

平成29年度終了課題研究成果報告会
環境研究総合推進費問題対応型研究領域
(4-1506)

熱帯泥炭湿地林における生態系サービスの修復と REDD+のセーフガード履行システムの構築

小林繁男

京都大学東南アジア研究所

2018. 3. 9

(インドネシア・パプア州アカシア泥炭湿地林：カンガルーやシカなどの狩猟も生業)

1. 研究の課題(目的)

(1) 荒廃熱帯泥炭湿地林における生態系サービスの修復

(2) REDD+のセーフガード履行システムの構築



2. 研究開発方法

インドネシア中央政府・地方政府への
泥炭湿地林管理の提言、環境省への提言

地場環境産業への提言

国際協議におけるREDD+セーフガード
履行システムの提言

(2) 荒廃泥炭湿地林の生態系サービスの
修復オプションの評価・開発
(甲山隆司：北海道大学)

(4) REDD+セーフガード履行シ
ステムの構築(小林繁男：京都
大学)

③導水勾配による泥炭地地下水流図を基にした水管理システム
④最適な泥炭地利用システム
⑤炭素排出削減量の評価

⑩泥炭地利用における地域社会エンパワーメント
⑪最適泥炭資源管理オプション

(3) 自然資源と生態系サービスにおける経済評価
(門司和彦：長崎大学)

⑥地域住民へのREDD+へのインセンティブ
⑨新たなバイオマス利用や温暖化ガス排出削減の
ビジネス化による雇用を創出
⑦荒廃泥炭地の修復への住民参加
⑧生態系におけるPESの評価

(1) 地域社会エンパワーメントと
最適泥炭資源管理オプション
(神崎護：京都大学)

①生態系サービスの修復を通じた生物多様性保全 ②非木材林産物の新たなバイオマス利用

サステナビリティ（自然化）

提案サブテーマ：
(1) 地域社会エンパ
ワーメントと
最適泥炭資源管理オプ
ション(京都大学)

(2) 荒廃泥炭湿地林の
生態系サービスの
修復オプションの評価・
開発(北海道大学)

(3) 自然資源と生態系
サービスにおける経済
評価(長崎大学)

(4) REDD+セーフガー
ド履行システムの構築
(京都大学)

インドネシ側協力機関：インドネシア科学院生物学研究センター(Joeni Setijoe Rahajoe, Tika Dewi Atikah)。インドネシア気象気候地球物理庁 (Alpon Sepriando)、インドネシア・環境林業省(ハンニ・アジアティ)、インドネシア・パランカラヤ大学 (Aswin Usup)、インドネシア・リアウ大学(ハリス・グナワン)

3-1 サブテーマ(1)地域社会エンパワーメントと最適泥炭資源管理オプション(神崎護: 京都大学農学研究科、甲山治: 京大東南ア研、小林繁男、柳沢雅之: 京大地域研)

目的

住民の視点から、泥炭湿地の生態系サービスの修復と地域社会エンパワーメントが好循環するシステムを提案する。

方法

- A) 再湿地化に適合した住民ベースのサゴデンプンの生産システムの検証
- B) 再湿地化がもたらす泥炭環境の変動のモニタリングと再湿地化の効果の検証
- C) 荒廃湿地修復に向けた植生調査と群集指標の確立

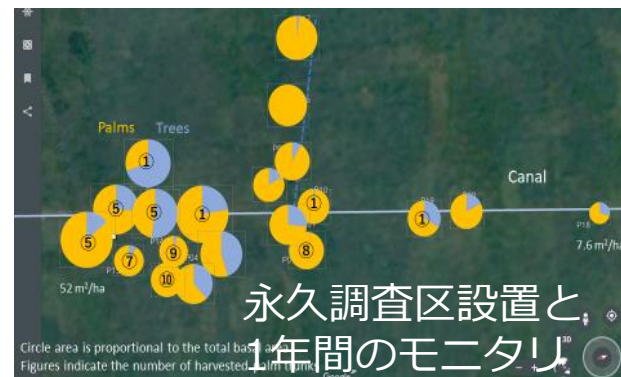
結果

- A) サゴデンプン生産システムの高い生産性と持続性
- B) 排水路のダム封鎖による大きな貯水効果と湿潤化
- C) 荒廃泥炭地評価のための群集指標の確立
- D) 地域社会エンパワーメントのサゴデンプン生産システムの高い生産性と持続性の評価

A) サゴデンプン生産システムの高い生産性と持続性

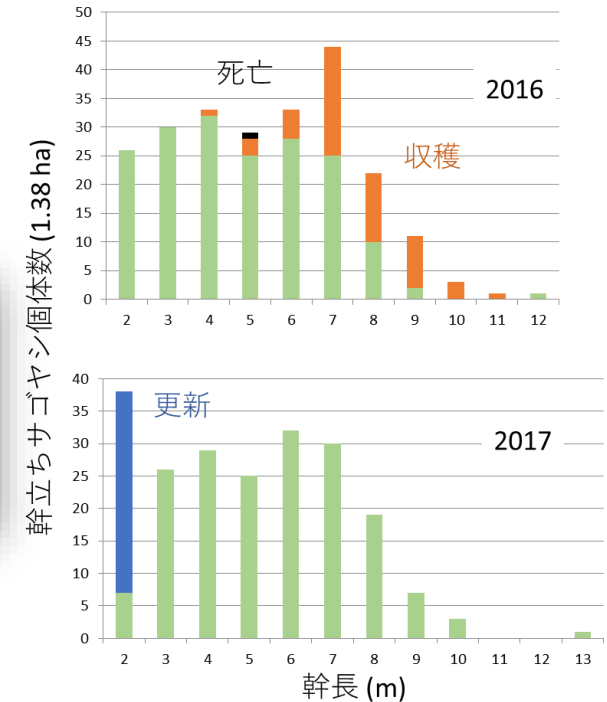
小規模サゴ生産システムについての面積ベースの生産量の世界初の報告。デンプン量として

