



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

大塚啓二郎¹

概要

サブサハラ・アフリカ(SSA)での食糧の安全を保障し飢餓をなくすためには、主要農作物の単位面積当たりの生産性を向上させることが急務である。水稻はアジアから改良技術を移転できる可能性が高く、SSA における将来最も有望な主要農作物であることはこれまでも指摘してきた。この小論文では、実証研究の結果に基づき、SSA でコメの緑の革命が達成できていないのは、アジア全域で普及している基本的な稲作栽培技術が同地域ではまだ広く採用されていないためであると主張するものである。このため今後は、改良種子および化学肥料の使用だけでなく、改良した稲作栽培技術の採用による生産能力の拡大を促進するような制度・体制の確立に投資することが重要である。

¹ 「サブサハラ・アフリカにおける米生産拡大の実証分析」の研究チームメンバーである加治佐敬氏、木島陽子氏、真野裕吉氏、中野優子氏、櫻井武司氏、高橋和志氏の有用な意見と提案から大きな恩恵を受けた。またさらなる意見と提案に対し、畔上智洋氏、藤野浩次郎氏、藤田安男氏、城後倫子氏、山口尚孝氏に感謝する。

1. はじめに

サブサハラ・アフリカ(SSA)においては人口が急速に増加し、未使用の可耕地が次第に少なくなっていることを考えると、単位面積当たりの主要農作物の収量を増やすことで、食糧安全を保障し、アフリカ大陸で飢餓を減らすことが急務である(Holden and Otsuka 2014)。改良された生産技術をアジアから移転できる可能性が高い水稻が、SSAにおける将来最も有望な主要農作物であることはこれまでも多く指摘されてきたことである(Otsuka and Larson 2013, 2016)。実際、アジアの改良稲品種またはその子孫にあたる品種のいずれかが生産されているSSAの一部の地域では、単位面積当たりの水稻の収量は、熱帯アジアにおける収量より高いか同等であることが多い。つまりコメの緑の革命は、SSAの一部の地域ですでに始まっていると言える。しかし、コメの消費量が生産量よりも急速に増加しているため、アジアからSSAへのコメの輸入量が増え続けている。²現在はアジアからの輸入米は比較的安価だが、今後は人件費の高騰に伴いアジアにおけるコメの生産コストが増大することが予想され、現在の価格水準が維持される可能性は低い(Otsuka et al. 2016)。³

熱帯アジア地域におけるコメの緑の革命は、フィリピンの国際稲研究所が稲の最初の高収量近代品種(MV)、すなわち「奇跡のコメ」と呼ばれたIR8、を発表した1966年に始まった。以降、改良された近代品種が相次いで開発・普及され、熱帯アジアにおけるヘクタール(ha)当たりのコメの収量は2倍以上になった(David and Otsuka 1994)。Hayami and Ruttan(1985)やHayami and Godo(2005)によると、アジアにおけるコメの緑の革命は、温帯地域に位置する日本の集約的稲作技術や栽培方法を科学的に研究し、熱帯アジアに適用した結果実現した。そ

れから50年経ち、熱帯アジアで発展した稲作技術が、同じ熱帯に位置するSSAにうまく移転されていないのは不可解である。この小論文では、SSAで本格的なコメの緑の革命が実現されない理由を探る。これまでの研究成果からは、両地域とも熱帯に位置しているものの、アジアでは全域で普及している基本的な稲作技術がSSAでは普及していないことがわかっている。つまりコメの緑の革命を達成するには、近代品種や肥料の導入だけでなく、改良された栽培方法が必要なのである。改良されたコメの生産技術が普及しないのは、生産能力の拡大を促進するような制度・体制の確立への投資不足が原因であり、これがSSAでのコメの緑の革命が実現しない制約であるという結論に達した。

この小論文は、次のように構成されている。第2節では、アジアのコメ生産技術を採用したSSAの一部の地域において稲作の生産性が上昇していることを示し、熱帯アジアのコメ生産技術がSSAに移転できる可能性が極めて高いことを議論する。第3節では、コメの生産技術についての研修が提供された地域における稲作の生産性の伸びの持続可能性と、研修参加者から非参加者への新しい技術の波及効果を分析する。第4節では、生産能力の強化以外でSSAにおけるコメの緑の革命を推進するための新しい戦略、灌漑投資の潜在的利益、トラクターの導入、精米技術の改良等を提案する。

