

ISSN 1347-5096

農学国際協力

Vol. 18

農学国際協力

Journal of
International Cooperation
for Agricultural Development

March

2020

JICAD

Vol. 18

March 2020



「農学国際協力」編集委員会

編集委員長：

桂 圭佑 (東京農工大学大学院農学研究院・准教授)

編集委員：

岡田 謙介 (東京大学大学院農学生命科学研究科・教授)

山内 章 (名古屋大学大学院生命農学研究科・教授)

縄田 英治 (京都大学大学院農学研究科・教授)

渋谷 孝雄 (国際協力機構農村開発部・次長)

飯山みゆき (国際農林水産業研究センター・研究戦略室長)

編集事務局：

名古屋大学農学国際教育研究センター

編集幹事：犬飼 義明 (名古屋大学農学国際教育研究センター・教授)

巻頭言

「農学国際協力」の視座	小山 修	1
人類の食の特徴と食と農業の現代的課題 食料問題の本質を考える	山根 裕子	2

Original

Evaluation of Backcrossed Pyramiding Lines of the Yield-related Gene and the Bacterial Leaf Blight Resistant Genes	Shuto Yamada, et al.	18
--	----------------------	----

Working Paper

開発途上国における農産物流通の改善に向けて —ベトナムの红河デルタ地域における安全野菜流通の事例分析—	熊代 輝義	29
Agronomic Traits and Grain Quality of Upland Rice Cultivated in Southeast Sulawesi, Indonesia	Mayumi Kikuta, et al.	41
Enhanced Root System Development Responses of a Newly Identified Mutation Gene Promoting Lateral Root Development to Various Nitrogen Conditions in Rice	Nonawin Lucob-Agustin, et al.	48
大学側にとってのJICA開発大学院連携・留学生事業の意義と課題	野村 久子・他	56

Field Report

Influence of Intra-annual Cropping Seasons on Rice Yield in the Sahel	Oumarou Souleymane, et al.	61
---	----------------------------	----

国際人材

農学国際協力系学生団体の持続的な運営に向けた課題と人的資源管理	柴野 一真・他	67
国際機関で働く魅力～農林水産分野で学位を目指す方々のキャリア形成のために～	山田 英也	72

JICA/JISNASフォーラム報告

帯広—JICA協力隊連携事業 帯広畜産大学にとってのJICAボランティア事業の意義と課題	木田 克弥	78
---	-------	----

企画・編集 JISNAS
発行 ICREA





「農学国際協力」の視座

小山 修

国立研究開発法人国際農林水産業研究センター理事

最近つくづく感じるのは人類社会の変化の速度である。生物学的には縄文・弥生時代の先祖とさほど違いはないのに、デジタル革命だのサイバー空間だのに対応した技術開発や社会制度が求められる。地球規模の知識や思考が必要になったり、極めて短期間で研究課題が入れ替わったりする。変化は加速度的であり、農学国際協力とて例外ではあり得ない。日本では生き残りをかけてスマート農業が推進され、海外の食料市場の開拓にも積極的である。一方では、異常気象の頻発など気候変動の脅威が身近なものとなり、プラネットバウンダリーの議論に見られるような地球システムの限界が認識され、長期に持続可能な社会の構築に向けた農学研究の重要性が日々強調されている。

農学は身近な生活必需品である食料の生産・流通・消費を対象とする実学であるため、もともと学問の地域性や独立性がある程度維持されてきたが、国や経済、学問や文化のボーダーレス化が進むなかで、国際的な連携や異分野間の連携が農学の分野でも必然・不可欠なものとなりつつある。もはや一国・一分野の研究者では解決できない複雑な問題が山積している。しかし、国際共著論文の割合などの「エビデンス」でみると日本の国際連携は不十分であり、医学、工学等との異分野連携もどんどん進めていく必要がある。このような中で農学分野の国際協力はどこを目指していくのか。日本の農学研究者は世界にどう貢献できるのか。国際共同研究をミッションとして50周年を迎える国際農研（JIRCAS）に席を置く身の私は、日々そのようなことに小さな頭を悩ませている。

私の見るところ、国際社会における日本の立ち位置は、かつてのお金持ちの工業製品の輸出国というイメージから、高齢化など多くの先進国型課題を抱える不思議な文化を持つ極東の島国というイメージになりつつある。国際協力も経済的・地政学的条件の変化に伴って、その物量も、内容も、態様も変化して行かざるを得ない。では、どこに日本の農学の特色を見いだせるであろうか。私の考えるキーワードは比較を超えた「多様性」である。日本の食文化も農林水産業も、どこか世界標準とは一線を画している。私は、その違いこそが、世界貢献につながるのではないかと思う。論文数は他国より少ないかもしれないが、それだけで研究の質が低いということにはならない。コツコツと続けたガラパゴス的研究が人類の将来を左右するイノベーションの起点にならないとも限らない。異文化との違いを柔軟に吸収し融合することも得意分野ではないだろうか。かつて農林10号が世界の飢餓を防いだように、日本発の特色ある研究が人類と地球の将来に貢献していくことを信じている。



総説

人類の食の特徴と食と農業の現代的課題

食料問題の本質を考える

山根 裕子

Yuko Yamane

名古屋大学農学国際教育センター

International Center for Research and Education in Agriculture, Nagoya University

論文受付 2019 年 8 月 1 日 掲載決定 2020 年 3 月 6 日

要旨

世界の人口増加に伴って将来的に深刻な食料不足が起こると予測されている。この食糧問題への対策として、食料の増産が解決策の一つとして説かれ、途上国の農業を対象としては増産を目的とした農業技術支援が行われている。しかし、量の確保だけを目的とした対策だけでは、持続的な食のシステムの構築には結びつかないと考えられる。本稿では人類の食の本質と近代化に伴い大きく変化した生産から消費までの仕組みに関する知見を整理し、食料問題の本質的な解決に向けて必要な事柄を考察する。本来人類の食は雑食性という食性の元、肉食から菜食までと多様で、近代化が進んでいない社会では、それぞれの地域の環境の元、幅広い動植物が食料として利用されてきた。その調達や生産に在地の技術と文化などの社会の仕組みが伴っており、先進国のそれとは大きく異なる。それぞれの社会の現状にあった対策を持続的な方向で考え、適切に対処する必要があると考えられる。

キーワード：近代農学 工業的農業 食料問題 食の文化 農村社会

Abstract. It is thought that a severe food shortage will occur in the future as the world's population increases. As a countermeasure against this problem, a food production increase is believed to be a strong solution. Therefore, agricultural technical support is being provided to improve productivity of crops in developing countries. However, it has also been considered that these measures, which are only focused in securing food volumes, will not lead to the construction of sustainable food systems. This paper summarizes current knowledge on the nature of human food and food systems from production to consumption, the significant changes they have had with modernization, and the necessities that must be covered to reach a solution to the food problem. The original diet of human beings was omnivorous. However, it has diversified and ranges from carnivorous to vegetarian. In a society where modernization has not finished, a wide range of animals and plants have been used as food, and their diversity is often related to the environment of each region. Besides, the procurement and production of each region's animals and plants are accompanied by social mechanisms such as local technology and culture, which are very different among developed and undeveloped countries. Therefore, it is necessary to consider and, if possible, to measure these differences to establish the appropriate mechanism to propel each society toward sustainability.

Key words: Modern Agriculture, Industrial Agriculture, Food Problem, Food, Culture, Rural Society

1. はじめに

世界的な人口の増加と食生活の変化を考慮すると、

2050年までに現在よりも60%多くの食料を生産する必要があると見積もられている¹⁾。一般に食料問題と呼ばれるこの問題の解決法として無駄のない消費の仕組

みの確立とともに食料の増産の必要性を主張する論調が多く^{2,3)}、途上国を対象とした農業技術支援においても食料の増産を目的とした近代農業の技術の導入を目的とした支援が続けられている^{4,5)}。この近代農学の技術による「緑の革命」は、1960年代と1970年代の間に発展途上国に広がり、高収量作物品種、灌漑、農薬および管理技術の向上などの進歩をもたらした。その結果、穀物生産は1961年から2000年にかけて8億から22億トン以上に増加し、過去50年間の人口増加に見合う食料需要を支えてきた^{1,6,7)}。この「緑の革命」を主とした近代的農業技術の普及は、農産物の生産量の増加をもたらし、栄養不足の人々の数を減少させ、そして農村の人々の貧困削減の促進に役立った⁸⁾。

しかし、世界のすべての地域またはすべての農家が、「緑の革命」によってもたらされた進歩から等しく恩恵を受けているわけではない。また、緑の革命を通じて導入された技術に基づく農法が、土地の劣化、地下水の枯渇、土壌や水の汚染、害虫の急増、生物多様性の喪失につながった地域も見られた⁹⁾。さらに、20年間にわたり農業投入財の不足、土地と水の競合の激化、投入物資の価格上昇および気候変動などに見舞われた結果、小規模農家はより脆弱になり、貧困から逃れることができなくなった地域もあるといわれている¹⁾。また、世界的な農産物の生産増加にもかかわらず、現在の食料は偏在しており、その結果、いまだに8億7000万人の人々が微量栄養素やタンパク質の欠乏によって引き起こされる慢性的な食料不足の状態に置かれている^{10,11)}。その多くは経済的に貧しい国々、例えばサブサハラ以南のアフリカの国々で6割、その他の低所得国で7割¹²⁾に及ぶ農村で暮らす人々である。

統計的に見ると、世界の農業の約73%が1 ha未満の小規模農業で、小規模・家族農業は、世界の農家の9割を占め、食料の8割を生産している¹³⁾。したがって、飢餓や食料安全保障は、これらの小規模・家族農業抜きに考えることはできず、持続可能な開発の文脈で農業に新たな焦点が当てられる際には、食料生産と天然資源管理において小自作農が果たす役割に着目し農業の基盤を強化するための支援の必要性がある^{1,13)}。

食は人間にとって単に生存に必要な量やカロリーや栄養素の摂取だけを意味するものではない。人間の食は動物の食とは一線を画しており、自然からの食料の調達から加工、調理、消費までの過程は複雑で、かつ、地域によっても食材となる動植物の種類が異なるなど多様である¹⁴⁾。さらに農業や牧畜など自然からの食料調達の仕組みとしての農業はそれを営む人々が属する

社会の慣習や価値規範などを含む仕組みとも密接に関係して成り立ってきた^{15,16)}。彼らの多くはいまだに前近代的な要素を含む生活と農業を営んでいると考えられる¹⁷⁾。こういった経済発展の途中の段階にある地域の農業は、近代化された農業と比較すると低投入である分、低生産であったり、生産が不安定であったりするが、自然の中から食料を調達し、調理・加工する技術の中には農業技術を含め、在地の技術や知恵が内包されている可能性もある¹⁸⁾。

本稿は食料問題の解決に向け人類の食の本質を理解するための知見を整理して提示し、食料問題の本質的な解決には何が必要かについて考察を加えることを目的としている。まず、人類の食性、食料調達としての生産及び調理の技術の種類や特徴を前近代から歴史の変遷も含めて述べ、人類の食とはどのような特徴を持っているのか整理する。そのうえで、近代農業の技術が導入される以前の前近代的な食料調達の仕組みのとしての農業と食との関係及び農業とそれを営む人々が形成する社会の特性について言及する。そして、近代という時代に入り（日本の場合は主に戦後の経済発展の過程で）、それらがどのように変化していき現在どのような状態にあるのかを日本の例で説明したうえで、食と農業の現代的課題について述べる。そして、食料問題とは何か、また、解決には何に留意すべきかについて考察する。

2. 人類の食性の特徴

人類は現在南極を除くすべての大陸及び地球上の広い地域に分布する多くの島々に恒常的に暮らしている。このような幅広い生息域を獲得できたのは、食性も要因の一つとされている。約10万年前にアフリカ大陸を出て、6万年～5万年前にアラビア半島に到達し、5万年前にオーストラリア大陸、4万2千年前にヨーロッパ、5万年～4万年前に東アジア全域にその生活圏を広げ、1万4千年ごろベーリング海峡を渡り、1万3千年ごろに南米全域にまで生活圏を広げた¹⁹⁾。近縁のゴリラやチンパンジーなどが植物を中心とした食性を持つとは異なり、人が食料として利用する食物の中には陸上にすむ哺乳類だけでなく、内水面や海洋に住む魚介類も含まれており、近縁の霊長類の生息域がアフリカ大陸にとどまったのと比較すると大きく異なる特徴を持つ²⁰⁾。

2-1. 雑食性という食性

人類の食性は雑食性に分類され、動物と植物の両方

を食料として利用できる性質をもち、そのことが生息域を広げることに繋がった。また、逆に住む場所や環境によって食の形態を驚くほど異なるものにした。人類が熱帯から温帯、亜寒帯、寒帯地域にまで広がる様々な生態環境の元、自然の中から食料となる動植物を狩猟・採集し世界各地に生活圏を広げることができたのは、雑食性であることが大きく貢献したと言われる²¹⁾。前近代の生活形態は狩猟採集、農業、牧畜、漁労等々に分けられるが、生活形態が異なれば、自然環境の利用の仕方やその中の食を得る方法は大きく異なる。狩猟採集を基本とした生活では、生活圏の自然をよく理解し、日々の糧を得る必要がある。狩猟採集民は農耕民よりも一般的に食料として利用する動植物の種類が多く、オーストラリアの先住民アボリジニで500種、北米のインディアンで1100種に及ぶ。また、その種類は地域によっても時代によっても異なるが、縄文人では食用以外の動植物も含め数千を利用して生活していたとされ²²⁾、人類全体では植物を中心として1万種をはるかに超える数の動植物を食料として利用してきたと言われる²³⁾。

地球上のあらゆる環境の中で最も厳しい環境の一つに進出し、そこでの生活を確立したイヌイットの人々の食は我々とは大きく異なる。彼らは11月～2月にかけて黑夜の世界が広がり気温もマイナス25度以下の日が続く環境下においてホッキョククジラの捕獲とその利用を経済基盤としたチューレ文化を紀元後10世紀ごろに形成した²⁴⁾。彼らは水で作った雪洞式テント住宅にくらし、猟で採った獲物を家屋の外の天然の冷蔵庫に凍らせたまま保存する。それを食する際は食べる分だけを切り出し、常に持ち歩いているエスキモーナイフで口に入る大きさに切った後、生のまま食べる²⁵⁾。一方、アフリカや中央アジアの年間降水量が500 mm以下の農耕に適さない乾燥地において家畜を飼養しながら生活している牧畜民の人々の食も動物由来の食料からなる。ケニア北部のラクダを中心とした牧畜を営むソマリの人々の食事はトウモロコシなども購入して食べてはいるが、食事の中心はラクダの乳である²⁶⁾。

上述した動物性のタンパクを主な食料とする人々は70億の人類の少数に過ぎない。人類の多くはエネルギーを主にデンプンから摂取する食事形態をとっている。多くの人類は農耕に依存して食料を得ているといえる。特に、アジアやアフリカ、ラテンアメリカにおいては食事におけるデンプンの割合は6割から高い時には8割に達し、工業先進国でも45%～50%ほどのカロリーを炭水化物で摂取しているという²⁷⁾。地球全体での穀物

生産量20億6000万トンのうち、コムギが5億8000トン、コメが6億トン、トウモロコシが6億トンを占めておりこれで穀物全体の約87%を占め²⁸⁾、世界の多くの人々がこれらの作物に依存して炭水化物を摂取していると考えられる。しかし、依然として世界の各地域及び異なる民族によって炭水化物を得るための作物種の種類には多様性がみられる。

タンザニアの中央部の乾燥地域に暮らすサンダウエの人々はトウジンビエを²⁹⁾、エチオピアではイネ科のテフと呼ばれる作物でインジェラという発酵料理を作りそれを主食として食している人々もある^{30, 31)}。タンザニアのビクトリア湖東岸に暮らすハヤカメルーンの人々は、バナナを主食としており、摂取する炭水化物の多くをバナナに依存して得ている^{32, 33)}。エチオピアにはエンセーテというバナナと同じバショウ科の作物の葉柄の基部と根茎に蓄えられるデンプンを収穫し、発酵させて食用としている人々もいる³⁴⁾。その他にもインドネシアにはサゴヤシの幹からデンプンを抽出して得ているイワム族やガレラ族といった人々もおり³⁵⁾、アンデスに暮らすインカの末裔はジャガイモを主な主食としながらも、そのほかにも多くのデンプン作物を利用しており、キヌワやカニワと呼ばれるアカザ科の非常に小さな粒の作物も主食として利用している³¹⁾。

2-2. 人類の調理の技術

このように、人類の身体的特徴である雑食性が食料として利用しうる動植物の数を大きく広げ、かつ、地域よる違いを生んだ。加えて、発達した知能により調理・加工する技術を持つことでそのままでは消化できないものや毒性のある物も食用として利用することができるようになり食用となる動植物の幅はさらに広がった。人間は食物を入手するため、都合のよいものを選抜し、栽培化、家畜化を始めるとともに、それらを利用するために命を奪ったうえで、口に運びやすく、舌になじみやすいように変えてきた。食の文化を論じた石毛直道はこれらの活動に関するすべてを「広義の調理」と定義している³⁶⁾。つまり、石毛の定義では農耕や牧畜も自然から食物を得るための「調理の工程」として含まれる。

途上国の自給自足に近い暮らしの中では主な主食を自らが栽培するので、主食の違いは農業の違いとなって現れる。途上国の牧畜民の牧畜は家畜の群れを率い自然の植生を利用しながら飼養している。一見すると原始的にも見える家畜飼養の形態ではあるが、自然から食料を生産する深い技を内包している。農耕ができ

ない乾燥地において、セルロースが利用できない人間に代わり、草食性の動物の群れを管理し、その増殖を手伝い、乳や肉を直接・間接に利用する生業である³⁷⁾。

動物由来の食料を利用するという点においては、イヌイットの人々と同じであるが、両者の自然を生き抜く戦略は大きく異なっている。イヌイットの人々は10世紀に北極圏でホッキョククジラを食料源として利用する生活を始めたが、12世紀ごろからはじまり15、6世紀にピークに達した寒冷化にともないもホッキョククジラの生存圏が狭まり頭数が激減した。その際、ワモンアザラシやアゴヒゲアザラシをはじめとする陸獣、ホッキョクイワナなどの魚類、カナダガンなどの鳥類、ブルーベリーなどのしょう果類など多様な動植物への依存をはじめ、食料としてきた動植物の種類を変化させて対応したという²⁴⁾。このようにイヌイットが環境の変動に対し自らの食料の種類を変化させ対応したのに対し、農業や牧畜では人間が自らの手で自然に働きかけ、作り変え利用してきた。

牧畜民の食を論じた谷は、牧畜は肉食という限り「牧畜の食」は「狩猟の食」と連続しているが、決定的な差異は乳製品にあるとしている³⁸⁾。狩猟民は野生の動物から乳を搾らないが、人間の管理の元、乳房を握ることを許す親和関係が人と動物の間に成立して初めて乳製品という食材が入手可能になった。乳は全哺乳類の子供を育てる完全栄養食で、牧畜とはシベリアでのトナカイの放牧を除き、基本的に乳を利用することができる家畜を飼養する生業をいい、ブタや鶏の飼養は牧畜とは呼ばない³⁹⁾。家畜化の過程で乳量の多い家畜を人為的に淘汰し、その結果牧畜民は農耕民と地理的に離れ、農耕に適さないより乾燥した土地に適応していったものと考えられる。牧畜民の主要な経済基盤になっているのは乳、血、そして肉の3種類である。厳しい環境の中で餌となる草を確保し、生活に必要な乳を得、家畜の数を適切に管理する技術は近代農学が生まれるはるか以前から確立されていた。エチオピア西南部の牧畜民ボディ族では、明らかに牛の生産性を念頭に入れた放牧システムを取っていると考えられた。放牧ルートが野生の牧草の種類分布によってきめられており、乳量が多くなる牧草と肉付きのよくなる牧草の両方を摂取できるように一日のコースを配慮し、牧草が豊富にあってもその同じ種類だけを食べさせるようなことはしない工夫をするという³⁹⁾。

エネルギー源としてのデンプンを得るための作物は、禾穀類とイモ類に分けられる。イネ科は無毒で利用しやすいのに対し、イモは植物学的に見ると根、葉、莖

などがデンプンを蓄積して変形し、肥大したもので、世界各地には様々なイモがみられる。イモはいわば植物が乾期や越冬に備えて養分を蓄える貯蔵庫なので、その期間に動物に食べられてしまわないように苦味を持っていたり、有毒であったりする¹⁴⁾。したがって、育種で毒のないイモが生み出される以前の在来のイモは食べるには毒抜きの手が必要とされる。ジャガイモにはソラニンと呼ばれる毒物が含まれている。ジャガイモが栽培化されたアンデスで作られるチュニヨはジャガイモを凍結乾燥させて毒抜きと保存に適した食料として作られ、状態さえ良ければ何年でも保存しておけるといふ⁴⁰⁾。ハワイの名物料理の一つであるポイ料理はサトイモを一度ゆでてからすりつぶし、桶の中で発酵させて作る¹⁴⁾。また、世界の中のいたるところで用いられる非加熱水さらし法はイモをすりおろしそれを大量の水でさらして有毒成分を流しだす方法である¹⁴⁾。南米アマゾン川流域を中心とする熱帯雨林地方などで栽培されている有毒キャッサバやカメルーン高地で食べられるタロイモもこの方法を用いて毒抜きされ、常食にされている⁴¹⁾。南米原産で現在バイオ燃料や食料としても重要性が増すキャッサバにもシアン化合物が含まれる品種があり、毒性が強い品種の方が収量が高い。アフリカでキャッサバを主食にしている人々の間にはこの毒抜の方法も地域によって異なっており、大きく分けて発酵させる方法と水にさらす方法とがある⁴¹⁾。

主食とする穀物の子実の物理的性質の違いがそれらの調理方法の違いに結びつき、それぞれを栽培する文化圏の料理や食の形態の違いさらにはそれを作る道具の違いに結びついている⁴²⁾。コメとコムギに関しては、それぞれの粒の構造が異なっている⁴²⁾。コメの粒は組織が固いので、外層部分を均一に削り取って粒として残すことができる。逆に製粉のための大きな機械的エネルギーがいる。そこで、コメの場合、粉食を常食としているところはほとんどなく、粒食されることが多い⁴²⁾。したがって、調理の仕方は日本のコメのように炊くか、マレーシア、ラオス、ミャンマーのように蒸して食べるか、ピラフのように炒めた後で水を加えて炊く方法、インディカ米のようにパサパサした飯を好む地域では湯とり法で炊くなどでいずれも粒のまま料理される⁴²⁾。一方、コムギは、粒溝よばれるくぼみがあるので、コメのように外側から削って外皮を取り除くことが困難であり、かつ外皮は堅くて削りにくく、中の胚乳はもろくて崩れやすいので、胚乳部分の実を粒のまま残すことが難しい⁴²⁾。そこで、ロールでコムギを押しつぶし、ふるい分けを繰り返して粉として用い

られる。このイネ科の作物の性質の違いが、その栽培に付随する農業、社会、生産や調理の工程で用いられる道具等々にまで影響を及ぼすことになっている。アラブ、北アフリカ、ヨーロッパまで広がるコムギ食地域では、古くから製粉ための道具が発達し、パンを作るためのパン焼き窯にも共通性がみられる¹⁴⁾。

以上のように、食料の調達に関するあらゆる活動を「広義の調理」に含むと定義すると、農業は自然の中から食物を調達する最初の過程として入れることができ⁴³⁾、そのままでは食用として利用しにくい野生の作物なり動物なりを飼いならして生産し、それをさらに毒抜き、加工、加熱などの調理を通じてより食べやすい形に変え、食するまでの一連の流れは、どの作物や動物を食用として生産するのかということから始まる。そして、それを加工する過程の違い、加工に用いる道具の違い、最終的には料理の違いになって地域ごとの違いとなって現れる⁴⁴⁾。

2-3. 社会関係を構築するうえでの食の役割

農耕や牧畜は一人で営むことは困難である。人類にとって食料の生産及びそれを獲得する際のための手段は、しばしば社会関係の構築において非常に大きな意味を持ってきた。霊長類にとって食べ物は仲間との間に喧嘩を引き起こす元であり、それ避けるために互いに離れて個食するという。会食は人間以外の霊長類には見られないものだという⁴⁵⁾。社会性の動物である人間は自然の中から食料を確保しながらそれを社会の構成員に分配し、あるいは一緒に食事をとることで関係性を築いてきた。タンザニアの西部の疎開林に暮らすトンゲエの人々の社会を調査した掛谷は彼らの生き方に最少生計努力の傾向性を見出した⁴⁶⁾。自らの労働を最大限投入して作物の生産量をより多く確保する努力をしても変動が激しい環境の元ではその努力が徒労に終わることもしばしばある。そういった不安定な環境の下で生き抜くためには、食料生産を自らの力に頼って精一杯努力しておこなうよりも、危険分散のための人間関係をできるだけ構築することに努力を注ぎ、いざというときに助けてもらえるような関係性を築く努力をしておいた方が生き延びる確率が上がることがある。トンゲエの人々は食料が不足した場合は余裕がある人のところへ行って食料を分けてもらい、その逆の立場になれば食料を分け与えるということを繰り返していた。食料のやり取りを通じて食料の均衡化を図り、それが互酬的な機能として働いていた。しかし、その関係を支えていたのは分け与えなければ呪われるという恐れで、

その根底には精霊や祖霊への信仰があったという⁴⁶⁾。そうした社会の仕組みの中では個人が自らの労働を最大限投じて収穫物を多く生産したとしても、環境条件によっては収穫に失敗し努力が徒労に終わるか、努力が報われたとしても、その分他の人に食べられる量が増えてしまう。このような背景の元、周りの環境の中で最小の努力でできるだけ安定した食料確保をしようとする自給生産の指向性を有しながら粗放的な農業とつつましい生き方が支えられていた。

バリのスバックでは田植えは男性、稲刈りは女性という農作業における男女の役割分担を慣行とする。赤米の田植えはイネ運びもすべて男性である。アニアニ(赤米)を使った稲刈りは妻や母が近隣の女性を監督し女性の手で行われる。耕耘の際の水牛を扱うのは男性が多く、女性は補助をする。また、苗代や水の管理は男性が多いが、苗代につかう種もみを運ぶのは女性の仕事である。収穫したコメを運搬し、コメ蔵に収めるのは男性の仕事となっている。スバックの儀式以外に各農家で稲の成長に併せておこなわれるバリ・ヒンドゥの儀式は女性が担当している。水の神(Betara Wisnu)と稲の女神(Dewi Sri)をかたどった人形を作ってコメ蔵に収める収穫前の儀式が行われる⁴⁷⁾。

食の戒律によって社会の構成員の同質性を保つ事例も見られる。牧畜民の食である乳は殺生を前提としていないことから文明史的な意味として、罪/無罪、不浄/浄という生をめぐる倫理によって食生活ひいては食を異にする集団を差異化する可能性を開いた。ヒンドゥ教のアヒンサ(殺生の戒)という観念だけでなく、ヘブライの旧約聖書での食肉へのネガティブな評価のうちにも見出すことができる⁴⁸⁾。インドをはじめとして存在する肉食主義の人々に至っては動物性の食料にほとんど依存することなく生命を維持し、その食と文化をはじめとする生活を営んできた。肉食主義の中でも徹底して殺生を避けるジャイナ教に至っては土壌の中の生物を殺すことを嫌い、ジャガイモなどの根菜類は口にしない⁴⁸⁾。

2-4. 人類にとって食とは

人間の味覚は胎児のうちから発達し始め、13.5週では味蕾も十分発達し、甘み、塩味、酸味、苦み、うまみのうち、甘みに敏感になる⁴⁹⁾。したがって、新生児のころから十分味覚に関する機能は発達している。幼児期からの日常生活の中での食生活の繰り返しの中で食の嗜好性が形成されるので、同じような食習慣を持つ同一文化圏の人々は同じような食の嗜好をもつよう

になるという。味を表現する語彙や価値観は西洋文明の影響を受ける前の地域の調味の仕方をよく表現していると考えられ⁵⁰⁾、パプアニューギニアでは基本的に調味料を用いず素朴な調理法で食材を調理する人々は、彼らの味を表現する言葉も良い悪いのみでシンプルである⁵⁰⁾。また、古くから畜産物を利用してきた地域においては油の味を表現する言葉がある一方で、日本や東南アジアなどではアミノ酸のうま味を表現する言葉がある。それらは、西洋文明の影響を受け、表面的には大きく変化してはいるが、それ以前の時代に成立したそれぞれの地域で調達される食材の種類や調理法の影響を反映して成立している⁵⁰⁾。嵐山に住む日本猿でも200種に近い植物性の食物を利用しており、グループによって食物のメニューは集団ごとに微妙に異なっており、いわばグループごとに異なった食の文化を持っているという⁵¹⁾。200種もの植物を見分け、季節に応じてどの植物のどの部分が食料となりうるかという知恵を主に母から子へ日常の食を通じて伝えられる。日本猿と比較すると人間の食は多様で複雑にはなるが、狩猟採集、牧畜、世界の各地の農耕についてもその方法も含め体を維持するのに必要な食事の構成は幼いころから、主に家族及び地域の社会を通じて学びながら習得していくという点は共通しているのではないだろうか。

人類の食とはもともと雑食性という身体的特徴の上に、そのままでは物理的にあるいは化学的に食用として適さない食材を加工・調理し食べられるようにする技術を編みだす高い知能と、それを伝承していく社会的仕組みが備わり、各地域で多様な形態の食が形成されてきた¹⁴⁾。また、社会関係はその生産と共食の中で生まれ、個人の味覚や食に対する倫理性、嗜好性などは日常の食を通じて形成されていく¹⁴⁾。動物の食が生き延びるための栄養源の摂取という側面が大きいのに対し、人間の食は、生きるための栄養源あるいはエネルギー源の摂取という意味に限定されておらず、宗教や文化、社会の中の関係性の上で食べられる物と食べられないものが規定されたり、食事における戒律や食材の確保に関する活動は生き方そのものにも深く結びついていたりして成り立ってきた。

今世紀中頃には全世界人口の約3分の一に当たる20億人ものイスラム教徒も食に関して厳しい戒律を持つ人々である。コーランの中に豚が不浄な動物であると明記されていることから豚肉を食用として利用することは禁忌とされることは有名であるが、食に対する禁忌は地域や文化、社会によって異なる³⁶⁾。個人としての人間は、それぞれが属する社会の食に関する文化的、宗教

的慣習の中で生き、食を通じて社会とのつながりを構築してきた¹⁴⁾。また、逆に食に対する倫理観や食べられるものと食べられないものの差はその個人が属する社会の中で規定され、栄養的に可食であることと、その人間にとって食料であるかどうかの差は、むしろ社会の性質の方が規定要因として大きく働く場合もある¹⁴⁾。

3. 前近代における世界の各地域の農耕と食の文化

前述したように、現在地球上に生活する多くの人類は直接的にも間接的にも農業に依存して食料を得ている。世界各地の食事の形態は世界で6カ所ある農耕起源地の農業の違いの影響がいまだに残っている。ここから世界各地で起こった農耕の形態の特徴と食事および食の文化の形態の関係と違いについて言及する。1万5千年ほど前にベーリング海峡を渡りアメリカ大陸にまで進出した人類が営んでいたのは狩猟採集を中心とした生活であった⁵²⁾。その後、自然から食料を得る手段としての農耕が西南アジアの肥沃（コムギ、オオムギ、エンドウマメ、レンズマメ、ヒツジ、ヤギ、ブタ、ウシ）な三角地帯で12000年前に起こったのははじめ、中国の長江と黄河の中下流域（イネ、アワ、多くの根菜・果実類、ブタ、家禽類）、ニューギニア島の内陸高地（タロイモ、サトウキビ、パンダナス、バナナ）、南北アメリカ大陸の熱帯地域（トウモロコシ、豆類、カボチャ、マニオク、多くの果実・根菜類）、アメリカ合衆国のイースタン・ウッドランド（カボチャ及び様々な種実を利用する植物）及びアフリカ中部（雑穀）、西アフリカの熱帯林の北（ヤムイモとアフリカ米）、の計6つの中心地域でそれぞれに独自に植物の栽培化が起こり、独自の農耕が発達していった⁵²⁻⁵⁴⁾。わずか200年前に始まる産業革命よりはるか以前に世界のそれぞれの地域で興った農業は、近代化が進んだ現在でも世界の多くの地域の食と農業に大きく影響している。近代化以前の世界にある途上国という国々の農業の本質を説明するために、それぞれの地域で興った農業と食の特徴とを説明し、それらがいかに現在まで食の形態として各地域に根付いているのかについて述べる。

3-1. 世界における農耕の発達と伝播及び食の文化

農耕文化はそれぞれに独自の穀物及びイモ類を栽培化し、それらの作物と栽培技術は人の移動とともに周辺地域に拡がっていった⁵²⁾。したがって、穀物の種類の違いはすなわち単に作付される作物の違いを示して

いるのではなく、人の移動に伴って伝播していった技術、社会の特徴そのものの違いも含まれている。6大農耕文化圏の中でともにユーラシア大陸で発生したコムギを栽培化した農耕文明とコメを栽培化した農耕文明を中心としてそれぞれが伝播していった地域での食の形態の違いと文化的差異について述べる。

コムギはインダス川下流で約11000年前に栽培化さ

れ、イネは長江流域の雲南省で約9000年前にそれぞれ栽培化されたとされる。コメは雲南省から東南アジア、韓国、日本にまで伝播し、稲作農耕文化圏を形成した(図1)。それがこの約500年前の農耕と食に関する前近代の地図である。東アジアは非牧畜の世界であり、東アジアの世界は乳というものを伝統的に重要な食料資源として使うことがほとんどなかった(図2)。そのこ

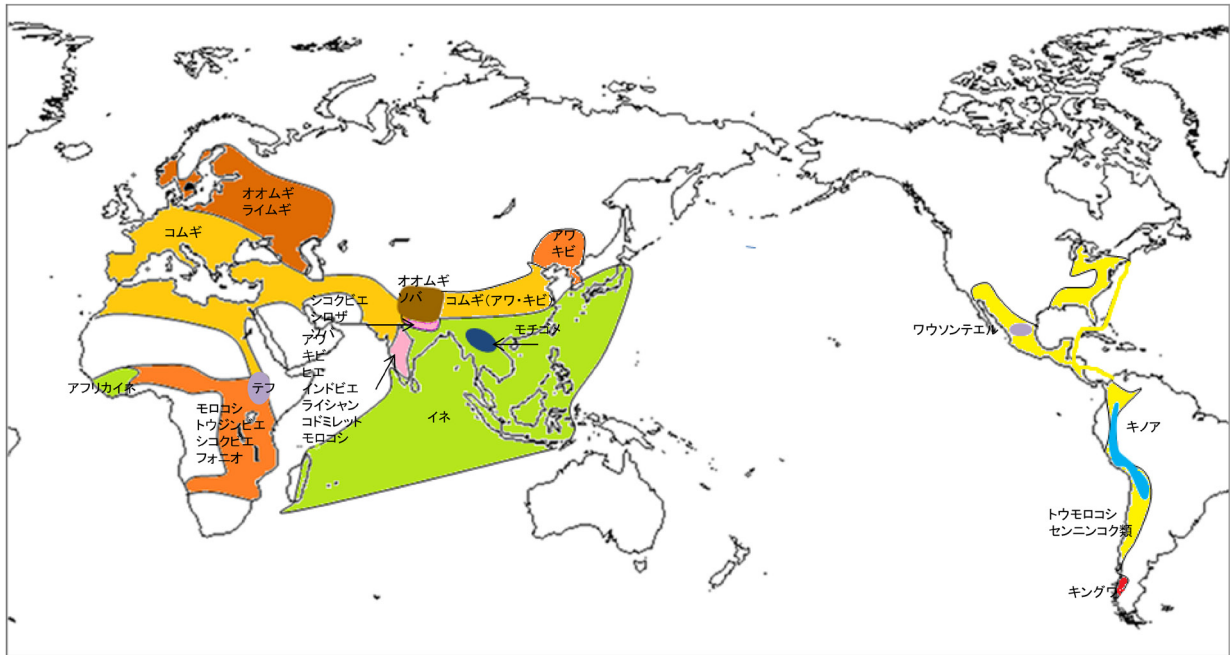


図1 15世紀頃の主な穀物の分布
(出典：講座 食の文化 第一巻：人類の食文化)

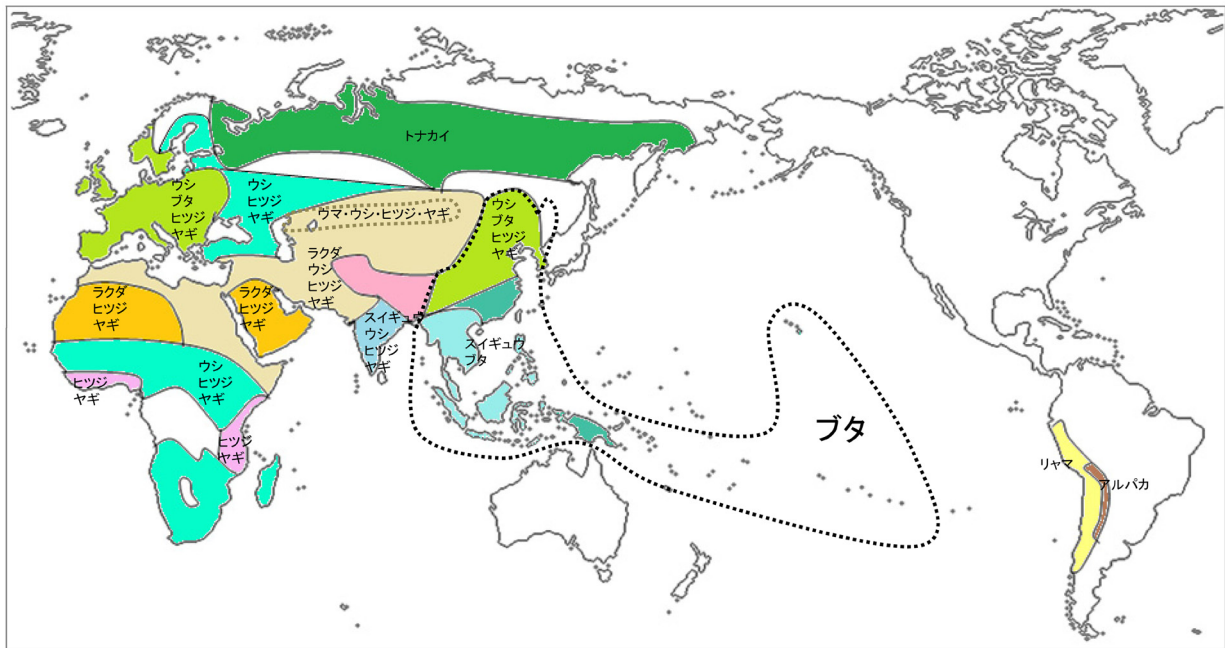


図2 15世紀ごろの主な食用・乳用家畜の分布
(出典：講座 食の文化 第一巻：人類の食文化)

とはコメを主食する東南アジアの多くの地域で共通してみられる³⁶⁾。それぞれ同じ農耕文化を起源に持つ地域における食の形態には地理的な距離や文化の違いによる食の変異は見られても多くの類似点が見られることが分かる。例えば、東南アジアから中国や朝鮮半島の南、日本にまで広がる稲作農耕文化圏に暮らすアジアのコメを主食としている地域の食の形態は、主食である大量のコメを塩辛いみそなどの副菜で食べる形が多い。武士のサラリーの基本になる一任ぶちというのは、一人に一日コメ5合を配給するという単位である。一日にコメ5合(700g強)というのはコメのタンパクとその不足を補う少量の蛋白源となるおかず、例えば味噌とか豆腐のようなものがあれば文字どおりなんとか人体を維持できるレベルの食になるという³⁶⁾。

一方、中国の粉食地帯をのぞくと、コムギを主食とする地域での食生活は、牧畜とセットになって農業が成立しているが(図2)、その理由もコムギに含まれるたんぱく質の質に求めることができる。西アジアで7000年ほど前に家畜化された牛や羊山羊と言った乳を利用する牧畜の文化は同じく西アジアで栽培化されたコムギとともにヨーロッパへと広がっていった⁴³⁾。一方で、稲作文化圏では、家畜の乳を利用するという文化は歴史的に見られなかった。家畜は乳を利用しない水牛やブタのみが利用されてきた程度であった⁴³⁾。東アジアと東南アジアの現在の食文化は非常に多様であるが、基本的な原理として共通した面がある⁴³⁾。それは、コメを中心とした食生活であるということである。中国華北の粉食地帯を除くと、ムギを主食とする地帯での食生活は牧畜と一致している。パンと乳製品と肉が組み合わせて日常の献立になっている。仮に成人がほかのおかずを食べずにコムギのパンだけで人体に必要なたんぱく質を取ろうとすると、一日に2kg以上のパンを食べなくてはならない。2kgのパンを毎日食べるのは、困難である。そこで、パンを食べる地帯では、パンと一緒に食べる乳製品や肉からたんぱく質を取るという食生活になる。そこでは「主食」という観念は発達しないので、ヨーロッパの言語で主食に当たる言葉はほぼなく、パンはテーブルに並ぶものの一つでしかない³⁶⁾。

さらに、これらの穀物の違いはその成立を支える社会の特性の違いにもつながる可能性があるという。環境歴史学者である安田によると、稲作は畑作に比べきわめて複雑な労働を要するので、生産意欲のない奴隷や農奴ではコメ作りはできない⁵⁵⁾。また、稲作では水源として森を保存し、水田は地下水をきれいにしたり、生物の多様性を温存したり、周りの環境を穏やかに保

つ作用があるという⁵⁶⁾。自然にやさしく、自然の生き物たちと共存するためには人間も重労働を果たすことが必要である⁵⁵⁾。一方で、コムギ作は冬雨が降る前に畑を耕し、種を蒔いた後は借入まで何もする必要がなく、生育期が冬なので除草の必要もない。したがって、生産意欲のない奴隷でも栽培できる。こうした背景のもとでムギを栽培する畑作牧畜型文明の元では奴隷社会が発達し、農民は奴隷として生産に従事するという都市文明が成立した。稲作漁労社会においては王自らも労働を大切に、農民とともに働くことが王の仕事とされ、「勤勉であることが美德」という価値観が生まれた^{55,57)}。

日本の農業地域および漁業集落を対象にした調査結果では、農業地域で、協調性(他者からの評価を懸念する性質)が、特に水田稲作が盛んな地域でそのほかの地域よりも高いという傾向が見られ、さらにこれは農業地域における地域活動の参加率が一因となっていること示された⁵⁸⁾。水田稲作が盛んな地域では人々の大規模な協力関係が歴史的に必要とされてきたと考えられ、これが地域の伝統となり、現在に受け継がれてきた。

3-2. 先進国における経済発展と食と農業の変化

日本の食の変遷を例に

上述した農耕文化のうちの2つの農耕文化圏で主食作物とされてきたコメとムギとではデンプンとしての栄養価は非常に似ている⁴²⁾。しかし、生産される粒の性質の違いは調理方法の違いやそれに関係する道具や器具の違い、たんぱく質の性質の違いは牧畜の必要性の違いにもつながり、食事の形態の大きな違いにもつながっている可能性があった。さらに、農耕の種類が社会の特性やひいてはそれを営む人の気質にまで作用する可能も指摘されている。このように、食とはそれを調達する手段である「広義の調理」の過程が社会のあり様に影響を及ぼしている可能性が高い。一方、先進国と呼ばれる国々において都市人口の割合は約8割に達し¹²⁾、第二次第三次産業を中心とした産業に多くの人々が従事しながら生活し、前近代的社会における食料調達の仕方とは大きく異なる仕組みの下で暮らしている。自給自足に近い暮らしにおける食と農業の関係及び社会の特性と先進国の都市で生活する人々の食やそれを支える農業との違いを考察するために、ここからは日本を事例として前近代の食がどのようなものであったか、そして、近代化に伴い社会がどのように変化していき、食料調達の仕組みやそれを支える農村や

