

## 平成17年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究状況報告書

ふりがな（ローマ字）		WAKATSUKI TOSHIYUKI					
①研究代表者氏名		若月 利之		②所属研究機関・部局・職 近畿大学・農学部・教授			
③研究課題名	和文	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					
	英文	Watershed Ecological Engineering for Sustainable Increase of Food Production and Restoration of Degraded Environment in West Africa					
④研究経費		平成15年度	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	総合計
17年度以降は内約額 金額単位：千円		22,700	17,000	16,200	15,700	15,700	87,300
⑤研究組織（研究代表者及び研究分担者）							
氏名	所属研究機関・部局・職	現在の専門	役割分担（研究実施計画に対する分担事項）				
若月 利之	近畿大学・農学部・教授	生態工学	総括、集水域の劣化と修復、アップランドから低地への物質フローの測定				
奥村 博司	近畿大学・農学部・助教授	水文水資源学	ベンチマーク集水域の水文水質評価				
(海外共同研究者) GodwinOlanian	Watershed Initiative Nigeria 部長	農業システム学	エコテクノロジー方式による谷地田開発（ナイジェリア）				
J.N.AsafuAgyei	ガーナ国立作物研究所・所長	作物学	畑作と水田稲作の持続性の評価				
R.D.Asiamah	ガーナ国立土壌研究所・所長	土壌学	エコテクノロジー方式による谷地田開発（ガーナ）				
W.E.I.Andah	ガーナ国立水資源研究所・副所長	水文水資源学	水文水質評価				
S.LuanmaneeHermansah	タイ国農務省研究員 インドネシアアンダラス大学講師	土壌化学 熱帯土壌学	タイ国における腐植化技術の開発と応用 インドネシア集水域の劣化と修復				
⑥当初の研究目的（交付申請書に記載した研究目的を簡潔に記入してください。）							
<p>①過去10-15年間、オンファーム実証調査を継続している西アフリカの2つの集水域をベンチマークサイトとして、持続可能な食料増産と劣化した集水域を修復する生態工学技術（エコテクノロジー）として、アップランドにおける各種の混作技術とアグロフォレストリー技術、とりわけ低地における西アフリカ型の各種水田技術を1,000人規模の農民参加により試行し、ベンチマーク集水域の修復程度を下記②の物質フローの測定によりモニタリングが可能になるレベルまで土地利用を修復および改変する。土壌生成と侵食のバランス、アップランドから低地への表土と養分のフロー、低地での捕集とその持続的利用という観点から、これらの生態工学技術を評価/改良し、劣化集水域を修復する生態工学技術として完成させる。</p> <p>②「集約的持続性に関する低地水田仮説(1)」(即ち、低地における水田の単位面積当たりの持続的生産性は畑作地の10倍以上である)を、「地質学的施肥プロセス」(即ち、集水域における岩石の風化と土壌生成、アップランドから低地への肥沃な表土と養分のフローを意味する)の定量的測定等を通じて証明する。</p> <p>③熱帯圏集水域の修復は土壌への安定な有機物の蓄積(腐植物質)、団粒の発達による保水能の向上、望ましい水循環の回復と農業生産増と、それを背景とした森林植生の回復によって実現する。本研究では、上記①～②の水循環の修復による低地を中心としたマクロの生態工学技術に加え、有機物の腐植化技術の開発、腐植物質の施用による熱帯の畑土壌への有機物の蓄積技術を開発する。</p>							

⑦これまでの研究経過（研究の進捗状況について、必要に応じて図表等を用いながら、具体的に記入してください。）

平成 15 年度

ガーナ国クマシ近郊の森林移行帯地域のベンチマーク集水域では 4 ケ村、5 つの農民グループによる約 5ha の自主的な水田開発と水田稲作を、ガーナ国立土壌研究所と作物研究所グループによる最少のサポートで実施した。又、このような水田開発と水田稲作の実施をサポートする NGO 組織の立ち上げを準備した。一方、ナイジェリア中部 Bida 市付近のギニヤサバンナ帯のベンチマーク集水域では、8 ケ村、8 ケの農民グループによる約 10ha の自主的な水田開発と水田稲作を、国際熱帯農業研究所 (IITA) の Hirose Project と NGO 組織である WIN2001 による最少のサポートで実施した。

