

## 西アフリカの食料増産と劣化環境修復のための集水域生態工学

Watershed Ecological Engineering for Sustainable Increase of Food Production  
and Restoration of Degraded Environment in West Africa

若月 利之

Wakatsuki Toshiyuki

近畿大学・農学部・教授



### 研究の概要

サブサハラアフリカに緑の革命を実現する中核技術は、アジアとは異なり、品種改良のバイオテクノロジーではなくて、アフリカ特有の低地の生態環境を改良する水田エコテクノロジーである。低地の適地に開発した水田稲作の持続可能で集約的な生産性は畑地の10倍以上あり、アップランドに森林を再生することも可能で、地球温暖化防止にも貢献できる。

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境技術・環境材料

キーワード：アフリカ緑の革命、稲作、エコテクノロジー、Sawah、水田仮説

### 1. 研究開始当初の背景・動機

サブサハラのアフリカでは食糧危機と環境悪化が進行し、社会・政治不安の背景になっており、21世紀の地球社会の大きな不安定要因になりつつある。

今後50-100年の日本の国際貢献策として、アフリカ農民の自助努力をサポートし、2000万haの水田開発とそれによる食料増産を実現し、2億haの森林再生による温暖化防止プログラムを具体化することを目的とした。

### 2. 研究の目的

(1) アフリカに緑の革命を実現する技術は、低地の稲作生態環境を改良する水田エコテクノロジーであるという「水田仮説 I」の実証。(2) 低地における水田の単位面積当たりの持続的な集約的な生産性は畑作地の10倍以上であるという「集約的持続性に関する低地水田仮説 II」の実証。(3) 集水域における天然の養分供給力を、集水域方程式により見積もり、熱帯アジアや日本の集水域と比較しながら、サブサハラアフリカにおける低地水田開発の限界を見極める。

### 3. 研究の方法

ガーナの人為サバンナ帯とナイジェリアのギニヤサバンナ帯、2つのベンチマーク集水域におけるアクションリサーチ型の現地研究である。実証の精度を上げるため、数百人の農民の自力により、数10haの水田を開発し、水田稲作を実施した。

同時に基礎的調査研究も並行して実施した。現地研究はかつて日本の博士課程に在籍した元留学生が中心となって実施した。

### 4. 研究の主な成果

以下に示すように、サブサハラアフリカに緑の革命を実現する水田仮説(I)を、アジアとの対比からより明確に示した(図1)。

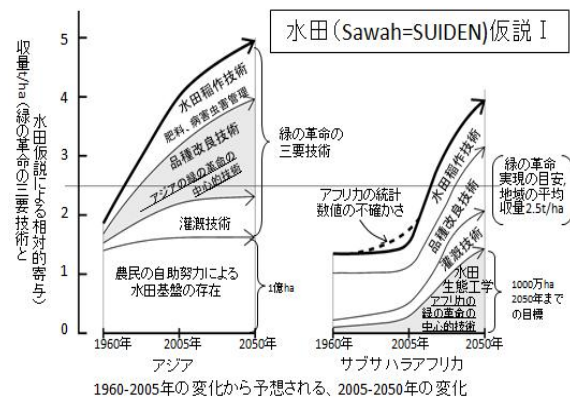


図1. アジアにおける1960-2005年の収量向上に貢献した技術の相対的寄与の推定と今後50年の予測をサブサハラのアフリカと比較

農家の圃場の環境改良(エコテクノロジー)の効果(ガーナで試験)							
Entry NO.	Cultivar	灌漑水田		天水田		陸稲的栽培	
		高投入 (t/ha)	低投入 (t/ha)	高投入 (t/ha)	低投入 (t/ha)	高投入 (t/ha)	低投入 (t/ha)
1	WAB(NERICA)	4.6	2.9	2.8	1.6	2.1	0.6
2	ENOK	4.4	4.2	3.0	1.7	1.4	0.5
3	ESBRC 34	4.4	4.2	3.0	1.7	1.4	0.4
4	ESBRC 24	4.4	4.2	3.0	1.7	1.4	0.4
5	ESBRC 27	4.4	4.2	3.0	1.7	1.4	0.4
6	WITA 3	4.4	4.2	3.0	1.7	1.4	0.5
7	WITA 3	4.4	4.2	3.0	1.7	1.4	0.5
8	Tos 3108	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.6
9	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
10	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
11	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
12	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
13	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
14	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
15	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
16	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
17	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
18	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
19	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
20	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
21	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
22	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
23	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
24	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
25	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
26	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
27	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
28	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
29	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
30	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
31	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
32	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
33	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
34	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
35	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
36	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
37	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
38	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
39	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
40	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
41	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
42	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
43	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
44	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
45	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
46	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
47	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
48	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
49	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
50	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
51	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
52	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
53	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
54	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
55	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
56	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
57	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
58	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
59	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
60	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
61	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
62	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
63	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
64	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
65	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
66	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
67	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
68	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
69	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
70	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
71	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
72	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
73	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
74	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
75	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
76	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
77	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
78	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
79	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
80	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
81	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
82	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
83	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
84	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
85	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
86	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
87	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
88	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
89	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
90	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
91	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
92	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
93	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
94	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
95	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
96	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
97	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
98	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
99	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
100	IR59089	2.1	1.1	1.8	1.3	1.3	0.7
Mean(n=23)		7.2	3.8	3.8	2.0	1.7	0.4
収量の離れSD		(4.0-8.2) 1.51	(2.8-4.4) 0.81	(2.8-4.5) 0.81	(1.3-2.8) 0.45	(0.9-2.3) 0.44	(0.3-0.6) 0.12

