

生態系機能を引き継ぐ 土地利用

農地を利用した防災・減災と
生物多様性保全の両立



東京都立大学
都市環境科学研究科
大澤 剛士

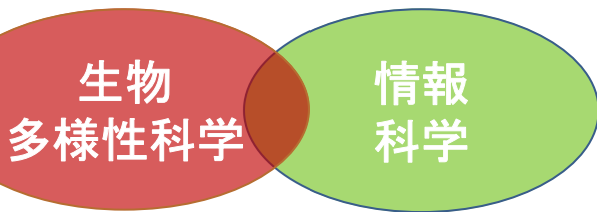
防災・減災の取り組みと 生物多様性保全の両立に向けた挑戦

自己紹介

前説

- 大澤 剛士 (Osawa Takeshi)
- 東京都立大学 都市環境科学研究科 准教授
- 専門は生物多様性情報学
- 巨大データを使った広域的な生態学研究が
主な研究テーマ

前説



情報学の技術を利用して
自然環境、自然資源を保全し、
持続的な利用に繋げる

前説

- 研究のモチベーション

生態学を基軸に基礎を大切にしつつ、
社会的な課題の解決にも貢献したい

前説

The Twin Challenges of Climate Change & Biodiversity Loss

"IT IS UNEQUIVOCAL THAT HUMAN INFLUENCE HAS WARMED THE ATMOSPHERE, OCEAN AND LAND"
- IPCC AR6 REPORT (2021)

"TREATING CLIMATE, BIODIVERSITY AND HUMAN SOCIETY AS COUPLED SYSTEMS IS KEY TO SUCCESSFUL OUTCOMES FROM POLICY INTERVENTIONS."
- IPCC-IPBES REPORT (2021)

Human activities have raised the global average surface temperature by **1.1°C** since 1850.

68% of global terrestrial vertebrate species are threatened with extinction.

Human activities have degraded **83%** of global ecosystem services for regulation and have been degraded.

Some climate change impacts are already **irreversible** within the next few centuries, from global sea level rise to the melting of glaciers.

US\$44 TRILLION or more than half of the world's GDP comes from industries that depend highly or moderately on nature and its services.

US\$600 - US\$820 billion per year is required to finance the transformation that could reverse biodiversity loss.

Source: Intergovernmental Panel on Climate Change (2021), IPCC-IPBES (2021), World Bank Group (2021), WWF (2020), Intergovernmental Science Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2019), **Mango Impact**

**気候変動と生物多様性の喪失
世界における二大環境問題
コインの表と裏とも呼ばれる**

前説



**長年続けられてきた開発 VS 保全の構造
0/1の二元論では議論にならない
協力して一緒に適解を探すことが肝要**

いらすとや

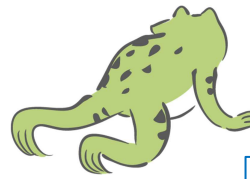
前説

隔たりを超えるためには・・・



**二項対立を避け、
異なる価値観の存在を認めて
協力関係を築き上げる**

前説

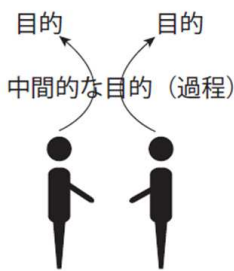


**この実現方法を考えながら
研究を進めてきました**



ダ鳥獣ギ画

前説



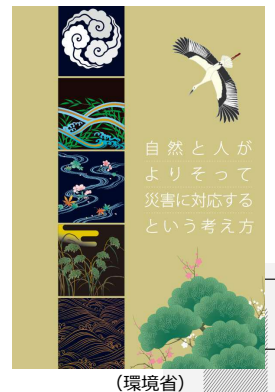
異なる目的を持つが、それぞれの
目的達成に向けた過程にある
中間的な目的を共有する

**新しい協働を実現するには
発想の転換、視点の変更がカギ**

前説

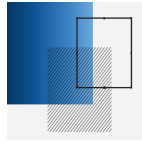
**Ecosystem Based Disaster Risk Reduction
(Eco-DRR)**