5.2 ton dw/ha/yr
キャッサバの平均収穫量に匹敵



スngaitホール村での聞き取り調査

デンプン抽出工場の能力がサゴヤシの収穫量の制約になっている可能性が大きい。

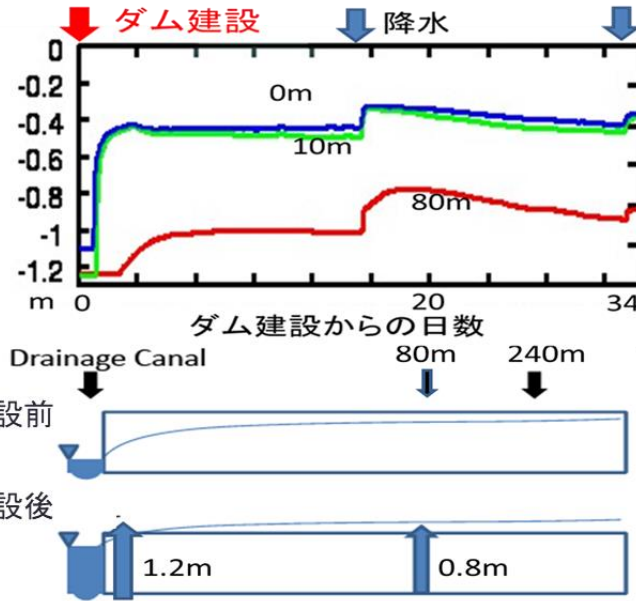


1年間の個体群サイズ構造の変化

安定したサゴヤシの個体群構造から示唆される高い持続性

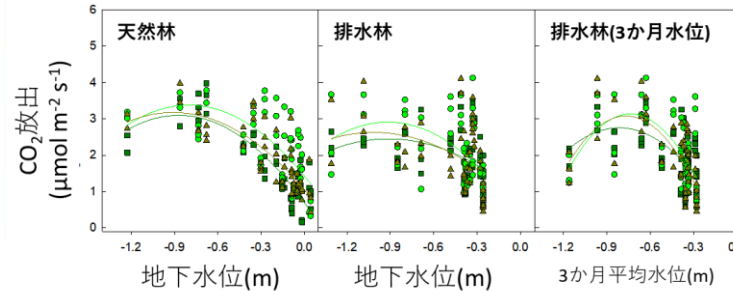
3-1 B)排水路のダム封鎖による大きな貯水効果と湿潤化

2014年, 2015年度の
火災を後にスマトラ島
リアウに5カ所のダム
村人と設置管理



ダムによる効果は排水路側方200m
以上に及ぶ 空隙率0.7程度の貯水
量 $\approx 25,000 \sim 30,000\text{t}$

非火災時の炭素放出量
高水位林 $745 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$
排水林 $825 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$



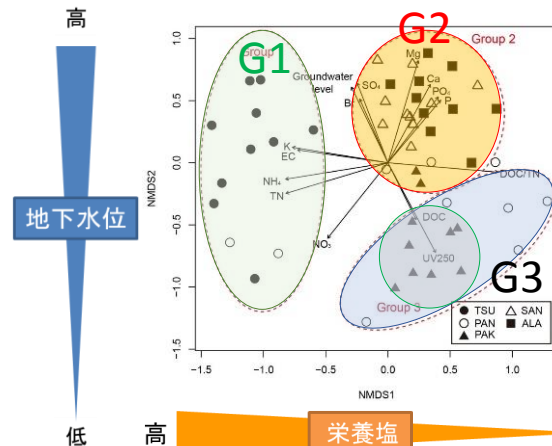
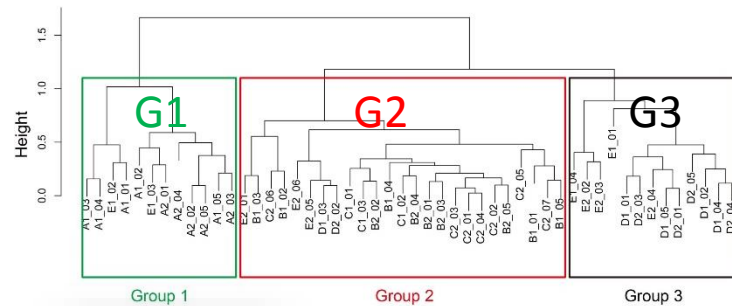
* 成果の科学的意義

①小規模サゴヤシプランテーション
でのスタンドレベルの生産力を初め
て報告。②排水路封鎖による再湿地
化の効果を解明, 立地条件による温
室効果ガスの発生量変動も解明。
③荒廃泥炭地の生物指標による環境
判定法を確立。

* 環境政策への貢献

再湿地化後の生業オプションとして,
サゴヤシデンプンの生産システムが
持続性, 生産性に優れていること,
並びに排水路封鎖による水位回復の
効果を実証したことで, インドネシ
アの泥炭管理の政策立案に大きく貢
献できるとともに, 日本政府の泥炭地
修復支援政策についても貢献が可能
となった。

