>3)</sup> に基づく複合型集団内の遺伝的多様性は野生型集団や雑草型集団よりも大きく、さらに栃木県馬頭町の複合型集団では栽培種の対立遺伝子の移入によって遺伝的多様性が高まったことが SSR 分析によって明らかとなった<sup>4)</sup>。そのため集団の形態が一様な野生型を示しても遺伝子レベルでは遺伝子浸透した個体群によって構成される場合や、複合型集団と同等しても栽培化の中間段階に相当するような雑草型個体や栽培種からエスケープした個体だけでなく栽培種や雑草型からの遺伝子移行によって生じた遺伝子浸透個体が含まれる場合も想定される。この様に複雑な遺伝的多様性を保有する自生集団の保全には、自生地保全法 (*in-situ* conservation) が最適であると思われる。自生地保全のあり方を考えるうえで集団内の遺伝的構造、遺伝子移行、多様性の維持機構等の解明は重要であるばかりでなく、最近問題視され始めている遺伝子組換え作物からの導入遺伝子拡散リスクに関する情報も提供可能であると思われる。西日本ではこのような複合型集団が数多く分布し<sup>1)</sup>、我々は鳥取県の集団についてモニタリングを行ってきた<sup>5)</sup>。

そこで今回は鳥取県における複合型集団の詳細な分布、自生地環境が個体群の分布や集団内変異に及ぼす影響等を把握することを目的に、鳥取県の探索調査を2002年9月上旬と10月下旬の2回に分けて実施した。調査を通じて集団内の形態の変異に関する情報、自生地における個体群の分布状況や推移に関する情報、自生個体毎の種子およびDNA解析に用いる葉を収集した。各地点ではGPSによって緯度経度、高度計によって標高を測定し、植生や収集地点付近のスケッチを記載した。以下探索の順序に従って、各収集地点において気が付いた観察事項を述べる。

## 2. 収集地点および収集品の特徴

### (1) 第1回目の調査

集団内の個体間変異に基づいた複合型集団の同定を目的に2002年9月5日から12日に行った。各集団では5~10m毎に選んだ個体にラベルを取り付け、草丈、茎の直径、茎色などの形質を調査し、DNA解析用の葉のサンプリングを行った。

#### ・気高集団

9月5日は鳥取市御熊付近から鹿野街道沿い気高郡鹿野町から東伯郡三朝町に至る県道21号沿いおよび東伯郡三朝町の県道33号沿いを調査した。気高郡下光元の比較的大きな集団 (CED2k2001-CED2k2005, Fig.1) 合計54個体と近辺の6ヶ所の圃場で栽培されていたアズキの形態特性の調査と葉のサンプリングを行った。この集団は小高い山に囲まれた段々畑の水路沿い約350mに分布し、主に開花最盛期の蔓性の個体群から構成されていた (Fig.2)。その近辺ではアズキが小規模に栽培されており、これらも開花最盛期であった。CED2k2001 集団

はアズキが栽培されていた段々畑の法面から畑の縁に分布し、法面に分布する個体は草刈り後に発芽した栄養生長初期であった。一方、山の斜面側の CED2k2002 集団は崖崩れを修復した約 2 m の断崖の上に分布していた。CED2k2003 集団はここから 100m 程離れた水路沿いに分布し、山の斜面側の個体群は山の影に覆われていた。CED2k2004 集団は畑跡地の中でツルマメとともに旺盛に繁茂していた。この場所は送電塔が中央に設置され電力会社の所有地となっており送電塔の周囲以外は草刈りされていない様子であった。これより約 50m 進んだ水路際で旺盛に分布する CED2k2005 集団を見出した。CED2k2001, CED2k2002, CED2k2003, CED2k2004 集団は形態的に均一な野生型の集団であったのに対し、CED2k2005 集団は直立型から蔓型まで変異が認められた。直立型個体の莖色は緑色で、葉にはくびれが認められた。しかしなかには赤みがあった莖色の直立型個体や緑色の蔓性の莖をもつ個体などが認められた (Table 1)。農夫が畑の中に生えてくる雑草を捨てていると言っていた水路際や直立型個体 No.18-21 を収集した場所では多数の直立型個体が不自然に分布していたので、直立型個体は栽培種のエスケープの可能性も考えられた。

#### ・東伯郡三朝町

気高郡鹿野町から東伯郡三朝町の近辺では、1985 年に 13 種類の在来種が十勝農業試験所によって収集されている。その中に含まれていた灰白斑の在来種は野生種からの遺伝子移入によって生じた可能性もあるので、この付近で自生集団を探索した。鹿野町側県道 21 号沿いの河内の農地周辺で小さな野生型集団を見かけたが (Fig.1-a), そこから三朝町の町境までは険しい峠になり、峠を越してから三朝町の三徳川沿いも深い渓谷で農地も少なく、三徳までは集団を見つけることができなかった。三徳から北斜面に入った場所の山を切り開いた広大な整地跡 (Fig.1-b) で大きな野生型集団を見つけた。さらに西に進んだ坂本の農地の石柵 (Fig.1-c) に直立した数個の自生個体を見つけたが、周囲には野生型集団は全く見られず、栽培種のエスケープと思われた。片柴から波関峠に向かう道路の水田周辺 (Fig.1-d)、県道 21 号沿いの三朝バス車庫横の空き地 (Fig.1-e)、横手の整地跡 (Fig.1-f) では比較的大きな野生型集団を見つけた。小鹿溪に向かう県道 33 号沿いを探索したところ、高橋の休耕水田の中 (Fig.1-g) で野生型個体が繁茂していた。それらは畦の外側に植えられたアズキ栽培種にも絡み付いていた。西小鹿の圃場の周囲はきれいに除草されていたが除草を逃れた数個の野生型個体が見つかったその近辺の用水路の中 (Fig.1-h) に小さな複合型集団を見つけた。さらに上流の山を切り開いた整地跡 (Fig.1-i) で大きな複合型集団を見つけた。

#### ・東伯郡三朝町～日野郡日野町

9月6日は国道 482 号沿いを西に進み、東伯郡三朝町本泉から穴鴨までの間、真庭郡八束村から日野郡江府町までの間、国道 181 号沿いの日野郡江府町から日野郡日野町黒坂までの間をそれぞれ探索した (Fig.1)。この一帯においても赤斑や白い小さな種子の在来種が収集されているので、複合型集団が見つかる期待されたが、今回の探索ではアズキの自生集団は全く見つからなかった。1998 年の広域探索においてもこの地域では自生集団が見つかっておらず、大山付近の地質が自生集団の分布を制限する要因になっているのかもしれない。

