

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 22日現在

機関番号:12501

研究種目:基盤研究(B)

研究期間:2010~2012

課題番号:22405041

研究課題名(和文) サブサハラ・アフリカに適した「低投入環境保全型グリーンレボリューション」の構築

研究課題名(英文)Low-input-environment-friendly Green Revolution for Sub-Saharan Africa

研究代表者

菊池 眞夫(KIKUCHI MASAO)

千葉大学・大学院園芸学研究科・名誉教授

研究者番号:10241944

**研究成果の概要 (和文)** : ウガンダで実施された農家調査、栽培試験、湿地開田試験より、天水及び簡易灌漑による稲作が低投入持続型であり、小農の所得向上に寄与するものであることを検証した。さらに、サブサハラにおける農業活動の進展が周辺の河川湖沼湿地等の環境に与える影響を明らかにするため、これらの水的環境の質の変化をクロロフィル-a、全リン、全窒素より推定するモデルをヨーロッパ大陸の湖のデータより構築した。これらの結果を総合することにより「低投入環境保全型」農業モデルの要件を明らかにする。

**研究成果の概要 (英文)** : On one hand, based on farm surveys, cultivation tests and swamp-to-paddy field conversion tests conducted in Uganda, it was verified that rice cultivation under rainfed and simple-irrigation is sustainable and contributes to increasing income of small farmers. On the other hand, in order to identify the adverse impacts agriculture intensification in Sub-Saharan Africa gives to such aquatic environments as rivers, lakes and swamps, a model was built to estimate changes in the water quality of the aquatic environments from the relationship among Chlorophyll-a, total phosphorus and total nitrogen using the data of lakes in the European continent. Integrating the results from these researches, the conditions of a 'low-input-environment-friendly agriculture' model for Sub-Saharan Africa are identified.

### 交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2011年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2012年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
年度			
年度			
総計	11,000,000	3,300,000	14,300,000

研究分野:農学

科研費の分科・細目:境界農学・環境農学

キーワード:ウガンダ、ネリカ、湿地、稲作

#### 1. 研究開始当初の背景

アフリカ大陸サブサハラにおける農業開発は、今世紀の食料問題、地球温暖化問題の鍵

を握るとものとして、高い関心を集めている。同地域における一人当たり食料生産は大きく低下し、21世紀に入っても一人当たり食料

生産は前世紀中葉の水準をはるかに下回る水準に低迷し、この地域の多くの諸国の農村において悲惨な飢饉は未だ身近な隣人である。かかるサブサハラは悲惨な状況が先進国や世界銀行等の国際援助機関のODAをアフリカに集中させるに至って久しいが、食料問題の解決においてその効果は未だに全く見られないと言って過言ではない。このような状況の中で、日本をはじめとする先進国が支援するネリカの開発普及は、サブサハラに緑の革命をもたらす可能性を持つものとして注目されている。1970年代、イネの高収量品種により熱帯アジア各国に生じた「緑の革命」は、多くの国で米の自給率を向上させた。しかし、緑の革命の進行は同時に稲作における集約度の飛躍的な上昇を伴い、都市近郊での野菜栽培の急増と相俟って、化学肥料・農薬の過剰投与を引き起こし、1990年代に入って環境汚染、食品安全性などの問題を顕在化させた。アフリカにおいて米が主穀として占める位置は、熱帯アジア諸国ほど高くはなく、イモ類や雑穀類など幾つかの作物と並んで一定割合で消費されることにより、食料確保のための危険分散がなされている。しかし、現在のアフリカでは首都を中心として大都市が形成され、食習慣の急激な変化が生じており、殆どの国において米の消費量は急増を続け、稲作の比重は着実に増加している。今後、遠くない将来、稲作や野菜栽培に対する、化学肥料・農薬の過剰投与が問題となることが懸念される。サブサハラの中でも高地にあり、水資源が豊富で、比較的気候条件が良いウガンダでは、現在精力的に稲作普及が行われているが、次のステップである園芸作物栽培の集約化も遠くない将来に起こると思われる。その際、熱帯アジアと同様の化学肥料・農薬の過剰投与の問題が発生するか、あるいは肥料・農薬を購入できないために土壌の劣化問題が発生するか、いずれにしても環境の悪化と、それによる水資源の劣化がおこることは明白である。もともと水資源の稀少なサブサハラ地域では、今後、水稻作や園芸作物の作付拡大による農業活動の集約化に伴い、脆弱な水環境の急速な悪化が懸念され、このままでは食料の安定供給をもたらすための集約的農業技術が、これまでの生産活動を阻害する可能性が懸念される。

