



Climate and Ecosystems Change Adaptation and Resilience Research



環境研究総合推進費
平成25年度終了課題成果報告会

研究課題番号: 1E-1101

課題名: アジア農村地域における伝統的生物生産方式を
生かした気候・生態系変動に対するレジリエンス
強化戦略の構築

研究代表者・所属: 武内和彦・東京大学

研究実施期間: 平成23年度 - 平成25年度

累積予算額: 132,770(千円)

I. 研究体制と研究開発目的

• 研究開発目的

- 1) アジア農村社会(ベトナム、インドネシア、スリランカを対象)における気候・生態系変動や社会・経済的変動に対するレジリエンスを定量的・定性的に評価
- 2) 生物多様性・生態系サービスや伝統的な知識・技術を生かしながら、地域のレジリエンスを高める生物生産システムを提案する

• 研究体制

サブテーマ1: 東京大学IR3S
生物生産システムの気候・生態系変動への適応に関する研究 (武内和彦・福士謙介・黒倉 壽・鴨下顕彦・只見康信)

サブテーマ2: 国際連合大学
伝統的知識・技術を生かしたレジリエンス強化策に関する研究 (スリカンタ=ヘーラト・梁 洛輝・齊藤 修・毛利英之)

サブテーマ3: 総合地球環境学
研究所
生物多様性保全と調和し生物生産に関する研究 (阿部健一・内藤大輔)

主な現地協力機関: **ベトナム国家大学ハノイ校・ガジヤマダ大学(インドネシア)・ペラデニア大学(スリランカ)**

※以下、サブテーマ(1)→サブテーマ(3)→サブテーマ(2)の順で発表

本研究の成果概要 – モザイクシステムの提案

気候・生態系変動、社会経済変動に対して、伝統的知識・技術と近代的知識・技術を組み合わせた
モザイクシステムによりレジリエントな社会を実現

東京大学IR3S

総合地球環境学研究所

サブテーマ1: 生物生産システムの気候・生態系変動への適応に関する研究

VACシステム+ 商業的大規模稲作(ベトナム)

アグロフォレストリー+商業的林業生産(インドネシア)

サブテーマ3: 生物多様性と調和した生物生産システムに関する研究



VACシステム



商業的大規模稲作

モザイクシステムの提案

伝統的灌漑システム+近代的灌漑システム (スリランカ)



プカランガン



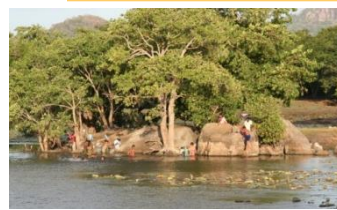
商業的林業生産

サブテーマ2: 伝統的知識・技術を生かしたレジリエンス強化策に関する研究

国際連合大学



気候・生態系変動 (Climate and Ecosystem Change)