#### ・有富集団

9月7日と8日は鳥取市西部の国道 29 号から有富川流域の道路沿いを探索した。鳥取市本高の放棄圃場および工事用資材置き場跡地で複合型集団を見つけた。これより有富川上流では同様の集団が至るところで見つかったので、鳥取市有富 (CED2k2006-CED2k2009, Fig1) で、合計 59 個体と近辺の 7ヶ所の圃場で栽培されていたアズキの形態特性の調査と葉のサンプリングを行った。CED2k2006 集団は水田からの転作によるダイズ栽培圃場横の水路沿いに分布し (Fig.3)、除草された形跡がないにも関わらず、栄養生長期から生殖生長期の個体が混在していた。集団内に見つかった直立型個体群のなかでは No.5,6 個体の葉は野生型のようにくびれがあり、草型は丸葉の個体 (No.2,18,19) よりも小さかった (Supplementary table)。CED2k2007 集団の No.8 ~ 16 は除草目的で焼かれた後に発芽した栄養生長期の個体であった。一方個体群 (No.1 ~ 7,17 ~ 20) は水路の中や石壁の日陰、除草を逃れたススキなどの比較的暗い場所に分布していた。莢は成熟を始めており、No.19 については小さな黒斑種子が得られた。No.1 ~ 7 はややくびれた葉を持つ直立型から半直立型の個体からなり、草刈りの跡に残っていた直立型個体 No.11,13 よりも明らかに大きかった。CED2k2008 集団は畑の法面から以前は水田であったと思われる転作地に分布していた。直立型個体 (No.3 ~ 7) はアズキ畑までの湿った場所に局所的に分布していたので、栽培アズキの捨て種から発芽した個体群と思われた。しかし葉の形態は丸葉の栽培アズキとは明らかに異なる

り、むしろくびれた葉を持つ CED2k2007 集団の直立型個体と類似していた。一方、CED2k2008 集団の野生型個体は主に畑の法面や圃場の中まで分布していた。CED2k2009 集団は雑草が比較的少ない乾燥した道路と水路の間や水田の畦に分布していた。数個体は莢の成熟を始めており、No.5 については小さな黒斑種子が得られた。以上 4 集団で見つかった直立型個体群の茎は緑色であったが、蔓性の野生型個体群にも茎が完全な緑色からやや緑色の変異が認められた。近くの家庭菜園で農作業していた婦人に聞くと、この周辺のアズキは各農家の自家採取によって維持されており、時々種子が小さくなるので村の女性が 5, 6 年毎に持ち寄った種子を混ぜて再分配する古くからの慣習があると言っていた。次に、これより上流約 1 km の地点で、20 年以上放棄されている水田一面 (約 70x40m<sup>2</sup>) に分布する集団 (CED2k2010, Fig.4)、さらに採石場へと続く道を 150m 進んだ道路脇や水路脇に分布する小さな集団 (CED2k2011, Fig.4) を見つけた。これら 2 集団には明確な集団内変異は認められなかった。さらに 20m 進んだ採石場の砂利捨て場には大きな野生型集団がツルマメと同所に繁茂していた。この場所は本来山林なので、採石が開始されてから野生集団が定着したと思われた。これより有富川上流の車止めまでの間では自生集団が見つからなかったが、アズキの小規模栽培圃場が数多く認められたので、合計 24 ケ所の圃場より葉をサンプリングした。

9 月 9 日および 10 日の午前中は 9 月 7 日に見つけた集団 (CED2k2006-CED2k2009) から約 500m 東側を探索した (Fig.4)。採石場跡地の切り立った斜面で旺盛に繁茂する集団 (CED2k2012, Fig.5) を見つけたので合計 63 個体について形態特性の調査と葉のサンプリングを行った。この採石場跡地は広いが、集団や雑草は西向きの一部の斜面だけに限られ、約 20m の高さから下方にかけて分布していた。この場所は山林を切り崩して 4 年前まで採石が行われていたので、この集団は動物か人によって運ばれた種子から繁殖を開始し、ここ 3~4 年で一番上位にある個体 (No.1) 付近から下方に個体群が広まったと思われた。農夫によるとこの付近はイノシシが多く、近くの圃場にあった檻では捕獲されたイノシシも飼育されていた。この集団は蔓型と直立型の個体が混在する複合型集団であった。集団内の半数程度の個体は莢の成熟が進んでおり、No.2,20,22,25,27,28,29 については小さな黒斑種子が得られた No.29 は直立型個体であったが、野生型種子と同じであった。このような直立あるいは半直立型の個体は主にむき出しの山肌に自然にできた溝沿いに分布し、CED2k2006 や CED2k2007 集団の中のかくびれた葉を持つ直立型個体の形態と類似していた。集団内変異を調査すると直立型や半直立型個体の茎はほぼ緑色であったが、蔓性の野生型個体群にもやや緑色の個体が直立型個体の近辺に分布していた (Supplementary table)。さらにこの集団や近辺の栽培アズキには多数のクマバチが訪花していた。

この地点近辺は小高い山林に囲まれた段々畑があり、貯水池へと続く農道沿いの山影の湿った場所に密集していた集団 (CED2k2013, Fig.6) を見つけた。午前中の調査の間にはマルハナバチが何度か訪花するのを目撃した。この集団は直立型個体の割合が高く、葉にはくびれが認められた。開花はほぼ終了し、日陰にも関わらず直立型個体の茎色はやや紫から濃い紫色であったので (Supplementary table)、近辺の集団で見つかった直立型個体とは異なる特性を持っていると思われた。また、この地点から下流約 90m の農道と畑との間の水路沿い、放棄畑の中、ササゲが栽培されていた畑の中に集団 (CED2k2014, Fig.6) を見つけた。圃場の中の栽培種は丸葉で草型は大きく、農夫はこれらを「ダイナゴン」と呼んでいた。この近辺の畑は農家の跡継ぎが激減し、借り手がつくまで放棄状態が続くらしく、畑の中は雑草が多かった。CED2k2014 集団も直立型個体の割合が多く、このような複数の放棄畑の中にも類似した個体がパッチ状に繁殖していた。集団内に見られた直立型個体は開花最盛期で、CED2k2006 や CED2k2007 集団の中のかくびれた葉を持つ直立型個体と類似していた。これらの直立型個体 (No.9,10) は圃場の中にはびこっており、農夫によると鋤き込んでも次々出現するので除草は困難ということであった。農夫の圃場には 1 週間前に鋤き込んだにもかかわらず、500 個体程度の実生が出現していた。

#### ・郡家集団

9 月 9 日の午後は鳥取県八頭郡郡家町のモニタリング集団<sup>5)</sup> (Fig.1) を訪れ、線路沿いの集団 (CED2k2D) の調査と近辺の 16 ケ所の圃場 (Fig.7) で栽培されていたアズキを含む葉のサンプリングを行った。モニタリング集団の 1km 以内のアズキ栽培はほとんど小規模であったが、大規模で栽培されている場所も認められた。CED2k2D 集団は主に線路沿い約 100m に分布し (Fig.8)、線路と畑の間はススキや背の高い雑草で覆われていたが、一部の個体が畑の縁やモニタリング A 集団東側にも進出していた。各個体は全て蔓型で草姿も野生型の特徴を持っていた。A 集団が分布していた場所の除草は道端のみで水路の中や水路脇には除草を逃れた個体群が多数

