

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)
研究領域「環境・エネルギー研究分野「地球規模の環境課題の解決に
資する研究」」

研究課題名「アフリカ半乾燥地域における気候・生態系変動の予測・
影響評価と統合的レジリエンス強化戦略の構築」

採択年度：平成23年度/研究期間：5年/相手国名：ガーナ共和国

終 了 報 告 書

国際共同研究期間*1

平成24年3月15日から平成29年3月14日まで

JST側研究期間*2

平成23年6月1日から平成29年3月31日まで

(正式契約移行日 平成24年4月1日)

*1 R/Dに記載の協力期間 (JICA ナレッジサイト等参照)

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=R/Dに記載の協力期間終了日又は当該年度
未

研究代表者：武内 和彦

東京大学サステイナビリティ学連携研究機構・機構長・教
授

I. 国際共同研究の内容（公開）

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール(実績)

項目	H23年度 (10ヶ月)	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度	H28 年度 (12ヶ月)
1. 気候・生態系変動の農業生態系への影響予測評価手法の開発・実施（東大グループ、国連大学グループ） ・地域気候変動予測モデルの手法開発 ・農業生態系利用への影響予測、評価の実施	←	←				→
2. 衛星技術・現地観測網を用いた異常気象予測・リスク評価と水資源管理技術プロトタイプ の提示（京大グループ） ・異常気象発生予測技術の開発 ・水文災害リスク評価の実施 ・水資源管理技術のモデル提示	←		←	←	←	→
3. 地域住民および技術者の能力開発プログラムの開発・実証（国連大学グループ） ・工学的・資源管理技術能力開発 ・農業生態系適応利用評価に基づく制度的能力開発 ・統合的レジリエンス強化戦略の構築	←	←		←		→

(2) 中間評価での指摘事項への対応

特になし。

(3) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

特になし。

2. プロジェクト成果目標の達成状況とインパクト（公開）

(1) プロジェクト全体

【ねらいと概要】

地球規模の気候・生態系変動への対応の一環として、資源管理基盤が脆弱であるアフリカ途上国における有効かつ実施可能な対策のニーズが高い。本国際共同研究は、中でもとくに脆弱なガーナ北部半乾燥地域に属するガーナ北部のボルタ河流域を対象に、（１）気候・生態系変動が農業生態系にもたらす影響の予測評価、（２）異常気象のリスク評価と水資源管理手法の開発・適用、さらにはそれらを踏まえた（３）地域住民および技術者の能力開発を推進するプログラムの形成・実施、の３点を核とする実践研究を行う。この研究プログラムを通して、統合的レジリエンス強化戦略の構築をはかり、「ガーナモデル」としてアフリカ半乾燥地域全般への応用をめざす。

【達成状況】

2011年6月から重ねられたガーナ側カウンターパートとの話し合いを経て2012年2月に締結されたガーナ大学との間でのRD及びMOUに基づき、2012年5月、ガーナ国内においてプロジェクトの正式なキックオフ会合を実施したほか、同年10月には第一回合同調整委員会(JCC)を開催した。また、同年夏にかけてプロジェクトの体制と現地調査実施のための機材等の準備・調整を進め、8月にはプロジェクト実務ミーティングをアクラで行い、8月末より基礎データ収集・解析を目的とする第一次現地調査が本格的にスタートさせた。10月のJCCの前には、プロジェクトの参加する両国の研究者が合同でフィールド調査を行い、研究方法に特化した研究ワークショップを開催した。この間、研究グループと現地カウンターパート、関連ステークホルダーとの協議のもと、プロジェクトサイトの絞り込みと選定および初期データ収集・分析が行われ、2012年12月15日、東京の国連大学で行われたプロジェクト実務ミーティングにおいて、最終的な研究プロジェクトのサイト選定が確認された。2013年1月28日-2月4日には、東京大学と国連大学の合同グループがガーナから2名の研修員を受け入れ、地理情報システム(GIS)を活用した技術能力開発プログラムの共同開発が進められた。同年2月から3月にかけては、北部ガーナにおいて第二次現地調査を進めると同時に、2013年度の共同現地調査計画詳細をガーナ側カウンターパートと共同で討議が進められた。この過程において、特に積極的に日本人およびガーナ人の若手研究者の育成が図られた。

気候変動予測のダウンスケーリングのモデリングの見直し・精緻化、気象予測と水理モデルの開発と観測データに基づく検証、作物バリューチェーン調査を行った。同時に、共同現地調査計画に基づき、各グループでのガーナ側の研究者と共同で進展させた。さらに、これまでの研究成果に基づいたレジリエンス強化オプションの提示とその社会実装を本格化させていくことがプロジェクト全体の課題であることから、2015年8月には、民間ビジネスセクター、NPO、国際機関、地元行政関係者など、多様なステークホルダーと一緒に具体的なレジリエンス強化オプションとその社会実装のあり方について討議する科学-政策-社会の対話ワークショップを「マッチメイキング・ワークショップ」としてタマレの開発学大学にて実施した。その結果、政府機関、NPO、企業、地域住民、研究者が協働して、今後の研究成果の活用の方向性と具体的な方向性をとりまとめることができた。

2016年3月には東京にてワークショップを開催し、2015年度中に概念整理した「ガーナモデル」の方向性に沿って、各テーマ(グループ)の成果の統合をより一層推し進めるための議論を行った。さらに昨年8月に開催した国際会議での研究発表のうち、特に優秀な発表に基づく原稿を集めた英文書籍を編集・発行する準備を進めたほか、他の国際学会等での研究発表を活発に行った。

一方、若手研究者・技術者の能力形成に関しては、ガーナ気象庁と開発学大学の若手研究者が気象・水文モデリングの研修を京都大学に毎年行ってきた。また、東京大学は、

気候変動予測のダウンスケーリングと作物モデルのトレーニングプログラムを実施した。さらに2015年9月から10月にかけては、国連大学で開講される集中コア・コース(IC course)の二科目をガーナ側の若手研究員5名が受講した。国連大学では、ガーナからの留学生が博士号の学位を2015年度に取得したほか、JICAの長期研修の枠組みで、2013年9月からガーナ開発大学から研究員を受け入れており、2016年7月には博士号の学位を取得した。さらに5名の留学生(ガーナ3名、ブルキナファソ1名、カメルーン1名)が本プロジェクトに直接関連するテーマで修士号を取得した。さらに、2015年度と2016年度には、開発中のガーナモデルを他のアフリカ地域に発信するため、2年連続でガーナ以外の4か国から4名の若手研究者を国連大学(東京)に招へいして、ガーナ側の短期研究者と一緒に国連大学で開講された集中コア・コース(IC course)を履修してもらいつつ、相互交流とガーナモデルのアップスケールについて検討した。

地域住民/技術者の能力開発の推進については、研究課題1では、気候変動予測のダウンスケーリングに関してガーナ大学、ガーナ開発学大学と連携体制が整っており、Crop Model及び圃場実験についてはガーナ大学、ガーナ開発学大学のほか、SARI(Savanna Agricultural Research Institute)との協力関係を強化した。研究課題2では、衛星データ利用、地上観測データの充実、気象予測に関してガーナ気象局と連携している。河川流量計測、水文モデリングに関して、CSIR(科学工学研究国家評議会)傘下のWater Research Instituteとの連携を開始しており、さらに連携を強化した。研究課題3では、ガーナ開発学大学との連携のもと、郡議会(計画担当官、農業・食料局、コミュニティ開発局)、ガーナ教育省、NADMO、消防庁、農村コミュニティ開発系のNGO、小中学校との間で、農業開発、水資源管理、農民と女性の能力強化を進めるための協力体制を整えた。

制度化に関しては、気候変動のダウンスケーリングや気象観測について、それぞれガーナ大学とガーナ気象庁にて、自立的に研究・運用が維持される体制を構築した。また、ガーナ教育省に対しては、気候変動適応と防災教育を教育カリキュラムに組み込むことを促進するため、現状での初等中等教育のシラバス分析と教員・生徒に対するインタビュー調査を実施した。これらの成果を教育省にフィードバックすると同時に、ガーナ大学とガーナ開発学大学にて、レジリエンス強化に関する新たな高等教育プログラムや実地研修プログラムを開発していく予定であり、開発学大学に新たに設置される研究教育センター(KTSCR)は、その中核的な役割を担うことになる。

社会実装の観点からは、研究課題1ではプロジェクト開始時点で考えていた社会実装については、ほぼ達成できていると考えられるが、今後、農業生産への影響を踏まえた政府系機関等との連携を考慮した技術普及の可能性も検討する余地がある。これについては、すでに先のSARI等との協力関係を通じ、圃場実験の成果をコミュニティの住民に提示する機会を設けるなど行っているところであり、今後、他の関連機関も含め、連携体制の強化に努める。研究課題2では基礎研究として予定した作業は概ねできたと考える。社会実装についても気象分野に関してはGMetとの協力で一定の成果を得た。水資源については水文データの取得が予定よりかなり難航したが整備した。しかし高い信頼性をもって社会に発信できるまでには、なお一層の協力が必要と考える。研究課題3ではプロジェクト開始時に想定していた社会実装はほぼすべて達成でき、シアバターの生産効率向上やハチミツ生産による収入源の多様化など、当初の想定を超えた社会実装も行われた。さらに研究課題1と2との有機的連携のもとでの社会実装のさらなる強化を行った。

技術移転については、ハード技術の移転は、気象観測機器、土壌分析設備、現地フィールド調査用のGPSやロガー等の機材の活用が中心であり、それを適切に維持管理できるという観点から移転先が主に大学及びガーナ気象庁となった。ソフトな技術の移転という観点では、主に集落の住民に対して、現地調査活動への参加、集落ワークショップ、実験圃場、コミュニティ・シアター等でアウトリーチ活動を行い、これらを通じて種々の能力形成を進めた。また、他の国際機関、国・地方行政機関、気象局、民間セクター

に対しては、2015年8月のマッチメイキングワークショップで、研究成果をいかに活用するかを議論した。

こうした地域住民や様々なステークホルダーを念頭に置いたアウトリーチ活動に関しては、2017年1月および2月に「ガーナモデルの社会実装とアップスケールのためのワークショップ」をタマレとアクラにおいて行い、他の国際機関から地域行政、企業、NGO、農村住民までの多様な関係主体とともに、ガーナモデルの社会実装、アップスケールに関する具体的な課題の整理を行った。特に、アクラでは政府関係者に対して政策提言を行った。タマレとアクラでのワークショップには、ケニヤッタ大学環境研究学部長が参加し、ガーナモデルをケニヤに応用展開していくことが表明された。そのワークショップについては、ガーナの代表的な新聞社である Daily Graphic に大きく取り上げられた。

(2) 研究題目1：気候・生態系変動の農業生態系への影響予測評価手法の開発・実施

① 研究題目1の研究のねらい

1) 気候変動影響の予測手法の開発

「高分解能大気海洋結合モデル」および「領域気候モデル」等の地球気候変動予測モデル、をダウンスケーリングし、局地応用できるようにすることによって、ガーナ地域の気候変化を推定するための気候変動影響の予測評価手法の開発を開発する。

2) 農業生産活動および生態系への気候変動影響の把握

また農家経営・土地利用に関する実地調査により現状の生態系利用を把握することで、農業生産活動および生態系の気候変動に対する脆弱性について分析する。この分析結果に、先の気候変動予測モデルにより示される気候変動の影響予測や、以下で提示される土壌の状態などに関する分析結果と組み合わせることで、生態系保全、あるいは耕作適地と適切な現地の作物の組み合わせ等を提示する。

3) 農業生態系変動の地理的把握

さらに、上記の研究・分析に使用される過去の気象データ（気温・降水量・降水パターン等）や農業生産に関するデータ、その他の関連データに加え、土地利用に関するデータを収集し、地理情報システム（GIS：Geographic Information System）を利用することで、土壌分布や土地利用の変遷等を明らかにするとともに、気候変動に対応した土地利用のあり方や農業生態系に関するマップの作成を行う。

② 研究題目1の研究実施方法

1) 気候変動影響の予測評価手法の開発

気候変動影響の予測評価手法の開発に関しては、既存研究の整理および関連データの収集により、研究対象地域であるガーナ共和国を中心とする西アフリカの気候の特徴を踏まえ、当該地域の気候に影響を与える気候パターンの把握を行うことに加え、全球気候変動予測モデルの結果を、地域気象モデルを用いてガーナ周辺地域において力学的ダウンスケールを行った。これに基づき、ガーナ周辺地域における過去の特徴的な降水量の年について力学的ダウンスケールを行い、現地の気候のメカニズムの把握を行った。特に観測に欠損の多い1980年代から1990年代の全球再解析データを境界条件として北アフリカ地域における気象モデル実験を行い、ガーナ周辺地域の降水の詳細な分布を明らかにした。また本力学的ダウンスケールに際しては、農業生産活動および生態系への気候変動影響の把握に必要なデータを確認しながら行った。さらに、これと並行し、統計的ダウンスケーリングと作物モデルを組み合わせ、気候変動の農業生産へ与える影響について分析を行った。

農業活動への影響については、気候変動影響の農業生産に与える影響に関する関連文献の調査を行うとともに、必要となる1次データおよび2次データについて検討し

た。

2) 農業生産活動および生態系への気候変動影響の把握

農業生産活動および生態系への気候変動影響の把握については、国・州を単位とするいわばマクロ・レベルと、コミュニティ・レベルのそれぞれの分析を行った。双方の分析について、相手国協力機関であるガーナ大学およびガーナ開発大学と共同で、気候変動影響の農業生産に与える影響に関する関連文献の調査、必要となる1次データおよび2次データの収集を行った。特に2次データに関しては、州レベルでのパネルデータを構築した。マクロ・レベルの分析については、農業総要素生産性の計測と、それと気温、降水量、農業試験研究費（農業R&D）等との関係について推計を行った。コミュニティ・レベルの分析については、実際の農家経済の状況と気候変動等への対応等を把握するために、調査対象地である Tolon District、Wa District 双方にて家計調査を実施し、データを収集するとともに分析を行った。

以上の分析による現状の把握と農業生産活動および生態系への気候変動影響の把握に関するフレームワークの確立を基に、「a. 気候変動影響の予測評価手法の開発」と連携し、作物モデルによる気候変動の影響に関する分析を行った。その際、対象とするコミュニティにおける実際の生産作物に関する把握を行うとともに、テーマ2と連携し、特定の作物について圃場実験を実施し、必要なデータの収集を行った。

3) 農業生態系変動の地理的把握

農業生態系変動の地理的把握については、GIS を利用し、土地利用・土壌分布のマッピングおよび分析を行うための土地肥沃度や土地利用に関する一次データの取得を、他のテーマおよび相手国協力機関と連携しながら行った。また同時に現地政府による公表データの取得、さらに衛星データを収集し分析を行った。

③ 研究題目1の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

a. 気候変動影響の予測評価手法の開発

気候変動影響の予測評価手法の開発に関しては、まず、気候変動の影響として懸念される極端現象の現在気候でのメカニズムを調査するため、ガーナ北部の過去の多雨年および少雨年を選択するとともに、現地の降水量データを補うことを目的に、北大西洋東部に見られるアゾレス高気圧と過去のガーナ周辺の降水量の関係を解析し、多雨年と少雨年を抽出し、ガーナにおける多雨年と少雨年の力学的ダウンスケーリングを実施した。

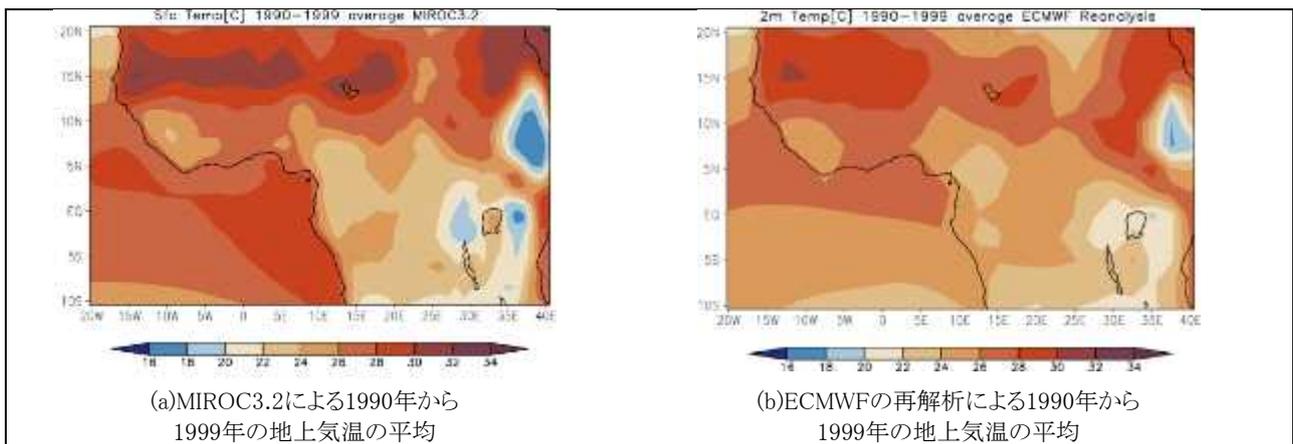


図1-1. 1990年代のモデルの再現性の比較

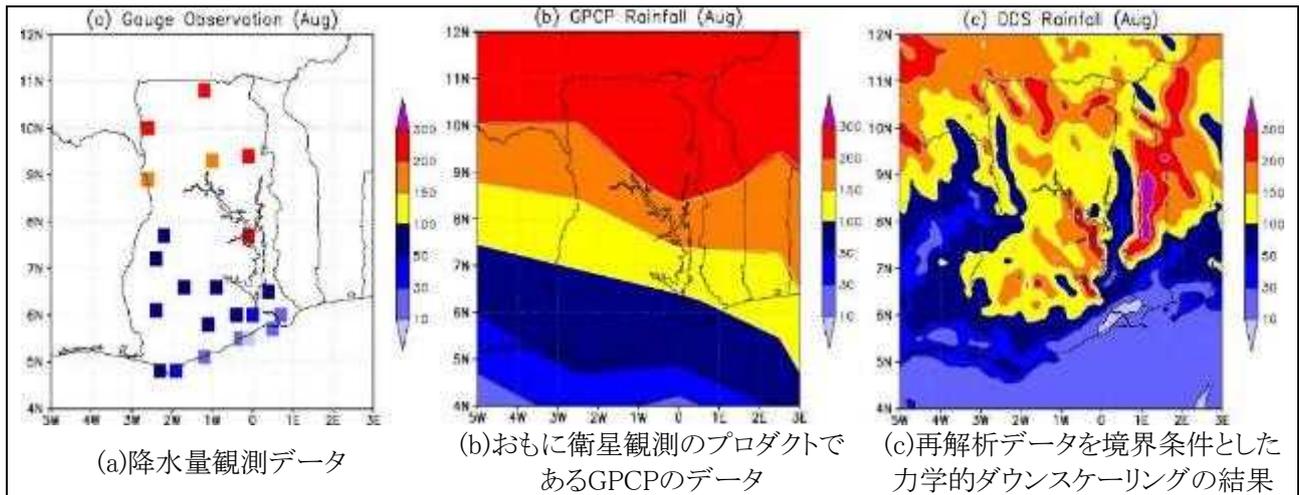


図1-2. ガーナにおける8月の降水の平年値

力学的ダウンスケーリングには、親モデルとして、全球気候変動予測モデルMIROC3.2 (JAMSTEC、国立環境研究所、東京大学) の結果を用い、地域気象モデルWRFモデル(米国UCAR)で西部アフリカ域の高解像度の再現計算を実施した。MIROC3.2は、ヨーロッパ中期予報センター (ECMWF) による再解析データと比較し、当該地域の気候の特徴を概ね再現していると考えられる (図 1-1)。また、この再現計算の結果は、概ね現地の降水状況を表していると考えられる。

さらに引き続き、まず、観測データに欠損が多い1980年代から1990年代までの約20年間にわたる長期間の力学的ダウンスケーリングを、地域気象モデルとしてWRFモデル (米国UCAR) を用いて実施した。これまでガーナ地域では気象観測の空間分布が非常にまばらであり (図 1-2-a)、降水の詳細な地域分布が把握されていなかったことに加え、おもに衛星観測に基づいた既存の降水プロダクトでも、十分な精度と解像度のデータを得られていなかった (図 1-2-b)。このため、本研究の力学的ダウンスケーリングによりガーナにおける気象データの地域詳細化が実現し、ガーナにおける降水の実態を明らかにすることができた (図 1-2-c)。とくに、ガーナ中心のボルタ湖周辺のローカルな大気循環と、アフリカモンスーンとの相互作用による、局地的な降水の可能性を示唆することができた。さらに構築した力学的ダウンスケーリングモデルを用いて、2015年まで推計を延伸させた。

しかしながら、気候変動下におけるモデル間のばらつきは相当程度大きいいため、気候変動下でのダウンスケーリングは疑似温暖化実験の手法を利用して行った。図 1-3は、疑似温暖化実験の結果である。疑似温暖化実験にあたって、1月、4月、7月、10月について風向、気温、降雨量の変化を推計した。表 1-1に結果をまとめた。風向については、1月は西風、4月は東風、7月は北風、へと変化することが予測されるが、10月は現状と変化がない。気温については、1月に3.5℃、4月、7月、10月、それぞれ3℃の上昇が予測される。降雨量については、4月に降雨量の減少がみられるが、その他の月については、大きな変化はみられない。以上の結果については、テーマ2と共有するとともに、その妥当性や利用可能性等について検討を行った。

以上より、ガーナ地域を対象に力学的ダウンスケーリングモデルを構築することができた。地球温暖化の影響については、不確実な要素が多くシミュレーション結果も、それに依存する。しかしながら、それらの新たな知見が得られた場合、本力学的ダウンスケーリングモデルにより、シミュレーションを行う体制が確立されたことは非常に大きな意義を有する。これは後述の作物モデルについても同様である。

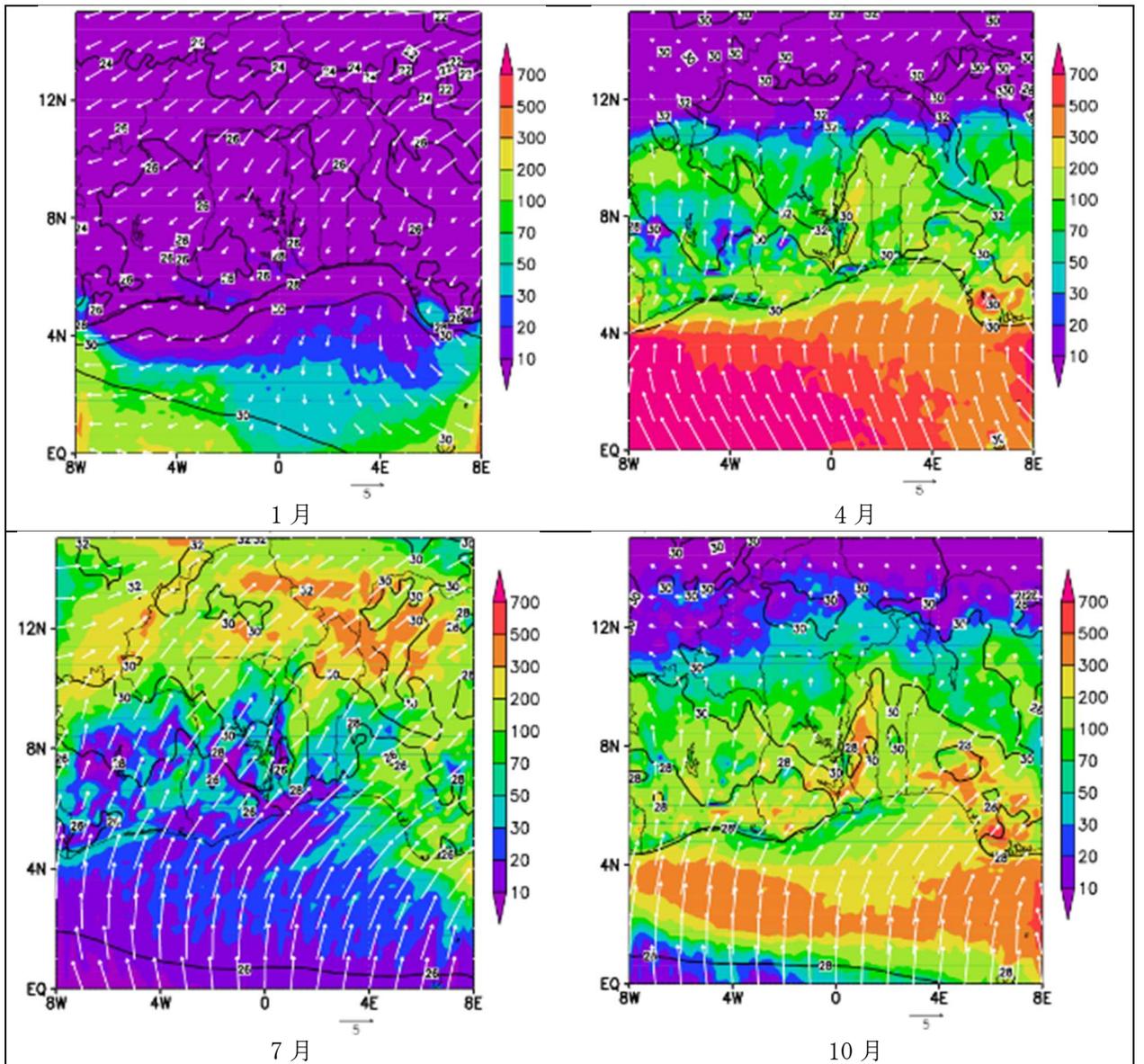


図 1-3. 疑似温暖化実験の結果

表 1-1. 疑似温暖化実験の結果

Month	Wind Change	Temparture Increase	Precipitation Chnage
January	Westerly anomaly	+3.5 K	No change
April	Easterly anomaly	+3 K	Much drier (50% down)
July	Northerly anomaly	+3 K	No change
October	No change	+3 K	No change

さらに、気候変動の農業生産活動および生態系への影響を分析する。分析するにあたり、力学的ダウンスケーリングの結果とのスケールやバウンダリーの整合性を

とることの困難さや、より詳細な農業生産に関するデータに対応したデータの必要性から、相手国側協力機関と協議し、統計的ダウンスケーリングを力学的ダウンスケーリングと相互補完的に実施することとした。これは、相手国協力機関への技術移転にも関連するものである。

気候変動の農業生産活動および生態系への影響について、本研究では、CROPGRO や Crop Environment Resource Synthesis (CERES) 等の作物モデルとモジュール化して統合した意思決定支援システムである Decision Support System for Agro technology Transfer (DSSAT) を利用した。DSSAT は、作物モデルを活用するための、気象・土壌・遺伝子・病害虫・圃場実験を扱うデータベースや支援ソフトウェアとシミュレーションを行うためのアプリケーションを内包している。しかしながら本研究では調査対象地域におけるより精緻なシミュレーションを志向し、力学的ダウンスケーリングの結果を利用するとともに、そのために必要な情報、降水量・気温・風速・風向、等については確定していることから、DSSAT を用いた分析と力学的ダウンスケーリングとで緊密に連携させた。さらに現地調査、およびテーマ 2、ガーナ開発学大学 (UDS)、さらにサバンナ農業研究所 (SARI : Savannah Agricultural Research Institute) 等の協力機関等と議論しながら作物栽培に関する圃場実験を実施した (図 1-4)。これら関係各所と連携しながら、コミュニティにおける作付農作物を考慮し、対象とする作物としてトウモロコシとヤマイモを選定した。必要なデータを得るために圃場実験にあたっては、UDS からは耕作の方法ごとの作物生育の違いや、オーガニック肥料と化学肥料の施肥の結果の違い等のデータの提供を受けている。SARI からは、土壌の性質に関するデータの提供と栽培圃場の提供と栽培のサポートを受けた。

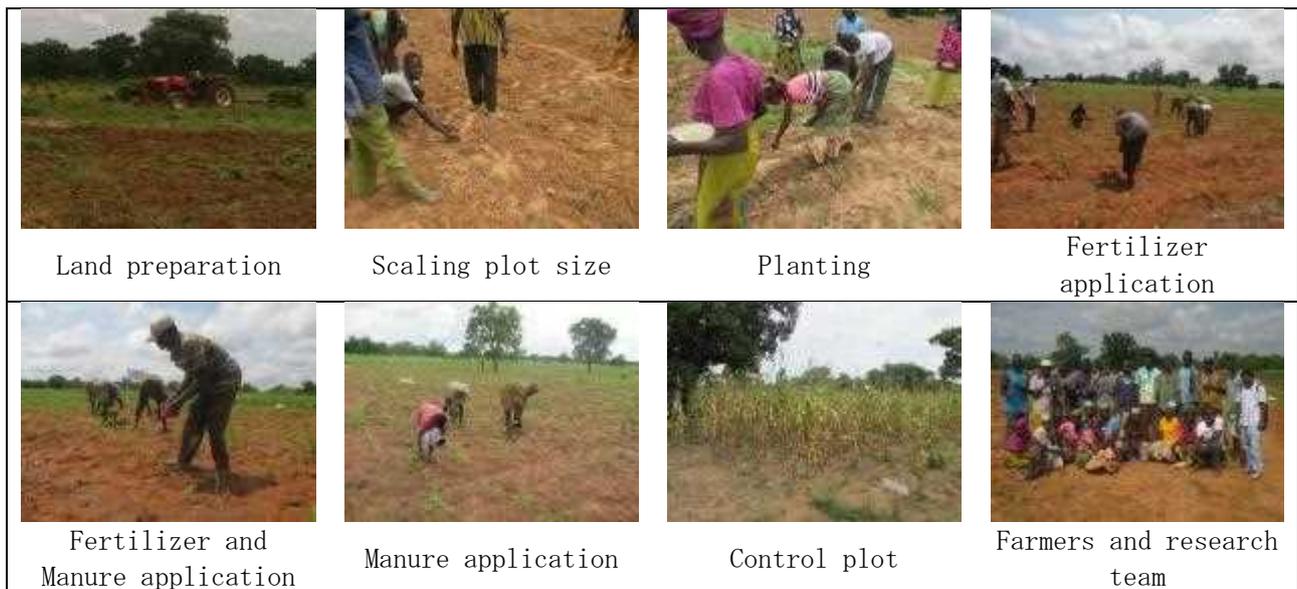
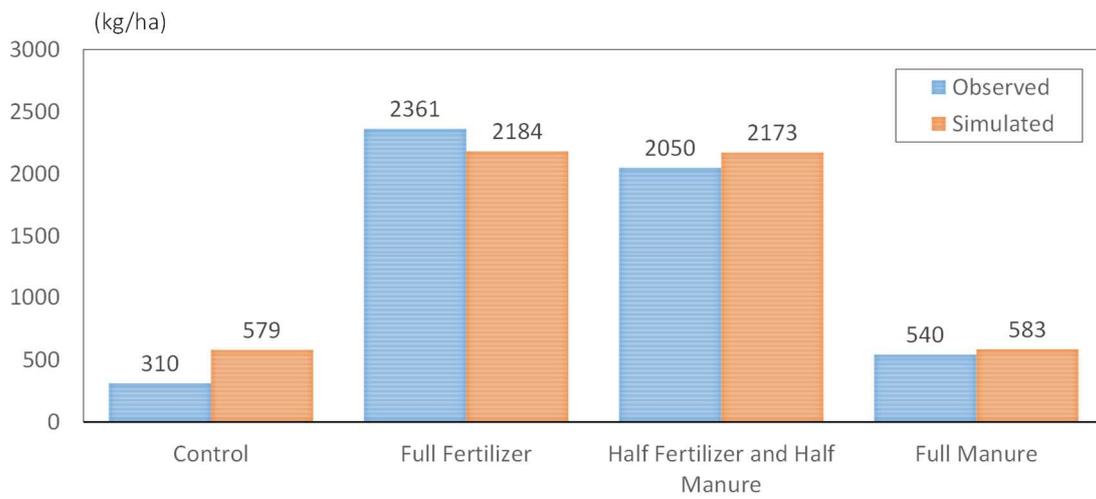


図 1-4 試験圃場の様子

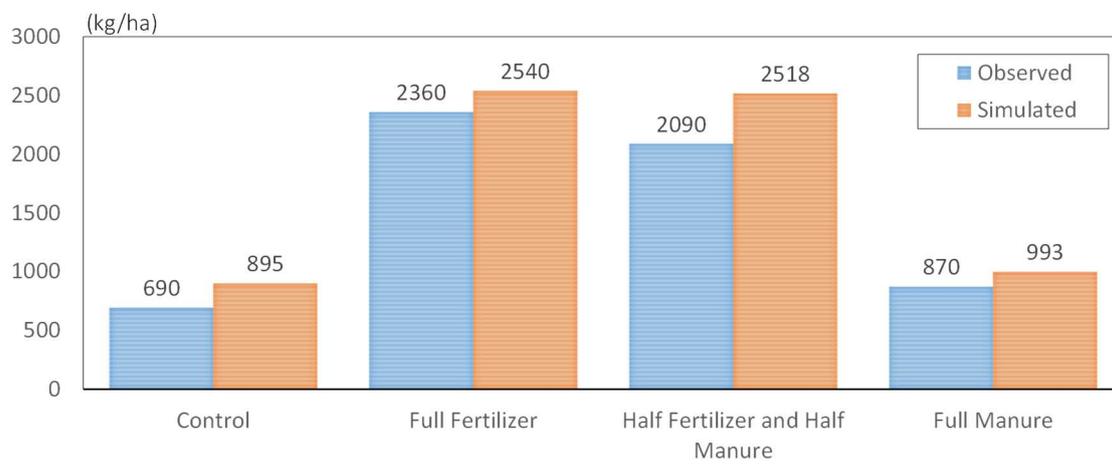
本シミュレーションは、二つの目的で行った。一つは、疑似温暖化実験の結果を用いて気候変動への影響への適応可能性を検討すること、もう一つは、家計の所得源の多様化の可能性を検討すること、である。疑似温暖化実験の結果を用いた気候変動影響を検証するには、当該作物の遺伝情報が必要となる。しかしながら、とうもろこしのみ遺伝情報を得ることができたため、気候変動への適応可能性の検討に関しては、現地の主食作物の一つであるとうもろこしで行った。とうもろこしに関しては、Obaatampa、Obrakwa、Aburohema、Abontem の四つのローカル品種について、化学肥料のみ (Full Fertilizer) ・化学肥料+堆肥 (Half Fertilizer and Half Manure) ・堆肥のみ (Full Manure) ・無施肥 (Control) の四つのケースについて栽培を行い、データを収集した。また、所得源の多様化の検討として、コショウ、オクラについても同様の施肥試験を行った。ただし、オクラに関しては、ワ・ウェスト地区のみ有効な施肥実験の結果が得られた。

図 1-5 は、トウモロコシに関する施肥実験の結果 (Observed) とそれに基づく、作物モデルによるシミュレーションの結果 (Simulated) である。図から明らかなように、シミュレーション結果が、現実の結果をよく再現している。また施肥実験の結果、シミュレーションの結果とも、化学肥料のみ (Full Fertilizer) のケースが最も単収が高い。しかしながら利用可能性や環境負荷、耕畜連携等を考慮するならば、堆肥の利用を検討すべきであろう。実際、化学肥料+堆肥 (Half Fertilizer and Half Manure) の結果をみると、化学肥料のみの結果とそれほど差異のない単収を達成している。

図 1-6 は、疑似温暖化実験による得られた結果を基に、トウモロコシの単収に与える影響を推計したものである。Observed は観測された結果を、Historical は力学的ダウンスケールにより得られた結果を利用した場合のシミュレーション結果を、Pseudo-Global Warming は、疑似温暖化実験の結果を用いた場合のシミュレーション結果を示す。肥料に関しては、先と同様、化学肥料のみ (Full Fertilizer) ・化学肥料+堆肥 (Half Fertilizer and Half Manure) ・堆肥のみ (Full Manure) ・無施肥 (Control) の四つである。図 1-6 から明らかなように、疑似温暖化実験の結果は、トウモロコシの単収は減少するものの、施肥による対応で適応可能である。しかしながら、先述のように地球温暖化の影響については、不確実な要素が多くシミュレーション結果も、それに依存する。本作物モデルによるシミュレーションは、それらに関する新たな知見が得られた場合、それを踏まえたシミュレーションを行う体制が確立されたことに意義を有する。

