

2018/6/20 琵琶湖分室セミナー

## 漁獲物の多様性がもたらすベネフィット： 生態系サービスの視点から

国立環境研究所 生物生態系環境研究センター  
松崎 慎一郎

## 本日の発表

背景：多様化 **diversification** の重要性

検証：① 漁獲物の多様化と **ベネフィット**

② 漁獲物の多様性と **安定性**

議論：新しい管理手法となるのか？

## 着想に至った理由

資源量の減少 外来魚との戦い

高年齢・後継者不足

需要減少

## 着想に至った理由

資源量の減少 外来魚との戦い

高年齢・後継者不足

漁業の持つ機能、文化的なサービスも低下  
→ 抜根的かつ包括的な対策が必要

需要減少

## Diversification, 多様化の利点

高水温、感染、干ばつ、災害...  
需要、風評...

環境変動や市場変動のリスクを減らし、収益や生産を担保・安定させる → **レジリアンスを高める**

単産出 ← 多産出

水温等の環境勾配 消費者の嗜好

水温等の環境勾配 消費者の嗜好

※Specialization: 数種、単一種の生産を最大化するような戦略

## Specializationの例

儲け重視の漁業 → 経済的・生態学的なリスクが高い

"Gilded trap (金色のわな)"

Steneck et al. 2011 Conservation Biology

## Diversification効果の証拠

決して新しい考え方ではない  
生態学的な理論や知見との統合で再び注目！

news & views

**Agroecosystem diversification**  
The diversity of agricultural systems has been identified as a key to sustainable yields under favorable conditions. Diversification of agroecosystems may be realized by maintaining and diversifying plants or by increasing organismal diversity.

**Journal of Ecology**  
MINIREVIEW: ECOLOGICAL SOLUTIONS TO GLOBAL FOOD SECURITY  
Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems

**PNAS**  
Benefits and risks of diversification for individual fishers

ARTICLE  
Fisheries portfolio diversification and turnover buffer Alaskan fishing communities from abrupt resource and market changes

## 生物多様性と生態系機能

生態系機能  
Ecosystem function (resource capture, biomass production, decomposition, nutrient recycling)

Link functions to services

Expand our focus

Improve predictions

Biological diversity (variation in genes, species, functional traits)

生物多様性

Cardinale et al. 2012 Nature

## 漁獲物多様性と生態系機能

水温変動の影響を緩和 (気候変動の点から重要)

水温変動が漁獲量に与える影響

● 現在の多様性レベル ● もっとも低いレベルにした場合

海洋地域

Dee et al. 2016 Royal B

## 生物多様性と安定性

ポートフォリオ効果 (統計的平均化効果)

負の共分散効果 (非同調性)