分布していた。一方 B 集団の個体群 (No.1 ~ 6, Fig.8 点線) が分布していた場所は除草されていたが、個体群 (No.7 ~ 14, Fig.8 実線) が分布していた場所は除草されておらず、2000 年度よりも多数の直立型個体が分布していた。B 集団への種子の伝播を調査するために横を流れる水路の上流を調査したが、自生集団は全く認められなかった。2000 年に C 集団が分布していた場所のすぐ隣でアズキが大規模に栽培されていたが、今回は水田に転作されており、C 集団の個体群は全く見られなかった (Fig.8 点線)。C 集団が自生していた場所は水田になっており水路から直接水が引き込まれていたため、C 集団の分布域に流れ込む水路の上流を調査した。その約 300m 上流に位置する農家の資材置き場の盛り土付近に分布する CED2k2E 集団、廃車置き場の水路際に分布する CED2k2F 集団を見出した (Fig.7)。両集団の個体は全て蔓性で野生型と思われたが、CED2k2F 集団の 1 個体 (No.4) の茎色はやや緑色であった (Supplementary table)。さらに上流 1 km を詳細に調査したが自生集団は見つからなかった。

#### ・佐治集団

9 月 11 日は郡家町から南西約 12km の鳥取県佐治村から国道 482 号に沿って探索を開始した。収集地は明らかでないが、佐治村では過去に白斑や赤斑の小さな種子をつける在来種が収集されているので、遺伝子浸透した集団が見つかるかと期待した。国道 482 号から農道に入り、佐治川から少し離れた佐治村刈地の集落をぬけた山間の放棄畑の周辺で野生型集団を見つけた。山伝いに進んだところ佐治村大井の放棄水田の中や法面に分布する大きな集団 (CED2k2017, Fig.1) を見つけた。開花最盛期は過ぎていたが、集団には数多くのクマバチが訪花していた。ほとんどの個体の莢は成熟を始めており、No.2,6 については小さな黒斑種子が得られた。一方、近辺で栽培されていたアズキ (CED2k2017-cultivar) は既に成熟し、種子の大きさや草型もこれまで鳥取県で見た栽培種よりも非常に小さかった。これより佐治村上大井までの農道沿いの休耕地やその周囲は除草が定期的に行われているらしく、雑草が生い茂った場所は見つからなかった。佐治村森坪から万蔵までは切り立った山間に佐治川と国道が並行し、平坦な場所には集落が密集していた。水田や畑は希にしか見られず、自生集団は見つからなかった。佐治村万蔵からつく谷では水田が数多く見られたが、水田周囲の除草の手入れが頻繁に行われているようで、自生集団は見つからなかった。つく谷から上流に進むと標高が高まり、険しい山に囲まれるようになった。しかし、所々休耕地や工事用の資材置き場が見られるようになり、CED2k2017 集団から約 6 km 上流のダムの変電所へと続く道際の工事用資材置き場跡地で集団 (CED2k2018, Fig.9a) を見つけた。この空き地には農機具用の倉庫、その隣には畑や水田があるので、以前は農家か畑があった土地と思われる。西側の個体群は比較的湿った空き地の周囲に沿ってツククサとともに分布し、北側の佐治川に落ちる崖にも個体の分布が認められた。近辺の 2ヶ所の圃場でアズキが栽培されていたので、葉のサンプリングも行った。この集団はほぼ開花最盛期で数多くのクマバチが訪花していた。しかし数個体は莢が登熟しており、No.9 については小さな黒斑種子が得られた。このように莢の成熟が進んだ倉庫近辺の個体 (No.9,10,11) は葉をはじめ草姿が大きかった。この集団は全てつる性で直立型の個体は見られなかったものの、茎色は緑から紫の変異が認められた。これより上流約 200m の墓の付近でも CED2k2018 集団と類似した草姿の大きい個体群が見つかった。国道 482 号をさらに 2.5km 進んだ佐治村尾際の切り立った山に囲まれた工事用資材置き場跡地で集団 (CED2k2019, Fig.9b) を見つけた。この空き地は一度整地された形跡があり、大きな岩石や工事用資材の他に農機具用の倉庫が残っていた。この先の尾際集落の女性によると以前は農家と畑があった土地で、この近辺では約 80 年前まで裂莢性の黒いアズキを栽培していたという情報も得た。空き地の縁にはイノシシの泥遊びで形成された穴が複数見つかった。CED2k2019 集団はこのように湿った空き地の縁から中央に向かって優先的に分布し、中央の乾燥した場所にはツルマメが分布していた。集団はほぼ開花最盛期で数多くのクマバチが訪花していた。約 500m 離れた圃場でアズキが栽培されていたので葉のサンプリングを行った。この集団では直立型個体が 1 個体 (No.20) 見つかったが、殆どの各個体は蔓性で茎色は緑色を示し、葉をはじめ草姿が大きかった (Supplementary table)。野生型個体においても茎色は緑と紫との中間色が多かった。これより上流に向かう途中で立ち寄った尾際集落の商店店主の老婆 (90 歳) によると、畑仕事を手伝っていた幼少の頃 (戦前) は裂莢性の黒いアズキを作っていたらしい。さらに上流の佐治川ダム周辺の畑では自生集団は見つからなかったが、尾際集落から約 4.5km 上流に位置する栃原の山間の水田地帯で集団を見つけたこの集団 (CED2k2020) は、山際の草むらの中、数年前に土地整備が行われた後の雑草の少ない棚田の土手、水田横の水路沿いなどに優先的に分布していた (Fig.10)。この集団においてもクマバチが訪花するところを目撃した。約 1 km 離れた 3ヶ所の圃場でアズキが栽培されていたので葉のサンプリングを行っ

た。水田の周囲にはイノシシよけの柵が設けられており、No.11 から No.13 の農道際は草刈りの後が認められた。CED2k22019 集団と同様に、この集団においてもほとんどの個体の莖色は緑色であった (Supplementary table)。しかしこの集団では直立型個体の割合が野生型の個体よりも明らかに多く、特に No.12 を採取した場所では葉がくびれた直立型個体が 50 個体以上密集していた。これらについては黒斑種子が得られたが、種子の大きさには変異が認められた。水田を手入れしていた 60 歳くらいの婦人に直立型個体の種子を見せたところ、子供の頃に栽培していた「カゲアズキ」ではないかと指摘された。これは日陰でも育つので「カゲアズキ」と呼ばれ、皮が固くて食感はあまり良くないらしい。この様な裂莢性の黒いアズキは大昔から農家が栽培していたが、今は北海道の品種や農協で購入した品種の栽培に切り替わったと言っていた。

## (2) 第 2 回目の調査

### ・有富集団

第 2 回目の探索は 9 月に同定した集団の推移を調査するとともに、ラベルを取り付けた個体からの莢および種子の収集を目的に 2002 年 10 月 21 日から 25 日に行った。10 月 21 日～22 日と 24 日～25 日は鳥取市有富町の CED2k2006-CED2k2014 集団合計 9 集団の調査とその周囲に分布する新たな集団の探索を行った。有富川上流の集団に向かう途中に、前回の調査で見つけた工所用資材置き場跡地周辺部に分布する集団 (CED2k2023) を今回新たに収集した。この近辺は主に水田地帯であるが、すぐ近くに家庭菜園もあった。この CED2k2023 集団はセイタカアワダチソウ群落の周辺から放棄水田の間に分布し、半直立型個体は蔓性の野生型個体群の中に見つかった。得られた種子も野生型と思われる小さな黒斑種子から、明らかに大きな黒斑のない茶色や赤色の種子まで幅広い集団内変異が認められた。この様な種子は集団内の限られた場所から得られた。一方、比較的乾燥した空き地の中央に自生していたツルマメ集団 (CED2k2028, 100 粒重 2.45g) 内にはこの様な目立った変異は認められなかった。