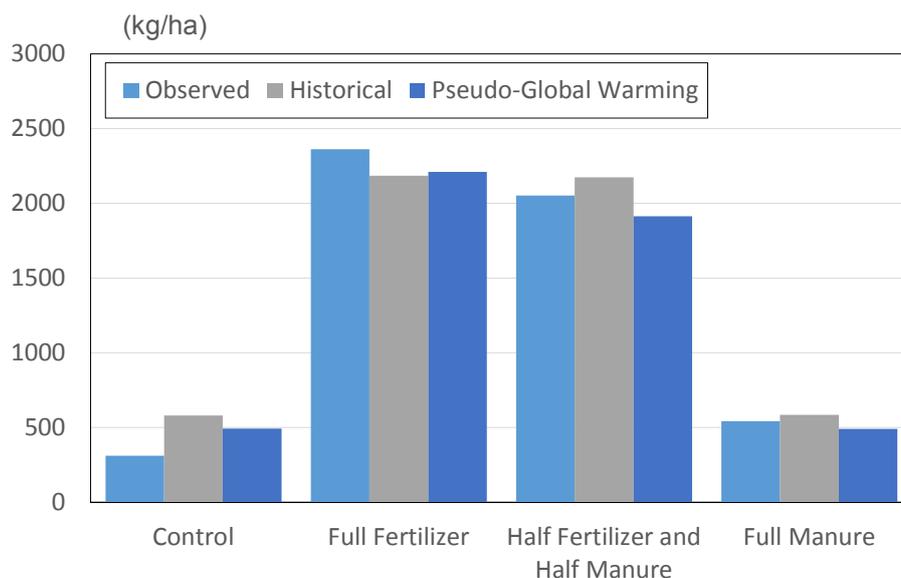


トロン地区

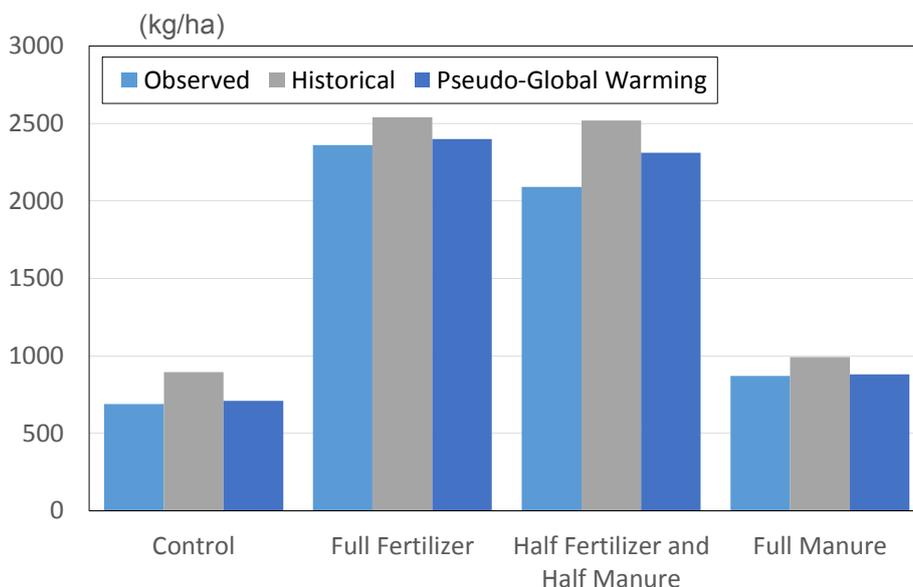


ワ・ウェスト地区

図 1-5 トウモロコシの圃場試験とシミュレーションの結果



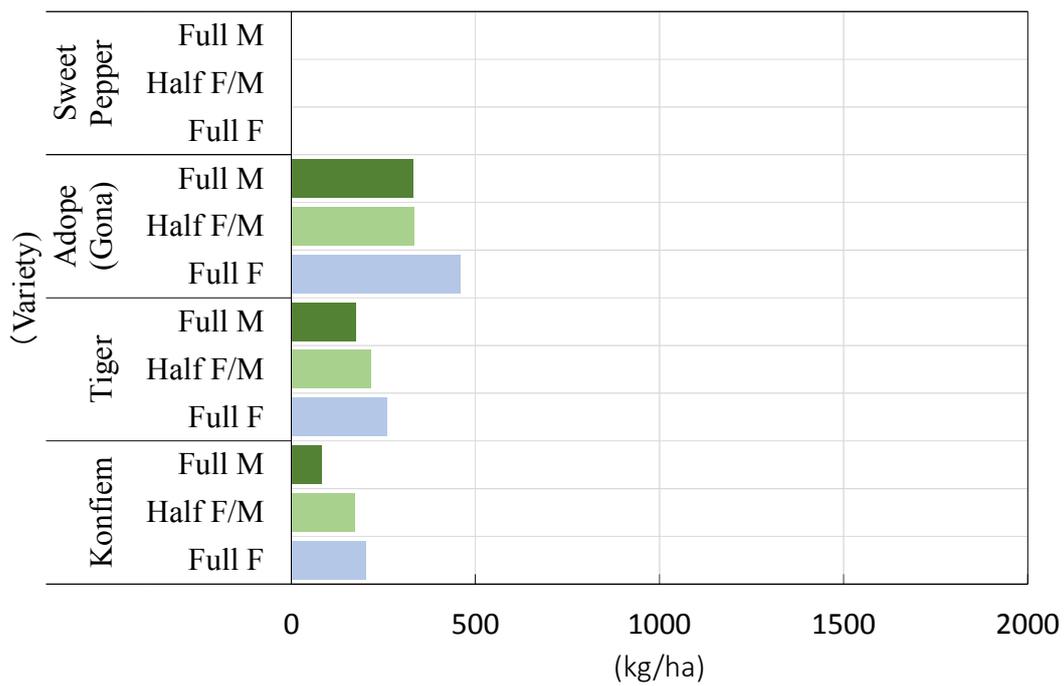
トロン地区



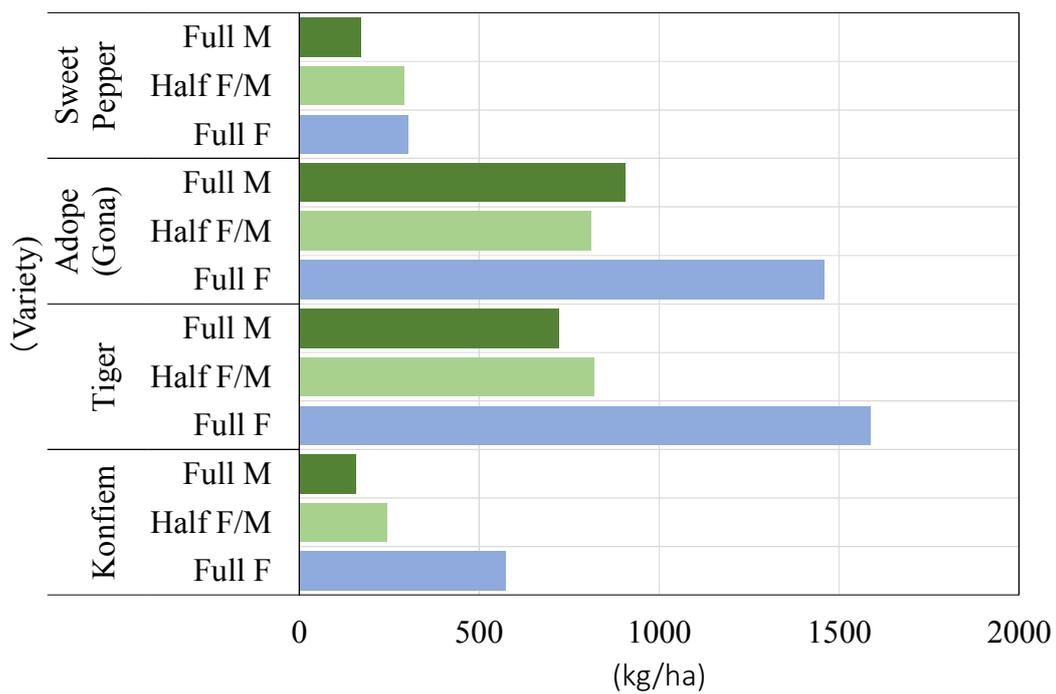
ワ・ウェスト地区

図 1-6 疑似温暖化実験によるトウモロコシ単収への気候変動影響シミュレーション結果

図 1-7、1-8 は、コショウ、オクラ、それぞれについて、トウモロコシと同様の圃場試験とシミュレーションの結果を示したものである。先述のように、これらは、家計の所得源の多様化の可能性を検討することを目的としていることから、複数の候補となる品種について圃場実験とシミュレーションの結果をしめした。コショウ、オクラとも品種により、化学肥料+堆肥 (Half Fertilizer and Half Manure) の場合の単収と化学肥料のみ (Full Fertilizer) の場合の単収との差異にばらつきがみられる。達成される単収は、当該品種の市場価格により補う、あるいは収益の総額で上回る場合も考えられる。これら市場動向を踏まえた品種選択、およびコミュニティ全体の耕畜連携のあり方が、家計の収入にとって重要となるが、本テーマから、これらを検討する際の体制を確立するに至った。



トロン地区



ワ・ウエスト地区

図 1-7 コショウの圃場試験とシミュレーションの結果

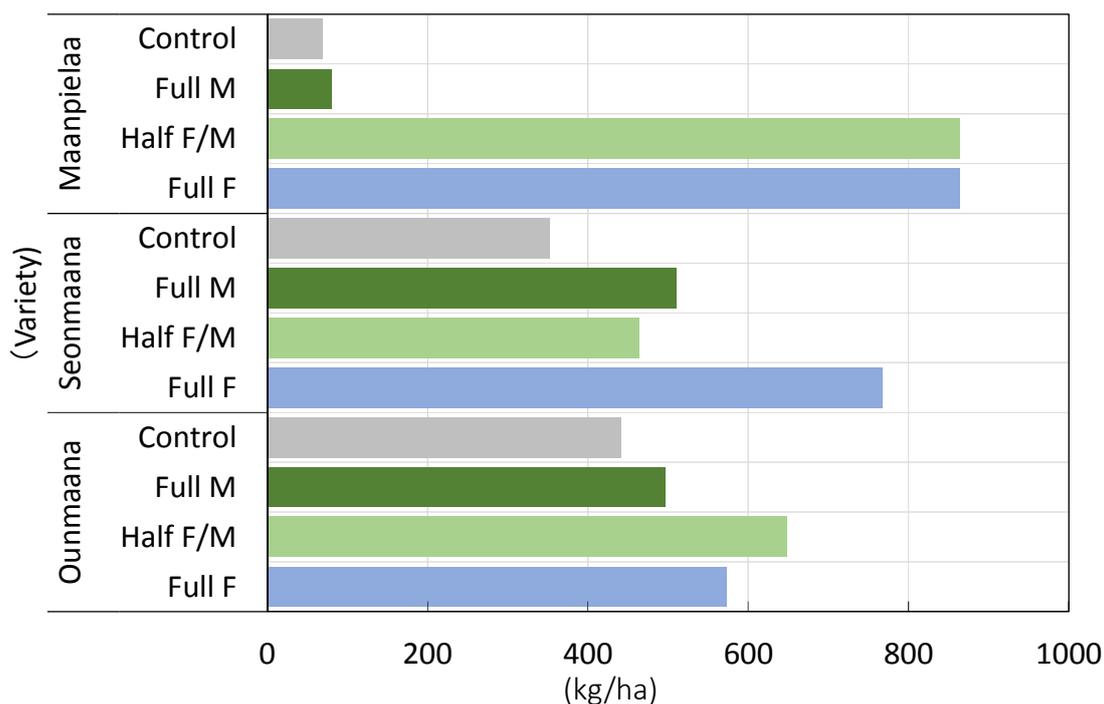


図 1-8 オクラの圃場試験とシミュレーションの結果（ワ・ウエスト地区）

b. 農業生産活動および生態系への気候変動影響の把握

農業生産に関しては、先に述べたように国・州を単位とするいわばマクロ・レベルと、コミュニティ・レベルのそれぞれの分析を行った。まずマクロ・レベルの分析としてMalmquist Indexアプローチによる農業総要素生産性（農業TFP）の推計を行った¹。Malmquist Indexアプローチの特徴として、TFPを要因分解できる点が挙げられる。これによりガーナにおけるTFPの時系列的な変化を把握するとともに、その要因を技術変化（TC: Technical Change）、技術的効率性（TEC: Technical Efficiency Change）の観点から考察した。²

¹ TFP (Total Factor Productivity) は総合生産性や総要素生産性、全要素生産性と呼称され、指数化した全投入要素 1 単位に対してどれだけの価値（産出された生産量や付加価値）を生み出したかを示す。具体的には、産出された価値を分子に、指数化した全投入要素を分母にした比率で求められる。例えば、労働投入量を分母にとることで「労働生産性」、同様に資本投入量を分母にとることで「資本生産性」を求めることができるが（これらは「部分要素生産性」とも呼称される）、分母に全投入要素をとることから総合的な生産性を求めることができる。本プロジェクトでは農業生産に関する TFP を求めている。また、産出された価値（本プロジェクトでは総農業生産額を利用）、指数化した全投入要素、ともに増加量で求めており、その比率である農業 TFP が 1 を上回る場合、生産性が上昇していることを示す。また、TFP は技術進歩の指標であり、1 を超える場合、技術進歩がみられることを示す。

² 「技術変化」は、「ある一定の生産要素投入を所与としたときに最大産出量を生産する能力」である「技術的効率性」の変化を示したものである。本プロジェクトの場合、対象期間中、最も少ない投入量で、ある一定の生産量を達成した期を基準にして当該期を比較することで求めている。「効率性変化」は、ある望ましい状態（効率的な状態）と比較して現在の生産状態がどのような状態にあるのかを定量的に求めたものである。本プロジェクトの場合、対象期間中の最も生産量が多い状態を「望ましい状態」とし、それに比較して当該期の生産量がどのような状態にあるかを比較したものである。「効率性変化」、「技術変化」も TFP 同様、1 を上回る場合、それぞれが改善していることを示す。

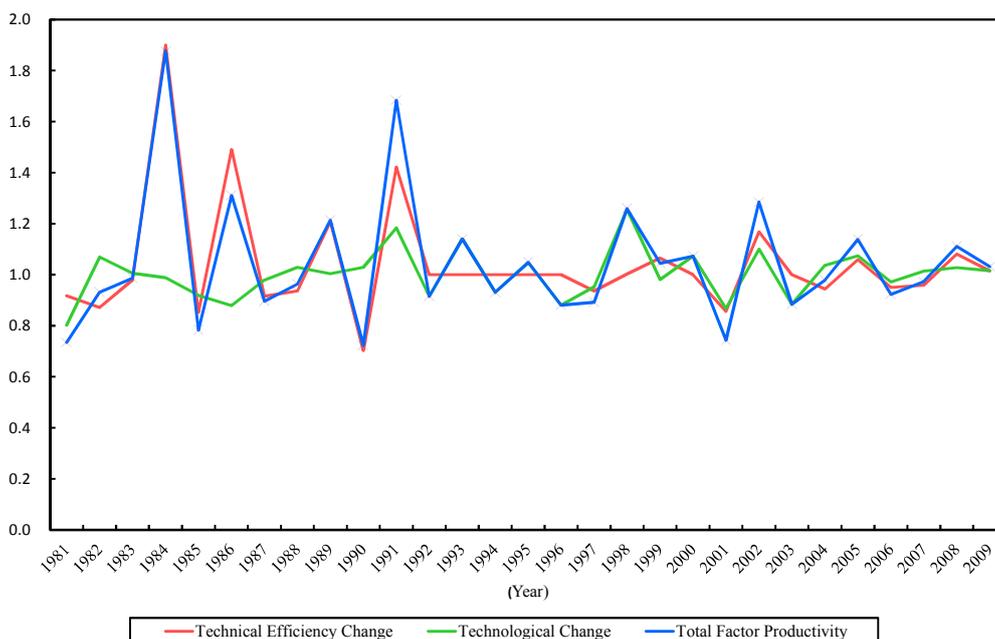


図 1-9. ガーナにおける農業総要素生産性 (TFP) の推移

まずガーナ全体として、1990年代中盤以降、農業生産性は停滞していることが明らかとなった。技術変化 (TC: Technical Change) および技術的効率性 (TEC: Technical Efficiency Change) に要因分解した結果、両者ともに停滞しており、今後の農業生産性の上昇については悲観的にならざるを得ない (図1-9)。図1-9に示したように、プロジェクト対象国であるガーナにおいては、データの質に起因すると思われる変動はあるものの、全体の傾向として農業TFPおよび効率性変化、技術変化ともに1もしくはそれ以下に収束している。これは端的に、農業生産性が上昇していないことを示している。開発途上国あるいは経済発展の初期段階において農業生産性の上昇が重要であることは論を待たない。本研究の推計から、何等かの方策が考慮されないかぎり、農業生産性の停滞傾向が続くことが予測される。マクロ・レベルでは農業R&Dの増加などが考えられるが、コミュニティ・レベルでは、その効果が波及するまでに時間がかかることが懸念されるとともに、現状の農業生産方法の改善、利用可能な品種の適切な利用などで農業生産性の向上を図ることが重要である。

表1-1は、Malmquist Indexアプローチにより求めた、ガーナにおける地域ごとの農業TFPを示したものである (2000-2009年間の平均)。また表1-3には、農業TFPに基づいた順位を示している。表1-3から明らかなこととして、全ての地域において、効率性変化 (TEC) が1を上回り、農業TFPを上昇させる方向に作用している一方で、技術変化 (TC) が1を下回り、農業TFPの上昇に貢献していないことが指摘できる。両者を合わせた結果、Northern地域以外の地域は全て農業TFPが上昇していないことがわかる。次に表1-3により、地域ごとの農業TFPの変化を年次別にみてもみる。表1-3aは農業TFPの変化を年次ごとにみたものである。

表 1-3. ガーナにおける地域ごとの農業 TFP (2000-2009 年間の平均)

Region	Efficiency Change (EC)	Technical Change (TC)	Total Factor Productivity (TFP)	Rank based on TFP
Ashanti	0.996	0.942	0.938	9
Brong Ahafo	1.000	0.955	0.955	4
Central	1.007	0.933	0.939	8
Eastern	1.011	0.959	0.970	2
Greater Accra	1.018	0.933	0.950	6
Northern	1.024	0.992	1.015	1
Upper East	1.000	0.950	0.950	5
Upper West	1.026	0.940	0.964	3
Volta	1.004	0.933	0.936	10
Western	1.007	0.933	0.939	7

表1-3bは、推計期間を二つに分け農業TFP、技術変化(TC)、効率性変化(TEC)をそれぞれカテゴリー別に分類したものである。表1-2bからわかるように、2000年代後半に至り、技術変化、効率性変化ともに低下に転じたことがわかる。特に、農業TFPは技術変化(TC)によるところが大きい。しかしながらガーナの場合、全ての地域においてこれが1を下回っており、農業TFPの向上に貢献していない。特に2000年代後半以降、この傾向が続いており、将来にわたって農業TFPの向上が見込めない可能性がある。先述のように、農業生産性の停滞傾向の反転あるいは技術進歩を促すにあたり、一般的に農業試験研究費の増大が貢献することが指摘できる。そこで、州レベルのデータを用い、以下の推計を行った。

表 1-3a. ガーナにおける地域ごとの農業 TFP の変化

Year	Ashanti	Brong Ahafo	Central	Eastern	Greater Accra	Northern	Upper Eastern	Upper Western	Volta	Western	Ghana
2001	0.66	0.71	0.66	0.68	0.71	0.71	0.77	0.87	0.73	0.66	0.68
2002	0.94	1.45	1.30	1.09	0.51	1.40	1.14	1.38	1.27	1.16	1.20
2003	0.59	0.61	0.58	0.60	0.60	0.60	0.52	0.69	0.64	0.57	0.59
2004	1.06	0.82	0.76	0.76	0.84	1.00	0.63	0.98	0.84	1.01	1.04
2005	1.19	1.68	1.49	1.38	1.61	1.95	1.68	1.23	1.67	1.55	1.60
2006	0.52	0.53	0.51	0.54	0.44	0.51	0.43	0.61	0.56	0.49	0.51
2007	0.84	1.09	0.99	0.97	1.16	0.84	0.35	0.77	0.96	0.88	0.78
2008	1.34	1.26	1.14	1.22	1.37	1.65	1.39	1.55	1.45	1.34	1.38
2009	0.74	0.94	0.87	0.86	0.98	1.18	0.94	1.10	1.10	0.76	0.90

表 1-3b. ガーナにおける地域ごとの農業 TFP の変化の分類

Particular	2000-2004	2004-2009	2000-2009
Total Factor Productivity			
Negative	UEAS,	ASH, BRO, CEN, EAS, GACC, NOR, UEAS, UWES, VOL, WES,	
Marginal (0-1%)			NOR,
Small (1-2%)	GACC,		ASH, EAS, WES
Medium (2-5%)	EAS, NOR,		BRO, CEN, GACC, UEAS, UWES, VOL,
Large (>5%)	ASH, BRO, CEN, UWES, VOL, WES		
Technical Change			
Declining	CEN, EAS, UWES	ASH, BRO, CEN, EAS, GACC, NOR, UEAS, VOL, WES	CEN
No Change			EAS
Increasing	ASH, BRO, GACC, NOR, UEAS, VOL, WES	UWES	ASH, BRO, GACC, NOR, UEAS, UWES, VOL, WES
Efficiency Change			
Declining	GACC, NOR, UEAS, UWES, WES	BRO, CEN, GACC, UEAS, UWES, VOL, WES	BRO, UEAS, UWES, VOL, WES
No Change			NOR
Increasing	ASH, BRO, CEN, EAS, VOL	ASH, EAS, NOR,	ASH, CEN, EAS, GACC,

$$TFP_{it} = \beta_0 + \beta_1 \times (Rain)_{it} + \beta_2 \times (Rain^2)_{it} + \beta_3 \times (R\&D)_{t-5} + \alpha_i + u_{it}$$

-0.03**	0.00**	0.18**
(-6.19)	(6.64)	(7.80)

気候変動の農業生産への影響を把握することが本研究の目的の一つであることから、年間平均降水量(Rain)を推計に用いた。調査対象地の現状から、ある程度の降水量の増加は、農業生産に対して正の影響、すなわち農業生産性を向上させると考えられることから、その2乗項を推計式に組み込みこんだ(Rain²)。また農業R&Dは、その効果が顕れるまでにラグがあるのが通常であるが、データの制約からどの程度のラグを取るべきかを検証することができない。そこで、ここでは5年間のラグを想定し推計した。推計方法は、固定効果モデルを採用した。推計式の下段に推計結果の一部を示した。()内はt値を、**は5%水準で0と有意差があることを示す。推計結果からわかるように年間降水量に関しては、仮説どおり、ある一定の降水量の増加が、農業TFPの増加に貢献することが明らかとなった。農業R&Dについては仮説どおり正で有意であり、農業試験研究費の増加が、農業生産性の向上に正の影響を与えることが示唆される。

コミュニティ・レベルの分析については、まず、「1) 気候変動影響の予測評価手法の開発」の気候変動の農業生産への影響、すなわち作物モデルによるシミュレーションのための基本データとして対象コミュニティ内の実際の作付等について調査を行った。

表1-3は、対象となった、Zagua, Cheshegu, Daboshie, Kpalgun, Yogguの5コミュニティそれぞれの家計数、および調査対象となった家計数、4つの体系的な作物の作付割合を示している。

また表1-4は、それぞれのコミュニティにおけるそれぞれの作物、根・塊茎類、穀類、野菜類、豆類、換金作物、の作付割合を示したものである。これらの作付割合から、トウモロコシ、ヤムイモ、コメ、ピーナッツが最も重要で、ほとんどのコミュニティで栽培されていることがわかる。また、同様に実際の土壌の管理あるいは耕作法について調査を実施した。

表1-5は、対象コミュニティにおける土地管理および耕作状況の割合を示したものである。表から明らかなように、農業者は一つの土壌管理・耕作法によることなくいくつかの手法を組み合わせ、総合的な管理を行っていることが明らかである。9つの土壌管理・耕作法の中でも、トラクターによる耕起、化学肥料の使用、輪作が最も一般的な土壌管理・耕作法である。インタビューを通じて、化学肥料の価格についての不満が表明されることが多かった。

表 1-4 調査対象コミュニティ

Community	Number of households	Number of sampled households	Proportion of farm plot in community (%)			
			Maize	Rice	Cotton	Pepper
Zagua	44	18	30	40	10	20
Cheshegu	26	10	43	14	0	43
Daboshie	32	13	70	15	0	15
Kpalgun	112	45	25	30	25	20
Yoggu	219	86	25	35	20	20

表 1-5 調査対象コミュニティにおける作付割合

Common name of crop	Botanical Name	All Communities	Yoggu	Kpalgun	Zagua	Cheshegu	Daboshie
Maize	<i>Zea mays</i> L	50	23.4	21.3	22	23.8	22.9
Cowpea	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp	5	2.1	-	6.8	-	-
Sorghum	<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench	4	4.3	-	-	4.8	2
Rice	<i>Oryza sativa</i>	35	14.9	14.9	13.6	19	18.75
Okra	<i>Hibiscus esculentum</i> L.	3	2.1	2.1	1.7	-	-
Groundnut	<i>Arachis hypogea</i> L.	31	12.8	14.9	18.6	-	14.6
Cotton	<i>Gossypium hirsutum</i> L.	12	-	4.3	8.5	14.3	4.2
Bambara Beans	<i>Voandzeia subter-ranea</i> (L.) Thouars	3	2.1	-	3.4	-	-
Soya Beans	<i>Glycine max</i> (L.) Merr.	13	2.1	-	8.5	4.8	12.5
Pepper	<i>Capsicum annuum</i> (L.) Millsp.	20	10.6	14.9	-	23.8	6.25
Yam	<i>Dioscorea</i> spp.	34	17	19.1	13.6	9.5	14.6
Millet	<i>Eleusine corocana</i> L	5	6.4	-	-	-	4.2
Cassava	<i>Manihot esculanta</i> Krant	3	2.1	-	3.4	-	-
Tobacco	<i>Nicotiana rustica</i>	4	-	8.5	-	-	-
Total			100	100	100	100	100

表 1-6 調査対象コミュニティにおける土壌の管理あるいは耕作法ごとの割合

Land and soil preparation	Study communities					
	Yoggu	Kpalgun	Zagua	Cheshegu	Daboshie	All Communities
Composting	13.2	15.5	13.6	12.1	7.3	12.5
Animal manure	14.7	15.5	15.2	12.1	10.9	13.9
Chemical fertilizer	14.7	17.2	19.7	21.2	18.2	17.9
Turning weeds under	13.2	1.7	6.1	3	16.4	8.2
Mechanized ploughing	16.2	20.7	19.7	21.2	18.2	18.9
Animal traction	4.4	3.4	6.1	9.1	10.9	6.4
Crop rotation	16.2	17.2	17.9	12.1	16.4	16.8
Total	100	100	100	100	100	100

また、実際の農家経済の状況と気候変動等への対応等を把握するために、調査対象地であるTolon District、Wa West District双方にて家計調査を実施した。具体的には、Tolon Districtの6コミュニティ(Yogu(64)、Zagua(16)、Cheshegu(9)、Daboshie(11)、Kpalgu(37)、Fihini(13)；()内は対象となった家計数)、Wa West Districtの4コミュニティ(Bampkama(24)、Baleaufili(20)、Chiatanga(16)、Zoweyali(21)；()内は対象となった家計数)で家計調査を実施した。

農業生産に関して気候変動に対応する場合、先に示したように農業試験研究費の増大に起因する技術進歩が有効な手段の一つであるが、フィールドレベルで伝統的な耐乾性品種の導入や耕作方法の変更などでの対応がなされる。フィールド調査から気候変動への農家の対応として栽培期間が短い品種や耐乾性品種の利用、作付時期のシフトや多様な作物の作付等がみられた。そこで、栽培期間が短い品種や耐乾性品種の利用を対応品種、作付時期のシフトや多様な作物の作付等を作付対応とし、これらを導入している農家をそれぞれ1とし、それらの決定要因についてProbit Modelにより推計を行った。決定要因としてはここでは、教育年数(Education)、普及サービスの利用(Extension)、肥料利用(Fertilizer)を示した。全て農業生産に関する知識水準を反映するものとなっている。推計式の下段に推計結果の一部を示した。()内はt値を、***は1%水準で、**は5%水準で0と有意差があることを示す。

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \times (Education)_i + \beta_2 \times (Extension)_i + \beta_3 \times (Fertilizer)_i + \varepsilon_i$$

対応品種	0.48*** (2.99)	0.49* (2.59)	0.83*** (4.20)
作付対応	0.45*** (2.99)	0.53** (2.46)	0.25*** (2.90)

推計結果からわかるように全ての変数が正で有意であり、農業生産に関する知識水準が、農家レベルでの気候変動対応に重要であることが示唆される。すなわち、気候変動予測に基づいた耐乾性品種や栽培期間が短い品種といった品種の選択とその導入の推奨、さらには適切な施肥法の指導や多様な作物の組み合わせなどを提示するとともに、それを促進させる技術・知識の普及プロセスの解明と強化が有効であると考えられる。

これら上記の気候変動の農業生産への影響と対応可能な品種や適切な作付方法の提示、さらにはそれらを踏まえた農家の対応等に関して分析し、その結果をテーマ3と共有することで本研究を通じた総合的なレジリエンス強化戦略の構築に貢献することが期待される。

c. 農業生態系変動の地理的把握

農業生態系変動の地理的把握については、GISを利用し、土地利用・土壌分布のマッピングおよび分析を行うための土地肥沃度や土地利用に関する一次データの取得を行った。また同時に現地政府による公表データの取得、さらに衛星データを収集し分析を行った。

衛星画像データおよび現地調査を組み合わせることでガーナにおける土地利用変化を把握した結果、本プロジェクトの調査対象地域である北部ガーナでは湿地など水源に近い土地や森林等が農用地に転換されていることが明らかとなった(図1-10)。

図1-10は、9つの植物種を選択し、Diversity・Density・Frequencyの三点から評価したものである。また図1-11は、それら9つの植物種の利用目的をコミュニティ別に示したものである。図1-10からわかるようにほとんどの植物種がそれぞれの指標について低い水準にある。図1-11からわかるように、その利用目的の多くが食用や燃料等、次いで所得や薬等の日々の生活利用である。図1-12に示したコミュニティ内の住民が嗜好する植物種を示したものであり、これからも食用・所得・薬用等に利用できるものが嗜好されていることがわかる。以上からコミュニティの住民が、いわゆるNatural Capitalに依存して生計を立てていることがわかる一方、農業も含めた日々の生計によりその多様性が失われていることが指摘できる。

本研究の対象地域では、洪水および干ばつの影響が深刻であり、それに対する脆弱性が物理・工学的(Physical/Engineering)、自然・生態的(Natural/Ecological)、社会・経済的(Social/Economic)、政治・統制的(Political/Governance)観点から評価できると考えられる。

そのため本研究ではこれら4指標について評価を行った。具体的にはそれぞれの指標について5つの評価基準を設定し、Focus Group Discussionや現地調査を踏まえて、脆弱性を低(1)・中(2)・高(3)で評価(()内はスコア)し、以下の式により算出した。

$$\text{Vulnerability}_i = \sum_{k=0} (idx)^k a^{n-k}$$

$$\text{Total Vulnerability Index} = \sum (\text{Vulnerability}_i)$$

idx : Vulnerability 評価指標

n: サンプルサイズ

a: Impact Factor (直接的インパクト = 1、間接的インパクト = 0.5)

k = 2((1 + 2 + 3)/3)

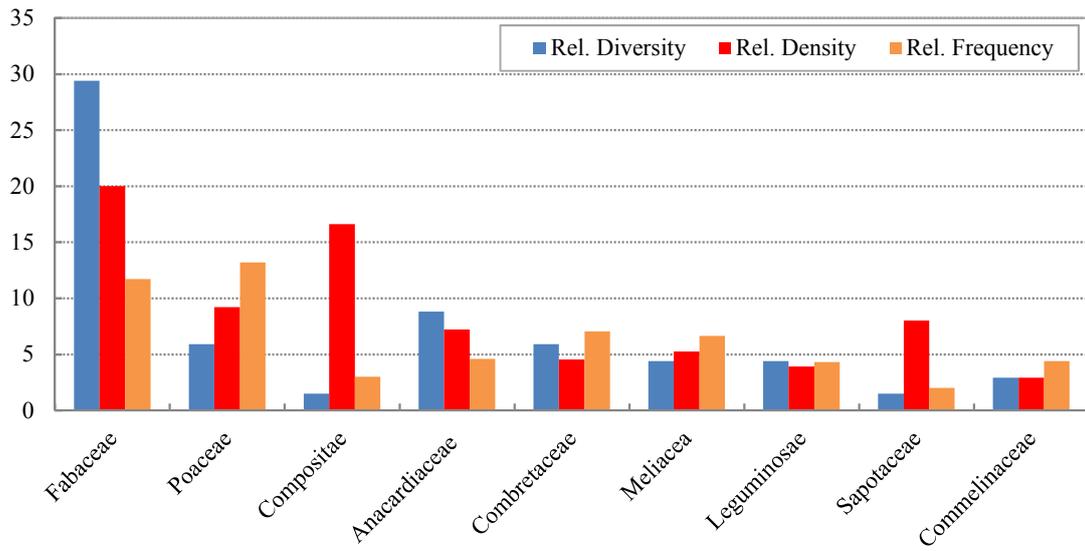


図 1-10 コミュニティにおける植物種の状況

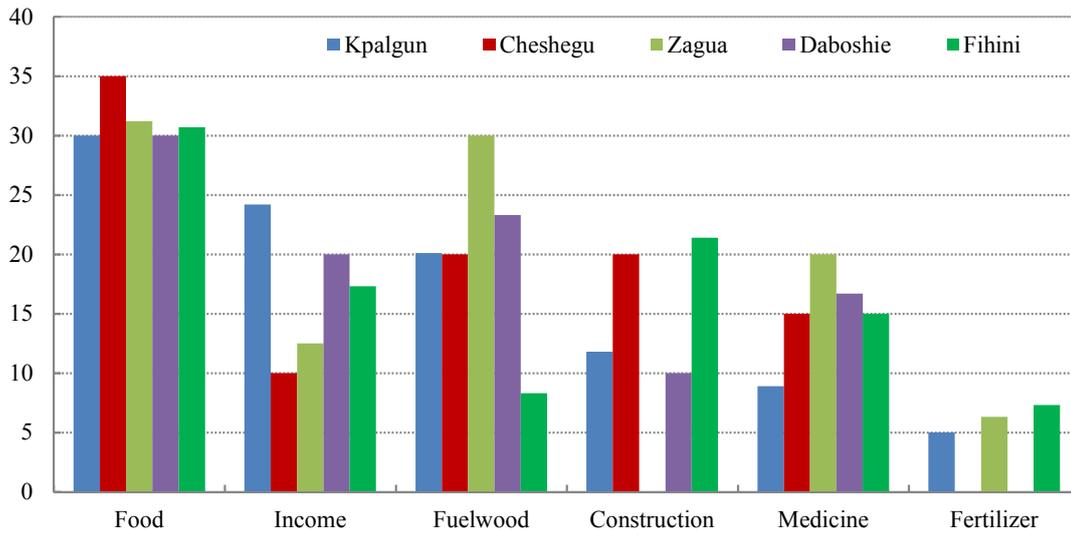


図 1-11 対象コミュニティにおける植物種の利用状況

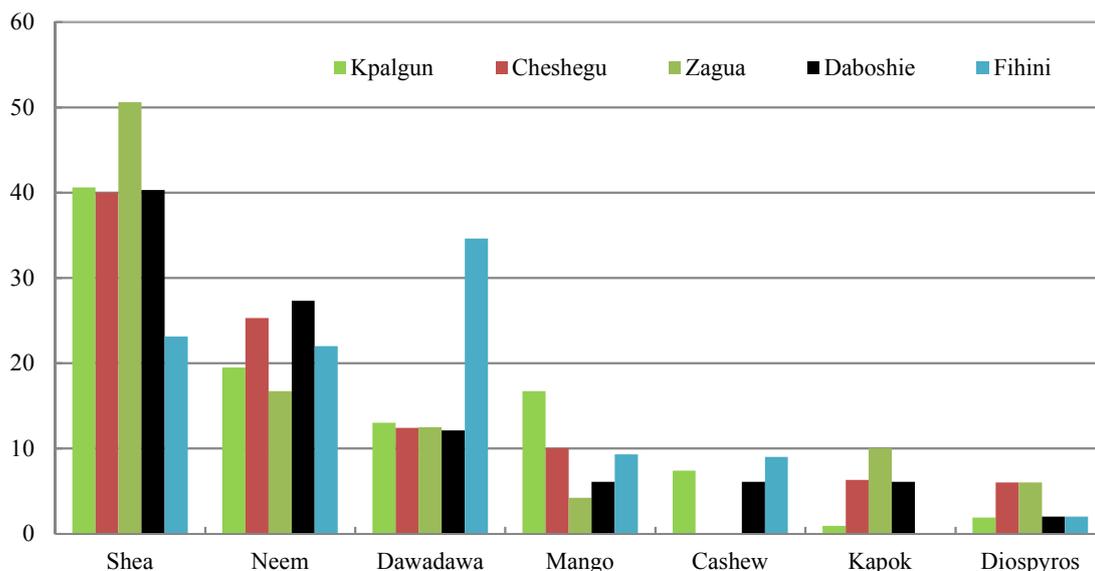
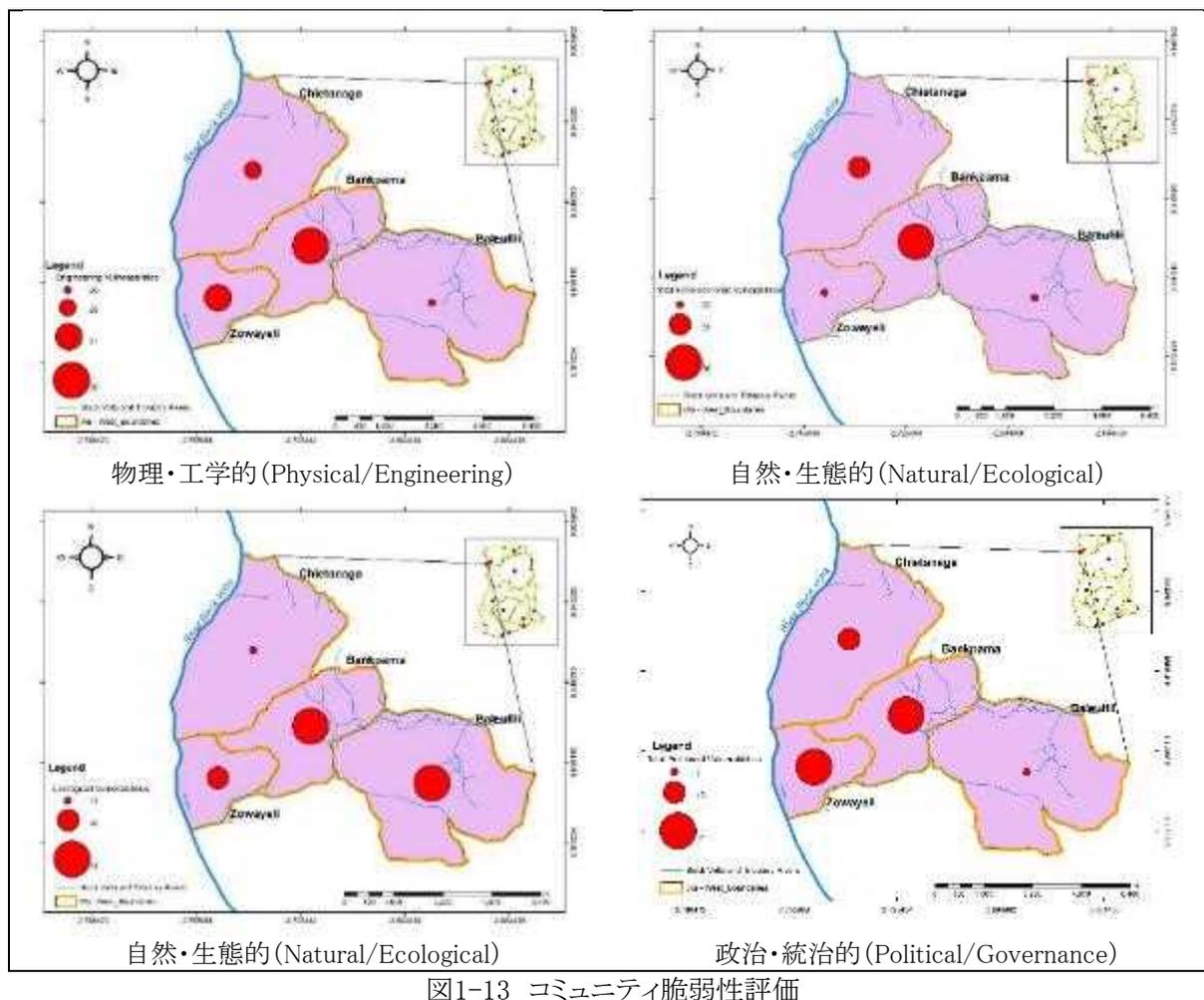


図 1-12 対象コミュニティにおいて嗜好される植物種

以上の評価方法を、Wa West Districtにて実施した。表1-7は同地域内で対象としたコミュニティとサンプルサイズを示す。図1-13は物理・工学的(Physical/Engineering)、自然・生態的(Natural/Ecological)、社会・経済的(Social/Economic)、政治・統制的(Political/Governance)観点から、それぞれ評価した結果を示す。それぞれのコミュニティについて評価軸が異なると、脆弱性評価が異なることが明らかであり、総合的評価の重要性がうかがえる。4つの観点を総合すると、Baleufiliコミュニティが最も脆弱性が低いことが指摘できる。

表1-7 コミュニティ脆弱性評価のための調査対象コミュニティ

Name of Community	Number of households per community	Number of sampled household based on PPS
Chietanga	46	19
Baleufili	105	42
Bamkpama	79	32
Zowayeli	28	11
Total	258	104



④ 研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

現地調査に際し、研究題目の主要なカウンターパート機関であるガーナ大学はもちろん、北部ガーナのカウンターパートであるガーナ開発大学の研究者と協働で実施し、これらを基にした、国際学術誌への投稿なども共同で行っている。また、テーマ 1 として、その進捗、協力体制等について Skype、電話等による、大学院生、若手研究者も含めた定期的なミーティングを実施している。

2013 年 1 月 28 日から 2 月 4 日および 2014 年 1 月 17 日から 1 月 28 日まで実施された国連大学グループとの共同研修コースにおいて、カウンターパートであるガーナ大学および国連大学アフリカ天然資源研究所 (UNU-INRA) から各 1 名ずつ研究者が訪日し、本研究で必要となる GIS の利用研修等の集中プログラムを実施した。

また気候変動予測モデルのアウトプットデータの利用について、現地協力機関の研究者と意見交換を行った。力学的ダウンスケーリング・モデリングの技術供与は難しいが、データの収集に関しては、先に述べたように若手研究者と中心とした研究協力体制の強化により大幅な改善が見込まれる。また力学的ダウンスケーリングに代わり、統計的ダウンスケールについて調査対象地を対象とした気候変動予測と農業生産への影響に関する共同研究と、トレーニングプログラムを通じた技術供与を実施することに合意した。これを経て、2015 年 7 月 3 日-18 日にかけて、統計的ダウンスケーリングおよび DSSAT 作物モデルに関するトレーニングプログラムを、ガーナ大学にて実施した (図 1-14)。本トレーニングプログラムには、ガーナ大学から 11 名、ガーナ開