2. アジアの技術の移転可能性

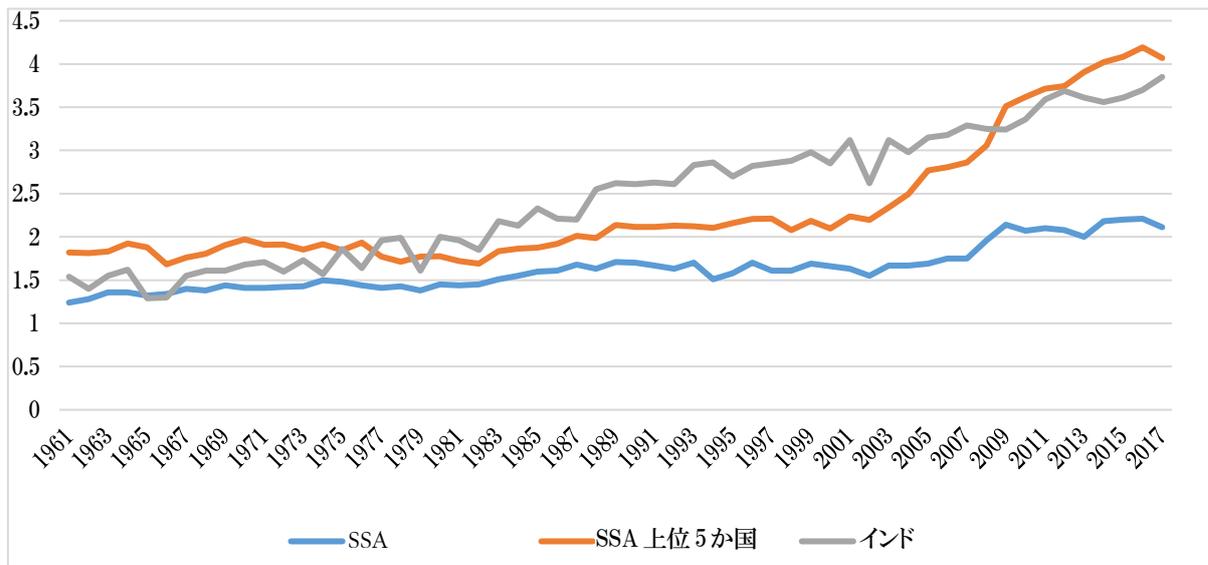
図1に示されるように、SSAにおけるha当たりの稲の平均収量は、今世紀に入って数年たってから著しく増加し始めた。緑の革命が始まる以前の熱帯アジアでは稲の収量が完全に停滞していたことを考えると、これは一部の地域で緑の革命技術を採用し

たことは言及する価値がある。

³ 機械化による人件費削減は可能だが、多くのアジア諸国では農地規模が小さすぎるため、大規模な機械化を導入できない。

² 独立行政法人国際協力機構(JICA)と「アフリカ緑の革命のための同盟(AGRA)」により組織され、多くの国際機関と23のアフリカ諸国が参加する「アフリカ稲作振興のための共同体(CARD)」が、SSAにおけるコメ生産の拡大に大きく貢献してきた

図1： SSA、SSA 上位 5 か国、インドにおける稲の平均収量の変化



出典：FAO-STAT(2017)

注：SSA 上位 5 か国とは、ケニア、ルワンダ、ニジェール、ブルンジ、マダガスカルである。

たことによる増加と考えられる(Hayami and Otsuka 1994)。実際、SSA と気候が比較的似ているインドでは、1960 年代初め稲の収量は停滞していた(図1 参照)(Tsusak and Otsuka 2013a, 2013b)。SSA でも、2000 年以降コメの緑の革命が一部の地域で始まっていることを予兆させるものがある。実際、SSA で最も生産性の高い上位 5 か国の稲の収量は 1980 年代初めに増え始め、⁴近年ではインドの収量とほぼ同じか若干高くなっている。これらの国では水田の半分以上は灌漑があり、アジア型のコメの生産技術を広く採用されているからであろう(Balasubramanian et al. 2007)。

緑の革命は「種子・肥料革命」とも呼ばれている(Johnston and Cownie 1969)。つまり、肥料感応的な近代品種の開発と普及が化学肥料利用の増加と相まったことが、革命の本質であると考えられたので

ある。しかしこの考え方は熱帯アジアでは正しいかもしれないが、SSA においては大きな誤解を招くおそれがある。稲の収量を向上させるためには、近代品種と肥料の採用以外にも、畦畔の構築、田の均平化、正条移植のような集約的管理方法が非常に重要だからである。⁵つまり、近代品種を採用して高収量を実現するには、適切な栽培方法も採用しなければならないのである。調査結果からわかった重要な点は、熱帯アジアでは緑の革命以前からこのような生産方法が広く普及していたのに対し、SSA ではほとんど見られないということである。⁶

JICA 研究所が実施した「サブサハラ・アフリカにおける米生産拡大の実証分析」のモザンビーク(Kajisa and Payongayong 2011)、タンザニア(Nakano et al. 2016)、ウガンダ(Kijima et al. 2012)、ガーナ(de Graft-Johnson et al. 2014)につ

⁴ 1961 年から 2017 年までの、ヘクタール当たりの稲の収量の単純平均を計算した後、最も高い収量を記録した 10 か国が最初を選択された。次に、コメの収穫面積と生産高が極めて少ないという理由で、スワジランド、モーリシャス、ソマリア、レユニオン島が削除された。ケニア、ルワンダ、ニジェール、ブルンジ、マダガスカルの 5 か国の加重平均の収量を取り上げた(各国の収穫面積比率を重みとして加味)。CARD の加盟国ではないモーリタニアは含まれていない。たとえモーリタニアを上位国に含め

たとしても、結果は量的に変わらないままである。
⁵ 「Otsuka and Larson(2013, 2016)」の研究に加え、近年、「Regasa and Chapoto(2017)」でも基本的に同じ調査結果が報告された。
⁶ この主張を裏付ける統計的証拠はないが、1960 年代と 1970 年代に熱帯アジアで働いていたコメ科学者と研究助手との個人的な取材調査に基づいている。