〔4. 研究の主な成果 (続き)〕

アフリカに緑の革命を実現する中核技術は、バイオテクではなくて、アフリカ適合型の低地水田生態工学技術である。しかし、アフリカの低地土壌生成作用はアジアの 5-10 分の 1 と小さい。サブサハラ全低地 2.5 億 ha のうち約 10%、2000 万 ha、の水田適地を見極めることが重要。

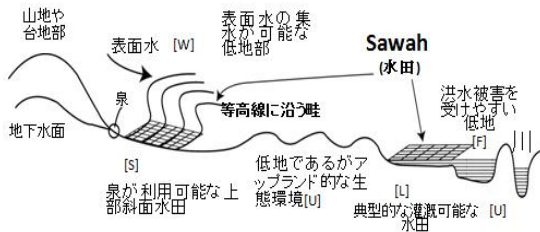
サブサハラアフリカにおける各種低地の分布面積  
(Hekstra, Andriessse, Windmeijer 1983 & 1993.)

低地の種類	面積(百万ha)	Percentage(%)
沿海低地	16.5 (3?)	7 (18%)
内陸大低地	107.5 (2?)	45 (2%)
氾濫原	30.0 (5?)	12 (17%)
小低地(里山低地)	85.0 (10?)	36 (12%)

赤字のカッコ内の数値は若月による水田(Sawah)開発可能面積の推定値(単位:百万ha)

世界のモンスーン降雨の75%はアジアに分布し、1億haの灌漑水田を支えている。アフリカのモンスーン降雨はアジアの約15分の1、15%であるので最大2000万haの灌漑水田開発ポテンシャルが推定される。

研究者と農家が協力して、さまざまな形態の水田開発が試行(図2、下の写真)された。水田稲作の導入により、収量が1ha当たり1tonから4-5tonとなり、自力水発は十分に農家の投資に見合うことが明らかとなり、ガーナ・ナイジェリアでは農家の自助努力による水田開発が始った。



多様な低地面を均平化し畦のある水田の造成するとともに、多様な灌漑オプションを利用する: 天水田、田から田への駆け流し、等高線に沿う畦による集水、泉利用、堰利用、ポンプ利用、インターセプト水路利用、ため池利用等

低地水田開発の優先順位  
[S] > [U] > [F] > [W] > [U]

図2. アフリカの未利用低地の開発



5. 得られた成果の世界・日本における位置づけとインパクト

WARDA(アフリカ稲作センター)による Nerica 米の育種成功により、アフリカの緑の革命実現への期待が高まったが、その限界も明らかになっている。アフリカの緑の革命実現は国連の MDGs の中心課題であり、アフリカ諸国の悲願である。前事務総長アナン氏を議長とする AGRA (Alliance for Green Revolution in Africa), や IRRI (国際稲センター) 等、国際研究機関の悲願でもある。これらの世界の潮流はいずれも品種改良が緑の革命の中心技術であることを前提としている。

本研究は品種改良のみでは緑の革命は実現しないこと、厳しい生態環境の改良を行う水田エコテクノロジーこそが緑の革命を実現する中心技術であることを示した。

6. 主な発表論文

(研究代表者は太字、研究分担者には下線)

1. Darmawan, Kyuma K, Saleh A, Subagio H, **Masunaga T, Wakatsuki T** (2006) Effect of green revolution technology from 1970 to 2003 on sawah soil properties in Java, Indonesia: I. Carbon and nitrogen distribution under different land management and soil types, Soil Sci. Plant Nutr. 52 (5): 634-644
2. Matsuoka K, Moritsuka N, **Masunaga T, Matsui K, Wakatsuki T** (2006) Effect of heating treatments on nitrogen mineralization from sewage sludge, Soil Sci. Plant Nutr. 52 (4): 519-527
3. **Toshiyuki Wakatsuki** and **Tsugiyuki Masunaga** (2005), Ecological Engineering for Sustainable Food Production and the Restoration of Degraded Watershed in Tropics of Low pH Soils: Focus on West Africa, Soil Sci. Plant Nutr., 51(5), 629-636
4. Ofori J, Hisatomi Y, Kamidouzono A, **Masunaga T, Wakatsuki T** (2005) Performance of rice cultivars in various sawah ecosystems developed in inland valleys, Ashanti region, Ghana, SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION 51 (4): 469-476
5. Annan-Afful E, Iwashima N, Otoo E, Asubonteng KO, Kubota D, Kamidohzono A, **Masunaga T, Wakatsuki T** (2004) Nutrient and bulk density characteristics of soil profiles in six land use systems along topo-sequences in inland valley watersheds of Ashanti region, Ghana, Soil Sci. Plant Nutr. 50 (5): 649-664

ホームページ

<http://www.kinki-ecotech.jp/>