伝統的灌漑システム



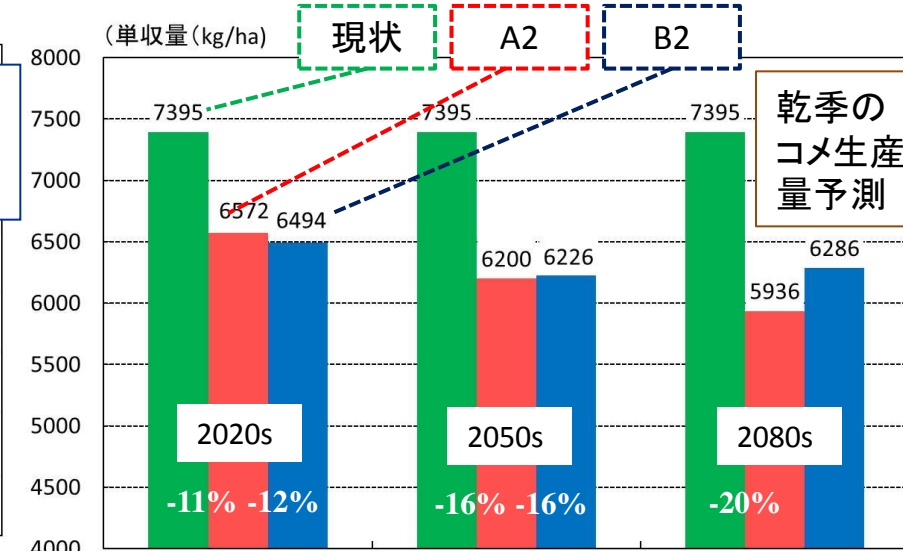
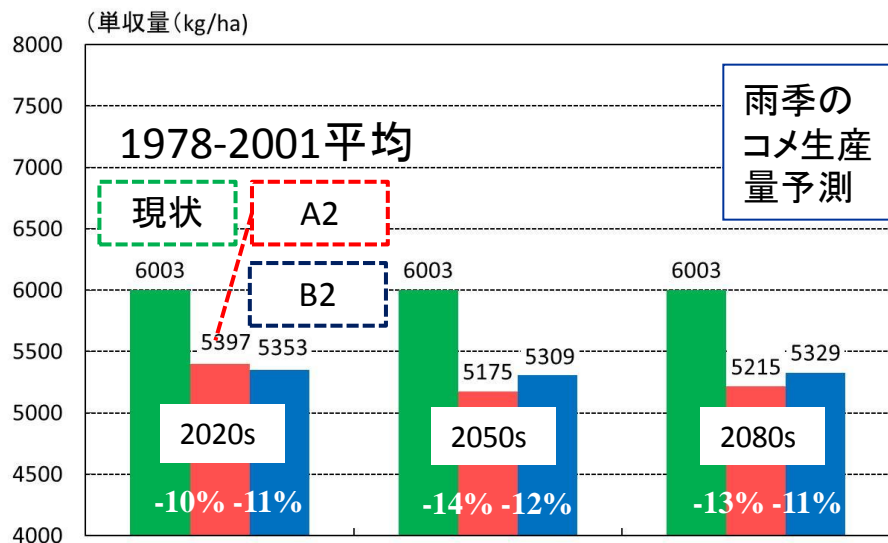
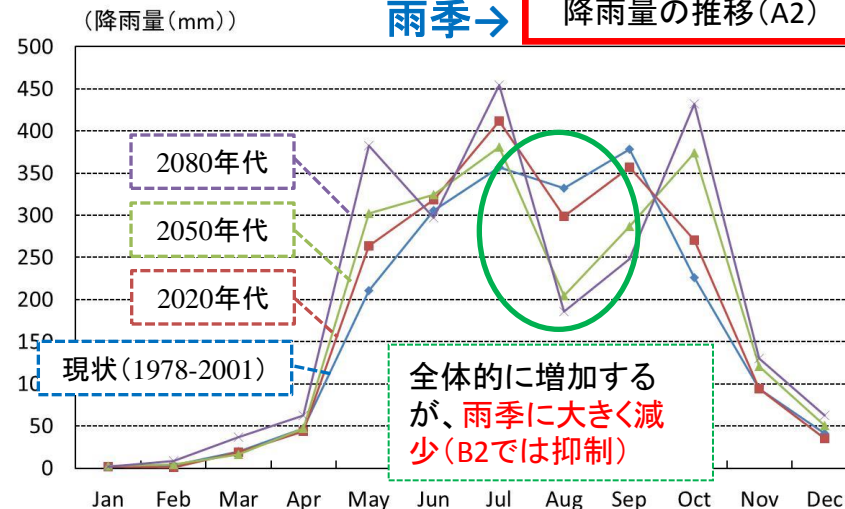
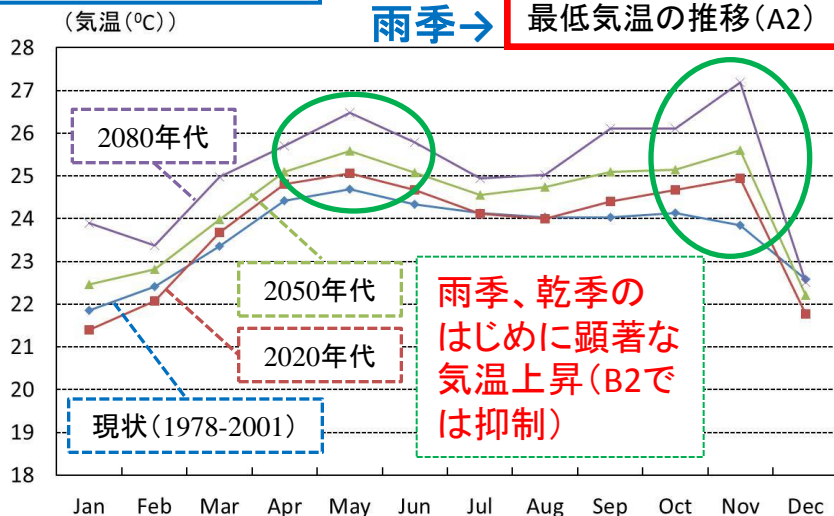
近代的灌漑システム



社会経済変動 (Socio-Economic Change)

気候変動の米生産への影響予測(サブテーマ1)

ベトナムの事例



- A2(多元化社会)**: 政治・経済のブロック化(貿易・人・技術の移動制限)、環境への関心が相対的に低下(CO₂排出量増大継続・3.4°C(2.0~5.4°C)の上昇(2100年まで))
- B2(地域共存型社会)**: 地域的な問題解決や世界の公平性重視、経済成長はやや低め、環境問題等は各地域で解決(CO₂排出量増大継続・2.8°C(1.4~3.8°C)の上昇(2100年まで))

気候変動による米の減収対策 - 品種選択による適応

スリランカにおける米品種別の収量変動予測
(2011-20平均変化率(%))