いての研究によると、近代品種と化学肥料の使用に加え、改良された管理方法が、コメ収量の非常に重要な決定要因となっている。⁷特に、改良された管理方法はコメの生産技術研修を通じて導入されたという点を強調したい。また、稲の収量は、天水条件より灌漑条件下で極めて高いことは明らかだ。実際、セネガル川流域(Sakurai 2015)とケニアのムエア灌漑計画地域(Njeruet al. 2016)では、稲の収量がha 当たり 5 トンに達し、現在のインドと熱帯アジア全体の稲の平均収量(ha 当たり約 4 トン)よりはるかに高い。この高い生産性は、灌漑の利用と改良された技術と栽培管理方法の採用によるものである(Nakano et al. 2013)。

稲の収量向上を見事に実現させたのが、タンザニアのキロンベロ谷の事例である(Nakano 他 2018a)。ここは、周辺の間山々からも水が流れ、土壌が肥沃なため、生産環境に恵まれた天水地域である。2012 年と 2013 年に、民間の大規模プランテーションが、周辺農民にコメの生産管理研修を提供し

た。その生産管理技術は「イネ集約栽培法(SRI あるいは System of Rice Intensification)」と呼ばれたが、近代品種と化学肥料の使用が推奨され、灌漑の利用は想定されず、直列の穴まき(条播)が促進されており、本来の SRI の定義とは異なる。⁸そのためここでは「修正イネ集約栽培法(MSRI)」と呼ぶ。表 1 からわかるように、研修農民が MSRI 技術を採用している土地の稲の収量は、ha 当たり 4.7 トンに達した。筆者の知る限り、これは熱帯アジアおよび SSA における天水条件下の稲の最高収量である。一方、同じ研修農民が栽培した土地であっても、MSRI を採用しなかった場合は多くても収量は ha 当たり 3 トンとなった。研修を実施した村の非研修農家と研修を実施しなかった村の農民の収量はほぼ同じだった。稲の収量が大きく違ったのは、近代品種の採用および化学肥料の利用だけでなく、管理方法の違いにも起因するものである。

表 1：2013 年、タンザニアの天水地域における、修正イネ集約的栽培法 (MSRI) 研修参加者別の収量および技術採用率

	研修を実施した村				非研修 農民	研修を 実施しな かった村
	MSRI 区画		非 MSRI 区画			
	2012 研修農民	2013 研修農民	2012 研修農民	2013 研修農民		
稲の収量(トン/ha)	4.7	4.7	3.1	2.8	2.6	2.9
化学肥料の使用(kg/ha)	57.9	50.8	9.1	5.1	2.5	2.5
近代品種比率(%)	88.0	91.8	10.0	10.2	5.6	2.4
直列の穴まき(条播)比率(%)	80.0	77.6	0.0	0.0	0.0	0.8
推奨した間隔を採用した土地比率(%)	60.0	55.3	0.0	0.0	1.6	2.4

出典：Nakano et al. (2018a)

⁷ それぞれの実証研究では、厳密な計量経済学的推測が行われた。簡略化のため、この研究では推測についての詳しい説明は省く。しかし、この主張は慎重な計量経済学的推測で裏付けされていることを承知してもらいたい。

⁸ 「穴まき」とは、棒などの簡単な道具であけた穴に種子をまく

確立された耕作方法。穴まきは完全に均平化されていない水田で効果的である。穴まきは元の SRI には含まれていなかった。ただし、疎植(幅広い間隔)は元の SRI の一部である点を留意する。

3. 生産力の持続可能性の向上

ウガンダ(Kijima et al. 2012)、ガーナ(deGraft-Johnsoet al. 2014)、タンザニア(Nakanet al. 2018a)での研究の結果、コメの管理研修が稲の収量向上に長期的に効果的であることが明らかになった。これまでは、コメの管理研修の影響がどれくらい持続可能か、また改良されたコメの生産管理知識が研修生から非研修生にどのくらい広がっているかがはっきりしなかった。表2は、タンザニアの灌漑地域での研修生の成果を、他の農民と比較し示している(Nakano et al. 2018b)。JICAが実施した研修では有能で意欲的な農民が「中核農民(Key farmer)」に選ばれ、2009年の主要な収穫期開始前の12日間にわたり、近隣の研修機関での研修に参加した。

それぞれの中核農民は、改良されたコメ生産技術を学び、それを5人の「中間農民(intermediary farmer)」に教えることになった。その後、中間農民は他の農民に教えることが期待された。

予想どおり、2008年、研修プログラムを実施する前は、中核農民たちは中間農民および他の農民よりも高い成果をあげていた。中核農民の収量はha当たり3.07トンと、3グループ間で最高の収量をあげ、近代品種の採用率、改良された農業経営方法、ha当たりの化学肥料適用量も同様に最高となる傾向があった。中核農民たちの成果は、2009年に研修プログラムを受けた後、大幅に向上した。その年の降雨量が低かったにもかかわらず50%の収量増加を達成した。近代品種の採用率、均平化率、正条移植、化学肥料の使用も大幅に増加した。非常に