複数の種が独立に変動するとき、多様な種を含む群集ほど、群集全体が変動しにくくなる

種間で競争が働いたり、環境変化への応答が異なる場合、種間で変動が相補的になり、群集全体の個体数が安定化する

## 漁獲物多様性と安定性

収入の安定化に貢献

収入の変動性

安定 ←

→ 不安定

漁獲物の多様性

Anderson et al. 2017 PNAS

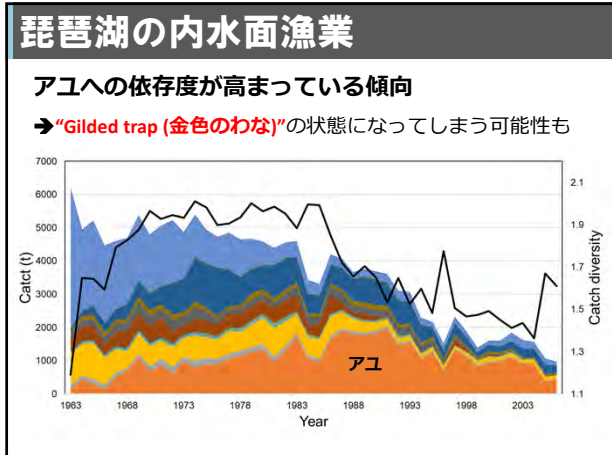
## 多様なベネフィットを提供

Diversificationは、総生産量や総収益を向上させるが、同時に他のベネフィットも向上させる可能性

→ Multifunctionality 多機能性 / 多面的機能

Isbell et al. 2017 J. Ecology

Finney & Kaye et al. 2017 J. Applied Ecology



### 仮説

琵琶湖において、**漁獲物の多様性**は

- ① **多様なベネフィットを同時に向上させるか？**
- ② ベネフィットを**安定化**させるか？

### 内水面漁業の機能

水産増進 (Aquaculture Science) 54 (4), 553-560 (2006)

日本国内の内水面漁業の持つ再資源化サイクル機能の経済評価

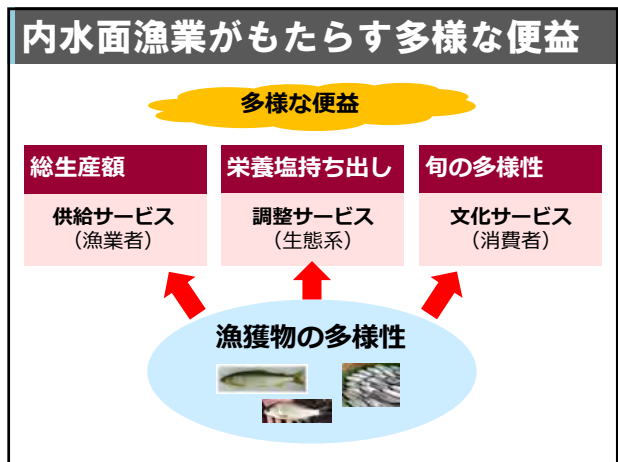
阿部信一郎<sup>1</sup>・齋藤 肇<sup>2</sup>・坂野博之<sup>1</sup>・玉置泰司<sup>3</sup>

Economic Evaluation of Freshwater Fisheries Providing the Function of Nutrient Removal from Inland Waters in Japan

農林水産業は、人々の食を支える生物資源を供給する本来の機能の他、様々な公益的機能を潜在的に有している。そのうち水産業および漁村の機能として、**水産物の安定供給以外の3つの機能**：1) 富栄養化の原因となる過剰な窒素・リンを漁獲物として回収し、人間社会の物質循環を補完する機能（再資源化サイクル機能）、2) 漁業者による魚つき林の整備や海岸の清掃等、生態系を保全する機能、3) 漁業者による海難救助等、生命財産を保全する機能、4) 体験学習等により市民の交流の場を提供する機能および5) **伝統漁法および郷土料理を継承し地域固有の文化の維持に関わる機能**が挙げられている(水産庁2006)。しかし、これらの公益的機能は水産物のように市場で取引され

ることがないため、その価値を具体的に評価することは困難である。近年、流通のグローバル化が進む状況において、国内水産物の価値を高めることに対し国内および国際社会の理解を得るためには、その社会的重要性を示す必要がある。そのためには、市場規模だけでなく、水産業が有する外部経済（公益的機能）についても定量的に評価することが重要である。

日本の水産業分野において、内水面漁業は点在する小さな水域を漁場とするため、その生産量および生産額は海域に比べ極めて小さい。その一方、内水面漁業は、人々の生活において身近な水辺である川や湖を生産の場とすることから、地域社会と密接な関係を持って発展してきた。しかし、これまで、食料供給以外に、



### 方法：漁獲物の多様性と生産高

漁獲量 (t)

- ・「滋賀の水産」(1962~2006)
- ・各魚種の漁獲量から、**Shannon-Wiener多様性指数**を算出

生産額 (円)

