

2012年3月19日

日本生態学会/東アジア生態学会連合大会 自由集会
～IPBESと生態系サービス評価の国際動向～

気候変動対策と生物多様性保全の連携を
目指した生態系サービス評価：
空間評価ツールInVESTの利用

Evaluation of ecosystem services for good balance between climate change prevention and biodiversity conservation using the GIS tool InVEST

庄山 紀久子
(独)国立環境研究所 地球環境研究センター



Contents

1. 環境研究総合推進費プロジェクトF1101の概要

Introduction of the research project, F1101

2. 生態系サービス空間評価ツールInVESTの紹介

Overview of a GIS tool “InVEST” for evaluation of Ecosystem services

3. 国内事例研究(釧路川流域)

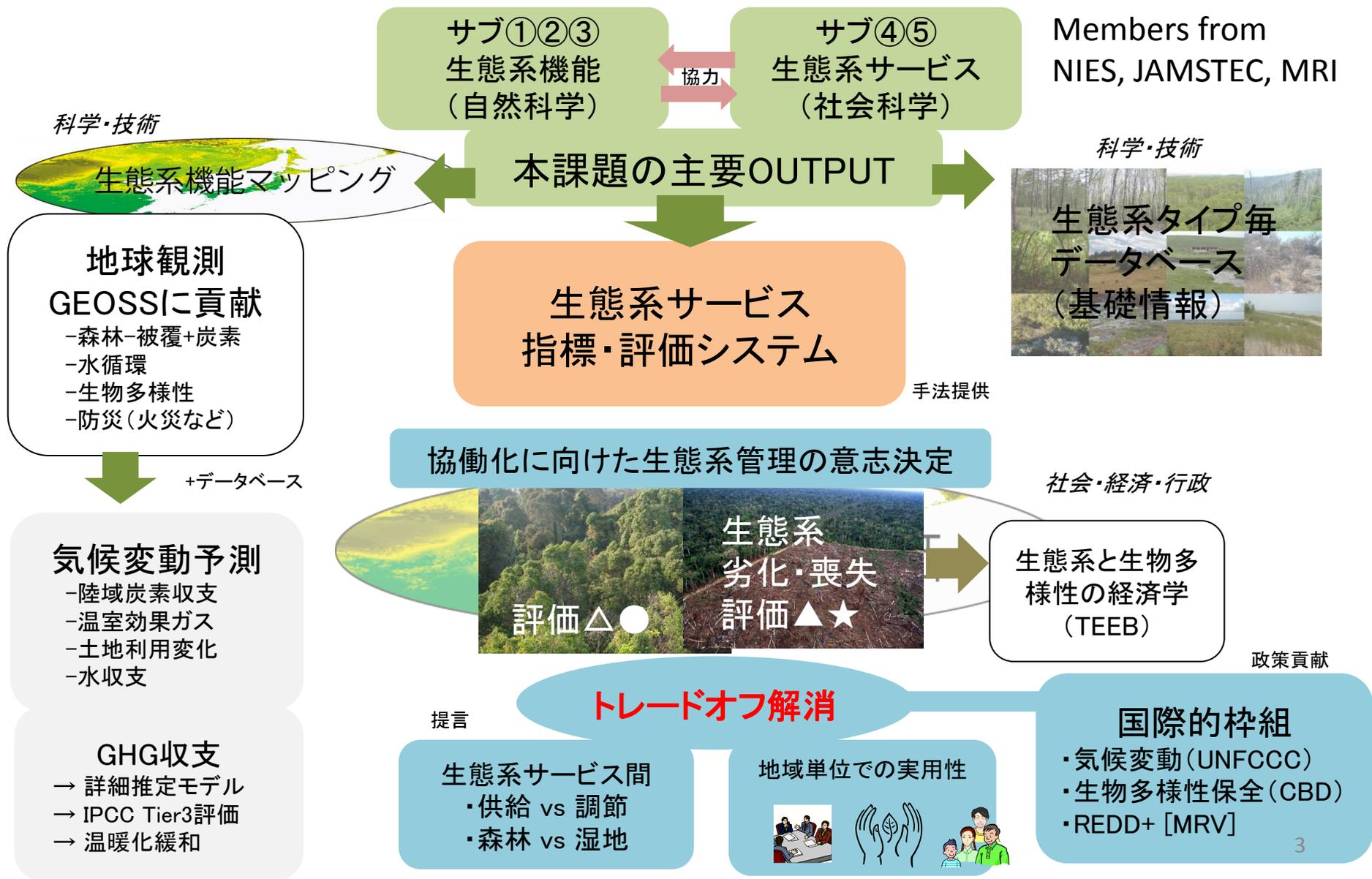