農業がどのように変化していったのかについて言及する。

3-2-1. 高度経済成長期以前の日本における食

日本は稲作文化圏の東の端に位置し、照葉樹林文化のもとでコメと大豆を基調としてなる東南アジアから東アジアにかけて共通してみられる食事の文化を形成していた。2012年にユネスコの無形文化遺産として登録された一汁一菜を基本とする和食の形態は、外国からの文化を取り入れ発達した部分と独自の発展を遂げた部分の混合から成っている。まず、後期縄文時代、照葉樹林が優占し人口が希薄だった西日本を中心に大陸から人々が移住し、やがて水稻（単作）の栽培を軸とした社会を形成、王権の成立につながっていった⁵⁹⁾。王権を中心とした社会が形成されて以降、奈良時代には箸や茶の文化が大陸から取り入れられ、銘々皿の使用を基本とした日本独自の食事形態が貴族社会において生まれ、大饗料理が編み出された⁶⁰⁾。武士社会に移り、質素で実質的な価値を重んじる風潮に変化してからも、大饗料理を基本とした食事の形態は維持され、室町時代に本陣料理、江戸時代には懐石料理へ変化し、安定した社会の中で豊かになった民衆社会の中で会席料理が形成された。明治時代に入り、西洋料理の普及とともに食肉が再開され始め、奈良時代以降仏教思想の影響のもと1000年続いた食肉に対する禁忌も徐々に消失していった。

上述したように日本の食事の形態は時代とともに徐々に変化してきたものの、銘々皿を使った食事の形態などその基本形は1000年以上昔の平安時代にさかのぼって形成されたものである⁶¹⁾。明治に入っても庶民の間では、晴れの日を除き、一汁一菜を基本とする食が昭和の初期まで維持された。これは、東南アジアから日本まで共通して見られる大量のコメを塩辛い副菜で食べる食事と共通している。しかし庶民の食に大きな変化がみられたのは、戦後の70年間で、昭和に入っても一部の上流階級を除き、特に農村においてはそれ以前の時代とほとんど変わらない食事の内容であったと考えられる。

農文協の「日本の食生活全集」では、自給自足に近い暮らしの中で生まれてきた食の形態が記録されている。47都道府県のさらに同じ県内でも各地域に特徴的な料理とその料理に関する行事や住居の周りの環境のいつどこからどのような食材が得られていたか、また、その調理法にまで記述が及んでいる。愛知県の巻では知多半島で食されるニシと呼ばれる巻貝の酢味噌和え、ボラの身をほぐしてご飯に混ぜたボラ飯などが紹介されており⁶²⁾、昆虫食で有名な長野の伊那谷では蜂の子、

いなごやざむしのつくだ煮が、また、同県の佐久平の食では海がないこの地域で養殖される鯉の様々な料理が紹介されている⁶³⁾。熊本の水田が少ない県北ではムギ、アワ、そばキビ、陸稲など畑作にあう雑穀を巧みに取り入れた様々な調理がみられ、そば粉を練って団子にしたものと大根や里芋など季節の野菜と一緒に味噌で味をつけていただく「まがんだこ汁」をはじめとする様々なだご汁がみられる⁶⁴⁾。地域の海や山など周辺自然环境の中で採れた魚介、昆虫、山菜などの植物を利用し、日々の食事が形成されていたことが分かる。南北に長く多様な環境に恵まれた日本列島の各県で大きく異なった食材を用いて食事が形成されており、同じ県でも山側と海側の地域では大きく異なった食の形態がみられる。また、親類や町内を中心に季節ごとに行われる祭りや行事に合わせた料理や冠婚葬祭など料理も専門業者ではなく地域の住民によって賄われていたのでそれぞれの地域で異なった祝い膳がみられた。新鮮な野菜が取れない冬の間の保存食としての漬物の製造も各家庭で行っていたので、漬物樽やみそ樽なども各家庭に設置してあり、食材を季節ごとに身の回りの環境の中からうまく調達し、加工し、地域の行事や文化に合わせた調理法で利用していた暮らしがあった⁶⁴⁾。

日本の辺境と呼べる地方では現在では想像できない食事を日常の食としていた。昭和14年から30年にかけての日本の僻地、山や島、海岸べり、岬などで生活していた人々の食事について記述した民俗学者宮本常一の著書を引用すると⁶⁴⁾、喜界島や屋久島では主食としてサツマイモと麦を混ぜたものを、大隅半島ではサツマイモとイワシの塩辛だけを食べていた。また、昭和25年に対馬を訪れた際には、イカが取れる季節にあたり、普段は麦飯を食べているがイカだけをどんぶりいっぱい食べていたと記述している。ある部落では、25世帯が一週間穀物をほとんど食わず、イカばかりを食べていたという。昭和に入ってから特に日本の自給自足を軸とした地方の暮らしの中では、コメは晴れの日の特的な食事であった⁶⁴⁾。

宮本常一の記述の中にはコメを主食とした従来の日本食のイメージとは大きく異なる形態の食事がみられる。極論すると日本人全体がコメを食べだしたのは戦争のために食料配給制が行われるようになったからだという⁶⁴⁾。一方で、日本人全体をならしてみた時に、歴史的に見ても食べる穀物の半分以上はコメで賄ってきているので、日本人の主食はやはりコメであるといえる⁴³⁾。東南アジアから中国の南部および日本列島に

かけて広がる稲作農耕文化圏に共通した食の形態が見られたことを示唆している。

3-2-2. 経済発展と食の変遷

戦前の日本の食は現在とは大きく異なるものであった。日本の多様な生態環境の中でそれぞれの地域の自然の中からとれる動植物や農作物が中心の食事の多くは現在から考えると非常に質素なものであった。それが戦後の高度経済成長期における経済発展とともに日本の食の形態は大きく変化した。その結果、食事の内容だけが主な要因ではないにせよ、西洋化以前の効果もあって日本人の平均寿命も戦後だけで30年近く伸び⁶⁷⁾、食も含め生活が豊かになった⁶⁸⁾。しかし、豊かな食を享受する一方で日本の食はグローバル経済に深く捕捉され、その状態から抜け出すのが難しい事態に至っている⁶⁹⁾。戦後日本の食と農業及びそれを支える農村にどのような変化が起こったのかその詳細を述べたうえで現在の日本をはじめとする先進国と呼ばれる国の食が抱える問題について述べていく。

3-2-3. 日本における食の変化とフードシステムの発展及び農業と農村の変化

日本における戦後の経済成長に伴う食は世界の歴史上類を見ないほど劇的に変化した⁶⁰⁾。前述したように弥生時代から形成されはじめたコメを基軸とした食の基本的な形態は、近代化が終息を迎える高度経済成長期の終わりに変革期を迎えた。その変化は食品の種類、調理法、調達方法など多岐にわたる。中でも大きな変化として675年の食肉禁止令以来実質的に禁じられてきた畜産物の利用が再開されたことが挙げられる。明治時代に西洋文化の普及推進とともに食肉の奨励が行われ、食肉が再開されるが、消費が一般に普及したのは戦後である。戦後日本のコメ生産が増え、食料不足が解消されてから後も、1954年に成立した学校給食法のもと、小学校を中心に「完全給食」として「パン等、脱脂粉乳ミルク、おかず」といった形で給食が提供されるようになった⁷⁰⁾。これに伴い主食にも変化が起き、パンや乳製品を中心とした食の欧米化が一般の庶民へ浸透していった。

このような変化と同時に、日本の食を支えてきた農村にも急速な変化が訪れた。明治にはすでに農村から都市への人口の流出は見られたが、第一次大戦以降に重工業が発達し始めるまでは労働力の吸収力は低く、農村を中心として人口は急速に増加したため、農村人口はむしろ過剰であった⁷¹⁾。しかし第二次世界大戦以降は、重工業の急速な発達によって都市における労働力不足が広まり、農工業間の収入格差や外国産農産物

の流入による需給変化に伴い、農村の労働力が大量に都市に流出し日本の農村と農業の衰退につながった⁷¹⁾。製造業や建設業などの第二次産業の労働力は8~10%の伸びを示したが、農業部門は常に3%程度の減少が続いた。非農業部門への一方的かつ急速な労働力の流出⁷²⁾にともなって農業の機械化が始まった。1950年代(昭和20年代)に入り、耕耘機が急速に普及し、機械化、農薬、化学肥料の使用による労働集約的作業体系への転換が進んでいった。1961(昭和36)年に制定された農業基本法には、零細農家の離農を促すとともに、経済的に豊かな農家に農地の集積を図る目論見があったものの、結果的には多くの農家が兼業化という道を選んだ。しかし、都市化の進行とともに都市で生活し、外部化された食(食料の生産から消費までの間のプロセスの多くを家庭外でビジネス化された食)に依存して食料を得る人が急速に増え、それとともに都会で暮らす人々の食を支える様々な仕組みが発展した⁷³⁾。食に関連する産業に従事する人々の人数(人口)は1970年では1496万人、1990年で1153万人、2010年で1103万人と減少傾向にはあるが緩やかであった。これに対し、食品を加工、流通・販売する産業に従事する人々の割合は急速に増え、1970年代には約3割であった食品産業の従事者は1990年代には6割、2010年では7割に達した一方で⁷⁴⁾、農林水産業の従事者の割合は、1970年には7割近かったのに対し、バブル崩壊後の1995年には約半分の37.3%に減少した⁷⁵⁾。したがって、この50年間に経済の発展とともに食の生産者は、その割合も絶対数も劇的に減少したといえる。

さらに、食料自給率と外食産業の規模の推移に着目すると、1960年代にカロリーベースで7割以上、生産額ベースでは9割近くあった食料自給率は、経済成長および都市化の進行段階にあった80年代から90年代にかけて減少し続けた⁷³⁾。一方、外食産業の規模は70年代半ばまでは4兆円以下であったが、80年代から90年代半ばにかけて急速な拡大をみせ、90年代半ばのピーク時には30兆円近くにまでに達した⁷⁵⁾。2000年以降、GDPの成長が停滞するとともに外食産業の成長も食料自給率の減少も下げ止まりを見せたが、最終的にはカロリーベースで4割を切るまでになってしまった⁷³⁾。この間、食料の生産・流通・消費の全体をつなぐフードシステムは急速に発達し、生産のモノカルチャー化(工業化)、食品の多様化、製造・流通・販売の巨大企業化(寡占化)がグローバル化と並行して進行した⁷⁶⁾。日本の農業と食品産業との関係(農業政策と食品産業との関係)は、必ずしも両者が協力し合う良好な形にあったわけでは

なかった⁷⁷⁾。外食産業が国内の農業とリンクすることなく成長し、自給率が急速に低下していったと考えられる。まさに、日本の農業と食の分断化が進み、日本の都市住民の食を中心にグローバルフードシステムに捕捉され、食料確保の仕組みに産業構造の変化を伴い不可逆的な変化をもたらしてしまった。

現在の日本においては、第二次産業および第三次産業を中心とした産業構造を保っており、都会で暮らす約7割の人々は現金で食料を購入しなければならない社会構造が出来上がってしまっている。一方で、高度経済成長期を経て人口が減少した地方の農村においては、兼業農家によって農業が担われてきたものの⁷⁸⁾、農家の高齢化とさらなる過疎化の進行とともに耕作放棄地の拡大などの問題が顕在化している⁷⁸⁾。特に、水田を支える水系を維持する上で重要な役割を果たしてきた中山間地域の農村の過疎化の進行は深刻で、限界集落と呼ばれ消滅の危機が叫ばれるようになった⁷⁹⁾。

4. 先進国の社会における食と現代的課題

先進国と呼ばれる国の約8割にも及ぶ都市生活者のほとんどは、自らは食料生産に携わることなく、彼らの食は工業化された農場、食料商社、食品メーカー、巨大小売店、農薬・農業機械会社、安価で便利な食を求める消費者など様々なアクターやシステムを包括するグローバルで巨大なフードシステムによって支えられている。社会の中で市場主義的な合理主義に即した能力を身につけ、競争に勝ち残っていくことが多くの人々の人生の目的となり^{80, 81)}、その仕組みの中で生活全般が支えられている。近年GDPを増やす3つの要素である労働投入量、資本投入量、技術進歩のうち労働投入量の増加はその要素から外れつつあり⁸²⁾、賃金労働者は人生の大半の時間を労働市場で切り落とされないための努力を続けながら労働生産性を高め、最大限の時間を使って労働投入しなければならない状況にある⁸³⁾。そうした社会の変容と並行して、食も市場経済の価値体系の下で動くグローバルフードシステムに捕捉され外食産業の発展を伴いながら変化し、生産から調理・加工、消費までの行程のほとんどは外部化され、個食も容易になった⁸⁴⁾。外食においては、利便性や価格に加え味覚や視覚が重視される傾向にあり糖や油が多く使用される⁸⁵⁻⁸⁷⁾。現在世界的に見れば、19億人が肥満で食事と関連したガン、心血管疾患、糖尿病などに病んでいる状態にあり、その数は年々微増している⁶⁸⁾。

20世紀後半に急速に形成されこのグローバルフード

システムは巨大多国籍企業によって支配されており、かつ、このシステムは病原菌、気象、交通など様々なトラブルによって大混乱し、崩壊しかねない非常に脆弱な基盤の元に成り立っている^{87, 89)}。このような特徴を持つ現在のフードシステムは偏在する食料の世界規模での円滑な流通に貢献する一方で、市場経済を軸とした食料の不均衡な分配を引き起こしている⁹⁰⁾。日本のような先進国と呼ばれる国では強い経済に支えられて飽食を甘受する人々が存在する一方で、世界に目を移すと深刻な食料問題も引き起こす原因ともなっている。例えば2007年から2008年にかけて世界は「食料危機」に直面した。これは米国が作り出した「人災」の側面があるといわれ、穀物価格の高騰を導いた要因の半分は需要であったが、残りの半分は投機マネーや輸出規制であったとされる。世界の穀物取引の7割以上は欧米にその本社を置く4大穀物メジャーと称される商社群によって担われている⁹⁰⁾。世界食料価格危機とも呼ばれる2007/2008年や2010/2011年の穀物価格乱高下を通じて明らかになったことは、リスク管理と金融取引に精通した穀物メジャーが、農産物のグローバルな調達・取引と一次加工、事業者向け食品加工とによって取引費用の節減効果を存分に発揮しながら、価格高騰時も下落時も一貫して農業関連事業の利益を上げたことであった⁹⁰⁾。そして世界の飢餓人口は増加し、各地で食料高騰をめぐる暴動が頻発した。

また、農業資材、改良品種、農産物流通・貿易・加工など多岐にわたるグローバルフードシステムを下支えするアグロビジネスにおける農業生産は近代農学を基礎とした技術で行われている。産業革命を契機とした近代と呼ばれる時代に入って以降急増した人口を支えるため農学者は農業技術の開発を目標に掲げて研究に着手・継続し、その甲斐あって、いまだ飢餓に苦しむ地域はあるものの大量死にまでは至っていない。しかし、生産性や収益性を追求しつづけてきた近代農学を基礎とした工学的農業は環境に対して収奪的な側面を持ち、その持続不可能性が問題となっている⁹¹⁾。近代的な農業における農薬や化学肥料による汚染が大きな要因となって世界の昆虫の40%以上が今後数十年のうちに絶滅するおそれがあるとする報告が昨年出され、「昆虫の減少を食い止め、生命維持に不可欠な生態系を保護するためには、現在の農業を見直すべきだ」とされた⁹²⁾。

5. 人類の食及び農業と食料問題

まとめにかえて

先進国の約8割に及ぶ都市で生活する人々の食は近代農学を基礎とした工業的農業と食材の調達から調理・加工、販売までを担うグローバルフードシステムという仕組みの元で支えられている⁸⁹⁾。市場原理に基づいて食料が分配されるグローバルフードシステムの仕組みの元では地球規模での食料の偏在が生まれており、先進国を中心に肥満で食事と関連したガン、心血管疾患、糖尿病などに病んでいる人々が存在し、生産や流通及び消費の過程では33%の農産物が有効に利用されず廃棄され⁹³⁾、穀物の40%が家畜の飼料となっている⁹⁴⁾。一方で、慢性的な食料不足の状態に置かれている人々が途上国と呼ばれる国々を中心に存在する¹⁾。食料の量自体の不足が予測される将来では食料をめぐる競争はさらに深刻化すると予測され⁹⁵⁾、その対策の一つとして途上国における農産物の増産を目的とした支援が現在も行われている⁴⁾。

途上国の農業を対象とした現行の農業技術支援では近代農学を軸とした先進国の進んだ農業技術をいかに途上国の農業の現場に効率的に普及し作物の生産性と農家の所得向上に結び付けられるかが重要課題として掲げられ、その方向性に沿った支援が行われている⁹⁷⁾。しかし、近代農学の技術を基礎とした高投入の農業の導入は、負の側面もある。アジアの農村においては、土地集約的な技術革新が成功裏に普及する過程で、農村住民の生計が全面的に市場経済に依存するようになると同時に、住民間の相互扶助慣行は衰退し、社会関係が分断されたといわれている⁹⁶⁾。また、大量の農薬、化学肥料やエネルギーを用いる工業型モノカルチャーでは、世界の農産物の大部分は12種の穀物と23種の野菜に集約されてしまっており⁹⁸⁾、さらに環境への負のインパクトが持続不可能な農業の形態として人類の未来を脅かす大きな問題の一つとして上げられている⁹¹⁾。モノカルチャーは病害虫や気候変動などに対し極めて脆弱で、過去にインドやアイルランドなどを襲った大飢饉も遺伝的に均一な農業が招いた結果であったとされる⁹⁹⁾。

本来人類の食とは雑食性という食性の元、肉食を中心とした形態から菜食まで非常に多様で、近代化が進んでいない社会においては酒を食料として利用する民族が存在するなど¹⁰⁰⁾、自然からの食料調達の方法や食事の形態には多様性がみられる^{54, 63)}。食料となる動植物の種類も地域によって異なり⁵⁴⁾、その生産を担う在

来農業は生産性は低くとも地域の自然環境に適した持続的な形態で、かつ、周囲の自然環境に対する深い理解に基づく知恵や技術を内包している可能性がある³⁹⁾。また、「広義の調理」に関する技術や知識はそれらを共有し継承していく地域社会、その社会の中の秩序を守るための慣習や価値規範がセットとなり食が成り立っていた¹⁰¹⁾。

持続的な食料システムの構築に向けた有機農業の有効性の検証もされている。有機農業の農産物生産下では、耕地の拡大が必要であったり、畜産物の供給が減少したりするなど課題もあるが、温室効果ガスの排出が減少するなど環境の問題は改善される。生産だけでなく、消費や廃棄、畜産と農耕のバランスを考慮すればより持続的な食料システムの構築が可能になるだろうと結論している¹⁰²⁾。また資本主義を軸とした世界から脱却し人類の共生に向けた実践を指向するアグロエコロジーと呼ばれる分野も開拓され始めている⁹⁸⁾。アグロエコロジーでは、農薬や化学肥料を用いずいかにして持続可能かつ十分な食料の増産を実現できるかを模索するための研究も始められている。生態学や基礎農業科学、生物学管理、生態経済学、人類学等々従来の科学的な分析に基づき農業現場での参加型の実践研究をおこなうもので、農民の伝統知を重要視する立場をとる。6割から7割の人口が農村で生活する途上国と呼ばれる国において、盲目的に近代農業の技術の普及拡大を目指すことは持続的な社会の実現を考えると良い選択肢とはいえないのではないだろうか。一方、日本のようにグローバルフードシステムに捕捉され、都会に住むほとんどの人々が外部化された食に依存した状態にあり、かつ、農村社会の基盤も崩れてきている国の場合、持続的な社会の構築に向けた解決法にアグロエコロジーを農業に取り入れることは短期的には難しいといえるだろう。

どのような社会で生活するどのような食事形態を有する人々の食料がどう不足しているのか、それをどういう状態を目標に解決に向けた支援あるいは実践を試みるべきなのか、短期的あるいは長期的に取るべき手法を精査したうえで、それぞれの社会の現状に応じて適切な技術的解決策を考案し、解決を図るのが本来の農学が果たす役割なのではないだろうか。その場合、できるだけ持続的な社会の方向性を目指すべきだろう。食料問題と称し、食やその生産の背景にある社会のあり様を考慮せず、やみくもに生産性の向上を目指した技術の開発及び支援続けることの意味を考える時代にきているといえるだろう。

引用文献

1. IFAD. (2013) Smallholders, food security and the environment(Issues and perspectives from a review of IOE evaluation reports and recent IFAD country strategies and project designs. Rome: International Fund for Agricultural Development. Feeding the undeveloped world. https://www.ifad.org/documents/38714170/39135645/smallholders_report.pdf/133e8903-0204-4e7d-a780-bca847933f2e (2020年3月4日)
2. Smil V. (2001) Feeding the World: A Challenge for the Twenty-First Century The MIT Press 390 UNCTAD/UNEP (2008) Organic Agriculture and Food security in Africa. United Nations. New York. https://unctad.org/en/Docs/ditcted200715_en.pdf (2020年3月4日)
3. Charles H, Godfray J, John R, Beddington I, Crute R, Lawrence H, Lawrence D, Muir JF, Pretty J, Robinson S, Thomas SM, Toulmin C. (2010) Food Security, The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science*. 327:813-818.
4. 大塚啓二郎 (2019) サブサハラ・アフリカにおけるコメの緑の革命を目指して, https://www.jica.go.jp/jica-ri/ja/publication/policynotes/175nbg000018ti7i-att/policy_note_05.pdf (2019年7月29日)
5. Tester M, Langridge P. (2010) Breeding Technologies to Increase Crop Production in a Changing. *World Science*. 327: 818-822.
6. Green RE, Cornell SJ, Scharlemann, JPW, Balmford A. (2005) Farming and the fate of wild nature. *Science*. 307: 550-555.
7. Ramankutty, N., Evan, A., Monfreda, C. and Foley, J.A. (2008) Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles* 22: GB1003.
8. Cervantes-Godoy D., Dewbre J. (2010) Economic importance of agriculture for poverty reduction. *Food, Agriculture and Fisheries Working Papers No. 23*. Paris: OECD.
9. Hazell PBR. (2003) The green revolution. In the *Oxford encyclopedia of economic history*, ed. J. Mokyr. Oxford, UK: Oxford University Press.
10. Graham RD, Welch RM, Saunders DA, Ortiz-Monasterio I, Bouis HE, Bonierbale M, de Haan S, Burgos G, Thiele G, Liria R, Meisner CA, Beebe SE, Potts MJ, Kadian M, Hobbs PR, Gupta RK, Twomlow S. (2007) Nutritious subsistence food systems. *Advances in Agronomy*. 92: 1-74.
11. FAO. (2011) *Payments for ecosystem services and food security*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. www.fao.org/docrep/014/i2100e/i2100e.pdf. (2019年4月12日)
12. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2018) File 1: Population of Urban and Rural Areas at Mid-Year (thousands) and Percentage Urban, 2018, <https://population.un.org/wup/Download/> (2019年4月12日)
13. 国連世界食料保障委員会専門家ハイレベルパネル (2014) 家族農業が世界の未来を拓く, 食料保障のための小規模農業への投資, 家族農業研究会・(株)農林中金総合研究所共訳, 農文協.
14. 中尾佐助 (2005) 中尾佐助著作集, 第II巻料理の起源と食文化, 北海道大学図書刊行会.
15. 坂本慶一 (1989) 人間にとって農業とは, 学陽書房.
16. 佐々木高明 (1998) 地域と農耕と文化—その空間像の探求, 大明堂.
17. 鈴木俊 (2010) 農業開発普及論考—開発途上国の農業・農村開発にむけて, 東京農大農学集報, 54: 230-247.
18. マルセラ・ヴィッヤリアル (2018) ブックレットの出版に寄せて, よくわかる国連家族農業の10年と小農の権利宣言, 小規模・家族農業ネットワークジャパン (SFFNJ) 編, 農文協ブックレット, 10-13.
19. 海部陽介 (2013) アフリカで誕生した人類の長い旅, 人類の移動史, 印東道子編, 臨川書店, 10-24.
20. 山極寿一 (2013) 移動の心理を霊長類に探る, 人類の移動史, 印東美道子編, 臨川書店, 38-47.
21. 米田稷 (2013) 同位体生態学からみた人類の移動, 食生態の進化が支えた人類の拡散, 人類の移動史, 印東道子編, 臨川書店, 315-327.
22. 鬼頭宏 (2000) 人口から読む日本の歴史, 講談社.
23. 佐々木洋一郎 (2016) 食の人類史, ユーラシアの狩猟・採集・農耕・遊牧, 中央新書.
24. 岸上伸啓 (2005) カナダ極北の先住民民族イヌイット, 極北, 岸上伸啓責任編集, 世界の食文化, 石毛直道監修, 農文協, 122-195.
25. 本多勝一 (1986) カナダエスキモー, 全国学校図書館協議会.
26. 池谷和信 (2006) 現代の牧畜民, 乾燥地域の暮らし, 古今書院, 202.

27. FAO. (1997) Human Nutrition in the development world. Chapter 9. Macronutrients: carbohydrates fats and proteins.
28. 末原達郎 (2005) 人間にとって農業とは何か, 世界思想社.
29. 八塚春名 (2012) タンザニアのサンダウェ社会における環境利用と社会関係の変化, 狩猟採集民社会の変容に関する考察, 京都大学アフリカ研究シリーズ, 松香堂書店.
30. 阪本寧男 (1969) アビシニア高原, 栽培植物採集の旅(2), 化学と生物, 7: 431-436.
31. 藤倉雄司 (2007) 知られざるアンデス高地の雑穀, キヌアとカニワ, アンデス高地, 本江昭夫・山本紀夫編, 京都大学学術出版会, 155-181.
32. 丸尾聡 (2002) パナナと共に生きる人々, タンザニア北西部・ハヤの村から, アフリカ農耕民の世界その在来性と変容, 掛谷誠編, 京都大学出版会, 108-134.
33. 四方箒 (2013) 焼畑の潜在力—アフリカ熱帯雨林の農業生態誌, 昭和堂.
34. 重田眞義 (2002) アフリカにおける持続的な集約農業の可能性: エンセーテを基盤とするエチオピア西南部の在来農業を事例として, 掛谷誠編, アフリカ農耕民の世界: その在来性と変容, 京都大学学術出版会, 163-195.
35. 吉田集而 (1993) 三つのサゴデンブン採集民, 農耕の技術と文化, 佐々木高明編, 集英社, 139-160.
36. 石毛直道 (1999) 調理の社会史的考察, 調理とたべもの, 講座食の文化, 石毛直道監修, 杉田浩一責任編集, 48-65.
37. 福井勝義 (1998) アフリカの民族と社会, 福井勝義・赤坂賢・大塚和夫著, 世界の歴史, 中央公論新社.
38. 谷泰 (1998) 牧畜民の食, 人類の食文化, 講座食の文化, 吉田集而責任編集, 財団法人味の素文化センター, 151-167.
39. 福井勝義 (1987) 牧畜社会へのアプローチと課題, 福井勝義・谷泰編著, 牧畜文化の原像, 日本放送出版協会, 3-60.
40. 山本紀夫 (2004) 文明を生んだ植物, ジャガイモとインカ帝国, 東京大学出版会.
41. 安溪貴子 (2003) キャッサバの来た道, 毒抜き法の比較によるアフリカ文化史の試み, 205-228.
42. 島田淳子 (1998) 食品素材の調理特性, コメとコムギ, 講座食の文化, 調理と食べ物, 石毛直道監修, 杉田浩一責任編集, 179-197.
43. 石毛直道 (1998) 東アジアの食の文化, 講座食の文化, 人類の食文化, 石毛直道監修, 吉田集而責任編集, 309-333.
44. 杉田浩一 (1998) 調理文化の創造と変容, 講座食の文化, 調理と食べ物, 石毛直道監修, 杉田浩一責任編集, 11-26.
45. 山極寿一 (2009) 朝日新聞, 11月30日
46. 掛谷誠 (1991) 平同性と不平等性のはざま, トングウェ社会の制度, ヒトの自然誌, 田中二郎・掛谷誠, 平凡社, 59-88.
47. 水野由紀子 (2012) インドネシア・バリ島の水利組織(スバック)における人間の自然の共生システム, タバナン県シャテイルィ村の事例, 専修人間科学論集, 社会学篇, 12: 81-98.
48. 小西正捷 (1998) ヒンドゥー食の思想, 人類の食文化, 石毛直道監修, 吉田集而責任編, 369-407.
49. 小林登 (1998) 子供の発育と食事観の形成—医学・生物学の立場から考える, 食の思想と行動, 講座食の文化, 石毛直道監修, 吉田集而責任編集, 財団法人味の素文化センター, 263-279.
50. 吉田集而 (1998) 味の認識と調味の種類, 食の文化, 人類の食文化, 石毛直道監修, 吉田集而責任編集, 369-407.
51. 木村修一 (1998) 食行動のパタンの形成, 食の文化, 食の思想と行動, 石毛直道監修, 豊川裕之責任編集, 280-317.
52. 伊谷純一郎 (1998) 霊長類の食, 人類の食文化, 講座食の文化, 石毛直道監修, 編集責任吉田集而, 財団法人味の素文化センター, 103-121.
53. ベルウッド, ピーター (2008) 農耕起源の人類史, 長田俊樹・佐藤洋一郎監訳, 京都大学出版会, 560.
54. 中尾佐助 (1966) 栽培植物と農耕の起源, 岩波書店.
55. 中尾佐助 (2004) 中尾佐助著作集, 第1巻 農耕の起源と栽培植物, 北海道大学図書刊行会.
56. 安田義憲 (2015) ミルクを飲まない文明, 環太平洋文明と「稲作漁労民」の世界, 洋泉社.
57. 池上甲一 (1991) 日本の水と農業, 学陽書房.
58. 佐々木高明 (2000) 多文化の時代を生きる—日本文化の可能性, 小学館.
59. Uchida Y, Takemura K, Fukushima S, Saizen I, Kawamura Y, Hitokoto H, Koizumi N, Yoshikawa S. (2019) Farming cultivates a community-level shared culture through collective activities: Examining contextual effects with multilevel analyses. *Journal*

- of Personality and Social Psychology. 116: 1-14.
60. 佐々木高明 (1993) 農耕の技術と文化, 稲作文化とは何かその特色と基礎的再検討, 大明堂, 21-46.
 61. 石毛直道 (2015) 日本の食文化史, 旧石器時代から現代まで, 岩波書店, 304.
 62. 星永俊 (1989) 聞き書愛知の食事, 日本の食生活全集23, 農文協.
 63. 向山雅重 (1986) 聞き書長野の食事, 日本の食生活全集20, 農文協.
 64. 小林研三 (1987) 聞き書熊本 of の食事, 日本の食生活全集43, 農文協.
 65. 宮本常一・潮田鉄雄 (1978) 食生活の構造, 柴田書店.
 66. 石毛直道 (2013) 世界の食べ物, 食の文化地理, 講談社学術文庫, 186-187.
 67. 宮本常一 (1999) 日本人の主食, 日本の食の文化, 講座食の文化, 石毛直道監修, 熊切功夫責任編集, 48-73.
 68. 堀内四郎 (2010) 日本人の寿命伸長, 要因と展望特集, 第14回厚生政策セミナー, 長寿革命, 驚異の寿命伸長と日本社会の課題, 人口問題研究, 40-49.
 69. 渡辺毅 (2004) 食と病—生活習慣病を例として, 平成14年度日本栄養・食料学会・日本食品工学会, 東北支部合同シンポジウム「これからの食品と栄養」, 日本栄養・食料学会誌, 第57巻, 第1号, 15-19.
 70. 新山陽子 (2018) フードシステムと日本農業, NHK出版.
 71. 祖田修 (2010) 食の危機と農の再生—その視点と方向を問う, 三和書籍.
 72. 張坦 (2006) 近代日本における農村過剰人口流出と都市労働の形成, 現代社会文化研究, 36: 157-172.
 73. 田中学 (1993) 戦後日本における農民階層の変動, 梅原弘光・水野広祐編, 東南アジア農村階層の変動, アジア経済研究所, 1-40.
 74. 時子山ひろみ・荏開津典生 (2013) フードシステムの経済学, 医歯薬出版株式会社.
 75. 生源寺眞一 (2019) 社会を支える農業・農村, 新潮流と変わらぬ本質, 資本主義と倫理分断社会を超えて, 京都大学経済研究所附属先端政策分析研究センター編集, 東洋経済新報社, 71-105.
 76. 清原昭子 (2018) 外食産業の現状とこれから, フードシステムと日本農業, 放送大学教育振興会, 121-135.
 77. 尾関周二 (2016) 総論〈共生社会〉, 理念の現代的意義と人類史的展望, 尾関周二・矢口芳生監修, 亀山純生・木村光伸編, 共生社会 I—共生社会とは何か—, 農林統計出版, 1-27.
 78. 生源寺眞一 (2006) 現在日本の農政改革, 東京大学出版会.
 79. 池上甲一 (2017) 農家の兼業化と農村の混住化, 小池恒男・新山陽子・秋津元輝編, キーワードで読み解く, 現代農業と食料・環境, 昭和堂, 100-101.
 80. 池上甲一 (2017) 限界集落, 小池恒男・新山陽子・秋津元輝編, キーワードで読み解く. 現代農業と食料・環境, 昭和堂. 102-103.
 81. 内山節 (2015) 半市場経済 成長だけでない, 共創社会の時代, 角川書店.
 82. 柄谷行人 (2010) 世界史の構造, 岩波書店.
 83. 水野和夫 (2017) 閉じていく帝国と逆説の21世紀経済, 集英社親書.
 84. ステイグリッツ・ジョセフ (2012) 世界の100%を貧困にする経済, 楡井浩一・峯村利哉訳, 徳間書店.
 85. 工藤春代 (2018) 食生活と健康, 食文化, フードシステムと日本農業, NHK出版, 220-236.
 86. 藤原辰史 (2018) 食の空間 フードコートで考える, 食と農のいま, 池上甲一・原山浩介編, ナカニシヤ出版, 6-53.
 87. 池上甲一 (2018) 食と農のいま, 食卓から考える「食と農」のいま, ペットボトルのお茶からみえる世界, ナカニシヤ出版, 25-57.
 88. ロバーツ・ポール (2015) 「衝動」支配される世界, 我慢しない消費者が社会を食いつくす, 神保哲夫解説, 東方雅美訳, ダイヤモンド社.
 89. ロバーツ・ポール (2012) 食の終焉, グローバル経済がもたらしたもう一つの危機, 神保哲夫訳・解説, ダイヤモンド社.
 90. 尾関周二 (2015) 多元的共生社会が未来を開く, 農林統計出版.
 91. 久野秀二 (2017) 穀物メジャーと農産物貿易, 小池恒男・新山陽子・秋津元輝編, キーワードで読み解く, 現代農業と食料・環境, 昭和堂, 12-13.
 92. Ripple JW, Wolf C, Thmas M, Newsome MG, Mohamed A, Crist E, Mahmoud I, Mahmoud W, Laurance F. and 15,364 scientist signatories from 184 countries. (2017) "World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice" Bio. Science. Vol. 67 No. 12. pp. 1026-1028.
 93. Sanchez-Bayo FK, Wyckhuys AG. (2019) Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers, *Biological Conservation*, 232: 8-27.

94. Jenny Gustavsson. (2011) Christel Cederberg Ulf Sonesson Swedish Institute for Food and Biotechnology (SIK) Gothenburg, Sweden and Robert van Otterdijk Alexandre Meybeck FAO Rome, Italy. http://www.jaicaf.or.jp/fao/publication/shoseki_2011_1.pdf (2019年7月29日)
95. 南齋規介, 森口祐一, 東野達: 産業連関表による環境負荷原単位データブック (2000) (http://www.wcger.nies.go.jp/publication/D031/jpn/table/embodied/f_embodied.htm) (最終アクセス日 2009/4/15)
96. 農林水産省 (2012) 2050年における世界の食料需給見通し世界の超長期食料需給予測システムによるベースライン予測結果, 分析編. http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/jki/j_zyukyu_mitosi/pdf/base_line_bunseki.pdf (2019年3月20日)
97. Hayami Y, Kikuchi M. (2000) A Rice Village Saga: Three Decades of Green Revolution in the Philippines, Macmillan Press.
98. 西村美彦 (2009) 農業・農村開発と技術開発・技術移転, 大坪滋・木村宏恒・伊藤早苗編, 国際開発学入門: 開発学の学際的構築, 勁草書房, 334-343.
99. ミゲール・A・アルティエリ, クララ・I・ニコルズ, G.クレア・ウェストウッド, リム・リーチン (2017) アグロエコロジー基本概念, 原則及び実践, 柴垣明子訳, 大学共同利用法人人間文化研究機構, 総合地球環境研究所, 地域に根差した小規模経済活動と長期的持続可能性プロジェクト (1420094).
100. 白田秀明 (2010) 種は地球を救う, 作物の栽培化から遺伝子組み換え作物まで, 豊かさの汎用化と豊かな多様性・地域性の併存を目指して, 帝京大学文学部教育学科紀要, 35: 123-180.
101. 砂野唯 (2019) 酒を食べる-エチオピアのデラシャを事例として, 昭和堂.
102. 内山節 (2011) 共同体の基礎論理, 自然と人間の基層から, シリーズ地域再生2, 農文協.
103. Adrian M, Christian S, Nadia El-HS, Judith Brüggemann, Anne Isensee, Karl-Heinz Erb, Pete Smith, Peter Klocke, Florian Leiber, Matthias Stolze and Urs Niggli (2017) Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. Nature communications 8; 1290 1-13.



Original

Evaluation of Backcrossed Pyramiding Lines of the Yield-related Gene and the Bacterial Leaf Blight Resistant Genes

Shuto Yamada¹⁾, Yusuke Kurokawa¹⁾, Keisuke Nagai¹⁾, Rosalyn B Angeles-Shim^{1, 5)}, Hideshi Yasui²⁾, Naruto Furuya³⁾, Atsushi Yoshimura²⁾, Kazuyuki Doi⁴⁾, Motoyuki Ashikari¹⁾, and Hidehiko Sunohara^{1, 6)}

¹⁾Bioscience and Biotechnology Center, Nagoya University, Chikusa-ku Furo-cho, Nagoya, 464-8601 Japan

²⁾Plant Breeding Laboratory, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Nishi-ku Motooka, Fukuoka, 812-8581 Japan

³⁾Laboratory of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Nishi-ku Motooka, Fukuoka, 812-8581 Japan

⁴⁾Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, Chikusa-ku Furo-cho, Nagoya, 464-8601 Japan

⁵⁾Current address: Department of Plant and Soil Science, Texas Tech University, Lubbock, Texas, USA 79416

⁶⁾Current address: Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University, Chuo-ku Kurokami, Kumamoto, 860-8555 Japan

Received: September 12, 2019 Accepted: December 30, 2019

Abstract. The yield-related gene, *WFP* increases grain number by increasing the primary branch number per panicle in rice. In the present study, *WFP* was introgressed from ST-12 to IRBB60, a pyramiding line having the genes *Xa4*, *xa5*, *xa13* and *Xa21* for BLB resistance in the IR24 genetic background. The pyramided lines PL-1, PL-4 and PL-5 that were included in the initial BC₂F₂ selections based on their improved PBN were selected for further agronomic evaluation and generation advance up to BC₂F₃. All three lines recorded significantly higher PBN and GN due *WFP* introgression, although the loss of at least two BLB genes during the breeding process resulted in the variable response of the lines to the different BLB races. Among the lines, only PL-5 showed a significantly higher estimate of actual yield measured in terms of panicle weight per square meter compared to IRBB60. PL-5 also exhibited resistance to five out of the six BLB races used for resistance screening. Despite the negative effects in grain size, the improved yield estimates, as well as the validated BLB resistance of PL-5 makes it a suitable candidate for cultivar adoption under the tropical rice ecosystem of Southeast Asia.

Key words: Rice, *Wealthy Farmer's Panicle (WFP)*, bacterial leaf blight (BLB), pyramiding, high-yielding

Introduction

By 2050, the current world population is expected to reach 9.7 billion (<https://www.un.org/development/desa/en/>). An increase of this magnitude poses a very serious threat to the current state of global food security (<http://www.fao.org/home/en/>). To feed 9 billion people, global cereal production alone needs to increase by 38% in the

next 34 years¹⁾.

Rice, wheat and maize constitute approximately 50% of the calorie source of the human diet²⁾. Among these three, rice serves as a staple for more than half of the world's population. Although rice is cultivated in more than 100 countries across the globe, more than 90% of rice is still produced and consumed in Asia (GRiSP, <http://www.grisp.net/main/summary>). In recent years, a drastic increase in demands for rice has also been reported in Africa³⁾ (GRiSP, <http://www.grisp.net/main/summary>). Given the importance of rice as a staple food, increasing

Corresponding author: Hidehiko Sunohara, e-mail: hsunohara@kumamoto-u.ac.jp

rice production would play a critical role in securing world food supply.

Marker-assisted selection (MAS) is powerful tool for an efficient breeding. Since MAS makes it possible to distinguish plants into which target genes/QTLs have been introgressed during nursery, field area and efforts for individual selection of breeding reduce. Also, target genes/QTLs can be introgressed more reliably than visually selection. MAS has been successfully used in breeding programs to improve agronomic traits, as well as biotic and abiotic stress resistance in rice. In the past decades, MAS have significantly shortened the time requirement while increasing the precision and efficacy by which target genes/QTLs are transferred across different genetic backgrounds^{4, 5}). To date, several rice cultivars have been improved through MAS and these include the improved varieties developed under the Wonder Rice Initiative for Food Security and Health (WISH) project (http://motoashikari-lab.com/wp/wp-content/uploads/2018/11/WISH_catalogue_lite4.pdf).

To effectively utilize MAS in breeding programs, genes/QTLs underlying important traits need to be mapped and identified. In rice, many genes/QTLs that are related to the sink ability have been identified including *GN1a/OsCKX2*⁶), *WFP/IPA1*^{7, 8}), *NAL1/SPIKE/GPS*^{9, 10, 11}), *APO1/SCM2*^{12, 13, 14}), *qSW2*¹⁵), *GW2*¹⁶), *GW6a*¹⁷) and *GS3*^{18, 19}). Conversely, several genes/QTLs that are related to the source or translocation ability of rice has also been reported^{20, 21, 22}) that includes *AMY2A*²³), *BAM2*²³) and *GWD1*²⁴).

Wealthy Farmer's Panicle (WFP)/Ideal Plant Architecture 1 (IPA1) is a yield-related gene that encodes the plant-specific transcription factor OsSPL14^{7, 8}). *OsSPL14* contains a microRNA-targeted sequence in an exon that is targeted and cleaved by OsmiR156. *OsSPL14* functions in the regulation of primary branch number and is therefore associated with grain number. The *WFP* allele from ST-12 has been reported to increase grain number per panicle in rice⁷). Advanced breeding lines of the *japonica* rice cultivar Nipponbare and several other *indica* cultivars having the *WFP* allele from ST-12 showed at least 28% increase in grain yield compared to the original varieties^{7, 25}).

Bacterial leaf blight (BLB) caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*) is one of the most serious diseases of rice throughout the world. In some regions in Asia, BLB can cause yield losses of up to 50%²⁶). The most effective approach to combat BLB is the use of resistant cultivars²⁷). To date, many resistant genes against BLB have been identified. Huang et al. focused on four BLB resistance genes/QTLs namely *Xa4*, *xa5*, *xa13* and *Xa21*, and pyramided all four resistance genes in the IR24 genetic background to generate IRBB60²⁸). IRBB60 has resistance

to six races of *Xoo* from the Philippines²⁸). Currently, the BLB genes *xa5*, *xa13* and *Xa21* have been identified and characterized^{29, 30, 31}).

