

マダガスカルにおける稲作と雑草防除 — JICA 技プロ PAPRiz の経験から —

前 JICA 専門家

花木 信幸

1. マダガスカルの概要

マダガスカルはアフリカ大陸東部のモザンビークから海を隔てて約 400km 離れ、面積は 58 万 km²(5,800 万 ha)、人口 2,200 万人の島国である (図-1)。島は過去に存在したゴンドワナ大陸の一部を成していたがその分裂によりアフリカ大陸から分離して孤立した状態で推移したため独自の生物相を保ち、動植物の約 8 割が固有種であるとされている。民族は台湾から東南アジア島嶼部および太平洋の島々に広がるオーストロネシア語族およびアフリカ系から成っている。そのため起源が異なる多くの部族から構成されているが、主たるものは中央高地のメリナ族 (全体の 26%)、東部のベツィミサラカ族 (15%)、中央高地南部のベツィレウ族 (12%)、北部・北

西部のツィミヘティ族 (7%) である。人口が少なく広大な国土資源があるにも関わらず経済状況は悪く 1 人当たり名目 GDP は 450 ドル (世界 182 位) とアフリカ大陸の諸国より低く、92% が 1 日 2 ドル以下の生活を送っており、世界の最貧国の一つとされている。

歴史については 16 世紀にヨーロッパ人が渡航する前の記載が乏しく不明であるが、1 世紀ころボルネオから渡来、10～12 世紀ころにアラブ人やアジア島嶼部から移住、このころに稲作が伝えられたというのが定説である。16 世紀ころから中央高地に住むメリナ族が領地を拡大、これにイギリスやフランスが絡み、1896 年にフランスの植民地となった。第 2 次世界大戦を経て 1960 年に独立、1975 年から社会主義政策を執ったが経済不振のため 1980 年代末に自由主義経済に復帰した。独立後から現在までの間

ほぼ 10 年ごとに大統領の座を争う政変が起きており、経済発展を阻害する要因として指摘されている。最近では 2009 年に経済の自由化と親米・独政策を進めるラヴァルマナナ大統領をクーデターにより放逐し、前アンタナナリボ市のラジョリナ市長を首班とする暫定政府が樹立された。しかし国際承認が得られずに外交・経済に支障をきたし、各国の調停により 2013 年 12 月に大統領選挙が行われ、ラジャオナリマンピアニア大統領による新政権が発足している。

2. マダガスカルの稲作概要

マダガスカルにおいてはコメが主食であり、1 人当たりの年間コメ消費量は約 120kg とアフリカ諸国の中では飛びぬけて高く、その生産量はサブサハラ諸国の中ではナイジェリアに次いで多い。FAO 統計によれば稲生産の推移は 3 つの時期に分けられ、第 1 の時期は 1960 年の独立から約 15 年間の第 1 共和制で宗主国フランスや世銀の援助で灌漑施設が建設され作付面積が 80 万 ha から 100 万 ha を越え、生産量は 150 万トンから 200 万トンに増加した。第 2 の時期は 1975 年からの第 2 共和制社会主義下で生産量は 220 万トン前後で低迷した。第 3 は 1990 年以降で自由主義に復帰し IRRI の介入もあり生産量は再び増加、現時点の栽培面積は水稲が約 100 万 ha、最近増加しつつある陸稲が降雨に左右される年次変動を含めて 30