表2：タンザニアの灌漑地域における研修状況（中核農民、中間農民、他の農民）別の、稲の収量変化および技術採用

	2008 研修前	2009 研修中	2010	2011 研修後	2012
中核農民					
稲の収量(トン/ha)	3.07	4.40	4.81	5.34	4.67
近代品種の採用率(%)	46.2	69.2	75.0	54.4	66.7
化学肥料の使用(kg/ha)	63.4	115.8	137.73	178.3	131.3
田面均平の採用率(%)	46.1	76.9	81.3	86.7	76.9
正条移植の採用率(%)	23.1	76.9	93.8	93.3	92.3
観察の報告回数	13	13	16	15	13
中間農民					
稲の収量(トン/ha)	2.47	2.57	2.84	4.63	3.93
近代品種の採用率(%)	30.4	44.4	54.8	34.4	49.5
化学肥料の使用(kg/ha)	22.2	49	79.1	103.9	95.2
田面均平の採用率(%)	43.5	70.4	74.2	79.2	62.5
正条移植の採用率(%)	13	44.4	64.5	45.8	58.3
観察の報告回数	23	27	31	24	31
他の農民					
稲の収量(トン/ha)	2.57	2.67	2.53	3.58	3.67
近代品種の採用率(%)	26.7	26.7	32.3	23.6	32.9
化学肥料の使用(kg/ha)	46.5	58.3	69.7	85.8	83.2
田面均平の採用率(%)	54.8	64.1	69	76.2	66.9
正条移植の採用率(%)	11.1	19	25.8	26.9	36.9
観察の報告回数	135	142	155	130	130
年間降水量(mm)	1027	869	917	1547	651

出典:Nakano et al.(2018b)

重要な調査結果は、中核農民の高い成果がその後数年にわたって持続したということであり、これによりコメの生産研修プログラムの影響が持続可能であることが示された。さらに重要なのは、中間農民の成果も徐々に向上し、続いて他の農民の成果も向上したという事実である。中核農民から中間農民へ、さらに他の農民への波及効果があったことが明らかになった。このことから、コメの生産管理研修には、その影響が持続するという直接的効果と、その成果が稲作農民全体に波及するという間接的な効果の両方があることがわかった。

ha 当たり4~5トンの収量は、雨季の熱帯条件下の水準から見て有意に高い。したがって、タンザニアの研究対象地域で、コメの生産管理研修を実施した後にコメの緑の革命が起こったことに疑いの余地はない。⁹

タンザニアと同様の事実が、ウガンダの天水地域およびコートジボワールの灌漑地域でも確認されている。表3に示すように、ウガンダでの研修参加

表3：ウガンダの天水地域における研修状況別の収量変化および技術採用

	2008~ 2009 研修前	2011~ 2012 研修中	2015~ 2016 研修後
1. 稲の収量(トン/ha)			
参加者	1.24	1.95	2.07
非参加者	1.35	1.58	2.03
2. 化学肥料の使用(%)			
参加者	0.0	15.4	22.2
非参加者	3.1	8.5	28.3
3. 畦畔構築(%)			
参加者	51.1	89.7	88.9
非参加者	60.9	67.8	63.3
4. 移植(%)			
参加者	66.7	79.5	91.7
非参加者	63.7	66.1	77.4

参加者数は各年で45人、39人、36人。非参加者は各年で64人、59人、53人。

出典：Kijima(2018)

者は無作為に選出されなかったため、2008~2009年の研修前期間では非参加者の平均収量より参加者の平均収量がわずかに低い(Kijima 2018)。研修を受けたことにより、参加者の平均収量は2011~2012年に約50%増加し、非参加者の収量より高くなった。非常に重要な点は、4年後も参加者の高収量が維持されていること、および非参加者の収量が参加者の収量に追いついたことである。これはおそらく参加者から非参加者へのコメの生産知識の波及効果によるものである。

同様の傾向は、コートジボワールでも認められる(表4参照)。コートジボワールでは、研修参加者は、無作為化比較試験(RCT)の方法に従い、無作為に選ばれた(Takahashi et al. 2018)。2015年の研修中、参加者と非参加者は互いに連絡しないよう要求されたが、¹⁰通常のRCTと異なり、その翌年には積極的に情報交換するよう勧められた。結果、主要な田植え時期である7月の降水量が減ったにもかかわらず、2014年から2015年にかけて参加者の収量は増加した。また、2016年はより深刻な干ばつの年だったにもかかわらず、非参加者の収量は減らず、参加者よりわずかに多くなった。2015年から2016年まで、参加者に比例して非参加者の管理能力も向上したという兆候があり、波及効果が発生したことを示している。

要約すると、ここで考察した事実は、管理研修の影響はかなり大きく、持続可能であり、研修プログラムの非参加者にも大きな波及効果があることを示している。灌漑や他のインフラの改良、マーケティング、融資制度等がなくても、研修のみでこのような効果が得られるという点を強調したい。¹¹この研究結果は、コメの管理研修がコメの緑の革命への効果的な出発点であることを意味すると考えられる(Otsuka and Muraoka 2017)。

⁹ 「種子・肥料」技術および改良された農業経営方法の両方が同時に採用されたため、後者から前者の効果を見出すことは不可能である。おそらく相互補完的であるため、単独の効果を区別すると誤解を招くおそれがある。

¹⁰ この制限は、処置効果の対象毎の安定性(SUTVA)を妨害

しないよう適用されており、研修の純粋な影響を厳密に評価するためである。

¹¹ このような研究結果は、投入市場と生産物市場だけでなく、土地市場もSSAで機能し始めていることを示唆する(Holden et al 2009; Yamano et al. 2011; Kijima et al. 2013)。