In this study, we aimed to pyramid *WFP* from ST-12 to IRBB60, a rice cultivar having four genes for BLB resistance. The resulting pyramided lines were evaluated for yield and yield components, as well as for their resistance to BLB races from Vietnam, Myanmar and India. Results of the preliminary assessment of the agronomic performance of advanced backcrosses lines identified PL-5, a pyramiding line with higher yield compared and comparative BLB resistance relative to the recipient parent IRBB60.

Materials and Methods

Marker-assisted introgression of *WFP* in the pyramiding line IRBB60

IRBB60, IR24, ST-12 and three pyramiding lines (PL-1, PL-4 and PL-5) at the BC₂F₄ generation were used in the study. IRBB60 is a pyramiding line having the four bacterial leaf blight (BLB) resistant genes, *Xa4*, *xa5*, *xa13* and *Xa21* in the genetic background of IR24²⁸), whereas ST-12 is the donor of the yield-related gene, *WFP*⁷). Phenotype and marker-assisted backcrossing of the initial hybrids generated from crosses between IRBB60 and ST-12 was carried out up to the BC₂F₄ generation (Fig. 1). An SSR marker (forward primer: GCGGTAACAAACCAACCAACC, reverse primer: AAAGCAGGACACAGTCACACAGG) was used to monitor the introgression of *WFP* in the IRBB60 background. In 2016, six BC₂F₃ lines (PL-1, PL-2, PL-4, PL-5, PL-6 and PL-7) were selected for preliminary evaluation of yield and yield components in the field. Based on this preliminary investigation, three pyramiding lines namely PL-1, PL-4 and PL-5 were selected and advanced for further performance evaluation in the field.

All test materials were raised in the greenhouse for four weeks before transplanting them in a rice paddy at the Togo Field Center for Research and Education of Nagoya University in Aichi, Japan (35°06' north, 137°04' east) in 2017. The seedlings were transplanted separately in 3 rows (1.2 m) at a density of 22.2 plants/m² and at a plant spacing of 30cm x 15cm. All materials were grown in three replications in randomized blocks and under low fertilizer conditions i.e. 300 kg K-P-N (16-12-14)/ha only before transplanting.

Evaluation of the pyramiding lines for agronomic traits

Before sampling panicles from all materials, data on the days to heading (DH), plant height (PH) and panicle length (PL) of five plants per block were recorded from

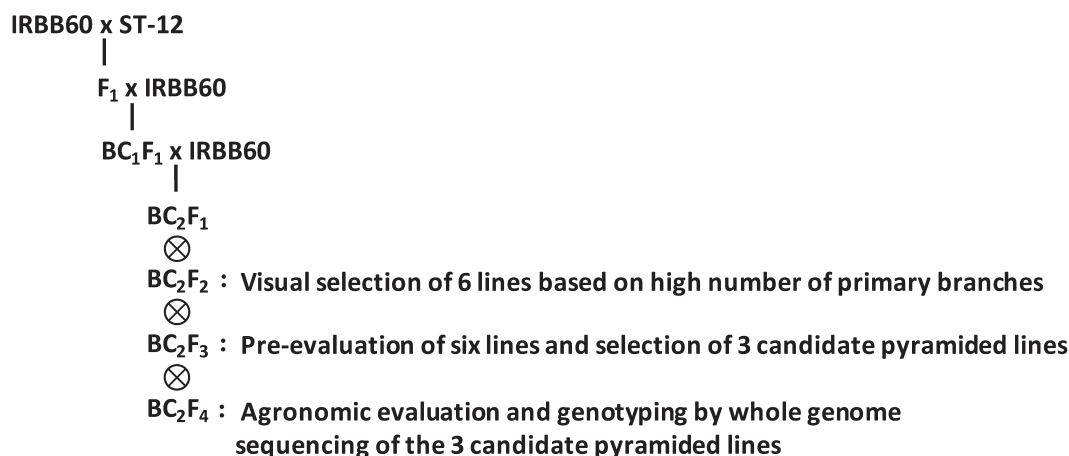


Fig. 1. Process of developing the pyramiding lines. X mark in a circle means selfing. The introgression of *WFP* from ST-12 was confirmed by MAS in BC₁F₁, BC₂F₁ and BC₂F₃.

plant stands in the paddy. At 40–45 days after heading, all panicles from five plants from each block were sampled. After sampling, panicle weight per plant (PW), panicle number per plant (PN), primary branch number per main panicle (PBN) and grain number per main panicle (GN) were measured. To estimate the actual yield of each pyramiding line in the field, panicle weight per plant was measured and converted to panicle weight per square meter (PWm²). Only plants within rows were sampled to avoid border effects. All panicles were dried for a week in an incubator set at 42°C. To determine fertility ratio (FR), the three largest panicles including the main panicle were chosen from each plant. FR was calculated by dividing the number of filled spikelets by the total number of spikelets, multiplied by 100. The grain weight and number of filled spikelets of the three largest panicles were measured and converted to 1000-grains weight per main three panicles (TGW). Grain shape based on grain length (GL), width (GW) and thickness (GT) was determined from ten randomly selected spikelets in each plant. For the statistical analyses, plants showing maximum and minimum PW in each plot were excluded.

Evaluation of the pyramided lines for bacterial leaf blight resistance

Six races of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*) causing bacterial leaf blight (BLB) from Vietnam (HAU01043, HAU0209, HAU02021-2 and HAU02024-6)³², Myanmar (HKM13)³³ and India (IND2-3) were used to evaluate the resistance of the experimental materials to the pathogen. At booting stage, the plants were inoculated with *Xoo* using the leaf clipping method³⁴. A preliminary test was conducted using IR24 to confirm the pathogenicity and virulence of the six BLB races. Immediately after that, all the experimental materials including IR24 as the susceptible control and IRBB60 as the resistant control, were screened against the pathogen. After two weeks from inoculation, lesion lengths were measured, and the resistance/susceptibility of each material was evaluated. Classification of the response of materials as resistant, moderate, susceptible or partially resistant was carried out based on a comparison to the response of the susceptible reference IR24 and the resistant reference IRBB60 using Tukey's HSD (Table 1). Screening for BLB resistance including maintenance and culture of the pathogen was

Table 1. Classification of the response of materials to the BLB races based on a comparison to the response of the susceptible reference IR24 (S) and the resistant reference IRBB60 (R).

Statistical difference to IR24 (S)	Statistical difference to IRBB60 (R)	Response
Significant*	Not significant	Resistant
Significant	Significant	Moderate
Not significant	Significant	Susceptible
Not significant	Not significant	Partially resistant**

*; significant according to Tukey's HSD ($p < 0.05$).

**; only in the case that evaluation value is between the values of the references.

carried out in Laboratory of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Kyushu University.

Genotyping-by-sequencing analysis of the pyramiding lines

Genotyping-by-sequencing (GBS) was conducted for the three pyramiding lines at the BC₂F₄ generation using the Illumina Miseq sequencing system and Illumina Miseq Reagent Kit v3 (150 cycles)^{35, 36}. Three plants from each of the pyramiding line, as well as IRBB60 and ST-12 were genotyped by GBS for whole genome. After sequencing, the reads were trimmed, and genotypes were called and filtered using TASSEL-GBS³⁷. SNPs with minor allele frequency (MAF) of >0.02, as well as lines with >0.2 lost genotype data and with >0.125 degree of heterozygous sites were removed from genotyping. Finally, imputation and error correction were carried out with FSFHap in TASSEL 4.0³⁸.

Statistical analysis

T-test and Tukey's HSD were performed using the free statistical software R (<https://www.r-project.org/>). A significant difference in Tukey's HSD was set at $p < 0.05$. R was also used for the randomization of blocks in the field design.

Result

Phenotypic evaluation of the three pyramiding lines for yield components

The pyramiding lines PL-1, PL-2, PL-4, PL-5, PL-6 and PL-7 in the genetic background of IRBB60 were selected visually from a BC₂F₂ population for their high primary branching number. The introgression of *WFP* from ST-12 in these six lines at the BC₂F₃ generation was confirmed by MAS. Evaluation for agronomic and yield-related traits showed that except for PL-6, all the pyramiding lines had

significantly more PBN than IRBB60 (Table 2). PL-6 and PL-7 recorded significant lower PN (panicle number per plant) than IRBB60. The reduction of PN is the negative effect for actual yield, hence both PL-6 and PL-7 were removed from the candidate lines. Similarly, PL-2 was removed from the candidate lines because of comprehensive gross morphology. Based on the overall agronomic performance and gross morphology of the pyramiding lines, we selected PL-1, PL-4 and PL-5 for further generation advance and agronomic evaluation (Fig. 2).

At the BC₂F₄ generation, PL-1, PL-4 and PL-5 were evaluated for yield components including DH, PH, PL, PN, GN, PBN, FR, TGW, GL, GW and GT (Table 3). Compared to IRBB60, PL-1 recorded a significant 4-day delay in a heading, whereas PL-5 was significantly early by 4 days. Heading date in PL-4 was equivalent to that of IRBB60. PN decreased by 0.33 to 1.33 in all pyramiding lines compared to IRBB60. GN (grain number per main panicle) and PBN (primary branch number per main panicle) of the three pyramiding lines were significantly higher than those of IRBB60, suggesting the positive effects of *WFP* introgression from ST-12. The PBN of ST-12 was twice higher than that of IRBB60 and IR24. FRs (fertility ratio per three main panicles) of IRBB60, IR24 and PL-5 showed high values, while those of ST-12, PL-1 and PL-4 were low, below 77%. Among the three pyramiding lines, PL-5 showed the highest FR (92.56 ± 0.40%). The FRs of PL-1 and PL-4 were 76.84 ± 2.37% and 72.64 ± 0.61% respectively, which were equivalent to that of ST-12.

In Pw², PL-5 recorded a significantly higher yield (845.50 ± 57.20 g/m²) than IRBB60 (782.42 ± 47.90 g/m²), with the rate of increase in PL-5 reaching up to 8.1% of IRBB60. ST-12, the donor of *WFP*, had significantly lower Pw² (712.4 ± 43.5 g/m²) than IRBB60 (Fig. 3). The panicle weight of PL-1 and PL-4 were statistically equivalent to that of IRBB60.

Table 2. Yield-components of the pyramiding lines at BC₂F₃ in the IRBB60 background.

	PH (cm)	PL (cm)	PN	GN	PBN
IRBB60	97.00 ± 4.36 ac*	26.40 ± 0.51 ab	11.33 ± 0.58 a	203.33 ± 17.79 a	12.33 ± 0.58 a
ST-12	115.00 ± 7.55 bd	25.43 ± 1.33 b	7.00 ± 1.00 bc	280.67 ± 43.35 ab	21.00 ± 4.00 bc
PL-1	119.33 ± 3.21 b	29.26 ± 0.61 a	8.67 ± 0.85 ac	314.67 ± 66.83 ab	23.33 ± 1.53 b
PL-2	98.50 ± 6.36 ac	25.48 ± 1.52 ab	11.00 ± 1.41 ad	281.00 ± 31.11 ab	23.00 ± 1.41 b
PL-4	114.33 ± 2.52 bd	26.40 ± 1.03 ab	11.33 ± 1.53 a	312.67 ± 33.56 ab	24.67 ± 0.58 b
PL-5	102.33 ± 5.13 acd	23.43 ± 0.99 ab	8.33 ± 1.53 ab	274.33 ± 15.53 ab	20.33 ± 1.53 bc
PL-6	89.33 ± 6.43 a	24.90 ± 1.73 ab	5.33 ± 0.58 b	204.00 ± 33.05 a	17.00 ± 1.00 ac
PL-7	103.67 ± 1.15 cd	25.30 ± 1.63 b	7.67 ± 1.53 bcd	354.33 ± 62.01 b	21.00 ± 1.00 bc

Numbers represent average ± standard deviation.

PH=plant height; PL=panicle length; PN=panicle number per plant; GN=grain number per main panicle; PBN=primary branch number per main panicle.

*; different letters indicate significant differences at $p < 0.05$ by Tukey's HSD.

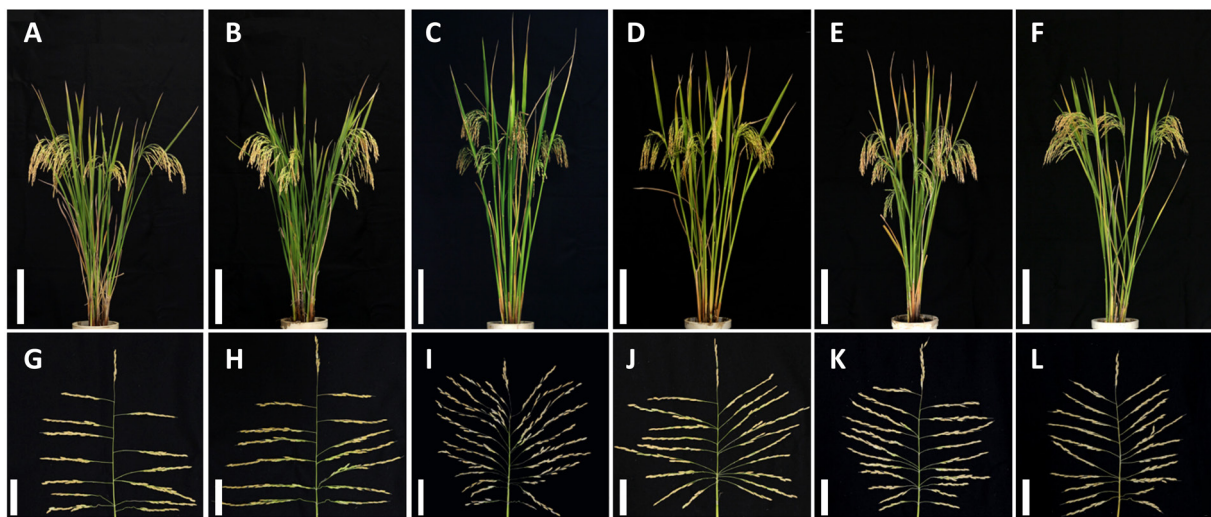


Fig. 2. Gross morphology of the plants and panicles of the experimental materials. A-F: Gross plant morphology at the ripening stage, G-L: Gross panicle morphology at the ripening stage. A and G: IRBB60, B and H: IR24, C and I: ST-12, D and J: PL-1, E and K: PL-4 and F and L: PL-5. Bar = 20cm (A–F), 5cm (G–L).

Table 3. Yield-components of the pyramiding lines at BC₂F₄ in the IRBB60 background.

Line Name	DH (days)	PH (cm)	PL (cm)	PN	GN	PBN
IRBB60	105.00 ± 0.50	94.67 ± 1.55	23.89 ± 0.44	10.44 ± 0.65	160.22 ± 9.47	12.00 ± 0.37
IR24	109.44 ± 0.33**	83.89 ± 1.38**	22.22 ± 0.58**	10.33 ± 0.80	161.33 ± 10.07	12.78 ± 0.37*
ST-12	95.78 ± 0.33**	101.89 ± 1.14**	23.78 ± 0.53	8.89 ± 0.50**	283.11 ± 15.61**	22.33 ± 0.96**
PL-1	109.11 ± 0.44**	103.33 ± 2.39**	25.78 ± 1.14*	9.11 ± 0.93	219.89 ± 16.68**	20.11 ± 0.65**
PL-4	105.22 ± 0.53	96.67 ± 1.98	23.22 ± 0.50	9.44 ± 0.41*	231.78 ± 10.14**	21.44 ± 1.40**
PL-5	101.11 ± 0.67**	95.89 ± 1.71	22.00 ± 0.24**	10.11 ± 0.80	239.89 ± 9.29**	20.56 ± 0.75**

Line Name	FR (%)	TGW (g)	GL (mm)	GW (mm)	GT (mm)
IRBB60	94.90 ± 0.26	26.45 ± 0.08	9.46 ± 0.02	2.41 ± 0.01	1.96 ± 0.01
IR24	88.14 ± 0.79**	25.65 ± 0.11**	9.11 ± 0.03**	2.52 ± 0.01**	1.97 ± 0.01*
ST-12	72.75 ± 1.14**	23.73 ± 0.11**	9.87 ± 0.02**	2.33 ± 0.01**	1.94 ± 0.01**
PL-1	76.84 ± 2.37**	27.55 ± 0.40**	9.56 ± 0.06**	2.45 ± 0.02**	1.91 ± 0.02**
PL-4	72.64 ± 0.61**	24.40 ± 0.09**	9.47 ± 0.02	2.41 ± 0.01	1.86 ± 0.01**
PL-5	92.56 ± 0.40**	20.83 ± 0.11**	8.60 ± 0.01**	2.22 ± 0.01**	1.79 ± 0.01**

Numbers represent average ± standard error.

DH=days to heading; PH=plant height; PL=panicle length; PN=panicle number per plant; GN=grain number per main panicle; PBN=primary branch number per main panicle; FR=fertility ratio per three largest panicles in a plant; TGW=1000-grain weight per three largest panicles in a plant; GL=grain length; GW=grain width; GT=grain thickness.

*, **, indicate significant difference from IRBB60 at $p < 0.05$ and $p < 0.01$ by t-test, respectively.

Based on these results, the high yield of PL-5 can be attributed to the increase in GN and PBN. In spite of PL-5 having 49.7% higher GN than IRBB60, PwM² of PL-5 was only 8.1% higher. As a major cause of this phenomenon, we focused on grain size. The grain size is expected to affect TGW (1000-grains weight per main three panicles). Compared to the TGW of IRBB60 (26.45 ± 0.08 g), the TGW of PL-5 (20.83 ± 0.11 g) was significantly lower (Table 3). Similarly, PL-5 recorded smaller grains in terms of GL (8.60 ± 0.01 mm), GW (2.22 ± 0.01 mm) and GT (1.79 ± 0.01 mm) compared to those of IRBB60 (9.46 ±

0.02 mm, 2.41 ± 0.01 mm, 1.96 ± 0.01 mm) (Table 3). The smaller grains of PL-5 negatively affected its yield.

Evaluation of the pyramiding line for resistance to bacterial leaf blight

The response of the experimental materials when challenged with BLB races from Vietnam (HAU01043, HAU0209, HAU02021-2 and HAU02024-6), Myanmar (HKM13) and India (IND2-3) are shown in Fig. 4. IRBB60 showed strong resistance to the six BLB races, with lesions lengths ranging from 0 to 1.2 cm. In contrast,

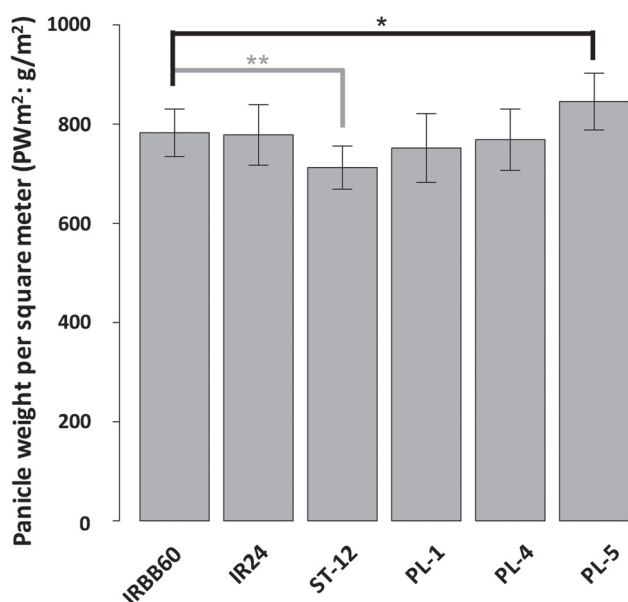


Fig. 3. Panicle weight per square meter (PWm²) of the experimental materials. * and ** indicate significant difference from IRBB60 at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively, by t-test. Error bars show standard error.

IR24 and ST-12 were susceptible to the six BLB races, with lesions lengths ranging from 13.3 to 25.2 cm in IR24 and from 10.5 to 26.8 cm in ST-12. The pyramiding lines PL-1, PL-4 and PL-5 showed differential responses to the six BLB races. PL-1 exhibited resistance to the five BLB races from Vietnam (HAU0209, HAU02021-2 and HAU02024-6), Myanmar (HKM13) and India (IND2-3), and moderate to HAU01043. PL-4 exhibited resistance to HAU0209, moderate to IND2-3, partially resistance to HKM13 and susceptibility to HAU01043, HAU02021-2 and HAU02024-6. PL-5 exhibited resistance to the five BLB races from Vietnam (HAU01043, HAU0209, HAU02021-2 and HAU02024-6) and India (IND2-3), and partially resistance to HKM13 from Myanmar.

Confirmation of introgression of targeted genes with genotyping-by-sequencing

GBS analysis validated the introduction of the *WFP* allele from ST-12 and the segregation of the four BLB resistant genes of IRBB60 in each of the pyramiding lines at BC₂F₃ (Table 4). All pyramiding lines carry the *Xa21* allele from IRBB60 and the *xa13* allele from ST-12. PL-1 and PL-4 have the *Xa4* allele from IRBB60 but not PL-5 which has the *Xa4* from ST-12. The *xa5* allele from IRBB60 was introgressed in the homozygous form in PL-5 but occurs in a heterozygous form in PL-4. PL-1 has the ST-12 allele for *xa5*.

Discussion

The pyramiding lines (BC₂F₄) reported in the present study were developed from the cross between ST-12 (used as the donor of *WFP*) and IRBB60 (used as the recipient parent with BLB resistance). Introgression of *WFP* from ST-12 in the PLs was confirmed by MAS and GBS (Fig. 1, Table 4). As a result, we developed PL-5, a pyramiding line with higher yield compared to the recipient parent, IRBB60 (Fig. 3). The high yield of PL-5 can be attributed to the increase in both GN and PBN (Table 2, Table 3) due to the introgression of *WFP* from ST-12. Miura et al. reported that the introgression of *WFP* from ST-12 can significantly increase both GN and PBN in lines having the genetic background of the *japonica* rice cultivar Nipponbare⁷⁾. Similarly, introgression of *WFP* has been reported to increase GN and PBN of several rice cultivars with *indica* genetic backgrounds²⁵⁾. In the present study, the positive effects of *WFP* from ST-12 was also observed in the genetic background of IRBB60, suggesting that *WFP* expression can increase GN and PBN in both *japonica* and *indica* rice backgrounds, and that *WFP* from ST-12 is a useful genetic resource that can be used to significantly improve the yield of rice.

PL-5 recorded 49.73% higher GN and 71.33% higher PBN compared to IRBB60. Despite the significant increase in GN and PBN, PL-5 recorded a remarkably low increase

Table 4. Genotypes in targeted genes/QTL in the three pyramiding lines in the previous generation (BC₂F₃).

	Chromosome	RAP-ID	QTL location*	IRBB60	ST-12	PL-1	PL-4	PL-5	Exp**
<i>Xa4</i>	11	-	Around 28.5Mb	A	B	A	A	B	A
<i>xa5</i>	5	Os05g0107700	-	A	B	B	H	A	A
<i>xa13</i>	8	Os08g0535200	-	A	B	B	B	B	A
<i>Xa21</i>	11	Os11g0559200	-	A	B	A	A	A	A
<i>WFP</i>	8	Os08g0509600	-	A	B	B	B	B	B

*; physical distance showed in RAP-db site (<https://rapdb.dna.affrc.go.jp/>).

**; expected genotypes.

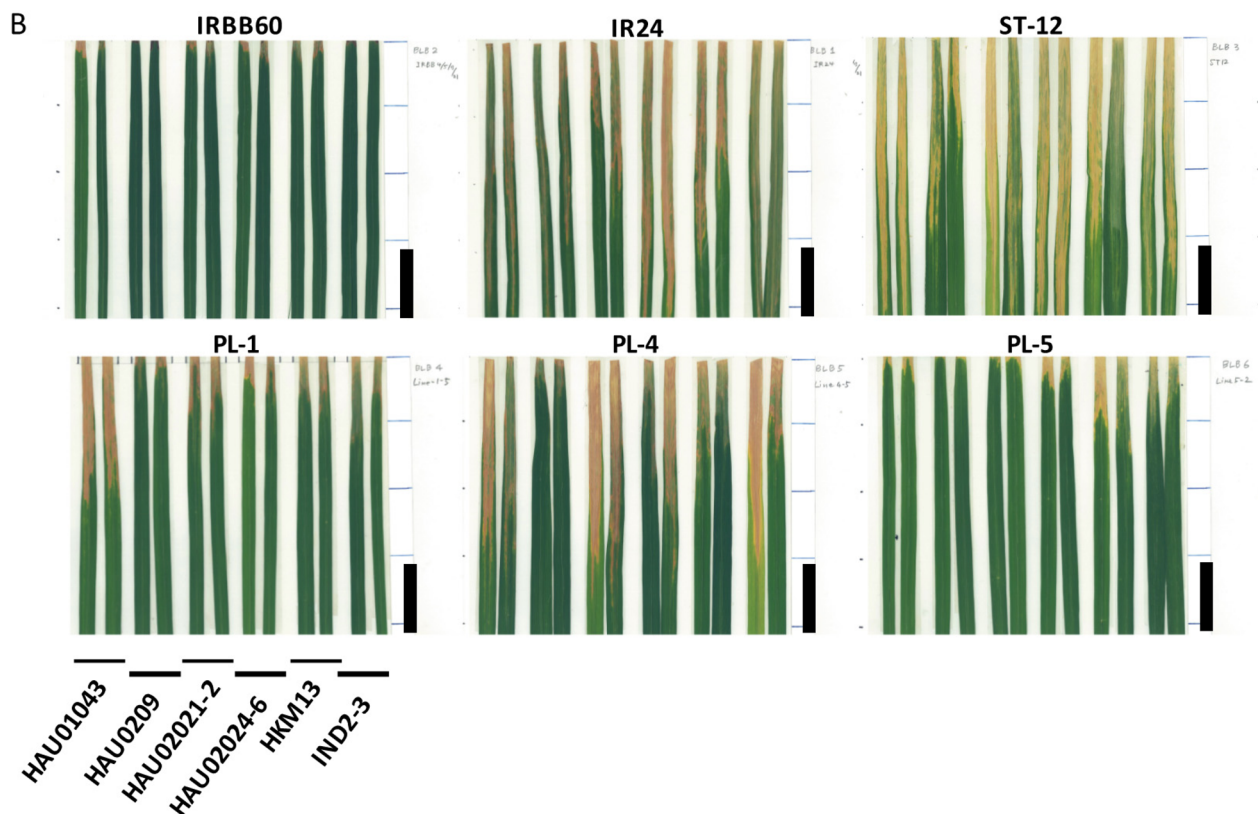
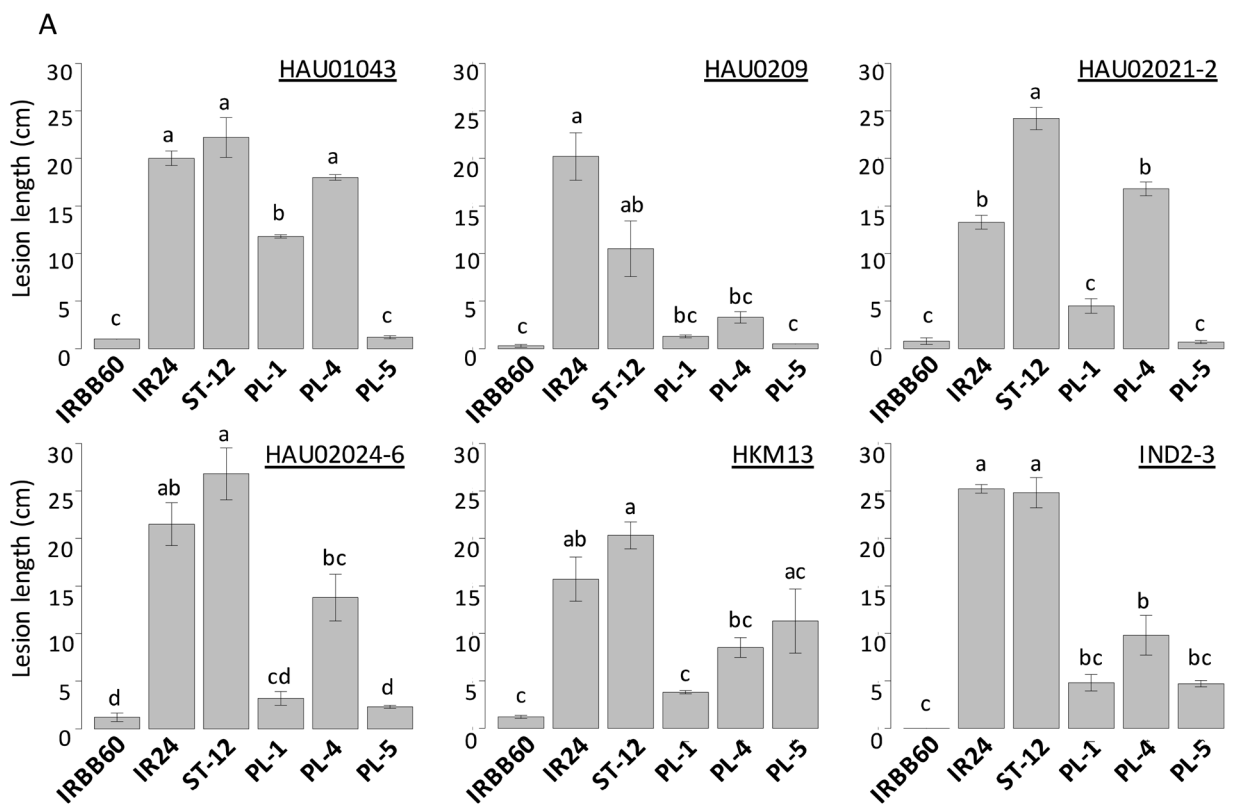


Fig. 4. The response of the experimental materials to the six races of *Xoo*. A: Lesion length on leaves of the experimental materials. Different letters indicate significance at $p < 0.05$ by Tukey's HSD. Error bars show standard error. B: Lesions in leaves infected by the six BLB races. The reaction of the experimental materials to the BLB races is shown in two leaves each. The order of BLB races in each panel is HAU01043, HAU0209, HAU02021-2, HAU02024-6, HKM13 and IND2-3 from left to right. The inoculation site corresponds to the top of each panel. Bars = 5 cm.

of 8.06% in yield (PWm²) compared to IRBB60. A similar phenomenon was observed in PL-1 and PL-4. Rice yield has four important components namely PN, GN, FR and TGW. In PL-5, the main negative factor was TGW, which was 21.25% lower than IRBB60. Based on the results of the current study, an improvement in TGW can further increase rice yield. In PL-1, the main negative factors were PN and FR which were 12.74% and 19.03% lower than IRBB60, respectively. In PL-4, the negative factors were PN, FR and TGW which were 9.58%, 23.46% and 7.75% lower than IRBB60, respectively.

The low TGW of PL-5 may be unrelated to the function of *WFP*. PL-5 has smaller grains, giving it lower TGW than IRBB60. The donor parent ST-12 do not have small grains, and *WFP/IPAI* from ST-12 has not been reported to be involved in the regulation of grain size. We hypothesize that the genetic background of PL-5 which resulted from random recombination between the ST-12 and IRBB60 genome contributed to its smaller grains.

Miura et al. suggested that *WFP* from ST-12 is involved in the regulation of shoot branching in the vegetative stage⁷). It was also suggested that *WFP/IPAI* from the *japonica* cultivar Aikawa 1 and from the *japonica* cultivar Shaoniejing reduces tiller number^{7, 8}). While the presence of *WFP/IPAI* allele may increase GN, it may have negative effects on PN. In the present study, an increase in GN due to *WFP/IPAI* introgression resulted in a concomitant decrease in PN. To suppress any reduction in PN due to *WFP* introgression, it is necessary to modify factor(s) related to controlling PN specifically in the vegetative stage.

It is considered that the low FR of PL-1 and PL-4 occurred as a result of the inability of the source to keep up with the improved sink ability of both lines as conferred by *WFP*. In PL-5, a remarkable reduction in grain size has been confirmed that allowed the source to cope with the increase in sink. In the context of sink-source relationship, *WFP* is a sink ability-related gene. Improvement of the sink is necessary to improve yield, but this requires a concomitant improvement in the source³⁹). Efficient breeding for high yield in rice requires elucidation of the genetic factors regulating the ability of the source to generate photosynthetic assimilates that will fill the sink. Improving the photosynthetic ability of plant tissues with source functions may be the key to breaking through the yield potential of the current high-yield varieties⁴⁰).

The present study aimed to pyramid *WFP* with four BLB resistant genes already present in the IRBB60 background. The three selected pyramiding lines however, had *WFP* and at least two BLB resistant genes each (Fig. 4, Table 4). The incomplete maintenance of all four BLB resistance genes in the pyramiding line accounts for the variability in the response of each line to each of the BLB races. While

the BLB resistant genes are not linked, *xa13* is linked to *WFP* at approximately 1.5 Mb distance downstream. In the process of developing these pyramiding lines, genotyping was carried out to monitor the introgression of only *WFP*. To ensure that all four BLB resistant genes are maintained in the pyramided line, these genes should also be monitored in the backcrossed and selfed generations by MAS.

Despite losing at least two BLB resistant genes, PL-5 remains resistant to four BLB races from Vietnam and a race from India, whereas PL-1 is resistant to three races from Vietnam and races from Myanmar and India. These results indicate the both PL-1 and PL-5 can be cultivated in areas with a reported incidence of the specific BLB infection. Overall, the significantly improved yield of PL-5 in combination with its resistance to five known BLB races from Vietnam and India makes this pyramiding line a viable candidate for high yield line with adoption in tropical rice ecosystems in Southeast Asia.

Acknowledgement

This research was funded by the Japan International Cooperation Agency (JICA) as part of the Wonder Rice Initiative for Food Security and Health (WISH) Project, and the Canon Foundation. This research was also supported by Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (SATREPS), and Japan Science and Technology Agency (JST, JPMJSA1706) / JICA.

References

1. Tester M, Langridge P. (2010) Breeding technologies to increase crop production in a changing world. *Science* 327: 818-822.
2. Khush G. (2003) Productivity improvements in rice. *Nutr Rev* 61: S114-S116.
3. Seck PA, Diagne A, Mohanty S, Wopereis MCS. (2012) Crops that feed the world 7: rice. *Food Security* 4: 7-24.
4. Angeles-Shim RB, Ashikari M. (2017) Advances in molecular breeding techniques for rice. In: *Achieving sustainable cultivation of rice Vol 1*. Burleigh Dodds Science Publishing, UK: 27-49.
5. Kurokawa Y, Noda T, Yamagata Y, Angeles-Shim R, Sunohara H, Uehara K, Furuta T, Nagai K, Jena K, Yasui H, Yoshimura A, Ashikari M, Doi K. (2016) Construction of a versatile SNP array for pyramiding useful genes of rice. *Plant Sci* 242: 131-139.
6. Ashikari M, Sakakibara H, Lin S, Yamamoto T, Takashi T, Nishimura A, Angeles ER, Qian Q, Kitano H, Matsuoka M. (2005) Cytokinin oxidase regulates rice grain production. *Science* 309: 741-745.
7. Miura K, Ikeda M, Matsubara A, Song XJ, Ito M, Asano K, Matsuoka M, Kitano H, Ashikari M. (2010) *OsSPL14* promotes panicle branching and higher

- grain productivity in rice. *Nat Genet* 42: 545-549.
8. Jiao Y, Wang Y, Xue D, Wang J, Yan M, Liu G, Dong G, Zeng D, Lu Z, Zhu X, Qian Q, Li J. (2010) Regulation of *OsSPL14* by *OsmiR156* defines ideal plant architecture in rice. *Nat Genet* 42: 541-544.
 9. Qi J, Qian Q, Bu Q, Li S, Chen Q, Sun J, Liang W, Zhou Y, Chu C, Li X, Ren F, Palme K, Zhao B, Chen J, Chen M, Li C. (2008) Mutation of the rice narrow leaf1 gene, which encodes a novel protein, affects vein patterning and polar auxin transport. *Plant Physiol* 147: 1947-1959.
 10. Fujita D, Trijatmiko KR, Tagle AG, Sapisap MV, Koide Y, Sasaki K, Tsakirpaloglou N, Gannaban R, Nishimura T, Yanagihara S, Fukuta Y, Koshiba T, Slamet-Loedin I, Ishimaru T, Kobayashi N. (2013) *NALI* allele from a rice landrace greatly increases yield in modern indica cultivars. *Proc Natl Acad Sci* 110: 20431-20436.
 11. Takai T, Adachi S, Taguchi-Shiobara F, Sanoh-Arai Y, Iwasawa N, Yoshinaga S, Hirose S, Taniguchi Y, Yamanouchi U, Wu J, Matsumoto T, Sugimoto K, Kondo K, Ikka T, Ando T, Kono I, Ito S, Shomura A, Ookawa T, Hirasawa T, Yano M, Kondo M, Yamamoto T. (2013) A natural variant of *NALI*, selected in high-yield rice breeding programs, pleiotropically increases photosynthesis rate. *Sci Rep* 3. doi: 10.1038/srep02149.
 12. Ikeda K, Nagasawa N, Nagato Y. (2005) *ABERRANT PANICLE ORGANIZATION 1* temporally regulates meristem identity in rice. *Dev Bio* 282: 349-360.
 13. Ikeda K, Ito M, Nagasawa N, Kyojuka J, Nagato Y. (2007) Rice *ABERRANT PANICLE ORGANIZATION 1*, encoding an F-box protein, regulates meristem fate. *Plant J* 51: 1030-1040.
 14. Ookawa T, Hobo T, Yano M, Murata K, Ando T, Miura H, Asano K, Ochiai Y, Ikeda M, Nishitani R, Ebitani T, Ozaki H, Angeles E, Hirasawa T, Matsuoka M. (2010) New approach for rice improvement using a pleiotropic QTL gene for lodging resistance and yield. *Nat Commun* 1: 132.
 15. Zhan X, Sun B, Lin Z, Gao Z, Yu P, Liu Q, Shen X, Zhang Y, Chen D, Cheng S, Cao L. (2015) Genetic mapping of a QTL controlling source-sink size and heading date in rice. *Gene* 571: 263-270.
 16. Song XJ, Huang W, Shi M, Zhu MZ, Lin HX. (2007) A QTL for rice grain width and weight encodes a previously unknown RING-type E3 ubiquitin ligase. *Nat Genet* 39: 623-630.
 17. Song XJ, Kuroha T, Ayano M, Furuta T, Nagai K, Komeda N, Segami S, Miura K, Ogawa D, Kamura T, Suzuki T, Higashiyama T, Yamasaki M, Mori H, Inukai Y, Wu J, Kitano H, Sakakibara H, Jacobsen SE, Ashikari M. (2015) Rare allele of a previously unidentified histone H4 acetyltransferase enhances grain weight, yield and plant biomass in rice. *Proc Natl Acad Sci* 112: 76-81.
 18. Fan C, Xing Y, Mao H, Lu T, Han B, Xu C, Li X, Zhang Q. (2006) *GS3*, a major QTL for grain length and weight and minor QTL for grain width and thickness in rice, encodes a putative transmembrane protein. *Theor Appl Genet* 112: 1164-1171.
 19. Takano-Kai N, Jiang H, Kubo T, Sweeney M, Matsumoto T, Kanamori H, Padhukasahasram B, Bustamante C, Yoshimura A, Doi K, McCouch S. (2009) Evolutionary History of *GS3*, a Gene Conferring Grain Length in Rice. *Genetics* 182: 1323-1334.
 20. Wang DR, Han R, Wolfrum EJ, McCouch SR. (2017) The buffering capacity of stems: genetic architecture of nonstructural carbohydrates in cultivated Asian rice, *Oryza sativa*. *New Phytol* 215: 658-671.
 21. Zhang J, Li G, Huang Q, Liu Z, Ding C, Tang S, Chen L, Wang S, Ding Y, Zhang W. (2017) Effects of culm carbohydrate partitioning on basal stem strength in a high-yielding rice population. *Crop J* 5: 478-487.
 22. Phung DH, Sugiura D, Sunohara H, Makihara D, Kondo M, Nishiuchi S, Doi K. (2019) QTL analysis for carbon assimilate translocation-related traits during maturity in rice (*Oryza sativa* L.). *Breed Sci* 69: 289-296.
 23. Hirose T, Aoki N, Harada Y, Okamura M, Hashida Y, Ohsugi R, Miyao A, Hirochika H, Terao T. (2013) Disruption of a rice gene for α -glucan water dikinase, *OsGWD1*, leads to hyperaccumulation of starch in leaves but exhibits limited effects on growth. *Front Plant Sci* 4. doi: 10.3389/fpls.2013.00147.
 24. Wada H, Masumoto-Kubo C, Tsutsumi K, Nonami H, Tanaka F, Okada H, Erra-Balsells R, Hiraoka K, Nakashima T, Hakata M, Morita S. (2017) Turgor-responsive starch phosphorylation in *Oryza sativa* stems: A primary event of starch degradation associated with grain-filling ability. *PLoS One* 12: e0181272. doi: 10.1371/journal.pone.0181272.
 25. Kim SR, Ramos JM, Hizon RJM, Ashikari M, Virk P, Torres E, Nissila E, Jena K. (2018) Introgression of a functional epigenetic *OsSPL14 WFP* allele into elite *indica* rice genomes greatly improved panicle traits and grain yield. *Sci Rep* 8. doi: 10.1038/s41598-018-21355-4.
 26. Shafinah K, Sahari N, Sulaiman R, Yusoff MSM, Ikram MM. (2013) A framework of an expert system for crop pest and disease management. *J Theor Appl Info Tech* 58: 182-190.
 27. Khush GS, Mackill DJ, Sidhu GS. (1989) Breeding rice for resistance to bacterial blight. In: *Bacterial blight of rice*. International Rice Research Institute, Manila, Philippines: 207-217.
 28. Huang N, Angeles ER, Domingo J, Magpantay G, Singh S, Zhang G, Kumaravadivel N, Bennett J,

- Khush G. (1997) Pyramiding of bacterial blight resistance genes in rice: marker-assisted selection using RFLP and PCR. *Theor Appl Genet* 95: 313-320.
29. Jiang GH, Xia ZH, Zhou YL, Wan J, Li DY, Chen RS, Zhai WX, Zhu LH. (2006) Testifying the rice bacterial blight resistance gene *xa5* by genetic complementation and further analyzing *xa5* (*Xa5*) in comparison with its homolog *TFIIAγ1*. *Mol Gen Genom* 275: 354-366.
 30. Antony G, Zhou J, Huang S, Li T, Liu B, White F, Yang B. (2010) Rice *xa13* recessive resistance to bacterial blight is defeated by induction of the disease susceptibility gene *Os-11N3*. *Plant Cell* 22: 3864-3876.
 31. Song W, Wang G, Chen L, Kim H, Pi L, Holsten T, Gardner J, Wang B, Zhai W, Zhu L, Fauquet C, Ronald P. (1995) A receptor kinase-like protein encoded by the rice disease resistance gene, *Xa21*. *Science* 270: 1804-1806.
 32. Furuya N, Taura S, Goto T, Thuy BT, Ton PH, Tsuchiya K, Yoshimura A. (2012) Diversity in virulence of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* from Northern Vietnam. *Jpn Agricul Res Quarterly* 46: 329-338.
 33. Aye SS, Matsumoto M, Kaku H, Goto T, Furuya N, Yoshimura A. (2007) Evaluation of Resistance in Rice Plants to Myanmar Isolates of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *J Fac Agr Kyushu Univ* 52: 17-21.
 34. Kauffman H, Reddy APK, Hsieh SPY, Merca SD, Kauffman EJ. (1973) An improved technique for evaluating resistance of rice varieties to *Xanthomonas oryzae*. *Plant Dis Rep* 57: 537-541.
 35. Poland JA, Brown PJ, Sorrells ME, Jannink JL. (2012) Development of high-density genetic maps for barley and wheat using a novel two-enzyme genotyping-by-sequencing approach (T. Yin, editor). *PLoS One* 7: e32253. doi: 10.1371/journal.pone.0032253.
 36. Furuta T, Ashikari M, Jena K, Doi K, Reuscher S. (2017) Adapting genotyping-by-sequencing for rice F2 populations. *Genes Genomes Genet* 7: 881-893.
 37. Glaubitz J, Casstevens T, Lu F, Harriman J, Elshire R, Sun Q, Buckler E. (2014) TASSEL-GBS: A high capacity genotyping by sequencing analysis pipeline. *PLoS One* 9. doi: 10.1371/journal.pone.0090346.
 38. Swarts K, Li H, Alberto Romero Navarro J, An D, Romay M, Hearne S, Acharya C, Glaubitz J, Mitchell S, Elshire R, Buckler E, Bradbury P. (2014) Novel methods to optimize genotypic imputation for low-coverage, next-generation sequence data in crop plants. *Plant Genome* 7. doi: 10.3835/plantgenome2014.05.0023.
 39. Ohsumi A, Takai T, Ida M, Yamamoto T, Arai-Sanoh Y, Yano M, Ando T, Kondo M. (2011) Evaluation of yield performance in rice near-isogenic lines with increased spikelet number. *F Crop Res* 120: 68-75.
 40. Takai T, Matsuura S, Nishi T, Ohsumi A, Shiraiwa T, Horie T. (2006) Rice yield potential is closely related to crop growth rate during late reproductive period. *Field Crop Res* 96: 328-335.