図-1 マダガスカルの位置

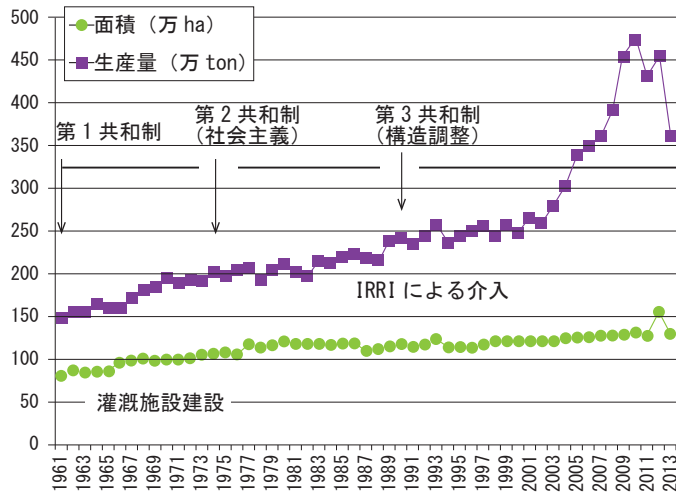


図-2 マダガスカルにおける稲の作付面積と生産量の推移

～60万ha、両者を含めた作付面積130～160万ha、生産量は400～450万トンとなっている(図-2)。しかしこの生産量の増加も高い人口増加率(年2.5～2.8%)には追いつかず、毎年15～30万トンを輸入している。

マダガスカル農業における稲作の重要性は非常に高く、全農業生産額の半分以上がコメによっている。概数としての統計数値を挙げると、国民の75%(1650万人)が農村部に住み、農家数約300万戸、水田・畑地を併せた1戸当たりの平均耕作面積は約1.5haとされている。生産されたコメの70%が農家により自家消費され、残りの30%が都市部へ流通している。土地利用では国土面積5800万haの中で稲作を含めた農耕地は350万haで約6%に過ぎないが、一方で草地とされる未利用地が全体の65%あり、生産拡大のポテンシャルは大きいので、アフリカコメ倍増計画(CARD)ではアフリカ本土の米櫃と位置付けられている。

地形は標高2800mに達する中央高地から東海岸へは50～100kmで海に到る急傾斜、西海岸へは200～250kmの緩やかな傾斜となっている(図-3)。気象条件の内平均気温は海岸部は年間20度以上で水さえあれ

ば1年中稲がつくれるが、中央高地は標高が高いことを反映して6～8月には15度以下の低温になるため稲作は不可になる。降水量は全般的には11～4月の雨期と5～10月の乾期に明確に分かれるモンスーン型であるが、東海岸では季節風の影響で1年中降雨がある。年間降水量は1500～2500mmであるが、南西部は半乾燥気候で500mm以下の地域もある。日射量は乾期より雨期が多く、15～

20MJ/m²・dayとアジア諸国の乾期並みに高く稲作には有利である。しかし土壌については中央高地および東部海岸地帯は赤色土(Ferrasols/Oxisols)が卓越し、各種土壌の中で最も貧栄養とされている。一方西部海岸地帯は海底が隆起した石灰岩を基盤としており、中央高地からの堆積物も加わり比較的肥沃度が高い。

地域別の稲栽培面積は中央高地が最も大きく約40%を占めており、次いで東部(20%)、西部(20%)、北部(15%)、南部(5%)の順となっている。栽培時期は地域の気象・水利条件の影響を受けて多様である。雨期が始まる10～12月に移植し、終わる3～5月に収穫する雨期作が一般的で