「生態系を活かした防災、減災」



前説

もし、もし
自然環境を保全することで
堤防建設と同じ効果が得られるなら？



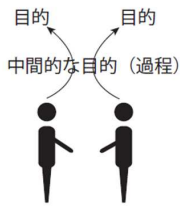
前説

もし、もし
自然環境を保全することで
自然災害に対する防御という
社会課題を解決できるのなら？



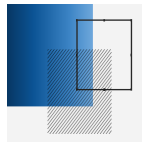
前説

長年の課題をクリアできる
すごくいいアイデアかもしれない？



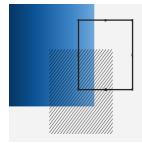
異なる目的を持つが、それぞれの
目的達成に向けた過程にある
中間的な目的を共有する

ダウズ獣ギ画



Eco-DRRの 基本的な考え方

※一般論というわけではなく、
今日紹介する一連の研究における考えです



Eco-DRRの考え方

農業・農村の有する多面的機能

農業・農村は、私たちが生きていくのに必要な食料や野菜などの生産の場としての役割を果たしています。しかし、それだけではなく、農村で農業が継続して行われることにより、私たちの生活に色んな「めぐみ」をもたらしています。このめぐみを「農業・農村の有する多面的機能」と呼んでいます。

例えば、水田は洪水を一時的に貯留し、洪水や土砂崩れを防いだり、多様な生きものを育み、また、美しい農村の風景は、私たちの心を癒やすだけでなく、観光資源としても活用されています。また、農村には、都市住民が自然と触れあえる場があります。

こうしためぐみは、お金で買うことのできないものであり、農業・農村の持つ様々なめぐみを思い、活かしていくことが必要であり、農村政策では、農村自給率の向上と農業・農村の有する多面的機能の維持・発揮のため、多面的機能支払基金、中山間地域等直接支払制度等の施策を行っています。

“お話”“経験則”としては昔からあった。
しかし、科学的根拠に乏しかった

森林の有する多面的機能について



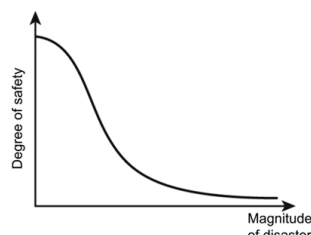
森林の有する多面的機能について

多面的機能のイメージ

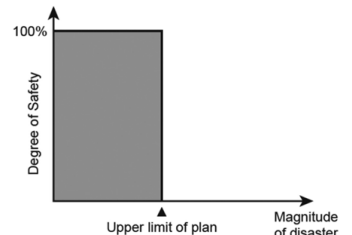
森林の有する多面的機能の定量的評価について

http://www.maff.go.jp/j/nousin/noukan/nougyo_kinou/
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/tamenteki/>

Eco-DRRの考え方



生態系は完璧な防御は望みにくい
粘り強い防御を実現する

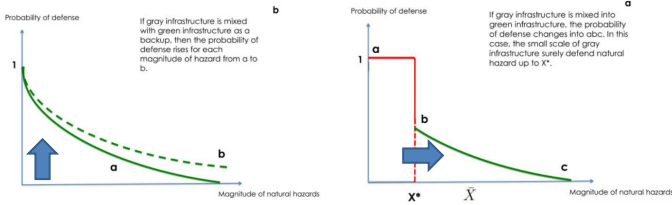


人工物は、想定規模までは完璧に防御
それを超えると無力になる

生態系による防御（Eco-DRR）と
人工物（防災ダム等）による防御

(Nakamura et al. 2020)

Eco-DRRの考え方



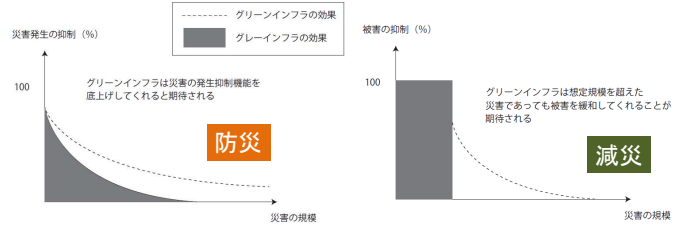
生態系は、その粘り強さから発生抑制を底上げする：GI1

生態系は、その粘り強さから想定を超えた被害を緩和する：GI2

生態系と人工物を組み合わせた防災・減災の考え方

(Onuma and Tsuge 2018)