表 4： コートジボワールの灌漑地域における研修状況別の収量変化および技術採用

	2014	2015	2016
1. 稲の収量(トン/ha)			
参加者	3.44	4.05	3.42
非参加者	3.94	3.67	3.72
2. 肥料の使用(kg/ha)			
参加者	215	249	233
非参加者	254	261	255
3. 均平(%)			
参加者	77.2	85.7	86.7
非参加者	79.1	67.7	81.0
4. 正条移植(%)			
参加者	5.4	37.8	34.9
非参加者	1.9	10.8	17.9
7月の降水量(mm)	29.9	92.5	19.8

出典：Takahashi et al.(2018)

4. SSA におけるコメの緑の革命のための戦略

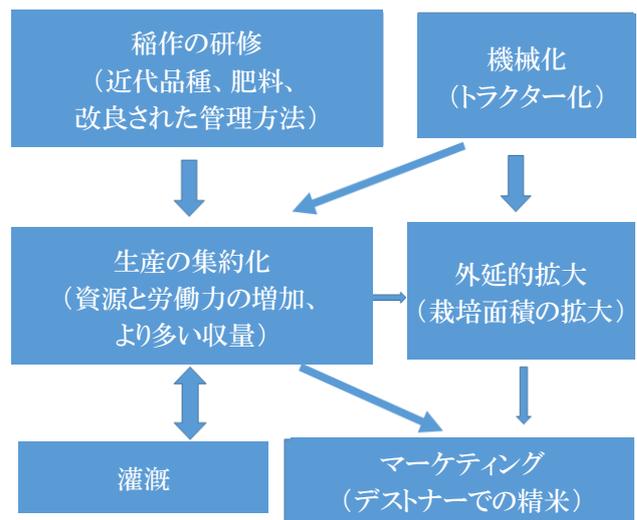
最終節では、稲作技術研修が果たす中心的役割を明確にしなが、SSA におけるコメの緑の革命を推進するための新しい戦略について考察する。SSA の農民の大部分は小規模農家であるため、包括的な発展を目指すなら、小規模農家を対象とした開発戦略を考える必要がある(Larson 他 2016)。ただし、生産性を大きく向上させるには、小規模農家では栽培面積が小さすぎるという懸念がある(Collier and Dercon 2014)。しかし、その懸念は、アジアの緑の革命が小規模農家により達成された事実と SSA で ha 当たりのトウモロコシの収量が小規模農家より小規模農家で高い傾向にあるという事実と矛盾している(Larson et al. 2014)。また、土地の収奪により生じた大規模農家の生産性が高いということも証明できていない(Deininger and Byerlee 2012)。このことから、SSA におけるコメの緑の革命は、小規模農家を重点対象としたままでも実現可能で

あると言えそうである。

研究結果は、小規模農家を教育して、改良された水稲の生産技術と管理方法を普及させることが SSA におけるコメの緑の革命のための戦略の重要な構成要素であると強く示唆している。図 2 にあるように、改良された稲作技術の研修は SSA における稲作の集約化への第一歩であり、これには化学肥料、労働力、他の資源の利用の増加、近代品種の採用、改良された管理方法の採用が伴う。¹²前述のとおり、熱帯アジアと SSA の基本的な違いは、アジア地域では、緑の革命を開始する前から基本的な管理方法が普及していたが、SSA のほとんどの地域では今もなお普及していないという事実である。これは、コメの生産技術に精通した改良普及員の不足が主な制約となっている。よって改良普及員が農民を効果的に教育できるよう、改良普及員の専門知識習得のための能力開発に投資することを推奨する。

また、改良された稲作技術には灌漑用水が必要となるため、灌漑の利用も稲作栽培の集約化の重要な要素である(図 2 参照)。逆に言うと、灌漑投資

図 2： 証拠に基づく開発戦略のための概念構成



出典：著者

¹² 図 2 では、太字の線は明確で強い因果効果を示し、普通の

線はあまり明確でないか効果が弱いことを示す。

の収益率は稲作の集約化と連動して増加するため、稲作の集約化によって灌漑投資の促進が期待される。

明確な根拠もなく、SSA では大規模な灌漑施設は効率的に管理されていないと議論されることが多いが、実情は必ずしもそうとは限らない。たとえば表5に示すとおり、セネガル川流域では大規模な灌漑施設での収量が小規模な灌漑施設の収量より高くなっている(Sakurai 2015)。また 8,000ha に広がる大規模なムエア灌漑地域では、高収量品種ではないバスマティ米の栽培にもかかわらず、その収量は ha 当たり 5 トンに達している。灌漑施設建設の ha 当たりの費用は、灌漑計画の規模が大きいほど少なくなる。¹³生産性の向上と建設費用を考えると、小規模灌漑よりも大規模灌漑のほうが、費用対効果が高いように思われる。しかし、SSA における灌漑投資の適正な規模を判断するには、同地域の大規模灌漑計画の費用便益分析を厳密に行う必要がある。¹⁴