土壌生成速度及び岩石風化速度の測定法確立のために、必要な基礎データが整備されている米国ニューハンプシャー州の Hubbard Brook 集水域にて土壌と岩石試料を採取して必要な鉱物及び元素分析を行った。又、予備的にガーナ、ナイジェリア、インドネシア、のベンチマーク集水域の土壌生成速度及び岩石の風化速度を測定した。

各種有機物の腐植化技術の開発とアジア及び西アフリカ熱帯の畑地及び森林土壌への有機物蓄積技術の開発を目的に、中温加熱処理による腐植化の進行、窒素無機化速度の低下を確認した。生成した腐植化有機物の効果を確認するため、日本の赤色土壌での野菜栽培試験、タイとガーナでの稲とメイズのポット栽培試験を行い、生産性と肥沃度向上への効果を検討した。

3 大熱帯における劣化集水域の修復生態工学技術の比較検討を行うため、インドネシアジャワ島では水田の多面的機能についての調査、ペルーとボリビアではケチュア人の棚田貯水と灌漑畑システムを調査し、両システムとも極めて持続性の高い、生態環境に調和したシステムであることを認めた。

平成 16 年度

ガーナ、クマシ近郊、森林移行帯のベンチマーク集水域の水田開発は 7 グループ、7ha に拡大し、収量は前年の 4t/ha から 5t/ha に増大したので、全生産量は倍増した。これらの活動はガーナ国立土壌研究所、作物研究所の本研究グループによる最小のサポートにより、農民の自主的努力を中心として実施した。本プロジェクトの農民の自力開田コンセプトを利用する、アフリカ開発銀行による谷地田開発プロジェクトが 2000 万ドルの予算で 5000ha の新規開田を目標としてスタートした。2004 年度には適地選定の基礎調査を行った。本ベンチマーク集水域はモデル地区に選定され 60ha 規模の水田開発が On-the-job-training を兼ねて 2005 年より開始する。一方、農民を支援する NGO である GRIWA, Green Revolution Initiative in West Africa、もスタートした。ナイジェリアのベンチマーク集水域では水田の均平化と灌漑水路整備を行い、10ha のモデル水田とした。一方、農民はベンチマーク集水域で 50ha 以上の伝統的準水田稲作を行っている。この準水田稲作を標準的な水田稲作にレベルアップするため WIN2001, IITA, それに NCRI (ナイジェリア国立穀物研究所) のスタッフが共同してオンファーム研究と農民訓練を行った。2005 年度には JICA が WIN/IITA/NCRI と共同して、モデル水田農業の研修を本ベンチマークサイトで実施する予定。

本研究で提案する岩石風化、土壌生成、水質形成を統合する集水域方程式によれば、米国ニューハンプシャー州の Hubbard Brook 集水域の既報の岩石と土壌の分析値に大きな誤りが予想された。現地調査により、予想通り大きな誤差を確認でき、修正データから本集水域方程式の信頼性が高いことが検証できた。引き続きアフリカ集水域の土壌と水質の調査を継続し、予備的結果であるが、アフリカ集水域の土壌生成速度や養分供給速度はアジアに比べてかなり低いことを認めた。

有機物の中温加熱腐植化による機能性有機質肥料の製造とその応用については、基本コンセプトを以下のように整理した。即ち、(1) 肥料効果と増産、(2) 緩効化による環境保全、(3) 生産物の高品質化、(4) 地力の増進、(5) 腐植蓄積による温暖化防止効果である。(1) - (3) については日本、タイ、ガーナ、ナイジェリアでポット試験を実施した。(4) と (5) については 5-10 年程度あるいはそれ以上にわたる長期の試験が必要であるが、日本、タイ、ガーナにて開始した。

⑧特記事項 (これまでの研究において得られた、独創性・新規性を格段に発展させる結果あるいは可能性、新たな知見、学問的・学術的なインパクト等特記すべき事項があれば記入してください。)