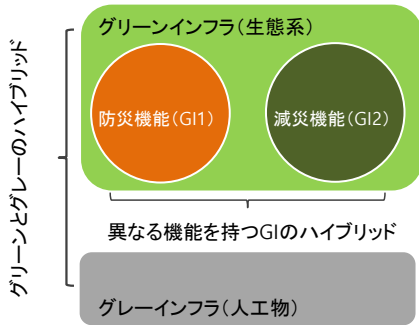
Eco-DRRの考え方



生態系と人工物を組み合わせた防災・減災の考え方

(大澤 2020)

Eco-DRRの考え方



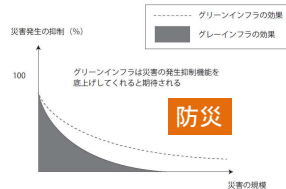
二項対立にならず、実効性が高い未来の防災対策の概念

Eco-DRRの考え方

生態系が持つ
防災効果：GI1
減災効果：GI2
を評価してみよう！

研究紹介1

元・湿地水田が洪水発生を抑制する



Osawa, Nishida, Oka(2020) High tolerance land use against flood disasters: How paddy fields as previously natural wetland inhibit the occurrence of floods. *Ecological Indicators* 106306

研究紹介1: GI1

- 自然生態系と攪乱耐性



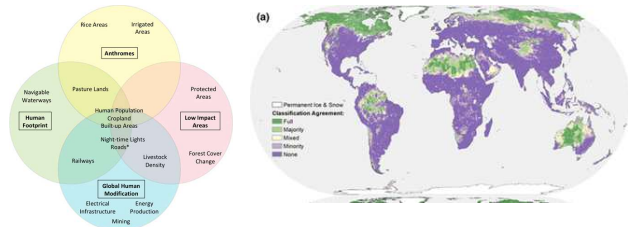
生態学的 resilience
自然生態系は攪乱耐性が高い
気候変動へも対応できる

(Bradshaw et al. 2007; Ferrario et al. 2014)
(Martin and Watson 2016)

研究紹介1: GI1

● 自然生態系と攪乱耐性

緑が「人為の影響小」



自然生態系は世界的に激減
代わりに増加する“半”自然

(Riggio et al. 2020)

研究紹介1: GI1

● “水田”という半自然環境

- ・ モンスーンアジアの主要な農業形態
- ・ 湿地の代替ハビタット
- ・ 食料生産以外にも様々な機能 (生態系サービス)

(Matsuno et al. 2006; Natsuhara 2013; Katayama et al. 2015)

研究紹介1: GI1

● “水田”という半自然環境

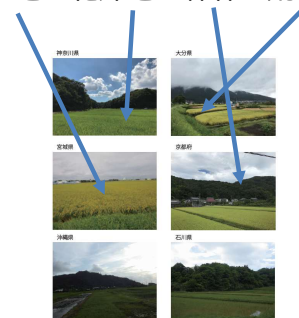


- ・ 日本の平地の多くを占める典型的土地利用
- ・ 北海道から沖縄まで全国各地に存在

(Natsuhara 2013; Washitani 2007)

研究紹介1: GI1

湿地？乾燥地？森林？荒地？



水田は人間による土地利用
様々な“過去”がある

研究紹介1: GI1

● 仮説

もともと湿地だった水田は
その機能を引き継ぎ、
高い攪乱耐性を持つのではないか？

大洪水（生態系を破壊する規模の攪乱）
を起こりにくくする、そこまでにさせない

研究紹介1: GI1

● アプローチ



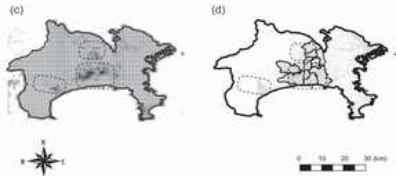
いらすとや

陸水由来の災害（河川氾濫）と水田、
地形の関係を広域的に検討

研究紹介1: GI1

● 方法 (地形データ)

明治期の低湿地データ



高FAVの場所は明治期の低湿地と一致

(Osawa 2024)