また、機械化、特にトラクターの使用が外延的拡大(栽培面積の拡大)に寄与し、整地を促進させることに疑いの余地はない。アジアでは、労働者と役

畜に代わるものとしてトラクター(耕うん機など)が使用されるが、SSA の多くの地域では役畜がないため、肉体労働に代わるものとなる(Mano et al. 2017)。¹⁵またコートジボワールにおけるトラクター利用者と非利用者の生産成果の比較で説明されているとおり(表 6)、トラクター利用によって徹底した整地は、集約栽培を促進する可能性がある。トラクター利用者はより広い面積を耕作し、より多くの労働者を雇い、より多くの化学肥料を使用し、より頻繁に改良された管理方法を採用している。セネガル川流域では、トラクターの利用により、年 2 回コメを栽培することが可能になった。SSA における稲作の集約化および栽培面積の拡大とトラクター利用の関連性を示すには、より多くの証拠が必要だが、トラクターの普及は SSA の広い地域でコメの緑の革命を推進するための前提条件となるかもしれない(図 2 参照)。

最後に、SSA で生産されたコメの品質の低さについて言及したい。現在の品質では、アジアからの輸入米と対抗することができない(Demont et al. 2013)。稲作の集約化および外延的拡大の両方によるコメの供給増加は、市場規模の拡大により、コメ取引の

表 5: セネガルにおける大規模灌漑計画および小規模灌漑計画のコメ生産成果の比較

	大規模	小規模	
		村主体	民間
サンプル計画数	42	40	38
規模(ha)	1,167	42	33
稲の収量(トン/ha)	5.22	3.92	4.51
肥料の使用(kg/ha)	315	350	496
近代品種の使用(%)	89	100	94
トラクター使用(%)	94	67	82

出典:Sakurai(2015)

表 6: コートジボワールにおけるトラクター利用者と非利用者のコメ生産成果の比較

	トラクター利用者	トラクター非利用者
稲の収量(トン/ha)	4.39	3.62
栽培規模(ha)	0.91	0.62
家族労働の利用(人日/ha)	78.0	89.3
雇用労働者の費用(1,000 FCFA/ha)	119.0	61.0
化学肥料の使用(kg/ha)	252	149
均平(%)	80	64
畦畔構築(%)	85	41

出典:Mano et al.(2017)

¹³ このことは、20 世紀後半に実施された 314 の灌漑事業の総費用(Inocencio et al.2007)、および SSA の 117 の灌漑事業の総費用(Fujiie et al. 2011)の観点からわかる。

¹⁴ この課題の研究は進行中である。

¹⁵ トラクターは、耕運機および乗用トラクターの両方を含む。

効率を高めることが期待される。一般的には、SSAでは精米にデストーナー（小石除去機）を利用しないので、白米に小さな石が混入してしまう。このようなコメでは、石が混入されていない輸入米と対抗することができないのは当然である。ウガンダでは、デストーナーを利用したことで、精米費が33%増加した。しかし、精米の品質向上が見込まれている（Tokida et al. 2014）。ケニアのムエアで行われている精米業者に対する調査によると、デストーナー搭載の機械で精米されたバスマティ米は、デストーナーを使用せず精米したコメより少なくとも10%高値で売れる。石が混入されていない精白米の価格は、パキ

スタンから輸入したバスマティ米より高値だと言われている。デストーナーを使用している精米業者は、コメ取引に関する知識と経験がより多くあることがわかっており、改良した精米技術の導入において人的資源が重要な役割を果たすことを示している。今後は、多くの精米業者がデストーナーを導入しない理由を調査するという課題が残る。

最後に図2に示すように、SSAの稲作に革命的な変化を起こさせるには、改良された栽培方法の研修、トラクター化、灌漑投資が重要な役割を果たすことを明確に理解し、そのうえで方策を立てる必要があることを強調したい。

参考文献

- Balasubramanian, V., M. Sie, R. J. Hijmans, and K. Otsuka. 2007. Increasing rice production in sub-Saharan Africa: Challenges and opportunities. *Advancement in Agronomy* 94(1): 55-133.
- Collier, P., and S. Dercon. 2014. African agriculture in 50 years: Smallholders in a rapidly changing world? *World Development* 63(C): 92-101.
- David, C. C., and K. Otsuka. 1994. *Modern rice technology and income distribution in Asia*. Boulder, Col.: Lynne Rienner.
- deGraft-Johnson, M., A. Suzuki, T. Sakurai, and K. Otsuka. 2014. On the transferability of the Asian rice green revolution to rainfed areas in sub-Saharan Africa: An assessment of technology intervention in Northern Ghana. *Agricultural Economics* 45(5), 555-570.
- Deininger, K., and D. Byerlee. 2012. The rise of large farms in land abundant countries: do they have a future? *World Development* 40(4): 701-714.
- Demont, M., P. Rutsaert, M. Ndour, and W. Verbeke. 2013. [Reversing urban bias in African rice markets: Evidence from Senegal](#). *World Development* 45: 63-74.
- Fujiie, H., A. Maruyama, M. Fujiie, M. Takagaki, D.J. Merrey and M. Kikuchi. 2011. Why invest in minor projects in sub-Saharan Africa? An exploration of the scale economy and diseconomy of irrigation projects. *Irrig Drainage Syst* 25: 39-60.
- Hayami, Y., and Y. Godo. 2005. *Development economics: From the poverty to the wealth of nations*. New York, NY: Oxford University Press.
- Hayami, Y., and K. Otsuka. 1994. Beyond the green revolution: Agricultural development strategy into the new century. In *Agricultural technology: Policy issues for the international community*, edited by J. Anderson, 15-42. Wallingford, UK: CAB International.