## 2. 研究の目的

サブサハラにおける、環境保全と両立する持続的「緑の革命」は可能か、それを実現する要件は何か。サブサハラにおける「低投入環境保全型」農業モデルを確立するために、本研究では、アフリカ版「緑の革命」普及の結果として生じる環境負荷の実態と将来予測を定量的に調査・評価し、当該地域での持続的農業活動のあるべき姿を明らかにする。ま

た、同時に栽培暦や収量調査、農家経済調査の結果と、各地域の土壌特性や水文環境から、集約的園芸作物栽培が拡大した場合の環境負荷の推定を行い、経済的にも持続性のある適正な作付体系、栽培・肥培管理のモデルを策定し、サブサハラにおける「低投入環境保全型」農業モデルの成立要件を明らかにする。また、ウガンダにはパピルスが繁茂する湿地帯が大量に残され、政府や国際機関は環境の観点からその保全を重視し、湿地の農地開発を厳しく制限しているが、それら湿地およびその周辺地域における水田化の進行が進んでいる。本研究では、湿地およびその周辺地の農業的利用の進行による環境負荷の変化を計測し、当該湿地と周辺農用地域を包摂する全生態系への農業集約化の影響を明らかにし、湿地保全と食料供給力の増大を両立させる「低投入環境保全型」農業モデルの可能性を検討する。

## 3. 研究の方法

### (1) 低投入型持続的農業成立要件の研究

#### ① 天水稲作の要素集約度と収量潜在力

ウガンダ全国の稲作地帯で実施された稲作実態調査に基づき、天水稲作（陸稲並びに水稻）の要素集約度、収量水準とその潜在力を明らかにする。標本農家は北部、遠東部、近東部、中部、西部の5地域から県、郡、行政区、農家の4段階で層化無作為抽出された稲作農家1267戸より灌漑稲作農家を除いた1014戸。収量潜在力はフロンティア収量関数を計測することにより推定し、さらに将来の天候変動が稲作の持続性に与える影響に関してシミュレーション分析を行った。

#### ② 稲作導入による作付体系の変化、陸稲改良品種栽培の要素集約度と稲作技術の性格

ウガンダ中央部同国穀物中央研究所が位置するナムロンゲ近郊の陸稲改良品種栽培農家を含む75戸の畑作農家に聞き取り調査に基づき、陸稲導入による作付体系の変化、改良陸稲品種の要素集約度、収量生産性、所得分配に与える影響を明らかにする。収量生産性の検討には収量関数、所得分配への影響については穀物所得関数の計測を行う。

#### ③ 稲改良品種種子供給と稲作の持続性

陸稲について種子会社が販売している種子(n=45)と農家の種子(n=108)を無作為抽出し、発芽試験を行い、種子の純度、発芽率の比較を行った。農家は稲作についての研修を受けた農家と受けていない農家に層化した。

#### ④ 陸稲連作栽培試験

ナムロンゲの穀物中央研究所の同一圃場において2004年第2期作より実施されてい

るネリカ4の無肥料連作試験につき2010年第2作までのデータを用い、陸稲連作の可能性について検討した。

#### ⑤ 緩傾斜地における水田開発の効率性

丘陵地底部を利用した天水依存稲作から簡易灌漑による水田開発に移行することの経済性・持続性を検討する。

・水田の開発：ウガンダ東部マユゲ県ブギニャ農業試験場イクルエ支部試験圃場内の緩傾斜地畑に、湧水による沼地より水路を引き、1枚130.2m<sup>2</sup>の灌漑水田、天水田、それぞれ5枚をテラス状に造成。

・栽培試験の実施：灌漑田2枚にNERICA-4を移植栽培した。栽培期間は2012年8月～12月である。

#### ⑥ 緩傾斜新規開発田における水位変動と適正品種の検討

ウガンダにおける稲作適地の多くを構成している緩傾斜地に造成された水田における水位変動と適正品種を明らかにするため、栽培試験を行った。

・試験圃場：ウガンダ東部マユゲ県ブギニャ農業試験場イクルエ支部試験圃場内の緩傾斜地畑に、1区画130.2m<sup>2</sup>の灌漑水田、天水田をそれぞれ5枚、テラス状に造成した。