研究紹介1: GI1

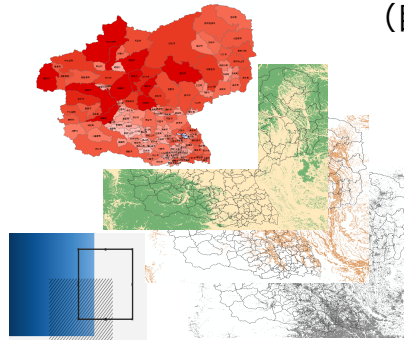
● 方法 (統計モデル化)

(目的変数)

- ・ 11年間の水害回数
- ・ 地滑り、土石流の生起

(説明変数)

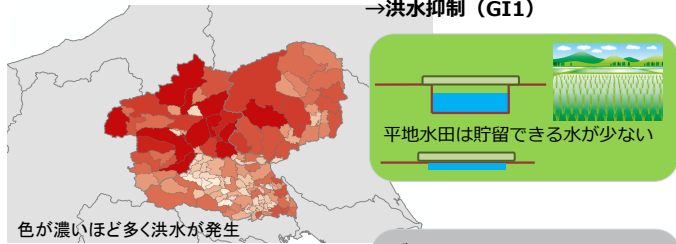
- ・ 土地被覆
- ・ 各土地被覆の水の溜まりやすさ
- ・ ダムの数



研究紹介1: GI1

● 予測

凹地水田は地表水を多く貯留できる
→洪水抑制 (GI1)



平地水田は貯留できる水が少ない

ダムは洪水発生を抑制する
→洪水抑制 (人工防災インフラ)



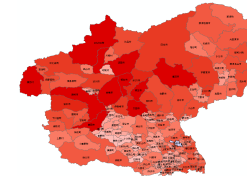
研究紹介1: GI1

目的変数: 2006-2017の間の洪水発生回数
(海無し件のみ: 陸水由来の被害のみを対象)

水害統計から取得

統計モデル: 階層ベイズモデル ランダム切片 & 傾き
ランダム効果に市町村

説明変数: 各プロファイル



統制要因

注目

統制要因

グレーインフラ

- ・ 市町村に溜まる理論的な水の量
- ・ うち森林被覆が占める値
- ・ うち水田被覆が占める値
- ・ うち都市被覆が占める値
- ・ うち開放水面が占める値
- ・ ダム、堤防の数 (防災インフラ)

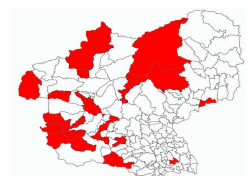
研究紹介1: GI1

目的変数: 市町村を単位とした地すべり、土石流の生起 (2006-2009)
(海無し件のみ: 陸水被害のみを対象)

土砂災害・雪崩メッシュデータ@国土数値情報
メッシュと市町村ポリゴンを重ねて作成

統計モデル: 階層ベイズモデル ランダム切片 & 傾き
ランダム効果に市町村

説明変数: 各プロファイル



統制要因

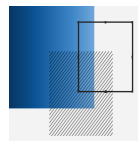
注目

統制要因

グレーインフラ

- ・ 市町村に溜まる理論的な水の量
- ・ うち森林被覆が占める値
- ・ うち水田被覆が占める値
- ・ うち都市被覆が占める値
- ・ うち開放水面が占める値
- ・ ダム、堤防の数 (防災インフラ)

結果



研究紹介1: GI1

洪水回数 ~

- log(水田被覆の累積流量合計)
- + log(森林被覆の累積流量合計)
- + log(都市被覆の累積流量合計)
- + log(全累積流量合計)
- + 開放水面
- + ダム、堤防数

青は負の影響
赤は正の影響
黒は影響なし

統計モデル：階層ベイズモデル ランダム切片&傾き
ランダム効果に市町村

水が溜まる場所に水田があると発生抑制

ダム、堤防は効果なし

研究紹介1: GI1

地すべりの生起~

- log(水田被覆の累積流量合計)
- + log(森林被覆の累積流量合計)
- + log(都市被覆の累積流量合計)
- + log(全累積流量合計)
- + 開放水面
- + ダム、堤防数