C)荒廃泥炭地評価のための群集指標の確立



泥炭地修復の最も難しい
荒廃草原を地下水位と栄
養塩類の違いで
3つの群集タイプに区分,
迅速な判別を修復アプ
ローチに行かすことが可能に

3-2 サブテーマ(2) 荒廃泥炭湿地林の生態系サービスの修復オプションの評価・開発 (甲山隆司:北海道大学大学院地球環境科学研究院)(大崎満:北大農学研究科)

【目標＝最終年度】 荒廃泥炭湿地での植生回復動態をモニタリングする。地下水変動や火災発生動態を計測する。また、衛星による流域スケールでの攪乱・再生の動態を解析する。泥炭保全REDDと植林CDM評価を行い、攪乱・荒廃地修復過程の予測モデルの開発研究を行う。

【成果】

1. **植生動態**: 観測データを用いて現存量動態モデルを開発し、残存泥炭湿地林の高い材生産・枯死速度のメカニズムを解明した。
2. **地下水位動態**: 地下水位変動と地表面変動の予測手法を開発した。
3. **火災予測**: 外向き長波放射量 (OLR) による泥炭火災の予測・警報システムを開発した。
4. **社会実装**: 研究成果に基づき、インドネシア泥炭地回復庁 (BRG) による荒廃泥炭地の修復プログラムを立案・助言した。(現在、JICAにより実施段階)
5. **長期観測に基づく泥炭湿地林の現存量動態モデル化による荒廃泥炭湿地林の生態系サービスの修復**