(1) 集水域の岩石風化、土壌生成、水質形成を統合する集水域方程式への展開

本研究で提案する集水域の土壌生成速度測定法の信頼性を検証するために、長期の水文と水質データが集積し、世界における集水域生態研究の発祥地の一つである米国 Hubbard Brook 集水域の土壌と岩質の調査を実施した。本研究開始以前の既報の Hubbard Brook 集水域の岩質と土壌及び水質水文のデータは本研究の仮説的理論と整合せず、大きな誤差を生じていた。本研究の理論が間違いであるか、あるいはこれまでの Hubbard Brook 集水域のデータの岩質と土壌について大きな誤差が存在しているかの、どちらかであった。2003 年度における調査と 2004 年度におけるデータ解析により、本理論が正しく、Hubbard Brook 集水域の土壌と岩質データにかなりの誤差がある可能性が高いことが判明した。本研究により得られた修正データを使うことにより、我々の提案する方法で精度の高い風化速度と土壌生成速度結果が得られ、集水域の岩石風化、土壌生成、水質形成を統合する集水域方程式として理論化できる可能性が高いことが分かった。このような集水域方程式の提案は世界で初めてであり、地球環境時代における集水域研究の基礎理論となる可能性が高い (現在未発表)。

(2) 西アフリカとアジアや日本の集水域の岩石の風化速度、土壌生成速度、養分供給速度の比較

土壌生成速度は西アフリカ集水域で  $0.1-0.5t/ha/y$ 、熱帯アジアで  $0.5-10t/ha/y$ 、日本で  $0.5-5t/ha/y$ 、Hubbard Brook で  $0.3t/ha/y$ 、地球平均が  $0.7t/ha/y$  程度であり、基本的には土壌侵食速度とバランスする速度であることが分かった。この結果、土壌生成速度のデータが得られない場合でも、これまで多数のデータの蓄積がある土壌侵食速度のデータを土壌生成速度のデータに読み替え可能であることが示された。この結果、西アフリカ集水域の土壌生成速度や養分供給速度は日本やアジアの 5 分の 1 から 10 分の 1 であることが分かった。このことは西アフリカにおける低地水田開発ポテンシャルは集水域の全面積当たりではアジア諸国の 5 分の 1 から 10 分の 1 であることを意味し、持続可能な水田開発においては特別な注意が必要であることを示す。我々はこれまでモンスーン降雨量等のマクロのデータ比較より、熱帯アフリカの水田ポテンシャルをアジアの 5 分の 1、約 2000 万ヘクタールと推定していたが、本研究によるベンチマーク集水域の土壌生成速度や養分フローの測定からは、2000-1000 万ヘクタールが水田開発ポテンシャルの範囲となる。但しこの推定はあくまでも現在の推定値で、今後より多数の集水域での測定が前提になる。アジアとの比較において、西アフリカ集水域の低地土壌生成作用の弱さに関連しては、集水域土壌のトポシーケンスを解析した結果、アジアと異なり、低地土壌の肥沃度、特に塩基類が、むしろ低いことが明らかになった。このことも西アフリカにおける持続可能な水田開発において特別に注意すべきこととなる。

(3) 谷地田農法による水田の自立的拡大の進展

本研究で提案する農民の自主努力による水田開発方式 (谷地田農法) はアフリカのベンチマーク集水域及びその周辺で順調に開田面積を拡大しつつある。特記すべきことは、ガーナで 2005 年度アフリカ開発銀行によるプロジェクトが 2000 万ドルの予算で 5000ha の新規開田を目標としてスタートしたことである。2004 年度の開発調査の結果を受けて、本ベンチマーク集水域はモデル地区に選定され 60ha 規模の水田開発が On-the-job-training を兼ねて 2005 年より開始する。ナイジェリアでも 2005 年度には JICA が WIN/IITA/NCRI と共同して、農民の自助努力によるモデル水田農業の開発のための研修を、本ベンチマークサイトで実施することになり、これまでの研究成果が実際のアフリカ農業開発の現場に着々と適用されつつあることである。