青は負の影響
赤は正の影響
黒は影響なし

統計モデル：階層ベイズモデル ランダム切片&傾き
ランダム効果に市町村

水が溜まる場所に水田があると発生抑制

ダム、堤防は効果なし

研究紹介1: GI1

土石流の生起~

- log(水田被覆の累積流量合計)
- + log(森林被覆の累積流量合計)
- + log(都市被覆の累積流量合計)
- + log(全累積流量合計)
- + 開放水面
- + ダム、堤防数

青は負の影響
赤は正の影響
黒は影響なし

統計モデル：階層ベイズモデル ランダム切片&傾き
ランダム効果に市町村

水が溜まる場所に水田があると発生抑制

ダム、堤防は効果なし

研究紹介1: GI1

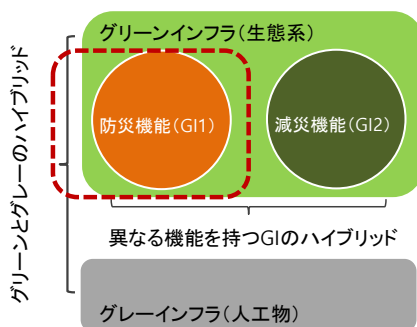
もと湿地水田は災害抑制に貢献

もと湿地 = 氾濫原の上に成立した水田
⇒長期的に維持されている湿地

自然生態系に近い状態

= 過去から現在まで湿地環境が維持
の水田は、防災機能が高いことが示唆

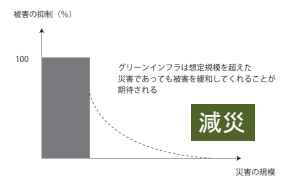
Eco-DRRの考え方



もともと湿地だった水田は
防災機能を持っている！

研究紹介2

元・湿地水田が
発生した洪水の被害を緩和する



Osawa T, Nishida T, Oka T (2021)
Potential of mitigating floodwater damage to residential areas
using paddy fields in water storage zones.
International Journal of Disaster Risk Reduction 62: 102410.

研究紹介2: GI2

- “被害緩和”を評価する難しさ

起きてしまった災害が
“緩和”された結果なのか、
されなかった結果なのかは
厳密には評価できない



夕鳥獣ギ画

研究紹介2: GI2

- “被害緩和”を評価する難しさ



夕鳥獣ギ画

土地被覆を変えた状態で
同じ洪水を発生させて比較？

研究紹介2: GI2

- 水害統計データを精査



- 国交省の統計（水害統計）
- オープンデータ
- 河川、海を区別しない水害被害



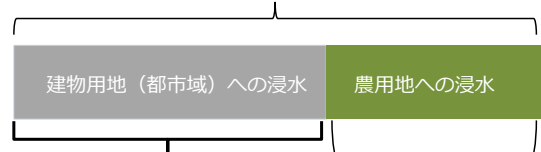
夕鳥獣ギ画

表-3	市区町村別水害被害一覧	水害区域面積(㎡)	被害総額(万円)	被害総人数(人)	被害総世帯数(世帯)
1	北海道 道庁				
2	北海道 釧路市				
3	北海道 釧路市				
4	北海道 釧路市				
5	北海道 釧路市				
6	北海道 釧路市				
7	北海道 釧路市				
8	北海道 釧路市				
9	北海道 釧路市				
10	北海道 釧路市				
11	北海道 釧路市				
12	北海道 釧路市				
13	北海道 釧路市				
14	北海道 釧路市				
15	北海道 釧路市				
16	北海道 釧路市				
17	北海道 釧路市				
18	北海道 釧路市				
19	北海道 釧路市				
20	北海道 釧路市				
21	北海道 釧路市				
22	北海道 釧路市				
23	北海道 釧路市				
24	北海道 釧路市				
25	北海道 釧路市				
26	北海道 釧路市				
27	北海道 釧路市				
28	北海道 釧路市				
29	北海道 釧路市				
30	北海道 釧路市				
31	北海道 釧路市				
32	北海道 釧路市				

研究紹介2: GI2

- 水害統計データを精査

被害規模
(総浸水面積)