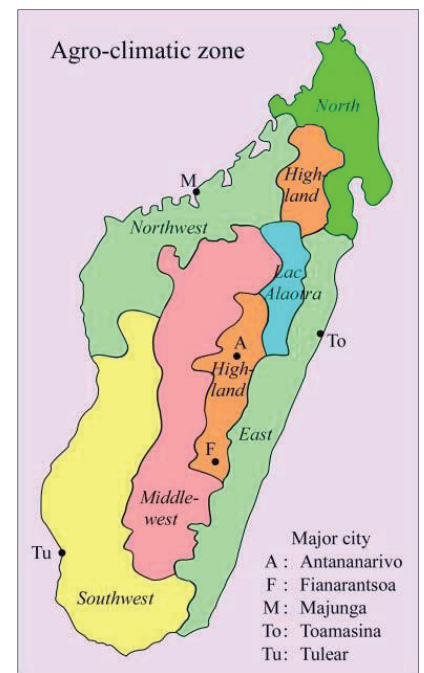
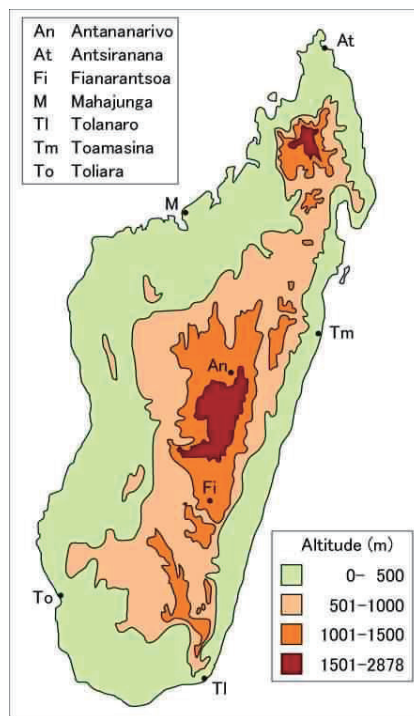


図-3 マダガスカルの標高分布と地域区分

表-1 地域別、栽培法別の稲栽培面積 (ha：農業省 2007)

	直播	ランダム植	正条植	SRI	計	比率 (%)
北部	62,532	101,817	3,371	112	167,833	17.1
東部	4,128	177,400	2,015	185	183,728	18.8
中央高地	42,481	294,027	78,953	1,747	417,207	42.5
西部	9,402	124,692	4,154	238	140,316	14.3
南部	3,634	63,429	3,604	52	70,721	7.2
全国	124,026	761,345	92,097	2,335	979,802	100.0
比率 (%)	12.7	77.7	9.4	0.2	100	

あるが、灌漑が可能な場所では8～9月に移植して12～1月に収穫する乾期作が行われ、一方で雨期に氾濫源となる場所では乾期に入り水が引く5月に移植して8～9月に収穫する栽培もある。

3. 稲栽培技術

マダガスカルにおける稲の栽培型は水環境の観点から水稲と陸稲栽培に大別される。前者は灌漑栽培と天水栽培とに類別され、同時にそれぞれは栽培規模や水深によって細分が可能である。稲作の形態からは、焼畑に由来する陸稲栽培、伝統稲作および改良稲作に大別される。

陸稲については中央高地や北部地域で元来森林であったところを焼き払った後の斜面にトモロコシやキャッサバとともに畑作の一環として栽培されており、人口増加を反映してその面積が増加しつつある。農業省の推奨マニュアルによれば、土壤侵食を防止するため十分な土層があり傾斜度12%以下の所に播種より少なくとも20日前に等高線に沿って深さ20～25cmで耕起、同時に堆肥3～6ton/ha、ドロマイト250kg/haを混入、播種は20×20cm間隔で深さ3cmで点播(4～6粒/穴)で播種量は40～50kg/ha、基肥として化学肥料(N-P-K 11-22-16)200kgを施用とされている。しかしながら農家レベルではこれらの

農業資材はほとんど使われておらず、頻繁に起こる干ばつも相俟って収量は低く1～2ton/ha程度である。

伝統稲作はアジア諸国のものと共通している。降雨が始まる10月ごろに感光性の在来品種を水苗代に1a当たり20～30kgを播種し、40～60日間育苗した大苗をランダム植えて移植する。栽植密度は一般に密植であり、50株/m²に達することもある。施肥は行わず、多くの水田が排水を十分に行えないために深水状態で推移する。雨期の終わりの4月初めに出穂し乾期に入った5月ごろに収穫する。生育日数は160～180日、収量は2～3ton/ha程度である。