Case study in Japan, Kushiro watershed

4. まとめ

Summary

環境研究総合推進費 F1101

「気候変動対策と生物多様性保全の連携を目指した生態系サービス評価」 —研究から政策貢献まで— (課題代表: 国環研 伊藤昭彦)



手法:「機能評価」と「サービス評価」研究

人間社会系

自然生態系

土地利用/被覆変化(LUCC)

生態系サービス評価 (NIES&MRI)

GISベースモデル
によるESの定量・空間評価

社会経済データ
パラメータ設定

- 土地被覆変動解析
(要因・変化率・空間評価)
- 土地利用シナリオの分析
(将来人口・社会構造の変化)
- 非市場財評価
(顕示・表明選好法による価値評価)

意思決定支援ツールの開発
社会実験による検証

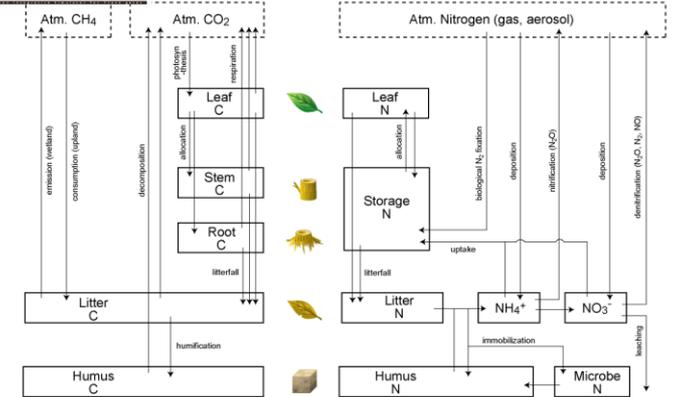


物理的データ
パラメータ設定

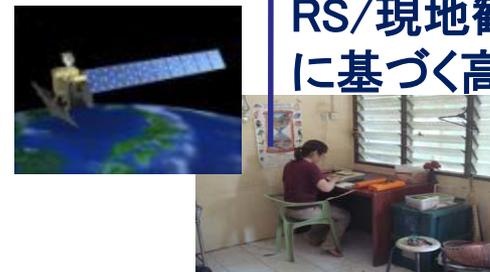
生態系機能評価 (NIES&JAMSTEC)