人的、経済的被害は
こっちがでかい！

人的、経済的被害は
まだマン

研究紹介2: GI2



水田に浸水することで、
市街地への浸水が減ること、さらに
水を溜めておくことで、これ以上の
浸水拡大を防ぐ等の効果が期待できる

写真は実際の調査地ではなく、イメージ。
国土地理院 地理院地図 (<https://maps.gsi.go.jp>)より取得

洪水が農地に優先的に流れ込むことで
人的、経済被害が緩和される

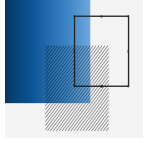
研究紹介2: GI2

- 仮説

もともと湿地だった水田は機能を
引き継ぎ、水を引き込んで
災害被害を緩和するのはないか？

洪水を受け止めて市街地への
浸水を緩和してくれるのでは？

結果



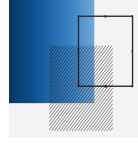
研究紹介2: GI2

市街地への浸水面積～

- ・市町村の総面積
- ・市街地比率
- ・水田比率 水田面積は重要ではない！
極めて質的な影響！
- ・市街地が溜められる水の比率
- ・水田が溜められる水の比率
- ・ダム、堤防の数（防災インフラ）

青は負の影響
黒は影響なし

統計モデル：一般化線形混合モデル
ランダム効果に市町村



水が溜まる場所に水田があると
市街地への浸水を抑制

ダム、堤防は効果なし

研究紹介2: GI2

もと湿地水田は被害緩和に貢献

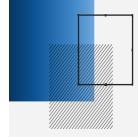
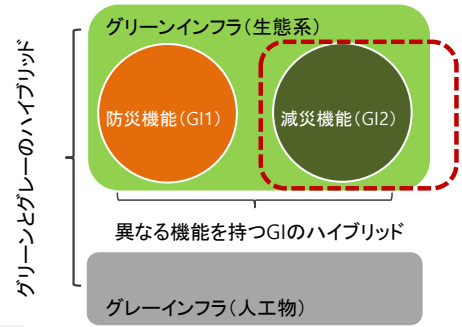
もと湿地 = 氾濫原の上に成立した水田
⇒長期的に維持されている湿地

自然生態系に近い状態

= 過去から現在まで湿地環境が維持
の水田は、減災機能も高いことが示唆



Eco-DRRの考え方

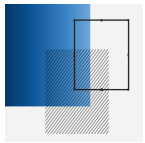


もともと湿地だった水田は
減災機能も持っている！

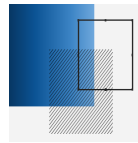


夕鳥獣ギ画

もと湿地の水田・・・



- ・ モンスーンアジアの主要な農業形態
- ・ 湿地の代替ハビタット
- ・ 食料生産以外にも様々な機能



“もと湿地の水田”
湿地ハビタットとしての質が
低いわけではない！

研究紹介3

元・湿地水田は湿地性植物群集を
安定的に存続させる

Osawa, Nishida, Oka(2020) Paddy fields located in water storage zones
could take over the wetland plant community.
Scientific Reports 14806.

研究紹介3: もと湿地水田の植物群集

- 土地利用と生物多様性
- 土地利用の変化は種多様性だけでなく
群集の形成にも影響する



いらすとや

(Halme et al. 2013)

研究紹介3: もと湿地水田の植物群集

- 土地利用と生物多様性

・ 群集の形成は、“入れ子形成”と
“入れ替わり” 2つのプロセスで説明

B, D, F, H

A, B, C, D, E, F, G, H

L, M, N, O

(Baselga 2010)

研究紹介3: もと湿地水田の植物群集

- 入れ子と入れ替わりの組み合わせ

A, B, C, D, E, F, G, H

B, D, F, H | L, M, N, O

入れ子構造 | 入れ替わり構造

時間軸

現在成立している群集は
理論的にこうなっている

研究紹介3: もと湿地水田の植物群集

- 群集形成と土地利用

- ・ 長く維持されてきた土地利用は
種の入替わりが少ない
(Cousins & Eriksson 2002)
- ・ 改変された土地利用でも
過去の土地利用の影響が残ることがある
(Koyanagi et al. 2009)