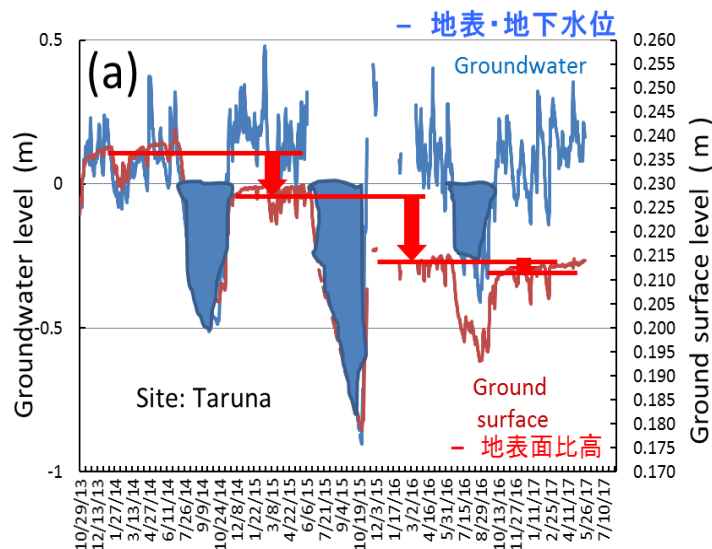
研究分担者: 甲山隆司, 大崎満

研究協力者: 高橋英紀, 早坂洋史, Joeni S. Rahajoe, Tika D. Atikah



3-2 長期観測に基づく泥炭湿地林の現存量動態モデル化による 荒廃泥炭湿地林の生態系サービスの修復

長期観測に基づく泥炭湿地林の現存量動態モデル化



灌漑・植生攪乱(シダ草地化)影響を受けた泥炭湿地での観測例

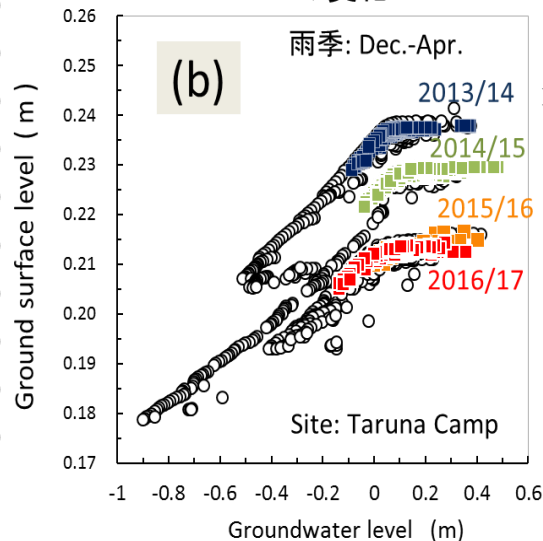
(a) 地表面の年沈降率は、地下水位レベルの年積算値に対応する。

(b) 地表面と水位の関係: 雨季の冠水時地表面が毎年 1 cm 程度沈降している。

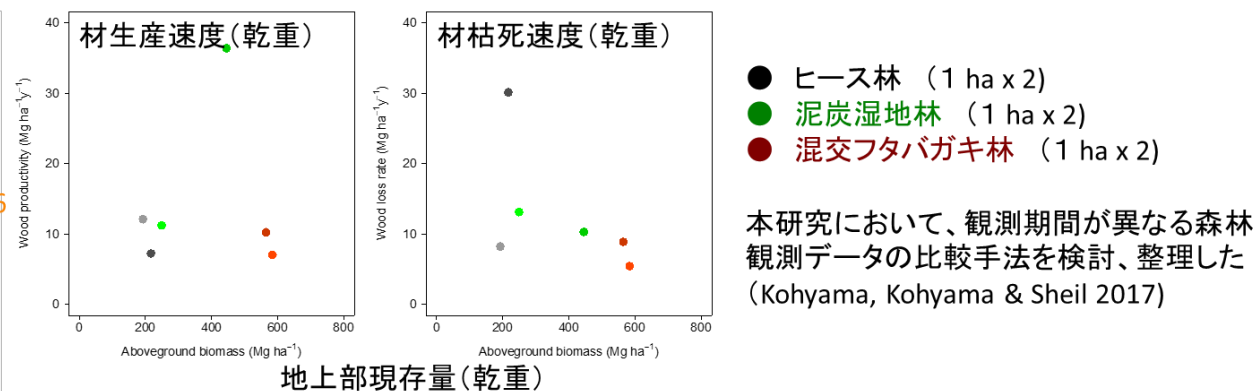
→ 地下水位の変動予測が重要

蒸散による日水位減少と降雨による水位上昇をモデル化; 3ヶ月間の降水量と地下水位の観測から、**地下水位変動が長期予測できるようになった。**

2013-2017の変化



長期観測に基づく泥炭湿地林の現存量動態モデル化



- ヒース林 (1 ha x 2)
- 泥炭湿地林 (1 ha x 2)
- 混交フタバガキ林 (1 ha x 2)

本研究において、観測期間が異なる森林観測データの比較手法を検討、整理した (Kohyama, Kohyama & Sheil 2017)

- 非攪乱・非灌漑の泥炭湿地林とヒース林は、丘陵性の混交フタバガキ林に比べ現存量が1/2~1/3であるが、材生産・枯死速度は同程度で、炭素量で5 t/(ha 年)である。
- 攪乱・灌漑泥炭地のフラックス観測 (Hirano et al. 2012)では、NEE = +5 t/(ha 年)である。
- 攪乱・灌漑泥炭地の地表沈降速度(1 cm/年)は、6 t/(ha 年)の炭素放出に相当する。

→ 熱帯泥炭の修復と管理には、**高地表水位の維持**とともに、大型材供給のために**森林性植被の維持**が必要である。

耐高水位のサゴヤシ等を用いた**持続的土地管理手法を提唱** (BRGによる実装)

3-3 サブテーマ(3) 自然資源と生態系サービスにおける経済評価 (門司和彦、太田貴大、東城文柄:長崎大学)

3-3(1) 泥炭地の自然資源と生態系サービス調査

研究結果: コミュニティ調査票 (Community CODE) を作成し中央カリマンタン12村で実施、インベントリー作成

3-3(2) 泥炭の火災による二酸化炭素排出の経済評価

研究結果: 泥炭からの二酸化炭素排出阻止の経済評価, 煙霧健康被害阻止の経済評価 等

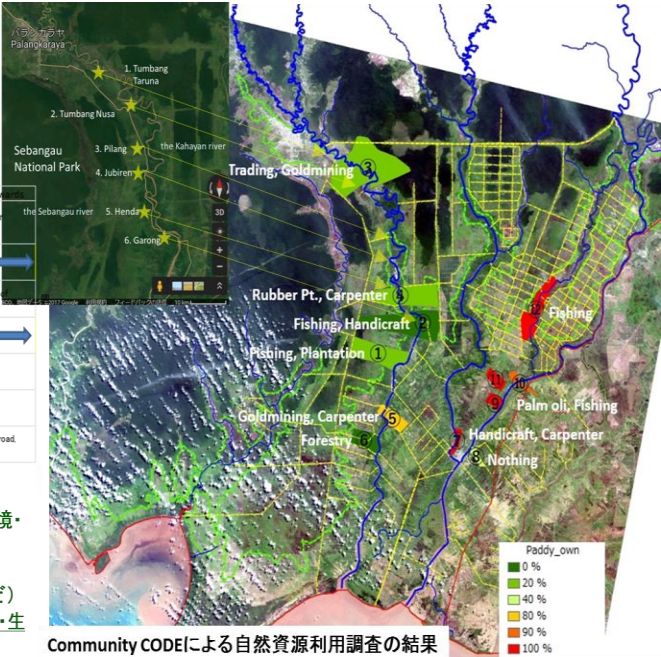
課題 3-1. 泥炭地の自然資源と生態系サービス調査
(平成27-28年度)
研究結果: コミュニティ調査票 (Community CODE) を作成し
中央カリマンタン12村で実施、インベントリー作成

Livelihood	1960s	1970s	1980s	1990s	2000s	2010s after
Timber Harvesting				MRP Road construction Forest fire	Forest logging was banned in 2005	banned fire for agriculture
Agriculture (annual crop)	Rice for home consumption (HC)		Rice for home consumption (HC) and sale			
Agriculture (perennial crop)	Rubber					Less harvesting rubber
Fishing	for home consumption (HC)	for HC and sale				
Logging	Start logging				No more logging	
Gold Mining						
Others					Moving to road side	Kiosk along the road rattan

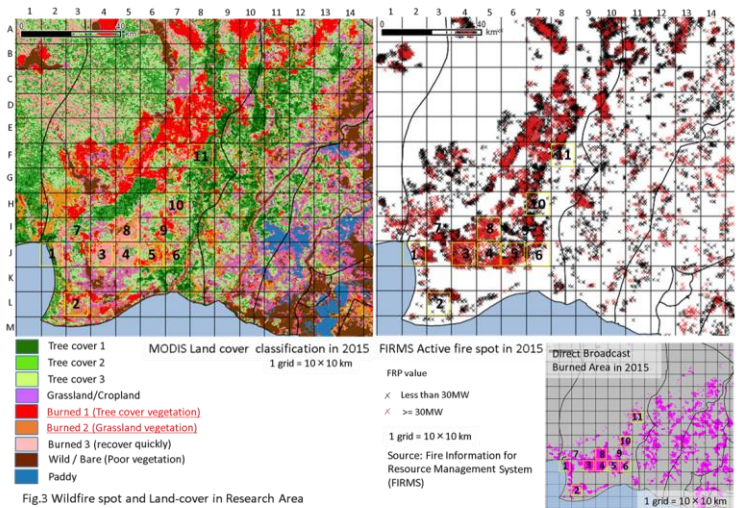
Six study villages (from 1 to 6) and historical changes in forest use in Haneda vill. (Yanagisawa, 2018)