これより約 4 km 上流に位置する CED2k2006-CED2k2014 集団 (Fig.4) のなかでは CED2k2006, CED2k2007, CED2k2008, CED2k2013, CED2k2014 集団において種子の大きさや莢の長さに関する変異が認められた (Table 1)。前回の調査では直立型から半直立型と同定された個体からはやや大きな種子と長い莢が得られた。また、野生型個体からはほぼ全て黒褐色の裂莢性の莢と小さな黒斑種子が得られた。しかし各集団の集団内変異はそれぞれ異なった特徴を示した。CED2k2006 集団内には黒斑のない茶色の大きな種子をつけた個体 (No.2,18) が認められた (Fig.3)。No.2 や No.18 の莢は裂莢性が低下しており、種子も野生型個体よりも明らかに大きかった。これらは栽培種と類似した丸葉であったが、野生型のようにくびれた葉をもつ直立型個体 (No.6) からは周辺の野生型個体よりも短い莢とやや大きい種子が得られた。また、新たにダイズ栽培圃場内に分布する半直立型個体群 (No. 22-30, Fig.3) を見つけた。各個体の莢を剥いて種子色を確認したが、黒斑のない茶色種子は見いだせなかった。この個体群内の長莢個体 (No.22-30) は粒重に関する変異が認められた。一方 CED2k2007 集団内の草姿の大きかった直立型個体群 (No.1～7) の種子や莢は期待していたよりも小さく、周辺の野生型個体よりもやや大きなものからと同程度のものまで幅広い変異が認められた。さらに水路上流の半直立型個体群 (No.21～23, Fig.11) の種子と莢は No.1 や No.3 と同程度の大きさであったこの場所ではツルマメ集団 (CED2k2026, 100 粒重 3.08g) も収集したが、集団内に目立った変異は認められなかった。前回の調査では CED2k2008 集団内の一様な形態を持つ直立型個体群 (No.3-7) は近年の栽培アズキのエスケープとも思われたが、それらの種子と莢のサイズは周辺の野生型個体よりも少し大きいだけで、莢には裂莢性があり、種子には黒斑が認められた。そのため近くに分布している CED2k2007 の一部の個体が圃場内に広まった可能性がある。CED2k2009 集団から収集された全個体の種子および莢のサイズは CED2k2006-CED2k2008 の野生型個体とほぼ同じであったが、No.2 付近で今回新たに採集した莢は裂莢性がなく、種子も明らかに大きかった。その後 CED2k2007 集団の水路上流を探索したところ複数の場所に野生型と同所に分布する半直立型の個体群を見出した (Fig.11)。CED2k2024A 集団は道路脇の窪んだ空き地の雑草のなかに分布しており、その下のアズキが栽培されていた家庭菜園とは石壁で区切られていた。この集団からは多数の黒斑のない茶色種子が得られたが、大きな黒斑種子も含まれていた。CED2k2024B 集団は家庭菜園間のススキに絡み付いて分布しており、その周辺ではアズキが栽培されていた。この集団からは大きな黒斑種子が得られたが、色の変異は認められなかった。CED2k2024C 集団は上の家庭菜園とは石壁で区切られた道路脇の窪んだ湿地の雑草のなかに分布し、CED2k2024D および E 集団は比較的乾燥した圃場の周辺に分布

していた。以上の集団内には種子サイズの変異が認められ、なかには栽培種と野生種との中間程度の非常に大きな種子も得られたので、最近自然交雑によって生じた比較的新しい個体群と思われた。

次にこれらの集団より山側に位置する CED2k2012-CED2k2014 集団や有富川上流の CED2k2010-CED2k2011 集団の調査を行った (Fig.4)。CED2k2012 集団では前回の調査時に取り付けたラベルはカラスによって切り裂かれる、あるいは引きちぎられていた。このほか折り曲った莢も幾つか見つかったので、この集団には鳥が頻繁に訪れていると思われた (Fig.5)。野生型個体からは黒斑種子だけでなく黒い種子や、明らかに短い莢が得られた。一方、集団内に見られる直立型個体は栽培種と野生種の雑種後代と予想していたが、得られた莢や種子の大きさは野生型個体と同程度であった (Supplementary table)。この空き地ができたのはごく最近で交雑後の遺伝的固定したとは考えられない。一方、すぐ近辺に自生する CED2k2014 集団の直立型個体から得られた種子はこれらと同程度の大きさの莢や種子であったことから、CED2k2012 の直立型個体は CED2k2014 集団から運ばれてきた種子が拡散し、直立型個体群として成立した可能性が高い (Fig.6)。一方、CED2k2013 集団の直立型個体や蔓性の個体からは短い莢とやや大きな種子が得られた (Table 1)。種子は黒斑であったが種子の地色はやや緑がかっており、CED2k2013 集団は他の 2 集団とは異なる特性を持つと思われた (Fig.6)。また CED2k2012-CED2k2014 集団では下流の集団で見られたような黒斑のない種子や大きな種子は得られなかった (Fig.4)。CED2k2010 および CED2k2011 集団は草刈りの形跡もなく、全ての個体から黒褐色の裂莢性の莢と小さな黒斑種子が得られた。

#### ・郡家集団

10月22日の午後は八頭郡郡家町の CED2k2D, CED2k2E および CED2k2F 集団の収集と郡家モニタリング集団の調査を行った (Fig.7,8)。野生型集団と思われる CED2k2D 集団からは莢をバルクで収集した。小さな黒斑の種子が得られ、種子色の変異は認められず、種子の大きさも一様であった。CED2k2E 集団ではラベルした一部の個体が見つからなかったが、小さな黒斑の種子が得られた。一方、CED2k2F 集団から得られた種子は CED2k2E 集団の種子よりも少し大きかった。さらに9月の調査ではモニタリング集団の A 集団や B 集団の個体群 (No.7 ~ 14) は除草されずに残っていたが (Fig.8)、今回の調査では除草によって B 集団の個体群は完全に消滅していた。一方、A 集団の道路沿いは除草によって消滅していたが、水路の中や際の個体は残存していた。次に鳥取市上味野の美和モニタリング集団<sup>5)</sup> (Fig.1) を訪れたが集団の分布に大きな変化は見られなかった。同所的に分布していたツルマメ集団 (CED2k2029, 100 粒重 3.21g) を収集したが、集団内に目立った変異は認められなかった。さらに岩美郡国府町の国府モニタリング集団<sup>5)</sup> (Fig.1) を訪れ、種子の収集を行った。CED2k2022A 集団はこれまでのモニタリング集団に相当し、半直立型の個体からは 2000 年に見られたような赤や黒斑の種子が得られた。蔓性の野生型個体からは小粒の黒斑種子が得られたが、中には No.A18 個体のような莢が短く、やや大きな種子を持つものまで変異が認められた (Supplementary table)。一方、水田を挟んだ逆側の道路脇に分布する CED2k2022B 集団ではこの様な変異は認められず、CED2k2022A は複合型集団 CED2k2022B は野生型集団と思われた。