・栽培試験の実施：R区(天水)、I区(灌漑)それぞれ3反復で栽培試験を実施した。供試品種はNERICA-4(陸稲)、WITA-9(水稲)、K-85(水稲)とし、生育及び収量を調査した。植え付けはR区では直播(50kg/ha)、I区では代掻き後に田植え(30x12.5cm)とした。栽培期間は2012年8月～2013年1月。

・地下水位及び田面水位の測定は、塩ビ管を各プロットに埋め込み、10月1日より毎日08:30に実施。

### (2) 農業が環境に与える影響の研究

#### ⑦ 水質推定モデルの構築

サブサハラにおける農業の集約化が周辺の水的環境に与える影響を推定するモデルを構築するため、欧州環境庁の湖水データベースより欧州10か国の湖の199地点について2003年から2005年について水質指標としてクロロフィル-a(Chl-a)、栄養素として総窒素(TN)、総リン酸(TP)を取り、Chl-aをTNとTPが決定する関係をパネル回帰により推定し、推定されたモデルを用いて他の地域の湖の水質を予測し、モデルの妥当性を検討する。

### 4. 研究成果

#### (1) 低投入型持続的農業成立要件の研究

##### ① 天水稲作の要素集約度と収量潜在力

ウガンダの天水稲作は、西部、中部におい

て陸稲栽培が優越し、東部においては天水田水稲栽培が優越する。北部はその北西部において陸稲が、南東部において天水田水稲作が優越する。稲作農家の耕作規模は調査農家の平均で2ha、多くが5ha未満の小農であり、陸稲水稲を問わず他の多くの作物と共に稲を作付ており、稲の作付け比率は共に30%前後である。調査農家の平均収量は水稲の方が有意に高いが、共に2t/ha弱である。

稲作の生産構造は、高い労働集約度と、逆に、肥料、農薬(主として除草剤)等の近代的投入財の殆どゼロに集約度を特徴とする。陸稲栽培でも水稲栽培でも、9割近い農家は肥料、農薬を全く使用していない。収量はこれらの近代的投入要素をほとんど用いていないものである。

Table 1. Average yield and amount of fertilizers and herbicides applied, rainfed rice farmers, 2007-08

	Number of plots		Quantity applied	Yield
	no.	(%)	kg ha <sup>-1</sup>	t ha <sup>-1</sup>
<b>Yield:</b>				
Upland	559			1.7 a
Lowland	740			1.9 b
<b>Fertilizers:</b>				
Upland	559	(100)	8.2	
Not applied	481	(86)	0	1.6 a
Applied	78	(14)	59	1.7 a
Lowland	740	(100)	3.5	
Not applied	691	(93)	0	1.8 a
Applied	49	(7)	53	2.6 b
<b>Herbicides:</b>				
Upland	559	(100)	0.8	
Not applied	473	(85)	0	1.6 a
Applied	86	(15)	6	1.8 a
Lowland	740	(100)	0.9	
Not applied	653	(88)	0	1.8 a
Applied	87	(12)	7	2.7 b

Means followed by same alphabet are not statistically different.

フロンティア収量関数の推計結果は、農家が達成可能な収量と平均的農家の収量の比率である技術効率性が水稲作65%、陸稲作60%であり、実現可能な潜在的収量が3t/haであることを示している。この収量水準は天水依存型稲作の、近代的投入財を殆ど使用しない低投入型栽培として極めて高い水準にある。しかし、天候変動により将来の雨量が低下すると収量水準は大きく低下すると予想される。そのような状況下で、稲作の持続性を維持するうえで、農家の技術効率性水準を改善することは大きな効果がある。

#### ② 稲作導入による作付体系の変化、陸稲改良品種栽培の要素集約度と稲作技術の性格

陸稲改良品種であるネリカが急速に普及

しているウガンダ中部はバナナ・コーヒー主作の畑作地帯であるが、陸稲の導入は、メイズ、サツマイモを置換することで新しい作付体系、連作体系を成立、定着させた。陸稲の導入により作付率が向上し、さらに未墾の湿地等の耕地化が進んだ。