ベトナムにおける米品種間の収量の差異(2010)

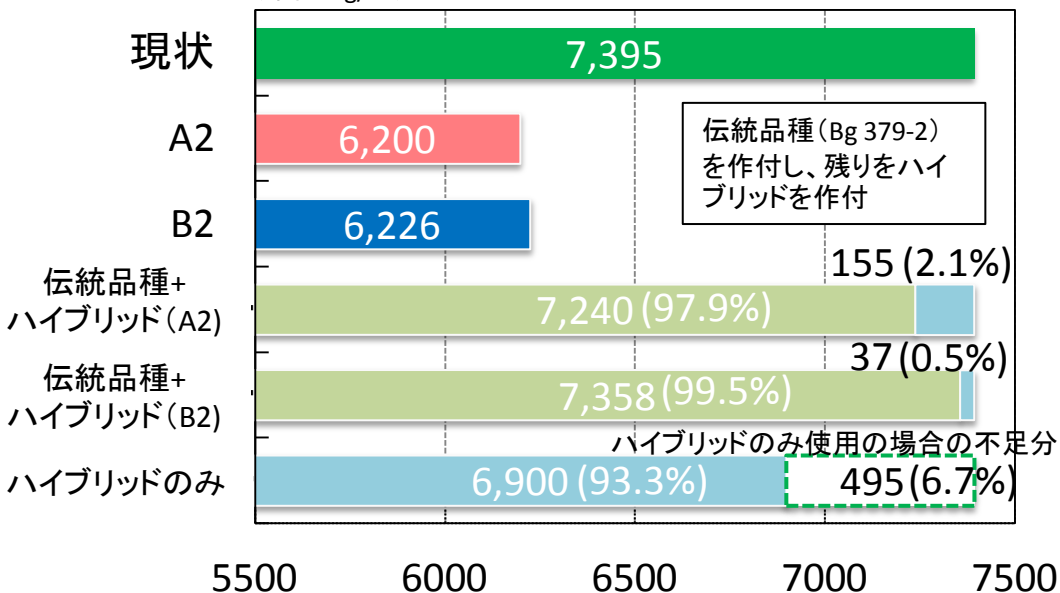
排出シナリオ	米品種			
	早生品種		晩生品種	
	Bg 250 (2.5ヶ月)	At 307 (3ヶ月)	Bg 357 (3.5ヶ月)	Bg 379-2 (4ヶ月)
A2	-13.6	-10.3	-6.0	-2.1
B2	-6.2	-5.1	-1.8	-0.5

	米品種	
	通常品種 (インブレッド)	ハイブリッド ライス
収量 (t/ha)	5.2	6.9
作付 面積 (%)	92	8

晩生品種のほうが収量の減少が少ない

ハイブリッドライスのほうが可能収量が高い

(単位: kg/ha)



伝統品種とハイブリッド品種の組み合わせによる生産減の補完
(2050年・乾季の場合)

- 伝統的な晩生品種のほうが気候変動影響による収量減少の程度は小さいことが示唆 (スリランカ)
- ハイブリッドライスの作付の増加(8%増)で生産維持(ベトナム)
- 冠水耐性新品種の採用(インドネシア)
- 伝統的品種を活用することを基本に、さらに近代的品種と組み合わせることで、気候変動に対するレジリエンスを高めることが可能であることが推定された

現地調査に基づくレジリエンス評価(サブテーマ3)