#### ・佐治集団

10月23日は佐治村に分布する CED2k2017-CED2k2020 を訪れた。CED2k2017 が分布する水田の法面は除草されていたが、水田圃場内に残っていた個体から均一な黒褐色の裂莢性の莢と小さな黒斑種子が得られた。次に訪れた CED2k2018 集団が分布する空き地は中央付近から東側が除草されており、土地が管理されていることがわかった (Fig.9a)。この集団で得られた莢はこれまでの野生型個体よりも極めて短いものが多く、種子の大きさにも変異が認められた。特に No.1-No.5 個体の種子は大きく、No.2 個体からは黒斑の少ない茶色の種子も得られた。一方、前回草姿の大きかった個体からは野生型と同程度の大きさの黒斑種子しか得られなかった。次に訪れた CED2k2019 集団が分布する工事用資材置き場跡地は除草されておらず、雑草による被覆度は前回の訪問時と同程度であった。この集団でも CED2k2018 集団と同様に短い莢が得られた。しかし長い莢ややや大きな種子も得られ、変異が認められた (Supplementary table)。直立型個体 (No.20) からは裂莢性のない莢と黒斑の少ない茶色の種子が得られたが、その周辺の個体には明らかな変異は見られなかった。一方、少し離れた西側に分布する野生型個体 (No.34, 36, 39) からは長い莢のやや大きい種子が得られた (Fig.9b)。中央に分布していたツルマメ集団 (CED2k2027, 100 粒重 2.63g) を収集したが、集団内に目立った変異は認められなかった。次に訪れた

CED2k2020 集団が分布する水田の法面は除草されておらず、雑草による被覆度は前回とほぼ同じで集団はそのままの状態に残存していた (Fig.10). 蔓性個体からは短い莢で小粒の黒斑種子、直立型個体からは長い莢で大きい黒斑種子が得られた。

#### ・気高集団

10月24日の午前中は気高郡下光元の CED2k2001-CED2k2005 集団を訪れた。CED2k2001, CED2k2002 および CED2k2005 集団は草刈りによってほとんどの個体が消滅していた (Fig.2)。CED2k2002 集団のバルク、CED2k2003 集団および CED2k2004 集団の全ての個体からは黒褐色の裂莢性の莢と小さな黒斑種子が得られた。一方、CED2k2005 集団のバルクや集団内に残っていた直立型から得られた種子や莢は期待していたよりも小さな黒斑種子で、近年の栽培種のエスケープでないことがわかった。その他の野生型個体と比較すると莢はやや長く、種子も若干大きかったが (Supplementary table)、種子色の変異は認められなかったさらに CED2k2005 集団から山に続く道沿いにも自生集団が分布していたのでバルク (upper load) として採取したが、これらの中には種子色等の変異は認められなかった。また CED2k2004 集団とともに自生していたツルマメ集団 (CED2k2025, 100 粒重 4.03g) は若干種子が大きかった。アズキの複合型集団が分布している近傍で調査した以上のツルマメ集団内に目立った変異は認められなかった。

### 3. 探索のまとめと所感

今回の探索によって鳥取県におけるアズキ自生集団の生息環境は非常に多様であることが明らかになった。自生集団は畑や水田の周辺、水路など人為的攪乱の多い環境に分布し放棄水田や放棄畑などかつて雑草が生い茂っていなかったような場所に侵入・増殖したと思われる集団も認められた。特に草刈りの時期や回数は圃場周辺に分布する自生集団の存亡だけでなく、集団内の形態的変異の変化に大きく影響すると思われた。9月上旬で既に種子を得られた様な個体は草刈り前に子孫を残すことができるので、草刈りによる選択が生じた場合は集団内で優位になると考えられる。一方、整地された山中の空き地や工事現場の跡など思いもよらない場所でツルマメとともに繁殖している集団が数多く見られた。これらの場所は周辺の自生集団が独自に分布範囲を広めたとは考えられず、鳥やイノシシなどの動物によって自生集団の種子が運ばれている可能性が高い。しかも自生集団が見つかった場所は比較的新しい空き地で、優勢な雑草が広まるまでの間は自生集団が旺盛に繁殖すると思われた。

第1回目の探索では自生集団 21 集団合計 326 個体およびその周囲で栽培されていた栽培種 63 圃場からの葉サンプル、自生地における形態特性の情報を収集することができた。また、第1回目および第2回目の探索を通じて自生集団 29 集団合計 340 個体および栽培種 6 圃場からの種子を収集することができた鳥取県の自生集団内の形態的変異は大きく、これが何によってもたらされたのか今後明らかにする必要がある。その要因の1つとして鳥取県の栽培種は自生集団の開花と同調していただけでなく、クマバチも頻繁に認められたので、栽培種と自生集団との間の遺伝子流動が考えられる。そのため今回収集した栽培種の葉や自生集団との距離の情報はこのような遺伝子流動を解析するために重要である。

各調査個体から得られた種子をグループ分けしたところ、蔓型グループの 100 粒重平均値は 2.4g、半直立型は 5.0g、直立型は 3.5g になり、半直立型の平均値は最も大きいことがわかった。さらに度数分布で分散を比較すると、蔓型は最も小さく、次いで直立型、半直立型では分散が最も大きくなる傾向が認められた (Fig.12)。このように半直立型のグループ内には大きな種子から小さいものまで分散が大きいだけでなく、種子色の変異も認められたので、栽培種と野生種との交雑によって生じた雑種の分離後代が多数含まれていると思われる。一方、直立型個体グループ内の 100 粒重の分散は小さく、比較的小さな黒斑種子莢色は緑色という特徴が見られた。これらは鳥取県の広範囲に分布していたにも関わらず一様な形態を持ち、半直立型とは異なる群を形成していると思われる。そのため老婆や婦人が話していた昔の栽培種と考えられる一方で、ある特定の条件下では栽培種と野生種との雑種後代から一様な直立型の形態を持つ個体が残存する可能性も考えられるので、今後それらをマイクロサテライトマーカー等の DNA 解析によって明らかにしていきたい。

### 4. 引用文献

1) Tomooka N, Vaughan DA, Moss H, Maxted N (2002) The Asian *Vigna*. *Vigna* subgenus *Ceratotropis* genetic

resources. Kluwer Academic Press. 270 pages

2) Xu RQ, Tomooka N, Vaughan DA (2000a). AFLP markers for characterizing the azuki bean complex. *Crop Sci* 48:808-815

3) Xu RQ, Tomooka N, Vaughan DA, Doi K (2000b). The *Vigna angularis* complex: genetic variation and relationships revealed by RAPD analysis and their implications for *in-situ* conservation and domestication. *Genet Res Crop Evol* 47:123-134

4) X. W. Wang<sup>1</sup> • A. Kaga<sup>1,2</sup> • N. Tomooka • D. A. Vaughan (2004). The development of SSR markers by a new method in plants and their application to gene flow studies in azuki bean [*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi]. *Theor Appl Genet* (in press)

5) Tomooka N, Kaga A, Vaughan DA, Kobayashi N, Yoshida T, Nobori T, Komatsuzaki T, Akiba M, Omizu T, Taguchi T, Pickersgill B (2001) Monitoring and collecting of the azuki bean complex (*Vigna angularis*) genepool in Tottori, Okayama, Ibaraki and Tochigi prefectures, Japan, 2000. Annual report on exploration and introduction of plant genetic resources, NIAR. 17:17-32

Note : Supplementary information is available on NIAS Genebank web site.