改良稲作は1960年代後半から開始された緑の革命の余波として、国際稲研究所(IRRI)により1980年代半ばから導入された。非感光性の改良品種を用い生育日数は120～150日、水苗代に1a当たり10～15kgを播種し、20～25日間育苗した若苗を正条植えて移植する。栽植密度20～25株/m²とし、化学肥料や手押し除草機のような資材を使用する。排水等の圃場管理を重視し、水管理は浅水で生育の促進を図り、収量は4～6ton/haである。1990年代からは改良稲作の一つとしてフランス人宣教師により考案されたSRI(System of Rice Intensification)の普及が始まった。SRIでは育苗期間10日以下の幼苗の1本植え、入念な肥培管理、間断灌漑等により収量

8～10ton/haが得られるとされており、マダガスカル発祥の稲作技術として世界各国に広まりつつある。

現時点での栽培法では伝統稲作が8割、次いで直播1割強、改良稲作が1割弱、SRI 0.2%の順である。栽培の特徴として中央高地の改良稲作およびSRIの採用率が他の地域より高く、集約的な稲作が行われていることを示している(表-1)。

品種は在来品種、導入品種(IR, ITA番号等)、国立農業研究所(FOFIFA)で育成された改良品種等、多様な導入経過を反映してインディカ、ジャポニカ、ジャヴァニカの多様な品種が使われている。中央高地および東海岸では赤米が栽培され、また地域銘柄品種としてフランス植民地時代に導入された高品質長粒種(Makalioka 34)が栽培されている。陸稲品種として中央高地のとくに標高1500m以上で低温障害が問題になる場所ではネパールからの導入品種(Chomrong dhan)が広く栽培されている。

耕起は雨期の降雨が始まった後、移植の1カ月前ごろに堆肥を散布した後に牛耕あるいはアンガディと言われるマダガスカル特有の細身のスコップで人力で荒起こりする。灌漑水の到来あるいは降雨水が十分になったら入水し、碎土、代掻きを行う。これらの作業は一部の大規模水田地帯では機械(耕耘機、トラクター)が使われているが大部分は牛または人力で行われている。

施肥については伝統的に肉牛を飼養している中央高地では堆厩肥を施用することもあるがその量は少なく、化学肥料はほとんど使用されていない。一方で収穫期には牛の餌としてわらまで持ち出すので、稲作の歴史が長い地域ほど土壌肥沃度が低い。各所で稲の栄養障害が認められ、とくに燐酸欠乏は頻繁に起こっており、カリ欠乏、鉄過剰障害、亜鉛欠乏等も見られる。

灌漑は1970年代にフランスや世銀等の援助で数千～2万ha規模の施設が西部海岸地や中央東部アロチャ湖周辺に作られたがいずれも土砂の堆積等で老朽化しており当初の面積をカバーできなくなっており、なかには耕作不能で放棄されているものもある。これに対して中央高地の山間地に広がる数十～数百haの小規模水田地帯では谷合に流れる川の上流に堰を設けて崖沿いの水路に水を導き下の水田に水を落として灌漑している。水路が鉄砲水等で壊れた場合は地域住民が補修する等比較的によく機能している。

病害ではいもち病が中央高地の標高1,000m以上の地域で発生して大きな影響を及ぼしている。

在来品種には感受性のものが多いが導入（改良）品種の中に比較的抵抗性のあるものがあり、その利用が奨められている。東海岸の低肥沃排水不良地帯ではごま葉枯れ病の発生、西海岸の熱帯気象下ではアフリカ大陸で問題となっているウイルスによる稲黄班病（RYMV）が発生している。虫害ではマダガスカル南部から飛来するバッタ

の突発的な大発生が問題になっており、またメイチュウ害、イネトゲトゲの吸汁害等が見受けられる。

自然災害としては近年地球環境の影響で雨期の始まりが遅くなり、また降雨が不規則になり稲の作付計画に支障を来すとともに天水田では移植後に干ばつに遭うことが多くなっている。一方で毎年2～3月ころにはサイクロン（台風）による冠水害が発生し、年によっては大きな減収が起きている。標高1,200m以上の高冷地では冷害がしばしば発生する。