収量関連遺伝子と白葉枯病抵抗性遺伝子の 戻し交配によるピラミディング系統の評価

山田 修士¹⁾, 黒川 裕介¹⁾, 永井 啓祐¹⁾, Rosalyn B Angeles-Shim^{1,5)}, 安井 秀²⁾,
古屋 成人³⁾, 吉村 淳²⁾, 土井 一行⁴⁾, 芦荻 基行¹⁾, 春原 英彦^{1,6)}

1) 名古屋大学生物機能開発利用研究センター

2) 九州大学農学部植物育種学研究室

3) 九州大学農学部植物病理学研究室

4) 名古屋大学大学院生命農学研究科

5) 現所属: Department of Plant and Soil Science, Texas Tech University, Lubbock, Texas, USA 79416

6) 現所属: 熊本大学先端科学研究部 (理)

要旨

イネ収量関連遺伝子 *WFP* は、一次枝梗数増加による着粒数増加をもたらす。IR24 に白葉枯病抵抗性遺伝子群 (*Xa4*, *xa5*, *xa13*, *Xa21*) を集積した IRBB60 へ、ST-12 が持つ *WFP* の導入を行った。IRBB60 を反復親とした戻し交雑後代 BC₂F₂ と BC₂F₃ 世代で、DNA マーカーの利用と一次枝梗数を含む収量形質の評価から、3ピラミディング系統 (PL-1、PL-4、PL-5) を選抜した。BC₂F₄ において、これらは *WFP* による一次枝梗数と着粒数の増加を示したが、4白葉枯病抵抗性遺伝子の集積が不完全で、白葉枯病レース群への反応の差が見られた。しかし、PL-5 は IRBB60 よりも収量増加が見込まれ、今回供試した白葉枯病レース (ベトナム、ミャンマー、インド由来6レース) の内5レースに対して抵抗性を示したことから、PL-5 は東南アジアの熱帯地域での展開を見込んだ候補系統となり得ると考えられた。

キーワード: イネ、*WFP* 遺伝子、白葉枯病抵抗性、ピラミディング、高収量性

.....



Working Paper

開発途上国における農産物流通の改善に向けて

—ベトナムの紅河デルタ地域における安全野菜流通の事例分析—

Towards Improvement of Agricultural Marketing in Developing Countries —A case study on safe vegetable marketing in the Red River Delta in Vietnam—

熊代 輝義

Teruyoshi Kumashiro

国際農林水産業研究センター

Japan International Center for Agricultural Science (JIRCAS)

論文受付 2019年10月18日 掲載決定 2020年1月9日

要旨

開発途上国では、所得の向上につれて穀物等の主食に加え、野菜、果実、畜産物などの消費が拡大し、また、農産物の品質や安全性に対する関心も高まっていく。一方農産物の流通についても伝統的な市場に加え、スーパーマーケットなどのような近代的な流通経路が増え、中小農家がこの流通経路にいかに参加するかが大きな課題となっている。本稿では、まず農業生産者の立場からみた農産物流通の改善の視点を整理した。次にベトナムの紅河デルタ地域における農産物の流通に影響を与えると考えられる制度・政策、流通環境、農家組織の特徴を明らかにしたうえで、この地域で国際協力機構(JICA)が実施している安全野菜の普及を目指す技術協力プロジェクトのトライアル活動を構成する各活動が、上記農産物流通の改善点にどのように貢献するかについて分析した。その結果、市場との対話、市場の需要に基づく共同栽培計画の策定、収穫後処理と集配などの効果が明らかになった。

キーワード: 農産物流通、ベトナム、安全作物、野菜、農業生産工程管理 (GAP)

Abstract. In developing countries, normally consumption of vegetables, fruits, and livestock products is expanded in addition to cereals consumption, as an income level of people rises. At the same time, consumers' interest in quality and safety of those products is also enhanced. Regarding agricultural marketing, modern distribution channels such as supermarkets are increased in addition to traditional distribution channels following the progress of economic development of a country, and it is one of the major challenges for small and medium farmers to join the modern channels.

Firstly, this article identified items for improving agricultural marketing from the viewpoint of producers. Secondly, it clarified characteristics of policies/institutions, marketing environment and farmer's organizations which affect agricultural marketing in the Red River Delta in Vietnam. After that, it took up a technical cooperation project conducted by Japan International Cooperation Agency which aims at promoting safe vegetables in the Red River Delta as a case study. Concretely, it analyzed which item for agricultural marketing improvement each component comprising trial activities of the project addressed. As a result, it proved clear effects of components such as dialogue with the market, establishment of a joint cultivation plan based upon market demand, post-harvest processing, and collection and delivery of products for agricultural marketing improvement.

Key words: Agricultural Marketing, Vietnam, Safe Crops, Vegetable, Good Agricultural Practice (GAP)

I. はじめに

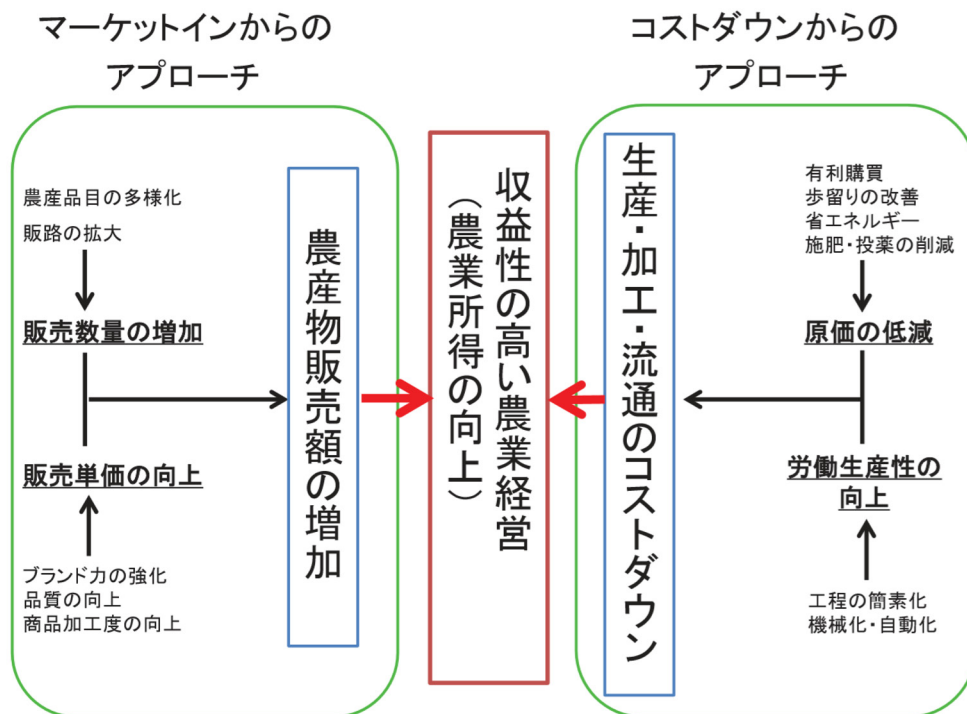
開発途上国における農業開発は、近年大きく変化しつつある。かつては所得水準が低く、経済全体に占める農業の比率も高く、また、国民に食糧を十分に供給できない開発途上国が多くを占めていた。このような国における農業開発は穀物を中心とした食用作物の増産が優先的な政策課題であり、援助機関としてはこれをいかに効果的に支援するかが農業開発協力の主要な課題であった。近年は新興国と呼ばれる国を中心に所得が向上し、例えば低所得国から中所得国に分類される国に移行する開発途上国が増加してきている。こういう国においては、穀物等の主食作物に加え、野菜、果実、畜産物などの消費が拡大し、また、農産物の品質や安全性に対する関心が高まっている。農産物の流通についても経済発展に伴い、伝統的な市場に加え、スーパーマーケットなど近代的な流通経路も増えてきているが、開発途上国の中小農家がいかにこうした近代的な流通経路へ参入するかが大きな課題になっている。

本稿では、農産物、特に野菜の流通面に焦点をあて、ベトナム北部紅河デルタ地域の野菜流通を事例としながら、開発途上国の農産物流通の改善に向けた方策について考察することとする。

II. 農産物流通の分析視点

農産物流通の改善の方策を考察するに際し、農産物の流通についてどういう視点をおくかということを確認にする必要がある。ここでは、主に板垣（2014）¹⁾に基づいてその視点を整理したい。

まず、農業生産者の所得の向上は、販売額を増加させると同時に生産・流通コストの節減を図ることにより実現する。そして、農産物販売額の増加のためには、販売数量の増加か販売単価の上昇を実現する必要があるが、一般的にはそのうち販売数量の増加のためには、農産物品目の多様化や販路の拡大等が必要となる。また、販売単価の向上のためにはブランド力の強化、品質の向上、商品加工度の向上等が必要となる。一方生産・流通コストの節減のためには、原価の低減か労働生産性の向上を図る必要があるが、そのうち原価の低減のためには農業投入財を有利な条件で購入したり、農産物の生産・収穫後処理時の歩留まりを改善したり、生産段階等における省エネルギーを実現したり、更には施肥や農薬投入量の節減を図ることなどが必要となる。また、労働生産性の向上のためには、生産・流通段階における工程の簡素化や機械化・自動化が必要となる（図1）。



出典:板垣(2014)

図1 収益性の高い農業経営の実現

次に、農業生産者の立場からみた農業所得の向上を図るための上記諸要素に対し、農産物流通の改善が貢献できる部分についてみると、農産物販売額（販売数量の増加と販売単価の向上）の増加に資する要素についてはほとんどのものが農産物流通の改善により達成することができる。一方生産・流通コストの節減に資する要素についてもすべてではないが、例えば農業投入財の有利な条件による購買や歩留まりの改善など農産物流通の改善により直接的に達成できる。

そして、農業生産者の立場からの流通改善への方策としては、第1に、農業に関するバリューチェーン（投入財供給業者→『農業生産者』→集荷業者→加工業者→流通業者（卸売り、仲買、小売り）→消費者）のアクターと連絡しながら、農産物流通に関わる能力を向上させることが必要である。第2に、流通改善の前提となる内部条件として「生産インフラ」（市場の需要に応じた農産物の品目選択・拡大ができる基盤）、「流通・加工インフラ」（農産物の流通と加工を可能にする道路、車両、加工施設など）、「農業者の組織化」、「集出荷施設」及び産地内部での情報や金融などの「ネットワーク」の整備・改善が必要である。第3に、流通改善のために政府など外部から支援すべき条件として「情報」「金融」「投入財・施設」「教育・研修」「制度、政策」の整備と改善及び農業生産者のそれらに対するアクセスの改善があげられる。

それでは、農業生産者の視点からの農産物流通の改善、即ち、自ら生産した農産物を特に安全作物を割増価格等より有利な条件で販売できるようになるために、具体的にどのような課題を解決していかなければならないであろうか。板垣(2014)をベースに、関連の文献^{2,3,4)}を参考に、筆者の考えも含めて作成したものが、表1である。

まず、問題点の欄には、計画、生産、収穫後処理・流通の各段階とそれら段階横断的に農業生産者が、特に安全作物の流通を向上するために改善しなければならない問題点をあげた。計画段階では、生産開始前に販路を確保し、販売先・販売品目・販売量を可能な限り確定し、それに基づいて生産計画を立て、生産を開始するのが望ましい。しかしながら、なぜそれができないか。或いはどうすればそれが実現するのかを主な問題点としてあげている。生産段階では、主に作物の安全性を含め購買者の需要に基づいて合意した種類、質、量の農産物を確実に生産できるかという観点から改善すべき問題点をあげている。また、収穫後処理・流通段階では、主に流通コストの低減や具体的に集出

荷を行う際に購買者と合意した通りに農産物の質やパッキング・荷姿など確保して購買者の指定する場所へ配送するために改善すべき問題点をあげている。そして、これら各段階を通しての問題点として、必要な資金の確保と生産量や価格の増減といったようなりスクの軽減を問題点としてあげている。最後の生産者、流通業者、消費者などのバリューチェーンを構成する関係者の意識啓発は、農業生産者が農作物、特に安全作物の流通を改善するための前提条件或いは環境の整備として大変重要な課題であるが、本稿では農産物流通に焦点をあてるという観点から、意識啓発については触れないことにする。

次に貢献する要素の欄は、上記のそれぞれの問題点を解決することにより、先に農業者が所得を向上させる要素として述べた農産物販売額を増加させるための販売数量の増加または販売単価の向上或いは生産・流通コスト削減のための原価の低減または労働生産性の向上という4つの要素のうち、いずれの点の改善に貢献するかということを記載している。先にも述べた通り、農産物流通の改善は販売数量の増加や販売単価の向上に貢献するものが多いが、一部原価の低減や労働生産性の向上にも貢献する。

III. 事例による分析

上記の農業生産者の立場からみた安全作物の流通改善の視点は、国や地域により、その農作物の生産や流通の背景と条件が異なるので、改善策については広くあてはまるものもあろうが、それぞれの国や地域に個別のものとなる場合も多いと考えられる。また農作物の種類によっても異なるであろう。板垣(2014)においても、開発途上国の発展段階により、農産物流通の特徴は変わっていくことを指摘している。本稿では、個別のプロジェクトを事例にして上記の枠組みを適用した分析を行い、そこから得られた開発途上国における農産物流通の改善に向けての含意について述べたい。

1. 「ベトナム北部地域における安全作物の信頼性向上プロジェクト」の概要

筆者は2018年7月まで標題のプロジェクトに従事するために、ベトナムのハノイに赴任していた。このプロジェクトは、ベトナムの農業農村開発省(MARD)が国際協力機構(JICA)の支援を得て実施している技術協力プロジェクトで、筆者はJICA派遣の専門家としてプロジェクトのチーフアドバイザーを務めた。本節ではま

表1 農業生産者の立場からみた安全作物の流通改善のための問題点と関連要素

	No.	問題点	貢献する要素	解決策例*
計画段階	1	農作物の安全性、産地表示等を明示する制度がない。	販売数量の増加、販売単価の向上	農作物の安全性や産地等の明示についての制度
	2	「売れるもの」を作るという意識が乏しく、生産品目が限られる。	販売数量の増加、販売単価の向上	農業生産主体経営層の意識の向上、組織内の意識の浸透、成果の発現による意識の向上
	3	売値を農業者が自分で決められない	販売単価の向上	農民の組織化、農作物の質量両面で購買者の需要を満たすこと、販売先を多角化すること及び価格等の情報を入手すること等による農業者の価格交渉力の強化、ネット販売などの販売方法の開拓
	4	情報がないので、いつ、だれに、どのぐらい、どこへ売ったら良いのか、わからない。(販路が限られたり、買い手のニーズを把握できないことを含む)	販売数量の増加、販売単価の向上	卸売り市場制度の整備、情報発信等による売り手と買い手のマッチングの促進
	5	情報を収集・分析してマーケティングに生かす人材が不足	販売数量の増加、販売単価の向上	農業生産主体の経営層において適切な人材を育成、適切な人材を外部から確保
	6	安全作物や購買者の求める作物を生産しても割増価格や有利な条件で販売できない。	販売数量の増加、販売単価の向上	より有利な条件を提示する購買者の発掘、購買者の多角化、売買の継続による信頼性の向上、品質の保証システムの導入
	7	生産した農作物が可能であれば全量、割増価格で売れる確証がない。	販売数量の増加、販売単価の向上	契約に基づく生産
生産段階	8	安全野菜生産のための基本的な条件が整っていない。(農地、用水の安全性等)	販売数量の増加、販売単価の向上	用水の安全性の改善、農地の選定、用水の選定、土壌の改善、肥料・農薬等の適切な投入
	9	投入財の価格が高い。値下げできない。	原価の低減	農業投入財納入業者の意識の改善、投入財購入ルートの改善、農家組織による共同購入を含む農業生産主体による大量購入による価格の低減
	10	販売数量が一定でない。販売数量がまとまらない。	販売数量の増加、販売単価の向上	農業生産主体の大規模化、農家組織による共同栽培、共同生産
	11	品質(形状、鮮度、加工の程度など)と規格(種類、大きさなど)が不十分或いはバラツキが大きい。	販売数量の増加、販売単価の向上	規格の制定、農業生産主体の大規模化、農家組織による共同栽培・共同生産、より作物の市場性が高まる技術の導入及びそれを実現するための資材・施設の導入
	12	GAP等安全作物生産が十分に行えない。	販売数量の増加、販売単価の向上、原価の低減	GAP等安全作物生産技術の習得・実践、農業生産主体内或いは中央・地方政府の支援でこれを維持できる仕組みづくり
収穫後処理・流通段階	13	流通コストが高いので売値が低く抑えられる。	販売単価の向上、流通原価の低減	公的部門による流通インフラの整備、生産者や流通業者による流通インフラの整備、近隣市場の開拓による流通コストの低減
	14	流通コストの負担が大きい(流通手数料、梱包資材など)	流通原価の低減	輸送車両など輸送手段の確保や効率化等による流通コストの低減
	15	集荷・貯蔵・加工の施設もないので、収穫時に売り急ぐ、或いは品質の低下を招く	販売数量の増加、販売単価の向上	前処理施設等の整備
	16	販売した農産物に対して発生した問題点(購買者からのクレーム等)に対し、適切に説明或いは改善できない。(トレーサビリティ)	販売数量の増加、販売単価の向上	GAPに基づく生産等トレーサビリティの確保
	17	新しい加工品を作り出す研究開発(人材と資金)の遅れ	販売単価の向上	研究開発支援制度の整備、人材と資金の確保
上記横断的	18	資金が不足して新しいことに挑戦する機会が限られている	販売数量の増加、販売単価の向上、原価の低減、労働生産性の向上	金融制度の拡充
	19	生産量の増減や販売価格の変動に対するリスクを減らせない。	販売数量の増加、販売単価の向上	農業保険制度の整備、栽培契約での生産者と購買者のリスク分担
意識啓発	20	市場において安全な農作物の需要が十分喚起されない。安全な農作物に対して、割増価格を支払うという消費者は必ずしも多くない。	販売数量の増加、販売単価の向上	効果的な意識啓発活動

*解決策には政府等農業生産者自身でないものが実行するものも含まれる。

ずこのプロジェクトの概要について簡単に説明する。

本プロジェクトの目標は、対象地域（主に紅河デルタ沿いの2市11省）の支援対象農業生産主体（農業協同組合、農業生産法人あるいは農家グループ）における安全作物（主に安全野菜）の栽培の振興であり、そのために3つの成果を上げることとしている。第一は、生産面において安全作物生産のモニタリングと管理能力が向上すること、第二は、流通面においてGAP（後述のBasic GAP(基礎的農業生産工程管理)など）に則った安全作物のサプライチェーンの、生産現場の状況に応じたさまざまなパターンがモデルとして提示されること、第三は、生産者と購買者（消費者および卸・小売業者などの取引業者）の安全作物の生産と食品の安全に関する意識が向上することである⁵⁾。

上述の対象地域は、事業の効率を高めるために3つのグループに分けられた。一つ目は、パイロット省と呼ばれるグループで、最初にトライアル活動を実施する地域であり、ハノイ市（消費地としてトライアル活動を実施）、ハイズオン省・ハナム省・フンエン省（生産地としてトライアル活動を実施）が含まれる。二つ目は、セミ・パイロット省と呼ばれるグループで、パイロット省での活動後、その成果も踏まえてトライアル活動

を実施する地域であり、タイビン省・フートー省・ビンフック省が含まれる。三つ目は、経験共有省と呼ばれるグループで、Basic GAPなどの安全作物生産の技術・知識やパイロット省やセミ・パイロット省におけるトライアル活動の結果に基づく知見を学んで、自らパイロット活動を実施する地域であり、ハイフォン市・クワンニン省・ホアビン省・バックニン省・ナムディン省・ニンビン省が含まれる。これらプロジェクト対象地域の位置を図2に示す。プロジェクト期間は、2016年7月28日から2021年7月27日までの5年間である⁵⁾。

2. プロジェクト対象地域(主に紅河デルタ地域)における安全野菜の生産・流通を取り巻く環境

次にプロジェクトの対象地域である紅河デルタ地域を中心に、安全野菜の生産・流通に関する状況を主に、制度・政策面、流通環境面、農家組織面から述べたい。

(1) 制度・政策⁶⁾

ベトナムも国民の所得水準の上昇に伴い、農産物に対する需要の多様化が進んでおり、本プロジェクトの主要な対象作物である野菜についても、栽培面積・生産量ともに、近年急速に増加している。同時に、農産物の安全性にも消費者の関心が高まっているが、残留

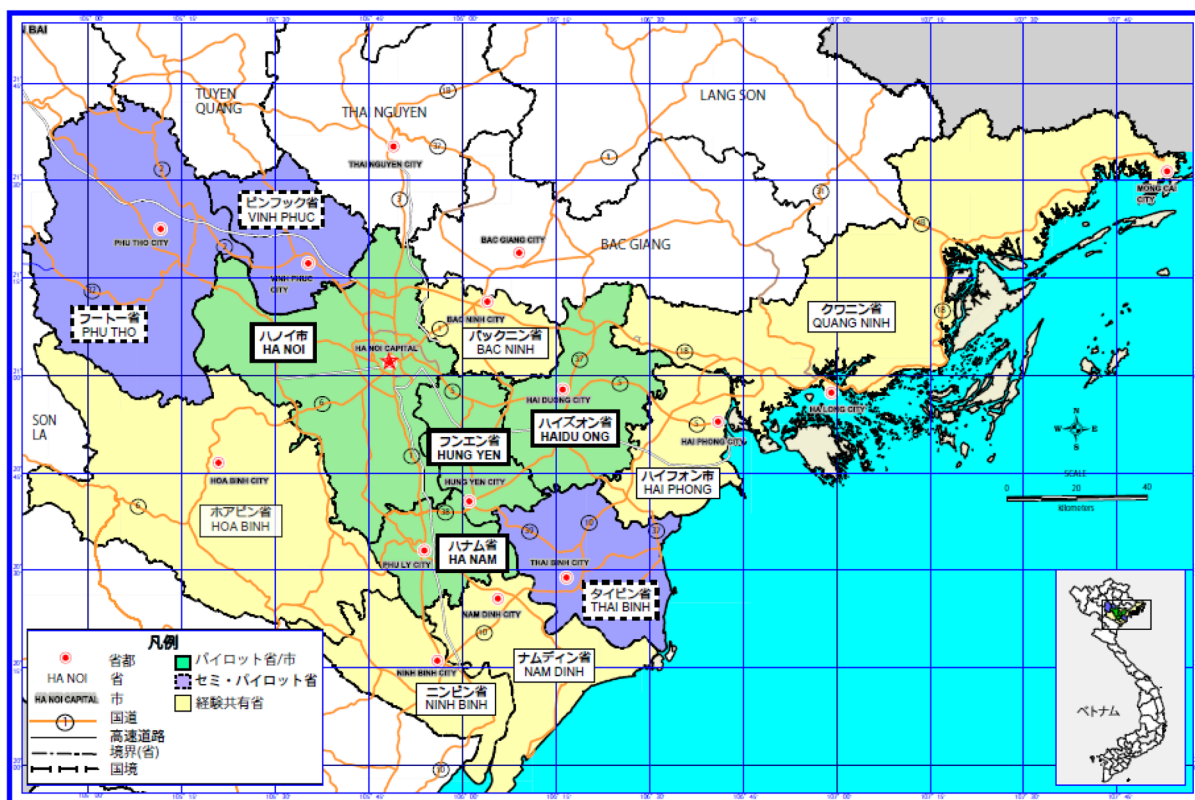


図2 プロジェクト対象地域

農業基準の遵守の観点などからみても、野菜の安全性が万全とはいえない状況にある。

この農作物の安全性を確保する観点や国際的な農業生産工程管理（GAP：Good Agricultural Practice）の重要性の認識の高まりを受けて、ベトナム農業農村開発省は2008年に野菜、果樹及び茶について、2010年にコメ及びコーヒーについて、VietGAP（ベトナム農業生産工程管理）と称するGAPに関する規程を制定した。このVietGAPの制定以降、ベトナム政府はこれを普及するために数値目標を設定することに加え、VietGAPは第三者機関による認証制度を取っているが、その認証取得のために、必要な調査、道路やかんがい施設等のインフラ整備、VietGAP適用に関する研修、認証費用、VietGAP取得農産物に対する取引促進などの支援を行う政策を進めてきた。しかしながら、現状ではVietGAPを取得した農地面積は拡大しているとはいえない。VietGAP普及がそれほど進まない理由として、従うべき管理点の数が多く複雑であること、現実には適用しにくい部分があること、認証取得費用が農家の支払い能力に比較して高いことがあげられている。

このような状況を改善するために、中小農家でもGAP適用の導入を容易にするために作成されたのがBasic GAPである。Basic GAPはVietGAPの65の管理点から、収穫以前の生産面を中心に基礎的な26項目のチェックリストに絞り込んだものであり、農業農村開発省により技術ガイドラインとして認定された。現状では、Basic GAPは自己申告制で認証制度はない。

一方ベトナムの食品安全に関しては、2010年に公布された食品安全法がある。これは、あらゆる食品の生産と流通を対象とした法律であるが、まず生産過程及び取引過程で食品の安全確保の条件を遵守することは食品生産及び食品取引を行う組織・個人の義務であると規定している。次に食品の安全確保の条件の内容については、農業農村開発省が所管する食品に関しては、同省の2014年の通達において、品目・業種毎に食品の安全確保の条件の具体的内容を定めており、その中の一つとして、野菜、果実、茶の生産に関する安全確保のための条件が規定されている。即ち、食品安全法の体系の中で、農作物の生産者に義務付けられているのはこの食品の安全確保のための条件であり、例えば、スーパーマーケットが仕入れる農作物はこの食品の安全確保の条件を満たしている認証を得た農場で生産されるものに限定されている。これに対して、VietGAPやBasic GAPの適用は任意であり、義務付けられているわけではない。

(2) 流通環境（ハノイ市を中心に）⁷⁾

ここでは、このプロジェクトで支援する農業生産主体（農業協同組合、農業生産法人或いは農家グループ）が生産する農産物の重要な消費地として位置づけられるハノイ市の流通状況について、非常に限られたデータに基づいてであるが、説明する。

ハノイ市の野菜の年間消費量は約100万tと見込まれ、同市の生産量はその6割相当の60万tで、40万tはプロジェクトのパイロット省を含む近郊の省から供給されると推定されている⁸⁾。また、この約100万tの流通経路については生産地近傍の市場における生産者などによる販売が10%、ハノイ市に数か所ある卸売市場を経由するものが33%、卸売市場を経由しない買付け業者や小売による販売が42%、スーパーマーケットやホテル、レストラン、学校などによる購入が多くみて15%であると推定されている⁸⁾。なお、明示的に安全野菜として流通しているのは、こうした総流通量の5%未満と推定する少し前の報告がある⁹⁾。2016年末に本プロジェクトで実施されたパイロット省の19の農業生産主体や91の購買者に対する調査結果をみても、スーパーマーケット等に対する契約に基づくより有利な条件での農産物販売は余り進んでいるとはいえず、また、「信頼できる生産者」と「信頼できる購買者」を結ぶ適切なマッチングの仕組みが十分に確立されていないのが現状といえる。

背景としては、前述したように一大消費地であるハノイ市をとっても、卸売市場を経由して流通する野菜の割合が低い。また、卸売市場にしても荷受会社によるセリのような機能があるわけではなく、相対売買であることから、基本的には各生産者と各購買者の相互の個別努力によって、望ましい相手を見出すというケースが多いからと推測される。また、卸売市場の価格形成も明確には機能していない。

(3) 農家組織の特徴（協同組合を対象に）

次節で明らかにするように、農作物の流通の改善において農家の組織化は極めて重要な要素であるが、ここではベトナムの協同組合の特徴について述べたおきたい。

ベトナムの協同組合（ベトナム語からの翻訳で合作社と呼称する場合もある）は、1950年代末に「ソム」と呼ばれる集落を単位として農業労働を集団化するために建設されたのが始まりである。農民は強制的に加入させられ、中央政府の指令に従って集団生産を行っていた。しかしながら、生産性の低さや不適切な管理体制など集団農業の問題点が顕著になってきたので、1980年代に入り、協同組合ではなく農家に権限を持た

せる改革が進められた。その後ベトナム政府は、社会主義モデルに代わって協同組合に新しい位置づけを求めようになり、1996年に協同組合法を制定した。この法律では、協同組合は共通する需要及び利害関係を有する労働者によって自主的に結成される経済組織と規定され、組合への自主加入、一人一票制による民主的参加、出資額・サービス利用額に応じた余剰金の分配などが明記されている。また、この法律は2003年に改正され、公開の原則などが追加された。これらは国際協同組合同盟（ICA）の協同組合原則にほぼ沿っている¹⁰⁾。2012年に更に改正され、提供するサービスの明確化などがなされている。

このように現在のベトナムの協同組合は、法的には市場経済下の枠組みに沿っているが、実態的には集団農業時代以来の伝統を受け継いでいる協同組合も少なくない。1996年の協同組合法制定以降、集団農業生産時代以来の組織を解散もしくは法律に則って転換した転換型協同組合と、また、同法制定後新たに設立されたものを新設協同組合などと呼んでいるが、転換型協同組合の割合はベトナム北部地域で高い¹¹⁾。このような経緯もあり、提供するサービスについては、自らの農産物の流通の改善に貢献する農業投入財の共同購入、農産物の共同販売、信用事業を行っている協同組合は多くないのが現状である。例えば、2012年に5,552の

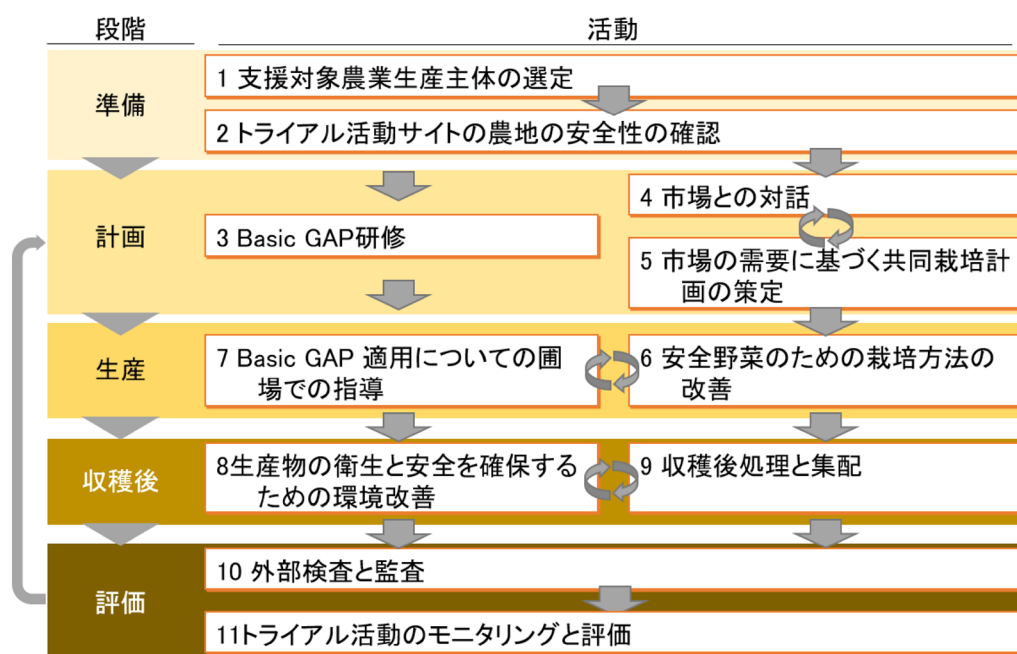
農業協同組合に対して実施された、その提供するサービスについての調査によるとかんがいのサービスを提供している農業協同組合の割合は80%であったが、種子の供給については53%、農業投入財の供給については30%、また流通・加工については8.6%、内部信用事業については8.2%にとどまっている¹²⁾。

3. プロジェクトの活動

(1) トライアル活動の概要と安全作物の流通改善のために解決すべき問題点との関係

本プロジェクトにおいては、III.1.で述べた生産面、流通面、意識啓発面という3つの活動で成果をあげ、プロジェクト目標を達成するために、プロジェクト対象地域において支援対象とする農業生産主体を選定し（2017年4月の時点で3つの生産パイロット省において合計7つの農業生産主体、2018年8月の時点で3つの生産パイロット省と3つのセミ・パイロット省で合計20の農業生産主体）、それぞれに対してトライアル活動の実施を支援している。

トライアル活動の実施の流れを図3に示す。以下、それぞれの活動の概要を説明するとともに、それら諸活動が表1に示した安全作物の流通改善に向けた問題点のどの解決策に貢献するかを明らかにしたい。



出典：プロジェクト専門家チームが作成したものを一部修正

図3 トライアル活動の実施の流れ

ア. VietGAP、Basic GAP及び食品の安全確保の条件
トライアル活動に直接含まれるものではないが、表1のNo.1に示されている問題点は、安全作物の流通の基盤・前提となるものである。ベトナムにおいては、上記2.(1)で述べたように安全作物関連の制度としてVietGAP、Basic GAP及び食品の安全確保の条件がある。制度化されているので、今後普及させるベースはあるといえる。前述したように食品の安全確保の条件について、スーパーマーケットなどはこの認証を得た農産物を仕入れる必要があり、安全作物を購入する需要を生み出しているといえる。

イ. 1 支援対象農業生産主体の選定

農業農村開発省がJICAと合意した基準に基づいて、トライアル活動を行う支援対象農業生産主体を選定することである。支援対象にする農業生産主体選定の基準にはいくつかの項目が含まれているが、その内の一つに生産者の安全作物に対する生産意思や熱意という項目があり、内容としてはリーダーシップ、独立性、ビジネス感覚などがあげられている。これは表1の問題点のNo.2に関わるものである。実際に農業生産主体のトップや経営層のこの面での意識は、「売れるもの」を作っていくという方針のみならず、市場との対話を通じた販路の確保、購買者との農産物の売買契約の締結、契約に基づく組織内の農家との共同生産計画についての合意、計画に基づく共同生産・共同販売の着実な実施、計画通りに生産・販売できなかった時の調整、収穫後処理施設や運搬手段の改善等流通改善に関する多くの局面で必要な意思決定を行うために非常に重要である。選定条件の中には、他に農地の立地と環境という項目があり、内容には土壌や用水が安全作物の生産に適切であるかということも含まれている。これは、表1の問題点のNo.8の問題をクリアしているものを選定するということの意味する。また、安全作物に関する知識や技術という項目もあり、内容的としては農業生産主体を構成する農家がVietGAPやBasic GAPその他安全作物の生産の知識や技術を有しているかというものである。これは表1の問題点No.12の改善に関連するものである。

ウ. 2 トライアル活動サイトの農地の安全性の確認

トライアル活動を実施する農地の土壌や灌漑用水の含有重金属等が基準を下回っていることを確認することである。トライアル活動サイトは、上記イ.で述べたように表1の問題点のNo.8についてクリアされたサイトを選定しているが、その点を確認するものである。

エ. 3 Basic GAP研修

Basic GAPを支援対象農業生産主体の農家に対して研修するものである。これについても、上記イ.のステップで安全作物に関する知識や技術を有する農業生産主体が選定されているが、トライアル活動に参加する構成農家の全員が確実にそれを実践する必要があるため、研修を行うものであり、表1の問題点No.12の改善に資する。また、No.1を実効あるものにするとともに農業投入財の過剰な投入を抑える観点からNo.9の改善にも貢献する。

オ. 4 市場との対話

支援対象農業生産主体と潜在的購買者がマッチングを行い、売買する農産物の種類や時期や量などについて合意ができた者同士が契約を結ぶところまでの活動である。ここでいう潜在的購買者には、野菜集荷業者、加工業者、卸業者、スーパーマーケット、小売業者、レストラン/病院/ケータリング会社等が含まれる。具体的な活動としては、支援対象農業生産主体の構成農家に対して、農産物流通についての研修や共同生産・販売の先進農業協同組合への訪問・視察を行った後に、別途作成した支援対象農業生産主体のプロフィールと潜在的な購買者のプロフィールを基に、1対1のマッチングや全支援対象農業生産主体と関心のある購買者が一堂に会するマッチングイベントを通じて、お互いに関心のある農業生産主体と購買者が農作物の種類、時期、量をはじめとする売買条件を協議し、合意をすれば契約を結ぶというものである。この活動は直接的には表1の問題点のNo.2、No.3、No.4、No.6、No.7、No.13、No.14の改善への貢献する他、人材育成の観点からNo.5の改善への貢献が期待できる。また、結んだ売買契約を満たす必要がNo.9、No.10、No.11、No.12、No.15、No.16の改善を推進しようという大きなインセンティブになる。このように市場との対話は、安全作物流通を改善する様々な要素に好影響を与える活動である。また、後述のようにNo.19の改善にも貢献する。

カ. 5 市場の需要に基づく共同栽培計画の策定

上記オ.で結んだ農産物の売買契約に基づいた生産・出荷ができるように、農業生産主体の構成農家で共同の栽培計画を策定するものである。

そもそもこの地域はベトナムの中でも農家当たりの土地所有面積は小さい。2016年の一年生作物の生産農地の農家(家計)当りの所有面積別の比率は全国平均では0.5ha以下が77.5%であるのに対し、紅河デルタ地域は97.5%と他の地域に比べても圧倒的に比率が高

い¹³⁾。そのため、スーパーマーケット等との契約に基づき、農産物を一定期間、一定の数量生産・出荷するためには、農業生産主体の構成員が共同して契約作物を生産することが必須となる。一方農業生産主体の中でも農業協同組合に関しては、上記2.(3)で述べたように共同生産・共同出荷を行っている組合は極めて少ない。このため農業生産主体の中でも農業協同組合においてはこの点が非常に大きな課題となる。トライアル活動に参加する協同組合の構成農家が共同栽培計画に参加するだけでなく、実際に計画に沿って生産し、収穫物を個別に仲買人や自らローカル市場で販売するのではなく、共同販売のルートで計画にあわせて販売するようになるためには、具体的な共同販売の実績を通じて、組合員農家が共同販売のメリットを実感したり、共同販売に関して組合長や経営層に対する信頼が高まるよう組合長や経営層が共同生産、共同出荷を運営していくことが肝要である。表1の問題点の中では、直接的にはNo.10、No.11の改善に資するものであるが、これを通じてNo.6やNo.7を実現するものである。また、共同生産により農業投入財の共同購入が容易になれば、No.9の改善にも貢献するし、収穫後処理・流通段階でも、No.14、No.15、No.16などの改善に、間接的に資するものである。

キ. 6 安全野菜のための栽培方法の改善

生産する農産物の安全性に加え、品質や収穫時期など、市場性を更に高めるための生産技術の改善を図るものである。表1の問題点ではNo.11の中の品質の改善に資するものである。また、これを通じてNo.6やNo.7の改善にも貢献する。

ク. 7 Basic GAP 適用についての圃場での指導

上記エのBasic GAP研修に対し、生産圃場で実際にBasic GAPが実践されているかについての農業生産主体自身による確認である。表1の問題点ではNo.12の改善に寄与するものである。また、上記エ.と同様にNo.1及びNo.9の改善にも資する。

ケ. 8 生産物の衛生と安全を確保するための環境改善

農産物を出荷する前に、洗浄やパッキングなどの前処理を行うための施設を改善するものである。表1の問題点では直接的にはNo.15の改善に資するものであるが、これを通じてNo.6やNo.7の改善に貢献するものである。

コ. 9 収穫後処理と集配

農業生産主体による農産物の収穫、前処理、集荷、配送の実施である。安全作物の売買契約を結び、共同生産等を通じ契約に基づいた農産物の収穫・販売を

計画しても、実際の毎日の収穫・集荷・配送の段階になれば、出荷量が契約上の量に満たなかったり、多すぎたりしたり、市場価格が当初想定していた価格帯を上回ったり、下回ったり、当初合意していた出荷作物の規格(大きさやきずの程度等)の範囲に認識の違いがあったり、品質に対して購買者からクレームがあったり、様々なことが起こる。それに際し、農業生産主体と購買者は調整を行うこととなるが、農業協同組合の場合には、これに加え、組合長や経営層と共同出荷参加農家との間で調整が必要となる。こういう行為の継続・経験を通じて、より有利な売買を目指して購買者と協議したり、集荷、前処理施設や運搬手段等の改善を図る動機となったり、参加農家の共同出荷に対する信頼性が高まることにもつながる。そういう観点から、表1の問題点のNo.6、No.7、No.10、No.11、No.13、No.14、No.15、No.16を改善する契機となる。

サ. 10 外部検査と監査

各地方省の農業農村開発局による農業生産主体のBasic GAP実践の検査と農産物の残留農薬などの検査である。この活動は安全作物の生産を持続的に進めるようにするためのシステムを整備するものであり、表1の問題点ではNo.12の改善に寄与するものである。

シ. 11 トライアル活動のモニタリングと評価

これまで述べたトライアル活動について、各地方省の農業農村開発局が3カ月に1回進捗を確認し、農業農村開発省が1年に1回程度評価するものである。この活動は安全作物の生産・流通とは直接には関係ない。

最後に、これまで述べた安全作物の流通改善のための問題点と本プロジェクトのトライアル活動に含まれる諸活動の関係を図4に示した。

(2) トライアル活動の成果

プロジェクトにおいては、上記(1)で述べた諸活動に実施により、例えば2018年4月の段階で7つの支援対象農業生産主体において、合計25以上の売買取引が成立し、各取引に応じた安全野菜の生産、収穫、前処理、集出荷等が実施されている。

IV. 考 察

上記III.3(1)における関係付けは、筆者の主観的な判断によっている面はあるが、それでも以下のようなことがいえよう。まず、全般的には本プロジェクトのトライアル活動は安全作物の流通改善のために解決すべき問題点に幅広く取り組む形になっているといえる。その上でいくつかの特徴をあげることができる。