・各村落における森林利用及び自然資源の利用状況と推移は、立地環境・アクセス性・政府プログラムなどに影響を受けた多様性を示していた。

・火災多発地域で米の栽培を主要な生業とする村々 (Pilang, Haneda など) では、整地に必要な火入れの禁止 (政府の火災対策) により生産の減少・生活の困窮などを招いている。

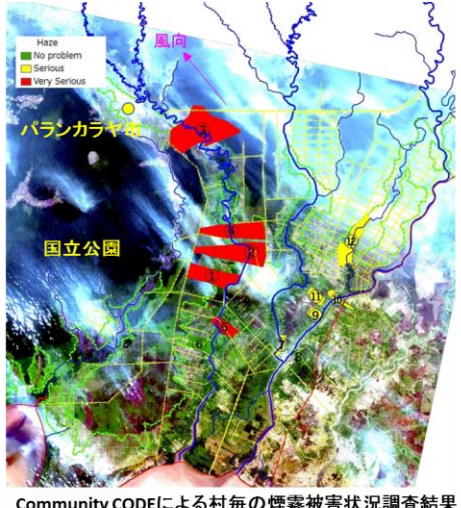


Community CODEによる自然資源利用調査の結果



衛星データを用いた火災発生地点分布の定量化 (Tojo, 2018)
(図は2015年の大火災における火災発生地点と類焼範囲分布)

課題 3-2. (平成28年度重点)
泥炭からの二酸化炭素排出阻止の経済評価,
煙霧健康被害阻止の経済評価 等



Community CODEによる村毎の煙霧被害状況調査結果

・近年ではパランカラヤ市近辺と国立公園外縁に火災発生地点と類焼範囲の分布が集中しており、これが煙霧被害の村落の分布も規定している。被害が予想される地域は比較的推定しやすく、防災・警報もこれらに集中できる?

・カリマンタン島での泥炭火災の発生予測手法 (外向き長波放射量 (OLR) による評価法) を開発。大火災発生警報を出すことが可能となり、深刻な大気汚染状況になる前に、呼吸器疾患者の退去が可能となった (早坂 2017年)。

3-3(3) 生態系サービス支払いのフレームワーク構築
3-3(4) 住民参加型ビジネスモデル・地域雇用の創出
(平成29年度重点)

研究方法: 新たなバイオマス利用・最適泥炭地利用＝養殖漁業、
燕巣生産、活性炭生産・利用

成果: 燕巣生産の事例研究によるあらたなビジネスモデルで泥炭湿
地の土地利用の創出

地元で育つ新たなビジネスモデル: 燕巣生産の事例研究(太田, 2017年)

結果: ベネフィット関連

表5 巣販売によるベネフィットに関する情報

(平均)	木造	コンクリート
建設から収穫 までの期間	1.76年	1.83年
巣買取り (販売)単価	7.77 million rupiah/kg	7.83 million rupiah/kg
直近1年間の 販売重量	11.2kg	16.9kg
直近1年間の 販売金額	87 million rupiah	132 million rupiah
オーナーの 取り分	90.9%	93.3%
主な分配者	親族、管理人、 共同オーナー等	
直近1年間の 米生産量	558kg (n=6)	1833kg (n=6)
米販売額/kg	5,000 rupiah	6,000 rupiah
直近1年間の ゴム生産量	633kg (n=3)	1750kg (n=6)
ゴム販売額/kg	5,167 rupiah	5,667 rupiah