調査地区	気候・生態系/ 社会経済変動	システム	ショックに対 する対応	レジリエンス評価 (現状)	介入オプション	レジリエンス評 価(介入オプシ ョン後)
ホームガーデン ベトナム インドネシア スリランカ	<ul style="list-style-type: none"> 洪水/長乾季/ 降雨パターン変 動/病虫害/塩 水遡上 国際市場対応/ 市場経済浸透 	VAC/プカラン ガン/キャン ディアン・ ホームガー デン	<ul style="list-style-type: none"> 換金作物、商 業的家畜生産 食料自給 	気候・生態 : 高 ↘	<ul style="list-style-type: none"> 認証制度利用 共同体形成 複合生産による 物質循環強化 セーフティネット 機能強化 	気候・生態 : 高
				社会経済 : 低 ↗		社会経済 : 中
ベトナム スウアントウイ	<ul style="list-style-type: none"> 暴風雨・洪水 病虫害 塩水遡上 国際市場対応 市場経済浸透 	VAC	<ul style="list-style-type: none"> 商業的家畜 生産 	気候・生態 : 中 ↘	<ul style="list-style-type: none"> 認証制度利用 VACと稲作との 組み合わせによる 経営安定化 伝統-近代的品 種の組み合わせ 品質改善 	気候・生態 : 中
				社会経済 : 中 ↗		社会経済 : 高
		稲作	<ul style="list-style-type: none"> 灌漑取水口の 上流移動 品種選択 	気候・生態 : 低 ↘		気候・生態 : 中
				社会経済 : 中 ↘		社会経済 : 中
インドネシア グヌンキドウル	<ul style="list-style-type: none"> 長乾季 小雨・降雨パ ターン変動 洪水 国際市場対応 市場経済浸透 	社会林業/プ カランガン	<ul style="list-style-type: none"> 生業多様化 生物多様性 	気候・生態 : 高 →	<ul style="list-style-type: none"> 森林認証制度 利用 資源管理システ ム構築 産業植林のア グロフォレスト リー化 	気候・生態 : 中
				社会経済 : 低 →		社会経済 : 中
		産業植林	<ul style="list-style-type: none"> 高付加価値木 材販売 	気候・生態 : 低 →		気候・生態 : 中
				社会経済 : 高 →		社会経済 : 高
スリランカ キリノチ デドゥルオヤ マハウエリH	<ul style="list-style-type: none"> 乾燥・少雨化 内戦による 灌漑インフラの 破壊 国際市場対応 市場経済浸透 	伝統的貯水 タンク	<ul style="list-style-type: none"> 古代灌漑シス テム修復/利用 多機能性 	気候・生態 : 中 →	<ul style="list-style-type: none"> 新旧灌漑システ ムの統合 共同体形成 干ばつを避ける ための適正資 源管理システム 	気候・生態 : 高
				社会経済 : 低 ↘		社会経済 : 高
		新灌漑シス テム	<ul style="list-style-type: none"> 効率的利用 協働管理 	気候・生態 : 低 →		気候・生態 : 高
				社会経済 : 低 →		社会経済 : 高

伝統的なホーム・ガーデンシステムにおけるレジリエンス強化戦略(サブテーマ2)

アジア農村地域の伝統的なホームガーデンシステム

共通の特徴と課題

【特徴】

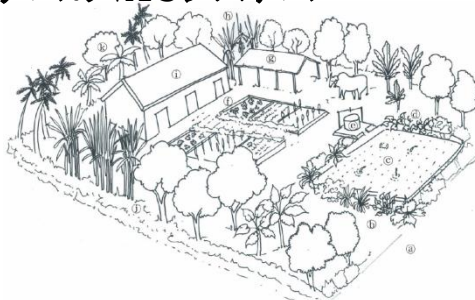
- ・少量多品種
- ・多様な生態系サービスの活用
- ・高い生物多様性
- ・様々なショックやかく乱に対して複数の選択肢を確保
- ・小規模農家中心

【課題(変動要因)】

- ・気候・生態系変動
- ・都市化・人口流出
- ・大規模化・商業化・モノカルチャー化
- ・国際市場圧力
- ・伝統知の次世代への継承

典型的なレイアウト

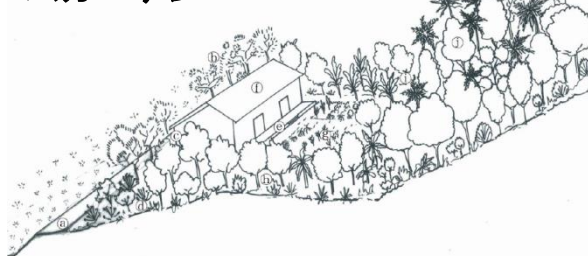
ベトナムのVACシステム



インドネシアのプカランガン



スリランカのキャンディアン・ホームガーデン



レジリエンス強化オプション

気候・生態系変動への対応

- ・伝統的な品種から環境変化に耐性のある品種まで**多品種生産**
- ・アグロフォレストリー, 養殖池, 家畜との**複合生産システム**による世帯内・集落内での**物質循環の向上**
- ・**集落労働** (Community-pooled labor)による**土壌侵食抑制と雨水集水機能の向上**