発大学から6名の参加があり、本研究題目のカウンターパートに限らない波及があった。



図 1-14 トレーニングプログラムの概要

⑤ 研究題目1の当初計画では想定されていなかった新たな展開

先の統計的ダウンスケーリング、DSSAT 作物モデルに関するトレーニングプログラムは、当初計画に含まれていなかった新たな取組である。当初から力学的ダウンスケーリングは、利用可能なリソース等の問題から技術移転が難しく、実際の技術移転は統計的ダウンスケーリングが想定されていた。それらは共同研究を通じた波及によることを考えていた。しかしながら、今回の参加者からもわかるように、現地カウンターパート機関の需要が高いことが明らかであり今回のトレーニングプログラムの開催となった。

また、統計的ダウンスケーリングと DSSAT 作物モデルを利用した気候変動の農業生産への影響を推計するにあたって、より精緻な分析を行うため、あるいはその情報がないことから実験圃場により試験栽培を行うこととなった。これについては、当初、ガーナ開発大学等の現地機関から必要情報を取得することを想定していた。しかしながらそれでは不十分であること、さらに試験栽培を行うなどしたほうが技術移転の面でもメリットが大きいことが認識され、テーマ2やガーナ開発大学等と連携しながら試験栽培を実施することとした。また、試験栽培にあたってはサバンナ農業研究所 (SARI) の協力を得ている。当研究所は、本研究の協力機関ではないが、必要な情報や知識を豊富に有しており、この試験栽培を通じた連携は本研究にとっても有益である。

(3) 研究題目 2：衛星技術・現地観測網を用いた異常気象予測・リスク評価と水資源管理技術プロトタイプへの提示

① 研究題目 2 の研究のねらい

半乾燥地帯に分類されるガーナ北部 3 州は、洪水に対しても早ばつに対しても脆弱性を持つ。近年では、人工衛星からの観測データを用いて、1 時間程度の時間分解能、10km 程度の空間分解能で降水量が算出されるようになった。このデータを有効に利用し、異常気象予測・洪水や早ばつのリスク評価を行う。この成果を踏まえ、水資源管理技術を提案する。

② 研究題目 2 の研究実施方法

人工衛星観測データ利用と地上観測の充実は、ガーナ気象庁(GMeT)を主たるカウンターパートとして、機器の導入、利用法の講習、成果物利用を進めた。異常気象予測・洪水や早ばつのリスク評価に関しては、前者はガーナ気象庁をカウンターパートとして進め、洪水干ばつリスクに関しては、当初は神戸大学が研究を進めたが、2015 年より、Water Research Institute の研究者を実質的なカウンターパートとする体制ができあがった。水資源管理技術に関しては、開発研究大学、ガーナ大学の研究者と協力して、対象地域の水資源や現地の要望調査を実施し、実行可能な水管理技術を調べた。

a. 観測データ利用

a-1 衛星観測データの利用

熱帯の半乾燥地域は洪水災害にも干ばつにも脆弱である。年降水量が少ないために排水設備が整備されない一方で、熱帯性のスコールが降水の大部分を占めるため、ひとたび雨が降ると容易に氾濫する。他方、この地域の降水は赤道収束帯の南北移動の影響を受け、その僅かな変動で無降水日が続く、干ばつが発生する。このような地域では水害の原因となる極端な降水をいち早く探知するために、逆に貴重な降水を有効に使うために、降雨域の的確な把握が肝要となる。地上観測データが疎な地域で広域水文情報を得るためには、気象衛星による観測データが有効である。この目的で、宇宙航空研究開発機構(JAXA:Japan Aerospace Exploration Agency)が作成する衛星全球降雨マップ(GSMaP: Global Satellite Mapping of Precipitation)データ利用を推進した。

干ばつの進行をモニターする指標として、衛星データから算出した土壌水分量が有望である。地球観測衛星 Aqua に搭載された AMSR-E(2002~2011)、水循環観測衛星(しずく)に搭載された AMSR2(2011~)のデータから算出された土壌水分データの利用に向けた研究を進めた。

洪水を宇宙からモニターする方法として、Terra 衛星と Aqua に搭載されている中分解能撮像放射計(MODIS: Moderate Resolution Imaging Spectrometer)のデータを用いた、湛水域検出手法をボルタ川流域の洪水氾濫検出に適用した。

a-2 地上観測データの整備

ガーナ気象局が観測を実施している観測点の分布や、データの収集状況を調べた。ガーナ国内には、地上気象観測点 22 カ所(うち北部3州 5 カ所)、雨量観測点 156 カ所(うち北部3州 50 カ所)、農業気象観測点 54 カ所(うち北部3州 12 カ所)がある。地上気象観測点データの WMO へのレポート率は、90% 前後である。雨量観測点データは、担当者が定期的に巡回してデータを回収する方法で収集されていて、予報などの現業にはあまり活かされていない。

そこで、本プロジェクトでは、北部3州を中心に自動気象観測装置(AWS: Automatic Weather Station) 10 台、自動雨量観測装置 20 台を設置し、観測データをガーナ気象局に自動収集する体制を整備した。また、地上観測データは次項で述べる気象予測で使えるようにデータ同化の手法を構築した。

b. 異常気象予測・洪水や早ばつのリスク評価

b-1 気象予測の導入

数値気象予報は当初計画にはなかったが、カウンターパートの強い要望により、米国で開発され世界的なスタンダード・モデルの一つである WRF (Weather Research and Forecasting) Model を導入した。ガーナ気象局用の計算サーバーを準備し、京都大学防災研究所でモデル利用環境をセットアップし、ガーナ気象局職員を招へいして研修を行った後、サーバーをガーナ気象局に輸送設置し、現地での運用を試行した。

b-2 洪水干ばつリスク評価

京都大学 (2012 年より神戸大学) で開発した洪水氾濫モデルをボルタ川流域に適用し、上記 a-1 で得られる衛星観測降水量や b-1 で得られる数値モデルによる予報雨量を入力として洪水氾濫を予測する計算手法の開発を進めた。また、研究題目 1 の成果である温暖化予測で得られる降水量と洪水予測モデルを用いて、温暖化時に洪水リスクがどのように変化するかを検討した。

c. 水資源管理技術の提案

2012 年度より、ワ・ウェストのコミュニティを主たる対象に、洪水や早ばつに対する当該地域の脆弱性の調査、災害に対する住民の意識、新たな水資源確保対策の必要性等の調査を行った。調査結果に基づき、飲料水確保のために重要な深井戸 (Bore hole) の水位年周変化や水位復元の早さに関するフィールド調査をトロンとワ・ウェストのそれぞれで実施した。また消費量の多い農業での水利用に関して、メイズ (トロン地区)、稲作 (ワ・ウェスト地区) を対象に、作物の植え方を様々に変えたときの土壤水分消費と収穫量との関係を明らかにするフィールド試験を行った。

③ 研究題目 2 の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

a. 観測データ利用

ガーナ降水の基礎情報を得るため、全国22カ所の地上気象観測(SYNOP)通報観測所の過去データを用いて降水気候値を作成した(図 2-1)。この地域の降水は赤道収束帯の下で生じ、その南北への年周変動に対応して、ガーナ中部以南では二山型の年変化を示すのに対して、赤道収束帯の北限にあたる北部地域では一山型の年変化を示す。

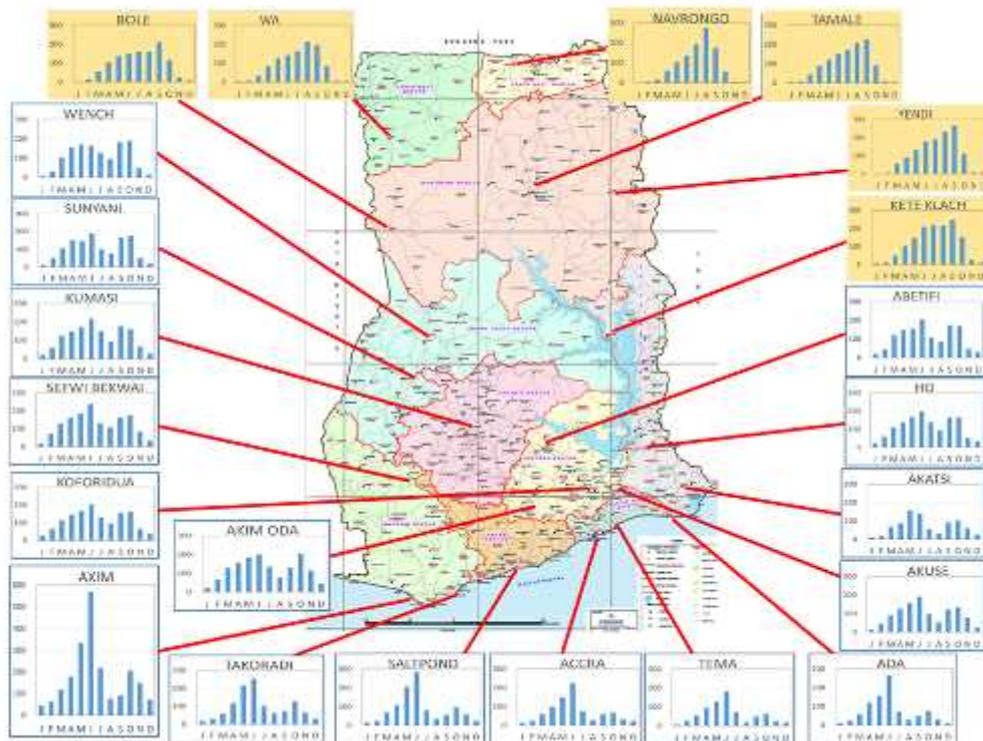


図 2-1 ガーナ国内22カ所の過去データ(1960-2011)を用いて算出した月降水量の年周変化

a-1 衛星観測データの利用

【全球降水データの利用】

GSMaP データ利用は研究題目2において最初に手がけた研究項目である。JAXA のデータサーバーから準リアルタイムデータ(nrt データ)を定時ダウンロードし、西アフリカ及びガーナ周辺地域のデータを抽出画像化し、web 画面に表示する一連の機能を作成した。この機能は、京都大学防災研究所に開設した HP で公開されている。GSMaP 関連機能としては、メンテナンス用の機能として、通信回線の問題などで取り損じたデータをチェックする機能、これらのデータを後から補充する機能も作成した。本原稿作成時点の HP 表示を図 2-3 に示す。

この機能を現地実装する目的で、ガーナ気象局と開発研究大学に気象データサーバーも導入し、一連のソフトウェアを導入した。しかしながら、ネットワーク環境と電源供給のインフラストラクチャの問題があり、連続運転は行っていない。代わりに、京都大学でアーカイブした元データ、アフリカ域の抽出データ及び画像ファイルを、短期専門家出張時にハードディスクで持ち込み実機にコピーしている。最終年度に入り、電源状況とネットワーク環境が好転しているため、ガーナ気象局においてはプロジェクト収量までに連続運転の試行まで達成する予定である。

【土壌水分データの利用】

早ばつの進行をモニターする指標として、衛星データから算出した土壌水分量を使うことが出来る。地球観測衛星 Aqua に搭載された AMSR-E(2002 年6月～2011 年9月)、水循環観測衛星(しずく)に搭載された AMSR2(2011 年7月～)のデータから算出された土壌水分データの利用に向けた研究を進めた。

土壌水分プロダクトは1日2回、日昼に南から北に向かう Ascending 観測と深夜に北から南に向かう Descending 観測が行われる。日昼の Ascending 観測は日射の影響の有無に影響されて地表付近の土壌水分がばらつく場合が多いため、深夜の descending 観測のみを使うこととした。またガーナ周辺地域をもれなく観測するためには2～3回の観測が必要のため、5日間(半旬、pentad)毎に観測データを重ね合わせて、半旬値を作成した。

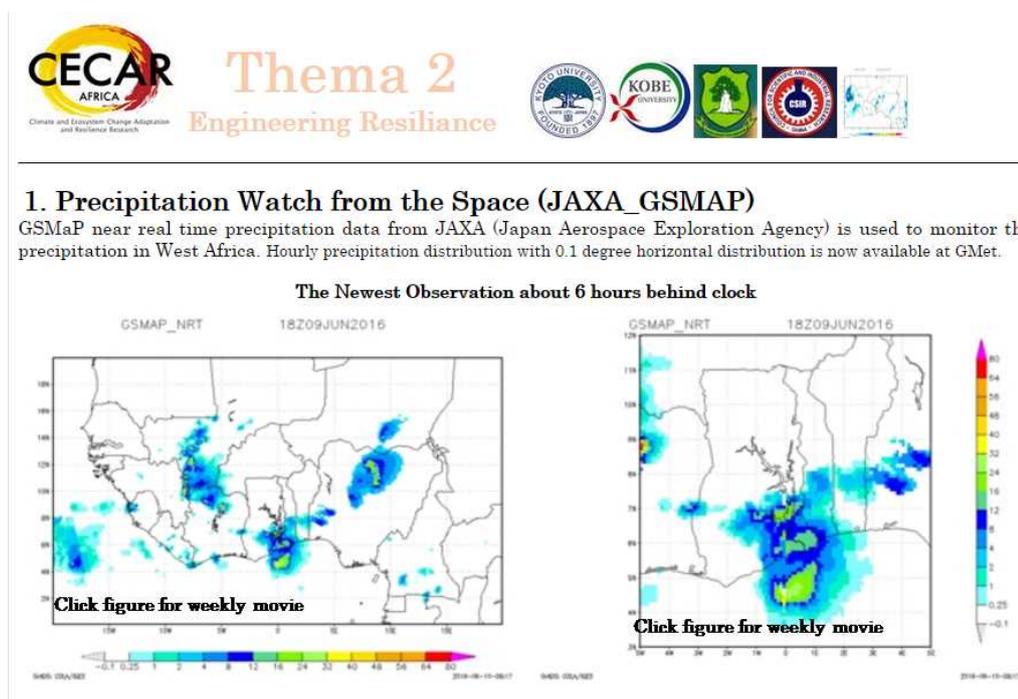


図 2-3 現在テーマ2の HP に掲載されている時々刻々の GSMaP データ

データは JAXA の JCOM-データサービスから 0.25 度解像度のデータをダウンロードして利用した。図 2-4 に示すのは、JAXA データから算出した土壌水分の例である。

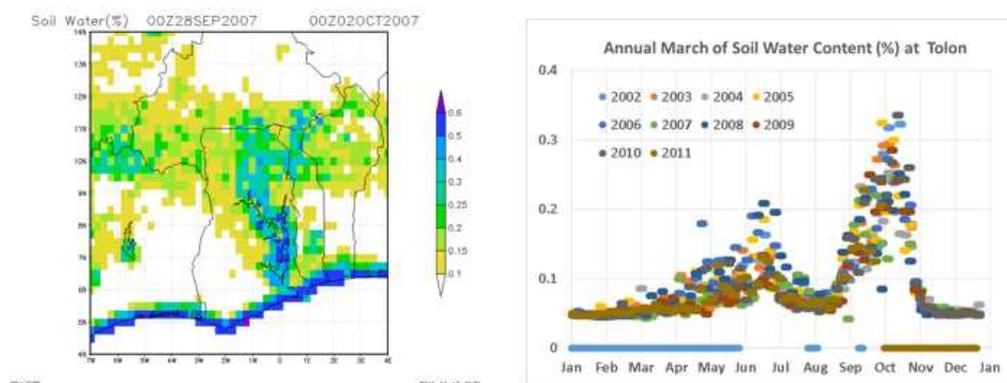


図 2-4 JAXA の GCOM-W1 から作成した、ガーナ周辺地域の土壌水分分布の一例（左図）。調査対象コミュニティのひとつである Tolon における土壌水分の季節変化（10 年分）。赤道収束帯 (ITCZ) の北上時（6～7 月）と南下時（10 月）の 2 つのピークが有り、挟まれた 8 月に土壌水分が現象する様子がきれいに見える。

さらに、開発者の 1 人である現在 RESTEC の藤井博士から、植生変化の補正を加えた 0.02 度の高解像度でプロセスしたデータを提供していただいた。図 2-5 は、2014 年 12 月までのデータを用いて作成した月平均の土壌水分量変化の平均的な描象である。このような平年値を元に各地点で季節変化の平年値とばらつき、それに早魃年の様子を示す土壌水分変化図を作成し、これに現在の状況を重ねてプロットすることで、過去の早魃年に比べて、当該年がどのような状況にあるかを示すダイアグラムを作成すれば、早魃に対する早期警戒の一つの手段となる。

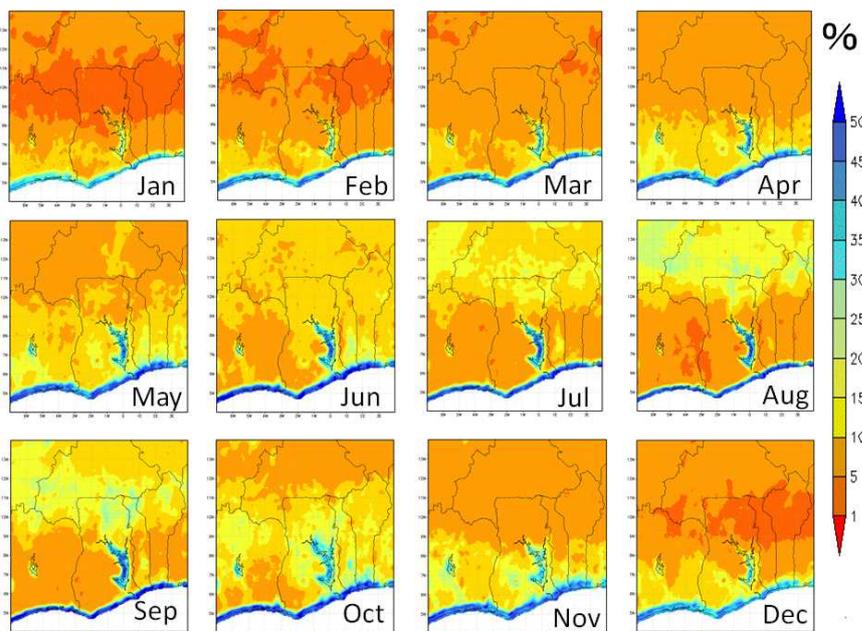


図 2-5 土壌水分量の平均的な季節変化(2002 年 7 月から 2014 年 12 月の AMSR データ)

【MODIS データを用いた氾濫監視】

水文データ入手がなかなか進まない事の対策として、衛星データを用いた氾濫域検出手法のガーナ地域への適用を 2013 年度より開始した。MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer、中分解能撮像分光放射計)は、NASA の地球観測衛星 EOS AM-1 (通称 Terra) と PM-1 (通称 Aqua) に搭載されている光学センサである。Terra が 1999 年 12 月、Aqua が 2002 年 5 月に打ち上げられ、現在も継続的に観測が行われている。0.4~14 μm の範囲を 36 バンドで観測し、「海面温度、雲、湿度、海氷エアロゾル、土地被覆、放射エネルギー束、土地利用変化、植生、地表温度、海色、気温、」等の観測を目的として利用されている。空間解像度は 250m (Band1、2)、500m (Band3~7)、1000m (Band8~36) である。回帰日数は 16 日であるが、観測幅が 2.330km ($\pm 55\text{km}$) と比較的広角であるため、同一地点を一日 1~2 回観測する。そのため観測周期の短いデータを得ることができる。MODIS により観測された生データや、土地被覆、植生、地表温度、気温等の一部諸量はデータプロダクトとして NASA から無料で取得できる。ここでは、データ運営が開始された 2000 年から現在までのデータが公開されている。なお、これら諸量のデータの多くは一定期間ごとのコンポジットデータである (記述は例えば <https://modis.gsfc.nasa.gov/>、http://www.eorc.jaxa.jp/hatoyama/satellite/sendata/modis_j.html を参照)。

本研究における浸水域推定には MODIS プロダクトである地表面反射率データ(250m 解像度・8 日間ごとのコンポジットデータ)を使用する (http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/#utf8=%E2%9C%93&spatial_map=satellite&spatial_type=rectangle)。

推定対象期間に 2000 年が含まれるが、この年は観測衛星が 2 基体制になる 2002 年以前である為、MODIS データのノイズ処理精度は低くなっていることに留意しなければならない。

観測によって得られた地表面反射率データから特定の被覆タイプを判別する代表的な手法として、複数のバンドにおける反射率の比演算によって正規化された指数 (正規化指数、Normalized Difference Index) を用いる手法がある。正規化指数は、ある被覆について他被覆タイプと異なった反射率を示す場合に、当該被覆の抽出に有効である。地表における水域の抽出には、LSWI (Land Surface Water Index、地表水指数) や、Kwak et al.¹⁾ が提案した MLSWI (Modified Land Surface Water Index、地表洪水指数) などの指数が知られている。本研究では浸水域の判別に Sakamoto et al.²⁾ の WFFI (Wavelet-based filter for detecting spatio-temporal changes in Flood Inundation) 手法を用いる。WFFI 手法は、EVI (Enhanced vegetation Index、植生指数) と LSWI (Land Surface Water Index、地表水指数)、そして EVI と LSWI の差分である DVEL (Difference Value between EVI and LSWI) の 3 指標の関係から、各ピクセルの冠水状況を判別する手法である。

また、MODIS のような可視光や近赤外線などを観測する衛星センサは、雲被覆があると、その部分の地表面データを正確に観測することができない。そのため、Savitzky-Golay フィルターによって雲ノイズをあらかじめ除去している。WFFI 手法では、ノイズ処理された EVI と LSWI、そして DVEL の 3 指標の関係から、冠水状況を No-Flood (非冠水域)、Mixture (冠水-非冠水混在域)、Flood (冠水域)、Long-term water bodies (水域) に分類する。

浸水被害域の推定結果として、図 2-6 には 2000 年 8 月から 11 月の浸水域推定画像を示す。同様にして、2007 年 8 月から 11 月の浸水域推定画像を図 2-7 に示す。また、ガーナ国内においては、2007 年降雨時に洪水災害に対する緊急支援物資が JICA (国際協力機構) によって届けられており、物資支援地点を画像上に表示している。2007 年の洪水被害は近年では最悪規模の被害を記録しており、2000 年の推定結果と比べてもその被害の大きさを確認することができる。なお、MODIS データの空間解像度が 250m であることから、250m 平方以下の範囲の浸水域に関しての判別は困難である為、今回の浸水域推定では主に河道付近での浸水を確認することができたが、実際には狭い範囲の浸

水が至るところに見られていた可能性もあり、その点に関しては留意が必要である。

- 1) Kwak Y, Park J, K. Fukami, 「Nation-wide Flood Risk Assessment Using Inundation Level Model and MODIS Time-series Images」, IEEE-IGARSS2011, pp.4395-4398, 2011
- 2) Toshihiro Sakamoto, Nhan Van Nguyen, Akihiko Kotera, Hiroyuki Ohno, Naoki Ishitsuka, Masayuki Yokozawa, 「Detecting temporal changes in the extent of annual flooding within the Cambodia and the Vietnamese Mekong Delta from MODIS time-series imagery」, ELSEVIER, Remote Sensing of Environment 109, pp.295-313, 2007

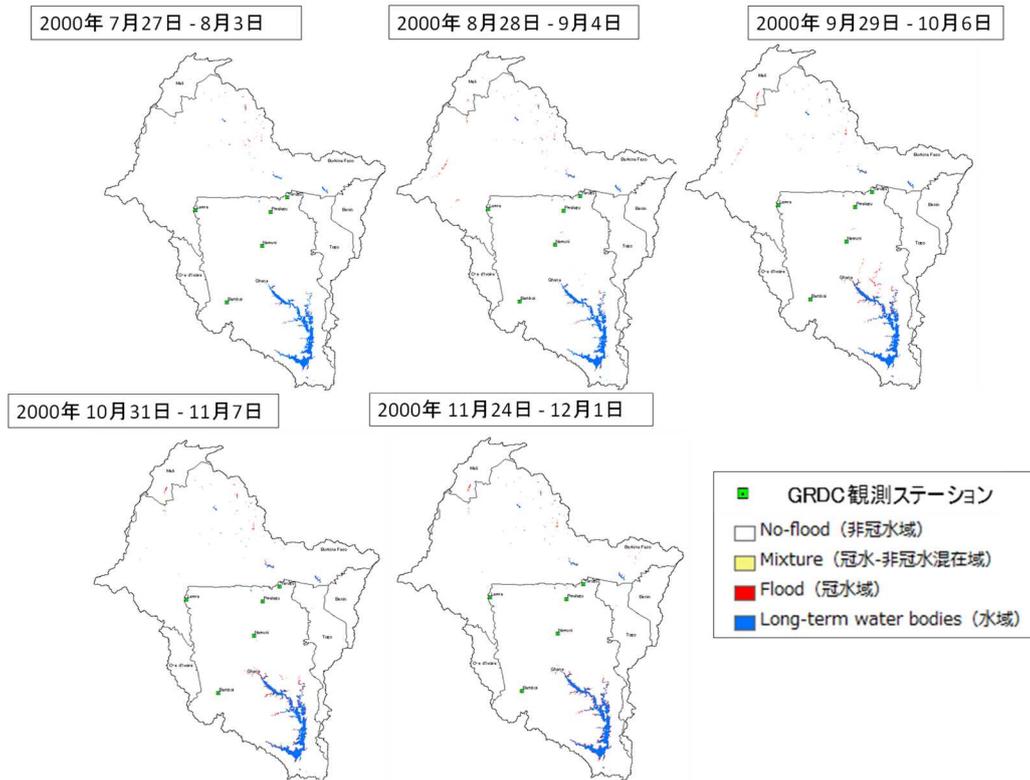


図 2-6 推定浸水域画像(2000年)

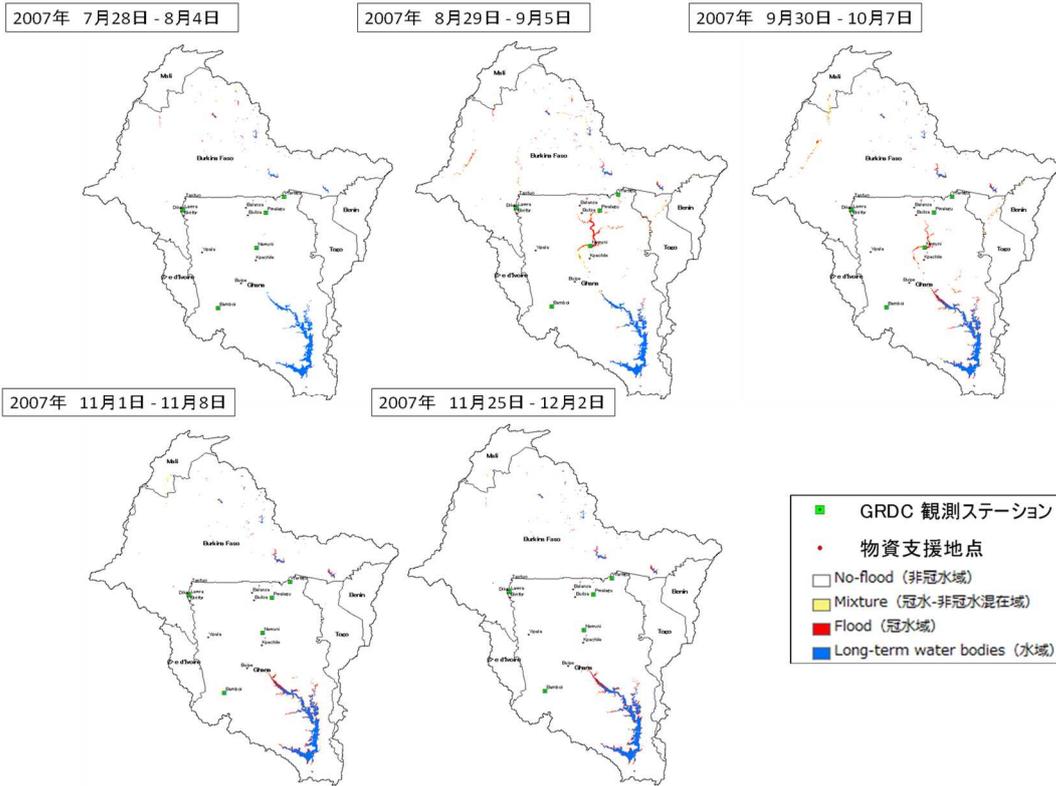


図 2-7 推定浸水域画像(2007 年)

a-2 地上観測データの整備

ガーナ気象庁と協力して自動気象観測装置(AWS: Automatic Weather Station)10台と自動雨量観測装置20台を設置し、データ取得を開始した。ガーナ気象局では、既に他のファンドによるAWS展開を進めており、SATREPSで供与する機器の配置は、プロジェクトの対象地域である北部3州を主体とし、他プロジェクトによる導入と調和をとりつつ進めた。特に2015年度の自動雨量計設置に際しては、世界銀行(WB)が先行して白ボルタ流域に展開したのを受け、プロジェクトの対象地域のある黒ボルタ流域に展開した。AWSの機種は、フィンランドのVaisala社製の機器が選定された。これは、信頼性、他プロジェクトで導入されている機器との調和という点から、好ましい結果であった。自動雨量観測装置はVaisala社製雨量計とオーストリアAdcon社製のデータシステムの組み合わせが選定された。Adcon社製のデータ収集システムは既にガーナ気象局で運用されており、これに付加する形のデータ収集系を構成した。さらに2015年度設置の自動雨量計には、早ばつモニターを目的とした土壌水分センサーが付加された。設置箇所の一覧を表2-1に、分布を図2-8に示す。

表 2-1 地上観測データの整備状況

地点名	緯度	経度	タイプ	設置年
Yendi	9°27'0.09"N	0°1'0.37"W	AWS	2013.6
Bole	9°1'60.00"N	2°28'60.00"W	AWS	2013.6
Salaga	10°32'57.84"N	0°30'58.67"W	AWS	2013.6
Nalerigu	10°31'60.00"N	0°22'0.00"W	AWS	2015.6
Nasia	10°9'14.15"N	0°47'48.24"W	AWS	2015.6
VEA	10°52'0.00"N	0°50'60.00"W	AWS	2015.6
Kojoperi	10°21'22.93"N	2°14'3.18"W	AWS	2015.6
Damongo	9°2'40.40"N	1°48'7.75"W	AWS	2015.6
Tume	10°52'48.00"N	1°59'24.00"W	AWS	2016.2
Kete-Krachi	7°48'5.20"N	0°3'4.77"W	AWS	2016.2
Wenchi	7°44'31.05"N	2°6'3.05"W	AWS	2016.2
Pwalagu	10°35'37.00"N	0°50'39.00"W	Rain	2014
Sandema	10°43'60.00"N	1°16'60.00"W	Rain	2014
Busa	10°1'13.00"N	2°23'27.00"W	Rain	2014
Bamaho	9°59'38.00"N	2°28'48.00"W	Rain	2014
Wechiau	9°49'33.65"N	2°40'49.56"W	Rain	2014
Zabzugu	9°17'30.00"N	0°22'28.00"E	Rain	2014
Tolon	9°25'60.00"N	1°4'0.00"W	Rain	2014
Kusawgu	9°11'51.00"N	1°2'44.00"W	Rain	2014
Buipe	8°47'36.17"N	1°28'21.33"W	Rain	2014
Gambaga	10°31'30.00"N	0°26'24.00"W	Rain	2014
Nandom	10°51'47.52"N	2°45'42.00"W	Rain+SoilM	2015
Lawra	10°38'30.48"N	2°49'21.72"W	Rain+SoilM	2016.3
Kaleo	10°10'15.60"N	2°32'53.88"W	Rain+SoilM	2016.3
Mangu	10°3'38.52"N	2°32'5.28"W	Rain+SoilM	2016.3
Konta	9°53'7.08"N	2°16'31.08"W	Rain+SoilM	2016.3
Ponyitanga	9°52'21.72"N	2°27'43.20"W	Rain+SoilM	2016.3
Chasea	9°44'33.72"N	2°6'32.40"W	Rain+SoilM	2016.3
Bulenga	9°56'10.68"N	2°11'45.60"W	Rain+SoilM	2016.3
Bunache	9°44'16.80"N	2°44'23.28"W	Rain+SoilM	2016.3
Viere	9°55'12.00"N	2°36'9.00"W	Rain+SoilM	2016.3

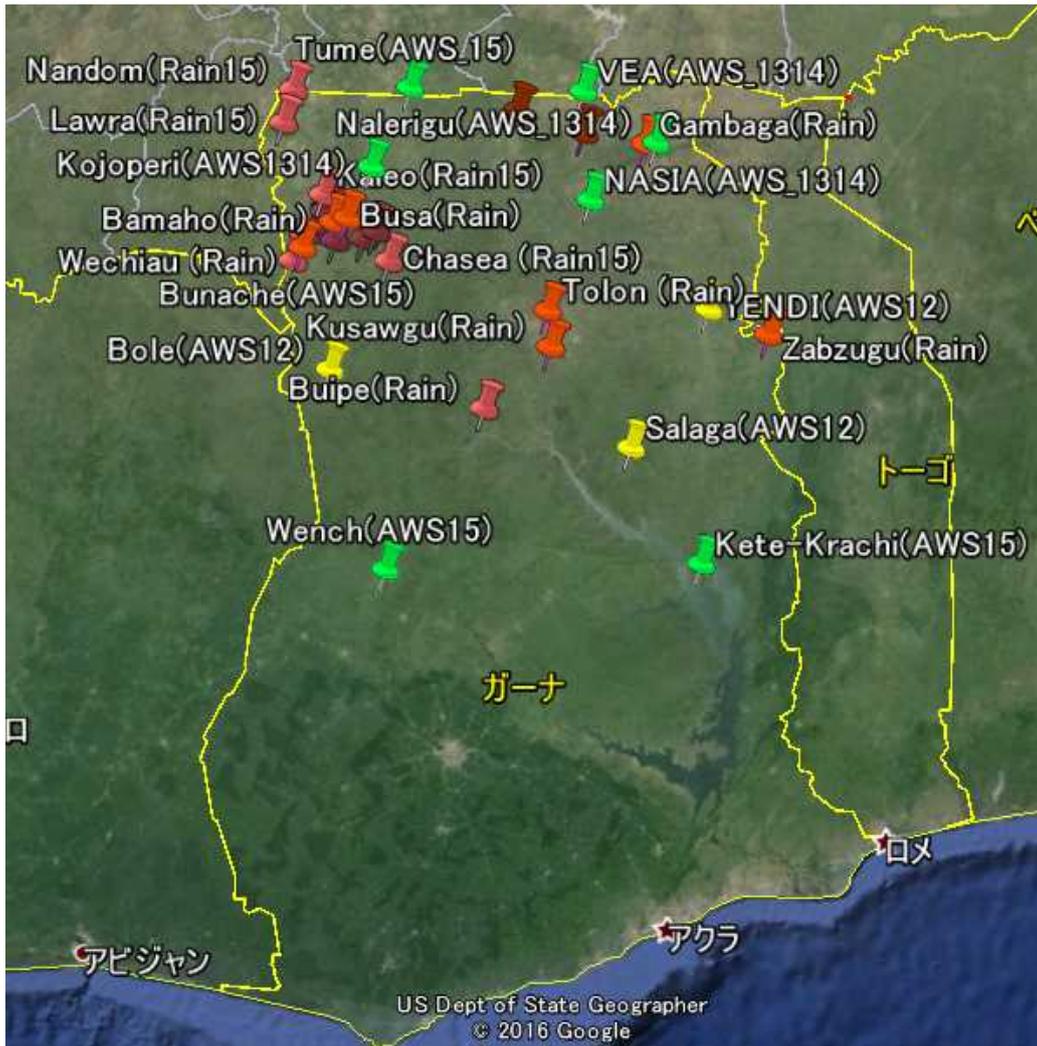


図 2-8 本プロジェクトで設置された自動気象観測点と自動雨量観測点

AWS で得られたデータの中で、湿度の記録を図 2-9 に示す。乾季と雨季での湿度変化がきれいに捉えられているが、データマネジメントでは多くの問題が残る。観測データは、携帯電話網を用いたデータ通信でガーナ気象局に集める設計になっているが、気象局の予算上の問題で、円滑な通信が行えずデータ収集が途絶えるケースが生じている。図のデータは、AWS 本体に蓄積されていたデータを回収したものも合わせて表示しており、実際にはすべてのデータが円滑に実時間収集されている状態では無い。これは、他のプロジェクトで導入された AWS でも同じ状況である。観測設備の導入という意味ではプロジェクトの目的を達成しているが、プロジェクト終了後の実装については、ガーナ気象局の体制作りと予算確保が問題となろうが、本プロジェクトでは直接関与できない問題である。

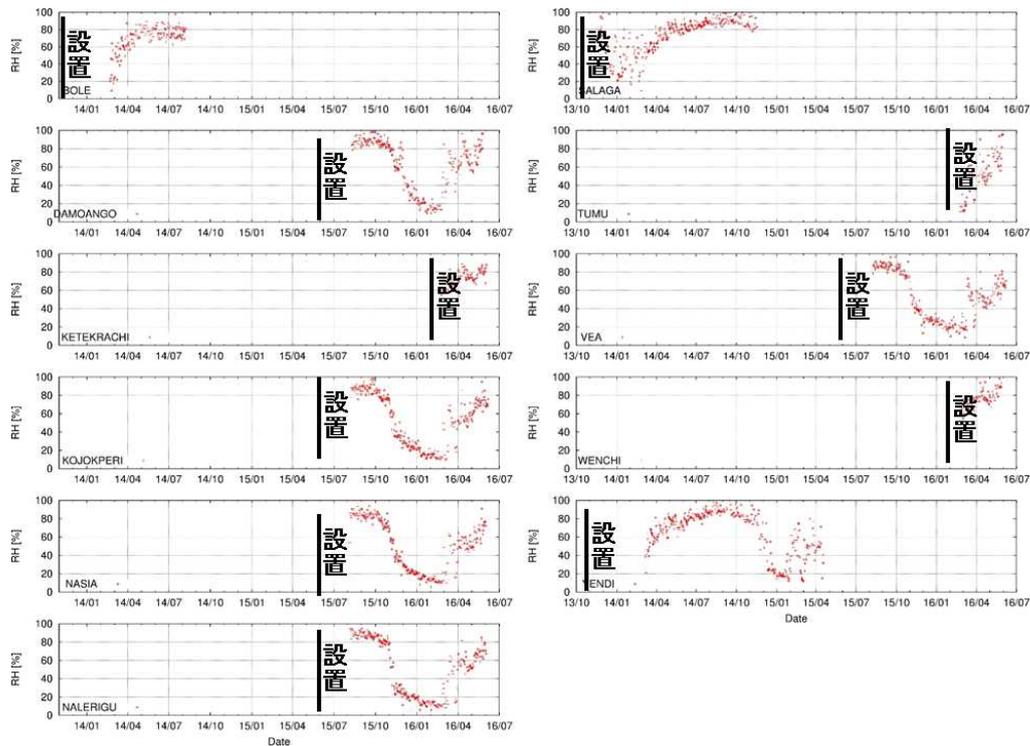


図 2-9 自動気象観測装置で計測された湿度変化

【ビデオカメラによる流量計測】

神戸大学の藤田ら³⁾は河川流の画像を解析することにより流量を測定することが可能な、KU-STIV (Kobe University Space-Time Image Velocimetry)を開発した。河川流をカメラ等で撮影し、この映像に長さ約 10~20 メートルの検査線を配置して、川の波紋や浮遊物の経過時間から流速を求めて、間接的に河川流量を計測する。この手法は従来手法などと比べて短時間かつ危険を伴わずに流量を計測することができる。また、非接触型の手法であるため、マラリアなどの予防にもつながると考えられる。

2016 年 2~3 月の 1 ヶ月間、ガーナの Water Research Institute から2名、Water Resources Commission から1名の研修生を受け入れ、この KU-STIV の使用方法を教えた。結果として、日本の河川(都賀川、武庫川)を対象に、画像取得から流量推定までの一定の手順を学んだ。

その後、2016 年 8 月 16~19 日にガーナ、アクラ近郊の Densu 川沿いの 3 地点 (Mangoase, Akwadum, Ashaladja)において流量観測を実施した。この流量観測により、KU-STIV はガーナにおいても平水時の河川流量を一定程度推定可能であることがわかった⁴⁾。この手法が Water Resources Commission などを通じてガーナ全域に広がれば、今後ガーナにおいて、安全・安心かつ高精度な流量観測が継続的に実施されることが期待できる。