- Hayami, Y., and V. W. Ruttan. 1985. *Agricultural development: An international perspective*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- Holden, S. T., and K. Otsuka K. 2014. The role of land tenure reforms and land markets in the context of population growth and land use intensification in Africa. *Food Policy* 48(1): 88-97.
- Holden, S.T., K. Otsuka, and F. Place. 2009. *The emergence of land markets in Africa: Assessing the impacts on poverty, equity, and efficiency*. Baltimore, MD: Resources for the Future, Baltimore.
- Inocencio, A., M. Kikuchi, M. Tonosaki, A. Maruyama, D. Merrey, H. Sally and I. de Jong. 2007. Costs and Performance of Irrigation Projects: A Comparison of sub-Saharan Africa and Other Developing Regions. IWMI Research Report 109. International Water Management Institute.
- Johnston, B.F., and J. Cownie. 1969. The seed-fertilizer revolution and labor force absorption. *American Economic Review* 59(4): 569-582.
- Kajisa, K., and E. Payongayong. 2011. Potential of and constraints to the rice Green Revolution in Mozambique: A case study of the Chokwe irrigation scheme. *Food Policy* 36(5): 614-625.
- Kijima, Y. 2018. Long-term and spillover effects of rice production training in Uganda. JICA Research Institute Working Paper No. 161. https://www.jica.go.jp/jica-ri/publication/workingpaper/wp_161.html
- Kijima, Y., K. Futakuchi, and K. Otsuka. 2013. The development of agricultural markets in sub-Saharan Africa: The case of rice in Uganda. *African Journal of Agricultural and Resource Economics* 8(4): 253-264.
- Kijima, Y., N. Ito, and K. Otsuka. 2012. Assessing the impact of training on lowland rice productivity in an African setting: evidence from Uganda. *World Development* 40(8): 1619-1633.
- Larson, D., T. Matsumoto, T. Kilic, and K. Otsuka. 2014. Should African rural development strategies depend on small farms? An exploration of the inverse productivity Hypothesis. *Agricultural Economics* 45(3): 355-367.
- Larson, D., R. Muraoka, and K. Otsuka. 2016. Why African rural development strategies must depend on small farms. *Global Food Security* 10: 39-51.
- Mano, Y., K. Takahashi, and K. Otsuka. 2017. Contract farming, farm mechanization, and agricultural intensification: The case of rice farming in Cote d' Ivoire. JICA Research Institute Working Paper No. 157. https://www.jica.go.jp/jica-ri/publication/workingpaper/wp_157.html
- Nakano, Y., I. Bamba, A. Diagne, K. Otsuka, and K. Kajisa. 2013. The possibility of a rice Green Revolution in large-scale irrigation schemes in Sub-Saharan Africa. "An African Green Revolution: Finding ways to boost productivity on small farms, edited by K. Otsuka and D. Larson, 43-70. Dordrecht: Springer.
- Nakano, Y., K. Kajisa, and K. Otsuka. 2016. "On the possibility of rice Green Revolution in irrigated and rainfed areas in Tanzania: An assessment of management training and credit programs." *In pursuit of an African Green Revolution: views from rice and maize farmers' fields*, edited by K. Otsuka and D. Larson. 39-64, Dordrecht: Springer.
- Nakano, Y., Y. Tanaka, and K. Otsuka. 2018a. Impact of training on the intensification of rice farming: evidence from rain-fed areas in Tanzania. *Agricultural Economics* 49(2): 193-202.
- Nakano, Y., T.W. Tsusaka, T. Aida, and V. O. Pede. 2018b. Is farmer-to-farmer extension effective? The impact of training on technology adoption and rice farming productivity in Tanzania. *World Development* 105, 336-351.
- Njeru, T., Y. Mano, and K. Otsuka. 2016. Role of access to credit in rice production in sub-Saharan Africa: The case of Mwea irrigation scheme in Kenya. *Journal of African Economics* 25(2): 300-321

- Otsuka, K., and D. Larson, eds. 2013. *An African Green Revolution: Finding ways to boost productivity on small farms*. Dordrecht: Springer.
- Otsuka, K., and D. Larson, eds. 2016. *In pursuit of an African Green Revolution: views from rice and maize farmers' fields*. Dordrecht: Springer.
- Otsuka, K., Y. Liu, and F. Yamauchi. 2016. Growing advantage of large farms in Asia and its implication for global food security. *Global Food Security* 11: 5-10.
- Otsuka, K., and R. Muraoka. 2017. A green revolution for sub-Saharan Africa: Past failures and future prospects. *Journal of African Economies* 26(S1): i73-i98.
- Regasa, C. and A. Chapoto. 2017. Limits to Green Revolution in rice in Africa: The case of Ghana. *Land Use Policy* 66: 304-321.
- Sakurai, T. 2015. On the determinants of high productivity rice farming in irrigated areas in Senegal: The efficiency of large compared with small-scale irrigation schemes. JICA Research Institute Working Paper No. 105.
[https://www.jica.go.jp/jica-ri/publication/workingpaper/on the determinants of high productivity rice farming in irrigated areas in senegal the efficiency.o.html](https://www.jica.go.jp/jica-ri/publication/workingpaper/on%20the%20determinants%20of%20high%20productivity%20rice%20farming%20in%20irrigated%20areas%20in%20senegal%20the%20efficiency.o.html)
- Takahashi, K., Y. Mano, and K. Otsuka. 2018. Spillover as a driver to reduce ex-post inequality generated by randomized experiments: Evidence from an agricultural intervention. JICA Research Institute Working Paper No. 174.
https://www.jica.go.jp/jica-ri/publication/workingpaper/wp_174.html
- Tokida, K., Haneishi, Y., Tsuboi, T., Asea, G., and Kikuchi, M. 2014. Evolution and prospects of the rice mill industry in Uganda. *African Journal of Agricultural Research*; 9(33): 2560-2573.
- Tsusaka, T., and K. Otsuka K. 2013a. The changes in the effects of temperature and rainfall on cereal crop yields in sub-Saharan Africa: A country level panel data study, 1989 to 2004. *Environmental Economics* 4(2): 70-80.
- Tsusaka, T., and K. Otsuka. 2013b. The changing effects of agro-climate on cereal crop yields during the Green Revolution in India, 1972 to 2002. *Journal of Sustainable Development*, 6(4): 11-36.
- Yamano, T., K. Otsuka, and F. Place, eds. 2011. *Emerging Development of Agriculture in East Africa: Markets, Soil, and Innovations*. Springer, Amsterdam.