生態系プロセスベースモデル
による機能評価, 改良・拡張

VISIT

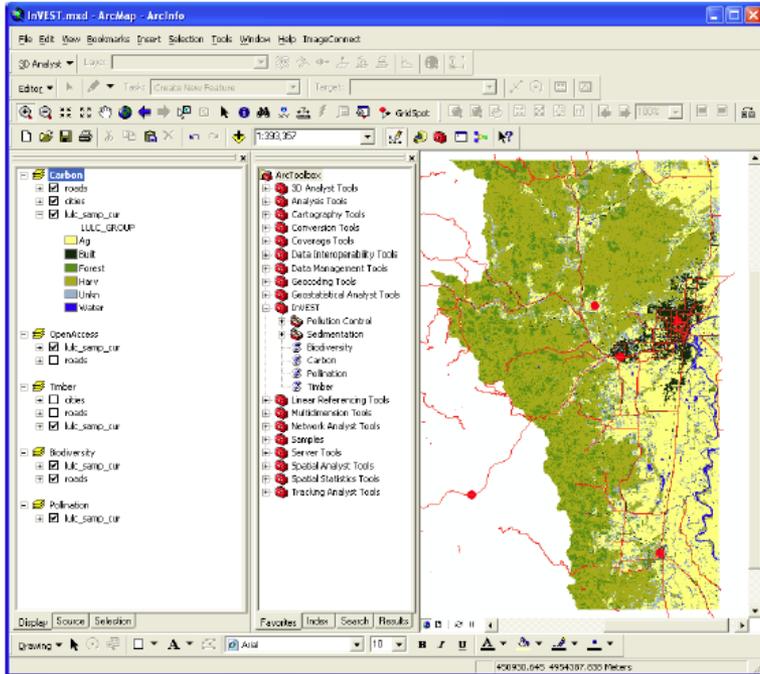


RS/現地観測データ
に基づく高度化



生態系サービス空間評価ツール: InVEST

Free tool working with ArcGIS



InVEST Toolbox and tools displayed

入力データ: 土地被覆図,
生物物理 / 経済データ

各種モデル
将来シナリオ

出力: 生態系サービス評価マップ
基盤, 調整, 供給サービスを表す指標を計算

地域政策への貢献:
トレードオフの提示, 保全計画

<Reference>

The Natural Capital Project (Stanford University)

<http://www.naturalcapitalproject.org>

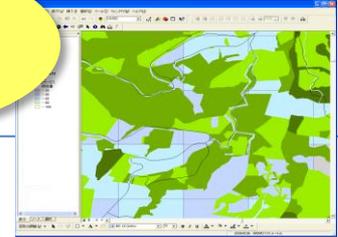
InVESTの目的:「地域評価」と「合意形成補助」

社会構造の変化

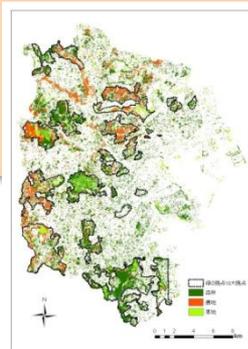
➡土地利用被覆の変化 ➡ 生態系機能・ESの変化

ES評価マップ

指標による
可視化



土地被覆図



Models in InVEST

- Wave Energy Model
- Coastal Vulnerability Model
- Marin Fish Aquaculture Model
- Aesthetic Quality
- Biodiversity: Habitat Quality & Rarity
- Carbon Storage and Sequestration
- Reservoir Hydropower Production
- Water Purification : Nutrient Retention
- Sediment Retention Model
- Managed Timber Production Model
- Crop Pollination

<使い方>

- ・過去の変化(アセスメント)
- ・将来シナリオの提示(合意形成の補助)

<特徴>

- ・少ない情報(土地被覆+α)で各種ESをマッピング(空間評価)
- ・長所:汎用性がある
- ・短所:パラメータ設定の問題

(観測値・推定値・専門的知識に基づいて決めることになっている)

InVESTの構成

- Wave Energy Model
- Coastal Vulnerability Model
- Marin Fish Aquaculture Model
- Aesthetic Quality