Fig.1. Geographical distribution of Tottori populations. Natural populations were not found along Routes 181 and 482 in the mountainous west around Mount Daisen. "a-i" populations were found in Misasa town. "b" and "i" populations were in vacated land in the mountains while "a, c, d, e, f, g, h" were inside or around fields. Among them, "h" and "i" populations were complex populations. CED2k2001-CED2k2023 indicate the name of populations of which morphological variation was recorded.

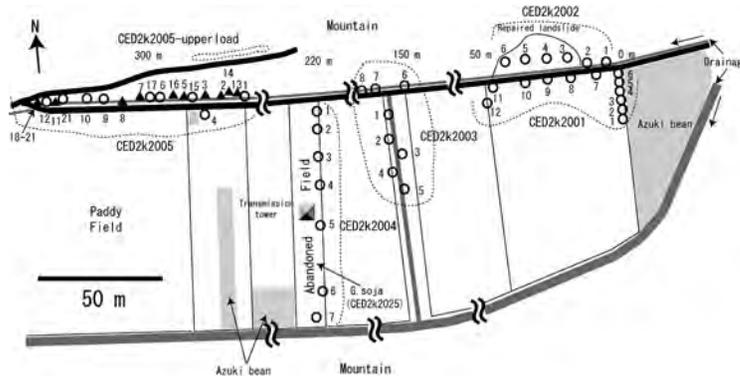


Fig.2. Geographical distribution of Ketaka populations. These populations were distributed around terrace fields between mountains. Most individuals of population CED2k2001 were at the vegetative stage in September. CED2k2002 was distributed across a repaired landslide. CED2k2004 was distributed inside an abandoned field with wild soybean. CED2k2005 was complex population and distributed around a drainage ditch. Black triangles indicate erect to semi erect type. These individuals had larger seeds, lobed leaflets and green stem. Individuals no.18-21 consisted of a cluster of plants with erect habit.

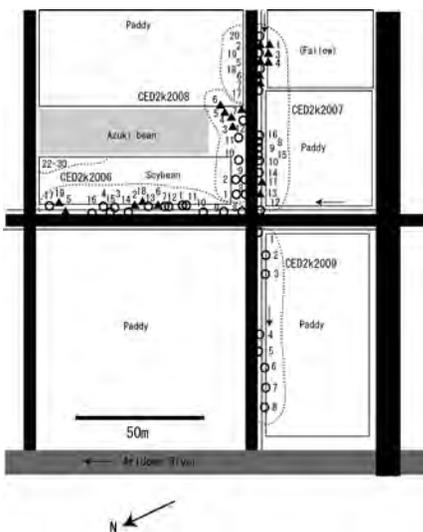


Fig.3. Geographical distribution of a lowland plain population in Aridome village (CED2k2006-009). Plants in CED2k2006 were at various stages of growth. Circle indicates individuals with wild type habit and black triangle erect habit. Individuals (no. 2, 18-19 in CED2k2006) had large non-lobed leaflets while lobed leaflets were found at CED2k2006 individuals (no. 5-6), CED2k20087 individuals (no. 1-7) and CED2k2008 individuals (no. 3-7). CED2k2008 individuals were in a wet part of an azuki field margin.

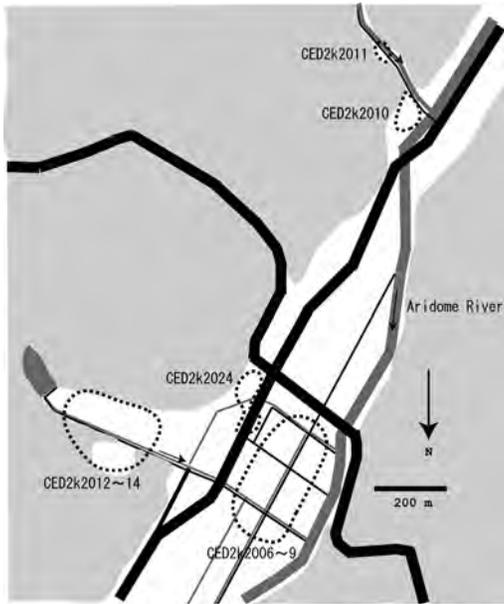


Fig.4. Geographical distribution of all Aridome populations. CED2k2010 was distributed inside a paddy field that was abandoned more than 20 years ago and showed no morphological variation. A large population was distributed with wild soybean on a slope of quarry upstream to CED2k2010 and CED2k2011.

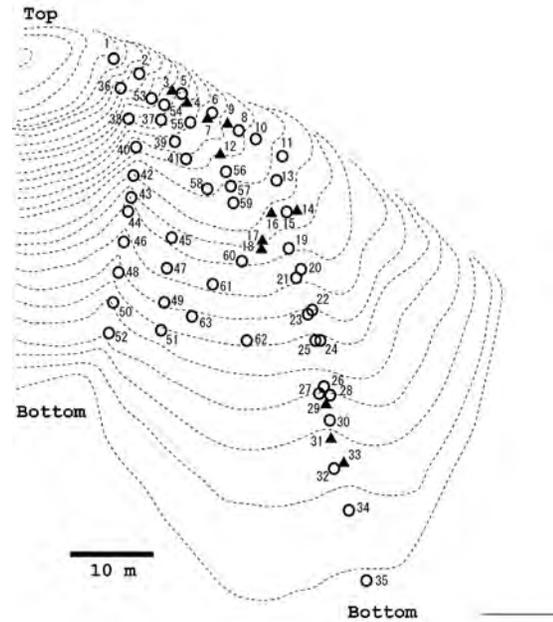


Fig. 5. Geographical distribution of CED2k2012 population individuals. This population was distributed on a slope that had been quarry until four years ago when a landslide occurred. Erect to semi-erect type individuals (black triangle) had green stem and were distributed along a channel in the hillside. Many carpenter bees (*Xylocopa appendiculata circumvolans* Smith.) were observed here visiting flowers. There was a very large captured wild boar about 20m from this site.