収穫はわらも利用するため鎌で地際で刈り取り、刈り取った束を圃場から自宅まで運ぶ。脱穀は稲束を木や石に打ち付けることが多いが、稲束の上を牛や耕耘機で走り回って脱穀する方式もある。乾燥は道路や庭に広げて行い、捻実籾の選別は頭の上から落として風で選抜する。精米は農家では杵搗きで行い、精米所では籾から白米に一段階でかえるエンゲルベルグ精米機を用いている。

5. JICA 技プロ PAPRiz の活動と成果

JICA 技プロ「中央高地コメ生産性向上プロジェクト（PAPRiz: Projet d'Amélioration de la Productivité Rizicole sur les Hautes Terres Centrales à Madagascar）」は2009年1月から5年間の予定で開始されたが、直後に起こった政変の影響で2014年の終了予定時に新規プロジェ

クトが起こせなくなり、2015年7月まで1年半延長されて終了した。全国の稲作面積の3割強を占める中央高地5県（重点県：アロチャマングル、ブングラバ、ヴァキナンカラチャ県、後発県：イタシ、アナラマンガ県）を対象として地域行政機関の稲作に関する機能強化を目的とした。このため「モデルサイトにおけるコメの生産性を向上する」というプロジェクト目標の下に、①技術パッケージの開発、②種子生産システムの改良、③農業機械の開発と利用、④関係者の連携強化、⑤地域における技術普及の5本の柱を設け、農業省県事務所（DRDR）を中核として、農業省傘下の関係機関である農業研究所（FOFIFA）、農業機械化センター（CFAMA）、種子検査機関（ANCOS）、種子生産センター（CMS）と協力して総合的見地から地域における稲作の生産性向上を図った。

1) 技術パッケージの開発

プロジェクトでは稲作の生産性向上のために改良稲作の推進を行った。その内容は前述のようにIRRIやアジア諸国で行われているものと同様であるが、とくに育苗に関しては間断灌漑により健苗を取得するために日本で開発された高床短冊型の折衷苗代（PAPRiz苗代、図-4）を導入した。技術の特徴としては現行の稲作との連続性を維持するためにSRIのような高投入・高収型でなく、低投入・中庸な収量（4～5ton/ha）で収益性の向上を第一義とした。対象県への導入に当たっ



図-4 高床短冊型の折衷苗代



図-5 G0 種子生産圃場における選抜



図-6 農業機械製造研修会

ては改良稲作としての基本型を提示した後、県の社会・自然条件に即した技術パッケージの開発を普及員や農家が行い、「技術は与えられるものでなく、自らつくり改良していく」という意識を涵養した。

現場における問題解決および新技術開発に当たっては日本から各分野の短期専門家を招請するとともに、研究機関（FOFIFA, FIFAMANOR）への委託試験あるいはモデル圃場における実証試験を実施した。開発した技術としては、「ポット試験による土壌肥沃度診断」、「P 欠乏土壌における燐酸の苗床施用」、「乾期作あるいは緑肥導入による肥沃度向上」、「水利不便地帯における乾田直播導入」、「折衷苗代におけるダポッグ育苗技術」、「収量・収量構成要素の簡易調査法」等がある。

2) 種子生産

稲の種子生産は研究機関 FOFIFA における原々種・原種種子の生産、種子生産公社（CMS）、種子生産農家、民間種子生産業者による認証種子の生産、農業省傘下の検査機関（ANCOS）による圃場・実験室検査と認証という体制で行われているが、全体に改善と促進が必要であった。プロジェクトでは種子利用促進のため FAO やメディアとの協力の下に種子カタログ・ポスター作成やラジオ・TV スポットを行った。また種子品質向上のための種子生産農

