

氏名	いし かわ ゆう こ 石 川 裕 子
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学位記番号	農 博 第 1650 号
学位授与の日付	平 成 19 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	農 学 研 究 科 応 用 生 物 科 学 専 攻
学位論文題目	Domestication of kodo millet (<i>Paspalum scrobiculatum</i> L.) in India (インドにおけるコドミレットの栽培化に関する研究)

論文調査委員 (主査) 教授 大西近江 教授 遠藤 隆 教授 冨永 達

論 文 内 容 の 要 旨

Paspalum scrobiculatum L. は旧大陸の熱帯、亜熱帯に分布し、湿気のある土地や日陰を好んで生育する多年生植物である。インドでのみ栽培されている穀物の一つである。遺跡からの出土により少なくとも3000年の栽培の歴史があると考えられている。栽培化については、イネの随伴雑草が擬態を強めることで、イネの二次作物として成立したという説があるが、実験的に確認されていない。

本研究では、まず、栽培および雑草型の *P. scrobiculatum* の現地での生育の観察と試料の採集を目的に現地調査を行った。そして、過去に採集された栽培型と雑草型を温室内で比較栽培し、形態的特徴および発芽や開花の習性を調査し、雑草型と栽培型の間にどのような差異が見られるのかを明らかにした。インド各地で採集された雑草型と栽培型 *P. scrobiculatum* の系統関係を AFLP 分析と葉緑体 *trnK/matK* 領域の塩基配列の比較を通じて明らかにし、栽培の起原地を推定することを試みた。

インドにおける現地調査では、東部のオリッサ州南西部と、南部のカルナタカ州において *P. scrobiculatum* を採集できた。その他の調査地域においては *Paspalum* 属の別種が数種観察された。栽培が確認できたカルナタカ州の村の農家は、生育期間の長短や水分要求性などの異なる雑穀を複数保持しており、年毎の降水状況によってその年に栽培する雑穀を決めていた。コドミレットは常に栽培されるとは限らず、栽培される場合は、水田稲作と非常に強い耐乾性を示す雑穀との間の幅のある水分条件で栽培されていると思われた。雑草型は他雑穀の混作畑から水田、湿地や路傍まで様々な環境条件で見られたが、大きな群落は形成していなかった。雑草型はオリッサ州南西部で多く観察された。特にイネに随伴していることが顕著であった。

他の穀物が栽培化に伴い形態的な変化を示していることを参考に、1980-1990年代に採集された試料で、採集者によって採集状況と播種の有無を基準に雑草型、イネの随伴雑草型・擬態随伴雑草型、栽培型と区分された試料を温室内で栽培し、形態および発芽や開花時期について調査した。多くの形質でイネの随伴雑草型・擬態随伴雑草型は雑草型と栽培型の中間の値を示した。本来多年生の種であるが、栽培型になると種子による繁殖が強められ、より一年生的になっていることが示された。この結果はイネの随伴雑草が擬態を強め、非脱粒性に移行することによって栽培化されたという仮説と矛盾するものではない。

インド各地の *P. scrobiculatum* の系統関係を明らかにすることを目的に、インドの7州で採集された栽培型から雑草型、および、2003年に西ベンガル州とシッキム州で採集した形態的に似た別種を用いて AFLP 分析を行った。結果に基づき NJ 系統樹を作成したところ、*P. scrobiculatum* 試料は3つのクラスターに分かれ、試料の地理的分布に対応していた。インド北部と南部の栽培型は明確に区別された。クラスター1内の試料の地理的位置関係から、北部の栽培型はオリッサ州からより北部と内陸部へ伝播し、デカン高原のより乾燥した環境に適応したと考えられた。南部の栽培型は雑草型試料が大部分を占めるクラスター2の中でサブクラスターを形成した。南部の栽培型は東部のオリッサ州の雑草型と南部の雑草型の両方と

近縁関係にあることが示された。

葉緑体 *trnK/matK* 領域の塩基配列の比較では、*trnK5'* イントロン領域中 2 箇所に変異が検出された。各 2 種の変異を基に、4 つのハプロタイプが推定されたが、検出されたのは 3 ハプロタイプであった。雑草型では全ハプロタイプが検出されたが、栽培型では 2 つのハプロタイプのみ検出された。さらに、北部と南部で優占するハプロタイプが異なったことから、葉緑体変異によっても栽培型は北部と南部に分けられた。AFLP 分析において、南部の栽培型に近いことが示されたオリッサ州の雑草型は、南部の栽培型と同じ葉緑体ハプロタイプを示した。オリッサ州周辺の雑草型と南部の雑草型は栽培型で検出されたハプロタイプを 2 つとも保有していたため、オリッサ州、インド南部の両方が栽培起原の候補地となりうる。