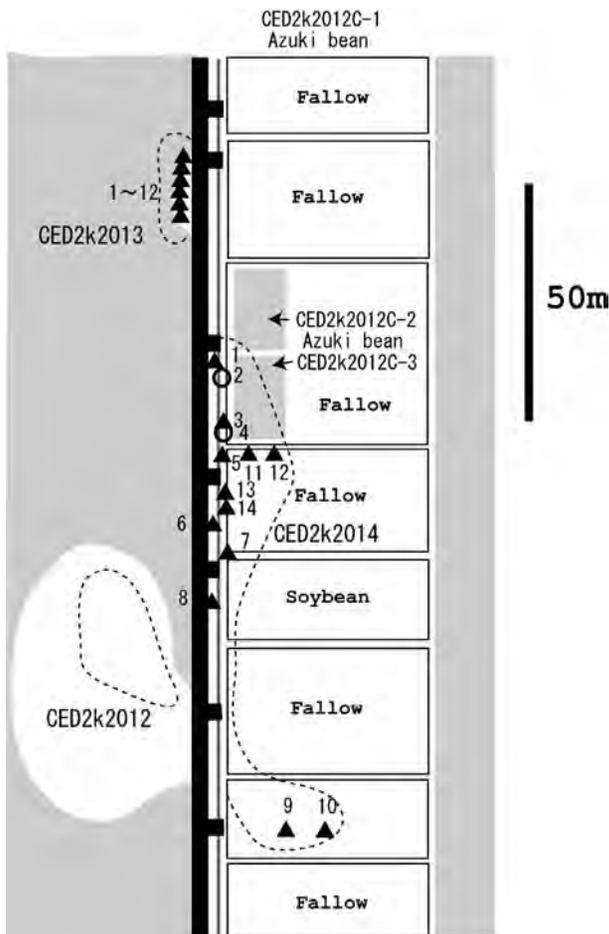


Fig. 6. Geographical distribution of CED2k2013 and CED2k2014 population individuals. CED2k2013 and CED2k2014 populations were distributed in mountain shade and around terraced fields between mountains, respectively. Both populations consisted of individuals with erect to semi erect habit (black triangles). CED2k2013 consisted of a cluster of individuals with erect habit. All individuals had red stems and early maturity in CED2k2013, while green stems and late maturing individuals were prominent in CED2k2014. The leaf lobes of erect to semi erect habit individuals in CED2k2014 were similar to CED2k2006 and CED2k2007. Where CED2k2014 individuals (no.9-10) were distributed farmer reported difficulty in controlling weedy azuki as they continuously germinates in the field.

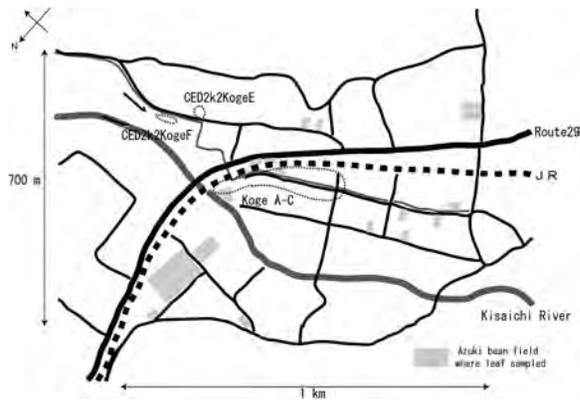


Fig.7. Geographical distribution of Koge population and cultivated field where leaves were sampled. 2k2KogeE and 2k2KogeF were distributed upstream of an irrigation channel to the paddy field. This is close to KogeC a monitoring population reported in previous visits to Tottori<sup>1)</sup>.

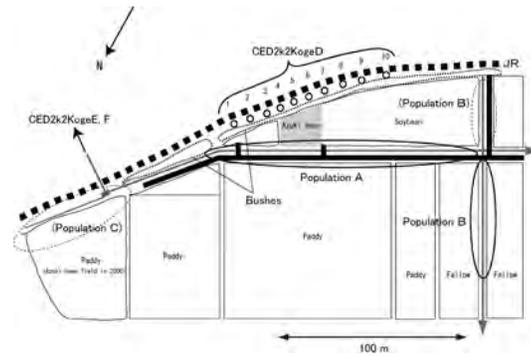


Fig.8. Geographical distribution of 2k2KogeD population and Koge monitoring populations<sup>1)</sup>. 2k2Koge D was distributed along a railway. KogeB south (dotted line) population had disappeared due to weeding before September and KogeA and KogeB north (solid line) populations disappeared from September to October, respectively. KogeC monitoring population around an azuki bean field in 2000 had disappeared due to crop rotation from azuki bean to rice.

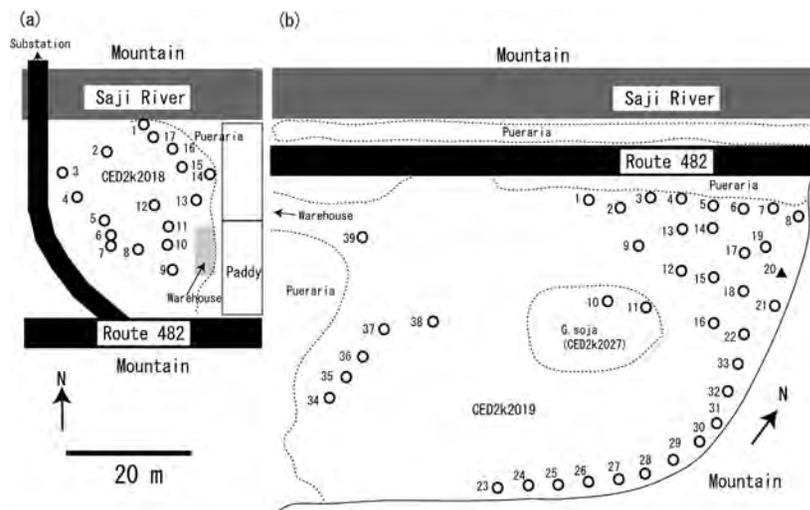


Fig. 9. Distribution of CED2k2018 (a) and CED2k2019 (b) in the mountainous region of Saji. These were distributed in recently abandoned land surrounded by steep mountains. These sites were previously a place to put construction materials and before that a farmers field. In the site of CED2k2018 no individuals with erect habit were found. The twining plants here had variation in seed size and stem color. The pods of most individuals were clearly shorter than the other populations. CED2k2019 was mainly in boggy soil which wild pigs had distured. Stem color variation was prominent and individual with erect habit (black triangle) and short pod were found. Many carpenter bees were observed visiting flowers.

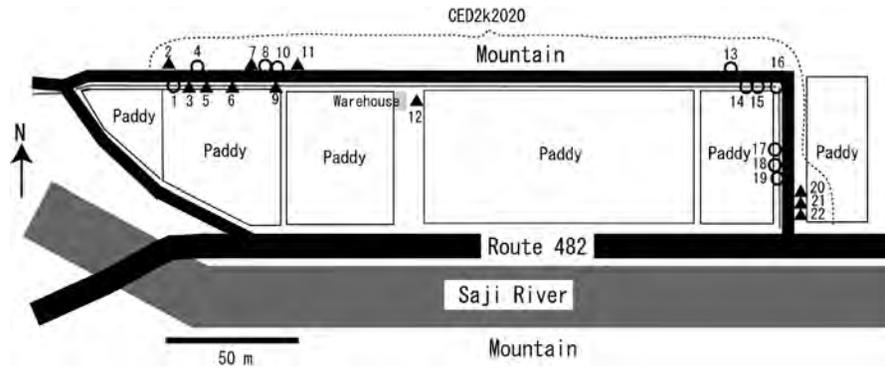


Fig.10. Geographical distribution of CED2k2020 a high elevation site in Saji village. Proportion of individuals with green stem and erect habit was higher than the other populations. An old lady called such individuals as "Kage (shadow) azuki" because they can grow in mountain shade. Maturity of this population in September was earlier than the other populations. Carpenter bees were observed visiting flowers.