- ・「滋賀の水産」(1962~2006)
- ・消費者物価指数で補正

### 方法：窒素・リン除去機能

Step 1

早川ら (2010) など  
↓  
漁獲対象種の**窒素、リン含有量**を文献から収集

↑  
筋肉だけではなく(食品分析表), 骨などを含むWhole body分析値

Step 2

$$N \text{ storage} = C_1 \times N_1 + C_2 \times N_2 + \dots + C_n \times N_n$$

魚種1の漁獲量 ↑ 魚種1のN含有量

$$P \text{ storage} = C_1 \times P_1 + C_2 \times P_2 + \dots + C_n \times P_n$$

### 方法：窒素・リン除去機能

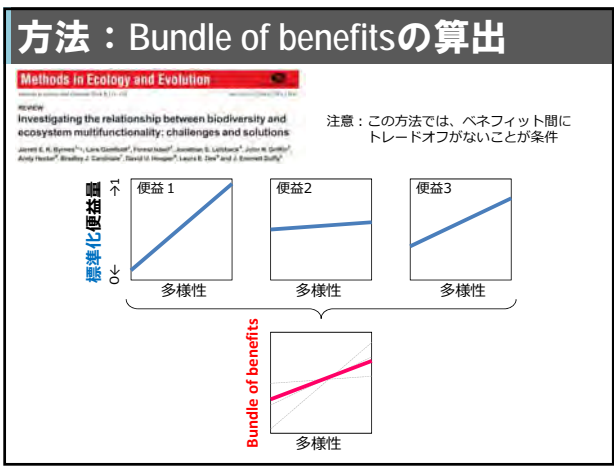
#### 漁獲対象種の窒素、リン含有量データ

Species	Nitrogen (% wet mass)	Phosphorus (% wet mass)	References
Fish			
<i>Oncorhynchus masou</i>	3.20	0.49	Mikami et al (2001)
<i>Plecoglossus altivelis</i>	2.39	0.38	Kojima et al (1986a), Hayakawa et al. (2010)
<i>Platichthys stellatus</i>	2.42	0.41	This study
<i>Hypomocys nipponensis</i>	2.50	0.44	This study
<i>Salvagerichthys microdon</i>	1.75	0.14	This study
<i>Cyprinus carpio</i>	2.30	0.55	This study
<i>Carassius, spp.</i>	2.72	0.72	This study
<i>Tribolodon hakonensis</i>	2.25	0.45	Kojima et al (1986a), Hayakawa et al. (2010)
<i>Zacco platypus</i>	2.31	0.57	Kojima et al (1986a), Hayakawa et al. (2010)
<i>Opariichthys uncirostris</i>	2.60	0.56	Kojima et al (1986a), Hayakawa et al. (2010)
<i>Gnathopogon caeruleocens</i>	2.82	0.52	Kojima et al (1986a), Hayakawa et al. (2010)
Bivalve			
<i>Heterodonta</i>	2.29	0.61	This study
<i>Hyporhamphus intermedius</i>	2.14	0.30	This study
<i>Magill cephalus</i>	2.93	0.50	This study
<i>Anguilla japonica</i>	2.74	0.27	This study
Globes			
<i>Gymnogobius usua</i>	2.34	0.61	Kurumaru (1998)
<i>Gymnogobius usua</i>	2.44	0.43	Kojima et al (1986b), Hayakawa et al. (2010)
<i>Palaemon pascuensis</i>	2.61	0.32	Kurumaru (1998), Hayakawa et al. (2010)
<i>Microbrachium nipponense</i>	2.58	0.33	Kurumaru (1998)
<i>Neomysis intermedia</i>	1.98	0.27	Kurumaru (1998)
<i>Corbicula (bodyshell)</i>	1.47/0.21	0.15/0.02	Nakamura and Mori (1998)