- 3) Fujita, I., Watanabe, H. and Tsubaki, R.: Development of a non-intrusive and efficient flow monitoring technique: The space time image velocimetry (STIV), International Journal of River Basin Management, Vol.5, No.2, pp.105-114, 2007.
- 4) Fujita, I., Kobayashi, K., Logah, F.Y., Teye-Oblim, F., Alfa, B., Tateguchi, S., Kankam-Yeboah, K., Appiah, G., Asante-Sasu, C.K., Kawasaki, R., Ishikawa, H.: Accuracy of KU-STIV for discharge measurement in Ghana, Africa, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1. (Hydraulic Engineering), Vol. 71, 2017

b. 異常気象予測・洪水や早ばつのリスク評価

b-1 気象予測の導入

プロジェクトの当初計画では、衛星算出雨量を用いて流出、洪水、氾濫計算を実行する予定であったが、カウンターパートであるガーナ気象庁の強い要望により、第3年次（2013年度）より気象予測モデルをガーナ気象庁へ導入することになった。数値気象予報の業務運用を実現するまでには、大きな計算資源と様々な支援ソフトウェアの整備、オペレータの教育等々、非常に多くのプロセスが必要であり、もとより SATREPS プロジェクトの規模で完結できる事業ではない。本プロジェクトでは、人材養成の観点から、ガーナ気象庁内に数値気象予報を開発できる人材を育成することを目標として、気象予報システムの導入を実施した。

2013年度にはガーナ気象局向けの計算サーバー（最大64並列）を準備し、米国大気科学研究センター（NCAR: National Center for Atmospheric Research）で開発された数値気象モデル WRF (Weather Forecasting and Research) モデルをインストールして、計算実行環境を作成した。ガーナ気象庁が数値計算要員として指名した若手の予報官2名（Peter Nunekpeku, Samuel Anshar-Owusu）を日本に6週間招へいし、上記で整備した計算機を用いて WRF によるガーナ周辺地域の気象予測計算習得を目的とする本邦研修を実施した。研修生の能力は非常に高く、研修の対象外だった気象データ表示用のグラフィック・パッケージ (RiP4) を独力で学習し導入できるところまで到達した。年度末には計算サーバーをガーナ気象局へ輸送・設置して、ガーナ気象局で稼働することを確認した。

2014年度には、Samuel Anshar-Owusu を3.5ヶ月間招へいし、WRF を用いた事例研究の進め方の研修を行った。また、一歩進んだ利用法として、ガーナ国内の観測データをモデルに導入するデータ同化手法を導入した。年度後半に気象局に設置した計算サーバーが故障したが、ガーナ気象局-京都大学-製造業者との間のメール連絡により故障原因を特定し、短期専門家が交換部品を持ち込んでガーナ気象庁職員と共同で修理することができた。

2015年度には、気象予測モデルの最適な物理パラメタリゼーションを探す目的で、2010年6月の豪雨事例の再現計算を行い、現地データや衛星データと比較した。ブルキナファソ領のボルタ川流域を含めた 1,920 km 四方の領域 (12km 格子) と、その中に埋め込んだガーナ国を中心とした 1,116 km × 1,404 km の領域 (4 km 格子) で計算した。大領域で用いる積雲パラメタリゼーションを試みた結果、Betts-Miller-Janjic scheme を用いると、熱帯地方で特徴的な降水日変化をうまく表現できることが解った。

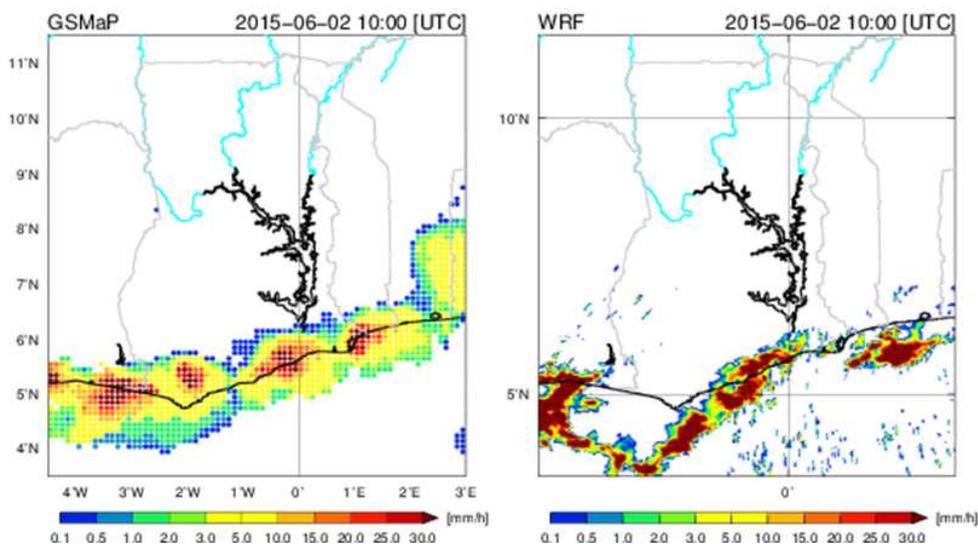


図 2-10 2015 年 6 月アクラ周辺豪雨の比較。左が衛星降水量、右が予報結果

局地予報の親データとして用いる NCEP/GSF 予報では、アフリカ諸国の観測データが入電遅れのために反映されていない場合が多い。そこで、観測データを初期値に加えるための 3 次元データ同化機能を実装した。2005 年 6 月のアクラ豪雨の事例に適用し、3 次元データ同化の効果を調べた。図 2-10 に、GSMaP で観測された降水分布と予報結果を比較する。

気象予報をルーチン的に実行すること可能とする目的で、まず京大に設置した計算機で自動予報の仕組みを作り、これをガーナ気象局に設置されている計算サーバーに実装して運用試験を行った。世界共通の観測時刻 (00, 06, 12, 18 UTC) で取得される気象観測データを初期値とする NCEP/GSF の全球予報結果をダウンロードし、これを入力データとし WRF モデルで 48 時間分の予報計算を行う。計算が終了すると、定められた規格の図を作画し、サーバー自体が開設する web 頁に貼り付けて閲覧可能になる。これら一連の手順をシェル言語で記述し、Linux の cron 機能を用いて決められたスケジュールで実行することにより、オペレータの操作なしに、気象予報を繰り返すことが出来るように設定した。

2016 年度は、自動運用機能を用いて連続して予報を行い、現況と比較して予報精度を検証する作業を進めている。

b-2 洪水予測

GSMaP や気象予測計算で得られる降水量を入力とする洪水予測計算は、神戸大学 (本プロジェクト開始時は京都大学) 小林健一郎准教授を中心とするグループが実施した。すでにプロトタイプモデルができ、2007 年のボルタ川氾濫を例題にモデル調整を行ってきた(図 2-11)。

当初、適切なカウンターパートがみつからずモデル検証ができない状態が続いたが、2015 年度に新たなカウンターパートを得て、大きな進展があった。GRDC (Global Runoff Data Center) から入手できるデータが 2007 年前半までであったため、2007 年 8~9 月の大洪水をシミュレーションで再現しても検証ができなかった。しかし、新たに WRI (Water Research Institute) の協力を得て、2007 年中盤以降のボルタ川の Lawra 地点 (図 2-12) における水文データを入手した。

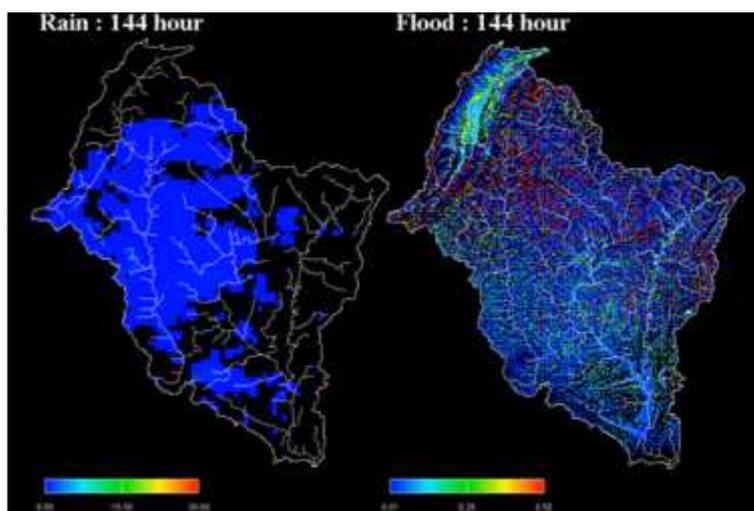


図 2-11 GSMaP の降水データを入力して試算した 2007 年のボルタ川流域の氾濫計算結果。左は降水量、右は浸水深 (ともに 8 月 29 日のスナップショット)。



図 2-12 ボルタ川のダム・流量観測所位置図

これによりモデルチューニングと検証を実施することができた。図 2-13 に計算流量 Simulation (GSMAP, present)、及び観測流量 Lawra (Observation, H-Q) を示す。観測流量に比較すると計算流量は変動が大きいのが、一定程度、類似の傾向は見ることができる。差異については、衛星降雨の問題、流量観測の問題、モデル自体の問題などいくつか原因が考えられるが、今回はこれで一度キャリブレーションが完成したとして先に進めている。

このモデルに擬似温暖化実験降水を入力する。2007 年の再現計算による年積算降水量を図 2-14 左、擬似温暖化実験による積算降雨を図 2-14 右に示す。この降雨から 2007/7/1~11/30 の期間を抽出し、上記のボルタ川モデルに入力した。これにより計算された流量を再現降雨 (hst, present)、擬似温暖化実験降雨 (pgw, future) それぞれについて図 2-13 に示している。図からわかるように、擬似温暖化実験降雨による最大流量は再現降雨によるものよりかなり大きくなった。

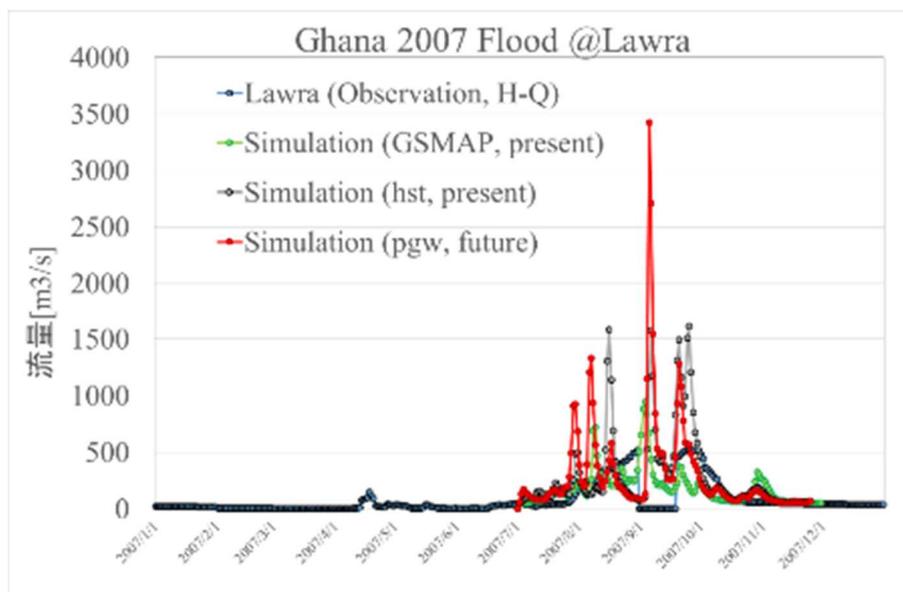


図 2-13 計算流量と観測値との比較、擬似温暖化実験結果 (Lawra)

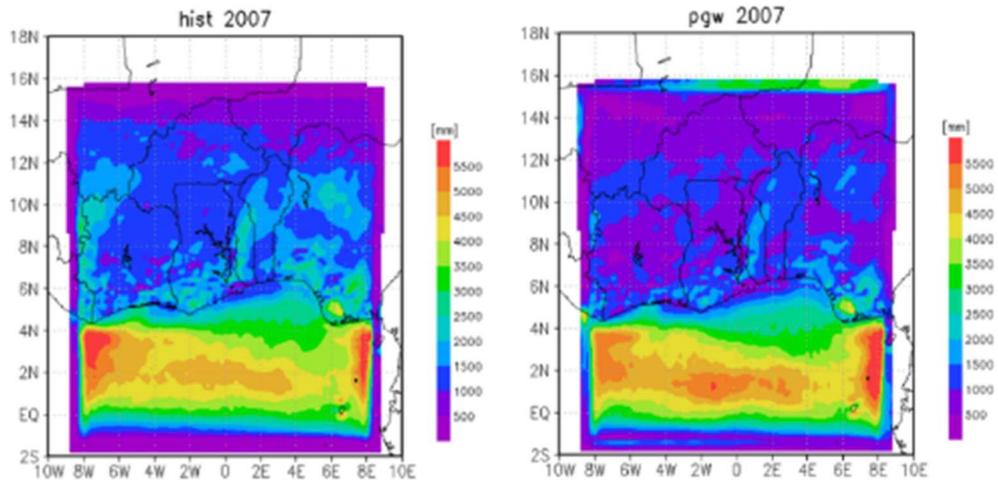


図 2-14 西アフリカ擬似温暖化年積算降水量（再現計算：左，擬似温暖化実験：右）。研究題目 1 における稲津氏の計算結果を図化したもの。

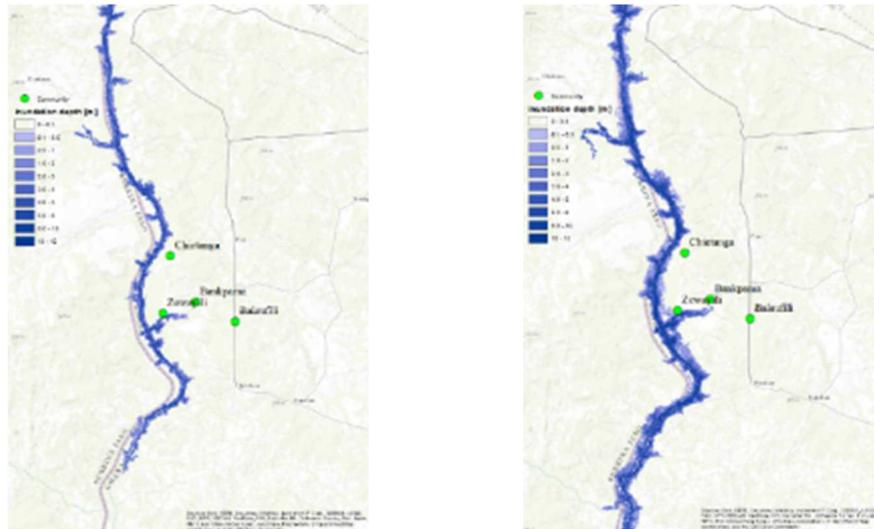


図 2-15 西アフリカ擬似温暖化実験による浸水深
（再現計算：左，擬似温暖化実験：右）

さらに、再現計算と擬似温暖化実験降雨により計算された最大流量日（図 2-13）を含む 10 日間について、黒ボルタ川沿いのローカル浸水計算をした結果が、図 2-15 である。この図では特にプロジェクトサイト近辺を示した。これにより浸水深が温暖化により増加する様子がわかる。図 2-15 の領域で現在気候の再現計算と擬似温暖化計算では、洪水エリアはおよそ 1.89 倍に拡大した。

b-3 洪水・早ばつリスク評価

洪水氾濫モデルを用いた洪水リスク評価については、特に作物被害に焦点を当てて予備的な推定を行った。ただし、集落スケールで実用化するには水文データによるモデルチューニングが必要である。

c. 水資源管理技術の提案

2012 年度より、ワ・ウエストのコミュニティを訪問し、洪水や旱ばつに対する脆弱性の評価、現状の水資源管理手法、新たな水管理手法の必要性、可能な水管理手法に関する調査を開始した。調査の結果、以下の成果を得た。

- Drinking water risk is the most significant and observable problem in the area.
- Communities own initiatives for climate change adaptation is negligible, because livelihood risks are predominant among all communities. Absolute poverty and lack of economic opportunities have increased communities disaster risks.
- As their livelihood is affected by drought in upland areas , subsequently the local community becomes more exposed to flood and other natural calamities to maintain their livelihoods.
- Improved irrigation facilities by rainwater harvesting and watershed management and seasonal weather forecast are found most preferred adaption strategies.
- Though high intention of adopting non-structural preventive measures is observed, yet local community reported that lack of knowledge and financial resources are major impediments of implementation

図 2-16 は、現地調査に基づいて、気候変化で乾季が長くなったときに生じる可能性のあるリスクを考察したダイアグラムである。

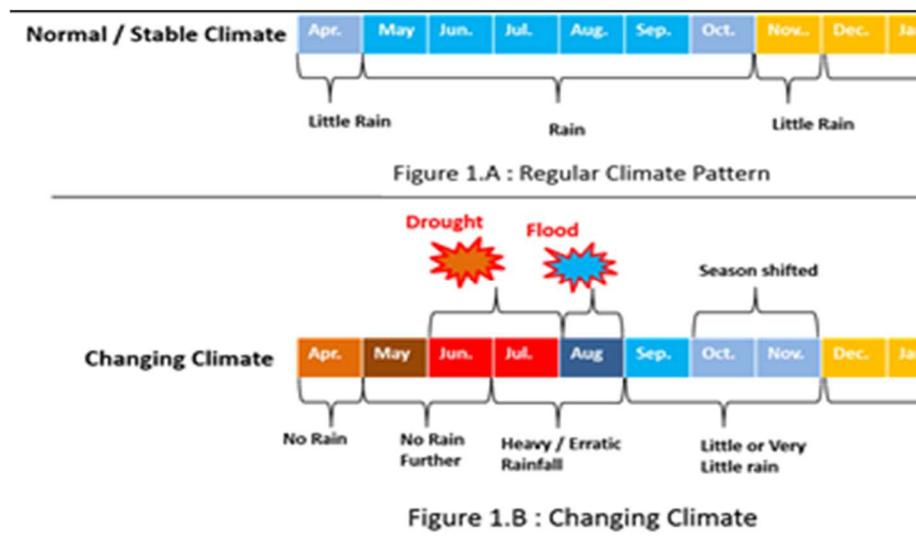


図 2-16 平年と渇水年を比較した旱魃リスク発現の模式図(Samaddar et al. ,2014)

【農業に於ける水利用改善】

現地調査では、この他、ミニダムはこれまで何回か試みられてはいるがメンテナンスが悪く永続性がないこと、雨水利用はすでに広く行われており他の aid により現在でも推進されていることなどがわかった。このため、水を大量に消費する農業活動において土壌水分を効果的に利用する農法開発に着眼した研究を、開発研究大学の Ganiyu 講師を中心に、2014 年度より開始した。

2014 年度には、トロンにおいて、maize を対象に作物の植え方と水消費、収量の関係を調べるフィールド試験を実施した(図 2-17)。この試験では、試験地内に、地温計、雨量計、土壌水分センサー、マイクロライシメータを配置し、土壌中の水環境変化をモニタ

一した。表 2-2 には、試験で得られた土壌水分の変化の例を示す。

2015 年度には、トロン試験を継続すると共に、あらたにワ・ウェストにおいて稲作を対象として、同様の試験を実施した。

表 2-2 2014 年トロンで実施したフィールド試験時に取得された土壌水分データ

Table 7: Soil Tension (kPa) and Moisture content (%) at 0-20 cm							
Treatment	T1 (20 cm x 80 cm)		T2 (30 cm x 80 cm)		T3 (40 cm x 80 cm)		T4 (50 cm)
Month	Tension (kPa)	MC (%)	Tension	MC (%)	Tension (kPa)	MC (%)	Tension (kPa)
July	09.00	16.48	05.50	25.97	06.00	28.72	06.00
August	07.00	19.52	09.00	19.22	09.00	18.74	09.00
Sept	06.50	25.53	08.00	19.73	07.00	26.04	06.80
Oct	10.00	15.37	10.00	14.99	10.50	14.86	11.00
Mean	08.13	19.23	09.00	19.98	08.13	22.09	08.20
STDEV	01.90	04.55	01.00	04.52	01.76	05.68	02.26

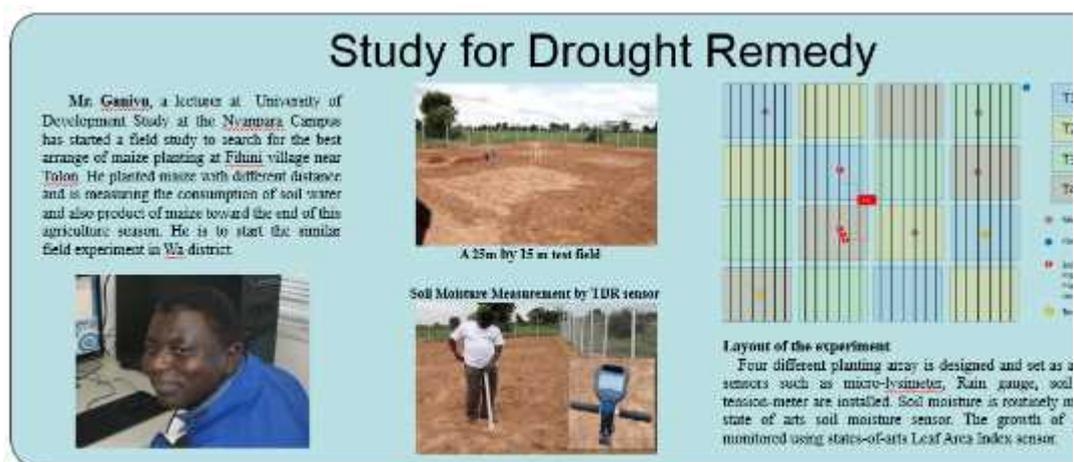


図 2-17 トロンのフィールド試験

【深井戸水資源調査】

また、当初の調査で飲料水確保が最重要課題であることがわかったので、トロンとワ・ウェストの両地域で、深井戸を掘削し、水位の年周変化、水をくみ出した後の水位回復速度の計測を実施中である。

④ 研究題目 2 のカウンターパートへの技術移転の状況

2012 年 11 月に、ガーナ気象局、ガーナ開発大学、ガーナ大学から各々 1 名ずつ計 3 名の研修生を 1 ヶ月間招へいし、京都大学及び名古屋大学（委託）により衛星データ解析の研修を行った。この研修では、JICA 予算で購入し現地に設置する気象データサーバーを実際に用いた OJT (On-the-Job Training) も行った。2013 年 3 月には、専門家（石川）がガーナ気象局とガーナ開発大学を訪問し、機器の設置を行った後、上記本邦研修の参加者にそれぞれの機関の情報処理担当者を加えた OJT を実施した。

2013 年度は、ガーナ気象庁の研究員 2 名（Peter Nunekpeku, Samuel Anshar-Owusu）を京都大学防災研究所へ 6 週間招へいし、メソ気象モデル WRF を用いたガーナ周辺地域での気象予測計算のトレーニングを実施した。さらに 2014 年 3 月 4-11 日に専門家（石川）がガーナ気象局を訪問し、サーバーのセットアップを行い、現地での WRF 実行を確認した。Peter Nunekpeku と Samuel Anshar-Owusu は、研修終了しガーナに帰国後、独

力で graphics を導入し、研修中に実施した計算結果を表示した。このような一歩進んだ処理を独力で行えるようになるレベルまで6週間の研修で到達できたのは、大きな成果である。

2014年度は、Samuel Anshar-Owusu を3.5ヶ月間招へいし、WRFを用いた事例研究の進め方の研修を行った。

2015年度には、2016年1~2月の4週間、ガーナ気象局から新人2名(Caleb Mensah, Richard Yao Agyeman)を招へいし、京都大学防災研究所において、気象予測システムの研修を実施した。データ同化、自動予測のマシン管理など、一連の技術移転を行った後、帰国後に任側担当者がガーナに出張し、その監督の下にガーナ気象局に設置されている計算サーバーの設定変更を実施した。この技術移転の方法は非常に上手く機能し、年度が明けた2016年5月初旬に、NCEP/GSFの仕様変更に伴い発生した不具合に、彼ら自身が気づき、日本からのメール一本で復旧できるまでになった。前の2名と合わせて、WRFによる気象予報計算を実施できる人材を4名養成することができた。

また、2015年度には、ガーナ国からFrank Teye Oblim、Frederick Yaw Logah、Bob Alfaの3名を招へいし、ビデオカメラを用いた流量計測の研修を神戸大学において実施した。2016年度には日本で開発された流量観測ソフト KU-STIV を用いたガーナアクラ近郊 Densu 川での流量観測を実施し、ガーナの河川においても同ソフトにより流量観測が可能であることを示した。

⑤ 研究題目2の当初計画では想定されていなかった新たな展開

2013年度には、人口衛星情報(MODISのデータ)から洪水や氾濫を監視する手法について新たに検討を開始した。これは、当初予定していた水文データの入手が思うように進まないため、その代替策として試みたものである。タイのチャオプラヤ川氾濫やインダス川の氾濫で実績のある手法で、2007年のボルタ川の増水を定性的に表現することが示された。

また、ビデオカメラによる流量計測も、当初は予定されていなかった計測方法である。インフラが整っていない地域で、機動的に流量計測を行う手法として期待できる。

(4) 研究題目 3：地域住民および技術者の能力開発プログラムの開発・実証

① 研究題目 3 の研究のねらい

- ・ ガーナの中で北部 3 州は、食料供給基地的な役割を担っており、主要産業としての農業を中心にすえた地域の統合的なレジリエンスを向上させるため、気候変動が農業に及ぼす影響を評価、現地関係機関と連携を深めながら、この評価および資源管理技術を農業現場に適用する方法を提案する。
- ・ 洪水および干ばつに対する脆弱性を克服し、主要産業としての農業を中心にすえた地域の統合的なレジリエンスを向上させるため、気候変動が農業に及ぼす影響および農外生計の現状を評価、現地関係機関と連携を深めながら、この評価および資源管理技術を現場に適用する方法を提案する。
- ・ 洪水および干ばつに対する脆弱性を克服し、主要産業としての農業を中心にすえた地域の統合的なレジリエンスを向上させるため、気候変動が農業に及ぼす影響および農外生計の現状を評価、現地関係機関と連携を深めながら、この評価および資源管理技術を現場に適用する方法を提案する。

② 研究題目 3 の研究実施方法

a. プロジェクトサイトの選定

研究の第一段階として、国連大学アフリカ自然資源研究所 (UNU-INRA) およびガーナ開発学大学との共同研究体制を確立し、関係省庁との連携を深め、プロジェクトサイト選定に向けた予備調査および詳細計画策定調査を行った (2011 年度)。これに基づき、ノーザン州トロン郡の 6 集落およびアッパーウェスト州ワ・ウェスト郡の 4 集落にプロジェクトサイトを、図 3-1 に示すようなプロセスで選定した。

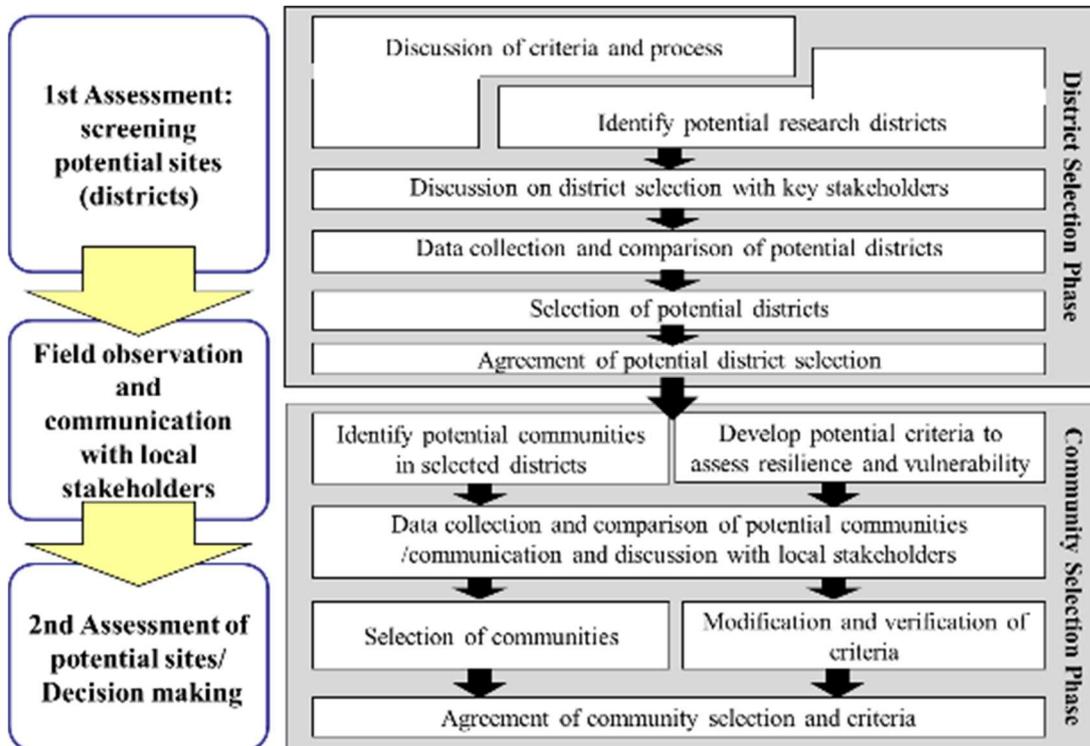


図 3-1 プロジェクト研究サイトの選定プロセス

サイト選定と同時に実施した初期調査は、土壌および社会経済調査あわせて約 1 ヶ月行われ、データ収集・分析手法の検討や現地調査ロジスティクスの確認、農業

および非農業活動の把握が行われた。2012年12月に最初の初期調査研究の報告がなされ、2013年2月から相手国研究機関との役割分担・招へいスケジュール・必要機材などについての協議をもとに本調査が開始された。

本調査の方法としては、農家毎の個別調査を調査票に基づくインタビュー、郡政府やプロジェクトサイトである集落の長老・男性・女性とのフォーカスグループ議論、そして現地農民を案内人とした圃場訪問とにより行った。農家の個別調査においては、社会経済活動の実態と気候変動による影響を効率よく把握するために、ガーナ開発学大学および UNU-INRA の共同研究者による調査員の家計調査に関するトレーニングも併せて行われた。

a-1. 情報プラットフォームの整備

テーマ1と共同で、各研究テーマをGISデータベースを介して連携させるため情報プラットフォームを整備・維持し、プロジェクトの共同研究者間で共有を図るなど、有機的な研究連携を担保するための仕組みを整える。

a-2. 土壌・農地利用調査

トロン郡6集落の農業活動調査を行い、解析を行った。圃場においては表層土の採取を行い化学分析に供し、現地で行われている土壌作物管理法について気候変動や社会経済的活動との関連の中で捉えるための情報収集を行った。

b. ガバナンス制度分析（ワ・ウェスト郡）

2013年8月に、ワ・ウェスト郡の郡都ウェチャウ（Wechiau）において行政担当官、関係省庁（食糧農業省：MoFA、国家災害管理機関：NADMO、環境保全機関：EPA、教育省、保健省等）、および現地ですでに資源・環境管理分野において活動している非政府組織（NGO）等との会合や、選定されたサイトの集落における長老・男性・女性を対象に、干ばつ・洪水およびその他気候変動による影響に対する適応の現状についてフォーカスグループ（FG）議論を実施し、現地の気候変動に係るガバナンス制度について分析を行った。

c. 社会経済活動調査（ワ・ウェスト郡およびトロン郡）

ガーナ開発学大学および UNU-INRA の共同研究者は、2013年3月に社会経済活動に係る調査手法についての議論と、インタビュー項目のプリ・テストを行った。社会経済活動の実態と気候変動による影響を効率よく把握するために、調査員（ワ・ウェストにおける諸現地語に堪能な学生）の家計調査に関するトレーニングも併せて行われた。

d. 作物バリューチェーン調査とビジネスモデル開発

対象集落の複数の作物（シアバター含む）のバリューチェーン、それを支える各種インフラやマテリアル・フローの実態調査を進め、その結果に基づいてレジリエンス強化に資する代替的なバリュー・チェーン、高付加価値化を含むビジネスモデルの改善案を提案した。

e. キャパシティ・アセスメントに関する研究

持続可能な開発に向けてレジリエンスを高めていく上で、キャパシティ開発の重要性が認識される一方で、「キャパシティ」という言葉の意味や、どのような側面が重要であるかということ、そしてどのように測定すべきかについては、曖昧であることが多い。その曖昧さを解消し、キャパシティ開発の効果をあげるべく、キャパシティをいかに捉え、評価し、向上させていくかについて考察することは、非常に重要であることから、キャパシティ・アセスメントに関する研究を行った。

f. 技術的・制度的な能力形成プログラムの開発

土壌・作物資源管理技術および多様な家計活動に関する調査、伝統知に根ざした多様な生態系サービスの利用実態、学校における防災教育の実態調査など、これまでの現地調査結果に基づいて、気候・生態系変動に対応した土壌・作物および家計管理、地域資源を使った改善かまど普及、生態系管理、中学から高校レベルでの防災教育等に関する技術的・制度的な能力形成プログラムのパイロットモデルの開発とトレーニングワークショップを行った。

g. 統合的なレジリエンス強化戦略とガーナモデルの提案

対象集落の気候・生態系変動、災害ガバナンス、水資源管理、伝統的知識、家計戦略（季節労働移動やジェンダーの視点を含む）、および生物多様性と生態系サービスに関する現地調査を引き続き行い、その分析結果に基づいて「ガーナモデル」の実証的な検証を他のテーマの研究者と連携して進める。また、研究グループのメンバー全体を対象として、これまで各グループ内で検討されてきたレジリエンスの評価指標とレジリエンス強化戦略オプションについて包括的に把握したうえで、全研究グループが連携して統合的なレジリエンス強化戦略を検討する場（ワークショップ）を設ける。そこでの議論を踏まえて、強化戦略を含む「ガーナモデル」のデザイン・運用原則案を提示した。

h. ガーナモデルのガーナ国内及び他のアフリカ地域への展開

アフリカ地域へのガーナモデルの展開については、社会経済、法制度、政治システム、宗教等のマクロなガバナンスの状況について整理しており、それに基づいて、ガーナモデルの受容が比較的容易と考えられる国々と、ガーナモデルの適用にあたってカスタマイズがかなり必要な国々を提示できるようにする必要がある。ガーナモデルの国際的な発信を図るため、2016年8月のナイロビでの第6回アフリカ開発会議では、この「ガーナモデル」をガーナを超えて他のサハラ以南アフリカ地域に発信するサイドイベントを開催した。そのほか、生物多様性条約及び砂漠化対処条約の公式イベントにおいてガーナモデルの国際的な発信を行った。

③ 研究題目3の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

a. プロジェクトサイトの選定

2011年度には、プロジェクトの全研究グループと現地カウンターパート、関連ステークホルダーとの協議のもと、サイト選定のための現地予備調査を複数回にわたって実施した。このサイト選定は、すべての研究グループの研究者が参加して活発な議論が行われ、最終的なサイト選定は研究グループ横断的なタスクフォースがガーナ大学のジャシ教授をリーダーとして設定され、現地予備調査を踏まえた研究サイトの最終答申案が作成され、JCCでの議論を経て2011年12月の東京でのプロジェクト実務ミーティングで最終決定した。プロジェクトサイトとして、ノーザン州トロン郡の6集落およびアッパーウェスト州ワ・ウェスト郡の4集落が選定された。この過程で、研究者間の共通認識を一段と深めることができた。

表 3-1 プロジェクトサイト概要

District	Community	Population	Major livelihoods activities
Tolon	Yoggu	3,950	Dry season farming is common. Farming usually affected by short dry spell of rainfall; does not affect their crop.
	Fihini	1,030	
	Kpaligum	1,576	
	Cheshegu	538	Less dry season farming. Farming occasional affected by dry spell of rainfall which affects crops.
	Dabogshei	771	
	Zagua	355	
Wa West	Baleufili	466	Farming (incl. dry season irrigation farming, different farm locations), livestock, shea butter, trading
	Chietanga	359	Farming (incl. improved varieties, house-yard gardening, small-scale irrigation), fishing, livestock, shea nuts/ shea butter, charcoal, kose, pito, soap making
	Bamkpama	742	Farming, livestock, charcoal, shea butter processing, pito, fishing, trading
	Zowayeli	226	Farming, livestock, charcoal, shea butter processing, pito, fishing, trading

a-1. 情報プラットフォームの整備

東京大学グループと共同で情報プラットフォームを整備・維持し、プロジェクトの共同研究者間の有機的な研究連携を担保するための仕組みを整備した。

プロジェクトで蓄積された各種データ（GIS データ、調査票、調査結果等）に関しては、UNU-INRA 内に整備された GIS リソースセンター、ガーナ気象庁、UDS に設置予定の教育研究センター(KTCSR)にて、保管・管理・活用していく予定である。また、WRI に供与したワークステーション、流量観測ソフトなどについても、計算機室の一角に設置されており、WRI にて流量観測データの維持管理が行われている。

上記の各種データを包含する情報プラットフォームについて、相互にネットワークで連結しつつも、情報インフラが脆弱であることからガーナ国内では一括管理ではなく、分散型で管理を進める。他方で、すべてのデータを日本側で常にバックアップをとる仕組みにする。ガーナ国内での分散管理と日本側でのバックアップ体制の仕組みを組み合わせることで、ガーナ国内の情報インフラの脆弱性に対応する予定である。

また、地域住民に対しては、GIS で得られた情報として、対象集落のベースマップと集落の各種資源の収納した冊子 (photobook) をプロジェクト中間年に提供したほか、対象とする全集落でのワークショップを開催して、研究成果の共有とそれに関する対話を進めた。このような対話や集落ワークショップ等の活動は、プロジェクト終了後も UDS に新たに設置されるサステイナビリティとレジリエンス研究センター (KTCSR) によって維持される予定である。

a-2. 土壌・農地利用調査

収集した情報によると、2000 年以前には、トウモロコシの栽培面積が他の作物を上回っていたが、その後激減し、その代わりラッカセイ、ヤム、キャッサバ、イネ、ダイズの栽培面積が増えた。しかし、近年政府の施策によりトウモロコシの栽培面積が増える傾向にある。北部3州は年間降雨量が 1000mm 程度あり、トウモロコシ栽培には適していると考えられるが、気候変動により旱魃や洪水がより頻繁化することが予想されるので、収量安定化のための方策を講じる必要があると考えられる。

北部3州を踏破し、特に赤丸で記した地点で土壌調査を行った。コートジボアールとの国境を流れる黒ボルタ川に近い地点では、川まで約 1.7km で 20m の標高差があるならかな斜面に沿って 16 の土壌サンプルを採取し、水抽出液の pH と EC を測定した。斜面上部では7を超える pH が観測されたが、斜面中ほどに広がる湿地では 5 から 6 の酸性を示し、川に近付くにつれて中西近辺に戻る傾向を示した。湿地においては EC が高い地点も認められた。もうひとつの赤丸で示した地点は主要河川である黒ボルタ川からは離れているが、時折洪水に見舞われるという村落が点在していて、訪問時点ではトウモロコシやカウピーが栽培されていた。これら作物の根元の土壌を採取したが、3 つのうち 2 つはアルカリ性を示し、その内の一つの EC は今回の採取資料の中では最も高い値を示した。採取した土壌の pH と EC の分布をみると、pH に関しては、傾斜の上方地点並びに乾期作 (dry season farming) が行われている地点で高い傾向、EC に関しては、作物の根元や乾期作圃場で高い傾向が認められた。

本調査としてまず、トロン郡の6集落 (Yoggu, Fihini, Cheshegu, Dabogshei, Kpagium, Zergua) のうち最も標高が高いところに位置するFihiniから調査を開始した。