調査農家の平均耕作規模は2ha、稲作付農家の平均稲作付率は30%。中部地域稲作農家の肥料除草剤の使用率は例外的に高く、他地域を大きく上回るが、それでも近代的投入財を使用する農家の比率は50%前後に留まる。そのような低投入でネリカの収量は2.7t/haと高い。低い肥料投入水準におけるネリカの肥料反応性は極めて高く、アジアの「緑の革命」時の水稲改良品種のそれに匹敵する。

投下肥料の過半は有機質肥料であり、陸稲栽培の持続性は高い。作物所得関数の計測は、陸稲改良品種による稲作の導入が農家の所得を大きく増加させたこと、さらに、稲作技術の性格が、小規模農家の所得を大規模農家

Table 2. Changes in cropping pattern and cropping intensity with the introduction of NERICA

	No. reporting	(%)
<b>I. Crops replaced by NERICA when first planted:</b>		
Maize	27	(54)
Sweet potato	23	(46)
Yam	7	(14)
Cassava	4	(8)
Beans	3	(6)
Vegetables	3	(6)
Sugarcane	2	(4)
Banana	1	(2)
Uncultivated land	9	(18)
Total	70	(140)
<b>II. Farmers whose cropping intensity increased with NERICA</b>		
	11	(22)
<b>III. Share of newly converted land in total rice area (%)</b>		
		(23)
<b>IV. Previous crops before rice for current rice production</b>		
Maize + sweet potato	6	(13)
Maize	1	(2)
Sweet potato + plantain	1	(2)
Sweet potato	2	(4)
Vegetables	3	(7)
Yam	1	(2)
Fallow	1	(2)
Virgin land	2	(4)
Rice	28	(62)
Total	45	(100)

Table 3. Estimation results of crop income function and the rate of income increase

	income increase					
	[1]		[2]		[3]	
	All farmers		Small farmers			
	Coeff.	Prob.	Coeff.	Prob.	Coeff.	Prob.
<b>Dummy variables:</b>						
NERICA farmer	0.352	0.042	0.364	0.032	0.489	0.007
Small farmer	-0.620	0.005				
Head with non-farm occupation	0.447	0.025	0.451	0.021		
<b>Continuous variables:</b>						
Cultivated area (ha)			0.079	0.002	1.254	0.000
No. of household members	0.078	0.023	0.087	0.008		
Head education	0.092	0.000	0.066	0.007		
Intercept	-0.894	0.026	-1.432	0.000	-1.508	0.000
R <sup>2</sup>	0.569		0.579		0.480	
D.F.	63		63		47	
<b>Rate of income increase due to NERICA (%)<sup>b</sup></b>						
	42		44		63	

に比してより大きく増加させ、農村における所得分布改善に貢献するものであることを示す。

### ③ 稲改良品種種子供給と稲作の持続性

農家の種子と種子会社の種子を比較すると、種子の質は農家の方が高い傾向がある。特に発芽率について、研修経験の有無にかかわらず、農家の種子の方が種子企業のものより倍以上高い。種子純度も研修経験のある農家のそれは種子会社のそれを有意に上回る。また研修を受けた農家の種子の質は、研修経験のない農家のそれを、純度でも発芽率でも、有意に上回っている。農家は自ら種子の質を維持し改善する能力を持っており、その能力を研修によってさらに向上させることが可

Table 4. Mean difference tests for purity and germination rates between farmers and companies and between trained and not-trained farmers

	No. of samples	Purity rate	Germination rate
<b>Farmers versus companies</b>			
Farmers (trained)	45	85.0	88.3
Companies	45	72.7	41.0
T-test probability		<b>9.8E-05</b>	<b>1.7E-14</b>
Farmers (not-trained)	57	56.0	81.9
Companies	45	72.7	41.0
T-test probability		<b>2.3E-05</b>	<b>2.9E-12</b>
<b>Trained versus not-trained</b>			
All varieties:			
Trained	45	85.0	88.3
Not trained	57	56.0	81.9
T-test probability		<b>2.0E-11</b>	<b>0.007</b>
NERICA 4:			
Trained	26	85.0	88.9
Not trained	25	47.3	77.0
T-test probability		<b>1.2E-08</b>	<b>0.006</b>
Farmers in Hoima:			
Trained	35	89.0	88.6
Not trained	54	55.2	81.7
T-test probability		<b>1.6E-14</b>	<b>6.5E-03</b>