研究紹介3: もと湿地水田の植物群集

- 仮説

もともと湿地だった水田は
長期的に湿地が維持されている

もと湿地の水田は湿地性植物の
群集メンバーが入れ子構造になっている？

研究紹介3: もと湿地水田の植物群集

● “水田”の現状



区画整理、圃場整備された農地



放棄された農地

現存する水田の多くは
様々な改変、変化に晒されている
→これも群集形成に影響？

(Osawa et al. 2013; 2016)

研究紹介3: もと湿地水田の植物群集

● 狙い

「群集形成」に注目して、
もと湿地の影響、土地改変の影響を
広域的に評価する

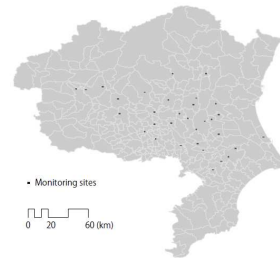


方法

研究紹介3: もと湿地水田の植物群集

● 方法（群集データ）

- ・ 農研機構の調査データ（公開済）
- ・ 利根川流域の水田モニタリング
- ・ 32カ所の水田で植生調査
- ・ 2002年、2007年、2012年の3回



Monitoring sites
0 20 60 (km)

研究紹介3: もと湿地水田の植物群集

● 方法（植物の生態特性）

- ・ 日本産水性植物リスト
- ・ 図鑑等記録をまとめたもの

日本産水生・湿生植物チェックリスト

日本産水生・湿生植物チェックリスト

四藤光太郎¹⁾・山ノ内麻志²⁾・山口昌子³⁾・加藤 将⁴⁾・志賀 隆⁵⁾

これを利用し、湿地性植物を選定
(もともと生育していた可能性高)

<http://wetlands.info/tools/plantsdb/wetlandplants-checklist/>

研究紹介3: もと湿地水田の植物群集

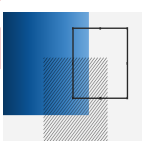
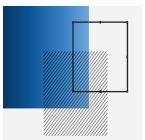
● 方法（群集データ）

t年とt+x年の共通種 / t+x年の種

→この値が大きいと入れ子構造
この値が小さいと入れ替わり

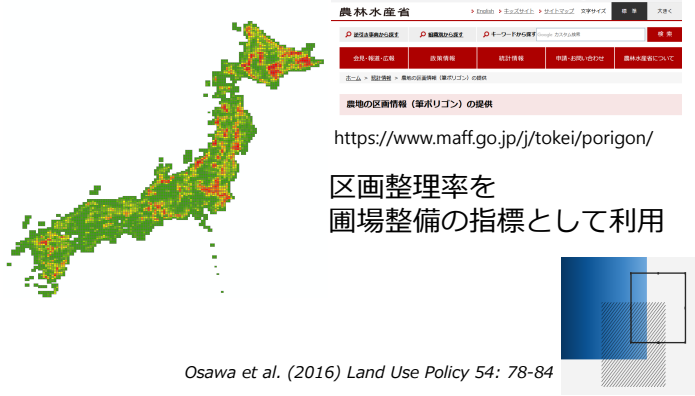
入れ子構造 B, D, F, H / A, B, C, D, E, F, G, H

入れ替わり構造 L, M, N, O / A, B, C, D, E, F, G, H



研究紹介3: もと湿地水田の植物群集

● 方法 (土地被覆データ)



農林水産省

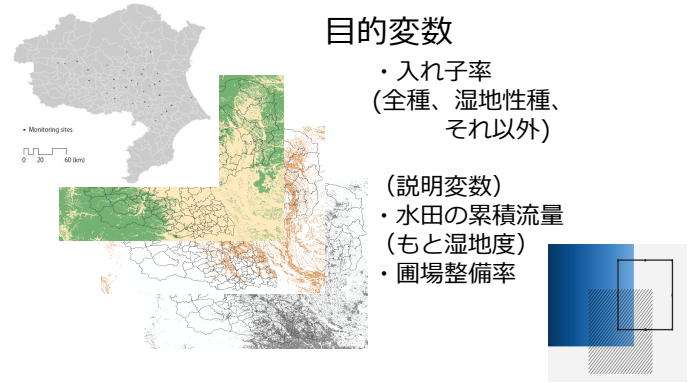
https://www.maff.go.jp/j/tokei/porigon/

区画整理率を
圃場整備の指標として利用

Osawa et al. (2016) Land Use Policy 54: 78-84

研究紹介3: もと湿地水田の植物群集

● 方法 (統計モデル)