まず、全般的な概要を把握するために全戸 (35軒) 調査が行われ、その情報を基に農業関連事項の詳細調査が約半数 (17軒) の農家を対象に行われた。農家の形態は、マッシュルーム型的小屋を敷地を囲うように円周上に配置して住居が造られ、集落はこれらの住居が1箇所にかたまって形成されている (図3-2)。一つ一つの住居は航空写真等で容易に識別でき、敷地面積や小屋の数などを求めることができる。敷地面積は、小屋数や居住人数と高い相関があり、重回帰分析の結果作物栽培からの収益、大中小家畜の頭数との相関も見出されたので、農家経営の規模を表す簡便な指標として有用であることが示された。敷地面積を使って対象農家を大中小のカテゴリーに分類し、それぞれの農家が所有するトウモロコシ、ラッカセイ、ヤム、イネ圃場の位置を概観すると、小農家は集落から離れた場所に圃場を所有する傾向が認められた (図3-3)。

Fihiniは標高が高い部分に位置しているため、イネ栽培に適した低湿地からは距離があるが、それでも17軒中5軒の農家が稲を栽培していた。中農家に属する#8農家は、トウモロコシ、ラッカセイ、ヤム圃場は集落から比較的近い場所にあるが、そこから片道1.6キロ以上も離れた場所でイネ栽培を行っている。干ばつ常襲地である



図 3-2 航空写真で見る Fihini の家屋
(Google Earth)

Fihiniのようなところで、低湿地を利用したイネ栽培を導入することにより、農家経営全体に対する干ばつ被害を軽減する効用が期待できる可能性が考えられ、イネに関する更なる調査を現在進めているところである。イネ圃場は11月上旬において土壌水分が平均で 16.3%と他の3作物圃場の8.1、5.3、5.9を大幅に上回っており、水分がまだ残されていることが認められた。また、土壌pHも5.6と他の3作物が6を超えているのに比し低い値を示していた。土壌肥沃度に関する聞き取り調査では、回答した農家全員が土壌肥沃度が年々低下しており、土壌肥沃度と土壌水分との間にはなんらかの関係があると認識しており、15件の農家が栽培作物種の決定の際に土壌肥沃度を考慮に入れると答えている。



図 3-3 Fihini 農家 17 軒のコムギ、ラッカセイ、ヤム、イネ圃場の位置

イネ以外の主要食用作物であるトウモロコシ、ラッカセイ、ヤムは、それぞれ17軒中15、12、14件で栽培されており、4種の食用作物全てを栽培している農家は4軒あった。主要食用作物以外に他の作物を栽培している農家は11軒あり、4種のその他の作物を栽培している農家が2軒あった。干ばつ被害を分散させるために作付け体系の多様化が進んでいるものと考えられる。

干ばつに焦点を置いた気候変動に関する認識調査の結果は以下の通りであった。1) 子供時代と比べて気候が徐々に変動している(94%)、2) 降雨量が減少している(82%)、3) 子供時代と比べて干ばつがより頻繁に起きている(82%)、4) 気候変動が農作業特に播種時期に影響を与えている(94%)、5) 干ばつは1から3年ごとに起きている(100%)、6) 最も近年の干ばつは2011年に起きた(71%)。5)と6)に関しては、タマレにおける110年間における降雨量の変動を示した図3-4からも、農家の認識が現実を反映しているものであることが示されている。

トロン行政区の他のサイトサイトおよびワ地域の4サイトに関しても、上記と同様な調査、解析を行った。

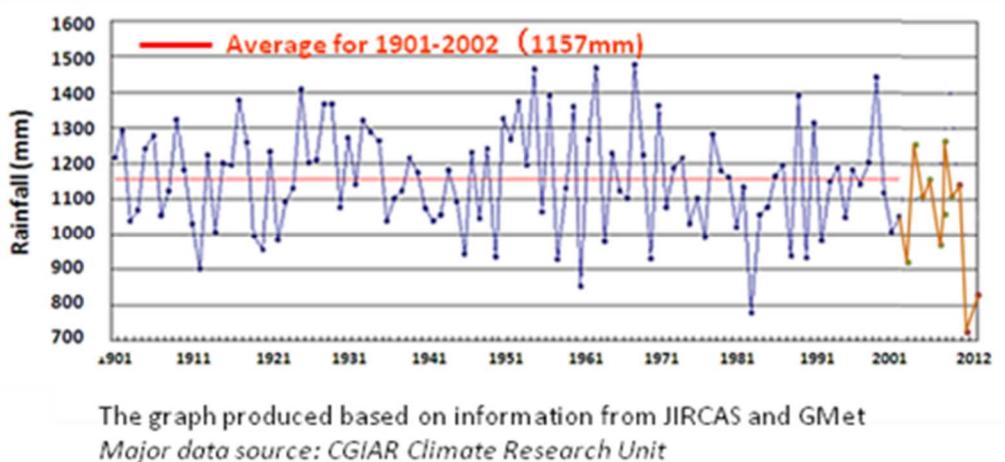


図 3-4 タマレにおける 110 年間の年間降雨量の変動

多くの農家が穀物、根菜、野菜等広範囲の作物を栽培しているが、その中でもトウモロコシ、ヤム、ラッカセイ、イネが主要な作物と考えられた。これら主要4作物の6集落平均導入率はトウモロコシが一番高く、全集落平均で96%に達し、Cheshegu、Dabogshe、Zerguaでは100%であった(図3-5)。これに続くのは、ヤムとラッカセイで、78と75%となっていた。イネの導入率は平均64%で、FihiniとYogguでは30%と低かった。これら4作物の複合化は、Cheshegu、Dabogshe、Kpalgiumで進んでおり、90%以上の農家が主要4作物のうち3作物を栽培している。これに反してFihini、Zergua、Yogguではこの比率が60%程度と低かった。

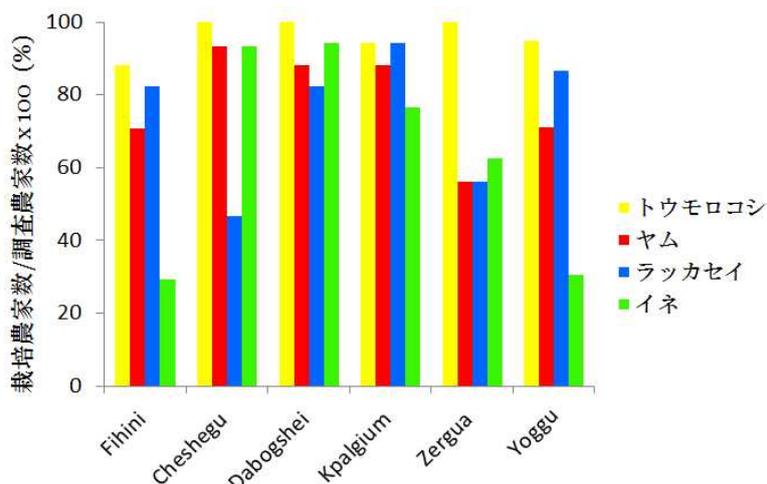


図3-5 トロン郡6集落における主要4作物の栽培割合

対象6集落のうちChesheguだけが異なる流水域に位置しているが、後の5集落は同一の流水域に位置しており、イネは内陸小低地 (inland valley)の谷部分で栽培されている(図3-6)。地図上のイネ圃場をたどることにより、Fihini、Dabogshe、Kpalgiumがひとつの支流域に、Zergua、Yogguがもうひとつの支流域に耕作地を展開していることがわかる。Yogguでは、イネ圃場が3箇所に分散している。図3-9では、図の下部から上部に向けて標高が下がっており、標高から見るとFihiniが最も高いところに位置し、Yoggu、Cheshegu、Dabogsheが続き、Kpalgium、Zerguaが最も低いところに位置している。同じ集落の中では、イネ圃場が低いところに位置しており、トウモロコシ、ヤム、ラッカセイはほぼ同じ標高に位置している。ヒュベニの公式を用いて実測した緯度経度から住居と圃場並びに各圃場間の距離を求めると、住居から4作物圃場までの距離は平均で1km程度あり、最も近いトウモロコシ(903m)と遠いラッカセイ(1097m)の間には優位差が認められた。圃場間距離では、トウモロコシーヤム、トウモロコシーラッカセイ、ヤムーラッカセイ間の距離が、345m、478m、555mで、イネと他の3作物圃場間との距離(それぞれ約1km)より有意に短かった。

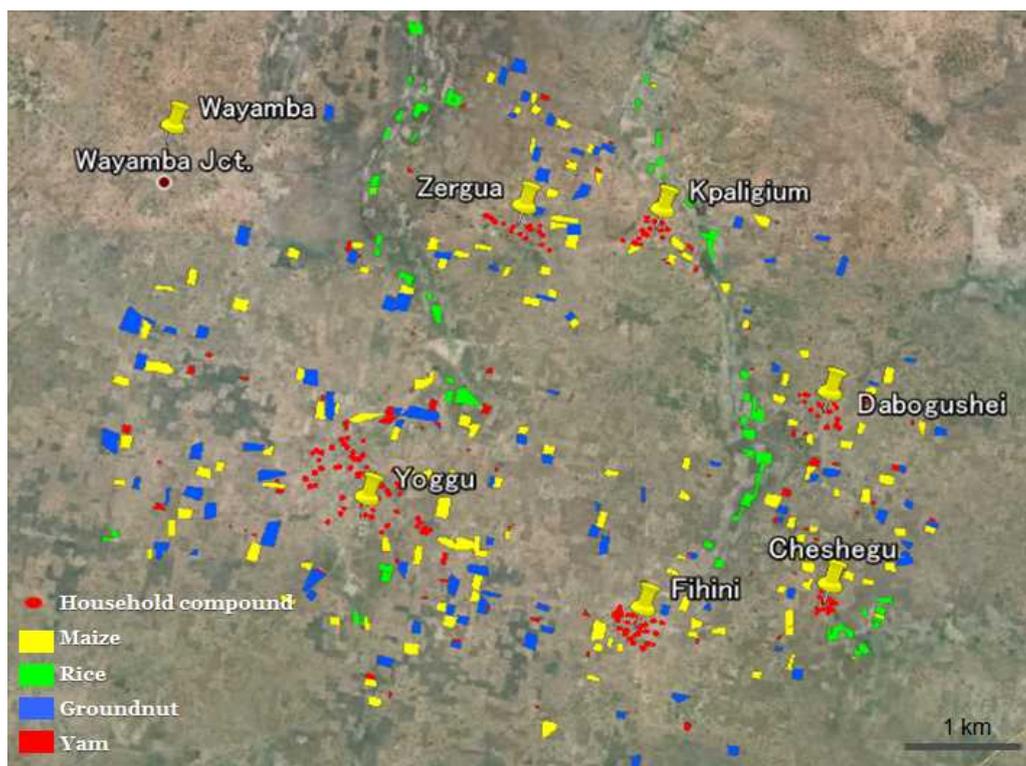


図 3-6 トロン郡 6 集落における調査農家の住居と主要 4 作物圃場の分布

聞き取り調査で得られたイネの収量(1bag を 80kg として換算)には、大きなばらつきが見られるが、高収量を示した Kpaligium(1.06t/ha)と Cheshegu(0.93t/ha)と、最も低かった Dabogshei(0.37t/ha)とには統計的に有意な差が見られた。イネ収量は、6 集落の平均で 0.74t/ha となり、粗放的な栽培により低位に留まっていると推測される。

ヤムを除く 3 作物の販売に関する情報を表 3-2 にまとめた。コメ(イネ)とラッカセイに関しては 90%以上の農家が販売を目的とした栽培を行っており、収穫物の 7 割程度を販売している。トウモロコシについても 20%程度の農家が販売を行っており、収穫物の 3 割程度を販売している。販売による現金収入はラッカセイで最も高く、続いてコメ、トウモロコシとなっている。

表 3-2 主要 3 作物の販売状況

		Fihini	Cheshegu	Dabogshei	Kpaligium	Zergua	Yoggu	平均
販売農家割合	トウモロコシ	8	0	6	44	27	32	19
	コメ	100	100	100	100	100	89	98
	ラッカセイ	69	100	87	94	100	96	91
収穫に対する販売割合	トウモロコシ	33	0	40	32	38	28	29
	コメ	76	58	70	68	61	77	68
	ラッカセイ	62	66	77	71	73	69	70
現金収入 (GHC/農家)	トウモロコシ	130	0	360	221	260	192	194
	コメ	275	209	149	357	174	351	253
	ラッカセイ	387	492	368	490	486	461	447

イネ圃場と住居並びに他の 3 作物圃場との距離を、イネ導入率の高かった Cheshegu, Dabogshei & Kpaligium と、イネ導入率が低かった Fihini, Zergua & Yoggu との間で比較すると、後者では住居とイネ圃場間並びにトウモロコシとイネ圃場間の距離が前者よりも有意

に長かった。集落レベルで見た場合に、稲作が行われる内陸小低地の谷部から現地農民にとって最も重要な住居並びにトウモロコシ畑までの距離が、イネの導入の決定要因の一つになっている可能性が示された。

次に、同一集落内でイネ導入に関与する要因を探るために、調査農家数が多く、しかもイネの導入がまだ進んでいない Yoggu について、イネ圃場(イネ非栽培農家の場合には近隣小低地谷部)と他の 3 作物の圃場間距離分布をイネ栽培農家と非栽培農家で比較してみた。両者の間には差が全く認められないことから、Yoggu においては、イネの導入に関しては圃場間距離という因子の関与はきわめて低いものと考えられた。

表 3-3 Yoggu 集落の作物収量とウシ頭数のイネ栽培農家と非栽培農家間での比較

項目	単位	イネ栽培農家	イネ非栽培農家
イネ	bag/acre	4.1	-
トウモロコシ	bag/acre	7.9	5.6
ラッカセイ	bag/acre	7.1	4.5
ウシ	農家当たり	12	20

また、作物収量と家畜保有頭数を Yoggu のイネ栽培農家と非栽培農家とで比較したところ、統計的に有意とはならなかったが、イネ栽培農家でトウモロコシ並びにラッカセイの収量が高い傾向が見られたが、ウシの頭数は、非栽培農家で高く、ヒツジやヤギでは差が認められなかった(表 3-3)。

イネは過湿から乾燥までの幅広い水分条件に適応しており、異常気象や気候変動下での栽培に適した将来的に見て有望な作物と考えられる。今回調査した 6 集落の中でも、内陸小低地の谷部に近く位置する Cheshegu, Dabogshei & Kpalgium では、既に 90%以上の農家がイネを導入しているが、Dabogshei では収量が 6 集落中最低となっていることから推測されるとおり、作物導入は進められたが技術導入がまだ追いついていないように思われる。イネの導入率が低い Yoggu で、イネの導入を決定する要因を探ったが、内陸小低地の谷部までの距離は導入の決定には関与しておらず、たとえ距離が遠くともイネ栽培を行い、逆に近くでも行わない農家が存在している。トウモロコシとラッカセイの収量が導入に関与している傾向は見られたが、統計的に有意となるまでの差は得られなかった。大型家畜であるウシの頭数が非栽培農家で高い傾向が見られたことと合わせると、イネ導入は、他の主要作物の栽培において高い収量を得て、しかも大型家畜の飼育の拡大方向に向かわないといった条件、すなわち作物生産によって経営の向上・安定を求める農家の選択肢となっていることが推察される。表 3-3 の元データ(n=56)使って主成分分析を行い、PC1 と PC2 の関係をイネ栽培農家と非栽培農家に分けてプロットしたものを図 III-3 に示す。負荷量から、PC1 は作物収量と正の相関を持つ軸、PC2 はウシの頭数と正の相関を持つ軸と考えられる。これによりイネ栽培農家と非栽培農家とが多少の重なりはあるが分別することができ、上記の推論を裏付けることができる。今後更に要因解析を進め、またイネ収量向上のための技術提案等を行い、地域のレジリエンス強化につなげていく必要がある。

具体的には、他の作物同様、圃場実験を行っていることから、それらの分析結果を基に SARI(Savanna Agricultural Research Institute)なども含めた公的機関等と連携しながら実行可能な技術的提案の検討と普及の方法を検討した。特に当該地域では低湿地を利用した稲作が行われており、土壌中の水分の変動に合わせた作付体系、またそれに適した品種の選定が考えられる。これらを現地協力機関であるガーナ開発大学、SARI 等と協働でモデル圃場を使い実証実験を行うなどを検討している。また先の圃場実験で施肥効果の実証実験を行っていることから、これらの結果を組み合わせることが有効である。さらに現地には小規模灌漑などもあるが管理がうまくなされておらず、あまり機能していないこ

とから、これらの運営体制の見直しについても検討した。

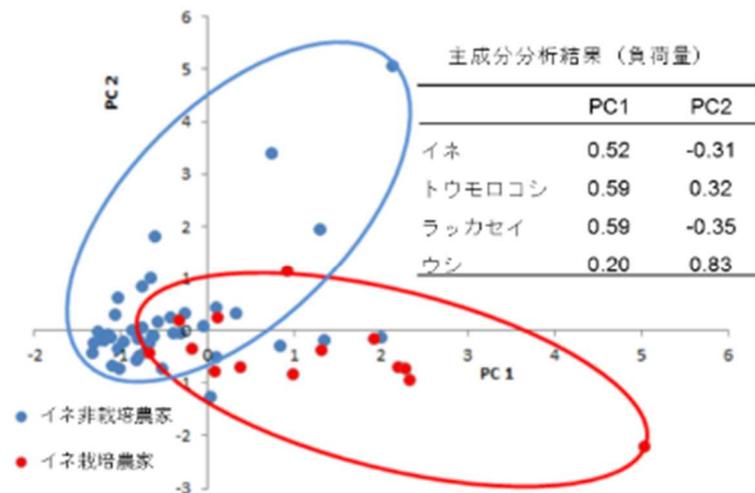


図 3-7 作物収量とウシ頭数を使った主成分分析結果 (PC1 と PC2 の相関)

本プロジェクトにおいては、土壌中の無機元素の定量のために、平成24年度予算で小型元素分析計(マイクロエミッション製MH-5000)を購入した。この分析計について、国内で試料の前処理法の確立、計測法の検定等を行いそれらが完了したので、2013年10月23日から25日の3日間をかけて、ガーナ開発学大学のNyankpalaキャンパスで分析手法の習得のためのワークショップを開催した。ガーナ開発学大学のテクニシャン6人に対して分析の基礎に関する講義と実際の試料を使つての技術研修を行い、得られた測定値が妥当な測定誤差や精度内に収まっていることを確認した。

また、Tolon地区周辺の農地利用面積の変遷について、衛星画像を分析した。その結果、過去31年間のタマレ都市周辺の農地利用の拡大は顕著であり、評価対象区域(図3-8)の22%(1984年)から56%(2015年)に増加していた。一方で23%を占めていた草地はわずか2%に減少し、28%を占めていた自然林(closed woodland)は7%に減少していた。また二次林や集落に近い森林(open woodland)の農地拡大による影響が現れはじめていることが明らかとなり、本区域における農地利用における課題や集落の人々の自然資源利用への影響が示唆された。

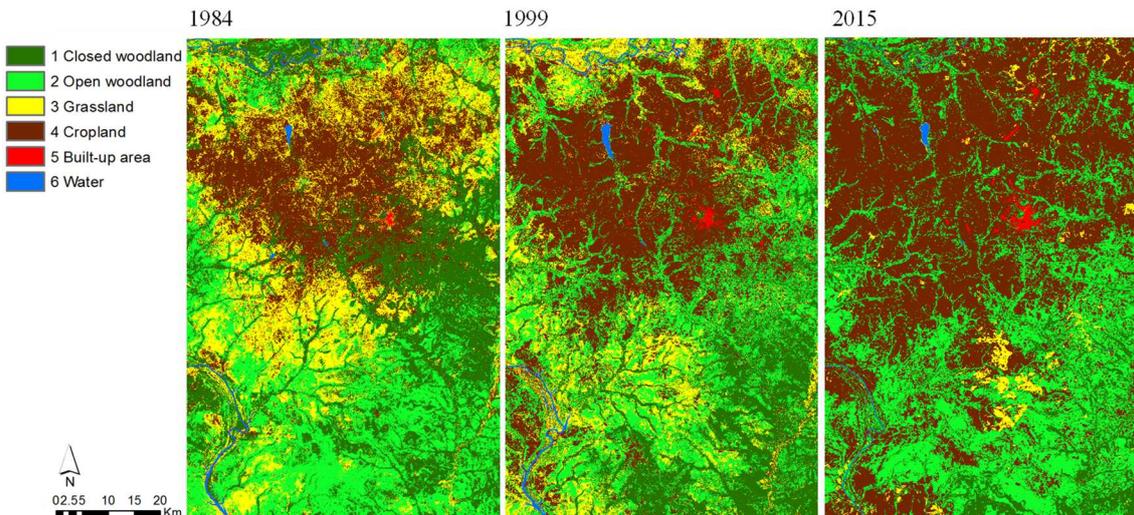


図 3-8 タマレ周辺およびトロロン地区における農地拡大と自然植生の減少(1984年、1999年、2015年)

b. ガバナンス制度分析 (ワ・ウェスト郡)

農家の個別調査においては、各集落の世帯数の4割(各世帯から男女それぞれ一名ずつ)をサンプリングし、ワ・ウェスト郡、トロロン郡で、それぞれインタビューを実施した。インタビューに回答したのは、ワ・ウェスト郡4集落で184名(男性92名、女性92名)、トロロン郡6集落で366名(男性183名、女性183名)、計550名である。さらに、ワ・ウェスト郡におけるガバナンス制度分析(2013年8月)の機会を利用し、郡レベルおよびコミュニティ・レベルのステークホルダーから、社会経済活動に関する追加データも収集した。

2013年8月に、ワ・ウェスト郡の郡都ウェチャウ(Wechiau)において行政担当官、関係省庁、および現地で活動中の非政府組織(NGO)等との会合や、選定されたサイトの集落における長老・男性・女性を対象にフォーカスグループ(FG)議論を実施し、現地の気候変動に係るガバナンス制度について分析を行った。この結果、地域の歴史的背景、政治経済状況、気候変動による生計への影響、レジリエンス強化へのアプローチおよび主要なステークホルダーについて考察がなされた。同様に、2014年3月には、トロロン郡の対象集落においても、長老・男性・女性を対象にFG議論を実施し、現地の気候変動に係るガバナンス制度について分析を行った。

行政担当官、関係省庁、および現地で活動中の非政府組織(NGO)等との会合や、選定されたサイトの集落における長老・男性・女性を対象にフォーカスグループ(FG)議論の結果、各集落内でさまざまなコミュニティ・グループが存在することは社会実装を進めるにあたってきちんと把握していく必要があることが明らかになった。具体的には男性のコミュニティ・リーダー、女性のコミュニティ・リーダー(トロロン郡ではマガジヤと呼ばれる)、ガーナの二大政党の窓口となるコミュニティ・リーダーや若者グループなど、どのグループが各集落における適応策の推進に適するかを話し合う必要があった。

また、行政に関しては、ひとたび深刻な干ばつや洪水があれば、National Disaster Organizationなどがリリーフ活動を行うとあるが、適応策の社会実装には気象庁・農水省・環境保護庁の地域事務所と郡政府・対象集落がより緊密に連携をとる必要がある。しかし、現地の事務所はフィールドオフィサーの絶対的な数の少なさ・予算の欠如によるモビリティの低さなどの問題がある。NGOやガーナ開発学大学内の異なる学部プロジェクトなど、連携できるところはできるだけ連携して、この行政の問題をカバーして

いかなければならない。そこで、2014年8月の国際会議を機に、すでに「開発リーダーシップ」プロジェクトを行っているガーナ開発学大学教育学部とその北米・ヨーロッパのNGOパートナーとの連携を図った。

社会経済活動調査では、対象集落のサンプル世帯の世帯人員構成、構成員別の生業、収入源、土地利用、農業生産、特用林産物の利用、出稼ぎ等の実態を明らかにした。出稼ぎの仕事には、乾期に他の地域での農業生産に従事することで収入を得るケースと、都市部で農業以外の仕事につくケースがあるが、地域のレジリエンスを高めるための知識（肥料や堆肥の利用や新たな作物品種の導入等）が他の地域での出稼ぎ経験者からもたらされるケースが少ないことを明らかにした。一方で、出稼ぎがあまりに増えると、集落内での働き手が減り、コミュニティ内の人的資本の低下という負の側面があることから、そのバランスの重要性を明らかにした。また、人口の90%以上が農業に従事する調査地において、主要な災害をはじめ気候変動がどのように認識されているかを、農業活動の詳細をはじめとする様々な社会経済要因と照らし合わせながら分析した。その結果、作物の種類や農地の位置（高地もしくは黒ボルタ河流域付近の低地）によってそれぞれの災害の被害の程度や頻度の認識が大きく異なることが明らかになった。また、外部者の間では洪水に脆弱な地域と知られる同調査地において、住民にとっては洪水よりも干ばつ・強風といった他の災害の被害がより大きく頻度も高いと認識されていることが明らかにした。

c. 社会経済活動調査（ワ・ウェスト郡およびトロン郡）

農業活動と関連して、包括的に農家世帯および現地行政担当者や技術者の能力形成を推進する道筋を探求するために、社会経済活動に関する調査活動を実施した。

(1) モビリティ

集落の長老へのコミュニティの歴史に関する聞き取りおよび、フォーカスグループの議論の際に、この地域のコミュニティは、干ばつや病気などの災害が起こると、コミュニティごと移動したり、統合されたりする歴史があるということがわかり、コミュニティ外での土地の獲得や都市への流出も、もともとのモビリティの高さの表れであるということができる。文献調査も併せて、農外家計活動の動向について分析を進めていくと、気候変動の文脈において（「気候変動難民」といわれるように）問題視されがちなモビリティが、重要な生存および適応戦略になっていることに注目できることがわかった（表 3-4）。とくに、各集落において、約半数の世帯数で男女ともに労働力の季節移動が非常に活発であり、新たな開墾地も広がっている。ただし、季節移動である以上、農繁期には各集落に戻る労働力であり、もともとの集落の持続的な農業の重要性が弱まるということではない。

そこで、いくつかの異なる作付形態の世帯を恣意的にサンプリングして、農業活動・世帯構成・家計・モビリティのパターンの関連を分析する予定である。また、地域全体のレジリエンスとしてみれば、新たな開墾地の広がり、森林伐採やさらなる土地所有の細分化・土壌の荒廃化をもたらすことが考えられ、景観の変化の要因の一つとして注目すべきである。気候変動や土地利用変化モデルの結果と照合しつつ、多様なモビリティも含む家計活動のパターンがコミュニティ全体のレジリエンス向上につながるように、既存のコミュニティ・グループと協議する必要がある。

労働力の季節移動は農業活動が思うようにならなかった場合（作付期と雨量が例年通りでないなど）により活発になり、気候変動がより急速に起これば「難民化」することは考えられる。したがって、極端な気候変動に対応できる農業活動を行うために、テーマ1およびテーマ2で研究が進められている「気象予測」およびそれに基づく「水管理技術」を個々の農民レベルで共有できるような能力開発プログラムを提案した。それとともに、これまでの研究から、気候変動難民化する場合に、生存戦略としてどのような既存のネットワークに頼ることができるかということも重要な点であり、2015年3月に詳細調査がトロンとワを対象に行われた。

この調査結果については、開発学大学主導で行われているオクラおよびトウガラシのバリューチェーン調査の結果と照合しつつ、革新的な農法や作付規模を試みている農民を既存のサンプルから特定し、それぞれのライフヒストリーの聞き取りを行った。その結果、革新的な知識、とくに異なる作物と家畜の組合せ（トロンの場合）や乾季農業を活発に行ったり、女性の自家消費栽培用と考えられている野菜栽培を商業規模で行う男性農民（ワの場合）はガーナ南部での労働経験があり、そこで得た知識を応用しているということが分かった。これは、気候変動に伴う季節労働移動がただ単なる「出稼ぎ」という側面だけではなく、新たな可能性を適応戦略にもたらし機会となりうるという、ポジティブな側面から見ることの重要性を示している。

表 3-4 Fihini 集落での家計とモビリティパターン

	Within the community	Outside the community
On-farm	Subsistence and commercial agricultural production	Settler farming; agricultural wage labor
Off-farm	Livestock, agricultural processing and trading Men: livestock trading; tobacco processing; crafting and repairing huts (roofs) Women: rice and groundnut processing; Shea nut processing and trading of “Shea butter”; locust bean (<i>dawadawa</i>) processing and trading	Trading of cattle and Shea butter
Non farm	Businesses unrelated to agriculture Men: bicycle repair and bicycle parts resale; fuel sales; barbers; masons Women: petty trade (cigarettes, bread, salt, soap)	Outmigration to cities Driver, teacher, cloth trade in Tamale; second-hand cloth, kola nut trade in Kumasi; scrap dealing in Accra

(2) ジェンダー

家畜経営・取引が男性、とくに世帯主により行われ、世帯ごとのレジリエンスを図る一つの指標となるのに対し、農外家計活動のシアバターや伝統的な調味料となる作物取引は女性により行われ、家計活動の充実化・多角的に貢献している。また、文献調査の結果も併せて考察を進めると、女性のモビリティの高さも社会資本の充実化に貢献する可能性が指摘されている。つまり、世帯のレジリエンスを向上させ、全体的なコミュニティのレジリエンスを評価するためにもジェンダーの視点を取り入れる必要がある。そこで、ガーナ開発学大学の社会経済調査担当のカウンターパートと国連大学博士課程のガーナ人学生（開発学大学より長期研修員として受け入れ）により、女性によるもっとも重要な経済活動であるシアバターのバリューチェーンがどのように機能・発展しているのかの調査を 2013 年度以降から行った。

また、上記の圃場調査との関連において、女性の作物であるグラウンドナッツやオクラなどの作付の状況と女性の家計に資する影響について調査を進めている。すでに現地で活動している国際 NGO の職員とも連携をとり、女性をターゲットにマイクロクレジットや教育プログラムを行っているところが多いが、フォローアップの欠如やクレジットの返済期限が収穫期よりも早く設定されるという問題があるほか、気候変動の影響により収穫期が不確実になるということもある。これらの課題と今後の改善ポイントを明らかにした。

2015 年 3 月でのフォローアップ調査では、トロン郡だけでなくワ・ウェスト郡において女性を対象にしたフォーカスグループ議論を行い、女性の適応戦略における革新努力が自身・および夫について行った移民経験に影響を受けるということが明らかになった。また、主要な換金作物が男性によって栽培されるのに対し、農産物市場化は女性にとって関心の高い項目であり、以下に詳述するシアバターの加工プロセスなど

の調査結果やテーマ2での水源確保に関する研究（調査対象地では水汲みは女性の仕事とされており、水源の位置は女性の経済活動とも密接に関係している）と照らし合わせて、改善策・適応方策を検討した。

d. 作物バリューチェーン調査とビジネスモデル開発

農産物市場化を支援する研究の一つとして、2014年度からシアバター加工過程の物質フロー分析を実施した（図3-9）。女性により行われる農外家計活動のシアバター生産は、収入源の増加・多角化に貢献し、世帯のレジリエンス向上につながる。調査方法は、都市と農村それぞれ四か所で、実際の加工現場で木質燃料（枝木など）の重量や大きさ、使用水量、投入された労働力（人/時間）インプットを計測し、生産物と廃棄物などのアウトプットを計測した。

シアバター1kgを生産するのに必要な木質燃料は、2つの州でいずれも農村部で都市部よりも多く消費されていることが分かった。また、農村部、都市部ともに、木質燃料重量の過半数をシアバター加工の最後の工程で消費していることが分かった（図3-10）。

一方、シアバター1kgを生産するのに必要な水量（リットル）は、2つの州でいずれも都市部で農村部よりも多く消費されていることが分かった。都市部でより容易に水が得られることが理由と思われる。また、農村部、都市部ともに、かき混ぜたり練ったりする工程でほとんどの水を消費していることがわかった（図3-11）

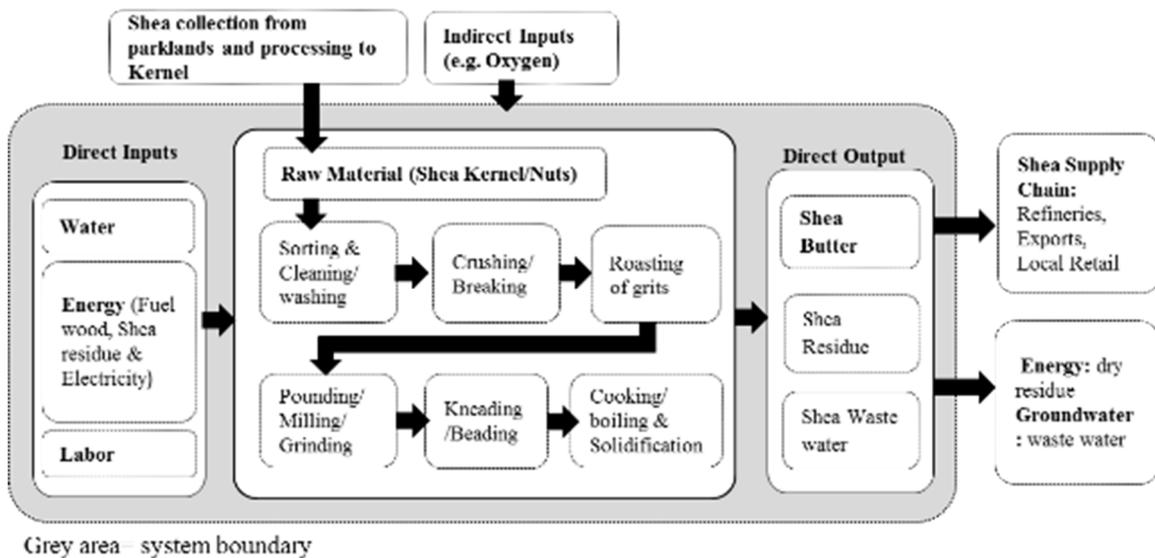


図3-9 シアバター加工過程の物質フロー (Godfred et al. 2015)

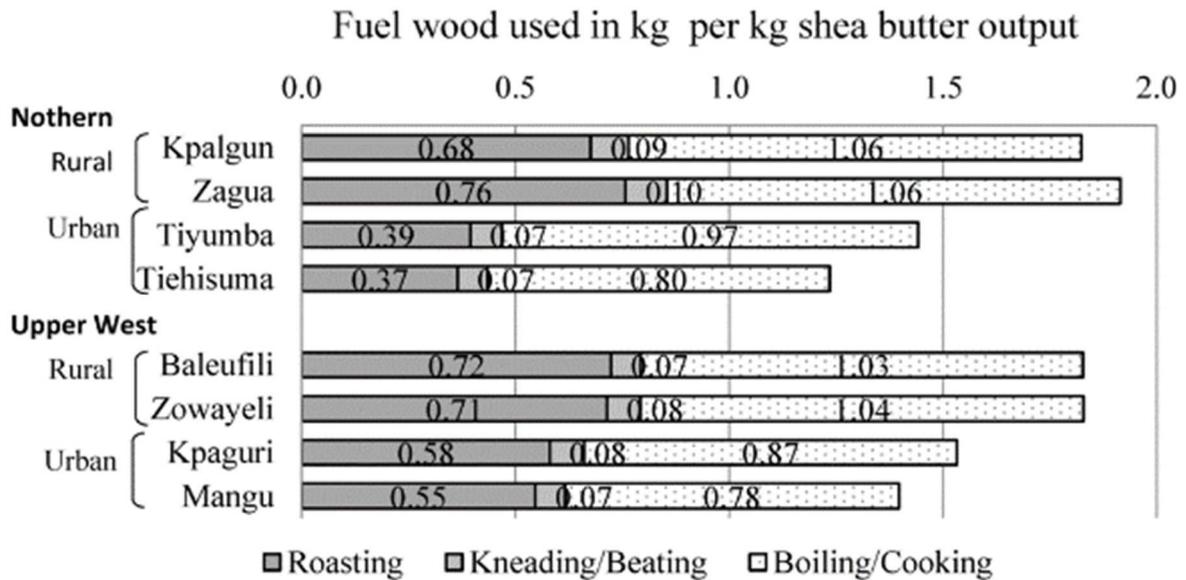


図 3-10 木質燃料消費の農村部と都市部比較 (Godfred et al. 2015)

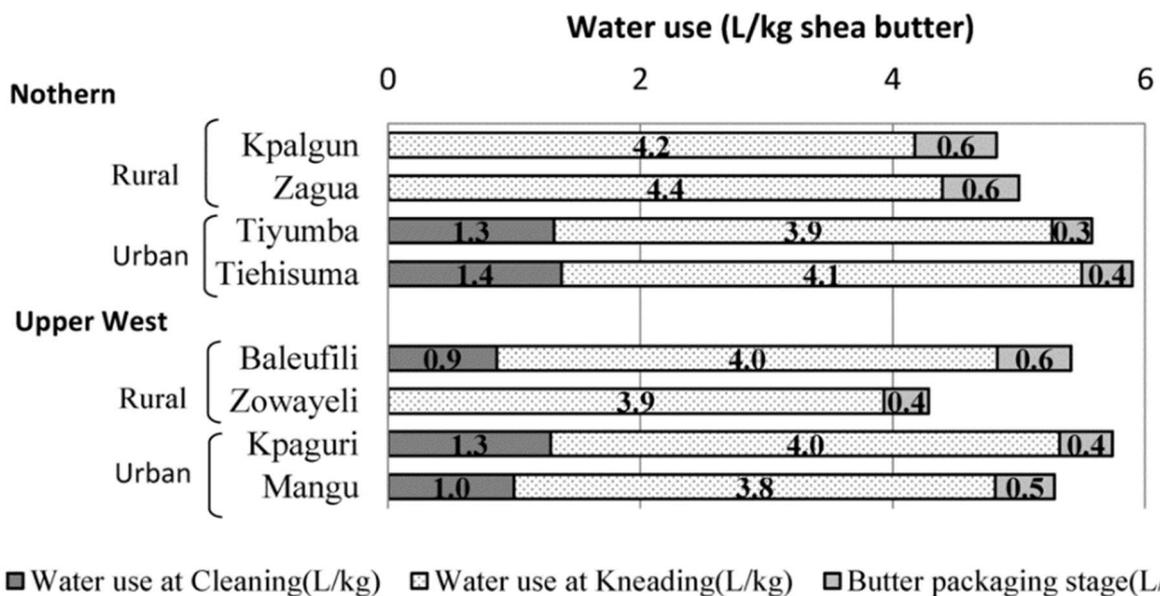


図 3-11 水消費の農村部と都市部比較 (Godfred et al. 2015)

次に、シアバターのバリューチェーンと各種インフラ、マテリアル・フローの実態調査を進めた。女性により行われる農外家計活動のシアバター生産は、収入源の増加・多角化に貢献し、世帯のレジリエンス向上につながる。調査方法は、都市と農村それぞれ四か所で、実際の加工現場で木質燃料（枝木など）の重量を計測し、製造過程における薪材消費量、二酸化炭素排出量の推定、さらに集落内の薪材の利用可能量を推定するために、森林、農地、草地にプロットを設定し樹木の計測を行った。

農村と都市における現地調査の結果から、シアバター加工過程における薪使用量とその過程で排出される二酸化炭素量を推定した（表 3-5）。農村部では原料生成とバター製造過程、都市部では原料を農村地域から調達するため、バター製造過程において薪を消費している。このデータと薪の調達地域での樹木調査（シアを含めた 12 種の樹木を対象に測定）の結果から、各集落における薪材の供給ストック量と消費の状況を把握

した（表 3-6）。

その結果、一集落あたり 167.3ton/年（78ton-C に相当）の木質バイオマスを使用しており、消失分のバイオマス量回復には 23-25 年を要することが推定された。薪材に使用される樹木は薪以外にも建築材や薬用など多様な利用がされており（図 3-13）、また成長速度は早くないため、薪材の過度な利用は集落の生態系サービス供給に影響を及ぼすことが示された。

シアの木は在来種であり、高木木本種としては優占種であり、その実を原料とするシアバター加工は、当該地域の人々（主に女性）にとって貴重な現金収入源になっている。通常自生しているものを利用しているが、マテリアルフロー解析により、シアバター生産で利用される薪の必要量と、地域のバイオマスストックと成長スピード（成長量）から、地域のバイオマス資源の過剰利用が生じない範囲でのシアバター生産の最大生産可能量を算出した。その結果、現状では、森林資源が著しく少ない一部の集落を除いて、当該地域では森林資源を損なわずにシアバター生産の拡大が可能であることを確認した。

前述したとおり、シアバターの生産工程の各段階で用いられる燃料（薪）、水、廃棄物、労働力を定量的に計測することにより、生産工程のどの段階を改善することで投入資源と廃棄物を最小化することができるかも明らかにした。とくに、収穫したシアの実を焙煎する工程と煮詰めて固化させる工程で多量の薪が燃料として消費されることから、その燃料の消費量を減らすために現地で入手できる資材を用いた改良型かまどを導入を進めた。本研究成果に基づいて、燃料消費や水消費を削減するためお技術マニュアルを提供することになっている。



図 3-12 従来型の石かまどでのシアバターの焙煎工程（左）（2015 年 8 月）と改良かまど（2016 年 2 月）

表 3-5 農村部と都市部における薪使用量と二酸化炭素排出量の推定

Location	Name	Fuelwood consumption for kernel (kg fuelwood/kg shea kernel)	GHG Emission for kernel (kg CO ₂ eq/kg shea kernel)	Fuelwood Consumption for butter (kg fuelwood/kg shea butter)	GHG Emission for butter (kg CO ₂ eq/kg shea butter)
Tolon (Rural)	Kpalgun	0.58	1.06	1.83	3.16
	Zagua	0.62	1.13	1.92	3.31
Wa West (Rural)	Baleufili	0.70	1.28	1.82	3.14
	Zowayeli	0.76	1.39	1.83	3.16
(Urban)	Tamale	--	--	1.33	2.29
	Wa	--	--	1.47	2.54

表 3-6 シアバター加工過程における木質バイオマス消失量と回復年数の推定値

Location	Unit of Analysis	Shea kernel output (t/year)	Shea butter output (t/year)	Fuel-wood consumption (t/year)	Carbon stock loss (t C/year)	Annual GHG emissions (kg CO ₂ eq/kg shea butter)	Wood-land area (ha)	Pay-back period (year)
Northern Region (Rural)	Kpalgun Individual shea processor	0.4	0.4	0.4	0.19	0.69	3	23.2-35
	Village-wide shea processors (N = 375)	168.5	139.5	167.3	78.63	288.58		
(Urban)	Zagua Individual shea processor	0.4	0.3	0.4	0.19	0.69	101	0.3-0.4
	Village-wide shea processors (N = 153)	67.4	51.5	68.5	32.20	118.16		
	Tamale Individual shea processor	--	1.8	0.8	0.38	1.38	--	
	Average number of butter processors (N = 810)	--	1,490.4	648.0	304.56	821.22		
Upper West Region (Rural)	Baleufili Individual shea processor	0.2	0.3	0.3	0.14	0.52	335	0.07-0.1
	Village-wide shea processors (N = 168)	37.1	52.9	56.7	26.65	97.80		
(Urban)	Zowayeli Individual shea processor	0.9	0.1	0.2	0.09	0.34	173	0.02-0.03
	Village-wide shea processors (N = 55)	9.9	5.1	10.6	4.98	18.28		
	Wa Individual shea processor	--	0.9	0.5	0.24	0.86	--	
	Average number of butter processors (N = 117)	--	110.4	59.6	28.01	102.80		

Carbon stock loss denotes only the amount of fuelwood burnt (AGB element)

Carbon debt payback period is calculated according to the woodland area recorded in each village and the regeneration rate for managed landscape (i.e., 1.6–2.4 t/ha/year = 0.75–1.13 t C/ha/year).