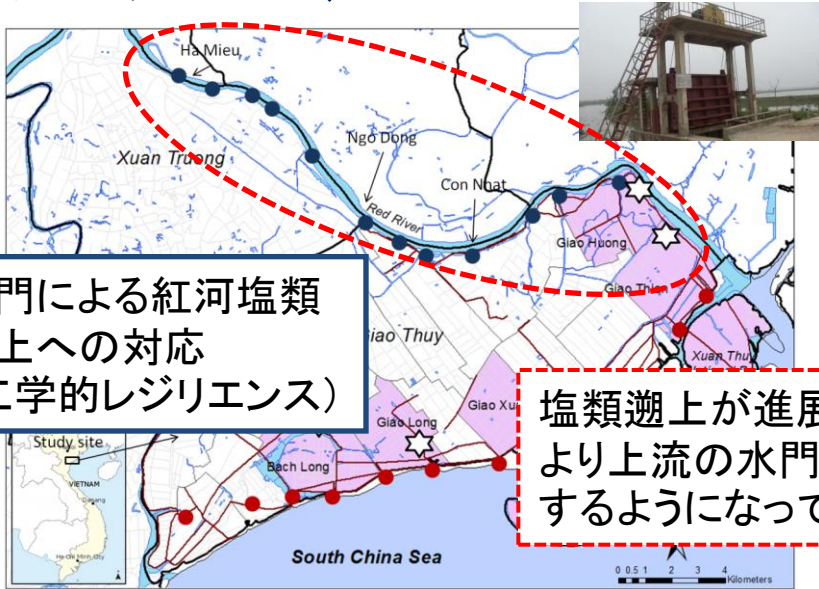
社会経済変動への対応

- ・**国際認証制度**の取得を通じた国際市場への**高付加価値産物**の販売
- ・生態系サービスへの支払いと地域生産物の買取り制度の導入等による**小規模農家へのインセンティブ**付与

上記レジリエンス強化オプションにより

いずれのホームガーデン・システムにおいても伝統的なシステムのレジリエンスの高さを引き続き維持しつつ、社会経済変動へ対応することで、よりレジリエンスを高めることが可能

伝統的生物生産システムと近代的生物生産システムの統合 (サブテーマ1)



水門による紅河塩類
遡上への対応
(工学的レジリエンス)

塩類遡上が進展し、
より上流の水門を使用
するようになっている



塩類遡上への作付対応 (生態的レジリエンス)

- 多収量品種(堤防から遠い非塩害圃場)から在来品種・もち米あるいはイネからイグサ(堤防に近い塩害圃場)へ作付を転換→**気候・生態系変動への対応**

社会経済変動に対応する生物生産システム (生態的レジリエンス)

- 伝統的なVACシステムをより市場経済の浸透に対応した形に変容
→**気候・生態系変動のみでなく社会経済変動等のリスクに対応**
- ベトナム版 GAP(農業生産工程管理)など**国際市場を意識した認証システム**の導入と生産物の**高品質化による高付加価値化**と市場対応
→**過度な効率性追求を抑制しつつ高収益を実現**

上記の強化戦略により、気候・生態系変動、および社会経済変動に対するレジリエンスを強化



生物多様性と調和した生物生産システム(サブテーマ3)

伝統的生物生産

Pekarangan

プカランガン(屋敷林)を中心とした
住民によるチーク植林

高い生物多様性を特徴

- 多様な植物種(49種)
- 多様な生物相(ほ乳類10種、鳥類30種、両生類15種)



プカランガンの役割

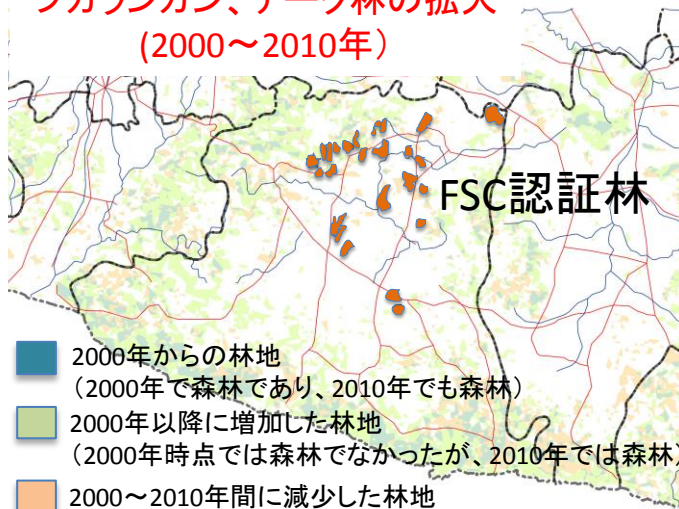
- コミュニティで利用
- チーク、マホガニー等の高価な財を、病気、教育、災害等などの出費が必要な場合に伐採して利用(貯蓄機能)



樹齢約300年ともいわれる巨木

インドネシア、グヌンキドゥルの事例

プカランガン、チーク林の拡大
(2000~2010年)



- 2000年からの林地
(2000年で森林であり、2010年でも森林)
- 2000年以降に増加した林地
(2000年時点では森林でなかったが、2010年では森林)
- 2000~2010年間に減少した林地

- 伝統的なホームガーデンであるプカランガンにより様々なショックに対応
- プカランガンにより社会経済変動にも対応
- 産業植林により社会経済変動への対応を高めつつ、アグロフォレストリー、森林認証制度により生物多様性保全(過度な効率性、経済性重視を是正)
- 両者を組み合わせることでレジリエンス強化

近代的生物生産

HTI (Hutan Tanaman Industry)

産業植林

Sengon (*Albizia chinensis*)

Kayu Putih (*Melaleuca leucadendron*)



土壌流出・農薬・肥料過多

枝、葉から油を搾るため低木で管理系外へのアウトプットが多い。病虫害。

林間での農業の奨励
(アグロフォレストリー)