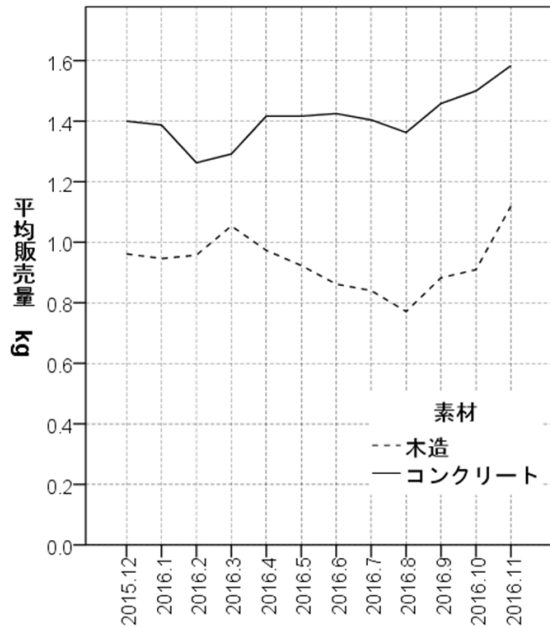
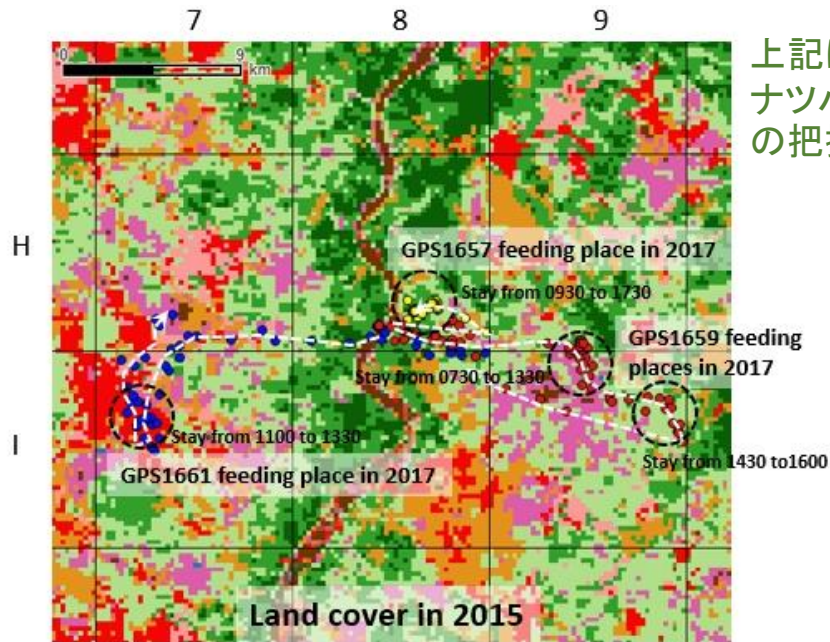
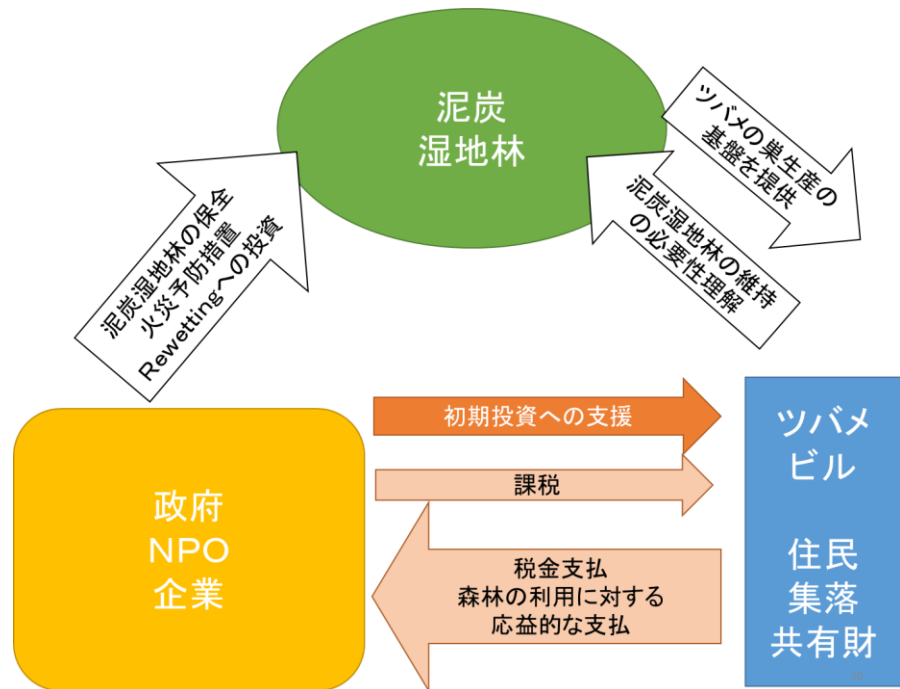


図4 直近1年間の月毎平均販売量

「安定的な巣生産のための森林管理と生態系サービス支払い」の概念図



上記に連動する研究展開事例: ア
ナツバメの生態把握と火災の影響
の把握 (Tojo, Ohta, 2018)

・ 捕獲した鳥体へのGPSロガー
装着による追跡調査(2017年7
月、9月に実施)

・ GISを用いた分析: 泥炭湿地林、
河川、パームプランテーション等
の利用率

・ 現状のビル数や生産量の把握と、
巣の供給ポテンシャル・キャパシ
ティの推定

3-4 サブテーマ(4)REDD+セーフガード履行システムの構築

(小林繁男:京大東南アジア研究所、水野広祐:京大東南アジア研究所)

(研究の目的)

セーフガードの評価の解明

森林生態系サービスの修復とセーフガード履行可能性の解明

各サブテーマの成果の統合による生態系サービスの修復を用いたセーフガード履行システムの構築

(各サブテーマの成果(最適泥炭資源の管理オプション、生態系サービスの修復オプション、自然資源と生態系サービスの経済評価結果)の統合による生態系サービスの修復を用いたセーフガード履行システムの構築を行う)

(研究の成果)