オリッサ州周辺とインド南部の共通点は、海岸平野から山間部、そしてデカン高原という地理的多様性に富む点である。*P. scrobiculatum* の雑草型の中にイネ栽培に伴って生育するのに適した一群があり、また、イネへの随伴雑草型・擬態随伴雑草型が他の雑草型と栽培型の間隔的な形質を示していたことから、イネの伝播に伴って水田イネの随伴雑草であった *P. scrobiculatum* は段階的に乾燥が強まる耕地に接することで、イネと耐乾性の強い雑穀の間隔的な水分条件において栽培できる穀物として発達してきたことが考えられる。

以上の点と遺伝的な分析結果から、コドミレットの栽培起原地について 2 つの仮説を提唱した。1) コドミレットは単起原であり、オリッサ州において起原した後、インド内陸部および南部に伝播した。2) コドミレットは多起原であり、オリッサ州およびインド南部において独立に起原した。

論文審査の結果の要旨

本論文はインドにおいて栽培されている雑穀の 1 種コドミレット (*Paspalum scrobiculatum* L.) の栽培化の過程、栽培コドミレットの野生祖先種、栽培の起原地に関する研究をとりまとめたものである。

コドミレットはインドで栽培されていると言っても、その年の天候次第で栽培されたり、されなかったりという不安定な作物であり、また雑草型、随伴雑草型が自生しているが極めて希であり、研究用の標本収集が非常に困難な種である。著者はその困難を克服し、十分とは言えないまでも多くの標本を収集し、それらについて、1) 形態観察から推測される栽培化の過程とこれまでの栽培化に関して提唱されている仮説が妥当であるか否かを検討し、2) AFLP 分析の結果に基づいて系統樹を作成し、インドにおける栽培化の起った地域を推定した。3) さらに葉緑体 DNA の *trnK/matK* 領域の塩基配列を決定し、系統間の比較によりインド各地の系統間の遺伝的類縁関係をより詳細に分析して、コドミレットの栽培過程を推測し、栽培の起原地を明らかにしようとする研究である。

この論文で評価すべき主な点は以下の通りである。

1. コドミレット (*P. scrobiculatum*) の遺伝資源の収集はこれまで栽培型に限られていた。現地調査を行い、コドミレットの栽培型、雑草型、随伴雑草型の収集を行なった。コドミレットは多様な条件下で自生しているが、大きな群落を作ることもなく試料の収集が極めて困難な種である事実を明らかにした。
2. イネ随伴雑草型・擬態随伴雑草型コドミレットはいろいろな形態形質において栽培型と雑草型の間隔的な値を示し、雑草型→擬態随伴雑草→栽培型というこれまで提唱されていた栽培化の過程が、本論文によっても示唆された。
3. コドミレットにおいて分子マーカーを用いた遺伝的類縁関係の分析に初めて取り組み、AFLP の分析結果は試料の地理的分布が系統樹に反映された結果を得ており、AFLP のような分子マーカーはコドミレットの系統類縁関係の分析にも有効であることを示した。
4. AFLP 分析の結果をふまえ、雑草型、随伴雑草型、栽培型の類縁関係の分析から、栽培型はオリッサ州近辺の系統とインド南部の系統に分けられ、これら栽培型に近縁な雑草型はインド東部オリッサ州とインド南部に自生している。オリッサ州の雑草のあるものはオリッサ州の栽培型と近縁であり、又別のものはインド南部の栽培型と近縁であった。これら事実から栽培コドミレットの起原地として
 - ① オリッサ州で起原した栽培型がインド北部・内陸部およびインド南部に伝播したという単起原説
 - ② オリッサ州とインド南部で独立に起原し、オリッサ州起原のものはインド北部・内陸部に伝播し、南部で起原したものはインド南部・西南部に広まったという多起原説

を提唱した。

5. 上記の説を確かめるため、葉緑体DNAの *trnK/matK* 領域の塩基配列から系統類縁関係の分析を試みた。検出された変異量は多くなく、導かれた類縁関係も AFLP の分析結果を超えるにはいたらなかったが、AFLP 分析で提唱された仮説をより強く主張している。

以上のように本論文はインドでのみ栽培されているマイナーな雑穀コドミレットの栽培の実態、野生種の自生状況を明らかにするとともに、分子マーカーを用いて栽培、雑草コドミレットの系統類縁関係を明らかにし、栽培の起原地に関して、初めて実験結果に基づく仮説（オリッサ州単起原、もしくはオリッサ州と南部での多起原）を提唱したものであり、栽培植物起原学、植物遺伝学、雑草学に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成19年3月22日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。