家研修および検査官増員のための「種子検査官養成研修」を行った。これらの活動により対象 5 県における種子生産量は 2009 年の 50ton から 2014 年の 400ton と約 8 倍に増加した。

種子生産上の大きな問題点は混ざりが多いことであるが、その根本的な原因は FOFIFA から提供される原々種・原種に混じりが認められることにあることが明らかになった。そこで日本から短期専門家を招請して FOFIFA の G0 種子生産（図-5）に系統選抜法を導入し、純化種子を原種（G2）として種子生産農家に提供できるようになった。一方で FOFIFA が扱わない在来品種のために各県の種子生産担当者を対象とした「在来品種純化研修」を実施した。

3) 農業機械

農業機械の開発は協力機関である農業機械化センター（CFAMA）に南々協力でインドネシア人農業機械専門家を招請して行った。以前に JICA が施設・体制整備で協力を行った国立農業機械農村開発センター（ICAERD）からの派遣であり、これまでに農業機械・ポストハーベストを含めて述べ 7 名およびその評価を行う日本からの短期専門家を招請して脱穀機、唐箕、水田除草機、陸稲除草機、陸稲播種機を開発した（図-6）。開発した機械はその製造法を地域職工（ローカルアーチザン）

に研修を行い、地域で自立的に生産する態勢をつくるとともに、参加農家との協力のもとに実際に使用した経験をフィードバックした改良を行った。

これまでに製造・販売された機械は脱穀機 246 台、唐箕 119 台、水田除草機 762 台、陸稲除草機 117 台、陸稲播種機 96 台に達した。農業機械の生産と利用拡大のために地域の農具製造業者（ローカルアーチザン）の組織化を行い、資金獲得、製品管理や普及拡大の助言も行った。

ポストハーベストについては対象県における収穫後損失の実態調査（平均で約 14%）および損失量削減のための提言を行った。さらに将来コメ生産基地となることを勘案して、白米品質基準、コメ選別機および 2 パス精米システムの試作も行った。

4) 連携・農民組織化

対象県アロチャマンダラ県のモデルサイト PC23 南（4500ha）については日本の無償供与による灌漑水路補修が行われる予定であったが、プロジェクト開始直後に政変が起りキャンセルされてしまった。プロジェクトは技術パッケージの開発と普及のためには灌漑水の確保が最も重要であることを認識し、PC23 南が取水しているサハベ川上流の堰破損の補修、頭首工とそれに続く幹線水路の浚渫を実施したところ（図-7）、水利組合連合による灌



図-7 PC23 地区における二次水路の浚渫作業

漑水路管理が本格化し、一、二次水路の浚渫、地籍簿の整備、定期総会の実施、予算案の提案と実施、水管理監視員の設置等が行われた。プロジェクトでは日本から短期専門家を招請し、水利組合連合の運営管理のサポートを行った。

プロジェクトが進展するにつれて各種の地域別・目的別ネットワークが形成されるようになった。その中で生産性向上に大きな影響を与える肥料の利用拡大に関する活動が行われ、水利組合、普及機関（CSA）および資材業者との協力による農家一括購入、ニッケル採掘の副産物として産出される硫安の国内利用に関する取り組みは特筆すべき事項である。

5) 広報・普及

プロジェクトは対象県にモデル実証圃場を設けて実証圃場を栽培するモデル農家、それを取り巻くサテライト農家および周辺で技術を模倣するアドプション農家を対象として活動を開始し、中央高地5県の対象農家数はプロジェクト最終年(2014)には466戸、平均収量は介入前の2.31ton/haから5.45ton/haまで増加した。しかしこれでは対象農家が少なすぎるという中間評価の提言を受けて、モデルサイト外のへの拡大（拡張サイト）を行うとともに、他ドナー、農民・協会系組織、NGO等への指導者（TOT）研修を実施し、その先は各団体による普及を行