JICA 研究所関連出版物

- Yoko Kijima, Yukinori Ito, Keijiro Otsuka. 2010. “On the Possibility of a Lowland Rice Green Revolution in Sub-Saharan Africa: Evidence from the Sustainable Irrigated Agricultural Development (SIAD) Project in Eastern Uganda” JICA-RI Working Paper 25. https://www.jica.go.jp/jica-ri/publication/workingpaper/on_the_possibility_of_a_lowland_rice_green_revolution_in_sub-saharan_africa_evidence_from_the_sustai.html
- Yoko Kijima. 2012. “Expansion of Lowland Rice Production and Constraints on a Rice Green Revolution: Evidence from Uganda” JICA-RI Working Paper 49. <https://www.jica.go.jp/jica-ri/publication/workingpaper/post.html>
- Yuko Nakano, Kei Kajisa. 2013. “The Determinants of Technology Adoption: The Case of the Rice Sector in Tanzania” JICA-RI Working Paper 58. https://www.jica.go.jp/jica-ri/publication/workingpaper/the_determinants_of_technology_adoption_the_case_of_the_rice_sector_in_tanzania.html
- Kei Kajisa, Ellen Payongayong. 2013. “Extensification and Intensification Process of Rainfed Lowland Rice Farming in Mozambique” JICA-RI Working Paper 61. https://www.jica.go.jp/jica-ri/publication/workingpaper/extensification_and_intensification_process_of_rainfed_lowland_rice_farming_in_mozambique.html
- Yuko Nakano, Kei Kajisa. 2014. “To What Extent Does the Adoption of Modern Variety Increase Productivity and Income? A Case Study of the Rice Sector in Tanzania” JICA-RI Working Paper 71. https://www.jica.go.jp/jica-ri/publication/workingpaper/to_what_extent_does_the_adoption_of_modern_variety_increase_productivity_and_income_a_case_study_of.html
- Yoko Kijima. 2014. “Enhancing Rice Production in Uganda: Impact Evaluation of a Training Program and Guidebook Distribution in Uganda” JICA-RI Working Paper 80. https://www.jica.go.jp/jica-ri/publication/workingpaper/enhancing_rice_production_in_uganda_impact_evaluation_of_a_training_program_and_guidebook_distribution.html
- Kei Kajisa. 2014. “Constraints on Rice Sector Development in Mozambique” JICA-RI Working Paper 86. https://www.jica.go.jp/jica-ri/publication/workingpaper/constraints_on_rice_sector_development_in_mozambique.html
- Yuko Nakano, Takuji W. Tsusaka, Takeshi Aida, Valerien O. Pede. 2015. “The Impact of Training on Technology Adoption and Productivity of Rice Farming in Tanzania: Is Farmer-to-Farmer Extension Effective?” JICA-RI Working Paper 90. https://www.jica.go.jp/jica-ri/publication/workingpaper/the_impact_of_training_on_technology_adoption_and_productivity_of_rice_farming_in_tanzania_is_farmer.html
- Hiroyuki Kubota, Keijiro Otsuka, Kei Kajisa, Yoko Kijima, Yuko Nakano, Yukinori Ito, Ellen Payongayong. 2013. *The Coalition for African Rice Development Progress in 2008-2013* JICARI, Tokyo. https://www.jica.go.jp/jica-ri/publication/booksandreports/the_coalition_for_african_rice_development_progress_in_2008-2013.html
- Keijiro Otsuka, Donald F. Larson. 2016. *In Pursuit of an African Green Revolution: Views from Rice and Maize Farmers' Fields* Dordrecht: Springer. https://www.jica.go.jp/jica-ri/publication/booksandreports/post_23.html

関連出版物、その他情報については、以下のウェブサイトをご覧ください。

JICA 研究所、サブサハラ・アフリカにおける米生産拡大の実証分析フェーズ 2
https://www.jica.go.jp/jica-ri/research/growth/growth_20140901-20190331.html

発行:

独立行政法人国際協力機構研究所

〒162-8433 東京都新宿区市谷本村町 10-5 TEL: 03-3269-2357 FAX: 03-3269-2054

URL: <https://www.jica.go.jp/jica-ri/index.html>