能である。これらの結果は、陸稲栽培の持続性を、良質な種子確保の面から支持している。

### ④ 陸稲連作栽培試験

2004年第2期作から2010年第2期作まで連続13作連続して同一圃場(畑地)に陸稲品種ネリカ4を無肥料で作付た栽培試験における平均収量は2t/haとなった。収量と収量の4要因について、連作回数と雨量を説明変数とする回帰分析の結果は、連作を重ねるごとに収量が90kg/ha低下すること、その低下は

Table 5. Mean yield and its determinants, continuous planting, 2004 2nd season - 2010 2nd season

	Mean	S.D
Yield (kg/ha)	2023	631
No. of pernicles per m <sup>2</sup>	198	33.1
No. of grain per pernicle	71.6	8.64
Rate of filled grain (%)	57.8	9.85
1000 grain weight (g)	24.2	1.29

Table 6. Results of regression analyses of continuous planting for 13 seasons (tentative)

	No. of continuous planting	Rainfall (mm)	Intercept	R <sup>2</sup>
No. of panicles per m <sup>2</sup>	1.27 <sup>ns</sup>	0.696 <sup>**</sup>	159 <sup>**</sup>	0.722
No. of grain per panicle	-0.050 <sup>ns</sup>	0.262 <sup>**</sup>	69.9 <sup>**</sup>	0.683
Rate of filled grain (%)	-0.948 <sup>*</sup>	0.090 <sup>**</sup>	25.0 <sup>**</sup>	0.838
1000 grain weight (g)	-0.238 <sup>**</sup>	0.015 <sup>ns</sup>	25.6 <sup>**</sup>	0.732
Yield (kg ha <sup>-1</sup> )	-89.8 <sup>*</sup>	4.64 <sup>**</sup>	615 <sup>ns</sup>	0.734

\*: 5%, \*\*: 1%, ns: not significant.

稔実歩合と 1000 粒重の低下によってもたらされていることを示す。しかし連作障害は観察されない。中央農研近郊の農家調査より得られたデータによる同様の回帰分析は、連作を 1 回重ねるごとに 101 kg/ha とほぼ同様の収量低下をもたらすことを示す。そして圃場試験についても農家圃場の場合も、この収量低下は、肥料の投下により完全に相殺される。これらの結果は、陸稲栽培の持続性が十分に高いことを示している。

### ⑤ 緩傾斜地における水田開発の効率性

陸稲作が高い収益性を持ち、陸稲を含む作付体系の持続性が高いことは本研究で明らかであるが、水稲作の収量は陸稲作よりも高い。灌漑水田の収量は安定的でさらに高い。しかしサブサハラにおいて大規模な灌漑開発が経済性を持たず、可能性があるのは小規模な灌漑開発である。本研究でデータを得た湧水を利用した簡易灌漑付テラス型水田開発の建設費は 1650 米ドル/ha、稲収量は建設後の作付第 1 作で 4.2t/ha、水田がより安定する第 2 作で 5.9t/ha。このような簡易灌漑水田開発の投資収益率は著しく高く、長期にわたる持続的使用を可能とする十分に高い