(1)履行システムの遂行における試みについて、既にある一次データと外注のデータの解析を進める。 履行システムの遂行における試み

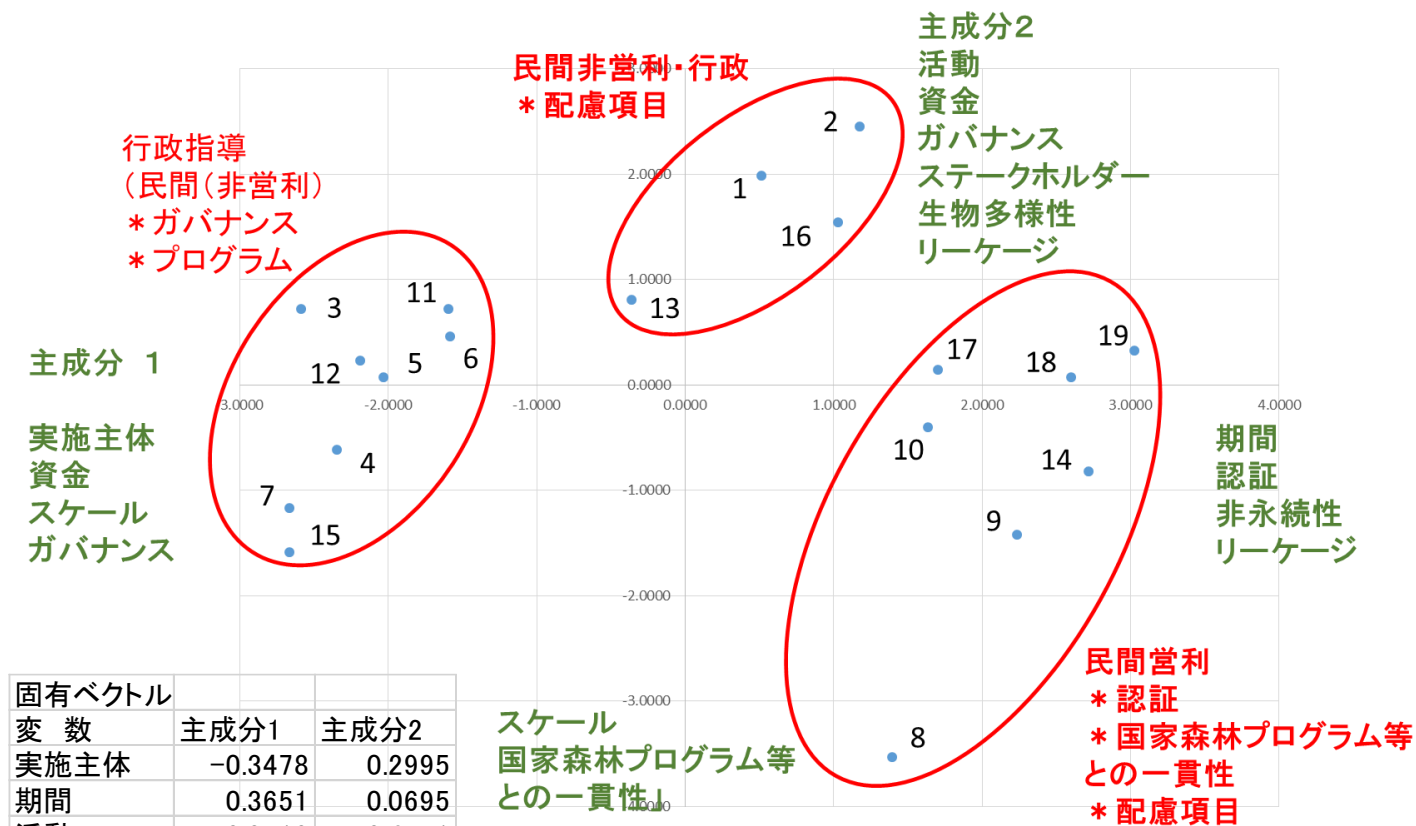
$$S = P \times f(E, \dots) \dots \dots \dots (1)$$

(2)ローカルマーケットでの調査から、泥炭湿地森林生態系かの非木材林産物の主は淡水魚類であった。泥炭湿地を修復する際には、Rewettingは重要であるが泥炭湿地河川系に注意を払う必要がある。

(3) **土地利用形態**と地域社会にパルディカルディチャ

(4)事例集の解析から、行政主導型(一部民間主導非営利目的)はプロジェクトが終了するとREDD+セーフガードも終了すると推察した。配慮項目(セーフガード)もプロジェクトへの組み込み弱い。民間主導型(営利目的)は国家森林プログラムや認証の枠組みにより、プロジェクトの営利目的を得ている。しかし、配慮項目では非永続性のリスクやリーケージへの対処が最も強い。これにより、インセンティブを得ていると推察できる。**民間主導型(非営利目的)(一部行政指導)**は援助資金により緩いガバナンスのもと、最も配慮項目をプロジェクトに組み入れている。このグループの原データの解析から、セーフガード履行システムが考察される。

3-4 REDD+セーフガード履行システム構築:既存のプロ
ジェクトの解析:非民間営利・行政で配慮項目の重視が重要



固有ベクトル		
変数	主成分1	主成分2
実施主体	-0.3478	0.2995
期間	0.3651	0.0695
活動	0.0510	0.4771
資金	-0.3605	0.3554
スケール	-0.3158	-0.1843
認証	0.4103	0.1115
プログラム	0.1218	-0.2674
ガバナンス	-0.2868	0.2597
ステーク	0.1474	0.3252
生物多様	0.1526	0.2057
非持続性	0.2992	0.0872
リーケージ	0.3355	0.2032
生業	0.0295	0.4114

固有値表			
主成分	固有値	寄与率	累積寄与率
1	4.391	33.78%	33.78%
2	1.891	14.55%	48.33%
3	1.676	12.89%	61.22%
4	1.274	9.80%	71.02%