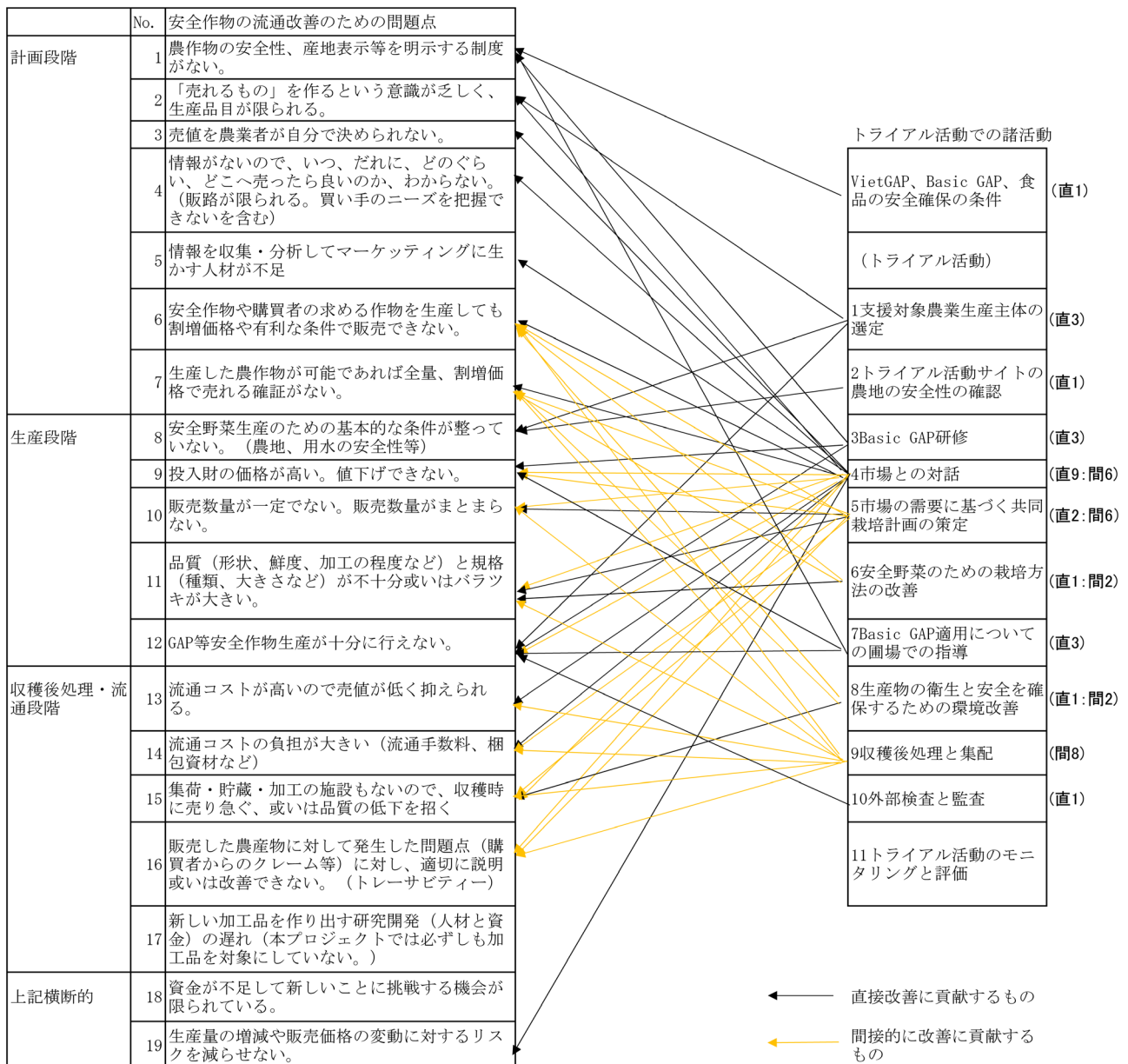


図4 安全作物の流通改善のための問題点と本プロジェクトのトライアル活動での諸活動の関係

第1に、トライアル活動に入る前に安全作物生産・流通を取り巻く制度、即ち表1の問題点No.1については上記2.(1)においてその枠組みを明らかにしたが、本プロジェクトで推進を図ろうとしているBasic GAPについてはVietGAPのような認証制度がないので、その信頼性を高める方策が求められている。これについては一つには、トライアル活動の「4市場との対話」と「9収穫後処理と集配」(具体的な農産物の収穫と集出荷)を継続的に行うことにより、Basic GAPの信頼性を高めることが意図されている。また、前述のようにスーパーマーケット等が食品の安全確保の条件認証を得たところの農産物を購入する必要があることは、安全作物

の需要を喚起する大きな要因となっている。

第2に指摘できることは、トライアル活動の中の「4市場との対話」が極めて広範な安全作物流通の問題点の改善に貢献すると示されているということである。市場の需要に基づく農産物生産の重要性についてはこれまでも広く指摘されているところではあるが、今回の分析でもその点が明らかになったといえる。特に本プロジェクトの対象地域においては、III.2(2)で述べたように「信頼できる生産者」と「信頼できる購買者」を結ぶ適切なマッチングの仕組みが未だ十分に確立されておらず、また、公設の卸売市場にも前述のように価格決定機能が明確にはないので、生産開始前に市場の需

要を把握し、農産物の売買契約まで結んでおくことは、一層重要となろう。

第3に「5 市場の需要に基づく共同栽培計画の策定」の重要性である。これについても「4 市場との対話」と同様に多くの安全作物流通の問題点の改善に資するものである。スーパーマーケットを始め近代的な流通機構に販売するためには、一定期間、一定の数量の品質や規格にバラツキの少ない生産物を出荷することは必須である。そして、農業協同組合の場合はその実現のためには組合員による共同栽培、共同出荷の実施が必須である。共同栽培、共同出荷の困難さについては国や地域によって状況が異なるだろうが、このプロジェクト対象地域においては、前述のように協同組合成立の歴史的な経緯もあり、その実践が大きな課題となっている。もっとも、農業生産主体の中でも農業生産法人のように企業的に農業生産を行っているところは、農業協同組合に比べるとより容易にこの問題に取り組めると考えられ、本プロジェクトの対象支援農業主体に含まれている農業生産法人でもそのような状況は観察されるし、スーパーマーケットのような近代的な調達システムはそのような大規模乃至中規模の農家からの調達を好すると指摘もある²⁾。こういう中であって小規模農家がこのような調達システムに参入するためには、有効な農家組織の設立が極めて有用であることを本プロジェクトの事例でも示している。特に本プロジェクト対象地域のように小規模農家が支配的な地域では、この点は地域の安全作物の流通量を飛躍的に増加させる観点からも重要である。

第4に「9 収穫後処理と集配」即ち、具体的な農作物の収穫、集出荷の実行の有用性である。前述したように、事前に農業生産法人と購買者が十分協議をして契約を結んだとしても、日々の集出荷では判断を要する様々なことが発生する。これに対応するために、農業生産主体と購買者、これに加え農業生産主体が農業協同組合である場合には、組合長、経営層と組合員農家との間で調整することにより、関係者の間で信頼感が醸成される。後者においては、組合長、経営層のリーダーシップや調整能力を問われるとともにこの調整を成功裏に終えることができれば、農家組織の強化にもつながる。また、契約に基づいた農作物の収穫、集出荷を具体的に経験することにより、農業生産主体は収益性を含め改善すべき点がより明確になるので、次回の契約生産に向け生産面、集荷・前処理面、運搬面などにおける改善のための投資を行う強い動機付けとなる。(例えば生産施設、前処理施設の改善やトラックの購入など輸

送手段の改善等)

以上に加え、現時点ではプロジェクトのトライアル活動では直接カバーしていないが、図4からいえることを2点指摘したい。

一つ目は図4の問題点のNo.19の生産量の増減や販売価格の変動に対するリスクを減らせないことへの対処である。契約に基づく生産は、契約終了後の実施段階で程度の問題はあるが、数量や価格の変動があっても農産物を購入するという農業生産主体と購買者である種のリスク分散がなされており、この問題点への取り組みの一つと言える。一方より包括的な対策は例えば農業保険制度の適用であるが、ベトナムではこれまで一定の試みがなされているが、現状では野菜を含め未だ十分な農業保険制度が確立していない。そして、この農業保険制度の確立は本プロジェクトとは別にベトナムが取り組むべき大きな課題である。

二つ目は表3の問題点のNo.18の資金が不足して、新しいことに挑戦する機会が限られているということへの対処である。ベトナムには主な農業農村金融機関として農業農村開発銀行、社会政策銀行及び人民信用基金があるが、プロジェクトにおいて前述の生産パイロット3省の19の農業生産主体に対して行った調査によると、利用率は13%程度であり、必ずしも多くの農家がこれら金融機関を利用しているとはいえない状況であった。例えば、インドネシアでは農産物の納入時期と対価の支払い時期のギャップをうめる融資などのサプライチェーン金融が一部金融機関とスーパーマーケットの間で既に導入されているが¹⁴⁾、当地においてもこのような生産者にとって利便性の高い金融システムの開発は重要である。今後、本プロジェクトでもスーパーマーケット等に対する契約に基づく栽培が更に進展し、それに伴い生産面、集荷・前処理面、運搬面などで資金需要が旺盛になることが予想されるので、今後の状況の変化に着目する必要がある。

引用文献

- 1) 板垣啓四郎 (2014) 農産物流通の分析視点と国際協力のあり方, 第1回グローバル・フード・バリューチェーン戦略検討会配布資料, http://www.maff.go.jp/j/kokusai/kokkyo/food_value_chain/1st_meeting/pdf/9_itagaki.pdf (アクセス日: 2018年9月11日)
- 2) 世界銀行 (2008) 世界開発報告2008—開発のための農業, 一灯社
- 3) Pedro Arias, David Hallam, Ekaterina Krivonos,

- Jamie Morrison (2013) *Smallholder Integration in Changing Food Markets*. FAO.
- 4) The World Bank (2016) *Vietnam Development Report 2016: Transforming Vietnamese Agriculture: Gaining More from Less*. Hanoi: Hong Duc Publishing House.
 - 5) 熊代輝義・七久保充・萬宮千代 (2017) ベトナム国「北部地域における安全作物の信頼性向上プロジェクト」の現状と課題. *国際農林業協力* 40 (3), 15-21.
 - 6) 熊代輝義 (2019) ベトナムにおける安全作物生産促進制度の現状と見通し. *農学国際協力* 17, 24-33.
 - 7) 熊代輝義・七久保充・萬宮千代 (2018) ベトナム紅河デルタ地域における安全作物バリューチェーン形成の取り組み—北部地域における安全作物の信頼性向上プロジェクトの事例より—. *ARDEC* 58, 26-30.
 - 8) The World Bank (2017) *Food safety risk management in Vietnam: Challenges and opportunities*. Technical working paper. Hanoi, Vietnam.
 - 9) Wertheim-Heck, S.C.O., Vellema, S. and Spaargaren, G. (2014) *Constrained consumer practices and food safety concerns in Hanoi*. *International Journal of Consumer Studies* 38 (2), 326-336.
 - 10) 設楽澄子 (2012) ベトナムにおける農村の市場経済化と合作社：農産物の生産・流通における個人的ネットワークの役割. 一橋大学大学院博士論文
 - 11) 荒神衣美 (2013) 合作社に対する政策的期待と実態—ベトナム南部果実産地の事例から—, 高度経済成長下のベトナム農業・農村の発展, 坂田正三編, *アジア経済研究所*, 89-114
 - 12) Dao The Anh (2015) *Development of New Agricultural Cooperative in Vietnam*. <https://www.slideshare.net/ExternalEvents/development-of-new-agricultural-cooperative-in-vietnam> (アクセス日:2018年9月20日)
 - 13) General Statistics Office of Vietnam (2017) *Results of the 2016 Rural Agricultural and Fisheries Census*.
 - 14) Bank Negara Indonesia (2013) *BNI-Super Indo Luncurkan Layanan Perdana Sistem Pembayaran Tagihan Bidang Ritel* (Bank Negara Indonesia と Super Indo が小売請求書支払いシステムを開始). <https://www.bni.co.id/en-us/home/news/pressrelease/articleid/1300> (アクセス日:2019年3月15日)



Working Paper

Agronomic Traits and Grain Quality of Upland Rice Cultivated in Southeast Sulawesi, Indonesia

Mayumi Kikuta¹⁾, Daigo Makihara²⁾, Yulius Barra Pasolon³⁾, Fransiscus Suramas Rembon³⁾, Akira Miyazaki⁴⁾ and Yoshinori Yamamoto⁴⁾

¹⁾ Applied Social System Institute of Asia (ASSIA), Nagoya University, Nagoya, Aichi 464-8601, Japan

²⁾ International Center for Research and Education in Agriculture (ICREA), Nagoya University, Nagoya, Aichi 464-8601, Japan

³⁾ Faculty of Agriculture, Halu Oleo University, Kendari, Southeast Sulawesi 93232, Indonesia

⁴⁾ Faculty of Agriculture and Marine Science, Kochi University, Nankoku, Kochi 783-8502, Japan

Received June 20, 2019 Accepted January 14, 2020

.....
Abstract. Farms in Southeast Sulawesi Province, Indonesia, historically grow upland rice crops that utilize the slash-and-burn farming system. However, little is known about grain quality and the differences between upland rice varieties in this region. In the present study, growth and grain yield were measured to elucidate the characteristics of traditional upland rice varieties grown by local farmers. Additionally, amylose and protein content were measured to understand their characteristics. In this region, farmers predominantly grew traditional rice varieties, which were deemed as tropical japonica based on the measured agronomic traits. These traditional varieties were highly varied in terms of grain appearance and yield-related factors. Grain yield in the traditional varieties (3.0 t ha⁻¹ on average) was inferior to that of Lampung (4.0 t ha⁻¹ on average), an improved variety newly introduced from outside the region. In particular, Lampung tended to have a higher spikelet number per m² than that of the traditional varieties. The protein and amylose content varied depending on the different varieties. Amylose content of eleven upland rice varieties was determined, with eight varieties characterized as sticky rice, two as non-glutinous varieties, and one as an extremely low amylose variety. These results indicate that this region contains valuable upland rice varieties, and this information is useful for future genetic resource studies.

Key words: Indonesia, Upland rice, Agronomic trait, Protein content, Amylose content
.....

Introduction

Rice growing ecosystems are broadly classified into three types based on soil-water conditions: irrigated lowland, rainfed lowland, and upland; accounting for approximately 75, 19, and 4% of global rice production, respectively¹⁾. Therefore, the contribution of upland rice to global rice production is not as great as that of lowland rice. However, in Asia, where more than 90% of the

world's rice is produced, upland rice remains an important crop for traditional smallholders¹⁾.

In Southeast Sulawesi Province, Indonesia, upland rice has been cultivated by the traditional slash-and-burn system during the rainy season for many years^{2, 3, 4, 5)}. In this province, the upland rice cultivation area is relatively higher than in other regions and has been estimated at approximately 8,000 ha–10,000 ha (12% of the total rice cultivation area), with annual production estimated between 25,000 t and 32,000 t (8% of the total production)^{4, 5)}. Therefore, upland rice has played an important role as a staple food item for local people⁵⁾. Farmers in

Corresponding author: M Kikuta, e-mail: mkikuta@agr.nagoya-u.ac.jp

this region grow upland rice of traditional varieties mainly for personal consumption⁵). This is because farmers prefer the eating quality of these traditional varieties. If upland rice is sold in the market, its selling price is double that of lowland rice⁵). Recently, some upland rice farmers have shifted from traditional varieties to improved varieties^{5, 6}). Therefore, there is a possibility that the improved varieties might replace the traditional varieties in the future.

Traditional varieties have been selected by local people in the past in line with local ecological characteristics; therefore, some traditional varieties possess superior characteristics and can grow under severely stressful environmental conditions, such as drought and aluminum toxicity⁷). Traditional rice varieties in Southeast Asian countries have been recognized as a valuable source of tolerance genes⁷). The traditional rice varieties in Indonesia have been used as breeding materials⁸). It is important to obtain information about traditional upland varieties in this area for studying genetic resources.

In the present study, growth and grain yield were measured to understand the characteristics of traditional rice varieties, with these characteristics compared with an improved rice variety. Additionally, amylose and protein content was measured to understand their abundances because there is currently no information about these factors in this region.

Materials and Methods

Study site

The study sites were located in the southeastern part of Sulawesi Island (Fig. 1). The survey was conducted in farmers' fields on a hillside in Palangga District, South Konawe Regency, Southeast Sulawesi Province, Indonesia, in 2010 and 2012. During the rainy season (late November to late July), the area receives more than 150 mm of rainfall each month. The annual rainfall in this region is approximately 2,000 mm and the average temperature is 24–29 °C⁹).

Upland rice was cultivated in the traditional slash-and-burn farming system by Tolakinese farmers during the rainy season. The upland fields were prepared by cutting down the trees in late September, and burning the fields in the end of the dry season (late November)⁹). In the beginning of the rainy season rice seeds were sown directly into the prepared soil in upland field. The upland rice was harvested around May. The plants were grown without the use of fertilizers or pesticides.

Growth and yield surveys

The surveys were conducted twice, in 2010 and 2012, prior to rice harvest. The first survey was performed from

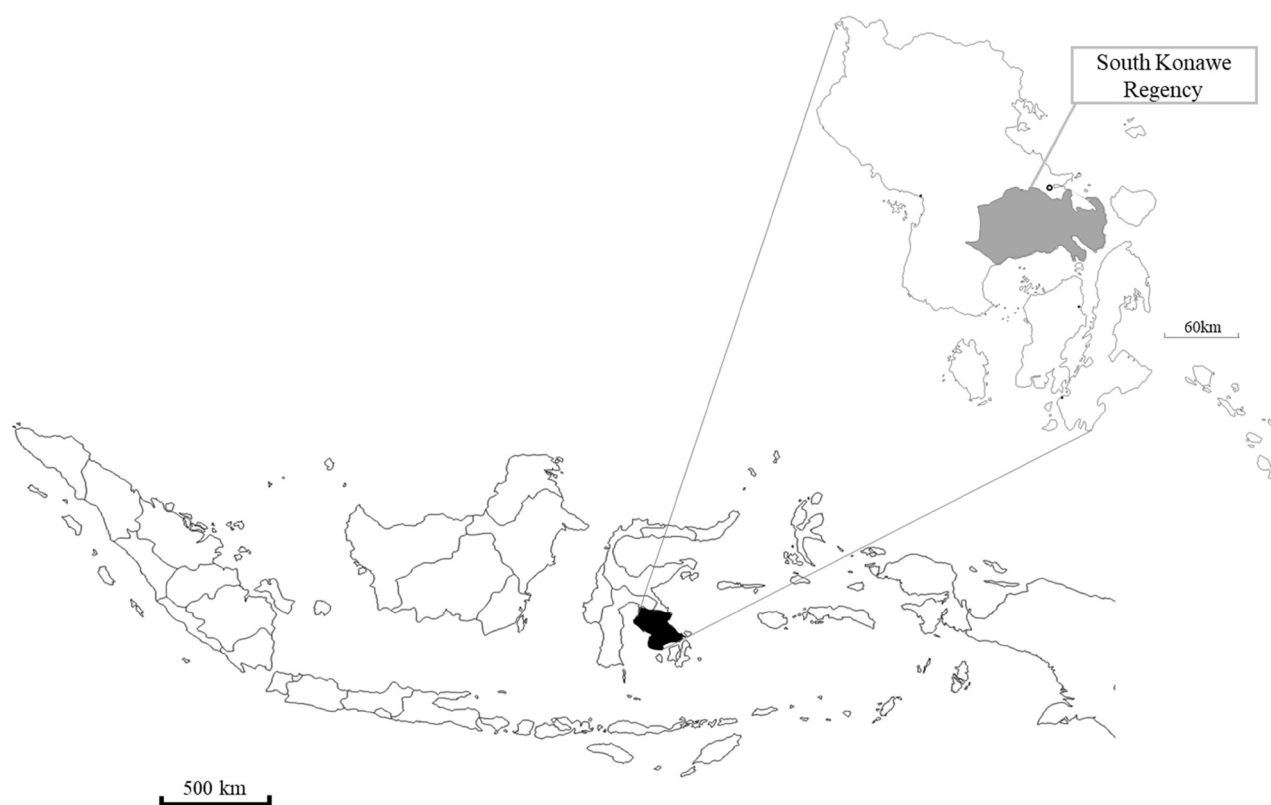


Fig. 1. Map of the study site in Southeast Sulawesi Province, Indonesia.

late April to early May in 2010 in Kiaea and Wawonggura villages. Farmers in Kiaea grew three rice varieties: Dai Hoani, Moku, and Undolia, and farmers in Wawonggura grew one rice variety, Dai Wolio. The second survey was undertaken at three fields in Palangga village from late April to early May in 2012. One farmer grew Uso and two farmers grew Lampung. According to the farmers, Lampung is an improved variety that originated from outside the region in the 2000s, and the other five varieties are considered as traditional varieties. In the 2010 survey, 20 hills per variety were randomly selected to measure plant length, culm length, panicle length, and flag leaf length in the field. In the 2012 survey, these traits were measured for hills sampled from an area of 1 m² (approximately 10 hills) with three replications.

During both surveys, to determine the shoot fresh weight and yield components, plant samples were taken from three square plots (1 m × 1 m) per variety. For each square plot, the number of hills per plot and the number of panicles per hill were counted, after which all the hills in the plot were cut at ground level. Panicle morphology was photographed, and we recorded whether grain awns were present based on our observations. To determine the number of spikelets per panicle, percentage of filled grains, and 1000-grain weight, 20 panicles were randomly selected from each plot during the first survey and one representative hill with an average number of panicles per hill was measured during the second survey. After hand-threshing, filled and unfilled grains were separated using fresh water and were counted from each plot. The 1000-grain weight of rice was adjusted to a 14% moisture content. Grain yield was calculated from all yield components.

Amylose and protein content

The brown rice samples were collected from the same growing regions with yield survey areas. Ten upland rice varieties (Biu, Dai Hoani, Dai Wolio, Lampung, Lang Gandobu, Moku, Nggalaru, Undolia, Wolasi, and Wulumata) were collected from the fields around the Palangga District, and one upland variety was collected at a market in Kendari in Southeast Sulawesi Province. However, the variety collected from the market was unknown and the code name “red upland rice” was conferred based on the grain color. For brown rice in these 11 varieties, amylose (Auto-analyzer II, Bran+Luebbe, Germany) and protein content (Infra Alyzer500, Bran+Luebbe, Germany) were measured.

Results

Growth and yield survey

Growth and yield measurements were collected from six

rice varieties in our two surveys, have awn (Fig. 2). Grain color was white in six varieties, brown in four varieties, and blackish in one variety (Fig. 3). Plant and culm lengths of the six varieties ranged from 166 to 196 cm and 125 to 154 cm, respectively (Table 1). Plant length of Dai Hoani and Dai Wolio was longer than the other varieties. Panicle length, and flag leaf length ranged from 25.6 to 36.8 cm and from 36.8 to 50.6 cm, respectively.

Hill number per square meter ranged from 9.0 to 12.0 (Table 2). Panicle number per hill and per square meter ranged from 9.6 to 13.1 and from 86 to 136, respectively. Dai Hoani and Moku had lower panicle numbers per hill and per square meter than those of the other varieties. Spikelet number per panicle ranged from 101 to 183, with Dai Wolio and Uso having fewer numbers of spikelets than that of the other varieties. Spikelet number per square meter in the traditional varieties ranged from 13,000 to 17,000, whereas the number in the improved variety (Lampung) was approximately 21,000. The percentage of filled grains ranged from 60.4% to 89.3%. The 1000-grain weight was less than 25.0 g (21.7–23.2 g) in Moku, Uso, and Lampung, whereas it was greater than 25.0 g (27.3–33.2 g) in Dai Hoani, Undolia and Dai Wolio. Brown rice yields from all rice varieties ranged from 203 to 429 g m⁻². Lampung showed the highest yield out of the six varieties.

Protein and amylose content in brown rice

The 1000-grain weight ranged from 20.7 to 33.5 g between the 11 rice varieties (Table 3). The protein content in the 11 varieties ranged from 7.8% to 10.7%. Amylose content was 0% in Biu and Dai Wolio, and 5.9% in Wulumata. Amylose content in the other eight varieties ranged from 14.8% to 19.7%.

Discussion

Characteristics of cultivated varieties

In previous studies, more than 20 varieties of traditional upland rice varieties have been examined³⁾, with one improved rice variety also observed in this region^{5, 6)}. Similarly, in our survey, farmers grow both traditional and improved rice varieties (Table 1); however, the traditional rice varieties still predominate in the region. The traditional rice varieties were widely different in terms of grain shape, size, and color compared to the improved rice variety (Figs. 2 and 3, Table 3), suggesting that these traditional rice varieties have retained their diversity. This might be because farmers grow several different rice varieties to ensure risk distribution, resulting in the diversity of the varieties being maintained.

Most of the upland rice varieties are classified as tropical japonica, as shown in studies on upland rice in



Fig. 2. Panicles of rice varieties that are used to determine the growth and yield components. Undolia, Moku, Dai Hoani, and Dai Wolio collected in 2010 (upper left), Uso collected in 2012 (upper right), Lampung-1 collected in 2012 (lower left), and Lampung-2 collected in 2012 (lower right).

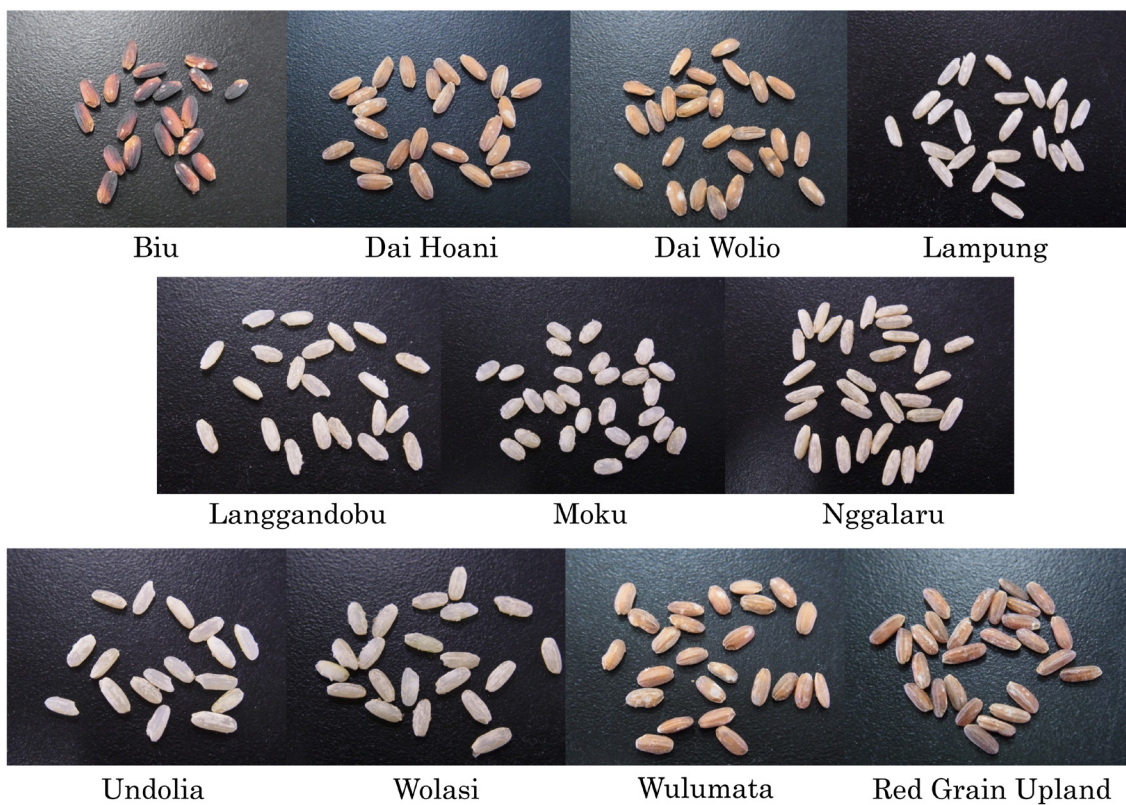


Fig. 3. Grain color and shape variation in rice varieties that are used to determine protein and amylose content in brown rice.

Table 1. Growth characteristics of upland rice varieties in Southeast Sulawesi Province, Indonesia.

Year	Variety	Researched village	Awn	Plant length (cm)	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	Flag leaf length (cm)
2010	Dai Hoani	Kiaea	long	196 ± 7	154 ± 8	36.8 ± 1.2	48.1 ± 2.4
	Moku	Kiaea	long	175 ± 6	144 ± 7	28.1 ± 0.6	37.0 ± 2.0
	Undolia	Kiaea	long	174 ± 9	137 ± 11	33.9 ± 1.1	41.8 ± 2.2
	Dai Wolio	Wawouggura	long	184 ± 11	143 ± 6	35.4 ± 1.1	48.1 ± 3.3
2012	Uso	Palangga	long	169 ± 6	133 ± 5	27.6 ± 1.1	36.8 ± 1.7
	Lampung-1	Palangga (Farmer 1)	long	172 ± 2	125 ± 4	27.8 ± 0.2	50.6 ± 2.5
	Lampung-2	Palangga (Farmer 2)	long	166 ± 11	130 ± 8	25.6 ± 0.9	42.1 ± 2.4

Data are mean values with S.D.

Table 2. Yield and yield components of upland rice varieties in Southeast Sulawesi Province, Indonesia.

Year	Variety	No. of hills (m ²)	Panicle number		Spikelet number		Percentage of filled grain (%)	1000-grain weight (g)	Brown rice yield (g m ⁻²)
			(per hill)	(m ²)	(per panicle)	(m ²)			
2010	Dai Hoani	9.0 ± 1.0	9.7 ± 2.0	87 ± 10	174 ± 27	15172 ± 1718	71.2 ± 9.1	33.0 ± 0.7	353 ± 71
	Moku	9.0 ± 0.0	9.6 ± 0.6	86 ± 6	183 ± 12	15797 ± 1752	72.5 ± 6.7	23.2 ± 0.7	267 ± 33
	Undolia	9.3 ± 1.5	12.4 ± 1.2	115 ± 12	150 ± 1	17241 ± 1786	77.9 ± 7.2	27.3 ± 0.7	363 ± 47
	Dai Wolio	12.0 ± 2.6	10.5 ± 2.8	126 ± 15	101 ± 22	12786 ± 3952	77.2 ± 7.0	33.2 ± 0.6	316 ± 71
2012	Uso	10.0 ± 0.8	13.0 ± 1.2	131 ± 22	118 ± 18	15903 ± 5005	60.4 ± 6.7	21.7 ± 0.8	203 ± 48
	Lampung-1	11.3 ± 1.7	10.7 ± 1.1	121 ± 21	175 ± 18	21019 ± 2967	76.5 ± 10.3	23.2 ± 1.3	366 ± 24
	Lampung-2	11.0 ± 2.0	13.1 ± 4.3	136 ± 21	161 ± 42	20914 ± 2233	89.3 ± 2.7	22.9 ± 1.4	429 ± 58

Data are mean values with S.D.

Vietnam and Laos^{10, 11}). The morphological traits of tropical japonica varieties include greater than average plant length (120–180 cm), longer leaves, larger but fewer panicles (2–4 panicles per hill), and more (150–300) grains per panicle^{12, 13, 14}). The morphological traits of the five traditional upland varieties sampled in our study were similar to those of typical traditional upland rice, except that they had more panicles than typical upland rice (Tables 1 and 2). The higher panicle number may be a unique trait of the upland rice varieties in this region.

Yield levels among collected varieties

In our surveys, the yield of the traditional varieties was 3.0 t ha⁻¹ on average, whereas that of the improved variety, Lampung, was 4.0 t ha⁻¹, that is, the traditional varieties had no yield advantage over the improved upland variety (Table 2). Lampung tended to have a higher spikelet number per square meter than that of the traditional varieties. This result supported our previous study, which showed that yield potential might be different between the traditional and improved varieties⁵). The highest yield difference among the traditional varieties was 1.6 t ha⁻¹, with the highest yield in Undolia variety (3.6 t ha⁻¹) and the lowest yield in Uso (2.0 t ha⁻¹); and characteristics of the yield component were different depending on the

Table 3. The 1000-grain weight and amylose and protein content of upland rice varieties in southeast Sulawesi Province, Indonesia.

Variety	1000-grain weight (g)	Protein (%)	Amylose (%)
Biu	25.2	9.8	0.0
Dai Hoani	33.3	10.2	14.8
Dai Wolio	33.5	9.6	0.00
Lampung	23.9	9.3	19.7
Lang Gandobu	20.8	9.6	18.2
Moku	23.4	7.8	19.5
Nggalaru	21.7	7.8	19.3
Undolia	27.6	8.3	19.2
Wolasi	22.2	10.2	18.7
Wulumata	20.7	10.7	5.9
Red Upland Rice	20.7	8.7	18.4

variety (Table 2). It appears that the selection of rice variety by farmers is more complex than just the yield or morphological traits. These results imply that farmers select rice varieties through comprehensive analysis of the interrelationship among crop traits, environmental factors, social factors, etc. Further studies are needed to understand farmers' strategies for variety management.

Characteristics of protein and amylose content

Protein content in brown rice is closely related to eating quality^{15, 16}. In our study, the protein content varied from 7.8% to 10.7% depending on the rice variety, with an average of 8.7% (Table 3). These values fell within the range (4.3%–18.2%) of the IRRI's World Collection (17,587 cultivars)¹⁶. Taira and Taira¹⁷ reported that protein content in brown rice was greater in rice grown in uplands compared with rice grown in lowlands. It has also been reported that high N fertilization at heading stage increased protein content in brown rice¹⁷. In our study, the protein content in brown rice, despite being grown in the upland field, tended to be lower than the average of the IRRI's World Collection (9.5%)¹⁶. This may be because in this region rice was cultivated without fertilization.

Damardjati and Oka¹⁸ have reported that a major factor in determining eating quality is the amylose content, but consumer preferences differed widely in the Indonesian region. According to Gomez (1979)¹⁶, amylose content in rice was classified as waxy (0%–2% in brown rice, 0%–2% in milled rice), very low (0%–9% in brown rice, 2%–9% in milled rice), low (10%–19% in brown rice, 9%–20% in milled rice), intermediate (20%–24% in brown rice, 20%–25% in milled rice), and high (> 25% in brown rice, > 25% in milled rice). In our studies, amylose content of non-glutinous rice was 14.8%–19.7% in brown rice, which was estimated at 15.8%–22.5% in milled rice, based on a previous study that compared the amylose content of brown and milled rice¹⁹. Damardjati and Oka¹⁸ collected rice samples from three large regions (Jakarta, South Sulawesi, and North Sumatra) in Indonesia and reported that the amylose content of 469 samples of milled rice ranged from 17.2% to 27.3% (low to high). They reported that most people in Sumatera and Sulawesi preferred the less sticky rice, whereas people in Java preferred sticky rice. A similar low to intermediate amylose content (10%–25%) was found in our study, which was conducted in Southeast Sulawesi. Additionally, it has been reported that most traditional upland varieties were placed in the intermediate category for amylose content²⁰. Therefore, farmers in this region may prefer normal amylose content rice varieties rather than high amylose content rice varieties.

Besides non-glutinous rice, two glutinous rice were found with amylose content of 0% (Table 3). However, the ratio of glutinous rice varieties was less than 20% of the collected samples. Similarly, Pasolon and Borromeu³ reported that glutinous rice occupied 15% of the collected upland rice in the same region. Thus, non-glutinous rice predominates in this region. Glutinous rice is generally cooked by steaming and is mainly eaten during festivals or gatherings⁹. Farmers might have consciously cultivated the sticky rice varieties in certain ratios. Wulumata had less than

10% amylose content (Table 3). This rice is categorized as having a very low amylose content. Similar to our results, very low amylose content rice was found from landraces in mountainous areas in Southeast Asia^{21, 22}. In Japan, rice with low amylose content is becoming increasingly popular because it is being developed as one of the new types of rice by breeding to expand rice demand²³. Thus, this type of unique characteristic might be important from the point of view of genetic resources.

Conclusion

Upland rice grown by farmers in the Southeast Sulawesi Province was highly diverse in terms of grain appearance and yield-related factors. Almost all studied rice varieties were traditional varieties categorized as tropical japonica rice. Although, amylose and protein content differed depending on the rice variety, there were no high values of protein and amylose content in non-glutinous rice from our surveys. However, we observed a rice variety (Wulumata) with extremely low amylose content, which is a unique characteristic. Our results show that this region has valuable upland rice varieties, and these characteristics are important when considering these varieties for their genetic resources. Eating quality was only partially researched in the present study; therefore, future research should be undertaken to study a wider range of eating qualities.

Acknowledgements

We thank the members of the Soil Science Laboratory, Faculty of Agriculture, Halu Oleo University, Indonesia, for their support during our survey. We also thank the farmers for their cooperation. We are grateful to Dr. Takata Sei (Kochi Prefecture Agriculture Center) for his valuable advice and support.

References

1. Maclean J, Hardy B, Hettel G. (2013) Rice Almanac: Source Book for One of the Most Important Economic Activities on Earth (4th ed.). Los Baños, Phillipines: IRRI: 283.
2. Nishimura Y. (1995) Agriculture in the villages of Southeast Sulawesi, Indonesia: Part 1: The inter-village variations in food production and consumption. Sago Palm 3: 55-61. (In Japanese with English abstract)
3. Pasolon YB, Borromeu MD. (2016) Diversity and agronomic features of indigenous of upland rice in Southeast Sulawesi, Indonesia. Adv Environ Bio 10: 49-53.
4. Pasolon YB, Gago C, Boer D, Rembon FS, Muhidin, Kikuta M, Yamamoto Y. (2017) Growth of upland rice in variable soil water-holding capacity. Res J Pharm,

- Bio Chem Sciences 8: 1608-1614.
5. Kikuta M, Yamamoto Y, Pasolon YB, Rembon FS, Miyazaki A, Makihara D. (2016) How growth and yield of upland rice vary with topographic conditions. *Trop Agr Develop* 60: 162-171.
 6. Kikuta M, Yamamoto Y, Pasolon YB, Rembon FS, Miyazaki A, Makihara D. (2018) Effects of slope-related soil properties on upland rice growth and yield under slash-and-burn system in South Konawe Regency, Southeast Sulawesi Province, Indonesia. *Trop Agr Develop* 62: 60-67.
 7. Chang TT, Loresto GC. (1985) Germplasm resources and breeding for drought resistance. In: *Progress in Upland Rice Research*. Manila, Philippines: International Rice Research Institute: 199-212.
 8. Yoshida T, Anas, Rosniawaty S, Setiamihardja R. (2009) Genetic background of Indonesia rice germplasm and its relationship to agronomic characteristics and eating quality. *Jpn J Crop Sci* 78: 335-343. (In Japanese with English abstract)
 9. Nishimura Y (1995) Agriculture in the villages of Southeast Sulawesi, Indonesia: Part 2: The role of sago exploitation in household and village economy, Sago Palm 3: 62-71. (In Japanese with English abstract)
 10. Arraudeau M., Xuan VT. (1995) Opportunities for upland rice research in Vietnam. In: *Vietnam and IRRI: a partnership in rice research*. Manila, Philippines: International Rice Research Institute and Hanoi (Vietnam): Ministry of Agriculture and Food Industry. p. 191-198.
 11. Roder W, Keoboulapha B, Vannalath K, Phouaravanh B. (1996) Glutinous rice and its importance for hill farmers in Laos. *Econ. Bot.* 50:401-408.
 12. Atlin GN, Lafitte HR, Tao D, Laza M, Amante M, Courtois B. (2006) Developing rice cultivars for high-fertility upland systems in the Asian tropics. *Field Crops Res* 97: 43-52.
 13. Saito Y. (1992) The routes of introduction of Rice in Japan. *J Brew Soc Jpn* 87: 732-738. (In Japanese with English title)
 14. Arraudeau MA., Vergara BS. (1988) A Farmer's primer on growing upland rice. Manila, Philippines: International Rice Research Institute: pp284.
 15. Inatsu O. (1988) Studies on improving the eating quality of Hokkaido rice. Hokkaido Central Agricultural Experiment Station: 89. (In Japanese with English abstract)
 16. Gomez KA. (1979) Effect of environment on protein and amylose content of rice. In: *Proceedings of the Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality*. International Rice Research Institute Los Baños, Laguna, Philippines: 59-68.
 17. Taira H, Taira H. (1971). Effect of irrigation on protein content of upland, lowland and their hybrid brown rice. *Jpn J Crop Sci* 40: 294-298.
 18. Damardjati DS, Oka M. (1992) Evaluation of urban consumer preferences for rice quality characteristics in Indonesia. Unnevehr L, Duff B, Juliano BO. (eds.), *Consumer demand for rice grain quality: Terminal report of IDRC projects, National grain quality (Asia), and International grain quality economics (Asia)*. Manila, Philippines: International Rice Research Institute: 59-73.
 19. Oosato K, Hamachi Y, Kawamura Y, Imabayashi S. (1998) Selection for high palatability lines by amylose content adjusted by heading date for rice breeding. *Jpn J Crop Sci* 67: 36-40. (In Japanese with English abstract)
 20. Sall S, Norman D, Featherstone AM. (2000) Quantitative assessment of improved rice variety adoption: the farmer's perspective. *Agric Sys* 66: 129-144.
 21. Nakagahara M, Nagamine T, Okuno K. (1986) Spontaneous occurrence of low amylose genes and geographical distribution of amylose content in rice. *Rice Genet Newsl* 3: 46-48.
 22. Irie K, Aye K, Myint Y, Kha LN, Tun YT, Nagamine T, Fujimaki H, Kikuchi F. (2003) Varietal variations of heading time among rice landraces in Myanmar. *Jpn J Trop Agr* 47: 198-205. (In Japanese with English abstract)
 23. Yoshi Y, Arisaka M, Jou T, Hayakawa T. (1997) Physicochemical properties of low-amylose rice, *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 44: 353-360. (In Japanese with English abstract)



Working Paper

Enhanced Root System Development Responses of a Newly Identified Mutation Gene Promoting Lateral Root Development to Various Nitrogen Conditions in Rice

Nonawin Lucob-Agustin¹⁾, Tomomi Hasegawa¹⁾, Kyosuke Jinno¹⁾, Roel R. Suralta²⁾, Jonathan M. Niones²⁾, Mana Kano-Nakata³⁾, Akira Yamauchi²⁾ and Yoshiaki Inukai³⁾

¹⁾ Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, Nagoya, Aichi 464-8601, Japan

²⁾ Philippine Rice Research Institute, Central Experiment Station, Science City of Muñoz, Nueva Ecija, 3119, Philippines

³⁾ International Center for Research and Education in Agriculture, Nagoya University, Nagoya, Aichi 464-8601, Japan

Received December 10, 2019 Accepted January 17, 2020

Abstract. Lateral roots (LRs), which largely constitute the root system, allow the entire root system to expand to a larger area to efficiently capture water and nutrients from the soil. Thus, the optimization of LRs should be considered for the genetic improvement of root system architecture to most notably impact plant acquisition of soil resources for productivity. In this study, we newly identified a rice mutant, 11NB10, which has a high number of thick, long, and highly branched LRs (L-type LRs) with promoted parental root growth. We evaluated the root performance of this mutant under various nitrogen (N) regimes, including 30, 60, and 120 mg N corresponding to low, standard, and high N conditions, respectively. The results showed that under low N conditions, the 11NB10 mutant had a larger root system based on its total root length, which increased further with increasing N levels, compared to its wild-type, Nipponbare. This promoted root system growth could be attributed to the development of highly branched L-type LRs, which in turn might contributed to higher leaf area and shoot dry matter production. These findings suggest that the 11NB10 mutation gene promotes a highly developed root system under low N conditions, and its root performance could be further improved by enhancing LR development through N application. Thus, the 11NB10 mutant is a promising line for the breeding programs targeting root system architecture in rice.

Key words: rice, lateral root, nitrogen, root system architecture, mutant

Introduction

Rice (*Oryza sativa* L.) is consumed as a staple cereal crop by half of the world's population¹⁾ and is cultivated on over 150 million ha of land globally. However, the recent climatic conditions pose serious risks to rice production, thereby threatening food security²⁾. Irrigated rice fields, where water-saving technology (alternating wet and dry conditions) is practiced, and less favorable environments,

such as rainfed lowland or upland ecologies, are more vulnerable to variable weather events, leading to constrained rice production in these areas^{3, 4)}. In such uncertain situations, optimizing root system architecture has been suggested as a rational strategy to improve nutrient and water acquisition⁵⁾ in plants and, thus, to achieve food security.