うカスケード方式の普及を導入、これによりカバーする農家は飛躍的に拡大し3万名を越えた。

普及のための素材としてマニュアル、各種パンフレットを作成しているが、さらに効果を高めるためにマスメディアを通じた技術情報普及も行った。国内随一の人気を誇る喜劇映画俳優ツアラファラ氏を起用し、圃場準備から収穫の一連の作業の意義付けを笑いの要素を含めて織り込んだビデオ教材（20分）、技術パッケージの開発プロセスとその成果・効果を説明するドキュメンタリーフィルム（30分）、圃場準備、品種・種子準備、苗代作成、育苗、移植、水田管理、施肥、除草、農業機械、収穫の10課題についてのテレビ放映短編フィルム（5～10分）等を作成して活用し、プロジェクトの知名度をマダガスカル全土で高めることができた（図-8）。

6. 雑草防除について

水稲における雑草防除

中央高地の水田でよく見られる雑草はコゴメカヤツリ、ホタルイ、ヒエである。ヒエは伝統稲作の水田では深水のためかあまり認められないが、浅水や間断灌漑を推奨する改良稲作やSRIが実施されている水田では増加しつつある。マダガスカルの稲作農家は零細

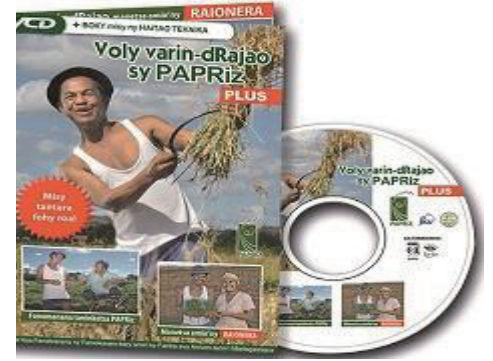
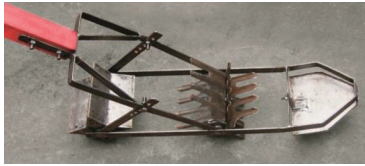


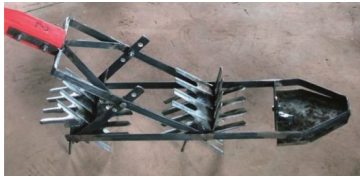
図-8 人気喜劇俳優を起用した映像教材の作成

であり、肥料、農薬、除草剤、農業機械等の資材の投入はほとんど行われていない。唯一の例外は除草機であり、稲作シーズンに中央高地の国道沿線の水田を見ると除草機による作業と手取り除草が行われているのを頻繁に見ることができ、雑草害が起きるほど雑草が繁茂している水田は稀である。この地域では経営規模が小さく（0.3～0.7ha）、1戸当たりの家族数が多いことからこのような雑草防除を可能にしている。除草機はSRIでも使用されているが、普及したのはその前に改良稲作が導入されたころからであり、その前提として紐を使って一列になって植える正常植えが行われている。一方、同じ中央高地でもプロジェクト対象県の一つであるアロチャマングル県の大規模灌漑地帯では1戸当たりの作付面積が2ha以上ではランダム植えて栽培されており、主雑草であるコゴメカヤツリの防除のために除草剤（2.4-D）が使用されている。

プロジェクトでは技術パッケージの中に雑草防除を集約管理の一環として位置付け、技術の改良を図った。除草機の使用に関してはこれまで不定期に行われていたものを移植後の雑草の発生状況と稲の生育相を勘案して、移植2週間後に第1回除草、その2週間後に第2回除草の2回と規定し、最高分げつ期以降に発生する雑草（とくにヒエ）については手取り除草を行う