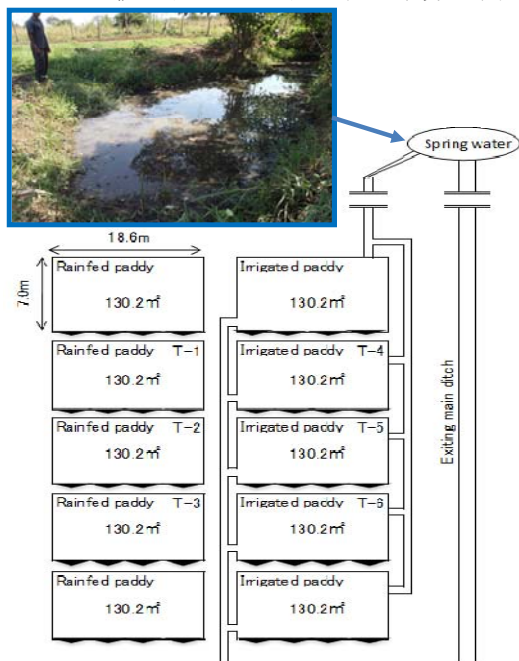


Fig. 1 Layout of paddy fields developed

維持管理費を考慮しても、通常可能である年 2 作のケースで 103%と推定され、この種の水田開発が社会にとって極めて有利な投資機会であることを示している。

### ⑥ 緩傾斜新規開発田における水位変動と適正品種の検討

I 区ではネリカ 4 が 5.3t/ha と高収量だが、水稲品種である K85、WITA9 については収量皆無であった。一方 R 区ではネリカ 4 よりも K85、WITA9 の方が高い収量を得た。ネリカ 4 の収量が I 区において R 区よりも低いのは、移植後から 10 月中頃までの分けつ期の水不足が活着を遅れさせ、初期生育及び分けつが抑制され、その結果茎数が少なくなったためと推察される。ネリカ 4 は極早稲品種のため、生育途中での一時的乾燥による生育遅延が収量に大きく影響を及ぼすと言われおり、水量が十分に確保されない小規模灌漑水田での移植栽培では、収量の減少の危険性がある。これらの点より直播栽培を行う天水田ではネリカ 4 を含む陸稲品種の栽培が適している

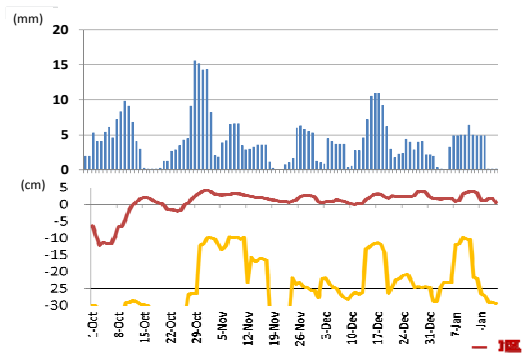


Fig.2 Rainfall(top) and standing water level down(bottom) (Five day - moving average)

が、一定量の水を継続的に確保でき灌漑田を造成できる場所では、水稲品種の移植栽培を導入することが適している。

## (2) 農業が環境に与える影響の研究

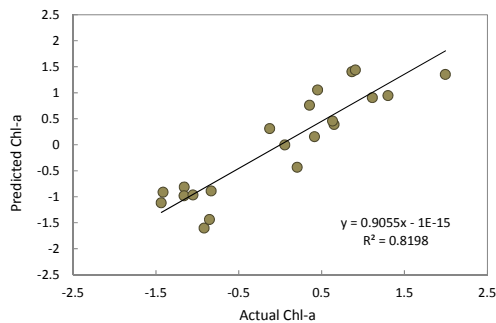
### ⑦ 水質推定モデルの構築

クロロフィル-a (Chl-a)は水的環境の水質の指標として最も広く用いられており、養分としての総窒素(TN)・総リン酸(TP)との関係はよく知られている。この関係を地理情報システムと併用することにより、観測データの乏しいサブサハラの湖沼の水質を推定し、農業やその他の活動の水質変化への影響を検討することが可能となる。本研究では、観測地点間の差異を無視している既往の Chl-a = f(TN, TP) 関係の研究を克服するために、パネルデータ分析法を用いて、異なった地域にも普遍的に利用可能なモデルを開発した。パネルデータの二つの計測モデルのどちらにおいても TP と TN は統計的に有意な回帰係数を与える。これらのモデルの内、より望ましい結果を与えるランダム効果モデルの計測

**Table 7. Tentative results of panel regression of Chl-a determinants, European sample lakes**

Variables	Fixed effect		Random effect			
	I		II		III	
	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.	Coef.	S.E.
TN	4.776	1.365 ***	4.523	0.893 ***	4.365	0.898 ***
(Elasticity)	(0.379)		(0.359)		(0.347)	
TP	180.9	16.99 ***	179.2	12.91 ***	177.8	12.94 ***
(Elasticity)	(0.612)		(0.606)		(0.602)	
LUD					2.802	1.986
(Elasticity)					(0.204)	
Const.	0.012	1.332	0.302	1.021	-1.794	1.802
R <sup>2</sup> :						
Within	0.256		0.273		0.256	
Between	0.564		0.564		0.569	
Overall	0.536		0.536		0.540	

LUD stands for Land-Use Dummy, showing whether a lake surrounded by man-made environments.