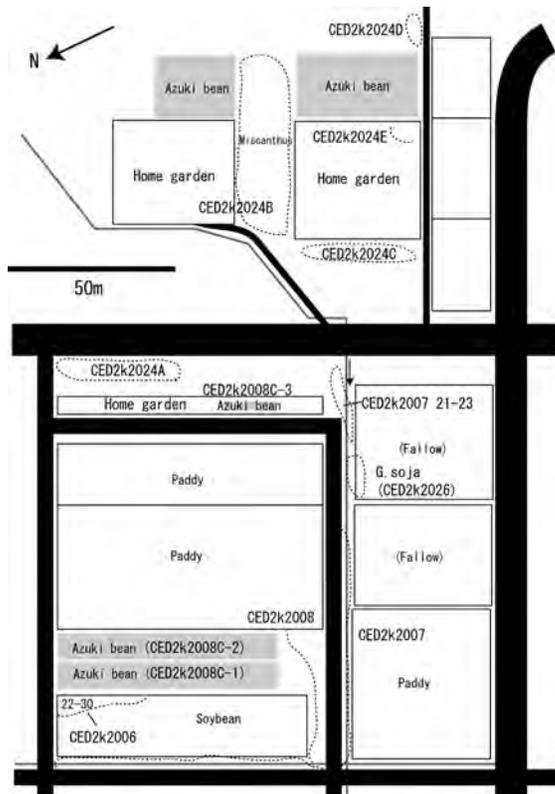


Fig.11. Geographical distribution of Aridome populations found during the October visit. CED2024A, B, C, D and E populations were found along the upper reaches of an irrigation channel that lead to CED2k2006-9 population. There was a high level of variation in seed size and seed color. Most individuals in CED2k2024A had large tan seed and semi-erect habit. Additional individuals with erect habit and large seed in CED2k2006 (no. 22-30) and CED2k2007 (no. 21-23) were found around field margins and a drainage ditch, respectively.

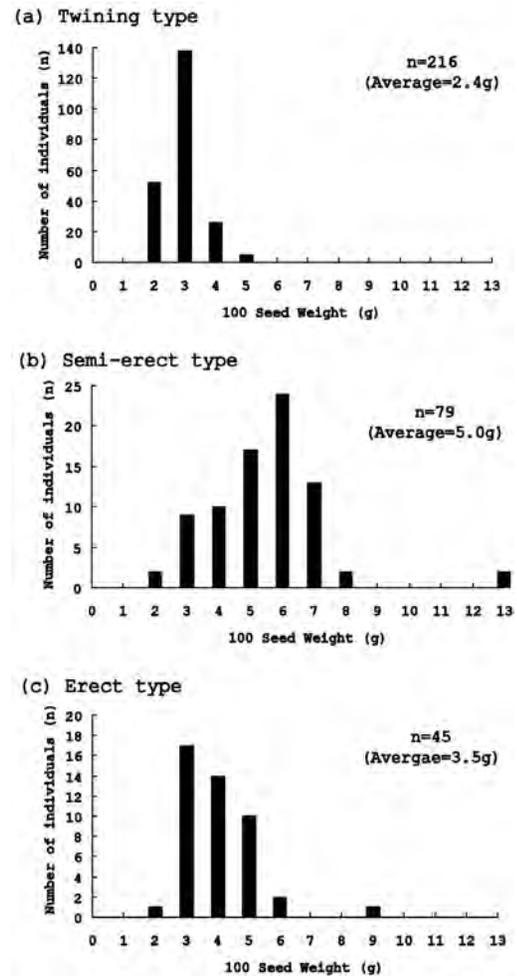


Fig.12. Frequency distribution of 100 seed weight among individuals with (a) twining, (b) semi-erect and (c) erect habit. The average 100 seed weight of twining, semi-erect and erect groups was 2.4g, 5.0g, 3.5g, respectively. Seed color and weight variation was higher and average seed weight larger in the semi-erect group than the group with erect habit.

Table 1 . Location, latitude, longitude, altitude of each population and habitat description.

Population	Nearest town	Population type	Location	Altitude (m)	Habitat description
CED2k2001	Ketaka	Wild	N35°29' 10", E134°05' 09"	60	around terrace field, open, dry
CED2k2002	Ketaka	Wild	N35°29' 10", E134°05' 09"	60	across a repaired landslide, open to shade, dry to wet
CED2k2003	Ketaka	Wild	N35°29' 10", E134°05' 09"	60	around drainage ditch, mountain side, open to shade, dry to wet
CED2k2004	Ketaka	Wild	N35°29' 10", E134°05' 09"	60	inside abandoned field, open, wet
CED2k2005	Ketaka	Complex	N35°29' 10", E134°05' 09"	60	around drainage ditch, open, dry to wet
CED2k2006	Aridome	Complex	N35°27' 24", E134°10' 01"	60	around drainage ditch, some in soybean field, open, wet to dry
CED2k2007	Aridome	Complex	N35°27' 24", E134°10' 01"	60	around drainage ditch of paddy field, open to shade, dry to wet
CED2k2008	Aridome	Complex	N35°27' 24", E134°10' 01"	60	inside and around azuki bean field, open, wet
CED2k2009	Aridome	Complex	N35°27' 24", E134°10' 01"	60	around drainage ditch, paddy field margin, open, dry
CED2k2010	Aridome	Wild	N35°26' 55", E134°09' 48"	70	inside an abandoned paddy field, open, wet
CED2k2011	Aridome	Wild	N35°26' 52", E134°09' 54"	100	mountain side, shade, wet
CED2k2012	Aridome	Complex	N35°27' 22", E134°10' 16"	120	on a slope of abandoned quarry, open, dry
CED2k2013	Aridome	Weedy	N35°27' 21", E134°10' 21"	100	in mountain shade, shade, wet
CED2k2014	Aridome	Weedy	N35°27' 21", E134°10' 19"	100	around drainage ditch, inside and mrgins of abonedoned field, open, dry to wet
CED2k2017	Saji	Wild	N35°20' 19", E134°09' 34"	150	inside and around paddy field, open, wet to dry
CED2k2018	Saji	Complex	N35°19' 45", E134°05' 03"	260	inside abandoned place to put construction materials, open, dry, elevated area
CED2k2019	Saji	Complex	N35°19' 51", E134°03' 41"	300	inside abandoned place to put construction materials, open, dry, elevated area
CED2k2020	Saji	Complex	N35°19' 17", E134°00' 59"	550	around drainage ditch, in mountain shade, open to shade, dry to wet, elevated area
CED2k2022A	Kokufu	Complex	N35°26' 24", E134°19' 39"	100	around paddy field, open, dry
CED2k2022B	Kokufu	Wild	N35°26' 24", E134°19' 39"	100	between path and drainage ditch, open, dry
CED2k2023	Aridome	Complex	N35°28' 50", E134°11' 24"	10	inside abandoned place to put construction materials, open, dry to wet
CED2k2024A	Aridome	Complex	N35°27' 19", E134°10' 05"	70	inside abandoned place, open, wet
CED2k2024B	Aridome	Complex	N35°27' 19", E134°10' 05"	70	between azuki bean fields, open, wet
CED2k2024C	Aridome	Complex	N35°27' 19", E134°10' 05"	70	inside abandoned field, open, wet
CED2k2024D,E	Aridome	Complex	N35°27' 19", E134°10' 05"	70	aroud home garden, open, dry
CED2k2KogeD	Koge	Wild	N35°25' 19", E134°15' 40"	60	inside and aroud railway, open, dry
CED2k2KogeE	Koge	Wild	N35°25' 19", E134°15' 48"	60	inside and aroud place to put agricultural materials, open, dry
CED2k2KogeF	Koge	Wild	N35°25' 21", E134°15' 51"	60	inside abandoned place for putting used cars, open, dry