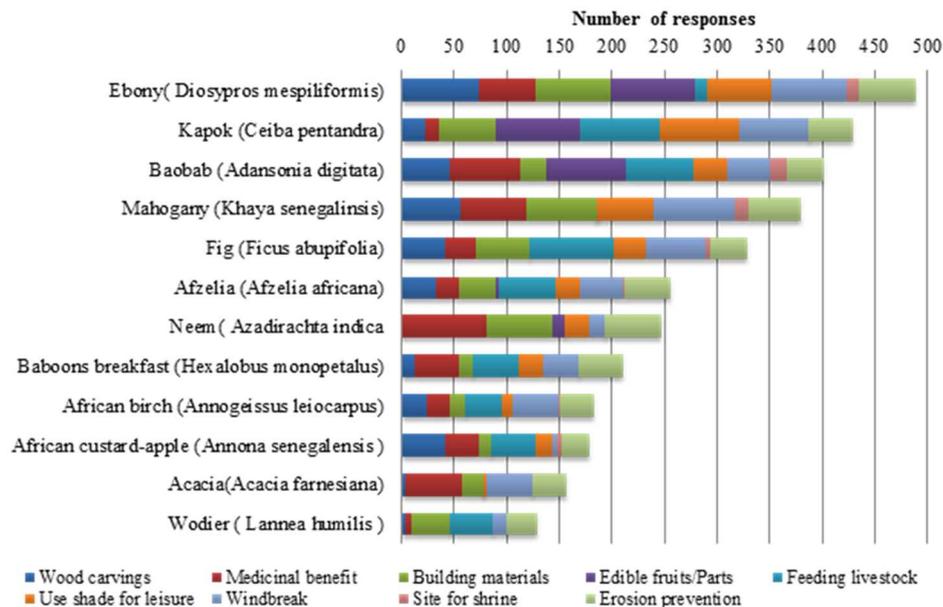


図 3-13 薪に使用される樹木の集落における多様な利用

e. キャパシティアセスメントに関する研究

キャパシティアセスメントでは、例えば、自然的、人工的、社会的なアセット（資産）の利用・管理の実態をアセットマネジメントとして計測している。その結果、地域の森林等の自然的なアセットの減少が著しいこと、またその一方で、社会関係資本を用いた情報共有の有効性が見出された。そこで、本プロジェクトでは、地域に根付いている伝統芸能であるダンスと演劇を用いて、適応方策を社会実装するアプローチを採用した。また北部ガーナを含め、サブサハラアフリカの農村コミュニティのコンテキストでは、農村地域の人々が持つ様々な顕在的・潜在的キャパシティが果たす役割が大きく、その中でも農村コミュニティの開発リーダーを中心とした人々・社会の集合的なキャパシティは開発の成果にも（正負の）影響を大いに及ぼすことが多いため、本研究ではコミュニティ・レベルの開発リーダーのキャパシティに焦点を当てた。

この研究ではまず 2015 年 8 年にアクラおよびワ（アッパーウェスト州州都）におけるステークホルダーとアセスメント・フレームワークを討議するワークショップ及びワ・ウェスト郡のコミュニティで暫定のアセスメント・ツールを用いたプリ・テストを行い、2016 年 2～3 月にワ・ウェスト郡の 6 つのコミュニティでフィールドデータ収集を実施した。ワ・ウェスト郡では、以下の 3 つのカテゴリーに該当する 2 つのコミュニティの計 6 ヶ所でフィールド調査を行った。

- A) 過去も現在も継続して外部開発機関支援による様々なプロジェクトが入っているコミュニティ (Ga, Tokali)
- B) 過去にはプロジェクトが入っていなかったが近年支援が入ったコミュニティで、CECAR の調査地にもなっている（＝気候変動の影響が大きく、洪水や干ばつをはじめとした災害が頻発している）コミュニティ (Chietanga, Zowayeli)
- C) 過去にも現在も外部開発機関支援によるプロジェクトが入ったことのないコミュニティ (Nakpanaabuli, Kologu)

これは、決して A のほうが C よりもキャパシティが高いといった仮定からではなく、むしろ、同じような開発の歴史を持つコミュニティでも開発の成果が異なること（例えば $A1 > A2$, $B1 > B2$, $C1 > C2$ ）が多々あるのは、援助の種類等の外的要因よりもキャパシティをはじめとした内的要因が大きいのではないかと考えた上で、それらの要因の比較・分析もできるよう、調査地を選択した。

主な調査手法として、フォーカス・グループ・ディスカッション (FGDs) を用い、各コミュニティにおいて、以下の 3 つのグループとの FGDs を行った。

- [1] (開発リーダーではない) 一般の男性住民 (計 116 名)
- [2] (開発リーダーではない) 一般の女性住民 (計 139 名)
- [3] 開発リーダー (計 42 名)

各コミュニティの開発リーダーについては、最初に行った村長への聞き取りや、男性 FGDs、女性 FGDs 等で各コミュニティの開発リーダーを見出したり確認したりした上で実施した。

さらに、FGDs の結果をトライアギュレーションで確認すべく、個人インタビュー (n=51) や観察も同時並行で行った。

キャパシティに加えて、開発の様々な側面（農業、食料安全保障、水、保健、教育、収入向上、災害管理、平和、治安安全、ガバナンス等々）の変化（過去どうだったか、現在どういう状況か、現在のトレンドや取り組み等を考慮すると将来どのようになっていくと考えられるか）やその変化の理由に関する住民自身の認識 (perceptions) も、各グループの FGDs や個人インタビューで聞き取りを行っている。

この調査の成果として、キャパシティアセスメントのツール（主要なキャパシテ

ィの詳細、指標、質問、主要な用語を現地語に翻訳した翻訳ガイド)を作成するとともに、キャパシティ及び持続可能な開発に係るデータの収集を行うことができた。キャパシティに関しては、1) アセット管理と資金管理能力、2) 脆弱性管理能力、3) 相互的アカウントビリティ、4) エンゲージメント(巻き込み)能力、5) リーダーシップとオーナーシップ、の5側面の評価を行った。

キャパシティ・アセスメントを通して、同じような開発支援の歴史を持つコミュニティ間でもキャパシティの違いが様々な側面において明らかになった。これにより、外部の開発機関による支援の有無やその種類だけでなく、それぞれのコミュニティが持つ様々な要因がキャパシティに影響していることが伺える。同時に、各コミュニティのキャパシティが、開発の状態及びその持続可能性と相関を持つことが確認された。これは、キャパシティ・レベルの高いコミュニティは、外部の開発支援及び自助努力の開発の取り組みの双方において、その開発プロセスを効果的に管理する能力があり、さらには外部の支援が終了した後も自分たちで取り組みを継続・向上していくことにより長けているからであると考えられる。

本研究では、キャパシティを技術的キャパシティ(technical capacity)と機能的キャパシティ(functional capacity)の2つに分類し、後者に焦点を当てた。機能的キャパシティを「相互説明責任(mutual accountability)」、「関与促進・参加(engagement and participation)」、「当事者意識(ownership)」の3つの要素から定義し、CECARプロジェクトの調査地を含むガーナの6コミュニティにおけるフィールド調査およびサブサハラ・アフリカに関する各種文献のレビューを通して、サブサハラ・アフリカの農村コミュニティの多くで応用可能な共通指標を抽出し、評価に際して使用可能なツールを構築した。ツールの構築後、CECARの全調査コミュニティでも同様のアセスメントを実施した。

調査の結果、持続可能な開発に向け、機能的キャパシティの向上と開発プロセスにおける当事者意識の醸成が重要と結論付けられた。さらに開発機関が支援を行う場合とコミュニティ主導で開発を進める場合の、両方の場合において、いかにしてコミュニティのキャパシティを向上し得るかという視点から提言を行うと共に、キャパシティ・アセスメントのプロセス自体が気づきと変革を促し得る可能性を論じている。

本研究は、これまで、アフリカの持続可能な農村開発に重要な役割を果たすとされつつも曖昧に捉えられてきたキャパシティを、特に、アフリカの農村の特徴を踏まえたうえで、その有効性の量的かつ質的観点からの検証を通じて他のアフリカ諸国での適用可能性も考慮した評価枠組みを構築したものである。これは、キャパシティに関する研究および社会実装に共有・応用が可能なものであると考えられ、プロジェクト終了後も他のアフリカ諸国の研究者・実務者に向けて引き続き発表・共有を継続していく計画である。

f. 技術的・制度的な能力形成プログラムの開発

f-1. 生態系サービスの利用実態

伝統知に根ざした多様な生態系サービスの利用実態を明らかにした。トロン地区、ワ・ウェスト地区の4つのコミュニティサイトYoggu, Kpalgun, Baleufili, Bankpamaにおいてフォーカスグループ(FG)議論および世帯調査を行った。その結果、主要な世帯収入は作物生産49%、家畜販売13%、野生動植物の販売27%であり、農業以外にも野生動植物の捕獲、収集による収入があることが明らかになった(図3-14)。

また主要な生態系サービス(野生動物の狩猟、作物などの収穫、漁獲、家畜飼料の収集、燃料、建築材、水源、薬草植物の採取)に対して、アクセス性に変化があることが明らかになった(図3-15)。

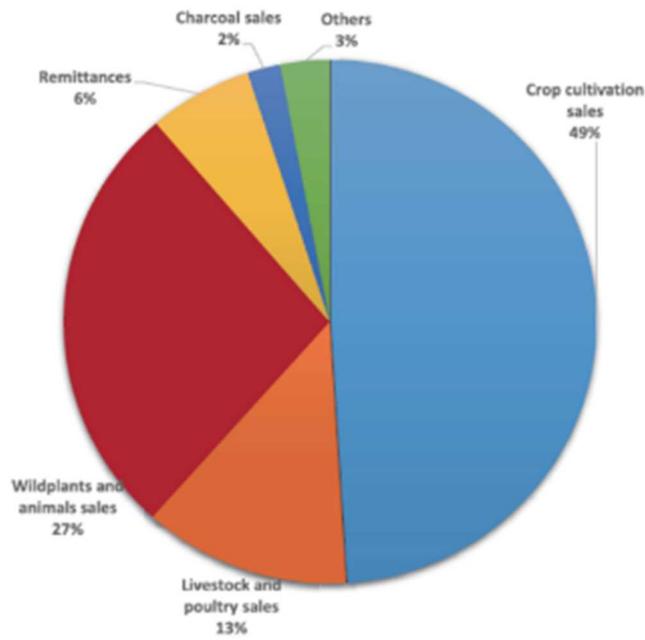


図 3-14 主要な世帯収入

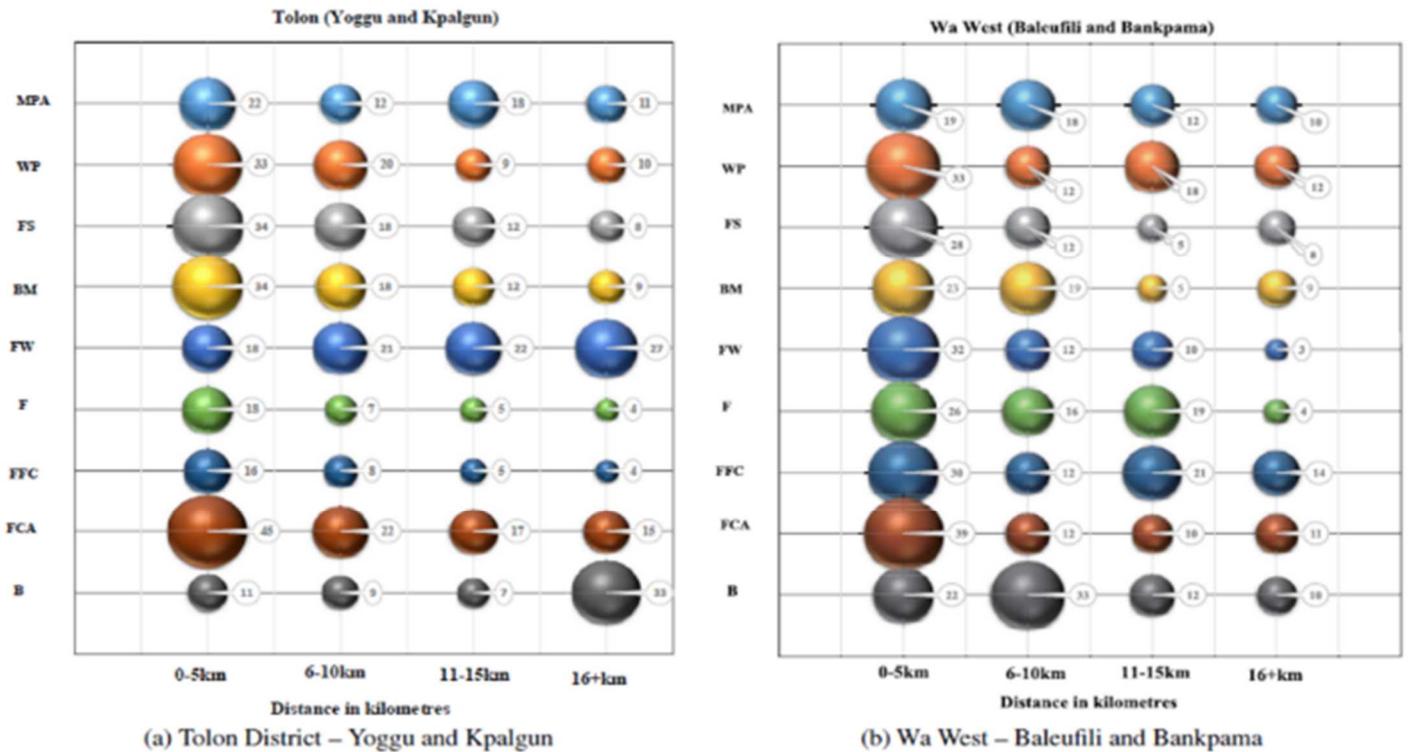


図3-15 主要な生態系サービスへのアクセス

(B: Bushmeat; FCA: Food-crop and animal; FFC: Food-Fish catch; F: Fodder and forage; FW: Fuelwood; BM: Building material; FS: Fresh water; WP: Wild plants; and MPA: Medicinal plants and animals).

さらに伝統的知識 (Traditional Ecological Knowledge; TEK) と様々な生態系サービスの利用について調査分析を行った。TEK にはタブー、習慣、規律、保護の4つ

のタイプがあり、コミュニティによって TEK に対する認識 (awareness) と順守 (compliance) の度合いは異なっていた (図 3-16)。また年齢層 (若者、成人、老齢) によって TEK に対する認識と順守の度合いは異なり、若者は規律に対して意識が高いが、老齢なほどタブー、習慣、保護に対する意識が高いことが示され、伝統的知識に対する世代間の違いも明らかになった (図 3-17)。

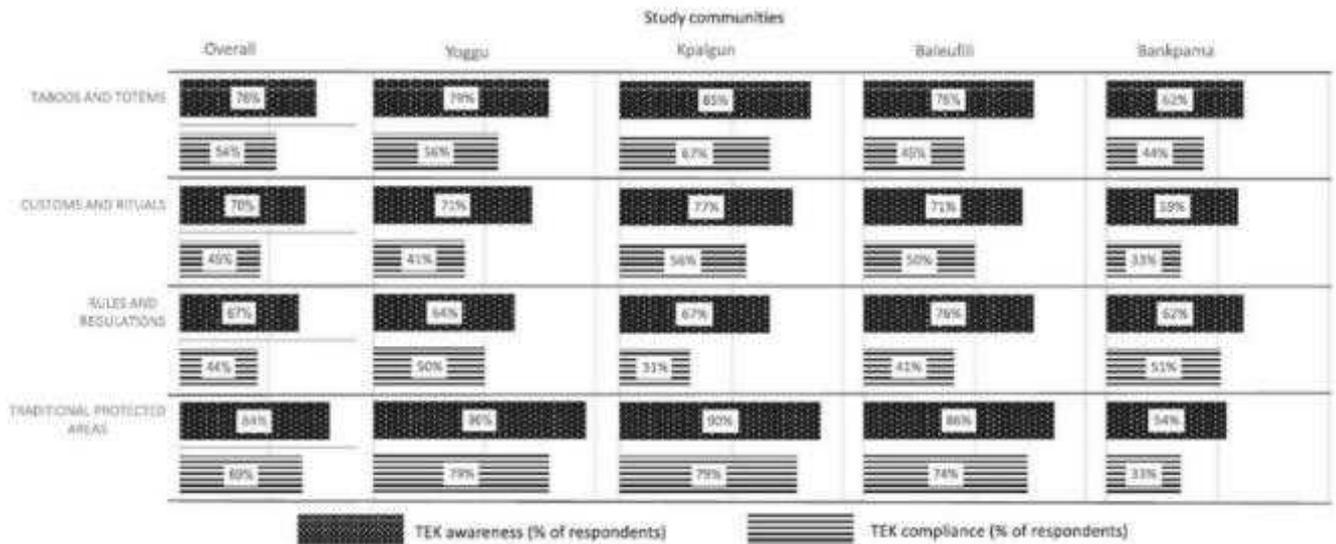


図 3-16 4つの伝統的知識のタイプと認識、順守の度合い



図 3-17 4つの伝統的知識に対する世代間の認識の違い

また主要な9つの主要な生態系サービス (供給サービス: 作物、家畜、野生動物の狩猟、水源、野生植物、家畜飼料の収集、燃料、建築材、薬草植物の採取) に対して特に

資源が枯渇する乾燥期などにコミュニティで資源をシェア（分かち合い）している状況について分析を行った。その結果、特に菓草植物についてシェアしていることが明らかとなり、また関連する社会的要因も示された（表 3-3）。このような社会的関係は気候変動に対するレジリエンス強化を提案する際の基礎的な情報として活用される。

表 3-7 コミュニティの供給サービスの共有に影響する社会的要因

Independent variables	Dependent variables (Do you share_? 0= No, 1=Yes)								
	CV	LP	BM	FW	WP	FF	TM	F	B
1= Education	-0.043	0.392	-0.223	-0.033	0.289	-0.356	0.696*	0.082	0.361
2= Religion	-0.124	-0.656*	0.283	-0.339	0.990	-0.165	0.526	-0.222	0.445
3= Marital status	-0.254	0.300	-0.951*	-0.278	0.036	0.346	-0.045	0.097	-0.032
4= Residency status	0.123	-1.213*	0.086	0.107	0.214	0.495	-0.451	0.015	0.186
5= Annual household income	0.004	0.000*	0.000*	0.000	0.000*	0.000*	0.001*	0.000*	8.570
6= Family size	0.050	0.111	-0.183	0.131	-0.086	-0.119	0.133	-0.015	0.162
Constant	0.635	0.982	1.203	0.636	-0.981	-1.685*	-0.151	-0.290	-2.299

N= number of observations, *, p < 0.05, **, p < 0.01

(CV: Crops and vegetables; LP: Livestock and poultry; BM: Bushmeat; FW: Fresh water; WP: Wild plants; FF: Fodder and forage; TM: Traditional medicine; F: Fuelwood; B: Building material)

f-2. 学校における防災教育

気候・生態系変動に対応した防災教育等に関する現地調査を精力的に行い、能力形成プログラムの提案を行った。現地調査はガーナ北部の初等教育における防災教育の現状を把握するために、トロン地区の2つのコミュニティサイト Kpalgun、Yoggu において、小中学校の授業の科目別シラバス（教育要領）の内容を調査、分析し、聞き取り調査および教師と生徒に対するアンケート調査を行った。アンケート調査は165（Kpalgun69、Yoggu96）の生徒を対象に144（Kpalgun67、Yoggu77）の回答を得た（回答率87%）。また、教師40人に対して聞き取り調査、さらに15人を対象にワークショップを実施し、防災教育の現状について調査、分析した。

小学校高学年の科目別シラバスを分析した結果、選定した64の防災関連用語のうち、Manage、Protect、Floodなど22用語が使用されており、対象とした9科目の中では特にCitizenship Educationにおいて出現頻度が高かった（図3-18）。また中学校の科目別シラバスでは、hazard、climate change、riskなどより専門に近い28用語が使用されており、対象とした11科目ではIntegrated Scienceにおいて出現頻度が高かった（図3-19）。

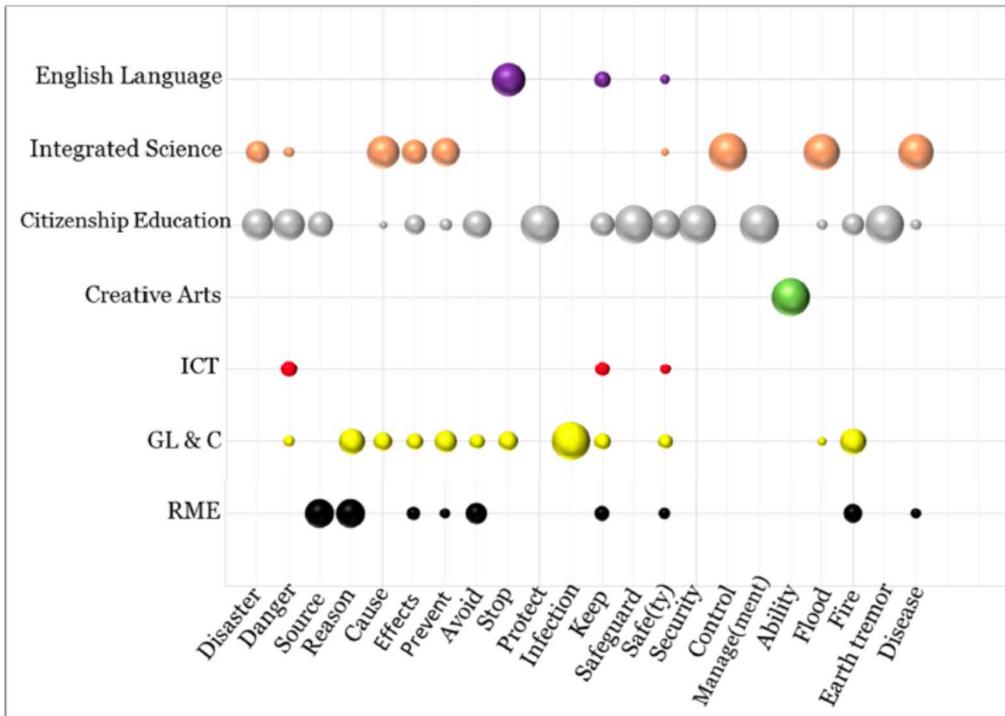


図 3-18 小学校高学年の科目別シラバスに含まれていた防災関連用語の使用頻度

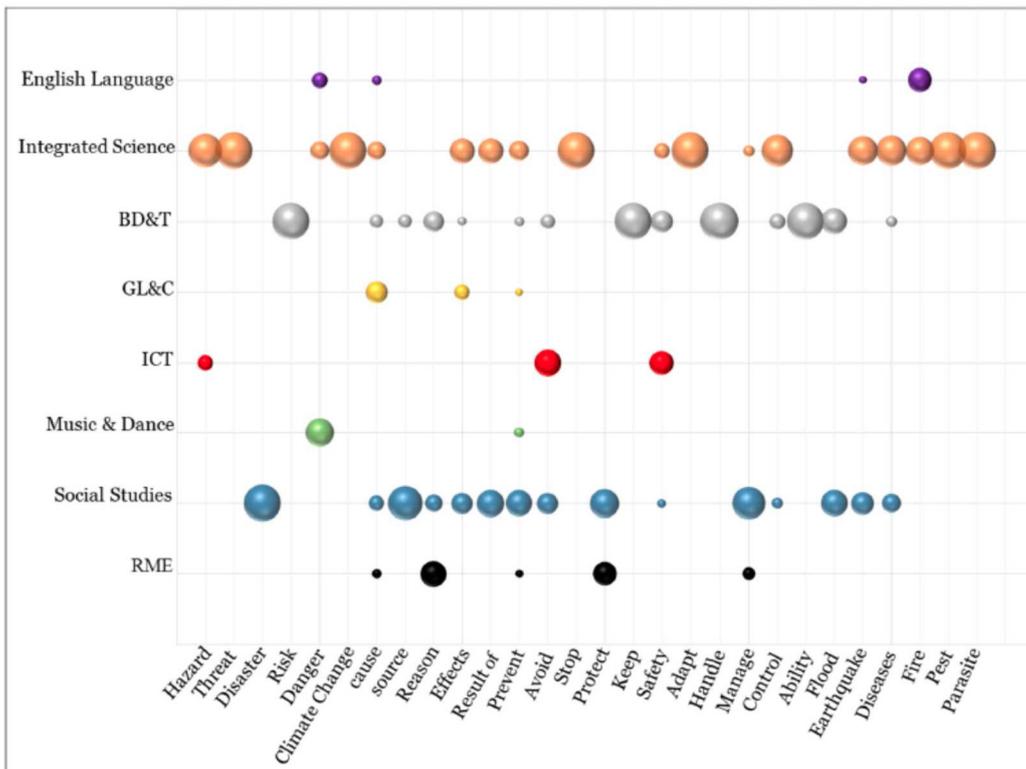


図 3-19 中学校の科目別シラバスに含まれていた防災関連用語の使用頻度

教師と生徒を対象としたアンケート調査の結果から、既存の教育プログラムでは洪水や火災に対する防災に関する基礎的な知識（Prevent）が身につけていると評価する生徒と教師が多くを占めていた（図 3-20）。一方で、災害時の対応（Respond）や被

災後の復興（Recover）に関する知識を身につける機会が少ないことが明らかとなった。シラバス分析と聞き取り調査の結果から、対象地域では小中学校の一般教育において、多様な災害に関する基礎的な用語や知識を提供する機会が既存の教育プログラムに含まれているが、より実践的な気候・生態系変動適応や災害からの復興に対する意識改革が課題であることが明らかとなった。

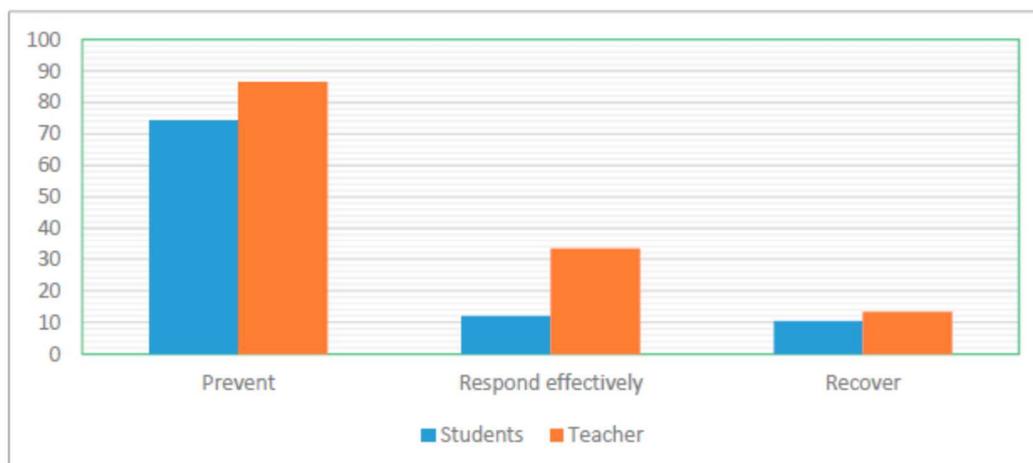


図 3-20 既存の防災教育プログラムにおける主要課題（教師と生徒による評価）

また教師を交えたワークショップを開催し、既存の教師を対象とした防災教育トレーニングプログラムには資金や教材が不足していることが指摘された。一連の現地調査の結果、防災に関する基礎的な知識を提供する理論的アプローチがあるにも関わらず、より実践的な適応行動に対する意識の低さや教師を対象としたトレーニングや教材の不十分さから、防災教育に関する理論と実際の教育プログラムにギャップが生じていることが指摘された。ワークショップでは新たな防災教育プログラムについて、教師と Ghana Education Service のスタッフを交えて議論し、これらの諸課題を克服するための提案を行った。

g. 統合的なレジリエンス強化戦略とガーナモデルの提案

本プロジェクトの現地調査に基づいて提案したレジリエンス指標について、さらに具体的な適応策、資源管理や能力開発の取り組みについて討議するために、2015年8月にタマレにおいてマッチング・ワークショップを開催した（図 3-21）。ワークショップには研究者のほかに民間ビジネスセクター、地元 NPO、行政関係者ら 136 名が参加し、これまで実施した対象集落の気候・生態系変動、災害ガバナンス、水資源管理、伝統的知識、家計戦略（季節労働移動やジェンダーの視点を含む）、および生物多様性と生態系サービスに関する現地調査と分析結果を共有し、各課題別にグループディスカッションを行った。その分析結果に基づいて引続き「ガーナモデル」の実証的な検証を他のグループと連携して進めた。



図 3-21 マッチングワークショップの参加者（左）とグループ討議（右）

また、全研究グループのメンバーが連携して統合的なレジリエンス強化戦略を検討するワークショップを 2016 年 3 月 14-15 日に国連大学において開催し、「ガーナモデル」のデザイン・運用原則案について議論した。成果は 2016 年にシュプリンガーから発行予定の書籍「Building Integrated Resilience Strategy Against Climate and Ecosystem Changes for Sub-Saharan Africa」に論文として掲載する。

ガーナモデルの定義、主要原則とレジリエンス指標群は以下のとおりである。

ガーナモデルの定義：

ガーナモデルとは、脆弱なアフリカ半乾燥地域における気候・生態系変動に対して、生態学的、工学的、社会経済学的な側面からレジリエンス評価を行い、その成果を地域住民、地方・中央政府など多層で多様なステークホルダーが共有するとともに、気候・生態系変動に対する順応的な適応方策を見いだし、生業・生活・環境の改善に資するような、社会実装のための統合的なレジリエンス強化戦略である。

表 3-8 ガーナモデルのデザイン・運用原則

Principle 1	Formulation of a transdisciplinary team
Principle 2	Creating fora for multi-level, multi-stakeholder and collaborative engagements in the research process: designing, and implementation, and monitoring stages
Principle 3	Comprehensive assessment of resilience from regional to community scales, using appropriate parameters and indicators
Principle 4	Establishing common platforms for data collection, sharing, and management
Principle 5	Recognizing community institutions and their traditional and local knowledge systems and practices as critical components in the co-design and co-production of resilience enhancement strategies
Principle 6	Creating avenues for cross-scale integration and inclusiveness in capacity development
Principle 7	Recognizing and responding to the need for local ownership and sustainable efforts

ガーナモデル 7 原則の詳細は英語書籍” Building Integrated Strategies for Enhancing Resilience against Climate and Ecosystem Changes in Sub-Saharan Africa”(Springer, <http://www.springer.com/jp/book/9789811047947>) に掲載している。

ガーナモデルは、包括的なレジリエンス評価に基づいて、適応方策（介入オプション）を多様なステークホルダーの主体的な参画のもとで立案し、それを社会実験・実装し、その効果を科学的に検証しつつ、継続的に見直しを図っていく動的なプロセスである（図 3-22）。そのため、同じ北部ガーナの対象集落でも、集落が直面している課題、利用可能なリソース、集落内でのリーダーシップ等によって、介入オプションは異なる。また、本ガーナモデルのサブサハラ地域への適用にあたっては、例えば、レジリエンス評価の大きな枠組み（生態学的、工学的、社会経済的レジリエンスの3側面）は共通でも、適用する個別評価指標は、対象となる地域・国のおかれた気候・生態系・社会経済の特異性に応じて、それぞれ調整が必要となる。また、図 3-21 に右側やデザイン・運用原則（表 3-8）に示したとおり、ガーナモデルは多様なステークホルダーの参画・協働による強化戦略のコーデザインを原則としているが、農村集落の住民を中心にしつつも、具体的にどのようなアクターが関わるか、どのアクター間の連携を促すかは、それぞれの適用対象地域の歴史・社会経済的なコンテキストによって変化する。

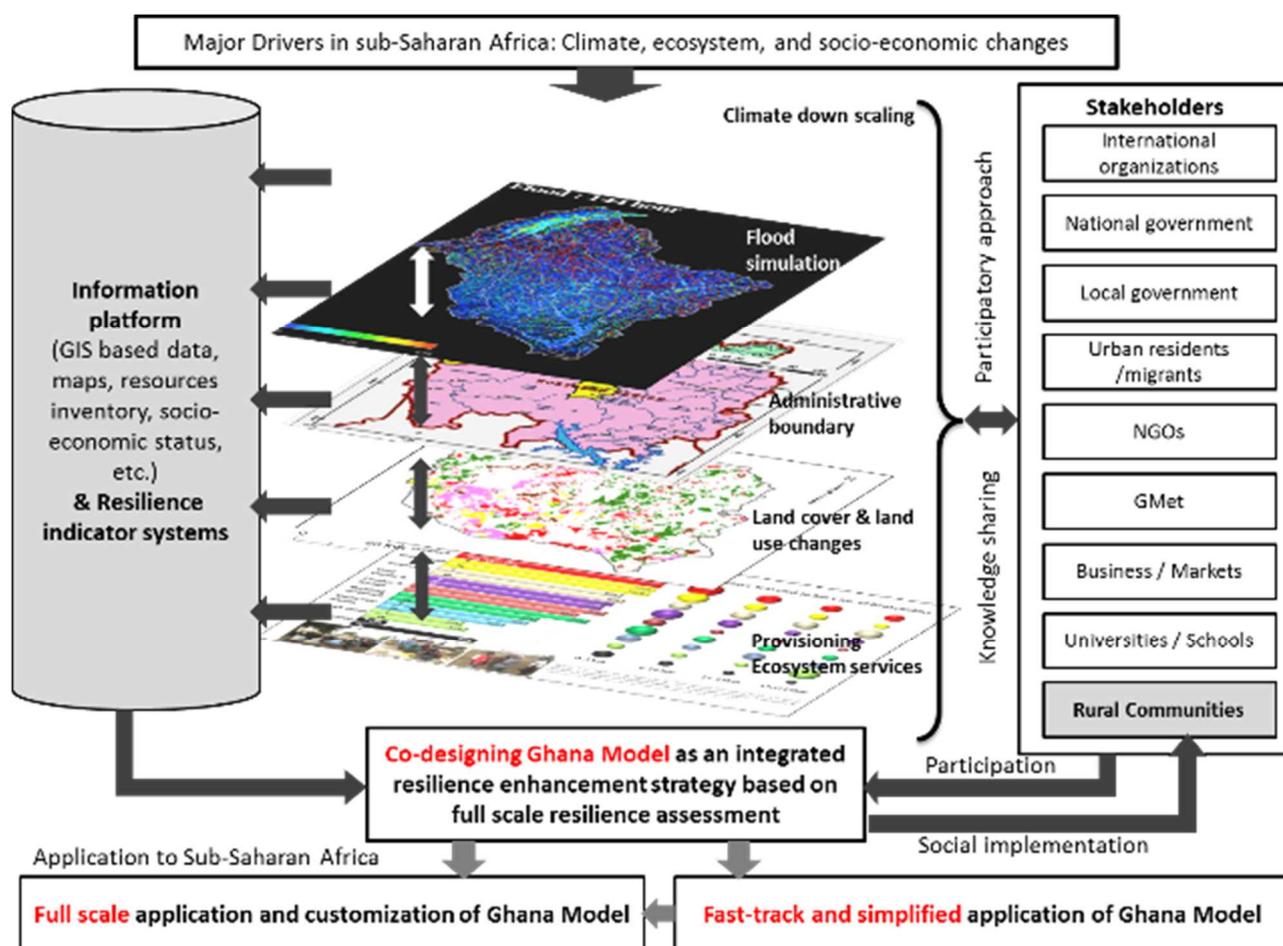


図 3-22 Ghana Model の概念枠組み

また、研究プロジェクトで開発したレジリエンス評価のための指標(Antwi et al. 2014)に即して、過去 5 年間の研究プロジェクトでの研究成果と介入オプション群を統合的なレジリエンス戦略の具体像として表 3-6 に示した。また、これに基づいて、すでに介入策（適応方

策)の導入が進んでいるものについて、その対象集落別に整理した(表3-10)。

研究課題1でもたらされる気候変動の農業生産への影響や研究課題2で得られる異常気象(洪水、干ばつ等)のリスクが、地域住民の生業・生活・環境に及ぼす影響の評価を行うとともに、その影響を緩和させるための介入オプションの提示を通じて、3つの研究課題を有機的に統合させるべく、最終的なとりまとめを行った。特に研究課題2では、対象集落との対話を通じて既存の適応策(雨水捕集、ミニダム、地下水利用など)の評価を進める一方、土壌水分計測を行い、水を有効に利用する作付けの研究を推進した。これらの成果を介入オプションとしてガーナモデルに反映させた。また研究課題3では、外部からの技術や技術知の導入だけでなく、農村集落の地域・伝統知を尊重し、それらの活用を重視したアプローチを採用した。具体的には、地域の多様な生態系サービスとその世帯や集落の範囲を越えたわかちあいと暮らしの関係について実態を把握し、そのうえで気候・生態系変動への適応策を検討した。