### 方法：旬の魚種の多様性

- 書籍、図鑑、文献から各魚種の旬を調べる
- Rao's quadratic entropy (機能的多様性の指標) を算出

$$FD = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N d_{ij} P_i P_j$$



### 統計解析

一次自己回帰(AR1)を考慮した線形モデル (R function: gls)で分析

ベネフィット =

**漁獲物多様性** + **総漁獲量**

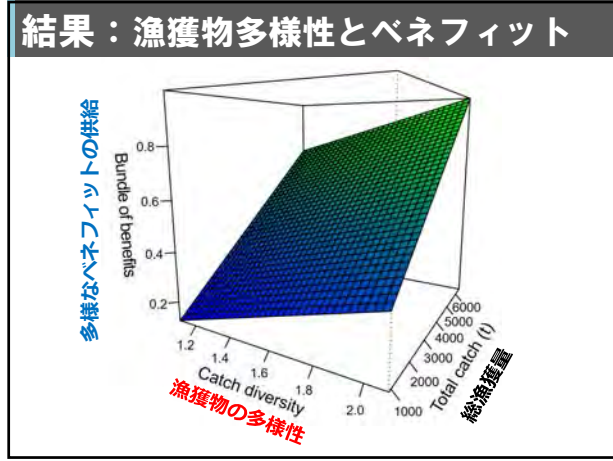
↑  
漁獲量が減ればサービスも減るため、その効果をキャンセル

さらに、残差を使った分析でも確認

### 結果：漁獲物の多様性とベネフィット

漁獲物の多様性が高い時、複数のベネフィットが向上

ベネフィット	漁獲物の多様性			総漁獲量		
	推定値	SE	P	推定値	SE	P
総生産額	2230.6	678.3	0.002	0.67	0.15	<0.001
窒素除去機能	18.6	7.4	0.016	0.021	0.002	<0.001
リン除去機能	4.22	1.3	0.003	0.003	0.0003	<0.001
旬の多様性	0.03	0.01	<0.001	-2.5.E-06	2.4.E-06	0.308
Bundle of benefits	0.25	0.1	0.007	0.013	0.003	0.002



### ポートフォリオ効果の検証

最もシンプルなAverage-CVを算出し、**漁獲種数**がベネフィットを安定性させるか検証

$$\frac{(CV_A + CV_B + CV_C) / 3}{CV_{all}}$$

>1 : ○倍安定と解釈  
=ポートフォリオ効果あり

※RのEcofolioパッケージ (Anderson et al. 2013) を用いて計算

### 結果：ポートフォリオ効果

多様な魚種の利用は、ベネフィットの安定化につながる

総生産額

N除去量

P除去量

ポートフォリオ効果 (PE)

### 議論 1

- **漁獲物の多様性は多様な便益を同時に向上させる**
  - ・限られた4つのベネフィットしか評価していない (課題)
  - ・他の湖沼との比較が必要 (現在5湖沼について解析済み)
- **漁獲量の増加だけでも多様な便益を向上させるが**
  - ・旬の多様性に効果はなし
  - ・今後の環境変動・市場変動を考えると持続可能ではない

### 議論 2

- **多様化のコストや問題**
  - ・複数の漁具の維持管理、人手不足
  - ・種ごとの資源量を把握？乱獲状態？→資源管理との統合
  - ・多様性の状態をどのように把握、評価するか
- **漁業管理と生態系管理の統合**
  - ・漁業者だけではなく、生態系や消費者への便益を評価
  - ・有用魚種の減少に共通する駆動因を優先的に対策？
  - ・外来魚や水草の駆除、資源の多様化として組み込む？

### 議論 3

漁業者、幅広いステークホルダーの理解が不可欠

レジームシフト後の  
総収益の変化率

Percent change in revenue

Percent change in catch

Diversity 漁獲物の多様性

Cline et al. 2016 Nature Communications

### 今後

- 湖沼間比較、評価スケールの検討など詳細な分析
- トレードオフの考慮、どの程度の多様性が必要か
- 実装に向けた障壁を解明

**多様化戦略への転換は、“パラダイムシフト”**

資源減少、需要減少、外来魚、気候変動、未知のリスク...

→抜根的かつ包括的な対策が不可欠