土地利用形態と地域社会にパルディカルディチャ

2 (1) 泥炭再湿地化と地域社会

パルディカルチュア (Paludiculture) :
再湿地化した泥炭地での持続的な生業モデル

- * 泥炭火災防止のための荒廃泥炭地への簡易ダムを設置 (5 ha)
- * 在来種の植林と成長調査、木材、非木材産物に関するマーケット調査



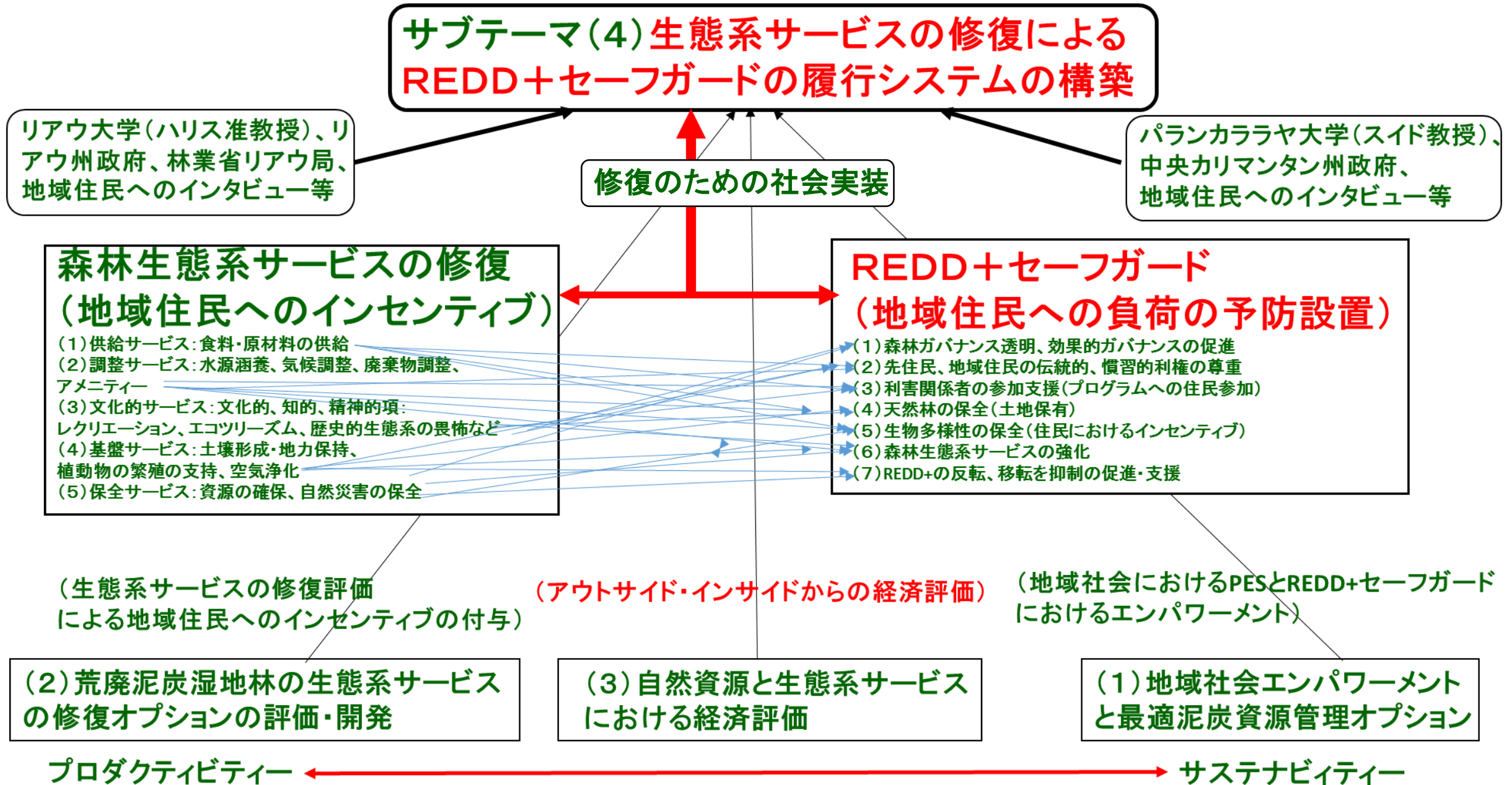
2 (2) 泥炭再湿地化と地域社会

地域に根ざしたパルディカルチュアモデル構築
* 地元民・移民の村の相違と土地権の多様性を踏まえた
コミュニティ研究
ローカルな土地利用、農林水産業、マーケットなど

- ✓ アグロフォレストリー、非木材林産物利用の実態と再生
泥炭湿地で栽培可能なパイナップル・泥炭湿地在来
種のアグロフォレストリー
- ✓ 泥炭湿地および河川や海での漁労の歴史と実態
- ✓ ムラユ海域社会を事例とした農林水産物の交易
およびマーケットの歴史と実態調査
マラッカやシンガポールを含んだ越境マーケットの
再活性化
- ✓ 法制度研究; 泥炭湿地樹木販売の規制緩和 (2015)



4. 「生態系サービスの修復によるREDD+セーフガードの履行システムの構築」



5. 結果：本研究より得られた成果と環境行政への対応

(1) 地域社会エンパワーメントと最適泥炭資源管理オプション(京都大学)

最適泥炭資源管理オプションのための荒廃泥炭地評価への群集指標の確立・排水路のダム封鎖による大きな貯水効果と湿潤化、**地域社会エンパワーメントのサゴデンプン生産システムの高い生産性と持続性の評価**

(2) 荒廃泥炭湿地林の生態系サービスの修復オプションの評価・開発(北海道大学)

長期観測に基づく泥炭湿地林の現存量動態モデル化による荒廃泥炭湿地林の生態系サービスの修復

(3) 自然資源と生態系サービスにおける経済評価(長崎大学)

燕巣生産の事例研究によるあらたなビジネスモデルで泥炭湿地の土地利用の創出

(4) REDD+セーフガード履行システムの構築(京都大学)

既存のプロジェクトより**民間主導型(非営利目的)(一部行政指導)**は援助資金により緩いガバナンスのもと、最も配慮項目をプロジェクトに組み入れ、セーフガード履行システムがとして考察