本年 2005 年のイギリスアフリカ開発サミットでも日本の国際貢献の一つとして本方式の水田開発が取り上げられる可能性がある。若月は 5 月には中国杭州で開催予定の、ヨーロッパアジア水田システムの持続的管理に関する国際シンポ、本年 7 月の東京における国連大学における CG センターと J-FARD 共催による国際シンポ「アフリカ農林水産業の生産性向上を支える研究開発の展開方向—我が国の研究開発陣営は何ができるか」、そして、11 月 FAO や CG センターが主催するタイ国コンケンにおける砂質貧栄養熱帯土壌の持続可能な農業利用に関する国際シンポジウムにて招待講演することになっている。

⑨研究成果の発表状況 (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

(学術論文)

- 1 T. Wakatsuki, M.M. Buri and O.O.Fashola, Ecological Engineering for Sustainable Rice Production of Degraded Watersheds in West Africa, World Rice Research 2004, IRRI, 2005,印刷中
- 2 J.Offori, Bam, R., Sato, K., Masunaga, T., Kamidozono, A., and T. Wakatsuki, Rice Growth and Yield in Waste-amended West African Lowland Soils., J. Plant Nutri, 2005 印刷中
- 3 J.Offori, Kamidozono, A., Masunaga, T., and T. Wakatsuki, Organic Amendment and Soil Type Effects on Dry Matter Accumulation, Grain Yield and Nitrogen Use Efficiency of Rice, J.Plant Nutri, 2005 印刷中
- 4 J. Ofori, Abban, E.K.,Otoo, E., and T. Wakatsuki, Rice-fish culture: an option for smallholder Sawah rice farmers of the West African lowlands, Ecological Engineering, 2005 印刷中
- ⑤ T. Wakatsuki and T. Msunaga, Ecological Engineering for Sustainable Food Production and the Restoration of Degraded Watersheds in Tropics of Low pH Soils: Focus on West Africa Soil Sci. Plant Nutri, 2005 印刷中
- 6 Buri M.M., Issaka, R.N.,and T. Wakatsuki, Soil Organic Amendments and Mineral Fertilizers: Options for Sustainable Lowland Rice Production in the Forest Agro-ecology of Ghana, Agricultural and Food Science Journal of Ghana, 2005 印刷中
- 7 M.M.Buri, Issaka, R.N., and T. Wakatsuki, Extent and Management of Low pH Soils in Ghana Soil Sci. Plant Nutri, 2005 印刷中
- 8 若月利之,サブサハラのアフリカに緑の革命のきざし, 農林統計調査、4月号, 2-3, 2005
- 9 Sato,K., Masunaga, T., and T. Wakatsuki, Characterization of treatment process and mechanisms of COD, phosphorus and Nitrogen removal in the Multi-Soil-Layering systems, Soil Sci. Plant Nutri, 51(2):213-221, 2005
- 10 Sato,K. Masunaga, T., and T. Wakatsuki, Water Movement Characteristics in a Multi-Soil-Layering System, Soil Sci. Plant Nutri 51(1) :75-82,2005
- 11 E.Annan-Afful, N. Iwashima, E. Otoo, K. O. Asubonteng, D. Kubota, A. Kamidouzono, T. Masunaga, and T. Wakatsuki, Land Use Dynamics and Nutrient Characteristics of Soils and Plants along Topo-Sequences in Inland Valley Watersheds of Ashanti Region, Ghana Soil Sci. Plant Nutri 50(5): 633-647,2004
- ⑫ E. Annan-Afful, N. Iwashima, E. Otoo, K. O. Asubonteng, D. Kubota, A. Kamidouzono, T. Masunaga, and T. Wakatsuki, 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 Nutri, 50(5):649-664, 2004
- ⑬ O.O. Fashola and T. Wakatsuki, Sawah system water management for sustainable rice production in Nigeria, The Nigeria Rice MEMORABILIA, 325-338, 2004
- 14 T. Wakatsuki, M.M. Buri, and O.O. Fashola, Rice green revolution and Restoration of Degraded Inland Valley Watersheds in West Africa through Participatory and Self-Support Swaha Developemnt, In Participatory Strategy for Soil and Water Conservation, ERECON,Institute of Environment Rehabilitation and Conservation, 241-246,2004
- 15 M.M. Ali, H. Ishiga and T. Wakatsuki, Distribution and Changes in Heavy Metal Contents of Paddy Soils in Different Physiographic Units of Bangladesh, Soil Sci. Plant Nutri, 49(4): 527-538,2003
- 16 E. Owusu-Sekyere, J. Cobbina, E. Otoo, E. annan-Afful, T. Masunaga, D. Kubota, T. Shinmura, and T. Wakatsuki, Nutrient Dynamics in Disturbed Primary forest in Dwinyama Watershed, Ashanti Region, Ghana, Ghana Journal of Forestry, 11:1-9, 2003
- 17 若月利之・謝順景、アフリカ稲作開発協力史—その1 台湾、国際農林業協力、26(3) : 17-29,2003
- 18 若月利之、サブサハラ・アフリカの農業・農村開発と日本の役割、砂漠研究、13(2):83-100,2003
- 19 若月利之・江本里子、西アフリカの米需給とネリカ米、農業と経済、6月号:53-62、2003