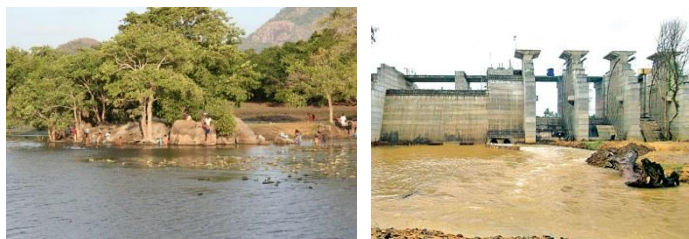
森林認証制度(FSC)

認証材のプレミアム化、販路の拡大、苗の提供農薬利用の規制、保護価値の高い森林の保全、生物多様性保全に貢献



2012年小規模チーク林のグループ認証取得
認証面積 330.5 ha
96の農民グループが加盟
認証材価格 3割増

伝統的灌漑システムと近代的灌漑システムの統合 (サブテーマ2)



伝統的タンク

新貯水池

デドゥルオヤ

新しい貯水池
と伝統的タンク
による灌漑

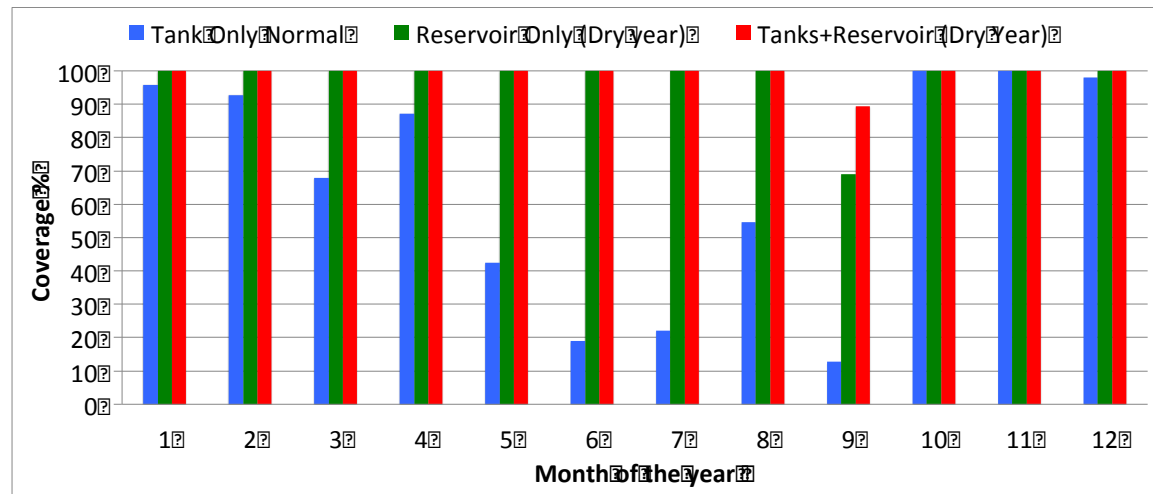
水力発電

灌漑



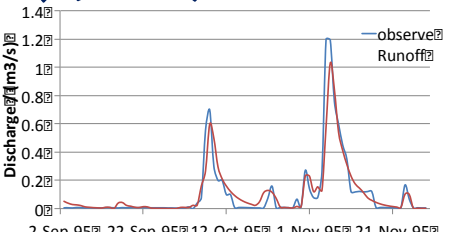
スリランカ・デドゥルオヤ
流域におけるモザイク
システムの試行

- スリランカ・デドゥルオヤ流域におけるモザイクシステムのテスト
- スリランカ6番目に大きな河川
集水域 - 2620 km²
90% - 中間帯
10% - 湿地帯
- 2007年着工、2014年完成予定

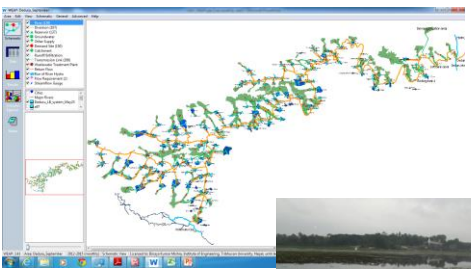


- 伝統的なシステムのみでは既存および新しい稲作生産への灌漑需要には応えることができない。
- 新貯水池(近代的)は通常年ではすべての需要に応えることができるが、渇水年(5年に1度の頻度)においては不十分
- 伝統的タンクと新貯水池の組み合わせはこれを向上させるが、もし水分配がそれぞれ行われた場合、水需要には応えられない
- 各貯水池における詳細の河川流量の分析、さらに新貯水池と伝統的タンクを組み合わせで運用する全体システムに関するモデルを構築