**Fig. 3 Prediction for Lake Ibanuma and Kasumigaura**

結果を用いて、標本が抽出された欧州以外の日本、英国、オーストラリアの湖について、TP、TNのデータからChl-aをシミュレートし、モデルの汎用性をチェックした。現実のChl-aと予測値の相関係数は0.83~0.66であった。これらのモデルをサブサハラの水的環境に適用する。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

- ① 菊池真夫. アジアの緑の革命とサブサハラ・アフリカのコメ・稲作. 熱帯農業, 査読無(招待), 6(1):印刷中. 2013.
- ② Yusuke Haneishi, Atsushi Maruyama, Kisho Miyamoto, Shunsuke Matsumoto, Stella Okello, Godfrey Asea, Tatsushi Tsuboi, Michiko Takagaki, Masao Kikuchi. Introduction of NERICA into an Upland Farming System and its Impacts on Farmers' Income: A Case Study of Namulonge in Central Uganda, Tropical Agriculture and Development, 査読有, 57:16-22. 2013.
- ③ Akio Goto, Tatsushi Tsuboi, Godfrey Asea, Yusuke Haneishi, Michiko Takagaki, Masao Kikuchi. An Assessment of Upland Rice Seed Quality in Uganda, Tropical Agriculture and Development, 査読有, in press. 2013.
- ④ Yusuke Haneishi, Atsushi Maruyama, Godfrey Asea, Stella E. Okello, Tatsushi Tsuboi, Michiko Takagaki, Masao Kikuchi. Exploration of rain-fed rice farming in

Uganda based on a nationwide survey: Regionality, varieties and yield, Afric. J. Agric. Research, 査読有, in press. 2013.

- ⑤ Hitoshi Fujiie, Atsushi Maruyama, Masako Fujiie, Michiko Takagaki, Douglas J. Merrey, Masao Kikuchi. Why invest in minor projects in sub-Saharan Africa? An exploration of the scale economy and diseconomy of irrigation projects, Irrig. Drainage Syst., 査読有, 25:39-60, 2012.
- ⑥ Kisho Miyamoto, Atsushi Maruyama, Yusuke Haneishi, Shunsuke Matsumoto, Tatsushi Tsuboi, Godfrey Asea, Stella Okello, Michiko Takagaki, Masao Kikuchi. NERICA Cultivation and its Yield Determinants: The Case of Upland Rice Farmers in Namulonge, Central Uganda, Journal of Agricultural Sciences, 査読有, 4:120-135, 2012.
- ⑦ Hitoshi Fujiie, Atsushi Maruyama, Masako Fujiie, Nobuyuki Kurauchi, Michiko Takagaki, Masao Kikuchi. Potential of NERICA production in Uganda: Based on the simulation results of crop and optimization, Tropical Agriculture and Development, 査読有, 54:44-50, 2010.

〔学会発表〕(計3件)

- ① 宮本輝尚, 平田将史, 丸山敦史, 菊池真夫, 高垣美智子. ウガンダの緩傾斜地における水田開発の効率性, 熱帯農業学会, 2013. 3. 30, 茨城大学阿見キャンパス.
- ② 宮本輝尚, 平田将史, 松本俊輔, 丸山敦史, 菊池真夫, 高垣美智子. ウガンダの緩傾斜新規開発田における適正品種の検討, 熱帯農業学会, 2013. 3. 30, 茨城大学阿見キャンパス.
- ③ 菊池真夫. アジアの緑の革命とサブサハラ・アフリカのコメ・稲作. 熱帯農業学会, (招待講演), 2012. 10. 6, 名古屋大学.

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

菊池 真夫 (KIKUCHI MASAO)

千葉大学・大学院園芸学研究科・名誉教授  
研究者番号: 10241944

(2) 研究分担者

高垣 美智子 (MICHIKO TAKAGAKI)

千葉大学・大学院園芸学研究科・教授  
研究者番号: 00206715

丸山 敦史 (MARUYAMA ATSUSHI)

千葉大学・大学院園芸学研究科・准教授  
研究者番号: 90292672

倉内 伸幸 (KURAUCHI NOBUYUKI)

日本大学・生物資源科学部・准教授  
研究者番号: 00256835