表 3-9 Resilience Assessment and Enhancement Strategy and Output

Resilience Type	Criteria for assessment	State of resilience and measuring indicators		'Ghana Model' actions and proposals	
		High Resilience	Low Resilience	Active intervention strategies	Proposed intervention strategies
Ecological	Landscape with high biodiversity (habitat diversity/ species diversity), sacred groves, or biodiversity hotspots	Diverse landscape with protected areas	Less diverse landscape without protected areas	<ol style="list-style-type: none"> 1. GIS-based Landuse Landcover (LULC) assessment 2. Soil Organic Carbon inventory 3. Crop value chain assessment 4. Ethnobotanical surveys 5. Plant species inventory 6. Livelihood strategy surveys. 7. Crop sequencing training 8. Promotion and experimentation of drought resistant crops species 9. Community-based assessment of ecosystem services 	<ul style="list-style-type: none"> • Promoting farmer managed natural regeneration (FMNR) of specific native tree species • Promotion of agroforestry using fast growing and drought resistant non-native species to serve fuelwood needs • Promotion of simple improved cook stove to reduce fuelwood resource consumption and reduce GHG emissions) • Payment for ecosystem services projects and innovations such as for sacred groves
	Landscape with agroforestry and/or crop diversification	Most community members practice agroforestry or crop diversification on farms.	Fewer community members practice agroforestry or crop diversification on farms.		
	Vegetation health or state	Healthy vegetation with high regeneration potential after disturbances	Unhealthy vegetation without regeneration potential after disturbances		
	Recovery potential of communities after a disturbance	Exhibits steady recovery potential from past disaster events	Comparatively low recovery potential from past disaster events		
	Heterogeneous landscape (open land, agricultural areas, built-up areas, etc)	Heterogeneous landscape with different land use types	Less heterogeneous landscape with few land use types		
	Topography (landscape elevation)	Upland areas at a considerable distance from the water course or valley	Low-lying landscape along or close to water courses or in a valley		
Engineering	Soil improvement technology in farms	Most community members use soil improvement technology on their farms.	Selected few or no soil improvement technology used on farms.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Development of regional climate change prediction models 2. Estimation of Total Factor Productivity at local, regional and national levels 3. Automatic meteorological observations (installation of automatic weather stations-AWSs and automatic rain-gauges) 4. Provision of early warning systems education and information (use of mobile phones) 5. Climate down scaling simulation 6. Mapping of community assets and landscape 7. Development and setting up of experimental sites for DSSAT crop modelling (Yam, maize, rice, okra, pepper) 8. Introduction of solar dryer for pepper, okra 	<ul style="list-style-type: none"> • Promotion of use of animal droppings as soil improvement techniques • Training in ridging on low lying areas and ploughing across slopes • Promoting use of sunken beds for dry season gardening • Utilization of shea and crop residue as energy source to reduce pressure on the ecosystem • Promotion of simple improved cook stove to reduce fuelwood resource consumption and reduce GHG emissions)
	Access to irrigation system	With access to irrigation facilities (or means of watering crops, e.g., water bonding especially in dry season	No access to irrigation systems (or means of watering crops) in dry season		
	Facilities for dry season farming (active/inactive)	Most community members are actively involved in dry season farming using informal irrigation systems such as pumps.	None or few community members engage in dry season farming using informal irrigation systems.		
	Reliable early warning systems	Access to reliable early warning systems	With unreliable or no early warning system(s) in place		
	Flood/drought protection measures other than early warning systems	Community has flood/drought protection measures in place. Very few or no farms (or livestock) and houses are affected by floods/droughts.	Community has unreliable or no flood/drought protection measures. Most farms and houses are affected by floods/droughts.		
	Improved crop variety	Mostly use improved crop variety noted on most farms.	Few farmers use improved crop variety on farms.		
	Agricultural output and	High or stable agricultural	Low or unstable agricultural		

	storage facility	output/yield	yields	9. Monitoring data (satellite) on extreme weather events such as flood and drought)	
Socio-economic	Alternate source of livelihood income	Community engages in diversified sources of livelihood/income, e.g., non-farming jobs like trading or food processing or as blacksmiths.	Community engages in less diversified sources of livelihood/income, is highly dependent on agriculture, and accrues less non-farming income	1. Training and demonstration on use of solar dryer for pepper, okra	<ul style="list-style-type: none"> • Upscaling watermelon production as commercial crop • Bricket making from agricultural waste to replace firewood (shea residue, rice and groundnut husks etc) • Promotion of solar drying for shea and other crops • Storage (crops and vegetables) improvement strategies • Formal and informal exchange of knowledge on environmental, social, changes (e.g. teacher to community members, community experts to students, students to community) • Role model promotion (e.g. return migrants with skills to transfer skills in farming and other activities etc to other community members) • Intra and inter community advocacy on livelihood systems best practices by return migrants • Utilizing women association as agents to address migration • Introduction of crop insurance schemes for farmers • Investigation into credit facilities for farmers' production of crops • Nucleus farming concept (lead farmers) • Finding a balance between the use of traditional and improved seeds within communities
	Diversity of resources e.g., livestock, poultry, and through fishing	Community maintains diverse resources including livestock, poultry, or through fishing.	Community has less or no diversified resources and mainly depends on food crops.	2. Skill training on construction and utilization of improved stoves	
	Knowledge of climate and ecological risks	Shared knowledge of climate and ecological risks (floods and droughts)	Less knowledge sharing of climate and ecological risks (floods and droughts)	3. Breaking barriers (non-resilient TK) on the commercial production of okra	
	Rural-urban migration	Low migration rate among young people	Higher migration rate among young people	4. Strengthening linkages between farmers and extension officers	
		Return migrants with skills	Return migrants with no skills	5. Identification of existing models on input supply to farmers' schemes	
	Access to support services such as agricultural extension officers, microfinance, relief agencies such as NADMO or Red Cross	Community often has access to services from agricultural extension officers; microfinance and relief agencies and community members optimize such services/support.	Community has little or no access to services from agricultural extension officers; microfinance and relief agencies and/or community members are not able to fully optimize such services/support	6. Identification of different mechanisms for farmers to access capital	
	Community stakeholder organizations	Presence of diverse and actively-engaged community associations or interest groups	Little or no access to diverse and actively-engaged community associations or interest groups	7. Disaster risk reduction training for teachers	
	Education	Presence of variety of options for adult education (new Tech, literacy, environ. awareness etc)	Limited adult education options	8. Community-based drama to disseminate and validate research findings and interventions	
	Low school dropout rate among youth	High school dropout rates among youth	9. Community-based assessment of ecosystem services		
	Gender	Opportunity for capacity development marginalized groups	No or less opportunity for capacity development marginalized		

表 3-10 Active resilience enhancement strategies, practices stratified by project study site.

Project site in semi-arid Ghana		Ongoing interventions
Study district and region	Village/Community	
Tolon, Northern region	Fihini	<ul style="list-style-type: none"> • Setting up field experimental sites examining the potential for drought resistant crops • Method demonstration plots for okra and chili pepper production and postharvest handling (production manual) • Quantifying community productive resources and risk management assets
	Daboshe	<ul style="list-style-type: none"> • Quantifying community productive resources and risk management assets • Pilot of solar dryers from to improve storage and preservation of chili pepper and other food crops • Using community-based theatre to disseminate and validate research findings and interventions
	Zagua	<ul style="list-style-type: none"> • Quantifying community productive resources and risk management assets • Introduction of improved cook stoves to reduce fuelwood consumption • Using community-based theatre to disseminate and validate research findings and interventions
	Kpalgun	<ul style="list-style-type: none"> • Quantifying community productive resources and risk management assets • Setting up of demonstration okra and maize demonstration plots • Introduction of improved cook stoves to reduce fuelwood consumption
	Cheshagu	<ul style="list-style-type: none"> • Quantifying community productive resources and risk management assets
	Yoggu	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction of improved cook stoves to reduce fuelwood consumption • Setting up of demonstration okra and maize demonstration plots • Introduction of solar dryers for chili (pepper) production aimed at improving storage and preservation • Setting up demonstration plots for flood drought resistant rice variety
Wa West, Upper West region	Bankpama	<ul style="list-style-type: none"> • Setting up method demonstration plots for chilli pepper and maize for different input protocols, planting distances and post-harvest handling • Introduction of solar dryers for chili (pepper) production aimed at improving storage and preservation • Using community-based theatre to disseminate and validate research findings and interventions • Introduction of improved cook stoves to reduce fuelwood consumption • Integration of honey beekeeping with crop production for improved crop yield • Training on improved honey beekeeping and harvesting techniques, processing and packaging for urban markets
	Baleufili	<ul style="list-style-type: none"> • Setting up of demonstration okra demonstration plots • Introduction of solar dryers for chili (pepper) production aimed at improving storage and preservation • Using community-based theatre to disseminate and validate research findings and interventions • Introduction of improved cook stoves to reduce fuelwood consumption
	Chietanga	<ul style="list-style-type: none"> • Quantifying community productive and risk management assets and resources • Setting up method demonstration plots for chilli pepper and okra for different input protocols, planting distances and post-harvest handling • Integration of honey beekeeping with crop production for improved crop yield • Training on improved honey beekeeping and harvesting techniques, processing and packaging for urban markets
	Zowayili	<ul style="list-style-type: none"> • Setting up of demonstration okra and maize demonstration plots • Introduction of solar dryers for chili (pepper) production aimed at improving storage and preservation • Introduction of improved cook stoves to reduce fuelwood consumption • Using community-based theatre to disseminate and validate research findings and interventions

h. ガーナモデルのガーナ国内及び他のアフリカ地域への展開

2016年8月のナイロビでの第6回アフリカ開発会議では、この「ガーナモデル」をガーナを超えて他のサハラ以南アフリカ地域に発信するサイドイベントを開催した(図3-23)。



図3-23 ナイロビ大学でのガーナモデル国際展開に関する TICAD-VI サイドイベント
(2016年8月25日)

2016年9月から10月にかけては国連大学にアフリカ各地からの学生や若手研究者を招へいしてガーナモデルに関する研修ワークショップを実施した(図3-24)。同ワークショップでは、アフリカ9か国からの若手研究者が実際にガーナモデルをそれぞれの地域の課題に適用し、その適用可能性、有効性、課題等について検討結果をまとめた事例レポートを作成した。その代表的なものを表3-11にまとめた。



図3-24 ガーナモデル・アフリカ展開ワークショップ(2016年9~10月)

Table 3-11 Examples of eco-regions and countries where the Ghana Model was applied through Ghana Model sessions

Proposed eco-region & country	Status and current characteristics of eco-region	Reflections and feedbacks to Ghana Model after Sessions
Cameroon Highland Forests, Cameroon	<p>This ecoregion covers the highlands and mountains that borders Cameroon and Nigeria, and most of it lie within a small rectangle of about 180 km by 625 km and originating about 50 km inland of Mount Cameroon (4100 m high). It encompasses a chain of extinct volcanoes including Mount Manenguba, Mount Kupe, the Rumpi Hills, the Bakossi Mountains, Mount Nlonako and Mount Oku. Arising from this mountain range is Mount Cameroon which is an active volcano that sits near the coast, but is considered a separate ecoregion from the older, non-volcanic Cameroon Highland Forests (WWF 2009). No part of this ecoregion is under any form of protection in Cameroon, thus much of the forest is continually being cleared for firewood, timber and farmlands leading to the loss of significant amounts of forest cover. These unsustainable exploitation of the wood in the forest coupled with agricultural encroachment are the main threats to this ecoregion. Hunting for bush meat is another important driver, targeting the remaining mammal populations in the area. Remaining patches of the forest are greatly being degraded, fragmented and influenced by related human activities.</p>	<p>The three dimensions of resilience as applied in the Ghana Model were deemed applicable in this eco-region as highlighted below:</p> <ul style="list-style-type: none"> •<i>Ecological resilience</i>: Integrating ecological resilience into this ecoregion will entail mainstreaming biodiversity and ecosystem services into the development agenda of the country. This is because prosperity depends on the biosphere and the present threats and pressures imply that biodiversity can no longer be isolated. •<i>Socio-economic resilience</i>: This dimension can be integrated through revitalizing micro, small and medium-sized enterprises by enabling encouraging taxation systems, providing loans at low interest rates, facilitating adequate and affordable insurance systems, providing incentives on how to start small businesses, and revitalizing sustainable farming systems by providing training, strengthening agricultural and livestock extension services, providing climate adapted farming inputs and building agriculture relevant infrastructure. •<i>Engineering resilience</i>: This can be realized by encouraging alternative fuel and power sources to limit the pressure on forests for fuel wood. Technological innovations to limit the use of fuel wood like improved mud stoves, fuel efficient stoves and alternative home lighting systems may go a long way to reduce pressure on forest.
<i>Acacia-Commiphora</i> Woodland Ecosystem, Ethiopia	<p>Acacia-Commiphora woodland ecosystem is mainly characterized by thorny species that extended through most lowlands of east Africa (Somalia, Ethiopia and Kenya). It lies between East African savannas and grasslands, and the dry lands and semi-deserts of the same region. Most of its species are capable of adapting to extreme water scarcity. In Ethiopia the ecosystem hosts eight National Parks, seven lakes and two wildlife sanctuaries. However, this ecosystem has been facing severe environmental stresses mainly from drought and anthropogenic factors like grazing and fire. The ecosystem is considered to be one of the most neglected, in Ethiopia, when it comes to conservation and sustainable utilization.</p>	<p>The Ghana model can be effectively applied in some of the communities in the ecosystem and would help in understanding the resilience capacity of the communities and chart possible interventions. The acacia-commiphora ecosystem in general, and the Abijita Shalla National Park is an indicator that such resources are at stake. In Ethiopia, dry forests in general and <i>acacia-commiphora</i> in particular are under severe pressure.. These ecosystems are often considered as unoccupied land and subjected to greedy competition and irresponsible exploitations. And that is what is being witnessed in the Abijita Shalla National Park. The values of these ecosystems are immense, not only to Ethiopia but also to the world, and hence, would be highly regrettable if they are heavily compromised or lost. Multistakeholder participation as recommended in the Ghana Model can play a key role in addressing at least the anthropogenic causes and halt the expansion of the alien species with proper management and utilization. In this context, indicators of ecological, engineering and socio-economic resilience as applied in the Ghana model can be localized and applied in this socio-ecological landscape.</p>
Lake Naivasha	The Lake Naivasha Basin has an area of about 3,400 Km ² and lies	The Ghana model could be applicable in the Lake Naivasha basin, including the

Proposed eco-region & country	Status and current characteristics of eco-region	Reflections and feedbacks to Ghana Model after Sessions
Basin, Kenya	within the Rift Valley region of Kenya, 90 Km north-west of Nairobi. It extends into the Mau Escarpment (3048 mabsl) to the west and the Aberdare Ranges (4,000 masl) to the east, the Eburru Hills (2,800 masl) to the north- east of the Mau Escarpment. The Lake Naivasha is itself a closed shallow freshwater lake with a surface water elevation of approximately 1,890masl. The Lake Naivasha Basin is located in eight administrative districts surrounding it.	<p>following:</p> <ul style="list-style-type: none"> •<i>Ecological resilience</i>: a strong and broad-based stakeholder participation and ownership like in the “Ghana Model” approach would be required as compared to selective representation in the various governance levels •<i>Socio-economic resilience</i>: Participatory approaches will be relevant to identify problems and seek solutions to improve socio-economic resilience. Of great relevance is the multi-disciplinary approach in addressing particular thematic aspects in the Naivasha area. •<i>Engineering resilience</i>: a common platform for data collection, sharing and management should be established. The Lake Naivasha Imarisha Initiative established by the government and the actions contained in the Lake Naivasha Basin Sustainable Development Action Plan currently does not address this. Presently, different methods and types of data are being collected but their appropriateness and accessibility are questionable. <p>Additionally, challenges in the implementation of the “Ghana Model” approach should be addressed, especially: reconciling the diverse and strong stakeholder interests e.g. the differences between the lowland and upland stakeholders (small-scale versus large-scale land owners); conservation interests versus economic development; the problems associated with polycentric governance (many institutions and policies which may not always be working towards a common goal); and importantly, availability of adequate resources to implement the model.</p>

2017年8月にはプロジェクトのパートナーであるガーナ開発学大学に新たに「Takeuchi Kazuhiko サステナビリティとレジリエンス研究センター」(KTCSR)が設立され(図3-25)、持続可能な開発とレジリエンス強化のための人材育成と研究活動を継続的に行っている。



図3-25 Launching ceremony of KTCSR on 17 August 2016

ガーナモデルの国際展開のため、2016年の生物多様性条約(CBD)のメキシコでの第13回締約国会議(COP13)でのサイドイベントでもガーナモデルを国際的に発信したほか(図3-26)、2017年3月7日には日本で開催された砂漠化対処条約(CCD)の公式イベント「砂漠化と闘う」という国際会議にて、研究代表の武内和彦がガーナモデルを砂漠化対処へのひとつのモデルとして比較的詳細な報告を行った(図3-27)。今後もフューチャーアースやIPBESなどの国際的な科学政策プラットフォームを通じてガーナモデルを発信していく予定である。



図3-26 メキシコでのCDB-COP13(2016年12月)



図 3-27 東京での CCD 国際会議 (2017 年 2 月)

さらに、国連大学がアフリカで研究教育活動、特にアフリカにおける持続可能な開発のための教育 (ESDA) やアフリカにおけるグローバル人材育成プログラム (GLTP) で築いてきた大学ネットワーク等 (ガーナ、ケニア、ナイジェリア、ザンビア、エチオピア、ウガンダ、南ア、マラウイ等) を活用し、それらの国々へのガーナモデルの適用を進める。またすでに、フランスの研究ファンディング機関からガーナモデルの他国への適用について問い合わせがあり、具体的なプロジェクト化を準備しているところである。

③ 研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

- 本課題のカウンターパートとして参画を予定しているガーナ開発学大学の Mr. Vincent Kodio Avomyo と協議し、土壌化学性を現地で測定するために購入した Micro Emission 社製のプラズマ発光による簡易型ハンディ元素分析器 MH-5000 に関する情報をカウンターパートと共有し、ガーナ開発学大学内で分析を行うことが可能なラボを選定した。
- UDS の土壌・農地利用調査チームと協力する形で、ガーナ開発学大学において社会経済調査チームを形成し、Dr. Francis Obeng、Mr. Victor Lolig を中心に、すでにワにおいて活動している UNU-INRA およびガーナ開発学大学のワキャンパスの研究者と共同調査体制をつくり、質問表作成や現地でのワークショップを行った。
- UNU-INRA で整備が進められている地理情報システム (GIS) 研究教育センターに大型プリンター、リモートセンシング解析ソフトウェア、GPS、ノート PC、電子会議システムを購入して整備を進めた。同時に、東京大学で共同で GIS 教育プログラム開発を進めた。
- UDS に能力形成プログラムに利用可能な大型モニター、バッテリーなどを購入して整備を進めた。また 2 サイト (タマレ、ワ) における研究拠点強化として、現地で使用可能な屋外観測機器と作物生育状況および気象条件を観測するための新たな観測機材を購入した。
- UDS に設立された新しい研究教育センター (KTCSR) において、一部の実験圃場等の介入策と人材育成・研修プログラムを継続していく予定である。テーマ 2 の水管理の観点から耕作法を最適化する方法では、必ずしも多額の予算を必要とせず、これまでに実施したワーウエストでの稲作試験の成果はコミュニティに大きなインパクトを与え多くの農家に実践が広がっている。

- ・地域農民のワークショップや集会などをガーナ側のカウンターパート機関が今後とも継続的に活動を維持発展させていく予定である。特に、ローカルレベルでの社会実装にはかなりの時間がかかると考えられるが、この点については、UDS に新たに設置されるサステナビリティとレジリエンス研究教育センター (KTCSR) を中心に社会実装を展開していく予定である。
 - ・気候変動に関する観測や予測のシステムの維持と効率的に地域住民に伝達するシステムについては、ガーナ大学の研究者を中心に気候変動のダウンスケーリングに関するトレーニングを実施しているので、彼らが中心となって今後のグローバルスケールの気候変動予測のダウンスケーリングを行っていくこととなっている。一方、観測システムについては、他のファンドで導入された観測機器とともに、ガーナ気象局の観測システムの一部として既に位置づけられている。その維持体制に関しては、担当者も決まっており、気象局の責任のもとに運用されている。予測システムは、4名の予報官をコアに継続される予定である。ACMAD: African Centre of Meteorological Applications for Development) と共同で、サヘル・西アフリカ予報を進める構想も浮上している。以上のようなダウンスケーリングや観測結果の地域住民への効率的な伝達については、新たに UDS に設置される KTCSR が担っていく予定である。
 - ・ガーナモデルの実装については、ガーナ大学、ガーナ気象庁、ガーナ開発学大学の教育・研修カリキュラムにガーナモデルを組み込むとともに、関係省庁(EPA, NADOMO, ガーナ教育省)等の戦略計画(国家気候変動適応計画、生物多様性国家戦略、国家開発計画)にインプットする。また、他国への展開に関しては、UNDP、FAO、WFP等の国際機関に対して、本プロジェクトの成果を発信するとともに、ワークショップ等で他国の研究者・行政官等を招へいしてガーナモデルの普及につとめる。
- ④ 研究題目3の当初計画では想定されていなかった新たな展開
- ・本研究課題と同じくガーナで展開する、地球規模課題対応国際科学技術協力平成21年度採択プロジェクト「ガーナ由来薬用植物による抗ウイルス及び抗寄生虫活性候補物質の研究(代表者:山岡昇司、東京医科歯科大学 大学院医歯学総合研究科 教授)」との交流が生まれ、二つの SATREPS プロジェクトが共同して、アフリカでの熱帯病分布と気候変動の関係を議論・情報発信するためのワークショップを開催することが合意された。その結果、平成23年12月2日・3日の二日間、ガーナ大学において「西アフリカにおける気候・生態系変動、地球規模での健康・人間の福利(Climatic-Ecosystem Changes, Global Health and Human Wellbeing in West Africa)」ワークショップが実現し、3つの基調講演、日本側・相手国機関それぞれのプロジェクト担当者による12の研究発表、プロジェクトの共同発展を目指した議論、さらにはガーナ・日本両方の若手研究者による20のペーパー発表が行われた。連日200人を超える参加者が活発に議論に参加し、これからのさらなる展開に期待がもてる内容となった。また、ワークショップに先立つ12月1日にはガーナ、マンボンにある生薬科学研究センターおよびアコソボの治水・水力発電ダムを巡るスタディーツアーがもたれ、20名の参加者が実際の熱帯病研究・水資源管理の現場を視察し知見・交流を深めた。2012年4月には、このワークショップで発表された講演・ペーパーをまとめた、合同WSレポートが出版され、国連大学ホームページから自由に閲覧できるようになり、周知が図られた。
 - ・プロジェクト全体のプロモーションビデオを作成し、2014年2月から公開した。
日本語版:<http://www.youtube.com/watch?v=ATtK675uff4>
英語版:<http://www.youtube.com/watch?v=qXrvyKIjP2Q>



- 本プロジェクトのこれまでの研究成果を英文学術誌(Journal of Disaster Research)の特集号として2014年8月に発行した。合計で15本の論文が特集に収められた。
- 2014年8月には、タマレの開発学大学にて本プロジェクト主催の国際会議を開催した。
International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes
in Semi-arid Africa
Date: AUGUST 6- 8, 2014
Venue: UNIVERSITY FOR DEVELOPMENT STUDIES, TAMALE, GHANA
https://supportoffice.jp/c.africa_conf2014/
- 2015年8月には、タマレの開発学大学にて民間ビジネスセクター、地元NPO、行政関係者らを交えたマッチングワークショップを開催し、活発な議論と交流が行われた。
- 2016年8月にはUDSにプロジェクトの活動を受け継ぐ研究教育センター(KTCSR)が新たに設置された。
- 2017年2月3日には、ガーナ大学の学長邸宅でのランチ会を催し、本研究プロジェクトの成果を研究者だけでなく産業界と共有し、ビジネス展開を図るため意見交換・交流が図られた。

II. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

(1) プロジェクト全体

・プロジェクト全体の現状と課題

国際共同研究をPOに沿って推進する上での実務的な体制を整え、実際の研究活動を研究グループごとに行うことが重要であるという共通認識がある。そのためさまざまな課題を、遠隔会議なども通じて、密に話し合っていくことが引き続き重要である。

・各種課題を踏まえ、研究プロジェクトの妥当性・有効性・効率性・自立発展性・インパクトを高めるために実際に行った工夫

ガーナ側カウンターパートの若手研究者を招聘した研修コースおよび日本側の若手研究者を派遣して行われた共同現地調査などが活発に実施され、共同でPOを推進するための研究計画がさらに詳細に策定された。また、ガーナモデルを集中的に検討するワークショップを東京で開催し、テーマ毎にプロジェクトの研究成果に基づいてレジリエンス強化のための介入オプションを体系化し、連携して社会実装し、評価する一連のサイクルをガーナモデルとして定式化を図った。

投稿論文に関して、ガーナ側と日本側の研究者が常に共著で発表する方針のもと、学術書籍の編集・出版に向けた論文執筆が進められた。

(2) 研究題目 1

東京大学・ガーナ大学グループ

本研究題目は、地域気候変動予測モデルの手法開発、端的には力学的ダウンスケーリングと統計的ダウンスケーリング、これらに基づく農業生態系利用への影響予測評価を行うことを目的としており、必要なデータ収集、予測・評価・シミュレーションモデルの構築がその骨子の一つであることからプロジェクト全期間を通じて必要なデータ収集を行うことが求められる。それらは、相手国側研究機関に依存せざるを得ない。しなしながら、有する知識の違い等から、相手国側研究機関の研究者との意図するモデル・手法、および必要なデータに関する共通認識の確立が不可欠であった。さらにそれに基づくデータの収集、特に二次データの収集について、しなしながら、有する知識の違いにより意図するモデルや必要なデータに関する共通認識の確立に時間がかかった。スカイプを通じた、カウンターパート機関との意見交換の頻度をあげる、現地調査を共同で行う、トレーニングプログラムを実施するなどして、ようやくこれらに関する改善がみられた。また、実験圃場での試験栽培に際して、カウンターパート機関に限らず、本研究内外から様々な機関の協力を得るなどしたことからもわかるように、広範な視点から研究を遂行し、そのために多様な機関と連携していくことが必要であるとの認識を得た。これらを可能とするうえで、研究全体の目的に限らず、個々の研究科目、あるいはさらに詳細な研究項目についても目的を明確化し、それらの機関が協力しやすい体制とすることが重要である。本研究の実験圃場での試験栽培でも、その点に留意し、緊密な連携を確立した。

(3) 研究題目 2

京都大学・ガーナ気象庁グループ

・洪水氾濫モデルを開発実証するのに必要な水文データは、他の国々と同様、容易には入手できないことがわかった。事前に予想されていたことではあるが、プロジェクトの方針で大学との連携を核に据えたため、本計画の外側にいる諸機関からの水文データ入手はやはり困難である。しかし、代わりに新たな衛星データ利用という研究が開けた面もある。

- ・テーマ2は、ITCに依存するため、電力やインターネット等のインフラの安定が必須である。当初の予想とは異なり、インターネットの高速化は遅々として進まず、また電力供給状況はプロジェクト開始時よりもむしろ悪化している。
- ・洪水や渇水の早期警戒システムに関しては、日本と異なり流域が広域に渡るため上流の現象が下流に伝わるまで時間があり、予測に余裕があるなどの利点がある。他方、実測データがほとんど入手できないこともあり、既存の概念と別のシステムを考える必要がある。
- ・導入した気象観測装置からのデータ収集が円滑に行えていない。データ収集に用いている携帯電話のSIMへの課金が組織的に行われていない事が原因である。また、機器の盗難を防ぐためのフェンス等の準備が間に合わず、一旦設置した物の動作確認をただけで一旦撤去し、フェンス完成後再設置した例もあった。また、2015年度に設置した自動雨量計では、携帯通信が隣国に繋がってしまう…などの問題も生じた。事前のインフラ調査は十二分に実施する必要性を痛感した。

(4) 研究題目3

国連大学・ガーナ開発学大学グループ

- ・相手国側研究機関との共同研究実施状況と問題点、その問題点を克服するための工夫、今後への活用。
 国連大で受け入れているガーナからの留学生（博士課程）とポスドク研究者が、媒介となることで、ガーナ側のC/P研究者とも頻繁に協議がなされ、調査活動および分析・成果発表における役割分担について具体的に話し合う努力がなされた。その結果、各研究項目についてチームが形成され、効果的に調査活動を実施することができた。
- ・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等
 現地調査については、実際に行ってみて初めて明らかになる課題が多数あるため、実際にやりながら、その過程で、日本側・相手国側双方が対話を深めていく努力をするべきである。つまり、話し合いだけを重ねていてもあまり前進しないので、調査の実践（試行錯誤）と話し合いの繰り返し、その繰り返しを必要なプロセスとして許しあえる双方の信頼関係の醸成が極めて重要である。
 研究成果を農村集落に還元するにあたり、この地域で伝統的な集落演劇パフォーマンスを活用する取り組みを展開した。これにより、集落の人々が主体的に研究成果を活用し、さらに発展させていくだけでなく、集落内の人々の相互交流や社会関係強化が図られた。レジリエンス強化には、集落内での助け合いのような社会関係資本の強化が極めて重要であり、集落住民が自ら演ずる演劇パフォーマンスは、そうした社会関係資本強化に効果があることも本プロジェクトを通して実証しつつある。本集落演劇について、国連大学のニュース記事として配信した
 (<http://ias.unu.edu/en/news/news/disseminating-research-findings-through-community-theatre-in-ghana.html>)。

Ⅲ. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

ガーナモデルの農村集落への実装

通常国際援助では、受け手となる地域住民がどうしても受動的になり、援助頼みとなるといった課題が数多く指摘されている。本プロジェクトでも同様の課題が散見されたことから、それを克服するための仕掛け（取組み）として、集落の伝統的な演劇パフォーマンスを用いた。具体的には、研究成果を地域に文脈に翻訳し、住民自らが研究成果をいかに活用し、気候・生態系・社会変動に適応していくかを検討するか、を演劇パフォーマンスの準備・練習を重ねる中で培い、集落としての一体感を高める試みを5つの集落で実施した。

現地に住む人々が私たちの研究活動に対して受け身的な参加に留まることを回避するため、現在、集落の伝統的な演劇を取り入れてガーナモデルのローカルレベルでの社会実装を進めた。研究で明らかになった成果を地域の文脈により翻訳し、住民自らがそれをどう活用し、気候・生態系・社会変動に適応していけるのか、演劇の準備段階から議論を重ねた。この取組みを通して、将来の気候変動に対する不確実性や、現段階で考えられる適応策、コミュニティ内の関連する課題について、人々と共有し、議論するための基盤を形成した。また、役者として参加した地域住民は、プロジェクトの成果と提案される適応策を理解しながらリハーサルを行い、演劇のシーンを即興で演じ、改良しつつ練習を重ねた（図Ⅲ-1）。



図Ⅲ-1 北部ガーナ農村集落での演劇のリハーサル風景（2016年4月）

Photo: Yaw Agyeman Boafo



図Ⅲ-2 北部ガーナ農村集落で演劇の導入部分ではダンスが披露される（2016年4月）

Photo: Yaw Agyeman Boafo

演劇の本番は2016年4月末から8月にかけて行われ、各集落の住民とプロジェクト関係者の前で、過去・現在・将来の状況に基づいて集落の暮らしの変化が演じられた（図Ⅲ-2）。地域の視点で今後の議論を深めるため、実際に演じた役者や観客から意見や感想を集めると、その多くが肯定的なものが多かった。とくに女性を中心として、演劇は住民意見を集約し、表現する有効なものとして受け入れられた。また、演劇は楽しみつつ集落全体の一体感を高めるとともに、自分たちの生活様式や行動が環境問題に結びついていることを学ぶことができ、自然生態系に対する行動を変容させることがわかった。

Disseminating Research Findings through Community Theatre in Ghana

In an effort to avoid the typical top-down flow of knowledge and information from research activities, the “Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa (CECAR-Africa)” project at UNU-IAS has been using environmental theatre to disseminate and validate some of its major scientific research findings and intervention strategies on climate and ecosystem changes in semi-arid Ghana.

Through theatre, CECAR-Africa aims to offer a platform for discussing, reflecting on, and communicating future climatic uncertainties, outcomes, existing and potential adaptation and intervention strategies, and current drivers within and across households and communities in the area. The ultimate goal of this endeavour is to encourage and empower local communities to translate research findings and existing and proposed intervention strategies into local contexts, in order to reach a wider audience and also promote self-action beyond immediate project interventions.

The community theatre exercise, led by Dr. Yaw Agyeman Boafo (The University of Tokyo) under the supervision of Dr. Osamu Saito (UNU-IAS) and Prof. Gordana Kranjac-Berisavljevic (University for Development Studies), selected five out of its ten project sites for a small-scale pilot project to explore whether or not this approach can be scaled-up to other sites. Scientific findings were translated into drama pieces to reflect the most plausible past, present and future scenarios. Through a series of rehearsals, carried out under the guidance of a theatre expert, actors

from local communities were able to improvise, create and rehearse scenes based on agreed messages from the project's findings and intervention strategies. Using fictional characters, the drama pieces from each of the five sites communicated actual stories of exposure and sensitivity to, as well as adaptive capacity for climate and ecosystem change stresses — such as droughts, floods, bushfires, and the degradation and decline of provisioning ecosystem services.

From 29–30 April and 3–5 May 2016, the pilot communities held their final performances in the presence of project researchers and community members. Each theatre piece depicted aspects of the communities' livelihood systems based on past, present and future scenarios. In order to stimulate discussions on issues from a community perspective, the project gathered feedback from performers and audience members through post-performance interactions and follow-up interviews. The audience interviewed were generally receptive to the performances. Most interviewees, especially women, stated that the drama pieces helped them find a voice to contribute to communal discussions. Some also indicated that they had fun, but that they had also learned about environmental problems occurring as a result of their actions and inactions, promising to change their behaviour towards natural ecosystems.

Going forward, CECAR-Africa hopes to expand the theatre exercise to the rest of its study communities after a careful evaluation of the processes and procedures in its current sites.

(source) <http://ias.unu.edu/en/news/news/disseminating-research-findings-through-community-theatre-in-ghana.html>

(2) 社会実装に向けた取り組み

プロジェクトの中間的な研究成果は、2014年8月1日に発行した英文学術誌 (Journal of Disaster Research) の特集号に集約されている。また、2014年8月のガーナでの国際会議において日本・ガーナ双方における若手研究者による研究発表の機会を設けた。さらに、国際会議後には、調査サイトの全農村 (10 集落) にてコミュニティー・ワークショップを開催し、現地ステークホルダーと対話を深めた。各ワークショップには、推定で100名以上の集落の人々が参加したことから、計7回のワークショップの延べ参加者数は1000人以上にのぼったと考えられる (下記写真参照)。本ワークショップ・シリーズでは、各集落にて2時間程度かけて本プロジェクトの成果を研究ポスターを用いて説明し、その後、住民との対話を行った。また、各集落の人口、世帯数、地図、集落の人々や農作物、基本インフラ (学校、ダム、井戸等) の写真をまとめたフォトブックを集落毎に作成し (計10冊作成)、各フォトブックをコミュニティー・ワークショップにおいて各集落のチーフに贈呈した (図III-3)。



図III-3 集落チーフへの贈呈



図Ⅲ-4 集落における議論

具体的な適応策、資源管理や能力開発の取り組みについて討議するために、2015年8月にタマレにおいてマッチング・ワークショップを開催した。ワークショップには研究者のほかに民間ビジネスセクター、地元NPO、行政関係者、集落の代表者ら延べ136名が参加し、これまで実施した対象集落の気候・生態系変動、災害ガバナンス、水資源管理、伝統的知識、家計戦略（季節労働移動やジェンダーの視点を含む）、および生物多様性と生態系サービスに関する現地調査と分析結果を共有し、各課題別にグループディスカッションを行った（図Ⅲ-4）。

研究成果を農村集落に還元するにあたり、この地域で伝統的な集落演劇パフォーマンスを活用する取り組みに着手した。これにより、集落の人々が主体的に研究成果を活用し、さらに発展させていくだけでなく、集落内の人々の相互交流や社会関係強化が図られた。レジリエンス強化には、集落内での助け合いのような社会関係資本の強化が極めて重要であり、集落住民が自ら演ずる演劇パフォーマンスは、そうした社会関係資本強化に効果があることも本プロジェクトを通して実証しつつある。

さらに、研究成果をプロジェクト終了後も継続的に活用・発展させるため、世界銀行、FAO、WFPのガーナ側担当者と研究・教育連携について具体的な方法について検討しているところである。

本プロジェクト開始以降、国連大学から3名のガーナ人留学生が本プロジェクトのテーマのひとつに取り組み修士号を取得したほか、2名のガーナ人留学生が博士号の学位を国連大学で取得した。さらにブルキナファソからの留学生1名とカメルーンからの留学生1名が本プロジェクトに関連する研究テーマで国連大学での修士課程を取得した。また、これまでに延べ15名が日本において短期研修を受け、研究能力の向上が図られた。

さらに、これまでに毎年度、ガーナ側の主要研究者を日本に招へいし、本プロジェクトの中間的な成果、今後の研究活動の進め方、社会還元のあり方について討議を行ってきた。同時に、日本人若手研究者の能力形成にも積極的に取り組んできた。これまで、本プロジェクトの現地調査に、日本人大学院が5名参加した実績がある（京都大学1名、北海道大学1名、神戸大学2名、国連大学1名）。

IV. 日本のプレゼンスの向上（公開）

プロジェクトに関係する新聞等メディア報道では、以下のようなものがある。

(1) “African govts urged to support research on climate change” (国際会議開催についてのガーナ地元メディアの報道)、Graphic Online, 8 August, 2014.
<http://graphic.com.gh/news/general-news/28530-african-govts-urged-to-support-research-on-climate-change.html>

(2) アフリカ支援につなぐ対策, 日本海新聞, 2014年8月29日

(3) 「ガーナモデル」気候・生態系変動に負けないアフリカの農村づくり, ハフィントンポスト, 2016年8月8日
http://www.huffingtonpost.jp/unic/africa_agriculture_b_11340962.html

(4) “Integrated research needed to minimize dangers of climate change” (国際会議開催についてのガーナ地元メディアの報道)、Daily Graphic, 3 Feb, 2017.

(5) “Set standards for fruits and vegetables” (国際会議開催についてのガーナ地元メディアの報道)、Daily Graphic, 2 Feb, 2017.