The root system architecture in rice is determined by the overall growth and angle of its various components, including the seminal, crown, and lateral roots (LRs)^{6, 7)}. Being the root component that constitutes approximately 90% of the root system, the LRs predominantly determine the overall function of the root system⁸⁾ in a large variety

Corresponding author: Y Inukai, e-mail: inukaiy@agr.nagoya-u.ac.jp

of environmental and soil nutrient conditions to optimize plant growth, adaptation, and productivity^{9, 10}. In rainfed lowland fields in developing countries, wherein a hardpan is located approximately 20 cm below the soil surface^{11, 12}, the roots are almost entirely restricted to water and nutrients found above the hardpan. It was reported that in such cases, the branching and elongation of LR's contributed greatly to the total root length, which consequently produced greater total dry matter, especially under mild drought stress¹³. Further evidence was provided that LR production contributed to plant yield under soil moisture fluctuation regimes¹⁴. Additionally, the development of a deeper root system and LR growth promotion at 30–45 cm soil depths as a response to periods of progressive drought stress alleviated the effects of water deficit on grain yield¹⁵, and similar root phenotype at the same soil depth was likewise reported to maintain shoot dry matter production under progressive drought stress¹⁶. These root characteristics are associated with increased root water uptake and, to some extent, nutrient uptake. Furthermore, total root length development, which is contributed by LR branching and elongation, could be enhanced by standard and high nitrogen (N) applications. This, in turn, could lead to increased shoot growth under drought conditions^{17–19}. These results indicated that LR growth could be induced by controlling the level of N in soils. In this regard, we identified a rice mutant, 11NB10, that exhibits a high number of thick, long, and highly branched LR's (L-type LR's) with normal and promoted parental root growth at the seedling and higher growth stages.

In Philippines, the rainfed systems (upland and lowland) cultivated for rice occupy 1.51 M ha of the 4.8 M ha total rice production areas²⁰. In 2018, these production areas produced 3.12 mt yield ha⁻¹, which is significantly lower than their irrigated counterpart that produced 4.37 mt yield ha⁻¹. It is anticipated, therefore, that any improvement in these production areas might contribute to the overall yield increase performance of the country. As 11NB10 mutant line showed promoted root system traits, we further used this material to evaluate the utilization of its root traits under various N regimes and their overall effect on shoot development under Philippine conditions.

Materials and Methods

Plant Materials

The rice mutant, 11NB10, and its wild-type, Nipponbare, which differ in root system development, were utilized in the study. The 11NB10 mutant is an *N*-methyl-*N*-nitrosourea (MNU)-induced mutant, in which the root system development is more promoted compared to Nipponbare.

Pot experiment

The 11NB10 mutant and Nipponbare were evaluated in a pot experiment conducted in a glasshouse located on the campus of Nagoya University, Nagoya, Japan (35°6'42" N, 137° 4'57" E) from July to August 2017. The seeds of the 11NB10 mutant and Nipponbare were pre-germinated using tap water mixed with fungicide (benomyl benlate, 0.15% w/v) and incubated in a growth chamber maintained at 28°C under continuous light. The pre-germination of the 11NB10 mutant occurred 2 days earlier than the wild-type plants sowed at the same time (wild-type: 3 days; mutant: 5 days). Three pre-germinated seeds from each line were sown in a 1/5,000 Wagner pot (16 cm diameter, 20 cm height) filled with 4.0 kg air-dried sandy loam soil. The soil in each pot was pre-mixed with fertilizer at the rate of 60-60-60 kg ha⁻¹ NPK. The seedlings were later thinned to one seedling per pot at 10 days after sowing (DAS) with water level maintained at 2 cm above the soil surface until the termination of the experiment.

Rootbox experiment

Time and Location

This experiment was conducted in a screenhouse at the PhilRice Central Experiment Station (PhilRice-CES), Science City of Muñoz, Nueva Ecija, Philippines (15°40' N, 120° 53'E, 57.6 m altitude) between January 15, 2019 to February 22, 2019.

N Treatments and Plant Sampling

Two plants each of the 11NB10 mutant and Nipponbare were targeted to be grown at both sides of a polyvinyl chloride (PVC) rootbox (25 cm × 2 cm × 40 cm, L × W × H)²¹. Firstly, six pre-germinated seeds, i.e., three seeds each of the 11NB10 mutant and Nipponbare, were sown at approximately 5 cm away from both ends of the PVC rootbox (Fig. 3a). The seedlings were later thinned into one seedling each of the PVC rootbox sides after 5 DAS.

As described previously^{13, 18, 22}, three different levels of N fertilizer (urea: 46% N), including 30 (low), 60 (standard), and 120 mg (high), each thoroughly mixed with 80 mg phosphorus (single superphosphate: 17.5% P₂O₅) and 70 mg potassium (KCl: 60% K₂O), were added into 2.5 kg air-dried soil per rootbox prior to seed sowing.

Physiological Measurements

Leaf photosynthesis of the second youngest fully-expanded leaf was measured using a portable photosynthesis system (Li-6800, LiCOR Inc., Lincoln, Nebraska, USA) starting at 1000 h. The relative chlorophyll content was measured using a chlorophyll meter (Soil and Plant Analysis Development, SPAD-502, Minolta) and expressed as

SPAD value. All measurements were performed at 36 DAS, two days before the termination of the experiment.

Shoot and Root Growth Measurements

Sampling was performed at 38 DAS. The shoots were cut at the stem base and oven-dried at 70°C for 2 days prior to the recording of the dry weight. The roots were sampled using a pinboard and transparent perforated plastic sheet as described previously^{21, 23}. The extracted root systems embedded in plastic sheets were stained with 0.25% Coomassie Brilliant Blue R 250 aqueous solution for at least 24 h. This staining procedure was indispensable for taking high-resolution digital scans of the entire root system, including the fine LRs, using an A3-size scanner (EPSON 10000G) at 300 dpi. Subsequently, the total number of crown roots was manually counted, and the root samples were stored in 95% ethyl alcohol for further measurements. For root length measurements, the roots were cut, spread on transparent glass trays with minimal overlapping and scanned at 600 dpi with a pixel threshold value of 175 using an A4-size scanner (EPSON 4990). The scanned images were analyzed for root length using the WinRhizo software (Régent Instruments, Québec, Canada) and categorized according to LR diameter. Previ-

ously, LRs have been classified into two types according to diameter and length, the S-type and L-type LRs. The L-type LRs are thick, long, and branched into the higher-order LRs, whereas the S-type LRs are slender, short, and non-branching²⁴. The LRs with diameter sizes of $0 < 0.08$ and $0.08 \leq 0.30$ mm were classified as thin and thick, respectively²⁵.

Results

11NB10 mutant selection and performance under soil conditions

The 11NB10 mutant was observed to have a promoted root system compared to its wild-type, Nipponbare, under tap water conditions at the seedling stage (Fig. 1a-b). The mutant had remarkably longer parental roots and higher number of long and thick LRs (L-type LRs), but the same LR density and number of crown roots as that of the wild type (Fig. 1c-f); thus, it was selected as plant material in our study. These root development differences were consistently observed under soil conditions using pot set-up at the maximum tillering stage (Fig. 2a-b). The whole root system of the 11NB10 mutant appeared to have longer parental roots and highly branched LRs despite the observed

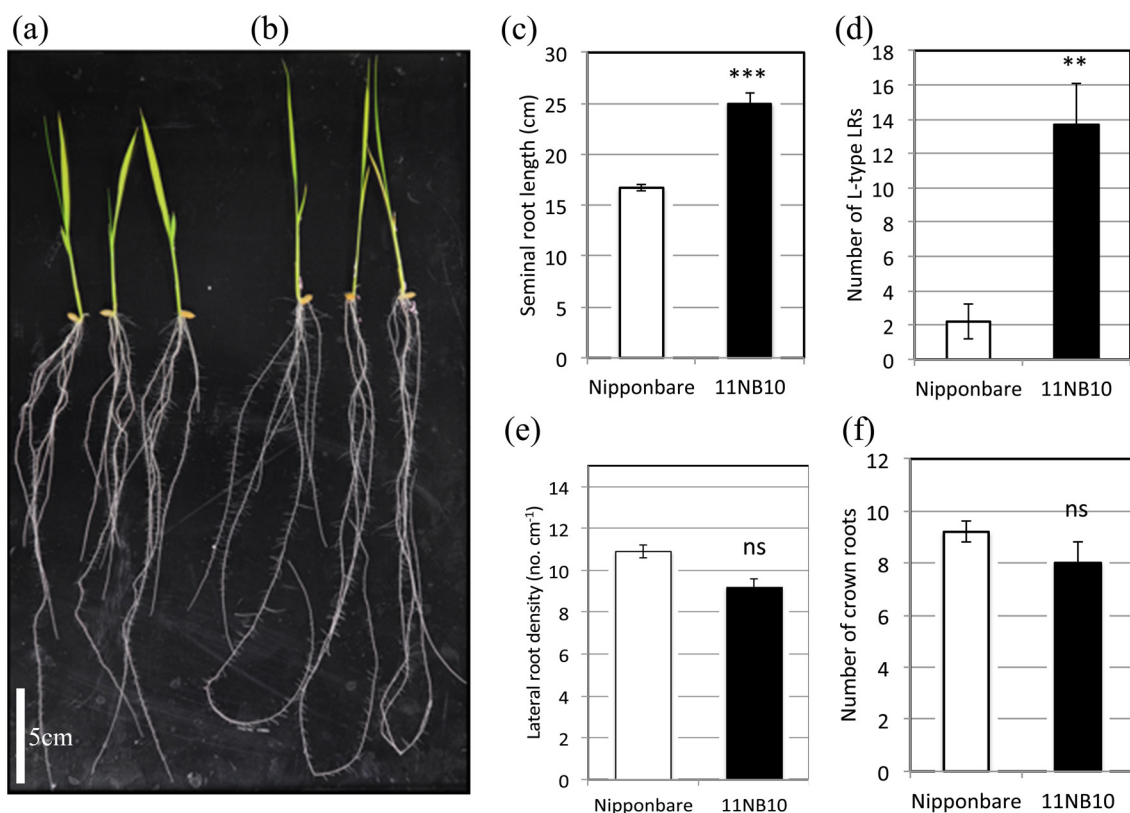


Fig. 1. Root morphological features of 11NB10 mutant at seedling stage.

Shoot and root system of Nipponbare (a) and 11NB10 mutant (b) and their roots traits (c-f) at 15 days after germination grown under tap water conditions. Values represent means \pm SE (n=10). ** and *** indicate statistically significant at $P < 0.01$ and $P < 0.001$ in the means between genotypes as revealed by two-tailed Student's T-test, respectively (ns, non-significant).

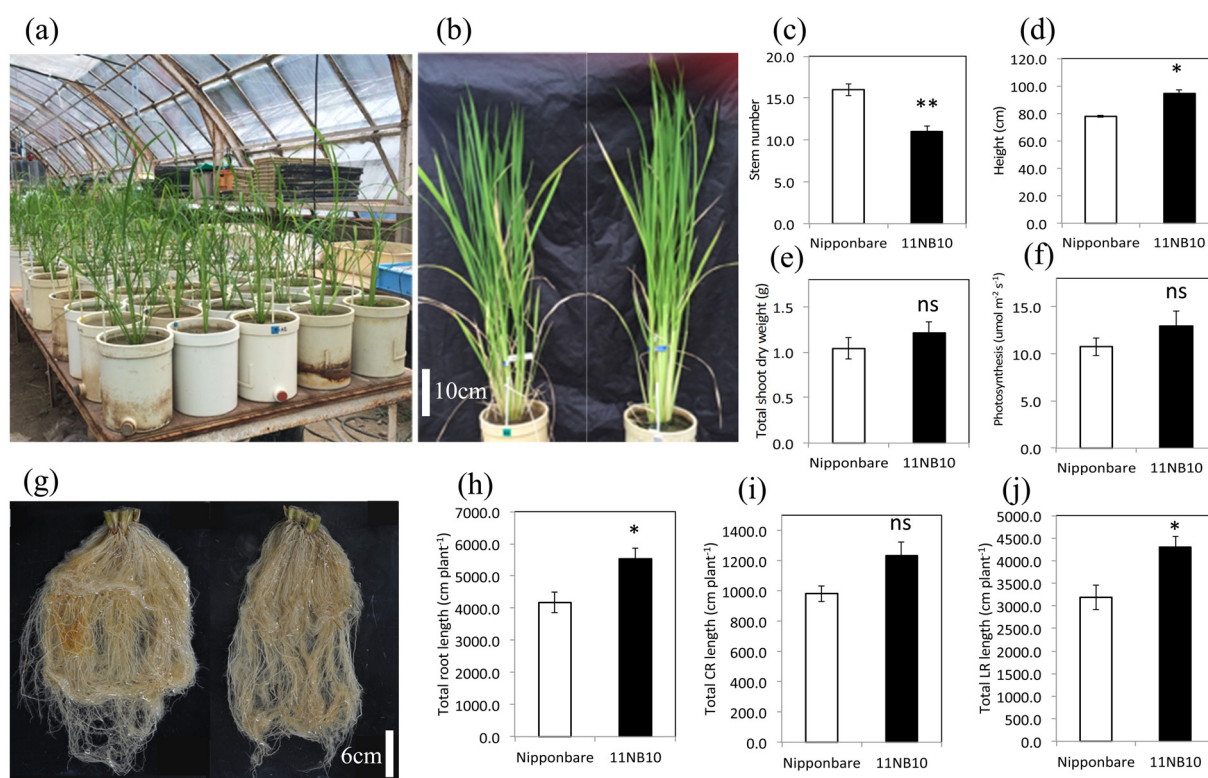


Fig. 2. Shoot and root system profiles of 11NB10 mutant plants under soil conditions at maximum tillering stage. Pot experiment set-up in a glasshouse (a) to evaluate shoot phenotypes (b), shoot traits (c–f), entire root system formation (g) and root traits (h–j) of Nipponbare (left) and 11NB10 mutant (right) grown in soil supplied with 60-60-60 kg ha⁻¹ NPK under irrigated conditions at maximum tillering (65 days after sowing). Values presented for total shoot dry weight, total root length, total CR and LR length were ratio of the whole plant traits to the stem number for direct comparison of these traits. CR, crown root; LR, lateral root. Values represent means \pm SE (n=4). * and ** indicate statistically significant at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ in the means between genotypes as revealed by two-tailed Student's T-test, respectively (ns, non-significant).

lower number of parental roots from the base (Fig. 2g), which was due to the reduced stem number as shown in Fig. 2b. Because of these differences in stem number (Fig. 2c), the shoot and root traits were directly compared by obtaining the ratio of the trait to the stem number, and we found that the shoot dry weight of the 11NB10 mutant was not negatively affected by the mutation (Fig. 2e). In addition, the 11NB10 mutant had taller plant height and comparable net photosynthesis to the wild-type Nipponbare (Fig. 2d, f), revealing that the mutation negatively affected the stem number only of the shoot part. Notably, the total root length and total LR length per stem number of the 11NB10 mutant were significantly higher than the wild type (Fig. 2h, j), while their crown root lengths were similar (Fig. 2i), confirming that the gene mutation promoted root system development through enhanced LR development despite negatively affecting the stem number of the shoot part.

Shoot and root system developmental responses of the 11NB10 mutant under various N conditions

The 11NB10 mutant performance was further evalu-

ated under various N conditions (low, standard, and high N) following the same treatment method as described previously^{13, 18, 22}. N is the mineral nutrient required in the greatest amount, and its availability is a major factor limiting growth, development, and yield²⁶. To precisely evaluate the root system development differences of the 11NB10 mutant and Nipponbare, the rootbox-pinboard method was utilized to collect the whole root system with minimal damage and preserve the resulting root architecture (Fig. 4)^{21–23}. Furthermore, because of the differences in the stem number between the 11NB10 mutant and wild-type, the tiller outgrowth was cut to maintain the growth of the main stem (Fig. 3b) during the entire duration of plant growth, making the direct comparison of the shoot and root traits feasible.

The net photosynthesis and SPAD value of the 11NB10 mutant and Nipponbare did not differ (Fig. 3c-d), whereas the plant height and leaf area were significantly higher in the 11NB10 mutant than in Nipponbare (Fig. 3e-f) under different N conditions. On the other hand, the shoot dry weight of the 11NB10 mutant was slightly higher than Nipponbare at low and standard N levels and was signifi-

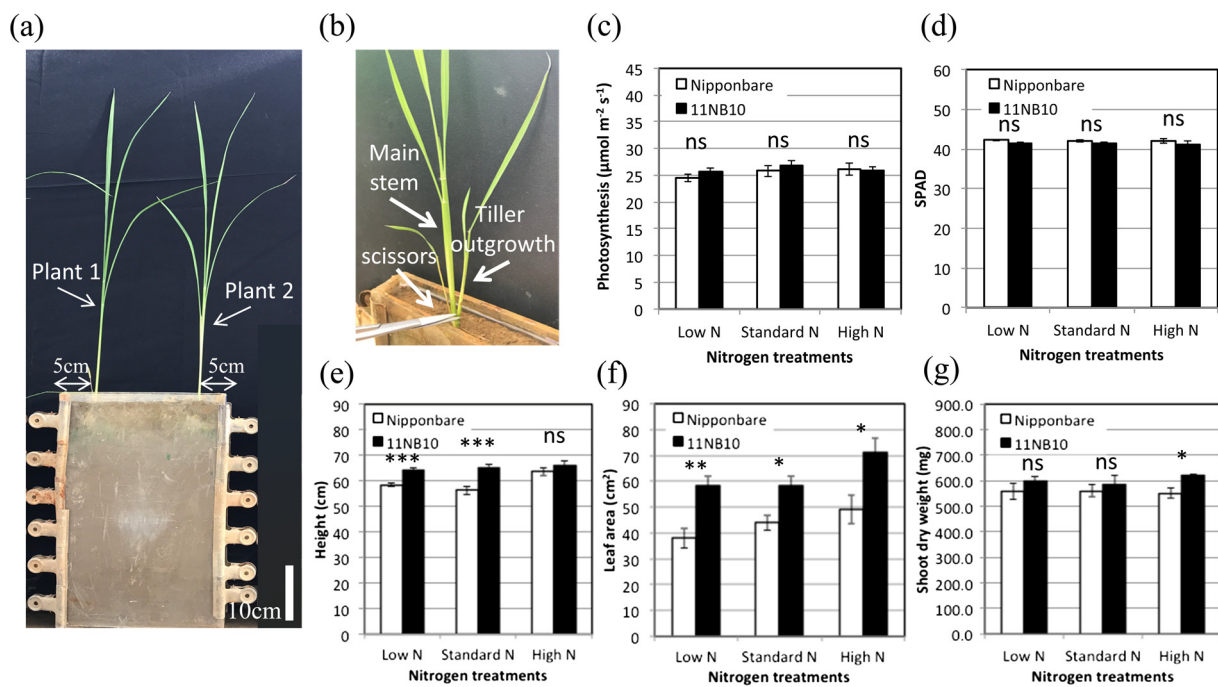


Fig. 3. Shoot phenotypes of Nipponbare and 11NB10 mutant plants with main stem only under different nitrogen (N) conditions. Plants grown in a root box at a greenhouse (a), the cutting of tiller outgrowth to maintain the main stem only for direct comparison of traits between Nipponbare and 11NB10 mutant (b) and their physiological (c–d) and shoot traits (e–g) at 38 days after sowing. Values represent means \pm SE ($n=5$). *, ** and *** indicate statistically significant at $P<0.05$, $P<0.01$ and $P<0.001$ in the means between genotypes within each N treatment as revealed by two-tailed Student's T-test, respectively (ns, non-significant).

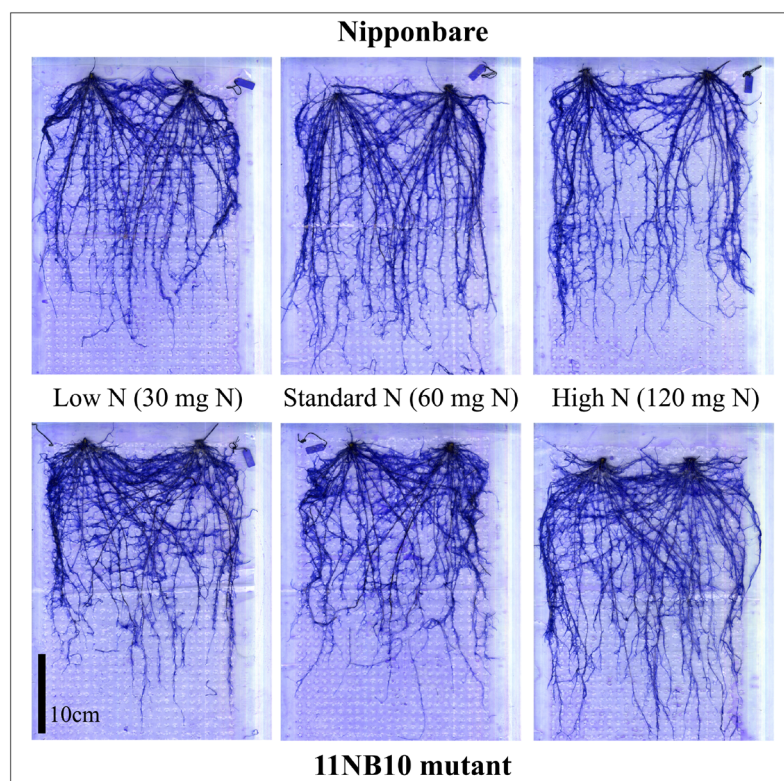


Fig. 4. Root system profiles of Nipponbare and 11NB10 mutant plants at different nitrogen (N) conditions. Root system profiles of Nipponbare and 11NB10 mutant grown under different N conditions (low, standard, high N) for 38 days. The intact whole root system was extracted from a rootbox using a pinboard^{20, 16}. Prior to taking digitized photographs in a scanner, the root system were stained with 0.25% Coomassie Brilliant Blue R solutions for at least 24 h.

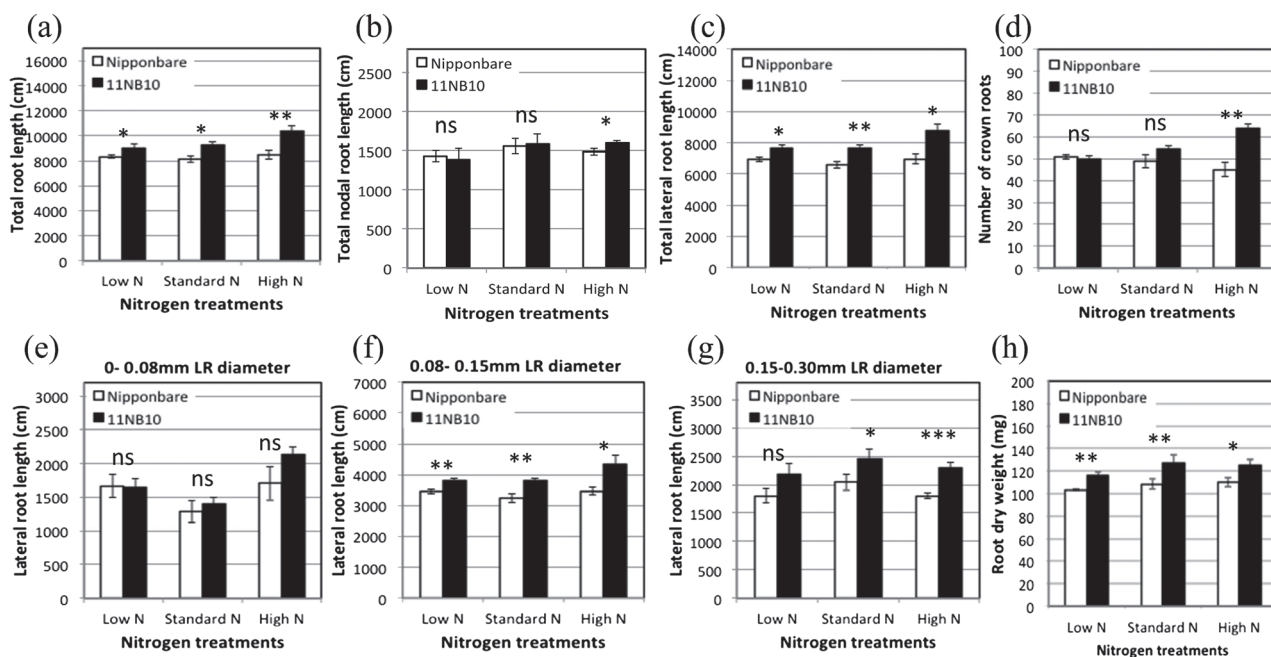


Fig. 5. Root system development of Nipponbare and 11NB10 mutant plants grown under different Nitrogen conditions. Root lengths (a–c), number of crown roots (d), lateral root length according to diameter sizes (e–g) and root dry weight (h) of Nipponbare and 11NB10 mutant grown under different N conditions (low, standard, high N) for 38 days. Values represent means \pm SE (n=5). *, ** and *** indicate statistically significant at $P < 0.05$, $P < 0.01$ and $P < 0.001$ in the means between genotypes within each N treatment as revealed by two-tailed Student's T-test, respectively (ns, non-significant).

cantly higher under high N level.

The root system profiles of Nipponbare and 11NB10 mutant grown under different N conditions are shown in Figures 4 and 5. Under low and standard N conditions, the total root length of the 11NB10 mutant was significantly greater than that of Nipponbare, and it increased under high N level (Fig. 4 and 5a). The total root length of the 11NB10 mutant was significantly higher than that of Nipponbare by 8.3% and 22.5% at low and high N conditions, respectively. Between the crown root lengths and LR lengths that comprised the total root length, the lengths of the LRs were more promoted than those of the crown roots and further enhanced under higher N conditions (Fig. 4 and 5b-c). The LR length of 11NB10 mutant was significantly higher than that of Nipponbare by 10.6% and 25.7% at low and high N conditions, respectively, suggesting that the enhanced root system development of the 11NB10 mutant was due to greater LR development and its response to N level. Furthermore, the LR lengths were categorized into different diameter sizes: thin, middle, and thick corresponding to the diameters sizes of $0 < D \leq 0.08$ mm, $0.08 \text{ mm} < D \leq 0.15$ mm, and $0.15 \text{ mm} < D \leq 0.30$ mm, respectively. The 11NB10 mutant showed greater LR lengths because of the LRs with thick diameter sizes, which are capable of higher order of branching (Fig. 5e-g) and, thus, a highly branched root system. In addition, the mutant had significantly higher root dry weight than Nip-

ponbare at all levels of N (Fig. 5h), while its crown root number was higher only at high N level (Fig. 5d).

Discussions

The ability of rice plants to promote root system development, especially LR development, is a favorable trait to efficiently acquire water and nutrients from a larger soil area for productivity, given the highly dynamic soil environments due to the changing climatic conditions persisting in agricultural areas⁹). This root characteristic was associated with the 11NB10 mutant that showed highly branched root system under various N conditions (from low to increasing N levels), resulting in higher shoot dry matter production than Nipponbare. Remarkably, the root system of the 11NB10 mutant was further enhanced under high N level based on its total root length, which was greatly contributed by LRs with the thick diameter and branching (L-type LRs). Promoted LRs are linked to the enhanced uptake of N as well as other nutrients in different crop species^{27–29}), implying that these acquired nutrients will be available for growth and development of the shoot part. Increasing N levels did not improve leaf chlorophyll content and photosynthesis in the 11NB10 mutant, but caused a slight increase in shoot dry weight, which could be attributed to the higher number of main-stem leaves (data not shown) that contributed to greater leaf area. It

was reported that N is always distributed mostly to the new growing organs, regardless of the growth stages of the rice plant³⁰). Thus, the absorbed N might be preferentially used in the expansion of developing leaves rather than in increasing the chlorophyll content. Moreover, N can stimulate leaf synthesis and growth through the synthesis of proteins involved in cell growth, cell division, and cell wall and cytoskeleton synthesis³¹), thus leading to an increase in the leaf area and hence in shoot dry weight.

The findings presented in this report might have implications for genetic improvement and breeding programs in rice that can be utilized under different rainfed lowland and upland fields. The availability of this mutation gene promoting LR development is important for the improvement of root system architecture, and such mutation gene can be used more effectively by understanding proper N levels to further improve LR growth. The root performance of this mutation gene further provides information on natural resource and crop management practices³²). Unlike in irrigated rice production system, wherein water is available in the fields, the rainfed lowland rice production system is highly drought-prone and dependent on rainfall. Thus, timely N application (i.e. after sufficient rainfall) should be considered to further improve the development of L-type LRs for a more vigorous root system, which will then be useful for overcoming stressful conditions, such as drought and soil moisture fluctuations, as demonstrated in several studies⁹). Further work is required for evaluating the root performance of the 11NB10 mutant under different water regimes (different drought intensities, soil moisture fluctuations, upland conditions) and to further elucidate the importance of promoted root response under N fertilizer and then to water stress conditions.

Acknowledgements

We would like to thank Ms. Maria Corazon Cabral and Ms. Antoinette Cruz for technical and administrative support, the staff of the Root Research team of PhilRice, Mr. Rizal Romero, Mr. Victorino Salamanca, Mr. Albert Neri, Mr. Albert Garcia, Mr. Oscar Ragasa, Mr. Daryl Gregorio, Mr. Juanito Cortez and Mr. Hircoles Corpuz for their help in the experimental operations and root processing. This work was supported mainly by JSPS KAKENHI Grant Number 18H02174.

References

1. Khush GS. (2005) What it will take to feed 5.0 billion rice consumers in 2030. *Plant Mol Bio* 59: 1-6.
2. Pandey S, Byerlee D, Dawe D, Dobermann A, Mohanty S, Rozelle S, Hardy B (eds). (2010) Rice in the global economy: strategic research and policy issues for food security. International Rice Research Insti-

tute, Los Baños, Philippines.

3. Yadav S, Humphreys E, Kukal SG, Gill G, Rangaraian R. (2011) Effect of water management on dry seeded and puddle transplanted rice: part 2: water balance and water productivity. *Field Crops Res* 120: 123-132.
4. Boling A, Bouman BAM, Toung TP, Murty MVR, Jatmiko SY. (2007) Modelling the effect of groundwater depth on yield-increasing interventions in rainfed lowland rice in Central Java, Indonesia. *Agric.Syst.* 92: 115-139.
5. Gewin V. (2010) An underground revolution. *Nature* 466: 552-553.
6. Rebouillat J, Dievart A, Verdeil J, Escoute J, Giese G, Breitler J, Gante P, Espeout S, Guiderdoni E, Perin C. (2009) Molecular genetics of rice root development. *Rice* 2: 15-34.
7. Uga Y, Kitomi Y, Ishikawa S, Yano M. (2015) Genetic improvement for root growth angle to enhance crop production. *Breed Sci* 65: 111-119.
8. Yamauchi A, Pardales J, Kono Y. (1996) Root system structure and its relation to stress tolerance in: O. Ito, C. Johansen J, Gyamfi K, Katayama J, Kumar R, Rego T (eds.), In *Dynamics of Roots and Nitrogen in Cropping Systems of the Semiarid Tropics*. JIRCAS, Tsukuba, Japan: 211-223.
9. Suralta R, Kano-Nakata M, Niones J, Inukai Y, Kameoka E, Tran T, Menge D, Mitsuya S, Yamauchi A. (2016) Root plasticity for maintenance of productivity under abiotic stressed soil environments in rice: Progress and prospects. *Field Crops Res*: 10.1016/j.fcr.2016.06.023
10. Lynch JP. (2007) Roots of the Second Green Revolution. *Aust J Bot* 55: 493-512.
11. Samson BK, Hasan M, Wade LJ. (2002) Penetration of hardpans by rice lines in the rainfed lowlands. *Field Crops Res* 76: 175-188.
12. Yano K, Sekiya N, Samson BK, Mazid MA, Yamauchi A, Kono Y, Wade LJ. (2006) Hydrogen isotope composition of soil water above and below the hardpan in a rainfed lowland rice field. *Field Crops Res* 96: 477-480.
13. Kano-Nakata M, Inukai Y, Wade LJ, Siopongco JD, Yamauchi A. (2011) Root development, water uptake, and shoot dry matter production under water deficit conditions in two CSSLs of rice: Functional roles of root plasticity. *Plant Prod Sci* 14: 307-317.
14. Niones J, Suralta R, Inukai Y, Yamauchi A. (2012) Field evaluation on functional roles of root plastic responses on dry matter production grain yield of rice under cycles of transient soil moisture stresses using chromosome segment substitution lines. *Plant Soil* 359: 107-120.
15. Henry A, Gowda VRP, Torres RO, McNally KL, Serraj R. (2011) Variation in root system architecture and

- drought response in rice (*Oryza sativa*): Phenotyping of the *Oryza* SNP panel in rainfed lowland fields. *Field Crops Res* 120: 205-214.
16. Suralta RR, Lucob NB, Perez LM. (2012) Shoot and root development in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes during progressive drying in soils with varying moisture regimes. *Philipp J Crop Sci* 40: 2-24.
 17. Tran TT, Kano-Nakata M, Suralta RR, Menge D, Mitsuya S, Inukai Y, Yamauchi A. (2014) Root plasticity and its functional roles were triggered by water deficit but not by the resulting changes in the forms of soil N in rice. *Plant and Soil* 386: 65-76.
 18. Tran TT, Kano-Nakata M, Takeda M, Menge D, Mitsuya S, Inukai Y, Yamauchi A. (2015) Nitrogen application enhanced the expression of developmental plasticity of root systems triggered by mild drought stress in rice. *Plant and Soil* 378: 139-152.
 19. Menge MD, Kameoka E, Kano-Nakata M, Yamauchi A, Asanuma S, Asai H, Kikuta M, Suralta RR, Koyama T, Tran TT, Siopongco JDL, Mitsuya S, Inukai Y, Makihara D. (2016) Drought-induced root plasticity of two upland NERICA varieties under conditions with contrasting soil depth characteristics. *Plant Prod Sci* 19: 389-400.
 20. PSA [Philippine Statistics Authority]. (2019) Selected Statistics on Agriculture 2019. Philippine Statistics Authority, Quezon City, Philippines. p 13.
 21. Kono Y, Yamauchi A, Nonoyama T, Tatsumi J, Kawamura N. (1987) A revised experimental system of root-soil interaction for laboratory work. *Environ. Control Biol* 25: 141-151.
 22. Suralta RR. (2010) Plastic root system development responses to drought-Enhanced nitrogen uptake during progressive soil drying conditions in rice. *Philipp Agric Sci* 93: 458-462.
 23. Kano-Nakata M, Suralta RR, Niones JM, Yamauchi A. (2012) Root sampling by using a rootbox–pinboard method. In Shashidhar HE, Henry A, Hardy B (eds.), *Methodologies for root drought studies in rice*. Los Baños: IRRI: 3-8.
 24. Kono Y, Igata M, Yamada N. (1972) Studies on the developmental physiology of the lateral roots in the rice seminal roots. *Proc Crop Sci Soc Jpn.* 41: 192-204.
 25. Yamauchi A, Kono Y, Tatsumi J. (1987) Quantitative analysis on root system structure of upland rice and maize. *Jpn J Crop Sci* 56: 608-617.
 26. Fageria NK, Santos AB & Cutrim VA. (2008) Dry matter and yield of lowland rice genotypes as influence by nitrogen fertilization. *J of Plant Nutri* 31: 788-795.
 27. Postma JA, Dathe A, Lynch JP. (2014) The optimal lateral root branching density for maize depends on Nitrogen and Phosphorus availability. *Plant Phys* 166: 590-602.
 28. Atkinson JA, Rasmussen A, Traini R, Voß U, Sturrock C, Mooney S, Wells DM, Bennett MJ. (2014) Branching Out in Roots: Uncovering Form, Function, and Regulation. *Plant Phys* 166: 538-550.
 29. Yu P, Hochholdinger F, Li C. (2019) Plasticity of Lateral Root Branching in Maize. *Front Plant Sci* doi: 10.3389/fpls.2019.00363.
 30. Mae T. (1986) Partitioning and utilization of nitrogen in rice plants. *JARQ.* 20: 115-120.
 31. Lawlor DW, Al H. (2002) Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. *J. Exp. Bot.* 53: 773-787.
 32. Haefele SM, Naklang K, Harnpichitvitaya D, Jearakongman S, Skulkhu E, Romyen P, Phasopa S, Tabtim S, Suriya- arunroi D, Khunthasuvon S, Kraisorakul D, Youngsuk P, Amarante ST, Wade LJ. (2006) Factors affecting rice yield and fertilizer response in rainfed lowlands of northeast Thailand. *Field Crops Res* 98: 39-51.



Working Paper

大学側にとっての JICA 開発大学院連携・ 留学生事業の意義と課題[#]

Significance and Issues of JICA Development Studies Program and International Graduate Programs for Universities

野村 久子¹⁾・稲村 次郎²⁾

Hisako Nomura¹⁾, Jiro Inamura²⁾

1) 九州大学大学院農学研究院

2) 九州大学国際交流推進室

1) Faculty of Agriculture, Kyushu University

2) Office for the Planning and Coordination of International Affairs (OPCIA), Kyushu University

論文受付 2020 年 2 月 4 日 掲載決定 2020 年 2 月 15 日

要旨

本稿では、2018 年度に開始した九州大学の開発大学院連携プログラム体制及び実施体制、そして履修の全体像を報告したのち、留学生事業と JICA 開発大学院を行うことの大学側にとっての連携の意義と課題を挙げた。JICA 開発大学院を行う意義として、日本の現場あるいは日本の体験について体系的に学ぶ場を提供できることを指摘した。そして、座学と実施見学を通じて実問題を題材に体系的に学ぶことにより日本-留学生母国の国際協力のベクトルを共有する留学生を育成できるメリットがある。また、日本人と外国人学生のクラスシェアを通じ活性ある学びなどを取り入れるなど工夫次第で、日本の発展の歴史を理解し、英語により広く内外に説明できる日本人学生のグローバル人材育成や、地元の課題解決につなげる地方創生にも寄与すると考えられる。課題としては、成果を有機的につなげていくためにも長期的な視点での評価を行う見当が必要である。

キーワード：JICA 開発大学院連携プログラム、人材育成、クラスシェア、日本を知るためのプログラム

Abstract. This paper summarizes the presentations at the JICA-JISNAS Forum held at Tokyo JICA Research Institute on Wednesday, December 11, 2019. In this paper, we report the Kyushu University's JICA-Development Studies Program (JICA-DSP) and its implementation system, the overview of the courses taken, and the students' evaluation of this year's courses. It points out that the significance of conducting a JICA-DSP is to provide a place to systematically learn from the workplaces in Japan and from Japanese experience. This has the advantage of fostering international students who share the vector of international cooperation between Japan and the international student's home country by systematically learning actual issues through lectures and field visits. Also, it is thought to contribute to regional revitalization as well as global human resource development of Japanese students who can understand the history of Japan's development and be able to explain widely in English. It also points out that the necessity to evaluate the program from a long-term perspective.