フロート付除草機（軟土壌）



2連式除草機（固い土壌）



図-9 水田除草機と農家圃場における適用性試験状況

起点を揃えることにより縦横除草も可能になるという利点もあり、対象県の農家への導入が進みつつある。

おわりに

マダガスカルでは現在後継の「コメ生産性向上・流域管理プロジェクトフェーズ2 (PAPRiz2: 2015-2020)」が実施中であり、対象県も東および西海岸を含む11県（全県の半数）に拡大している。約25年で倍増する人口を支えるため、さらにはアフリカの食糧問題を解決するためにはコメの生産性を飛躍的に向上する必要がある、このための施策（施肥促進、直播・機械移植導入、雑草・病害虫防除技術等）が重要となると予測される。これを達成するためには、わが国に蓄積された稲作技術を活用することが不可欠であり、今後とも技術協力を継続することが望まれる。

こととした。除草機については日本で一般的に使われている除草機を参考にした試作を行った。基本形は船型のフレームに回転式の爪を装着したものであり、軟らかい土壌で除草機が埋まりやすい条件用としては回転爪の後ろに星型のフロートを付け、土壌が固く効率的な除草が必要な場合は回転爪を2連にしたものを作成した。稲の栽培条件にも対応し、条間に応じた幅の除草機の試作も行った（図-9）。これらの除草機は農家圃場で適用性の検討を行い更なる改良を行った。

陸稲における雑草防除

中央高地では農村人口の増加に伴い水田開発が進み、現在では新たな水田を開墾する余地がほとんど無くなり、

その代わりとして水田を囲む傾斜地で陸稲の栽培が急激に増加しつつある。陸稲栽培で最も重要なのが雑草防除であり、手取り除草に多くの労力と時間を費やしている。陸稲圃場でよく見られる雑草としては南米原産のハシカグサモドキ、オヒシバ等のイネ科雑草、アフリカ大陸で問題とされているストリガであるが、とくにハシカグサモドキの繁茂は著しく、陸稲が覆われてしまっている圃場がしばしば見られる。

このためプロジェクトでは陸稲の播種作業と雑草防除の同時省力化の検討を行った。播種機としてはドラムを回転させるとバネ式の播種穴から種子が点播で落下する回転・点播式陸稲播種機、除草機としては星型の歯車を回転させることにより土壌を攪拌して除草を行う回転式陸稲除草機をそれぞれ試作した（図-10）。点播なので播種の

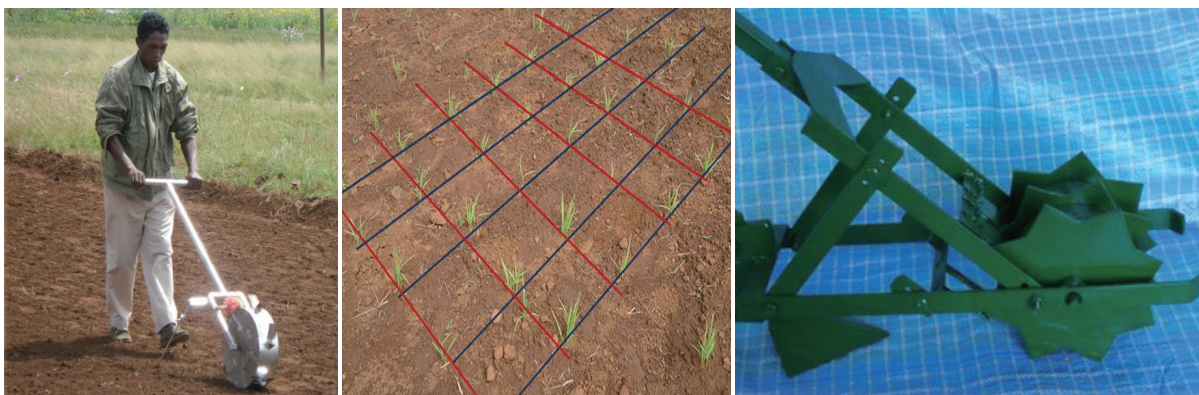


図-10 陸稲播種機による播種（左）、生育状況（中央）および除草機（右）