(6) “Vice chancellor calls for certification of Ghana’ s fruits and vegetables” (国際会議開催についてのガーナ地元メディアの報道)、Ghana News Agency, 2 Feb, 2017.
<http://www.ghananewsagency.org/science/vice-chancellor-calls-for-certification-of-ghana-s-fruits-and-vegetables-112871>

(7) “Japanese ambassador pays courtesy call on the vice-chancellor of UDS” (国際会議開催についての UDS ホームページへの掲載)、UDS, 2 Feb, 2017.
<http://www.uds.edu.gh/recent-news/japanese-ambassador-pays-courtesy-call-on-the-vice-chancellor-of-uds>

(8) “KTCSR outdoors Ghana Model” (ガーナモデル、研究教育センター(KTCSR)についての UDS ホームページへの掲載)、UDS, 11 Feb, 2017.
<http://www.uds.edu.gh/recent-news/ktcsr-outdoors-ghana-model>

V. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

別紙参照

VI. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

VII. その他（非公開）

以上

成果発表等
 (1) 論文発表等 [研究開始～現在の全期間] (公開)
 原著論文 (相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名, 論文名, 掲載誌名, 出版年, 巻数, 号数, はじめ - おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項 (分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2017	Abdul-Ganiyu, S., Ishikawa, H., Adongo, T.A., Kranjac-Berisavljevic, G., Integrated Application of Co-compost and Inorganic Fertilizer on Growth and Yield Response of Maize (<i>Zea mays</i> L.) at Different Planting Distances in the Northern Region of Ghana, <i>African Journal of Food and Integrated Agriculture</i>		国際誌	accepted	
2017	Abdul-Ganiyu, S., Ishikawa, H., Adongo, T.A., Kranjac-Berisavljevic, G., Evaluating Borehole Performance in Tolon and Wa West Districts of Northern Ghana, <i>African Journal of Applied Research</i>		国際誌	accepted	
2017	Fujita, I., Kobayashi, K., Logah, F.Y., Teye-Oblim, F., Alfa, B., Tateguchi, S., Kankam-Yeboah, K., Appiah, G., Asante-Sasu, C.K., Kawasaki, R., Ishikawa, H.: Accuracy of KU-STIV for discharge measurement in Ghana, Africa, <i>Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1. (Hydraulic Engineering)</i> , Vol. 71, 2017 (accepted)		国内誌	出版済み	
2016	Abdul-Ganiyu, S., Ishikawa, H., Adongo, T.A., Kranjac-Berisavljevic, G.: Effect of Different Planting Methods on Soil Moisture Content and Yield of Paddy Rice Under Rain-fed Condition in Wa West District of Upper West Region of Ghana, <i>International Journal of Science and Technology</i> , 2016, Vol. 6 (10)		国際誌	出版済み	
2016	Boafo, Y. A., Saito, O., Jasaw, G.S., Otsuki, K., Takeuchi, K.: Provisioning ecosystem services-sharing as a coping and adaptation strategy among rural communities in Ghana's semi-arid ecosystem, <i>Ecosystem Services</i> , 2016, Vol. 19, pp. 92-102		国際誌	出版済み	
2016	Mensah, R., Antwi, E.K., Attua, E.M., Chimsah, F.A., Boakye-Danquah, J., Sackey, I.: Biodiversity of Woody Species and their Utilization in a Savannah Ecological zone of Northern Ghana. <i>Journal of Biodiversity and Environmental Sciences</i> , 2016, Vol 8 (3), pp. 22-45		国際誌	出版済み	
2015	Abdul-Ganiyu, S., Osei-Mensah, B., Apusiga, T.A., Ishikawa, H., Kranjac-Berisavljevic, G.: Effects of Different Planting Distance on Soil moisture content and Yield of Maize (<i>Zea mays</i> L.) in Tolon District of Northern Region, Ghana, <i>Greener Journal of Agricultural Sciences</i> , 2015, 5(7), pp. 265-277	DOI: 10.15580/GJAS.2015.7.100415139	国際誌	出版済み	
2015	Antwi, E.K., Boakye-Danquah, J., Owusu, A.B., Boafo, Y. A., Mensah, R., Apronti, T.P.: Community Vulnerability Assessment Index for Flood Prone Savannah Aro-Ecological Zone: A Case Study of Wa West District, Ghana. <i>Weather and Climate Extremes</i> , 2015, Vol 10 (2), pp. 56-69	doi:10.1016/j.wace.2015.10.008	国際誌	出版済み	
2015	Apronti, P.T., Osamu, S., Otsuki, K., Kranjac-Berisavljevic, G.,: Education for Disaster Risk Reduction (DRR): Linking Theory with Practice in Ghana's Basic Schools. <i>Sustainability</i> , 2015, Vol 7, pp. 9160-9186	doi:10.3390/su7079160	国際誌	出版済み	
2015	Boafo, Y.A., Saito, O., Kato, S., Kamiyama, C., Takeuchi, K., Nakahara M.: The role of traditional ecological knowledge in ecosystem services management: the case of four rural communities in Northern Ghana, <i>International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management</i> , 2015, Vol. 12, pp. 24-38	DOI:10.1080/21513732.2015.1124454	国際誌	出版済み	
2015	Jasaw, G.S., Saito, O. and Takeuchi, K.: Shea (<i>Vitellaria paradoxa</i>) Butter Production and Resource Use by Urban and Rural Processors in Northern Ghana, <i>Sustainability</i> , 2015, vol. 7, pp. 3592-3614	doi:10.3390/su7043592	国際誌	出版済み	
2015	Samaddar, S., Yokomatsu, M., Dayour, F., Oteng-Ababio, M., Dzivenu, T., Adams M., Ishikawa, H.: Evaluating effective public participation in disaster management and climate change adaptation: insights from northern Ghana through a user-based approach. <i>Risk, Hazards & Crisis in Public Policy</i> , 2015, 6 (1), pp. 117 -143	10.1002/rhc3.12075	国際誌	出版済み	

2014	Antwi, E.K., Otsuki, K., Saito, O., Obeng, F.K., Gyekye, K.A., Boakye-Danquah, J., Bofo, Y.A., Kusakari, Y., Yiran, G.A.B., Owusu, A.B., Asubonteng, K.O., Dzivenu, T., Avornyo, V.K., Abagale, F.K., Jasaw, G.S., Lolig, V., Ganiyu, S., Donkoh, S.A., Yeboah, R., Kranjac-Berisavljevic, G., Gyasi, E.A., Minia, Z., Ayuk, E., Matsuda, H., Ishikawa, H., Ito, O., and Takeuchi, K.: Developing a Community-Based Resilience Assessment Model with Reference to Northern Ghana. Journal of Integrated Disaster Risk Management, 2014, Vol. 4, Issue 1, pp. 73-92	10.5595/idrim.2014.0066	国際誌	出版済み	
2014	Antwi, E.K., Boakye-Danquah, J., Boahen, A.S., Yiran, G., Seyram, K.L., Awere, G.K., Abagale, F.K., Asubonteng, K.O., Attua, M.E., and Owusu, A.B.: Land Use and Landscape Structural Changes in the Ecoregions of Ghana. Journal of Disaster Research, 2014, Vol. 9 No. 4, pp. 452-467		国際誌	出版済み	
2014	Avornyo, V.K., Ito, O., Kranjac-Berisavljevic, G., Saito, O., and Takeuchi, K.: Cropping Systems in Some Drought-Prone Communities of the Northern Region of Ghana: Factors Affecting the Introduction of Rice. Journal of Disaster Research, 2014, Vol. 9 No. 4, pp. 475-483		国際誌	出版済み	
2014	Bofo, Y. A., Asiedu, A. B., Addo, K. A., Antwi, K. E., and Boakye-Danquah, J.: Assessing Landcover Changes from Coastal Tourism Development in Ghana: Evidence from the Kokrobite-Bortianor Coastline. Accra, Civil and Environmental Research, 2014, Vol. 6, No. 6, pp. 9-19		国際誌	出版済み	
2014	Bofo, Y.A., Saito, O., and Takeuchi, K.: Provisioning Ecosystem Services in Rural Savanna Landscapes of Northern Ghana: An Assessment of Supply, Utilization, and Drivers of Change. Journal of Disaster Research, 2014, Vol. 9 No. 4, pp. 501-515		国際誌	出版済み	
2014	Boakye-Danquah, J., Antwi, E.K., Saito, O., Abekoe, M.K., and Takeuchi, K.: Impact of Farm Management Practices and Agricultural Land Use on Soil Organic Carbon Storage Potential in the Savannah Ecological Zone of Northern Ghana. Journal of Disaster Research, 2014, Vol. 9 No. 4, pp. 484-500		国際誌	出版済み	
2014	Kusakari, Y., Asubonteng, K.O., Jasaw, G.S., Dayour, F., Dzivenu, T., Lolig, V., Donkoh, S.A., Obeng, F.K., Gandaa, B., and Kranjac-Berisavljevic, G.: Farmer-Perceived Effects of Climate Change on Livelihoods in Wa West District, Upper West Region of Ghana. Journal of Disaster Research, 2014, Vol. 9 No. 4, pp. 516-528		国際誌	出版済み	
2014	Lolig, V., Donkoh, S.A., Obeng, F.K., Kodwo, A.I.G., Jasaw, G.S., Kusakari, Y., Asubonteng, K.O., Gandaa, B., Dayour, F., Dzivenu, T., and Kranjac-Berisavljevic, G.: Households' Coping Strategies in Drought- and Flood-Prone Communities in Northern Ghana. Journal of Disaster Research, 2014, Vol. 9 No. 4, pp. 542-553		国際誌	出版済み	
2014	Mohan, G., Matsuda, H., Donkoh, S. A., Lolig, D. V., and Abbeam, G. D.: Effects of Research and Development Expenditure and Climate Variability on Agricultural Productivity Growth in Ghana. Journal of Disaster Research, 2014, Vol. 9 No. 4, pp. 443-451		国際誌	出版済み	
2014	Otsuki, K., Jasaw, G.S., and Lolig, V.: Framing Community Resilience through Mobility and Gender. Journal of Disaster Research, 2014, Vol. 9 No. 4, pp. 554-562		国際誌	出版済み	
2014	Samaddar, S., Yokomatsu, M., Dzivenu, T., Oteng-Abadio, M., Adams, M.R., Dayour, F., and Ishikawa, H.: Assessing Rural Communities Concerns for Improved Climate Change Adaptation Strategies in Northern Ghana. 2014, Journal of Disaster Research, Vol. 9 No. 4, pp. 529-541		国際誌	出版済み	
2014	Sawai, N., Kobayashi, K., Apip, Takara, K., Ishikawa, H., Yokomatsu, M., Samaddar, S., Juati, A.-N., and Kranjac-Berisavljevic, G.: Impact of Climate Change on River Flows in the Black Volta River. Journal of Disaster Research, Journal of Disaster Research, 2014, Vol. 9 No. 4, pp. 432-442		国際誌	出版済み	

論文数	24 件
うち国内誌	1 件
うち国際誌	23 件
公開すべきでない論文	0 件

原著論文(上記 以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ - おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2014	Antwi, E.K., Boakye-Danquah, J., Asabere, B.S., Takeuchi, K., and Wiegleb, G. Land Cover Transformation in Two Post-Mining Landscapes Subjected to Different Ages of Reclamation since Dumping of Spoils, SpringerPlus, 2014, Vol. 3, (1), pp. 1-22	DOI: 10.1186/2193-1801-3-702.	国際誌	出版済み	
2014	Inatsu, M., Nakayama, T., Maeda, Y., Matsuda, H.: Dynamical Downscaling for Assessment of the Climate in Ghana, Journal of Disaster Research, 2014, Vol.9, No.4, pp. 412-421		国際誌	出版済み	
2014	Kranjac-Berisavljevic, G., Abdul-Ghanyu, S., Gandaa, B.Z., and Abagale, F.K.: Dry Spells Occurrence in Tamale, Northern Ghana –Review of Available Information. Journal of Disaster Research, 2014, Vol. 9 No. 4, pp. 468-474		国際誌	出版済み	
2014	Tachie-Obeng, E., Hewitson, B., Gyasi, E. A., Abekoe, M. K., and Owusu, G.: Downscaled Climate Change Projections for Wa District in the Savanna Zone of Ghana, Journal of Disaster Research, 2014, Vol. 9 No. 4, pp. 422-431		国際誌	出版済み	
2014	Zhang, S., Yokomatsu, M.: Disaster Risk and Effect of Informal Insurance on Human Capital Formation in Rural Areas of Developing Countries, Journal of Integrated Disaster Risk Management, 2014, Vol.4, No.2, pp.27-49		国際誌	出版済み	
2013	Mohan, G. and Matsuda, H. : Regional level total factor productivity growth in Ghana agriculture, Journal of Economics and Sustainable Development, 2013, Vol. 4, No.5, pp. 195-206		国際誌	出版済み	

論文数 6 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 6 件
 公開すべきでない論文 0 件

その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年	出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2017	Saito, O., Boafo, Y.A., Jasaw, G.S.: General Introduction: Toward Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, In: Kazuhiko, T., Gyasi, E.A., Gordana, K., Saito, O. (Eds.). Building Integrated Resilience Strategy against Climate and Ecosystem Changes for Sub-Saharan Africa. Springer. September, 2017, Chapter 1	書籍	accepted	
2017	Saito, O., Boafo, Y.A., Jasaw, G.S., Antwi, E.K., Kikuko, S., Kranjac-Berisavljevic, G., Yeboah, R., Obeng, F., Gyasi, E.A., Takeuchi, K.: The Ghana Model for Resilience Enhancement in Semi-Arid Ghana: Conceptualization and Social Implementation with Seven Principles, In: Kazuhiko, T., Gyasi, E.A., Gordana, K., Saito, O. (Eds.). Building Integrated Resilience Strategy against Climate and Ecosystem Changes for Sub-Saharan Africa. Springer. September, 2017, Chapter 2	書籍	accepted	
2017	Danso I., Gaiser T., Webber, H., Naab, J., Ewert, F., Response of maize to different nitrogen application rates and tillage practices under two slope positions in the face of current climate variability in the Sudan Savanna of West Africa, In: Kazuhiko, T., Gyasi, E.A., Gordana, K., Saito, O. (Eds.). Building Integrated Resilience Strategy against Climate and Ecosystem Changes for Sub-Saharan Africa. Springer. September, 2017, Chapter 3	書籍	accepted	
2017	Amikuzuno, J.: Socioeconomic impacts of climate change on the livelihood and adaptation strategies of smallholder farmers in the Upper White Volta Basin of Ghana, In: Kazuhiko, T., Gyasi, E.A., Gordana, K., Saito, O. (Eds.). Building Integrated Resilience Strategy against Climate and Ecosystem Changes for Sub-Saharan Africa. Springer. September, 2017, Chapter 5	書籍	accepted	
2017	Ganiyu, S., Kye-Baffour, N., Agyare, W., Dogbe, W.: Evaluating the effect of irrigation on paddy rice yield by applying the AquaCrop model in Northern Ghana, In: Kazuhiko, T., Gyasi, E.A., Gordana, K., Saito, O. (Eds.). Building Integrated Resilience Strategy against Climate and Ecosystem Changes for Sub-Saharan Africa. Springer. September, 2017, Chapter 6	書籍	accepted	
2017	Donkoh, S., Ansah, I., Adzawla, W., Amfo, B.: Farmers' livelihoods and welfare in the Wa West District, Upper West Region of Ghana, In: Kazuhiko, T., Gyasi, E.A., Gordana, K., Saito, O. (Eds.). Building Integrated Resilience Strategy against Climate and Ecosystem Changes for Sub-Saharan Africa. Springer. September, 2017, Chapter 7	書籍	accepted	
2017	Chimsah F.A., Dittoh, S., Dzomeku, K.: Diversity and dispersion patterns of tree species within household farmlands and open parklands in the Talensi area of Northern Ghana, In: Kazuhiko, T., Gyasi, E.A., Gordana, K., Saito, O. (Eds.). Building Integrated Resilience Strategy against Climate and Ecosystem Changes for Sub-Saharan Africa. Springer. September, 2017, Chapter 8	書籍	accepted	
2017	Antwi, E.K., Mensah, R., Attua, E.M., Yiran, G., Boakye-Danquah, J., Ametepe, R., Adjei, B.D. Sustainable Land and Ecosystem Management in a Traditional Society of the Savannah Ecological Zone, In: Kazuhiko, T., Gyasi, E.A., Gordana, K., Saito, O. (Eds.). Building Integrated Resilience Strategy against Climate and Ecosystem Changes for Sub-Saharan Africa. Springer. September, 2017, Chapter 9	書籍	accepted	

2017	Issaka, Y. B.: Non-timber forest products, climate change resilience, and poverty alleviation in Northern Ghana. In: Kazuhiko, T., Gyasi, E.A., Gordana, K., Saito, O. (Eds.), Building Integrated Resilience Strategy against Climate and Ecosystem Changes for Sub-Saharan Africa. Springer. September, 2017, Chapter 10		書籍	accepted	
2017	Jasaw, G.S., Saito, O. and Takeuchi, K.: Material flow analysis of shea butter production systems: Implications for sustainability in semi-arid Ghana. In: Kazuhiko, T., Gyasi, E.A., Gordana, K., Saito, O. (Eds.), Building Integrated Resilience Strategy against Climate and Ecosystem Changes for Sub-Saharan Africa. Springer. September, 2017, Chapter 11		書籍	accepted	
2017	Abarikea, A.M., Yeboah, R.W.N., Dzomeku, I.K.: Strategies of farmers in the Bawku West district of GHANA to mitigate the impacts of climate variability on farming. In: Kazuhiko, T., Gyasi, E.A., Gordana, K., Saito, O. (Eds.), Building Integrated Resilience Strategy against Climate and Ecosystem Changes for Sub-Saharan Africa. Springer. September, 2017, Chapter 12		書籍	accepted	
2017	Oku, E. E.: Green farming practices for climate change mitigation and adaptation: A comparison of conventional practices and Vetiver technology. In: Kazuhiko, T., Gyasi, E.A., Gordana, K., Saito, O. (Eds.), Building Integrated Resilience Strategy against Climate and Ecosystem Changes for Sub-Saharan Africa. Springer. September, 2017, Chapter 13		書籍	accepted	
2017	Samaddar, S.: The role and nature of trust in risk communication: insights from climate-induced risks prone rural communities in Wa West district, Ghana. In: Kazuhiko, T., Gyasi, E.A., Gordana, K., Saito, O. (Eds.), Building Integrated Resilience Strategy against Climate and Ecosystem Changes for Sub-Saharan Africa. Springer. September, 2017, Chapter 14		書籍	accepted	
2017	Antwi, E.K., Boakye-Danquah, J., Gyekye, K.A., Barima, A.O., Botchwey, I., Ametepe, R. Examining farm management practices: Implications for Food Crop Production Under Different Agricultural Land Preparations in Semi-Arid Ghana. In: Kazuhiko, T., Gyasi, E.A., Gordana, K., Saito, O. (Eds.), Building Integrated Resilience Strategy against Climate and Ecosystem Changes for Sub-Saharan Africa. Springer. September, 2017, Chapter 15		書籍	accepted	
2017	Gyasi, E.A.: Adaptation to climate change: Lessons from farmer responses to environmental changes in Ghana. In: Kazuhiko, T., Gyasi, E.A., Gordana, K., Saito, O. (Eds.), Building Integrated Resilience Strategy against Climate and Ecosystem Changes for Sub-Saharan Africa. Springer. September, 2017, Chapter 16		書籍	accepted	
2017	Apronti P.T., Boakye-Danquah, J., Antwi, E.K. The State of Disaster Risk Reduction Mainstreaming in Pre-Tertiary Education in Ghana: An Exploratory Study. In: Kazuhiko, T., Gyasi, E.A., Gordana, K., Saito, O. (Eds.), Building Integrated Resilience Strategy against Climate and Ecosystem Changes for Sub-Saharan Africa. Springer. September, 20, Chapter 17		書籍	accepted	
2017	Saito, O., Bofo, Y.A., Jasaw, G.S., Kranjac-Berisavljevic, G., Yeboah, R.W.N., Obeng, F.K., Mensah, A., Gordon, C., Takeuchi, K.: Internationalization and Localization of the Ghana Model: Lessons Learned, Opportunities for Upscaling and Future Directions. In: Kazuhiko, T., Gyasi, E.A., Gordana, K., Saito, O. (Eds.), Building Integrated Resilience Strategy against Climate and Ecosystem Changes for Sub-Saharan Africa. Springer. September, 20, Chapter 18		書籍	accepted	

著作物数 17 件
公開すべきでない著作物 0 件

その他の著作物(上記 以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ - おわりのページ		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2016	齊藤・ガーナ北部の農村地域を対象としたレジリエンス評価と地元住民との対話。気候変動下の水・土砂災害適応策 社会実装に向けて - 2016.近代科学社 . 148-149		書籍	発表済	

著作物数 1 件
公開すべきでない著作物 0 件

研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項
2015	2015年9月から10月にかけて、国連大学で開講される集中コア・コース((C course)の二科目(Global Change and Resilience, Natural Capital and Biodiversity)をガーナ側の若手研究員5名が受講した。		
2015	2015年7月13～15日にガーナ大学においてStatistic Downscaling Trainingを実施。参加者は21名。7月16～18日にかけてDSSAT Crop Modeling Trainingを実施。		
2014	2014年9月から10月にかけて、国連大学で開講される集中コア・コース((C course)の二科目(Global Change and Resilience, Natural Capital and Biodiversity)をガーナ側の若手研究員2名が受講した。		

著作物数 3 件
公開すべきでない著作物 0 件

成果発表等

(2) 学会発表 [研究開始～現在の全期間] (公開)

学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2017	国際学会	G. Mohan, G. Shaibu Abdul, and M. Hirotaka (University of Tokyo, University for Development Studies): The potential impacts of climate change and adaptation strategies on maize (obatanpa) production in drought prone communities in Northern Ghana. Second agriculture and climate change conference, Climate ready resource use-efficient crops to sustain food and nutritional security, Meli áSitges, Sitges (near Barcelona), Spain. Organized by Elsevier, 26 - 28 March 2017.	ポスター発表
2017	国際学会	Mohan Geetha, Abdul-Ganiyu Saibu, Hirotaka Matsuda and Masaru Inatsu (University of Tokyo, University for Development Studies, and Hokkaido University): The effects of climate change and farm management practices on Maize crop yield in Northern Ghana. International Conference on Transformations in Food, Energy and the Environment, Australian Agricultural & Resource Economics Society (AARES), Brisbane, Australia, 7-10 February 2017.	口頭発表
2017	国際学会	Mohan Geetha, Abdul-Ganiyu Saibu, Hirotaka Matsuda and Ishikawa Hirohiko (University of Tokyo, University for Development Studies & Kyoto University): Impacts of Climate Change and Different Planting Methods on Rice Yield under Rainfed Conditions in Wa West District of Northern Ghana. International Conference on Biodiversity, Climate Change Assessment and Impacts in Livelihood, Kathmandu, Nepal. 10-12 January, 2017.	ポスター発表
2015	国際学会	Antwi, E.A. 6th International Conference on Sustainability Science 2016 (ICSS 2016). Integrated approach towards sustainable livelihoods and ecosystems restoration in mine damaged communities: Enhancing community resilience. 2-3 March, 2016. Stellenbosch Institute for Advanced Studies (STIAS).	招待講演
2014	国際学会	Antwi, E.A., Boakye-Danquah, J., Mensah, R., Saito, O., and Owusu, G. (UNU-IAS, University for Development Studies (UDS)): Towards sustainable land and biodiversity management in traditional society of savannah ecological zone. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Boafo, Y.A. Jasaw, G.S., Saito, O., Boakye-Danquah, J., and Takeuchi, K. (UNU-IAS, UDS): Bushfires and agroecosystems change in northern Ghana: insights from rural households in the Wa West District, Upper West region. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Donkoh, S.A., Adzawla, W., Danso-Abbeam, G., Lolig, V., Mohan, G., Matsuda, H. (UDS, The University of Tokyo): The effects of climate variability on agricultural productivity in Ghana. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Ishikawa, H., Weiqiang, M.A., Juati, A.-N. A., and Ansah, S.O. (Kyoto University, Ghana Meteorological Agency (GMet)): Comparison of GSMaP mvk data with surface data at semi-arid regions in Africa. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Ishikawa, H., Juati, A.-N., Kobayashi, K., Ansah, S.O., Nunepkeku, P., and Berisavljevic-Kranjac, G. (Kyoto University, GMet, Kobe University, UDS): Validating GSMaP satellite rainfall data with in situ data to facilitate the improvement of algorithms for rainfall estimation using satellite imagery for Ghana. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Ishikawa, H., Juati, A.-N., Ansah, S.O., Nunepkeku, P., Kobayashi, K., and Berisavljevic-Kranjac, G. (Kyoto University, GMet, Kobe University, UDS): Numerical weather prediction trial: the weather research and forecasting (WRF) model. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Juati, A.-N., Ishikawa, H., Yorke, C., Ansah, S.O., Nunepkeku, P., Kobayashi, K., and Berisavljevic-Kranjac, G. (GMet, Kyoto University, Kobe University, UDS): Analysis of climate extremes in northern Ghana. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Kobayashi, K., Kotera, A., Kimura, K., Notoya, T., Kiriya, T., Inoue, M., Sawai, N., Ishikawa, H., Juati, A.-N., and Berisavljevic-Kranjac, G. (Kobe University, GMet, Kyoto University, UDS): Development of a Volta-river catchment flood model. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表

2014	国際学会	Antwi, E.K., Boakye-Danquah, J., Awere-Gyekye, K., Owusu, B., Yiran, G.A.B., Abekoe, K. (The University of Tokyo, UDS, University of Ghana): Role of agricultural land use and farm management practices for food security and climate change adaptation in semi-arid region of Ghana. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	□頭発表
2014	国際学会	Antwi, E.K., Boakye-Danquah, J., Yiran, G.A.B., Kufobge, S., and Owusu, B. (The University of Tokyo, UDS, University of Ghana): Community boundary and asset mapping: strategy for effective resource management in context of climate change adaptation. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	□頭発表
2014	国際学会	Mohan, G., Hirotsuka, M., Samuel, D., Adelina, M., and Victor, L. (The University of Tokyo, UDS, University of Ghana): Micro-level farmers' adaptation strategies to climate change in the semi-arid tropics in Tolon District, Ghana. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	□頭発表
2014	国際学会	Samaddar, S., Yokomatsu, M., Oteng-Ababio, M., Dayour, F., Dzivenu, T., and Ishikawa, H. (Kyoto University, GMet): The role and nature of trust in risk communication: insights from climate-induced risks prone rural communities in Wa West district, Ghana. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	□頭発表
2014	国際学会	Jaswa, G.S., Saito, O., and Takeuchi, K. (UNU-IAS, UDS): Material flow analysis for Shea butter production systems and ecological sustainability in Ghana: an exploratory study. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	□頭発表
2014	国際学会	Donkoh, S.A., Adzawla, W., Gershon, I., Lolig, V., Obeng, F.K., Kusakari, Y., Jasaw, G.S., Asubonteng, K.O., Dayour, F., Dzivenu, T., Gandaa, B., and Kranjac-Berisavljevic, G. (UDS, UNU-IAS, The University of Tokyo): Farmers' livelihoods and welfare impacts in Wa West district, Upper West region of Ghana. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	□頭発表
2014	国際学会	Apronti, P.T., Saito, O., Boakye-Danquah, B., and Bofo, Y.A. (UNU-IAS, UDS, University of Ghana): Mainstreaming disaster risk reduction (DRR) strategies in school curricula in Ghana: an exploratory study. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	□頭発表
2014	国際学会	Romanus, Z., Jasaw, G.S., Kusakari, Y., Lolig, V., Bofo, Y.A., Saito, O., and Takeuchi, K. (UDS, UNU-IAS, The University of Tokyo): Capacity development approaches for improved resilience in rural communities: key lessons from Tolon district of northern Ghana. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	□頭発表
2014	国際学会	Adams, M.R. and Jasaw, G.S. (UDS, UNU-IAS): Enhancing sustainable development for rural communities in semi-arid regions of Ghana --- evidence from Balefuli in Wa West District. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	□頭発表
2014	国際学会	Lolig, V., Jasaw, G.S., Obeng, F., and Donkoh, S. (UDS, UNU-IAS): An assessment of the knowledge, attitudes and practices among organizations on climate change in Tolon and Wa West districts, northern Ghana. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	□頭発表
2014	国際学会	Dayour, F., Jasaw, G.S., and Bofo, Y.A. (UDS, UNU-IAS): Residents' perception and adaptation/coping strategies to climate-related disasters in Bankpama, Wa west district, Ghana. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	□頭発表
2014	国際学会	Avornyo, V.K. and Ito, O. (UDS, UNU-IAS): Soil properties of six communities in the northern region of Ghana as affected by crop species and location. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	□頭発表

招待講演	1	件
□頭発表	21	件
ポスター発表	2	件

学会発表(上記 以外) (国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2015	国際学会	Subhajyoti Samaddar, F. K. Obeng, Z. Romanus, Muneta Yokomatsu and Hirohiko Ishikawa : What constitutes an effective community participation in disaster risk management? Voices from the fields of Ghana, The 6th Conference of the International Society for Integrated Disaster Risk Management (TIFAC –IDRiM Conference) on ‘Disaster Risk Reduction: Challenges and Opportunities for Sustainable Growth’ New Delhi, India, October 28-30, 2015.	口頭発表
2014	国際学会	O. Saito, N. Landreth, C. Kamiyama: An Integrated Approach for Ecosystem Assessment: Synergies and Tradeoffs in Satoyama Ecosystem Services, the Parallel Session 2-1 on Biological Diversity and Sustainable Development, Korea Environment Institute (KEI) International Conference 2014: Responding to Global Environmental Challenges for Sustainable Development, 2014, Seoul, 17-18 April 2014	招待講演
2014	国際学会	O. Saito, C. Kamiyama, N. Landreth, S. Hashimoto, and Ryo Kohsaka: A Synergy and Trade-off Analysis of Satoyama Landscapes for Addressing Key Challenges in Asia-Pacific Biodiversity and Ecosystem Service Assessments, Sustainable Management including the use of Traditional Knowledge in Satoyama and Other SELPs, Komatsu, Ishikawa, 1-2 May 2014	口頭発表
2014	国際学会	O. Saito, C. Kamiyama, S. Hashimoto, R. Kohsaka, K Kurisu, T Aramaki, K Hanaki: Integrated Ecosystem Assessment in Satoyama-Satoumi Landscapes, Japan: Two Case studies from a Remote Island and a Peninsula, Sustainable Landscape Futures Conference, Canberra, Australia, 10-11 July 2014	口頭発表
2014	国際学会	O. Saito: Sustainability Science in the Context of Biodiversity and Ecosystem Services, International Symposium on Sustainability Science: Understanding Climate Change Phenomena for Human Well-being, Universitas Padjadaran, Bandung, Indonesia, 8th -10th Sept. 2014	招待講演
2014	国際学会	Abagale, F.K., Berisavljevic-Kranjac, G., Shaibu, A.-G., Gandaa, B.Z. (UDS): Variation analysis of rainfall and temperature in northern savannahs of Ghana. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Berisavljevic-Kranjac, G. (UDS): Estimation of the amount of surface runoff contributed from Sissily-Kulpawn catchment within Ghana-Burkina Faso border using Curve Number (CN) method. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Gandaa, Z.B., Berisavljevic-Kranjac, G., and Shaibu, A.-G. (UDS): Estimating surface water runoff using Curve Number (CN) method and its effect on crop cultivation in the Bontanse basin. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Gyasi, E.A. and Gyekye, K.A. (University of Ghana): Towards climate change adaptation modelling: lessons from farmer responses to environmental changes in Ghana. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Berisavljevic-Kranjac, G. and Gandaa, Z.B. (UDS): Use of organic waste in urban horticulture – innovations and opportunities to increase agricultural resilience in Tamale metropolis, Ghana. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Gasparatos, A., Maltitz, G. von (The University of Tokyo): Jatropha production in Malawi and Mozambique: delineating ecosystem services and human wellbeing trade-offs. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Kato, S., Iiyama, N., Minamoto, N., and Kamada, M. (UNU-IAS, Tokushima University): Adaptive co-management of forest resources: a case of Takamaru-yama sennen no mori, Tokushima, Japan. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Ganiyu, S., Kye-Baffour, N., and Agyare, W. (UDS): Evaluating yield response of paddy rice to irrigation with application of the aquacrop model in northern region of Ghana. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Gandaa, Z.B., Berisavljevic-Kranjac, G., and Shaibu, A.-G. (UDS): Studies of resilience efforts by farmers in northern Ghana: indigenous tillage practices used to reduce to the effects of rainfall and temperature variation. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Kusakari, Y., Matsuda, H., and Takeuchi, K. (The University of Tokyo): Capacity assessment framework, processes and indicators: lessons from a sustainable rural livelihoods project in northern Ghana. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表
2014	国際学会	Obeng, F.K. and Awassena, R. (UDS): Determinants of climate change adaptation strategies by smallholder farmers in east Mamprusi district of northern region, Ghana. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	口頭発表

2014	国際学会	Asubonteng, K.O. and Loh, S.K. (UNU-INRA): Application of DPSIR framework to extreme climatic effects in Northern Ghana. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	ポスター発表
2014	国際学会	Loh, S.K. and Asubonteng, K.O. (UNU-INRA): Estimation of USLE 's C-factor using vegetation indices (Vis) for soil erosion modeling in Lake Bosumtwi. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	ポスター発表
2014	国際学会	Avtar, R., Saito, O., Kobayashi, H., Herath, S., Takeuchi, K. (UNU-IAS, Kyoto University): Assessment of spatio-temporal patterns of terrestrial ecosystem to climate variations using satellite data in Ghana. International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa, University for Development Studies, Tamale, Ghana, 6-7 August, 2014	ポスター発表
2013	国際学会	Shiyu Zhang, Muneta Yokomatsu: Disaster Risk and Effect of Informal Insurance on Human Capital Formation in Rural Areas of Developing Countries, The 4th Conference of the International Society for Integrated Disaster Risk Management, Northumbria University, Newcastle upon Tyne, UK, September 4-6, 2013.	口頭発表
2012	国内学会	横松宗太, 張詩雨: 開発途上国の農村地域における人的資本形成と自然災害, 人口流出に関する基礎的考察, 第46回土木計画学研究発表会・講演集, 202, 2012.	口頭発表
2013	国内学会	張詩雨, 横松宗太: 開発途上国農村部における災害リスク下の人的資本の蓄積過程に関する研究: インフォーマル保険と人口流出に着目して, 第47回土木計画学研究発表会・講演集, 34, 2013.	口頭発表
2013	国際学会	Antwi, E.A. 4th International Conference on Sustainability Science 2013 (ICSS 2013). Conflict on Conservation of Biodiversity and Production of Bioenergy in West Africa 16-18 September, 2013. Aix-Marseille Université - France.	口頭発表

招待講演	2 件
口頭発表	18 件
ポスター発表	3 件

成果発表等

(3)特許出願[研究開始～現在の全期間](公開)

国内出願

出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願

国内特許出願数 0 件
 公開すべきでない特許出願数 0 件

外国出願

出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願

外国特許出願数 0 件
 公開すべきでない特許出願数 0 件

・成果発表等

(4)受賞等[研究開始～現在の全期間](公開)

受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「 の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項

0件

マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2014	2014/8/8	Graphic Online	African govts urged to support research on climate change		1.当課題研究の成果である	国際会議開催についてのガーナ地元メディアの報道
2014	2014/8/29	日本海新聞	アフリカ支援につなぐ対策		2.主要部分が当課題研究の成果である	

2件

・成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	概要
2015	2017年2月2日	Social Implementation and Upscaling of the CECAR Ghana Model in Semi-Arid Africa	Alisa Hotel, North Ridge-Accra(ガーナ)	約90名(CECAR関係者、行政、企業からの参加者を含む)	アクラにて最終ワークショップを開催し、本プロジェクトで構築したガーナモデルについて行政関係者らに報告・共有し、現地での課題について議論・整理した。
2015	2017年1月31日	Enhancing community resilience against climate and ecosystem changes in Semi-Arid Africa: An Integrated Approach (Ghana Model)	University for Development Studies, Tamale(ガーナ)	約80名(CECAR関係者、行政、集落からの参加者を含む)	タマレにて最終ワークショップを開催し、本プロジェクトで構築したガーナモデルについて地域住民、リーダー、技術者に報告・共有し、現地での課題について議論・整理した。
2015	2015年8月6-7日	Climate and Ecosystem Change Adaptation and Resilience Research (CECAR Africa) Project Match Making Workshop Programme	University for Development Studies, Tamale(ガーナ)	約80名(CECAR関係者、行政、集落からの参加者を含む)	タマレにてワークショップを開催し、これまでのプロジェクト成果を地域住民、リーダー、技術者に報告・共有し、現地での課題についてグループワークでの議論をもとに整理した。
2014	2014年8月6-7日	International Conference on Enhancing Resilience to Climate and Ecosystem Changes in Semi-Arid Africa	University for Development Studies, Tamale(ガーナ)	約140名(内、CECAR関係者以外の参加者約100名)	これまでのプロジェクトの中間発表の場としてタマレで初の国際会議を開催し、約60もの口頭発表と12のポスター発表が行われ、活発な議論とプロジェクト内外の研究者やステークホルダーと意見交換が行われた。
2014	2014年8月8-11日	地域住民ワークショップ	Tolon District and Wa West District(ガーナ)	トロン郡6集落およびワ・ウエスト郡4集落で計7回のワークショップを行い、延べ参加者数は推定1,000人以上	コミュニティー・ワークショップを開催し、これまでのプロジェクト成果を地域住民、リーダー、技術者に報告・共有した。
2014	2014年9月24日	ミニ地域住民ワークショップ	Tolon District(ガーナ)	トロン郡4集落の代表者及び関係者約30名	コミュニティー・ワークショップを開催し、これまでのプロジェクト成果と今後の課題について議論した。
2011	2011年12月1-3日	SATREPS Joint Workshop on Improving Human Health Conditions and Resilience to Climate Change in Ghana	野口記念医学研究所、およびガーナ大学(ガーナ)	12月2日約230人 12月3日約200人	本研究課題と同じくガーナで展開する、地球規模課題対応国際科学技術協力平成21年度採択プロジェクト「ガーナ由来薬用植物による抗ウイルス及び抗寄生虫活性候補物質の研究(代表者:山岡昇司、東京医科歯科大学 大学院歯医学総合研究科 教授)」との交流が生まれ、二つのSATREPSプロジェクトが共同して、アフリカでの熱帯病分布と気候変動の関係を議論・情報発信するためのワークショップを開催した。

7件

合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2016	2016年8月22日	・テーマ別研究進捗の報告 ・研究計画の承認	25	JICA-JST最終評価現地調査に合わせて、第5回JCCをアクラにて開催した
2015	2015年8月4日	・テーマ別研究進捗の報告 ・研究計画の承認	23	タマレワークショップ開催に合わせて、第4回JCCをアクラにて開催した
2014	2014年9月24日	・テーマ別研究進捗の報告 ・研究計画の承認 ・ガーナ側の研究共同代表の追加承認	25	JICA-JST中間評価現地調査に合わせて、第3回JCCをアクラにて開催した
2013	2013年8月	・テーマ別研究進捗の報告 ・研究計画の承認	25	第2回JCCをアクラにて開催した
2012	2012年10月	・テーマ別研究進捗の報告 ・研究計画の承認	25	第1回JCCをアクラにて開催した

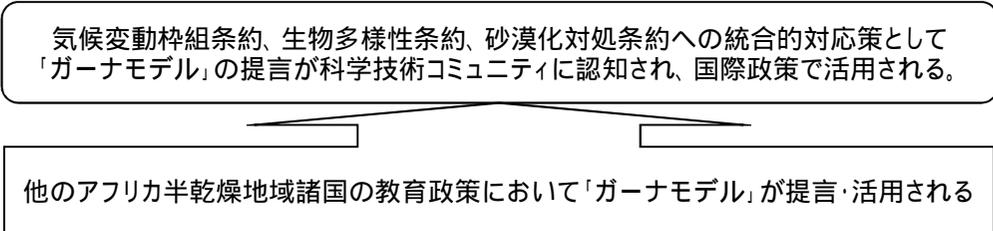
5件

研究課題名	アフリカ半乾燥地域における気候・生態系変動の予測・影響評価と統合的レジリエンス強化戦略の構築
研究代表者名 (所属機関)	武内和彦 東京大学サステナビリティ学連携研究機構
研究期間	2012年4月～2017年3月
相手国名	ガーナ共和国
主要相手国研究機関	ガーナ大学、ガーナ気象庁、国際連合大学アフリカ自然資源研究所、ガーナ開発学大学

JST従たる評価項目

日本の科学技術への貢献	・気候変動枠組み条約、生物多様性条約、砂漠化対処条約での日本のプレゼンス向上。 ・プロジェクト全体の成果をまとめた書籍(英文)の編纂・出版 ・当該分野の科学技術協力政策立案支援	
レビュー付き論文への掲載	「アフリカにおける気候・農業生態系変動」「異常気象災害リスク評価」「土壌・水資源管理」「災害ガバナンス」「能力開発」「統合的レジリエンス強化の方法論」などについて掲載(2件/年)	
科学技術の対話/情報発信	4回/年(学会等での発表)	
人材育成	地域住民、現地技術者、行政担当者、NGO関係者からの情報発信	参画学生・特任研究員名でレビュー付雑誌への論文掲載
構築されたモデルの展開	・半乾燥地域を有する近隣諸国へのガーナモデルの展開 ・対象地域でのBOPビジネスモデルの展開	

JST上位目標



JSTプロジェクト目標