Key words: JICA Development Studies Program, human resource development, class share, Understanding Japan Program

[#] 本稿は、2019 年 12 月 11 日（水）に東京 JICA 研究所にて行われた JICA-JISNAS フォーラムでの同タイトルでの発表をまとめたものである。

1. はじめに¹⁾

開発大学院連携プログラム（JICA-DSP）とは、近代日本の発展・開発の歴史は、現在の開発途上国の発展に資するとの考えの下、JICA留学生に対し、専門分野の知識のみならず、日本の開発の経験・知見を提供する「開発大学院連携構想」のもとに各大学で提供されるプログラムである。九州大学は、JICAとの連携の下、2018年度後期から学内3学府（法学府、工学府、生物資源環境科学府）が当該プログラムの趣旨に沿った科目群を企画し、「開発大学院科目」として、順次、英語による講義を開始した。さらに、2019年10月からは、3学府に加え人文科学府が参画し、人文学部コースの一部を含め、4学府が英語による科目群を提供する『日本を知るためのプログラム「Understanding Japan」』を、広く全学府の日本語コースと国際コースの院生を対象にして新設、開講している²⁾。本プログラムは、各学府の学位課程で実施する専門分野の教育・研究に加え、欧米とは異なる「日本の近代の開発経験（科学技術と社会発展の歴史的過程等）」や「戦後の援助実施国としての知見」を学ぶ講義の提供により、体系的に日本の発展の歴史を理解するとともに、さらに異文化に対する理解を深化させる機会を学生に与えることを目的としている。

また、九大では本大プログラムを全学的なものとして位置づけている。海外での活動を目指す日本人学生にも提供することにより、日本の発展の歴史を理解し、英語により広く内外に説明できる日本人学生のグローバル人材育成や、地元の課題解決につながる地方創生に

も寄与すると考えられる。よって、本プログラムは、日本人と外国人学生のクラスシェアを通じ活性ある学びなど、本学のグローバル人材育成にも寄与する。

2. 実施体制

実施体制は、人文科学府を主幹部局（プログラム運営部局）とし、法学府、工学府、生物資源環境科学府を含む4学府の協働プログラムとして「JICA開発大学院連携構想」の趣旨・目的に沿った複数の授業を提供、『開発大学院科目』として開講している（図2）。具体的には、人文科学府が、プログラムへの履修状況の把握、修了の認定や修了証発行等を行う。学生個人の成績管理については、当該学生が在籍する各学府の学務担当係が、当該学府の規則に則り修学管理を行い、関連する学府プログラムに加え、全学的な取り組みとして実施する。また、本プログラムの運営に関し、国際部もJICAとの協議、契約等、包括的な支援を行うとともに、国際交流推進室、人文科学府、関係部局代表から構成する、「日本を知るためのプログラム」運営委員会を開催し、プログラムの方向性の検討や関係部局との調整を行う。

また、履修のイメージとして、法学府、工学府、生物資源環境科学府の学生は所属する学府・専攻の学生は、履修要件内の開大科目2ないし3科目を履修することで、開大プログラムの修了要件を満たすが、他学府の開大科目を履修することも可能とする。3学府以外の学生は、人文科学府・他の学府が開大プログラムとして設定した科目を2、3科目履修し、開大の修了

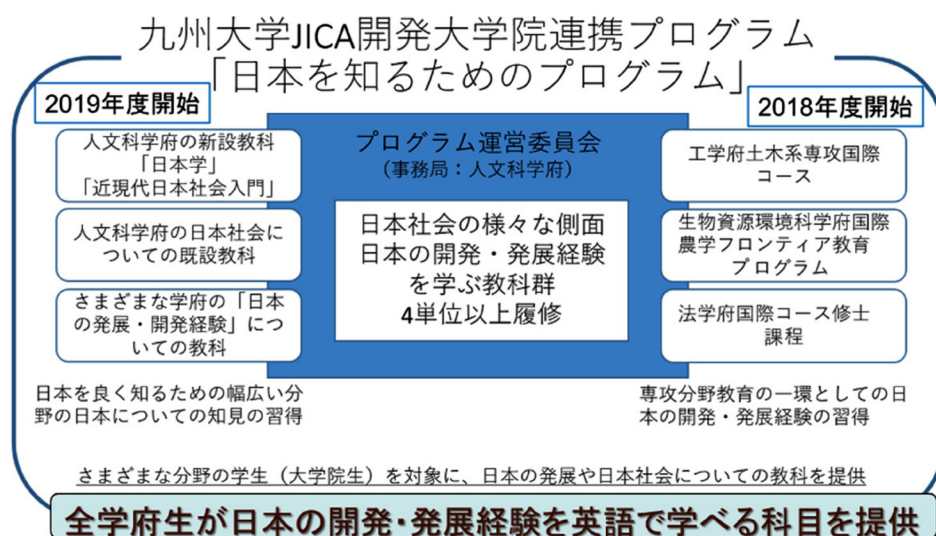


図1 九州大学JICA開発大学院連携プログラム

日本を知るためのプログラム実施体制（案）

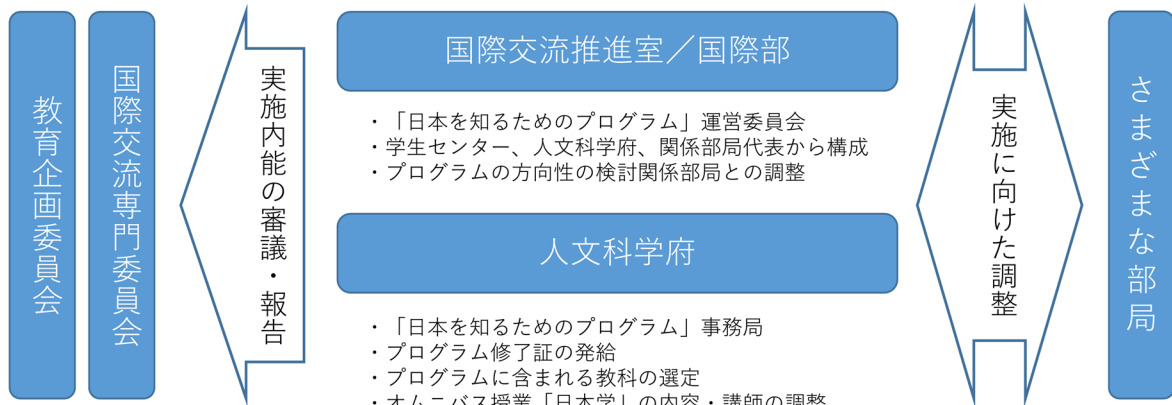


図2 「日本を知るためのプログラム」実施体制

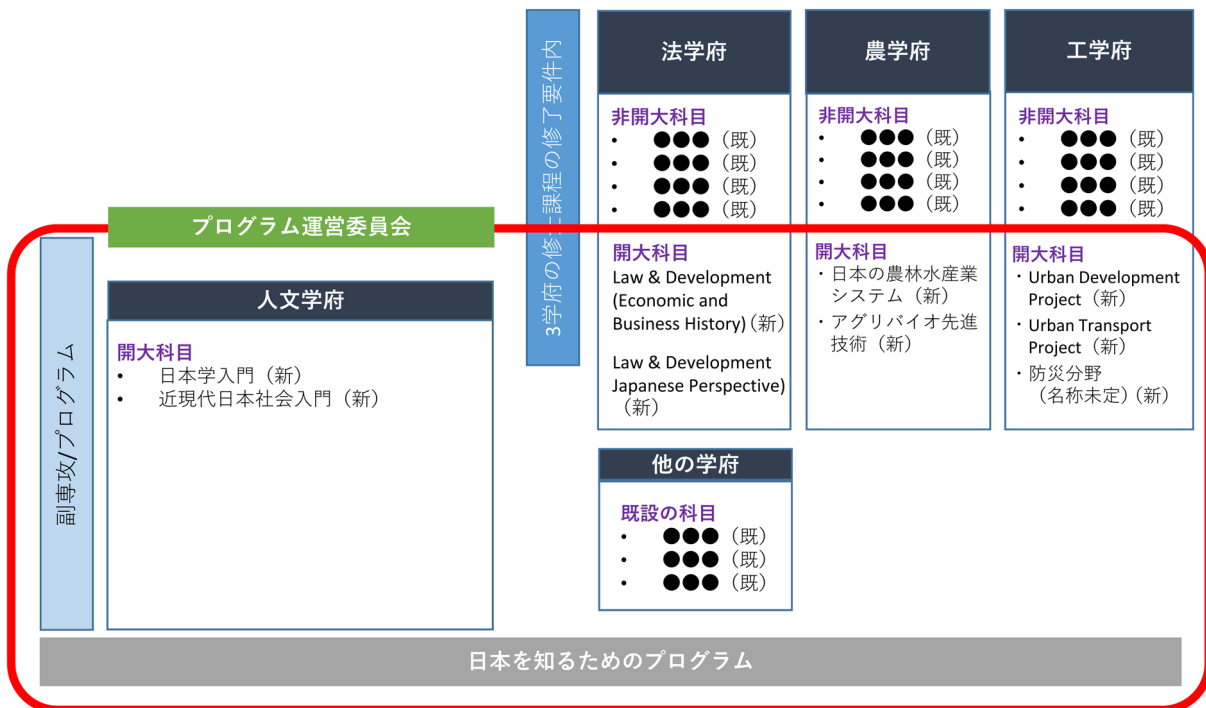


図3 JICA-DSP履修のイメージ

要件を満たす（図3）。各学府で開講される科目は専門に関連した科学技術と社会発展の歴史的過程を多面的に教授するデザインとなっている。農学研究院の生物資源環境科学府の提供する科目群は2科目で、科学技術を中心とした「アグリバイオ先進技術と国際貢献」と政策や制度、組織体制などを中心に学ぶ「農林水産業システム構築の歴史とアジア農業開発」で構成されている。

また、新たに開講される「日本学I」、「日本学II」実施内容としては、古代から近現代にかけての歴史、芸術、文学、科学史などの幅広いトピックについて、オムニ

バス形式で講義を行う。特に明治期以降の近代化にかかわる社会や法の整備、経済基盤、科学技術の導入と応用、インフラ整備、教育制度と人材育成などに重点を置いている。

3. 留学生事業とJICA-DSPを行うことの大学側にとっての連携の意義

次に、留学生事業とJICA開発大学院プログラム（JICA-DSP）を行うことの大学側にとっての連携の意義と課題を挙げていきたい。まず留学生事業では、留

学生は主に2つのグループに分けられる。1つ目は、日本でのラボ実験中心のグループ、そして2つ目は、母国でのフィールド調査中心のグループである。いずれも、日本の現場を知ることは受入れ研究室の先生方に委ねられている。ここで、2019年10月20日に行われた農学研究院100周年記念講演でのVo Ton Xuan博士の言葉を借りて、留学生の置かれている状況を示したい。Vo Ton Xuan博士は、九大農学研究科において育種学の分野で1975年に九州大学農学博士を授与された後、ベトナム・カントー大学へ戻り、戦後のベトナムにおける農業の振興と持続的な生産に関してご尽力され、1993年にはその功績に対してアジアのノーベル賞と言われるマグサイサイ賞を受賞されている九大農学部卒業者である。彼の言葉をそのまま記載する。

“Getting away from this great country without getting to know the events outside of our academic goals must be a shortfall. I thought that if I want to know how to apply what I learn from Japan under Vietnam conditions, then I must recognize the conditions that affect the Japanese people at the time they did it.”

Vo Ton Xuan博士は、日本の歴史と開発の軌跡、その背景にある法律や制度、あるいは生産現場を知ること、育種技術研究の目的であるコメの増産の技術を生産現場に普及すること、また市場につなげることの重要性に気付き、ベトナムでも技術普及につなげるために普及員の育成や農業振興のための組織を作ることによって専念された。日本に留学に来る留学生は先端技術を学ぶのみで、母国の現場を知らない場合も多い。そのような中で、日本の経験と現場を学ぶことで技術を現場で生かす知見を深めることは大事なことである。よって、JICA-DSPを行う意義としては、これまで受入れ

研究室の先生方に委ねられていた部分である日本の現場あるいは日本の発展体験からの知見を学ぶ場を体系的に提供できることにあると考える。また、座学と実施見学を通じて実問題を題材に体系的に学ぶことで日本-留学生母国の国際協力のベクトルを共有する留学生を育成できる長期的な視野に立ったメリットがあると考えられる。

それでは、九大農学研究院の学府コース生物資源環境科学府の提供する2科目について、講義などの具体的な内容に触れて、座学と実施見学を通じて実問題を題材に体系的に学ぶ工夫についての紹介をしたい。まず、科学技術を中心とした「アグリバイオ先進技術と国際貢献」では、明治以降からの農業の発展を、科学技術的視点から展開する。そして、戦後急速に発展しているアグリバイオ技術におけるイノベーションにも言及して系統的に学べるように講義を準備している。また、日本の農業分野は、戦後、新技術の発展だけでなく、農業経営方法の変化、流通機構の改良、企業の農業への参入など産業構造の変化が大きい。そこで、政策や制度、組織体制などを中心に学ぶ「農林水産業システム構築の歴史とアジア農業開発」では、社会開発領域(農業経済)の観点から日本の開発経験と途上国の今後の課題について体系的に学べるようにしている。

ここで、学生の授業後の評価をグラフにまとめたものを示す(図4)。「JICA-DSP科目で扱うテーマ」、「教員の準備度」、「講義の質」、「講義の難易度」、「コミュニケーション」、「知識の享受」、「研修先」の7つの項目で質問を行った。結果、総じて大変満足あるいは満足、あるいは、問題ない、ほとんど問題ないという結果が出た。一方で、知識の享受については、専門科目とは異なるため、それぞれの研究分野で行っているような専門的知識の提供よりも、政策的含意やそこから得ら

表1 九州大学生物資源環境科学府のJICA-DSP講義の目的と概要

科目区分	授業科目の名称	講義等の内容及び授業計画	単位数
選択	アグリバイオ先進技術と国際貢献 AgriBio Advanced Technology and International Contribution	I 品種改良、特に稲の開発の歴史や栽培技術の発達 II 農業機械や利水関連技術、土壌改良技術の発達 III 食品加工技術や流通システムの発展 IV 先進技術の開発の歴史と具体的なアジア諸国への国際貢献	2
選択	農林水産業システム構築の歴史とアジア農業開発 Construction of Agriculture, Forestry and Development of Asian Agriculture	I 戦後の農地改革、その後の農業の制度や構造の変遷 II 日本農業の市場制度の成り立ちや農業強化のための経営戦略の変化 III 低資源国として循環型農業の推進・発展 IV 途上国への農業市場形成支援	2

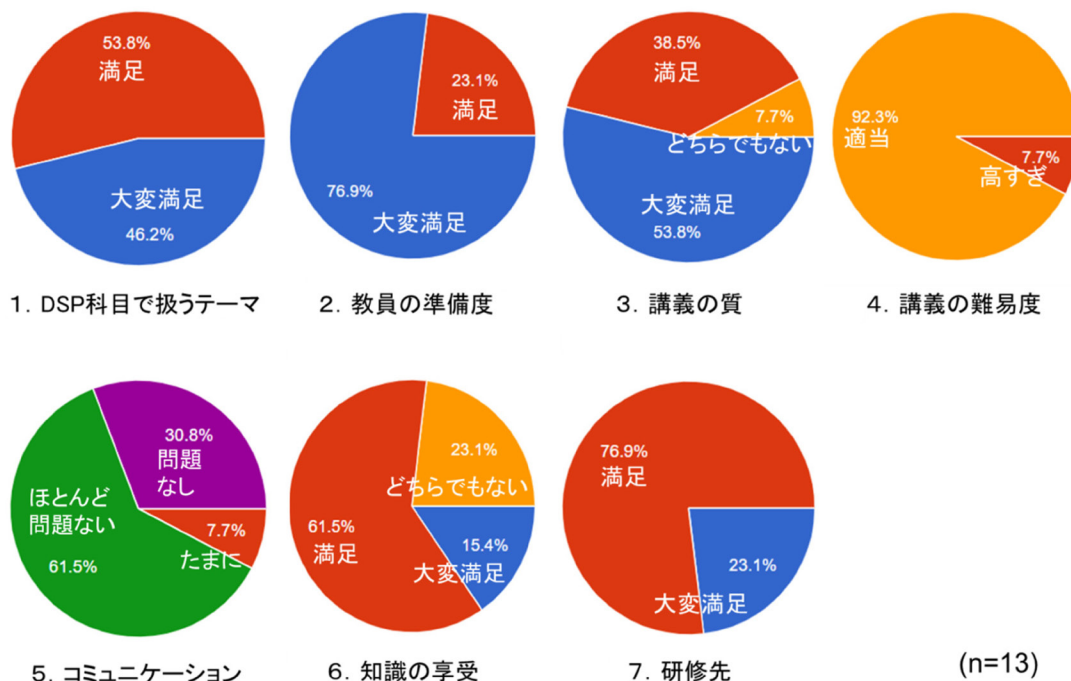


図4 学生によるJICA-DSP評価アンケート

れる課題や教訓などから理解を深められるように努めたため、専門性のある知識の享受はそれほど得られないと回答した学生が多かったように思う。コミュニケーションは、農協や工場など現場で広いエリアを移動する場合、あるいは狭い酒蔵などで一列になって見学を行うため、今後は、通訳を視察用のマイクとイヤホンを通じてより双方向でコミュニケーションがとれるように工夫したいと考える。

最後に、JICA-DSPを行う上での課題をいくつか挙げていきたい。まず、課題を成果を有機的につなげていくためには長期的な視点での評価が必要であるということが課題として挙げられる。また、これはJICAのみでなく、大学としても考える必要がある。プログラムの評価に用いる指標について、どのような指標をもってプログラムの成果とするか今後大学側とJICAが話し合っていく必要があるだろう。

また、円滑な運営には、事務体制が不可欠だが、開大プログラムは、具体的な運営については、既存の学府事務が担うことになっており、事務経費が付かない。そのため、新たな事務体制は、一般プログラム(イノベティブアジアやAgri-Net)の修学支援費で対応する必要がある。しかし、留学生事業プログラムによって、修学支援の有無があり、JICA-DSPを含む研究・教育支援体制にばらつきがでるため、修学支援については統一されることが望ましい。

最後に

JICA-DSPの授業科目を設置する大学・研究科等を持つパートナー大学(覚書締結済大学)は2020年1月20日時点で82大学となった。現在、日本の農業・農村開発の経験について、講義モジュールと講義教材の作成も進められている。その中では、失敗も含めて学びとして紹介されていくことが望ましい。そこから学生自らが関心を持ち、自国に生かすようにつなげてほしいと考える。総じて、JICA-DSPは、デメリットよりもメリットが大きいと考える。全学的なものとの位置づけ、海外での活動を目指す日本人学生にも提供することにより、日本人と外国人学生のクラスシェアを通じ活性ある学びなどを取り入れるなどの工夫次第で、日本の発展の歴史を理解し、英語により広く内外に説明できる日本人学生のグローバル人材育成や、地元の課題解決につなげる地方創生にも寄与すると考えられる。

引用文献

- 1) 野村久子「大学側にとってのJICA開発大学院連携・留学生事業の意義と課題」2019年12月11日(水), JICA-JISNASフォーラム, 東京JICA研究所.
- 2) 大学院人文科学府/国際部「日本を知るためのプログラム『Understanding Japan』の開講について」2019年9月11日, 教育企画委員会資料.



Field Report

Influence of Intra-annual Cropping Seasons on Rice Yield in the Sahel

Oumarou Souleymane¹⁾, Adamou Haougui¹⁾, Adamou Basso¹⁾, Illiassou Mossi Maiga¹⁾

¹⁾ INRAN (National Agricultural Research Institute of Niger) , BP 429, Niger

Received September 3, 2019 Accepted February 1, 2020

Abstract. Rice is a staple food in the Sahel countries. However, the crop production does not match population growth and demand. Hence, it is important to enhance rice yield to meet the demand. Achieving greater yields depends on increasing total crop biomass, because there is little scope to further increase the proportion of that biomass allocated to grain. Total crop biomass is determined mainly by crop photosynthesis and respiration losses, both of which are sensitive to environmental factors such as temperature. Rice cultivation in Niger is practiced during two cropping seasons yearly. Climate parameters change radically through the year across cropping seasons. The aim of this study was to assess intra-annual variation impact on rice genotypes productivity. Hence, 35 breeding lines were evaluated during two cropping seasons in an alpha lattice design with three replications. The results showed that the two cropping seasons were significantly different mega-environments. The mega-environments impacted significantly and differently genotypes performances. Some genotypes performed well in wet season while others did in dry season. The ideal genotype across cropping season was the genotype1. Both cropping seasons were ideal for some genotypes. But none of them was for all the genotypes. To increase the yield and production each genotype should be cultivated during the ideal cropping season.

Key words: Rice, cropping season, influence, Sahel, yield

Introduction

Rice is one of mankind's major food staples. Due to the continuing growth of the global population and a decrease of availability of arable land, increasing grain yield is an important goal of scientists and rice breeders particularly¹⁾. Hence, world rice production must increase by 1% annually to meet the growing demand for food that will result from population growth and economic development²⁾. Most of this increase must come from greater yields on existing cropland to avoid environmental degradation, destruction of natural ecosystems, and loss of biodiversity³⁾. Achieving greater yields depends on increasing total crop biomass, because there is little scope to further increase the proportion of that biomass allocated to grain. Total crop biomass is determined mainly by crop photosynthesis and

respiration losses, both of which are sensitive to environmental factors such as temperature⁴⁾. Despite tremendous improvements in technology and rice yield potential, the production remains highly dependent on climate, because solar radiation, temperature, and precipitation are the main drivers of crop growth.

Temperature is a major environmental factor affecting the rice growth and development worldwide. Low and high temperatures are considered as the major environmental stresses for this crop plants. Both these stresses have devastating effects on metabolism, growth, and development of plants. Rice is sensitive to low and high temperature stresses. The optimal temperature for the rice cultivation is 25–35°C, and temperature below or higher than optimal negatively affects the growth, physiology, and yield of crop⁵⁾. High temperature negatively affects the growth of roots and shoots, hampers pollination, causes poor anther dehiscence, and leads to spikelet sterility.

Corresponding authors email Id: umarsou@gmail.com

Likewise, low temperature delays rice germination and seedling establishment, hampers tiller formation, affects flowering, causes panicle sterility, and finally leads to lower grain yield^{6, 7}. According to previous study⁴) in the dry season, maximum temperature was not related to grain yield. There was a negative relationship between grain yield and minimum temperature and a positive relationship between grain yield and radiation. Grain yield was related more closely to minimum temperature than radiation. They indicated that increases in night temperature, even small in magnitude, had a negative effect on the yield of irrigated rice in the dry season and that the effect was independent of radiation. In the wet season, grain yield and yield attributes were not related to minimum temperature, maximum temperature, or radiation. Furthermore, the occurrence of storm in the wet season caused crop lodging in some years, which could weaken the relationship between yield and climatic parameters. Day high temperatures have been implicated to cause reductions in rice yield in many rice-growing areas⁸⁻¹⁰).

Rice cultivation in Niger is practiced during two cropping seasons per year: wet season (from June to October) and dry season (from December to April). The climate of the country is an arid and semi arid tropical type. Niger is one of the world hottest areas and is characterized by three types of seasons namely: the cold season (from mid-December to mid-February), the dry hot season (from March to May) and the rainy season (from June to September). Thus, climate parameters (Temperatures, day light, radiation, relative humidity) change radically through the

year. Therefore, it is important to know the effect of these changes on rice production. Hence, the goal of this study is to assess intra-annual variation impact on rice genotypes productivity.

Material and Methods

Plant materials were composed of 35 breeding lines including 5 checks (Table 1). The experimental Design was an alpha lattice design with three replications. Each replication was made of 7 incomplete blocks of 5 entries. The experiment was conducted through 2 cropping seasons: the wet season and dry season 2015. Each plot consisted of 5 rows of 5 m long. The distance between and within the rows was 20 × 20 cm. Fertilizer application was done as follow: A pre-drilling base application of 200 kg.ha⁻¹ of NPK (15-15-15) was made at transplanting stage. A total of 100 kg.ha⁻¹ of urea was made at panicle initiation. Weeding was done before fertilizer application. Hand weeding was also done when needed. The harvest was done by eliminating one row from each side of the plot. (4.6 m × 0.60 m). Winnowing and weighing were done at 14% moisture content. Agronomic traits in the Table 2 were collected in all the trials. Statistical analysis was performed using Genstat software version 18th. GGE by plot method was used for genotypes by environment interaction. Each cropping season was considered as an environment

Table 1. Entries list

Variety	Number	Variety	Number
WAB 2101-WAC1-1-TGR5-WAT B6	1	WAB 2056-2-FKR2-5-TGR1-B	19
DKA-M2	2	WAB 2066-6-FKR4-WAC1-TGR1-B-WAT-B11	20
FAROX 508-3-10-F43-1-1	3	WAB 2076-WAC1-TGR1-B	21
IWA 2	4	WAB 2076-WAC2-TGR1-B	22
JARIBU 220	5	WAB 2094-WAC2-TGR2-B	23
TXD 88	6	WAB 2098-WAC3-1-TGR1-4	24
WAB 1436-20N-3-B-FKR2-WAC1	7	WAB 2101-WAC3-1-TGR1-WAT B6	25
WAB 2060-3-FKR1-WAC2-TGR4-B	8	WAB 2101-WAC4-1-TGR1-WAT B6	26
WAB 2060-FKR4-WAC1-TGR5-B	9	WAB 2125-WAC B-1-TGR3-WAT B1	27
WAB 2061-2-FKR1-WAC2-TGR4-B	10	WAB 2125-WAC B-1-TGR3-WAT B8	28
WAB 2081-WAC2-2-TGR2-WAT B3	11	WAB 2134-WAC B-TGR1-B	29
WAB 2094-WAC2-TGR4-B	12	WAB 2153-TGR3-WAT B5	30
WAB 2095-WAC1-TGR1-B	13	NERICA-L19 (Check 1)	31
WAB 2098-WAC2-1-TGR2-WAT B2	14	WITA 4 (Check 2)	32
WAB 2098-WAC3-1-TGR2-WAT B5	15	WITA 12	33
L-22-26-WAC B-TGR4-B	16	NERICA-L49	34
SK-19-38-2	17	GAMBIAKA	35
WAB 2056-1-FKR-4	18		

Table 2. Data collected and collection methods

Agronomic data collection	Method
Seedling/vegetative vigor (21 and 42 days after seeding)	Visual rating (SES)
Date of 50% flowering	Record
Date of maturity (85% of grains on panicle are mature)	Record
Rate of final plant stand at harvest (%) (100% indicates that there are no missing plants/hills)	Visual rating
Lodging incidence (%)	Visual rating (SES)
Phenotypic acceptability at maturity	Visual rating (SES)
Spikelet fertility (%)	Visual rating (SES)
Panicle exertion	Visual rating (SES)
Plant height at harvest (cm) (soil surface to the tip of the tallest panicle (awn excluded)) (3 randomly selected plants)	Measurement
Grain yield and moisture content (border rows should be excluded; 0.6 m × 4.6 m)	Measurement
Panicle length (for 3 panicles of the plants used for measurement of plant height)	Measurement
Panicle number (the 3 plants used for measurement of plant height)	Measurement
1000-grain weight	Measurement

Results and Discussion

Results

The analysis of variances (Table 3) shows highly significant differences among cropping seasons. Hence, genotypes yields significantly change along the year from season to season.

The Fig. 1 shows two mega environments. Thus, each of the cropping seasons constituted a distinct mega environment. The cropping season 1 (wet season) has the longest vector, thus, it discriminates better the genotypes than season2 (dry season). WAB 2101-WAC1-1-TGR5-WAT B6, DKA-M2 and FAROX 508-3-10-F43-1-1 performed well in dry season but had poor performances in wet season. Most of the genotypes gave more yield in environment 2 (dry season) than in environment 1 the best among them are 15 and 18. Genotypes (1) WAB 2095-WAC1-TGR1-B wone in one sector while genotype WAB 2098-WAC3-1-TGR2-WAT B5 (genotype 15), WAB 2153-TGR3-WAT B5 (genotype 30), WAB 2134-WAC B-TGR1-B (genotype 29), and WAB 2094-WAC2-TGR4-B (genotype 12), wone in the other sectors.

The highest average yield across cropping season was observed in with genotypes 1 (WAB 2101-WAC1-1-TGR5-WAT B6) followed by genotypes 15 and 18 (Fig. 2). However, all these genotypes were very sensitive to environment effect. Hence, cropping season have influences on genotypes yield.

The genotypes comparison plot (Fig. 3) showed that the ideal genotype is the genotype 1 (WAB 2101-WAC1-1-TGR5-WAT B6) followed by genotypes 7, 2 and 3.

Environments comparison plot (Fig. 4) showed that both cropping seasons were ideal for some genotypes. But none of them was for all the genotypes.

Table 3. ANOVA of variable yield across cropping seasons

Source of variation	d.f.	SS	MS	vr	F pr.
Season	1	7.183	7.183	32.20	< 0.001
Residual	66	14.724	0.223		
Total	67	21.906			

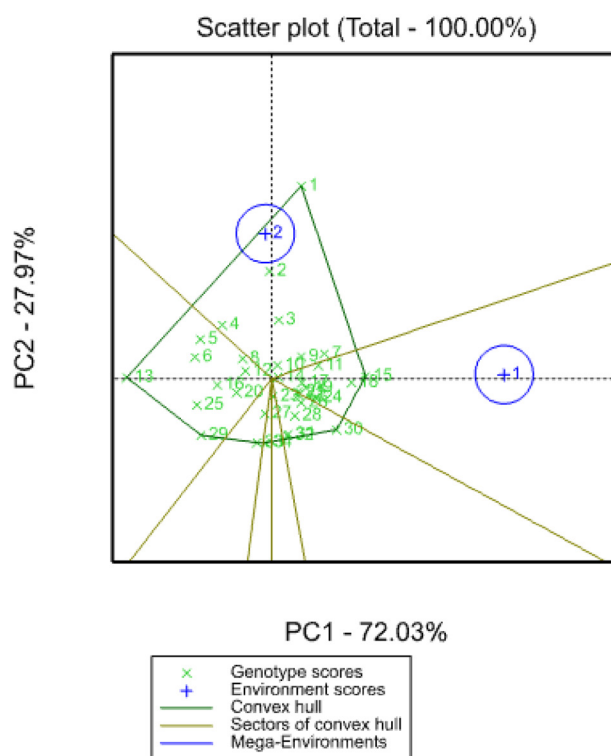


Fig. 1. Genotypes yield comparison plot

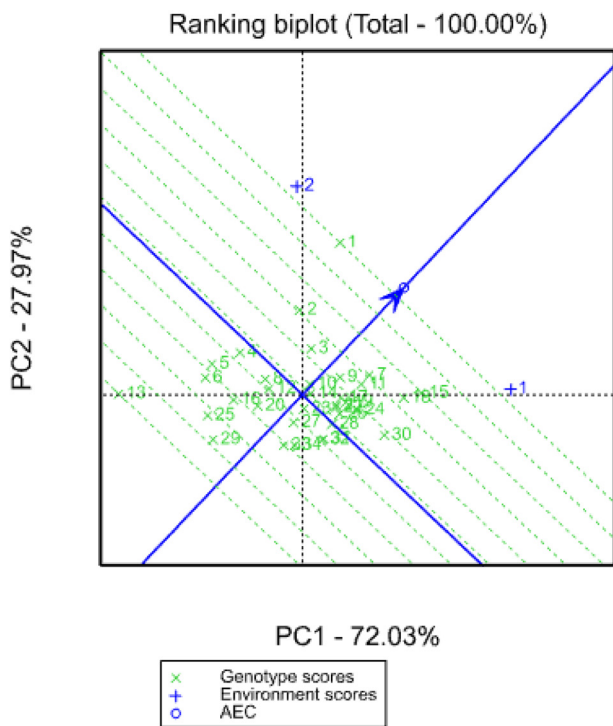


Fig. 2. Genotypes ranking plot

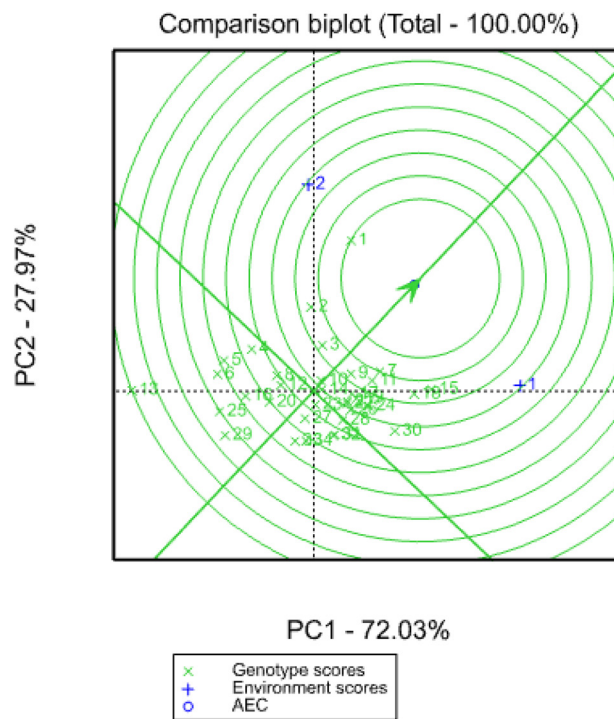


Fig. 3. Scatter plot showing mega environments and sectors

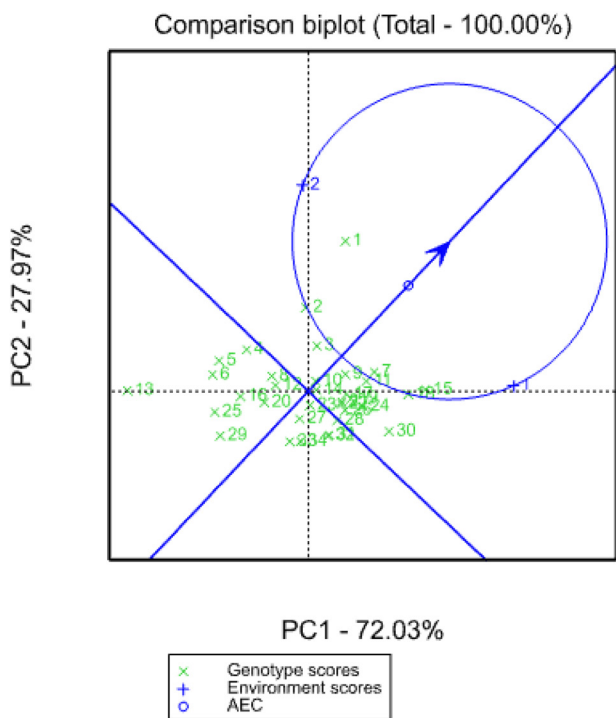


Fig. 4. Environments comparison plot

Discussion

Results showed that there were two different mega-environments. Thus, the intra-year cropping seasons were different. These differences may be due to environments

factors, especially climate factors, hence, edaphic ones remains the same. Results also showed that genotypes performed better according to mega-environments.

The temperature appears to be the critical determinant for the rice growth. Rice, being a tropical and sub-tropical plant that requires a fairly high temperature ranging from 20° to 40°C. Crop is adversely affected by high temperature in the lower elevation of the tropics. This critical temperature differs according to variety, duration of critical temperature, diurnal changes and physiological changes of plant¹¹⁾. According to previous study¹²⁾, low temperature depresses the rate of germination and prolongs it beyond the desirable span of 6 days while, high temperature of 35°C or more halted the germination because of high respiration rate. As reported previously¹³⁾, temperature has a large influence on germination, especially in the first week of post germination growth it also affects the rate of leaf emergence. A long germination period may imply weaker plantlets and less vigorous rice plants at vegetative stage. Low temperature occurring during booting and/or heading stage induces spikelet sterility¹¹⁾. Hence, dry cropping season that generally starts in November during cold period may negatively impact the crop yield unless the variety is not tolerant to this stress. High temperature provides more tiller buds and thereby increases tiller number¹⁴⁾. Higher maximum and minimum temperature during tillering reduce the yield and depress the yield during panicle initiation¹⁵⁾. According to previous study¹⁶⁾, tillering rate is

inhibited by low temperature, but the period of tillering is prolonged, resulting in more tillers and more panicles than at high temperature. High temperature induced spikelet sterility as stated previously¹¹). They additionally, showed that rice is very sensitive to high temperatures at heading and next most sensitive at about 9 days before heading. One or two hours of high temperature at anthesis has a decisive effect on the incidence of sterility. Consequently, the yield will reduce as a result of poor pollen shedding as well as inadequate pollen growth in temperature above about 34°C¹⁷). This phenomenon may occur in Niger rice cultivation during the dry season. Hence, the booting and anthesis stages may coincide with high temperatures of March and April months unless the seeding and transplanting were performed too early to avoid the stress. This may result in reduced yield.

Solar Radiation may differently impact on rice production according to the two cropping seasons. As reported previously¹⁸), sunshine in a week prior to transplanting and the two weeks period coinciding with the grand period of elongation is conducive for better yield. Contrastingly, shading delays tillering and decreases tillering rate. Irrespective of varieties, shading increases the plant height; leaf area index and total chlorophyll content and significantly reduces the tiller number and total dry matter production¹⁹). Solar radiation and temperature during reproductive stage (before flowering) had the greatest influence on rice yield because they determine the number of spikelets m⁻² and the most critical sunlight requiring period is around the heading stage²⁰). Thus, high rainfall in rainy cropping season may result in the decreased availability of sunlight.

Rainfed pattern discriminates significantly the two environments and may differently impact genotypes yield throughout the year. The rains that only occurred during the wet season facilitate irrigation by providing water free of cost. Furthermore, as reported previously²¹), an amount of dissolved substances deriving from the weathering of rocks and soil were included in irrigation water. These substances were higher in wet season than dry season and will contribute to soil fertilization and plant nutrition. During the wet cropping season the relative humidity is also high. This can positively impact rice growth and development, hence, increase productivity. Nevertheless, rains may severely interfere with irrigation water management and cause flooding that can reduce yields.

Acknowledgment

We will like to acknowledge Africa Rice Center for funding and seed provision

References

1. Fei C, Geng X, Xu Z, Xu Q. (2019). Multiple areas investigation reveals the genes related to vascular bundles in rice. *Rice* 1: 12-17.
2. Rosegrant MW, Sombilla MA, Perez N. (1995). Global food protections to 2020: Implications for investment, Food, agriculture and the environment discussion paper 5. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
3. Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R, Polasky S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671-677.
4. Peng S, Huang J, Sheehy JE, Laza RC, Visperas RM, Zhong X, Centeno GS, Khush GS, Cassman KG. (2004). Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *PNAS* 101: 9971-9975
5. Hussain S, Khaliq A, Ali B, Hussain HA, Qadir T, Hussain S. (2019). Temperature extremes: Impact on rice growth and development. In: Hasanuzzaman M, Hakeem K, Nahar K, Alharby H (eds.). *Plant abiotic stress tolerance*. Cham: Springer.
6. Ali MG, Naylor REL, Matthews S. (2006). Distinguishing the effects of genotype and seed physiological age on low temperature tolerance of rice (*oryza sativa* L.). *Exp Agric* 42: 337-349.
7. Ahmed N, Maekawa M, Tetlow IJ. (2008). Effect of low temperature on grain filling, amylose content and activity of starch biosynthesis enzymes in endosperm of basmati rice. *Aust J Agric Res* 59: 599-604.
8. Wassmann R, Jagadish SVK, Heuer S, Ismail A, Redona E, Serraj R, Singh RK, Howell G, Pathak H, Sumfleth K. (2009a). Climate change affecting rice production: The physiological and agronomic basis for possible adaptation strategies. *Adv. Agron.* 101: 59-122.
9. Wassmann R, Jagadish SVK, Sumfleth K, Pathak H, Howell G, Ismail A, Serraj R, Redona E, Singh RK, Heuer S. (2009b). Regional vulnerability of climate change impacts on asian rice production and scope for adaptation. *Advn. Agron*, 102: 91-133.
10. Nagarajan S, Jagadish SVK, Hari Prasad AS, Thomar AK, Anand A, Pal M, Agarwal PK. (2010). Local climate affects growth, yield and grain quality of aromatic and non-aromatic rice in northwestern india. *Agric. Ecosyst. Environ* 138: 274-281.
11. Sridevi V, Chellamuthu V. (2015). Impact of weather on rice – a review. *International Journal of Applied Research* 1: 825-831.
12. Sreenivasan PS. (1985). Agroclimatology of rice in india. In: Sreenivasan, PS (ed.) *Rice research in india*. New Delhi: ICAR.
13. Bardhan RSK, Biswas S. (1983). Low temperature effect on rice seedlings. *Oryza* 20, 204-208.
14. Mahbulul, SM, Islam, MT & Muksi, AaA. (1985). Ef-

fect of light and night temperature on some cultivars of rice. *Indian Plant Physiol* 18: 385-394.

15. Vergara BS, Chang TT, Lilis R. (1972). The flowering response of the rice plant to photoperiod. IRRI, Philippines.
16. Lalitha K, Reddy DR, Rao, SBSN. (2000). Influence of temperature on tiller production in low land rice varieties. *Journal of agrometeorology* 2: 65-67.
17. Mackill DJ, Coffman WR, Rutger JR. (1982). Pollen shedding and combining ability for high temperature tolerance in rice. *Crop. Sci* 22: 730-733.
18. Sreenivasan P, Banerjee JR. (1978). Behaviour of the 'co 25' variety of irrigated rice under two environments. *Agric. Meteorol* 19: 189-202.
19. Tsai YZ, Lai KL. (1990). The effect of temperature and light intensity on the tiller development of rice. *Memoirs of the college of Agriculture, National Taiwan University* 30: 22-30.
20. Yoshida S. (1981). *Fundamentals of rice crop science*. IRRI, Phillipines.
21. Souleymane O, Nartey E, Batiemo TBJ, Manneh B, Ofori K, Danquah E. (2018). Rice fields chemical and physical properties and the implications on breeding strategies. *Advances in Agricultural Science* 6: 01-12.



国際人材

農学国際協力系学生団体の持続的な運営に向けた課題と人的資源管理

Challenges in human resource management for sustaining the activities of a student association in international cooperation for agricultural development

柴野 一真¹⁾・糟谷 亮太¹⁾・千葉 肇¹⁾・松島 瑞穂¹⁾・齋藤 輝¹⁾・国松 恭平¹⁾・
嶋 亮希¹⁾・長谷川英夫²⁾・ウイタカ アンドリュウ²⁾

Kazuma Shibono¹⁾, Ryouta Kasuya¹⁾, Hajime Chiba¹⁾, Mizuho Matsushima¹⁾, Akira Saitou¹⁾,
Kyohei Kunimatsu¹⁾, Takaki Shima¹⁾, Hideo Hasegawa²⁾, Andrew Whitaker²⁾

1) 新潟大学農学部
2) 新潟大学自然科学系

1) Faculty of Agriculture, Niigata University
2) Institute of Science and Technology, Niigata University

論文受付 2020 年 1 月 6 日 掲載決定 2020 年 1 月 16 日

要旨

本稿では、2019年9月に開催した国際学生フォーラムで浮上した新潟大学農学部公認グローバル人材育成サークルBRIDGEの持続的な運営に向けた課題と対応方法を(1)民間助成金、(2)人的資源管理、(3)国際協力に係る政府関係機関との連携という視点から述べた。民間助成金では、不採択に至る過程を分析し効果的な申請書作成に言及した。人的資源管理では、リーダーシップならびにスキルという視点から体制づくりを述べた。国際協力に係る政府関係機関との連携では、JICA研修生向けの英語教育コンテンツを本邦大学の学部生・大学院生が活用すること、教育コンテンツの拡充と更新の方策、JICA研修生と日本人学生の協同について提案した。BRIDGEはこうしたノウハウを全国の農学系学部生と共有し、私たちの反省を踏まえて円滑に運営される農学国際協力系学生団体が全国に立ち上がり、未来の農学国際協力人材の礎となる学生版JISNASの構築に向けた契機となることを期待している。

キーワード：農学国際協力人材、持続可能性、助成金、人的資源管理、学生版 JISNAS

Abstract. This article describes possible solutions to the challenges of (1) obtaining private grants, (2) human resource management, and (3) cooperation with government-affiliated agencies, which arose at an international student forum held by BRIDGE in September 2019. BRIDGE is a circle for global-minded students, which is recognized officially by the Faculty of Agriculture, Niigata University. We describe reasons why applications for private grants were rejected, and make suggestions for the preparation of more effective applications. Concerning human resource management, we suggest organizational structure of BRIDGE from a point of view of leadership and management skills. In regard to cooperation with government-affiliated agencies, we suggest Japanese university students and graduate students use English educational content for trainees belonging to JICA, and plan for the expansion and renovation of educational contents with collaboration between JICA trainees and Japanese students. By sharing knowledge and experiences with other Japanese agricultural students, we hope that student organizations related to agricultural international cooperation can be founded throughout Japan. This could be an opportunity to build a student version of JISNAS (Japan Intellectual Support Network in Agricultural Sciences) as a foundation for future resources in agricultural international cooperation.