目的変数

- ・ 入れ子率 (全種、湿地性種、それ以外)
- (説明変数)
- ・ 水田の累積流量 (もと湿地度)
- ・ 圃場整備率

研究紹介3: もと湿地水田の植物群集

湿地性種入れ子率 (2002-2007) ~
 $\log(\text{水田被覆の累積流量合計})$
 + 圃場整備率

青は負の影響
 赤は正の影響
 黒は影響なし

統計モデル: 一般化線形モデル オフセット利用

結果

元湿地水田は湿地性種の入れ子率が高い

圃場整備率が高いと入れ子率が下がる

※ 全種、湿地性種以外では元湿地の効果は検出されず
 圃場整備は全てのパターンで負の影響

研究紹介3: もと湿地水田の植物群集

湿地性種入れ子率 (2007-2012) ~
 $\log(\text{水田被覆の累積流量合計})$
 + 圃場整備率

青は負の影響
 赤は正の影響
 黒は影響なし

統計モデル: 一般化線形モデル オフセット利用

2007年以降は元湿地水田の効果は見えない

圃場整備率が高いと入れ子率が下がる

研究紹介3: もと湿地水田の植物群集

● 結果まとめ

もと湿地水田は湿性植物を保持する

氾濫原湿地の上に成立した水田
 ≡ 長期的に維持されている湿地

手付かずの自然生態系に近い状態
 = 過去から現在まで湿地が維持
 の水田は、質の高い湿地ハビタットを維持

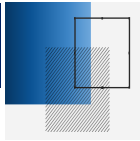
研究紹介3: もと湿地水田の植物群集

● 結果まとめ

保持の効果は徐々に低下

2002-2007年で検出された入れ子構造は
2007-2012年では検出されず

耕作放棄地が増加している時期に合致
放棄によって湿地ハビタットが崩壊？



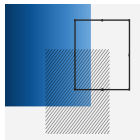
全体まとめ

- もと湿地水田は高い防災・減災機能
(災害を抑制、緩和する機能)がある
(調整サービス)
- 同じ条件の水田は
湿地ハビタットとしての価値が高い
(基盤サービス)

食料生産機能を維持しつつ、
“結果的に”防災・減災、生物多様性の
保全も達成できるかも？



既存の農地をうまく活用すれば
防災・減災の取り組みと
生物多様性保全は両立しうる！

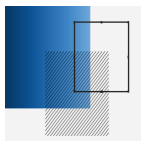


ただ、両立が厳しい水田が
増えている面もあります・・・



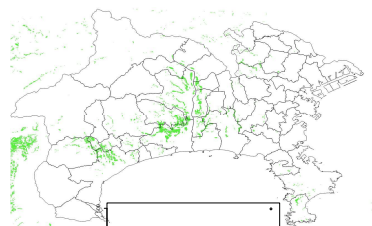
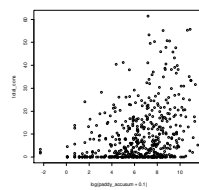
extra

元・湿地水田は
優先的に圃場整備されている



Osawa T (2024)
Overlap relationship between the priority of land consolidation and
the floodplain wetland potential in paddy field.
Ecological Research 39: 242-249.

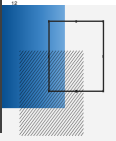
神奈川県の水田分布



神奈川県の水田における圃場整備地



もと湿地は大面積水田になる傾向
大面積水田は整備圧が強い傾向
⇒もと湿地水田は整備圧が強い！



追加まとめ

- ・もと湿地水田は生態系サービスの面で有利
- ・でも、特定の生態系サービス（食料生産）を高めるために他サービス（生物多様性）を喪失させてきた
- ・生態系の理解を深め、今後はこういった知らないうちの喪失は避けたいところ