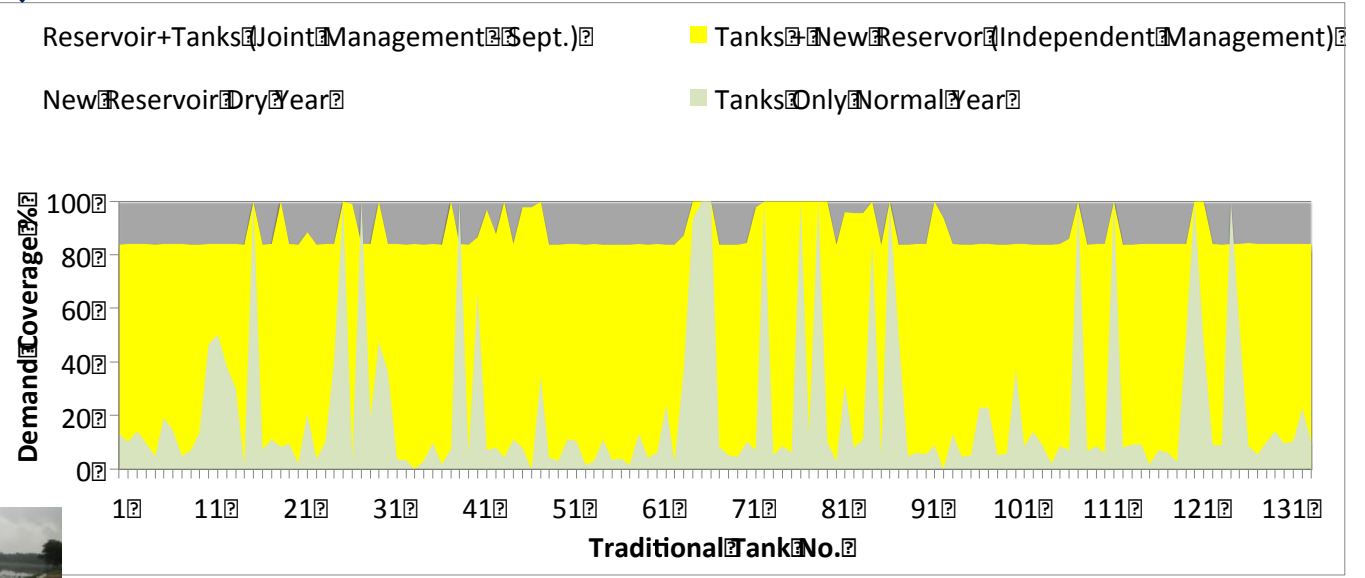
伝統的灌漑システムと近代的灌漑システムの統合 (サブテーマ2: ctd)



シミュレーションモデルの構築と貯水池への流入量のシミュレーション



伝統的タンクと新貯水池の組み合わせに関するシミュレーションモデル



渇水年9月の需要に応えるための共同管理

※総水需要、各貯水池における詳細な河川流量について分析・推計、伝統的タンクと新貯水池とを組み合わせ運用する全体システムモデルを構築し、渇水期における総水需要を満たす運用についてシミュレーションを行った

- ・ 渇水年9月の共同管理により、伝統的タンクにおける貯水を優先的に利用し、新貯水池と相互補完的に運用することで総水需要に対応できることが明らかになった
- ・ 共同管理オプションについても研究し、方法論、およびガイドラインを作成
- ・ MoU(覚書)をスリランカ灌漑局と締結し、本研究結果を活用することへの同意を得た(2014年2月コロンボにおいて局長と締結式を実施)



スリランカ灌漑局とのMoU

これまで得られた研究成果の科学的意義・知見

科学的意義・知見

- 従来の理論研究を踏まえた上で、概念のみでなく、**具体的にレジリエンスを評価・分析するフレームワークを構築し、現地調査・分析を行い事例に即して具体的な強化戦略を構築した**
- 緑の革命の成功体験に基づく品種改良での対応とは異なる、気候変動に対してより対応可能な**伝統品種を基本的に活用し、さらに近代品種を組み合わせることで気候・生態系変動適応戦略の構築可能性**を現地調査および統計分析より明らかとした
- 気候・生態系変動あるいは社会経済変動に対して、**ホームガーデン・システムが一般レジリエンスの高いシステム**であることを明らかにした。他方、ホームガーデンシステムは、**固有の自然的・社会経済的変動に対応し、その特徴を強化することで、よりレジリエントなシステムへと変容している**ことを明らかにした
- ベトナムにおけるVACシステムと稲作、インドネシアにおけるプカランガンと産業植林、およびスリランカの伝統的タンクと新貯水池にみるように、**伝統的システムと近代的システムを統合したモザイクシステム**により、従来の技術開発による対応とは異なる**生態系サービスに依拠したレジリエンス強化策**が構築できることを明らかにした

本研究の成果(1)

- 査読付論文(11本)