20 P. Boonsook, S. Luanmanee, T. Attanandana, A. Kamidouzono, T. Masuanga and T. Wakatsuki, A Comparative Study of Permeable Layer Materials and Aeration Regime on Efficiency of Multi-Soil-Layering Systems for Domestic Wastewater Treatment in Thailand  
Soil Sci. Plant Nutri 49(6): 873-882, 2003

(国際会議発表)

2003年5月：メリーランド大学における米国生態工学会にて”Ecological Engineering for Restoration of Degraded Watershed in Tropical Asia and Africa” by T. Wakatsukiとして発表した

2003年7-8月：ガーナ大学にてガーナ土壌学会にて” Restoration of Degraded Inland Valley Watershed in West Africa by Sustainable Sawah Development” by T. Wakatsukiとして発表した。

2003年12月：インドネシアボゴールにて国立土壌研究所主催のセミナーにて” Ecological Engineering for Sustainable Food Production and the Restoration of Degraded Watershed in Tropical Asia and Africa”  
by T. Wakatsuki として講演した。

2004年7-8月：仙台市の6th International Symposium on Plant-Soil Interaction at Low pHにて”Ecological engineering for sustainable food production and the restoration of degraded watersheds in low pH soils” by T. Wakatsuki and T. Masunaga として Keynote 講演をした

2004年10月：秋田市の有機資源利用国際シンポジウムで”Heating enables to regulate the rate of nitrogen mineralization from sewage sludge” by K. Matsuoka, N. Morituka, T. Masunaga, K. Matsui,  
and T. Wakatsuki としてポスター発表

2004年10月：秋田市の有機資源利用国際シンポジウムで”Application effects of heated sludge materials on the nutrient supply from soil to plants” by N. Morituka, S. Matsumoto, T. Masunaga, K. Matsui,  
and T. Wakatsuki としてポスター発表

2004年11月：筑波市の World Rice Research Conference 2004にて”Ecological engineering for sustainable production and the restoration of degraded watersheds in West Africa” by T. Wakatsuki, O. Fashola,  
and M. Buri として招待講演をした

2004年11月：東京農業大学の International symposium on participatory strategy for soil and water conservationにて”Rice green revolution and restoration of degraded inland valley watersheds in West Africa through participatory and self-support sawah development” by T. Wakatsuki, O. Fashola, and  
M. Buri として講演をした

2005年5月：中国杭州市にて開催予定の First Asia-Europe Workshop on Sustainable Resource Management and Policy Options for Rice Ecosystems において”Comparative studies on rice farming systems in Japan, Bangladesh, Indonesia, Thailand, and West African Countries”  
by T. Wakatsuki として招待講演予定

2005年7月：東京国連大学にて開催予定の国際シンポジウム「アフリカ農林水産業の生産性向上を支える研究開発の展開方向—我が国の研究開発陣営は何ができるか」にて ”Research and development of lowland sawah systems in West Africa” by T. Wakatsuki として招待講演予定

2005年11-12月：タイ国コンケン市にて FAO,IWMI 等主催の国際シンポジウム”Management of tropical sandy soils for sustainable agriculture“にて招待講演の予定

(国内学会発表)

日本アフリカ学会、日本熱帯農業学会、日本熱帯生態学会、日本土壌肥料学会、日本ペドロジー学会、日本農業施設学会、日本廃棄物処理学会、日本有機資源協会、国際農林水産業研究センター特別シンポジウム等で発表した。