Key words: Resources in agricultural international cooperation, Sustainability, Grant application, Human resource management, JISNAS Student Organization

1. はじめに

BRIDGEは、2010年7月にプトラ大学（マレーシア）で開催された世界農学学生会議(2nd IASS)と2011年3月に行われた新潟大学組織的教育プロジェクト（新潟大学GP）に参加した農学部生によって2011年4月に結成された¹⁾。2016年からBRIDGEは国際学生フォーラム（AUF：Agricultural yoUth Forum）を学生主体で開催するために、民間助成金の獲得、企画・運営に従事してきた。BRIDGEはAUFを通じて、(1)異文化コミュニケーション能力の向上、(2)国際的な相互理解、(3)専門知識の共有、(4)人的・知的ネットワークの構築を活動理念として、その深化と更新を図ってきた²⁾。

前稿²⁾では、過去3回にわたり開催したAUFの開催マニュアルを共有することで、全国の農学部生らが地域の特色のある国際学生フォーラムを開催し、農学国際協力人材の育成に向けた学生版JISNASを組織する契機となることを期待した。本稿は、2019年9月に開催した第3回AUFから、(1)農学国際協力に係る学生団体の持続的な活動の在り方、(2)BRIDGEにおける人的資源管理（リーダーシップ、スキル）の視点から浮上した課題と対処方法を共有することで、全国の大学で今後取組みが期待される同様な学生組織の実質化に向けた障壁を取り除くことを目的としている。

2. 国際学生フォーラムAUF

1) 趣旨

AUFとは、世界に日本の農業を発信し、同時に海外の農業を知ることで「農業分野の国際交流」を目的とした国際学生フォーラムである。主にアジアを中心とした海外の農学部生を新潟に招いて開催してきた。第3回の主題は、「持続可能なフードシステム～Stories on one plate～」であった。BRIDGEは食の持続可能性について各自専門分野を中心に学習を進めるとともに、参加国には食に関して日本とは異なる課題が存在することを踏まえ、私たち学生がこうした食料問題のステークホルダーであることを相互に理解し、持続可能なフードシステムの構築に向けて行動できることを目標とした。

2) 開催内容

開催内容を表1に示した。期間は2019年9月17日から9月23日であり、参加者は後述する助成金の制約から沿海地方国立農業アカデミー（ロシア）2名、国立台湾大学（台湾）1名、パンヤピワット経営大学（PIM:

Panyapiwat Institute of Management, 以下PIMと略記）1名であった。国立台湾大学の1名は、ルーヴァン大学（ベルギー）に本部を置くIAAS(International Association of Students in Agricultural and Related Sciences)を介した応募者であった。BRIDGEはIAASの日本支部を務めている。

(1) 1日目

9月17日、ロシアから2名の学生、台湾から1名の学生、タイから1名の教員が新潟大学に到着した。海外からの参加者は移動による疲労と緊張で当初硬い面持ちであったが、アイスブレイクとしてWelcome partyを開催した。ここでは日本の料理を紹介し、食事とともにしたことで参加者の緊張も和らぎ、交流を楽しむことができた。

(2) 2日目

9月18日、海外の学生による各国文化と経済事情を背景とした食料問題に関する発表の後、質疑応答を通じて各国の現状について理解を深めた。ロシアの学生は、「ロシアの持続的なフードシステムの形成」、台湾の学生は「台湾の農業事情」、タイの教員は「PIMと研究内容」、日本の学生は「食に関する国際協力活動」ならびに「日本の食の特色」を紹介し、活発な質疑応答を行った。

特にロシアの発表は、日本海側に位置する新潟大学の学生として、対岸に位置するロシア極東の農業の未来に初めて触れ、日本と同様な問題を抱えていることを実感し、相互に補完可能な農業の発展について考える契機となった。

農学部長の表敬訪問を終えた後、文化交流を目的としたカルチュラルナイトを行なった。日本の料理やいがた総おどり、日本の伝統的な遊び、文化を体験できるような企画した（図1）。海外参加者は自国のお菓子を持ち寄っており、各国の食文化や嗜好について学ぶ機会を得た。

表1 プログラム概要

日程	プログラム内容
9月17日	来日、Welcome party
9月18日	カンファレンス カルチュラルナイト 表敬訪問
9月19日	フィールドトリップ1 NPO法人「赤とんぼ」、(株)新生バイオ
9月20日	フィールドトリップ2 粋男会、JETRO新潟
9月21日	ワークショップ
9月22日	関川村観光、Farewell party
9月23日	帰国

(3) 3日目

9月19日、「持続可能性」をキーワードとして、生産・加工ならびに経済活動の各分野でユニークな活動に取り組む地場企業を訪問するフィールドトリップ1に向かった。

1日目は生産分野としてNPO法人「赤とんぼ」、食品加工分野として(株)新生バイオを訪問した。NPO法人「赤とんぼ」は有機農業を推進して、有機栽培農家と消費者を結ぶ団体である。動植物や自然環境との共生関係を大切に、地球と人間に優しい有機農業を広め、環境保全に寄与することを活動目標としている。同法人は日本農林規格登録認証機関の認可を得て、有機農産物の認証機関としても機能している。ここでは有機農法の効果やメリットについて学んだ。(株)新生バイオは、規格外として廃棄される農作物を粉末やペースト状に加工することで乾燥チップス、乾燥パウダー、ペーストを製造し販売する企業である。フードロスを解決する加工技術はSDGsの観点から重要である。ここではセラミックを使った食品乾燥、水質維持について学んだ。

(4) 4日目

9月20日、フィールドトリップ2日目は生産分野として粋男会、経済活動分野としてJETRO新潟を訪問した。粋男会はグローバルGAP団体認証を取得しているグループである。ここでは日本のグローバルGAPの仕組みや現状を伺った。海外参加者は自国のGAPに関する現状と対比しながら日本のGAPについて学ぶことができた。ここでは、(1)目先の利益の追求が顕著であること、(2)GAPや有機農業に対する漠然とした認識、(3)GAPに対する誤った認識が日本での認知の障壁であることを知り、多くの要素が関係した深刻な問題であることを痛感した。

JETRO新潟は地場産品の輸出を通じた産業振興に取り組んでいる。企業の海外展開支援のために商談会を開催することを業務の一つとしており、国際的な視野を持ちながら地域でも活躍できる人材が活躍する場として有意義であった。

(5) 5日目

9月21日、関川村観光では酒造業・廻船業から始まり、大名貸しや新田開発で財を成した豪商・豪農である渡邊邸を見学した。伝統的な家屋の構造、国指定名勝の庭園、土蔵などから関川村の伝統、歴史について学んだ。昼食には、雑穀栽培に取り組む生産者が集まった「つぶつぶ栽培者ネット」のメンバーである「おおしま農縁」を訪問し、雑穀を使った料理を堪能した。関川村の観光資産である「えちごせきかわ大したもん蛇まつり」の起源や慣習についても学んだ。村民がそれぞれの集落で竹と藁を使い大蛇を作る。大蛇の作り方を習い、制作を体験することができた(図2)。関川村観光は、農家の手伝い、農家との親睦を深めることを目的とした学生サークルにも所属するBRIDGE構成員が築いた人的ネットワークが契機となり実現した。

(6) AUF総括

今回のAUFでは、BRIDGEが目標とする「農学の専門性を高める」という点で有意義なフォーラムであった。参加国のフードシステムをカンファレンスで共有し、フィールドトリップで現場に赴き知見を広げたのち、ワークショップでフードシステムの現状と課題について議論を深めることができた。海外の学生と交流することで参加国から見た日本のフードシステム、参加国のフードシステムを学び、多角的な視点に立つことで見えてくる問題点や解決策があることを体感できた。



図1 カルチュラルナイトで書道体験
(左：ロシア学生, 右：タイ教員)



図2 竹と藁で大蛇の制作体験

第3回AUFを通じて、BRIDGEに内在するいくつかの課題が顕在化した。それらは英語運用能力、フォーラム運営である。後者については次章で詳述する。AUFでは日常生活に比べて英語を使う機会が多く、食事の会話、フィールドトリップ視察先から受けた説明を海外学生らに迅速に英語で説明することが難しかった。英語運用能力の底上げはBRIDGE設立以来の課題である。その解決には多くの時間と労力を要するが、その意識を共有してモチベーションを維持することで語学力の向上に励む仕組みづくりに励みたいと考えている。

3. 農学国際協力系学生団体の持続的な運営に向けた課題とその対応策

BRIDGEの活動の柱であるAUFを開催する過程で持続的な運営という視点からさまざまな課題が浮き彫りになった。その課題と対応策を以下に整理した。

1) 民間助成金

農学国際協力系学生団体を持続的に運営するにあたり、特に国際学生フォーラムを開催する場合、運営資金が必要となる。従来BRIDGEはAUF開催に際して、財源の大半を民間助成団体から獲得する助成金に依存していた。第3回AUFでは、複数の助成金申請が不採択となったことから、収入は海外参加者から徴収した参加費と1件の助成金のみとなり運営面で支障をきたした。

不採択の原因としては、当該団体にとってBRIDGEの過去の実績が十分に伝わらなかったことが考えられる。前年度の助成金申請担当者および先輩らの経験知を十分に継承できなかったことも指摘できる。こうした事態を繰り返さない方策として、AUF後に(1)構成員による振り返りレポート作成、(2)海外参加者と視察先からのフィードバックを活動報告書として取りまとめ、引き継ぎ資料とした。

民間助成金を想定した資金獲得は不安定であり、代替案の検討とともに民間助成団体の選定を早期に進め、申請書に着手することが望ましい。同一団体に継続して助成金を申請する場合は、申請が再び受理される可能性は前年度よりも小さくなることを想定すべきである。

2) 人的資源管理

(1) リーダーシップ

設立時4名であったBRIDGEは、2019年度に約60人

の構成員を抱えるに至った。そのためリーダーには、幹部層から新入生までを動かすリーダーシップ、農学国際協力活動に対する意欲の強さに応じてタスクを配分するバランス感覚が要求された。トラブルの解決方法を冷静に分析し、その解決に向けたタスクを同期や後輩に振り分けることが難しく、一人で抱えてしまう傾向が見られた。BRIDGEの活動を積み重ねることで得られる経験知を後輩へ余すところなく引き継ぐ手段が未熟であり、世代交代の度に振り出しに戻る場面もあった。

リーダーの視点から振り返れば、同期や後輩といった「フォロワー」が自律的に行動できる環境づくり、意欲のある人材を学年に関係なくサブリーダーに登用するなど、組織の流動性とともによりがいと責任を自覚できる体制の構築が必要であった。さらに、年間の活動計画を組織全体で共有し、目標達成に向けて計画的に活動できる組織が求められる。

(2) スキル

BRIDGEの主な資金源は民間助成金であり、採択される申請書を作成するには一段と高い文章力が要求される。具体的には、(1)活動実績を十分にアピールしているか、(2)その実績を踏まえて、より発展させる魅力的な提案であるか、(3)独創的な活動であるか、(4)活動の社会的意義は十分に伝わるか、などについて論理的な文章の組み立てが求められる。アカデミックライティングやスタディスキルズと称される大学初年次教育向け講義あるいは演習科目を活用して、文章力を陶冶する仕組みづくりが期待される。魅力的なコンテンツを生み出す創造力やそのコンテンツの魅力を余すところなく伝えるプレゼンテーション能力も必要である。

3) 国際協力に係る政府関係機関との連携

BRIDGE顧問として約10年間、農学の視座から国際的な視野を持ちながら地域でも活躍できる人材を育むことに従事した経験と反省を踏まえ、大学と国際協力に係る政府系関係機関が協同して農学国際協力人材の育成にあたる方策を以下のように提案したい。

(1) 研修生向け教育コンテンツの利用

JICAが開発途上国の研修生向けに蓄積してきた教育コンテンツは、農学を志す学部生や大学院生にとって専門性にも配慮した質の高い英語コンテンツである。これらを各大学で利用できる仕組みが欲しい。例えば、JICA本部に設置したサーバーから教育コンテンツをオープンコースウェアとして配信し、各大学附属図書館マルチメディア室での利用あるいは講義での利活用を促

進する。

(2) 教育コンテンツの拡充と更新

JICA 開発大学院連携において、農学分野でも基幹となる国内大学・大学院で授業科目の開発が進められている。研修内容の多様化に伴うコンテンツの拡充や更新を目的として、大学生の視点を取り入れた教育コンテンツに関するコンペ開催を提案したい。地域の特色を活かしたコンテンツが拡充していけば、日本人学生と研修生の双方にとって日本の農業を俯瞰する機会となる。

(3) JICA 長期研修生と日本人学生との協同

JICA 長期研修生と日本人学生が地場企業の特徴を取り入れたコンテンツ作りで共同することを提案したい。開発途上国の農業農村開発と市場へのアクセスを包括的に理解する教材に仕上げる過程で未来の農学国際協力人材の育成につながることを期待される。企業側の視点を取り入れることができれば、地域の特色を生かした本邦中小企業の海外展開支援の契機ともなる。

4. 総括

本稿では第3回 AUF を振り返り、その過程で明らかになった運営上の課題を考察することで BRIDGE の今後の活動の在り方を述べた。この考察を全国の農学系学部・大学院で学ぶ学生らと共有することで、BRIDGE の反省を踏まえた円滑な運営がなされる学生団体が全国に立ち上がり、学生版 JISNAS の結成に向けた契機となることを期待している。BRIDGE はそのフロンティアとして国際協力に係る関係機関と連携して、未来の農学国際協力人材の育成に貢献していきたい。

謝辞

第3回 AUF を開催するにあたり視察を快く受け入れて下さった NPO 法人「赤とんぼ」、株式会社新生バイオ、粋男会、ジェトロ新潟、おおしま農縁、その他多くの方にお世話になりました。ご協力をいただいたすべての方々にここに記してお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 山田将慶, 白石景子, 櫻井盛太郎, 長谷川英夫, ウィタカ アンドリュウ『学生が主体となった新潟発の国際プログラムはどのように成功したのか』農学国際協力, 16, 65-74, 2018
- 2) 嶋 堯希, 鈴木真由, 国松恭平, 長谷川英夫, ウィタカ アンドリュウ『学生版 JISNAS の組織化に向けた農学部生のための国際学生フォーラムの開催マニュアル』農学国際協力, 17, 41-47, 2019
- 3) IAAS 本 部 <https://www.iaasworld.org/network/> accessed in 29 December 2019.
- 4) NPO 法人「赤とんぼ」<http://www.akatonbo.or.jp/> accessed in 29 December 2019.
- 5) 株式会社新生バイオ『クリーンセラミカ・インデックス』http://www.shinsei-bio.com/old/clean_ceramica/index.html accessed in 29 December 2019.
- 6) 株式会社エヌ・オー・エス『新潟県新潟市【いけめん米®プロジェクト】』<http://www.nos-1st.co.jp/ikemen/about.html> accessed in 29 December 2019.
- 7) ジェトロ (日本貿易振興機構)『ジェトロ ジェトロの取り組み』<https://www.jetro.go.jp/jetro/activities/> accessed in 29 December 2019.
- 8) 新潟県関川村役場 - 岩船郡『渡邊邸 (国指定重要文化財)』<http://www.vill.sekikawa.niigata.jp/tourism/155/156/index.html> accessed in 29 December 2019.
- 9) チームつぶつぶ『つぶつぶ』<https://tsubutsu.jp/community-team/> accessed in 29 December 2019.
- 10) 新潟県関川村役場『えちごせきかわ大したもん蛇まつり』<http://www.vill.sekikawa.niigata.jp/tourism/209/index.html> accessed in 29 December 2019.



国際人材

国際機関で働く魅力

～農林水産分野で学位を目指す方々のキャリア形成のために～

Charms of international organizations for career development of academic researchers who seek doctor's degree in the field of agriculture, forestry and fisheries

山田 英也

Hideya YAMADA

(独) 国際協力機構 (JICA) 前上級審議役 (現: 農林水産省北海道農政事務所)

Former Vice President for Food, Agriculture and Nutrition, Japan International Cooperation Agency (JICA)

Present: Hokkaido Office, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

論文受付 2020 年 1 月 5 日 掲載決定 2020 年 1 月 18 日

要旨

本稿では、学位を取得しようとして（或いは、取得された）方々のキャリアパスの選択肢として国際機関を積極的に考えていただくことを目的として、国際機関事務局の業務の実態について紹介する。国際機関事務局の職員となれば、世界の人々が安全で幸せな生活を送れるよう、政策立案、情報提供、現場活動等の幅広い分野において、専門分野の知識を現場で活用する、プロフェッショナルでダイナミックな仕事師集団の一員となる。その活動においては博士号を有していることが有利であり、国際機関の勤務経験は人脈構築に繋がり、個人のキャリア形成上も貴重な財産となる。途上国の開発を行う国際機関においては、様々な農林水産分野のポストがあり、専門分野に合ったポストも比較的見つけやすい。

キーワード：国際機関、キャリアパス、博士号、専門性、考えの軸

Abstract. This article is to explain the work of secretariat of international organizations with a view to recommend researchers who are about to or have earned doctor's degree to choose international organizations positively as their career path. Once he/she joins the secretariat of an international organization, he/she can work as a member of the dynamic and capable professional group who apply their expertise in wide range of areas such as planning policy, providing information, and operating in the field for better livelihood of people in the world. Holding a doctor's degree works to his/her advantage for working at an international organization, and the experience of working for an international organization creates valuable asset for developing his/her career. Various posts are available in the field of agriculture, forestry and fisheries at development organizations, and it is relatively easy to find posts suitable for his/her professional areas.

Key words: International organization, Career path, Doctor's degree, Specialization, Axis of thought

1. はじめに

私は過去に計6年間、ローマの在イタリア日本国大使館に籍を置き、日本政府の代表として、ローマに本部を置く食料・農業関係の国際機関^(注1)の活動に関する

様々な多国間の議論に参加しました。その後、(独)国際協力機構(JICA)の職員として、二国間の農業分野の国際協力に携わる中で、国際機関との連携強化の取組に携わりました。これらの機会において、私は日本政府機関の職員として国際機関を外から見る立場で、国

際機関で働いた経験はありません。しかし、これまでの経験から、学位を取得しようとされている（或いは取得された）方々のキャリアパスの選択肢として、国際機関の事務局をもっと積極的に考えても良いのではないかと思うようになりました。そこで、本誌をお借りして「国際機関で働くとは、どういうことか」について私を紹介させていただくことといたしました。

なお本稿では、国際機関で働くことを考える場合に、読者の方々がご関心を持ちそうな具体的なポイントを中心に紹介し、国際機関そのものの説明は簡潔に留めました。また、国際機関のポストに関する実務的な情報、例えば空席情報、応募方法や国際機関に勤務する方々の体験談等は、外務省国際機関人事センターのウェブサイト^(注2)等に豊富な情報が掲載されていますので、是非そちらもご参照下さい。

2. 国際機関とは何か

ーローマに本部を置く食料・農業関係の国際機関を例としてー

国際機関は、大きく分けて、国連機関と国連傘下にはない政府間機関がありますが^(注3)、いずれも、有志のメンバー（多くの場合、政府機関）が集まり、協調して世界の人々の暮らしを安全で快適にするために活動しています。活動内容を決め、行動するのはメンバーであり、事務局はその活動を支えるために設置されています。事務局の職員は様々な国籍の人が集まっており、母国の利益という立場を離れ、国際人として「世界益」のために働く、尊い仕事です。本節では、私が担当した、ローマに本部を置く食料・農業関係の国際機関を例として、国際機関及びその事務局員の業務の大まかなイメージをご紹介します。

(1) ローマに本部を置く食料・農業関係の国際機関の概要

私が担当した、イタリアのローマに本部を置く食料・農業関係の国際機関は、世界の飢餓と貧困をなくすために活動する点は共通ですが、生き立ち、活動内容やアプローチは多様であり、ごく大まかには以下のとおりです。なお、これらの機関は、本部はローマにありますが、アジア・アフリカといった地域の拠点となる国に、当該地域を統括する地域局を置いたり、更には国毎に事務所を置くことによって、現場のニーズに根差した活動を迅速に行える体制をとっています。従って、職員の勤務地も様々です。

① FAO：1945年、国連の専門機関として発足。現

場での農業技術の提供、世界の農業開発政策や国際規範の策定、統計等の情報提供を行う。

② WFP：1961年、国連とFAOの決議により発足。食料等を用いた現場での緊急・人道支援や開発支援を行う。

③ IFAD：1974年、国連の専門機関として発足。開発途上国の農業農村開発のための資金の貸付けや贈与を行う。

④ Bioversity International：1974年、国際農業研究協議グループ（CGIAR）に属する研究機関の一つとして発足。植物遺伝資源の多様性確保のための研究を行う（国連機関ではない）。

(2) 国際機関事務局員の仕事の大まかなイメージ

ここで、上記の機関を例に、国際機関事務局員としての仕事の大まかなイメージをご紹介します。

① FAO、WFP、IFAD

FAO、WFP、IFADは国連傘下の機関で、貧困削減のため、国際的な行動の枠組を作ったり、農産物の生産や病害虫の情報や統計データを発信したり、途上国の政府や農民と一緒に現場で開発活動を行ったり等々、幅広い活動を行っています。これらは行政官の仕事と思われるかもしれませんが、それぞれの分野毎に専門家がっており、その多くは関連分野の博士学位を有する人達です。日本では、つぶしの利く人は「ジェネラリスト」と言われ、それ自体がキャリアですが、国際機関では、いずれかの分野の「スペシャリスト」であることが求められ（プロフェッショナル・スタッフと呼ばれます）、専門分野を持たない人は庶務などの支援スタッフ（ジェネラル・スタッフと呼ばれます）として働くこととなります。これに鑑みれば、国際機関は、専門分野の学位を有している方々が、それを活かして仕事ができる職場と言えるのではないかと思います。

② Bioversity International

Bioversity Internationalは、研究者の組織です。CGIARに属すると申し上げましたが、CGIARは、これまで緩やかなグループとして機能しており、小麦、米、魚、熱帯農業など分野毎の15の研究機関が参加していますが、各研究機関の活動は基本的に独立しています。それぞれが途上国の現場に密着した研究を行い、農業技術改良や小農の貧困削減等様々な知見を提供しており、基礎研究よりも現場で適用できる実践的な技術や政策の研究を重視しているのが特徴といえるでしょう。Bioversityは、植物遺伝資源の多様性確保を通じた途上国の農民の生計向上を目的としていますが、近年は

フードシステムの持続性といった観点に広げて活動を展開しています。CGIARの機関は、研究者としては身近に感じられる機関ではないかと思います。

3. 国際機関で働くということ

本節は本稿の中心です。前節でご紹介した国際機関に限らず、一般的に国際機関の事務局員としての仕事を、読者が関心を持つと思われる具体的なポイントを中心に紹介します。

(1) 国際機関の事務局とは？その職員となる魅力は？

国際機関の活動は、メンバーが総会や理事会といった意思決定機関で決定した内容に基づいて、メンバーなどから拠出された資金を使って行われます。その内容は、例えば、「世界各国の農業生産高についての統計を整備しよう」、「A国が干ばつで農業生産が壊滅したので、至急食料を届けよう」、「世界の水産資源の持続的利用のため、ガイドラインを作ろう」、「地球温暖化に与える影響を少なくする農法を普及しよう」等々、実に様々です。事務局はこうした様々な業務の実行部隊であり、その専門的な知見、技能や経験を動員し、メンバーが決定した事項の細部を詰め、実行できる形に仕上げていきます。

こうした業務は、メンバーのイニシアチブを実行する受け身のものもありますが、能動的な業務、すなわち、専門分野の知識を活かして世界の動向や課題を捉え、国際社会が行動すべき事項をメンバーに提案し、承認を得て実行する、といった業務の方が、むしろ主体です。

つまり、国際機関の事務局は、その機関が担当する分野についてのプロフェッショナル集団であり、かつ、その専門知識や理論を、机上ではなく現場で実際に適用する、ダイナミックな仕事師集団なのです。

勿論、幅広い業務を事務局員だけでこなすことは不可能なので、外部のコンサルタント、大学の先生、メンバー国政府機関の専門家、民間企業、NGOなど、様々な関係者と協力して取り組んでいます。すなわち、多くのステークホルダーとのネットワークを有する、開放性に富んだ柔軟な組織であるとも言えます。

国際機関の職員となるということは、このように、幅広い関係者とのネットワークの中で、専門知識を現場で活かす、ダイナミックな業務を行う仲間の一員となる、ということなのです。自分の専門分野以外の専門家とも多く交流することになり、現場を訪問する機会も多くありますので、その知的刺激は大きいと思います。

(2) 具体的な業務の内容は？キャリア形成に役に立つ？

業務内容は実に様々ですが、大きく二分すると、①途上国の現場で一般の人々や現地の政府職員に直接触れ合いながら支援活動をする、②機関の本部オフィスで基本政策を立案する、に分けられます。いずれにも共通しているのは「人々の役に立つ」ということで、例えば、生分解性新素材を開発するとか、新たな所得分配理論を考案するとかいった基礎的な研究面での貢献よりも、実際に現場に適用できるアイデアを考えることの方に重点があると思います。勿論、CGIARグループの機関のように研究を主とする機関もありますが、いずれにせよ、現場において効果的であるか、コストや時間の面で効率的であるか、といった現実的な物差しの下で仕事をする点が特徴です。

また、人材の流動性は比較的高く、専門性の高い職種（エコノミスト、法律家、獣医官など）においては、国際機関と大学、あるいはNGOや民間企業も含めて、転職しながら仕事をする例もしばしば見られます。また、キャリアアップや専門分野を広げるために、一旦国際機関を離れて大学で学んだ後に、改めて国際機関のポストを得て戻ってくる例も見られます。さらに言えば、数年毎の異動を必須とする機関も増えてきているようです。年功序列で昇進するシステムではなく、キャリアアップのためには自ら希望して異動していく必要があるため、このような流動性が生じる面もあるのでしょうか。いずれにせよ、人事の流動性が高いため、仮に一生を賭ける覚悟がなくても、キャリアの中に国際機関を組み込むことは柔軟にできると思います。また、多くの人が異動していく中で様々な人たちとの交流ができますので、その中で得られる人脈は、個人としても貴重な財産になると思います。

(3) 国際感覚が必須？

「国際感覚」といっても曖昧なもので、それよりも、「自分の考え方の軸が必要」と申し上げたいと思います。国際機関の職員である以上、国際社会のために働くのが使命ですが、完全に無色透明で仕事をするのではなく、「自分はどうか考えるか」という軸を持っていることが必要だと思います。勿論、特定の国への利益誘導をすることは許されず、中立であることが求められます。しかし、メンバーがコンセンサスに達するにはどのような方向性を打ち出すのが適切か、様々な情報を基に判断するバランス感覚が求められますので、そのためにも、基準となる考え方の軸が必要だと思います。多くの場合、日本は主要な資金拠出国であることもあって、

日本がどう考えるか？日本に支持してもらえるか？といったことは、事務局内でも関心事となり、日本人職員として意見を求められることも多いようです。つまり、個人的にも、あるいは周囲からも、日本人であることを意識させられながら、グローバルな問題で国際社会が協調して行動するためにはどうすればよいか考える、ということになります。

また、気候変動や自然災害への対応のような、国境で区切ることのできない業務も増えてきています。このような課題については、メンバーが様々な意見をぶつけ合う中で、一緒に行動できる方向性を模索していくことになり、事務局もそうした多様な意見に柔軟に対応できることが必要です。そういう発想の柔軟性も必要でしょう。

(4) 博士号は役に立つ？

博士号は役に立ちます。長い目で見れば、国際機関でプロフェッショナル・スタッフとして十全に活動するための資格の一つとさえ言える、と申し上げておきましょう。ポスト募集の際には、当該分野のプロであることが求められ、それを証明するために、学歴、職歴、語学力、健康などの要件が課されます。学歴については、多くのポストで修士以上が要件になります。では苦労して博士まで修得する必要はないかという、やはり博士であることが望ましく、修士はあくまで最低ラインで、上位のポストになるほど、実態として博士を有している人が多くなり、仕事で付き合う相手も博士が多くなります。こうした場合、博士号を有していることに対して周囲から敬意が払われ、自分の発する意見にも箔がついてきます。

勿論、修士でも活躍している人は大勢います。しかし、博士は当該分野のプロであることを客観的に示す武器であり、仕事で付き合う相手に気後れせず、自分の意見にきちんと耳を傾けてもらうためにも、博士を有していることはアドバンテージになる、というのが私の実感です。

給与面では、修士が要件とされているポストについて、博士号を有していても、給料が上乘せされることはありません。しかし、多くのポストで当該分野の実務経験を求められ、上位ポストになるほど当該分野で長く実務経験を積んでいることが求められるのですが、博士を有していれば実務経験年数が短くてもOKという場合もありますので、若くして上位ポスト（＝高給）に就けるチャンスが開ける、という面もあると思います。これらを考えると、採用後も含めた長い目で見れば、

博士号は、プロフェッショナル・スタッフとして国際機関で遺憾なく能力を発揮し活躍するために、アドバンテージであることを超えて必要条件である、と言っても過言ではないと思います。

なお、日本国内ですと、どの大学で学位を得たか、どの先生に指導を受けたか、が後々付いて回る印象がありますが、国際機関では、大学名や指導教官は日本ほどの影響力はない印象です。世界には無数の大学があるのですから、大学のランクなどで一律に比較できないのは、当然と言えば当然ですし、様々な国の出身者が集まっていますので、出身校もまちまちで、学園のようなグループができるほど同一大学の出身者が集まることはない、という面もあるのでしょうか。強いて言えば、欧米の有名大学の出身者が多い印象ですが、先述のように、自分の軸をもって思考することができることが重要で、それは日本の大学院でも十分訓練できると思います。自分の能力を示すのは学位であって出身校ではない、と考えれば良いでしょう。

(5) 農林水産分野のポストは少ないのでは？

むしろ多いと思います。世界をより良くするために働くということは、開発途上国の人達のために働くことが多くなり、そうした途上国は主要な産業が農林水産業であることが多いため、必然的に農林水産関係のポストは数多くあり、自分の専門に合ったポストを見つけやすい、と言えるでしょう。また、最近では国際機関の業務が多様化してきており、例えばIAEA（国際原子力機関）が放射線を使って貧困層の栄養状態の測定を行う等、意外な機関で食料・農業の知識が役立つことがありますので、広い選択肢を持ってポストを探すことが可能です。なお強いて言えば、例えば育種が専門であったとして、A国の国民の嗜好に合う品種に改良できるか、収穫後のロスをどのように最小化するか、といった、フードシステム全体の中で自分の専門を考えられるような、広い視野が必要と思われる。

(6) 空席ポストに応募しても倍率が高く、競争が激しいのでは？

空席ポスト1つに1,000通を超える応募書類が届くこともあるそうですから、見かけ上の競争が激しいのは否定できないでしょう。ただし、1人で沢山のポストに応募していることが通例ですし、要件に見合った能力のある人は実はそれほど多くないので、実質的な倍率はずっと低く、最初の段階の書類審査で大幅に絞り込み、次の段階の面接対象者はごく少数数になるのが普

通です。これがいわゆるショートリストで、ここに乗ってからの本当の選考過程です。上位ポストになると出身国の政府から国際機関に採用の働きかけがなされることもあり、事務局としてもメンバー国との関係に鑑み、政治的な配慮がなされることもあるようです。日本政府も、国際機関の日本人職員を積極的に増やそうという方針ですので、応募の際には外務省（国際機関人事センター）に相談されるとよいでしょう。なお、35歳以下の方を対象に、日本政府が人件費を負担して国際機関に派遣する制度（JPO(Junior Professional Officer)派遣制度）もあります。

なお私は、日本人にはアドバンテージがあると思っています。国際機関事務局の職員の属性は多様であることが良しとされますが、ともすれば大ドナーである欧米、そして国の数として多数を占めるアフリカ等の途上国への配慮がなされがちな環境の中で、「アジアの先進国」である日本人はユニークな存在で、多様性をもたらす格好の人材です。それにも拘わらず日本人職員はまだまだ少ないので、いい日本人がいたら採用したい、という声はあちこちで聞きます。さらに、女性に活躍の場を広げようというのが世界的な流れですので、日本人女性は更に有利です。当然ながら、日本人というだけで下駄を履かせてもらえるわけではありませんが、少なくとも高倍率に驚いて委縮される必要はありません。

(7) 採用されても身分が不安定なのは？

一旦採用されれば終身雇用、というのではなく、ポストには1～2年間の任期が定められているのが通例です。また、各国政府から国際機関に拠出される予算の伸び悩みを反映し、ポストが廃止されたり、ポストは維持されても、他の廃止されたポストの仕事が追加されたりすることもあります。

これを聞くと、ブラックな感じがして、日本の組織の方が安定していると思われるかもしれませんが、特に国連機関の場合、職員組合の力も強く、通常に仕事をしていれば契約は更新され、容易には解雇されません。ただし、昇進するためには新たなポストを得る必要がありますので、職員の方々は、日頃から人脈を培って、空席になりそうなポストの情報を得たり、自分の業務の業績を上司や周囲にアピールしたりと、様々な知恵を働かせているようです。

私の印象では、一般に日本人は、仕事の期限を守る、仕事内容に一定のクオリティが期待できる、上司をリスペクトし、ハウレンソウ（報告・連絡・相談）をきちんと行う、といったように、信頼の目で見られること

が多いようです。日本で社会人として通用するなら、国際機関ではそれよりも高く評価されるのではないのでしょうか。

(8) 給与が安いのでは？

給与の多寡は考え方によるでしょう。国連機関の場合、給与や活動費は国連の規程に基づき支払われますので、例えば、あるドナーから大口資金の獲得に成功したからといって給与がアップすることはありませんが、逆に言えば、固定給ですので、機関の財政状況が苦しくとも給与がカットされることはありません。国連機関の場合、給与に任国の税金が課税されず、額面がそのまま手取りになるというメリットもあります。

私の印象では、給与もさることながら、国際条約に基づく身体の不可侵といった特権や、購入品の免税など、身分保障や福利厚生が手厚いと感じます。さらに申し上げると、家族を大事にする共通理解があり、例えば、学校の放課後、スクールバスで子供を職場に連れて来てくれて、子供と一緒に帰宅する、といった光景を目にしたこともあります。

(9) 日本人は語学のハンディがあり、不利では？

ほぼ全ての国際機関で日本語は公用語ではありませんので、日本語を母語とする我々にとっては、公用語を母語とする人々と比べてハンディキャップがあることは否めません。ただし、仏語圏・西語圏の国は別として、ルール上は国連機関では国連公用語を2か国語以上でできることが要件とはいえ、実態として殆どの業務が英語で行われているようです。ですから日本人の場合、採用時点では英語さえ出来れば、他の公用語のレベルは、採用後勉強することとしてある程度大目に見てもらえる場合もあるようです。実際、働いている職員の英語力も個人毎に見ると様々で、ネイティブであっても米国、英国、インド等々様々なバージョンがありますし、英語を母語としない人たちはお国訛りの混じった様々なアクセントの英語を話しており、そのレベルや流暢さも様々です。ですから、ジャパニングリッシュであっても、全く気後れすることはないと思います。また、専門分野の業務ですから、使われる語彙もある程度範囲が限られていますので、慣れればそれほど苦にならないと思います。

さらに申し上げれば、事務局内及び公式の会議では公用語が用いられますが、業務の現場では実務上様々な言語が用いられています。例えば、大ドナーである日本政府とのやり取りには、日本語と日本式の仕事の

やり方に通じていることが必須で、日本人職員には有利です。これを反映し、国際機関の日本事務所の職員の多くは日本人です。

なお、これまでに申し上げたことを踏まえれば、語学力は業務の基礎として重要ですが、業務能力はそれだけで決まるものではなく、自分の考え方の軸を持ちつつ、皆が納得できる方向にまとめて物事を実行に移す行動力こそが重要、ということも、繰り返しておきたいと思います。

(10) オフタイムの過ごし方は？

これは人それぞれです。ステレオタイプとして、イタリア人は遊び好き、日本人は働き中毒、などと思われていますが、イタリア人でも、週末もオフィスに出勤して黙々と仕事をしている人もおり、一概に言えません。会議でメンバーの意見が対立して紛糾すれば、サンドイッチを頬張りながら真夜中まで働き続けることもあります。

間違いなく言えるのは、オンとオフがはっきりしており、区切りがつけば休暇をしっかりとることでしょう。任国によっては、セキュリティ上、休日でも安全の確保されたコンパウンドの中になければならない場合もありますが、決められた期間を働いた後は一旦任地を離れて休暇をとり、鋭気を養ってきます。定期的な帰国休暇もあります。気分転換が上手な人が多い印象です。

(11) 国際機関に興味を持った。では、どのような準備をすれば良い？

最低条件として英語は必須ですが、それ以外に特別なことは必要なく、自分の専門分野を深め、自分の人間性を磨き、それを応募書類や面接で表現することに尽きると思います。

国際機関には実に多様な人が働いており、どのような人にも活躍の場があると感じます。そういう多様性を受け入れ、楽しむ、といった懐の広さ、気持ちの余裕があるとよいでしょう。

応募の仕方の実務等は、冒頭の外務省HPなどをご覧いただければと思いますが、実際に国際機関への就職を目指すとして、空席情報を見て、書類を送って待つ

ていても、何も連絡が来ないかもしれません。運良く連絡があっても、選考作業が何か月もかかってなかなか進まない、という場合もあるでしょう。書類を送って待つだけでなく、国際機関の本部や日本事務所を訪ねてみる、まずはインターンや臨時のコンサルタントで働きながら人脈を作る、など、国際機関の観察を兼ねて、長期戦のつもりで様々なアプローチをしてみると、道が開けてくることもあると思います。

4. おわりに

以上、国際機関で働くとはどういうことか、につき、私見を述べさせていただきました。個人的な意見ですので、偏りもあるかもしれません。しかし、皆様が蓄積された学識を現場で活かし、国際社会に役に立つ、世界の人々の幸せに貢献する、ということは、とても尊く、やり甲斐がある仕事だと思います。読者の方々のキャリアパスの中で、是非その可能性を探ってみられることをお勧めします。

なお、本稿は主に若い世代の方々を念頭に置いた記述になっていますが、国際機関の幹部ポストの場合、50歳を過ぎて初めて国際機関に入って来られるケースもあり、ポストにもよりますが、就職に当たって年齢制限は無いと言ってよいと思います。ジュニアレベルのポストであれば、若い方々をOJT的に育成していく観点もありますが、シニアレベルになるほど、当該ポストに必要とされる即戦力を有しているか、という観点で判断されますので、能力さえあれば年齢は無関係、と言えると思います。

読者の皆様が、国際社会で専門を活かして大いに活躍されることをお祈りいたします。

【注】

(注1) FAO (国連食糧農業機関)、WFP (国連世界食糧計画)、IFAD (国際農業開発基金)、Biodiversity International (国際生物多様性センター)

(注2) <https://www.mofa-irc.go.jp/>

(注3) これら公的機関以外にも、非政府組織や民間財団がありますが、本稿の対象外とします。



JICA/JISNAS フォーラム報告

帯広—JICA 協力隊連携事業

帯広畜産大学にとっての JICA ボランティア事業の意義と課題

木田 克弥

Katsuya Kida

国立大学法人帯広畜産大学 教授

Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine

論文受付 2020 年 1 月 20 日 掲載決定 2020 年 2 月 14 日

1. 帯広—JICA 協力隊連携事業とパラグアイにおける活動

国立大学法人帯広畜産大学では、2005年2月に全国の大学に先駆け、獣医・農畜産分野の「国際協力に資する人材の育成」と「開発途上地域への国際協力」を目的に JICA と連携協定を締結し、本学学生を青年海外協力隊員として派遣するプログラム(タイ国やフィリピン国)や教員が専門家として参画する草の根技術協力事業(マラウイ国やパラグアイ国)、途上国からの研修員の受入れなどの事業を行ってきた。

2011年からは、これまでの連携活動をさらに発展させる目的で「帯広—JICA 協力隊連携事業」を開始した。現地における事業名を『イタプア県における小規模酪農家強化プロジェクト:FOPROLEI』とし、パラグアイにおいて大学の専門知識と技術を活用して小規模酪農家の生計向上を目指している。この事業は、小規模酪農家(乳肉交雑種数頭から手搾りしたミルクをペットボトルに詰めたりチーズに加工したりして直販)に対して飼料作物栽培、飼養・栄養管理、搾乳衛生、繁殖管理等について技術指導し、経営向上を図ることを目的とし、青年海外協力隊員として長・短期ボランティアをグループとして派遣するプロジェクトである。本学の卒業生や大学院生を長期派遣ボランティアとして派遣し、約2

年間、酪農家に技術指導を行う。さらに、在学学生を短期派遣ボランティアとして夏季および春季休業中の約1か月間派遣し、プロジェクトの進捗状況すなわち支援対象酪農家の乳量・乳質、繁殖、飼料給与、経営状況について半年ごとにモニタリング調査を行い、報告する活動を行っている。

2012~2018年の第1フェーズでは、合計で長期派遣ボランティア12名、短期派遣ボランティア33名を派遣し、プロジェクト目標である『小規模酪農家の乳量を増やし、酪農家は市役所等の支援の下、集乳所を設置し、そこに生乳を持ち寄り、ロットを増やすことで乳業会社に買い上げてもらう』ことを達成した。その成果によって、2018年からは隣接地域において第2フェーズ(6年間)の活動を展開している(図1)。

2. JICA ボランティア事業(FOPROLEI)における短期派遣ボランティアの活動

派遣が決定した学生は、派遣前研修として、約4か月間、スペイン語研修をはじめ酪農に関わる調査技術や自身のセキュリティおよび家畜防疫などについて教育訓練を受ける。特に、学生が JICA ボランティアとして自ら課題を見つけ対応(主体的取り組み)できるよう、赴任に際して敢えて教員は同行せず、活動の最初の約



図1 FOPROLEIの活動年譜と活動内容

1か月間は長期派遣ボランティアと短期派遣ボランティアだけで調査させている。そこで、スムーズに調査を開始できるよう現地の状況を想定した実践訓練を行っている。

現地での調査活動の基本は、搾乳立ち合いと聞き取り調査である。すなわち、朝の搾乳時に搾乳衛生、乳質検査を行い、併せて乳牛ごとに繁殖履歴を聞き取り、また、同時に行われる飼料給与に立ち会い、飼料の種類・量などを調査する。搾乳終了後は、経営状況(家計)についても聞き取りを行い、宿舎に戻る。宿舎では、収集したデータを整理し、特に、半年前の成績と比較して酪農生産性がどのように変化しているかを確認し、報告書にまとめる。そして、翌日午後、農家を再訪問して報告する。このような調査・報告を派遣期間中に3市12戸の農家に対して実施し、さらに、派遣の終わりには、すべての調査データを集計・分析して報告する最終報告会を開催している(図2)。

これらの活動は、原則としてスペイン語で行っている。そのため、現地においては、JICAパラグアイ事務所のサポートはもちろん、短期派遣ボランティアの日常生活、ドライバー、そして通訳として、日系人の方に昼夜を問わない全面的なサポートを頂いている。そして、大学から支援教員が活動の最後の約10日間に合流して最終報告会に向けたデータの取りまとめをサポートしている。

3. JICA ボランティア事業の意義

教育機関としての大学にとってJICA ボランティア派遣事業は、日本から遠く離れた場所でボランティア活動を体験させるというグローバル人材育成の観点から、正真正銘の実践教育であることは言うまでもない。大学独自で学生にこのような経験をさせることは、ノウハウや資金面から困難であるだけでなく、特に、途上国における学生の身体の安全保障は、大学だけでは不可能である。JICAが構築してきたセキュリティシステムがあるからこそ、安心して学生を送り出せている。

また、短期派遣ボランティアでは、限られた時間の中で高度なミッション遂行が求められるため、学生たちは、JOCVとして日本国から派遣されていることを自覚し、時差ぼけなど様々な困難があろうと目標を達成する責任感と集中力を磨くことができ、さらに、活動地域の酪農経営が向上してくるさまを目の当たりにすることで、学生であっても産業構造を変革できるのだという達成感と自信につながっている。加えて、現地の人々との交流を通して価値観の多様性や柔軟性を身に着けるなど、グローバル人材としての素養を高めることにもつながっている。なお、在学生による短期派遣ボランティアと大学院生による長期派遣ボランティアへの参加は、それぞれ授業科目(海外フィールドワーク)として単位認定している。

JICA ボランティア事業での体験は、卒業後の進路にも大きく影響しており、酪農新規就農に向けた海外農



図2 FOPROLEIにおける学生隊員の活動

業研修に参加、南米に勤務地がある国際的企業に就職、さらに大学院に進学して休学または長期履修制度を利用して本事業の長期派遣ボランティアに応募、あるいは、いったん就職して専門的スキルを習得してから再び参加するという好循環も生まれてきている。

また、この帯広-JICA協力隊連携事業の取り組みは、受験生にとっても一つの魅力になっているようであり、近年はこのボランティア派遣事業に参加することを志望動機にしている受験生も少なくない。

4. JICA ボランティア事業 (FOPROLEI) に対する大学の支援体制

学生ボランティア派遣に向け本学では各専門分野(スペイン語、家畜繁殖学、家畜栄養学、生産獣医療学、農業経済学)の教員で構成する支援委員会を組織し、学生の派遣前訓練とプロジェクトの推進に専門的立場から支援している。さらに、現地で市役所、県庁、JICAおよび大学で構成される会議(ステアリングコミティ)にも参加し、専門的立場からアドバイスを行っている。

5. 大学としてのJICA ボランティア事業における課題と対応

FOPROLEIでは、イタプア県および県内の3市に長期派遣ボランティアを4名、さらに半年ごとに短期派遣ボランティアを各4名派遣している。6年間続くプロジェクトに対し、2年ごとの長期派遣ボランティアと半年ごとの短期派遣ボランティアとを切れ目なく派遣することは必ずしも容易ではない。そこで、短期派遣ボランティアの派遣終了後は、活動成果を報告書として上梓するほか、日頃からこの活動を大学ホームページや学内にポスター掲示することによりPRしている。また、帰国報告会を開催したり、支援教員の授業の中で活動を紹介したりするなど、継続的な広報も行っている。さらに、派遣を経験した学生らによるパラグアイ式BBQ(アサード)に後輩学生を伴うことによる活動紹介も有効であり、短期派遣ボランティアの募集に際し、派遣を経験した学生の周囲(所属ゼミや部活)の学生からの応募が多いようである。

また、途上国とは言え学生が酪農産業発展のための技術支援を行い、成果を挙げることは容易ではない。そこで、専門知識を有する支援委員の教員が長期隊員からの質問に対応したり、支援教員自身が現地で課題

を収集して隊員の活動を通して解決方策を提案したりすることで、成果につなげている。

6. おわりに

帯広-JICA協力隊連携事業『FOPROLEI』は、帯広畜産大学の基本目標「食を支え、暮らしを守る人材の育成を通じて、地域および国際社会に貢献する」ことを達成するうえで、国内では到底なしえない素晴らし

い体験の場になっている。同時に、この事業は、現地酪農家の経営向上という成果が求められており、具体的な活動を行う大学の責任は小さくない。しかし、現地の取り組みは、農畜産学の単科大学である帯広畜産大学にとっては、得意とする分野であり、JICAおよび現地のニーズと帯広畜産大学の専門家集団および大学の人材育成におけるミッション、このすべてがマッチングしているのがFOPROLEIである。