- 1) Wong, P. and Herath, S. (2014), Equity in bulk water allocation: the case of the Mahaweli Ganga Development Project in Sri Lanka, *International Journal of Water Resources Development*, DOI:10.1080/07900627.2014.882196
- 2) Dharmarathna, W.R.S.S., Herath, S. and Weerakoon, S.B. (2014), Changing the planting date as a climate change adaptation strategy for rice production in Kurunegala district, Sri Lanka, *Sustainability Science*, Springer, ISSN 1862-4065, Vol. 9, Number 1, 103-111.
- 3) Mohri, H., Lahoti, S., Saito, O., Mahalingam, A., Gunatilleke, N., Irham., Hoang, V. T., Hitinayake, G., Takeuchi, K. and Herath, S. (2013), Assessment of ecosystem services in homegarden systems in Indonesia, Sri Lanka, and Vietnam, *Ecosystem Services*, 5, 124-136.
- 4) Avtar, R., Herath, S., Saito, O., Gera, W., Singh, G., Mishra, B. and Takeuchi, K. (2013), Application of remote sensing techniques toward the role of traditional water bodies with respect to vegetation conditions, *Environment, Development and Sustainability, A Multidisciplinary Approach to the Theory and Practice of Sustainable Development*, *Environment, Development and Sustainability*, DOI 10.1007/s10668-013-9507-4.
- 5) Kume, T., Naito, D. and Abe, K. (2013), Building Social-Ecological Resilience of Coastal Agricultural Fields to Natural Disasters, *International Journal of Advances in Management, Technology and Engineering Science*, Vol. 2, 6, 69-72.
- 6) Sanjeewa, S., Herath, S. and Weerakoon, S.B. (2012). Changing the planting date as a climate change adaptation strategy for rice production in Sri Lanka, *Sustainability Science*, 9, 103-111.

他5本

- 査読付論文に準ずる成果発表(3本)

- 1) Kume, T. et al. (Eds.), (2011), Building Resilience to Tsunami in Coastal Asia: Lessons from the Indian Ocean Tsunami, *Springer*

他2本

- その他誌上発表(査読なし; 3本)

- 口頭発表(18本)

本研究の成果(2)

国際共同研究等の状況(国際環境政策等への主な貢献)

- 1) **IPBESアセスメントに関する国際科学ワークショップ**を環境省等と共催し、その成果をインフォメーション文書として提出(特に伝統的知識を科学的アセスメントに組み込むことの重要性を指摘)するなど積極的に関与
- 2) **IPCC 第5次評価報告書(AR5)・WGII**に本研究の成果をインプット
- 3) **国連持続可能な開発会議(Rio+20: 2012)**において日本政府主催による「グリーン経済とSATOYAMAイニシアティブ」にて、「Developing a Green Economy: the Role of Socio-Ecological Production Landscapes」と題して研究成果を報告
- 4) **第5回アフリカ開発会議(TICAD V: 2013)**のOfficial Side Eventにて「Resilience in Traditional Agriculture」と題して研究成果を報告
- 5) **デリー持続可能な開発サミット(DSDS: 2013)**にて「Agrobiodiversity in Traditional Agriculture for Food and Nutritional Security」と題して研究成果を報告



IPBESへの貢献



Rio+20での報告



TICAD Vでの報告



国連大学での国際WS



スリランカでの国際WS

シンポジウム・セミナーの主催: 8回

- 1) 「国際ワークショップ レジリエント・アジア 持続可能な未来のための伝統と近代システムの融合」国際連合大学エリザベス・ローズ国際会議場, 東京, 日本, 2014年2月14日
- 2) Workshop on “Strategy to enhance resilience to climate and ecosystem changes utilizing traditional bio-production systems in rural Asia (CECAR-ASIA),” Galadari Hotel, Colombo, Sri Lanka, 2014年2月26日

他6回

本研究の成果(3)

・ マスコミ等への公表・報道等(9本)

- 1) Derana TV, **National TV of Sri Lanka** (Simple Traveller: A forest reserve homegarden)
- 2) Derana TV, **National TV of Sri Lanka** (2012年4月6日、Simple Traveller: Our homegarden)
- 3) **The Jakarta Post** (2012年1月26日, Subejo and Supriyanto, “Adapting to climate change: Learning from the grassroots.”)



スリランカにおける伝統的知識・技術に関するドキュメンタリー映像を作成(共同研究者のタヤ氏)・国営放送にて放映

※研究対象地域のTV、新聞等の媒体を通じ、伝統的知識と近代知識の融合がレジリエンス強化に重要であることについて、啓発を行った

- 4) **日経ビジネス** (2011年11月7日、**自然共生社会とグリーンエコノミー** 生態系を維持し成長できる産業を中核に多彩な産業を結集、26-27頁)
- 5) **朝日新聞** (2012年7月11日(朝刊)、リオ+20 パンデーセミナー、13版)
- 6) **Japan SPOTLIGHT** (2013年1-2月号、“Aknowledge Coordinator Seeking Harmony between Nature & Society”)



他3本