海域・沿岸域生態系

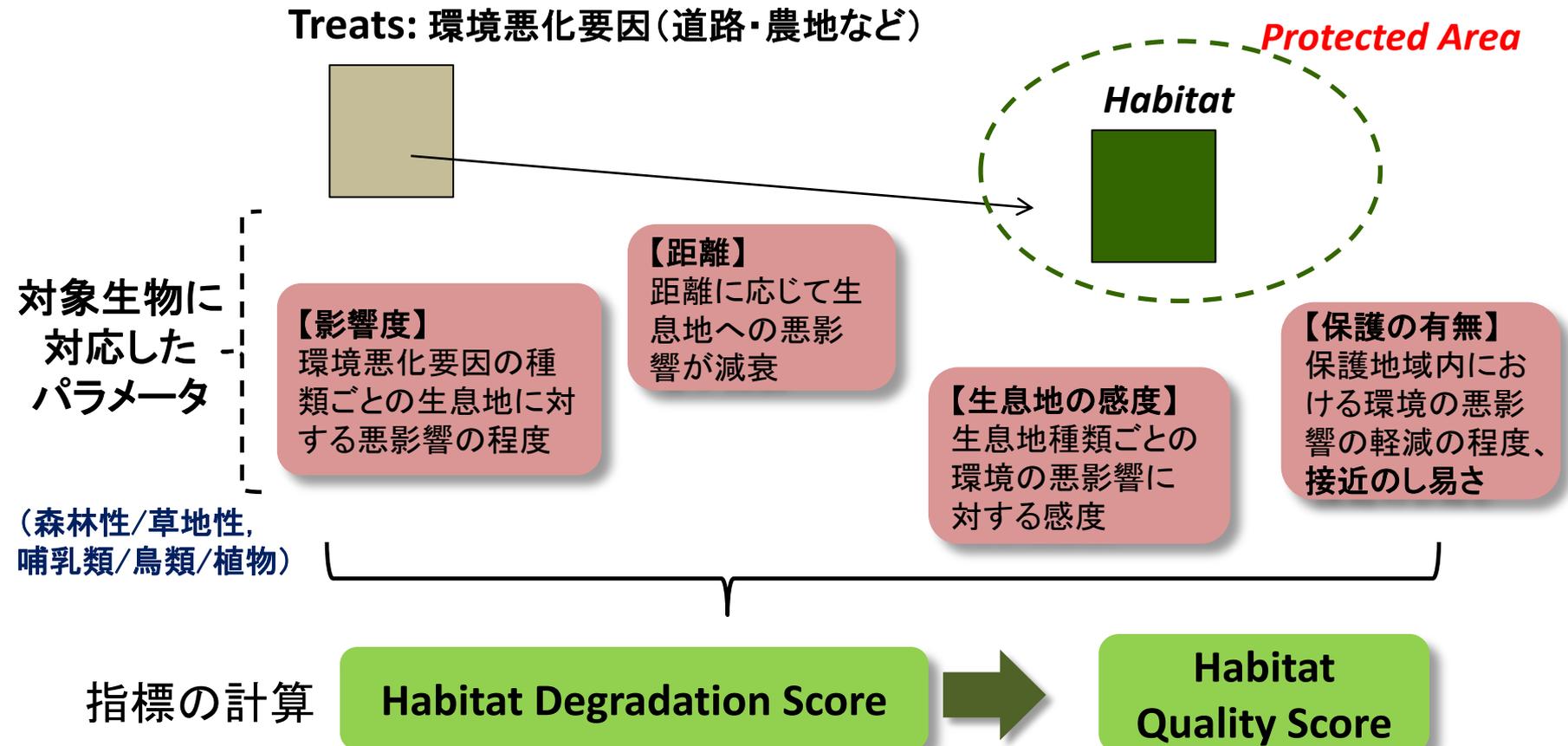
- Biodiversity: Habitat Quality Model
- Carbon Storage and Sequestration
- Reservoir Hydropower Production
- Water Purification : Nutrient Retention
- Sediment Retention Model
- Managed Timber Production Model
- Crop Pollination

陸域・淡水域
生態系

指標を計算を行うそれぞれ独立したモデル・いずれも土地被覆図がベースとなる

① Biodiversity: Habitat Quality Model

Habitat Quality (生息地の質) は土地利用の影響を受け劣化する
→ Threats (環境悪化要因) による影響を評価するモデル



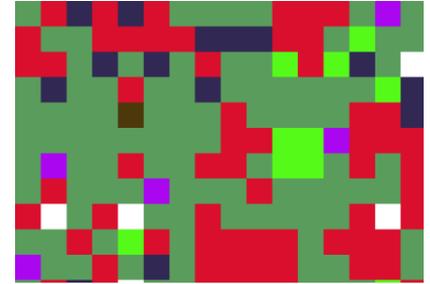
① Biodiversity: Habitat Quality Model

<Output indicators>

① Habitat Degradation score (生息地の劣化度)

Total treat level in grid cell x with land cover type j :

$$D_{xy} = \sum_{r=1}^R \sum_{y=1}^Y \left(\frac{w_r}{\sum_{r=1}^R w_r} \right) r_y i_{rxy} \beta_x S_{jr}$$



Relative impact × Distance × Accessibility × Sensitivity
(影響度) (距離) (保全の有無) (影響感度)

R : Threat's raster map, Y : Set of grid cells on R

② Habitat quality score (生息地の質: 生息地としての機能)

$$Q_{xj} = 1 - \left(\frac{D_{xj}^z}{D_{xj}^z + k^z} \right)$$

z=constant: 2.5

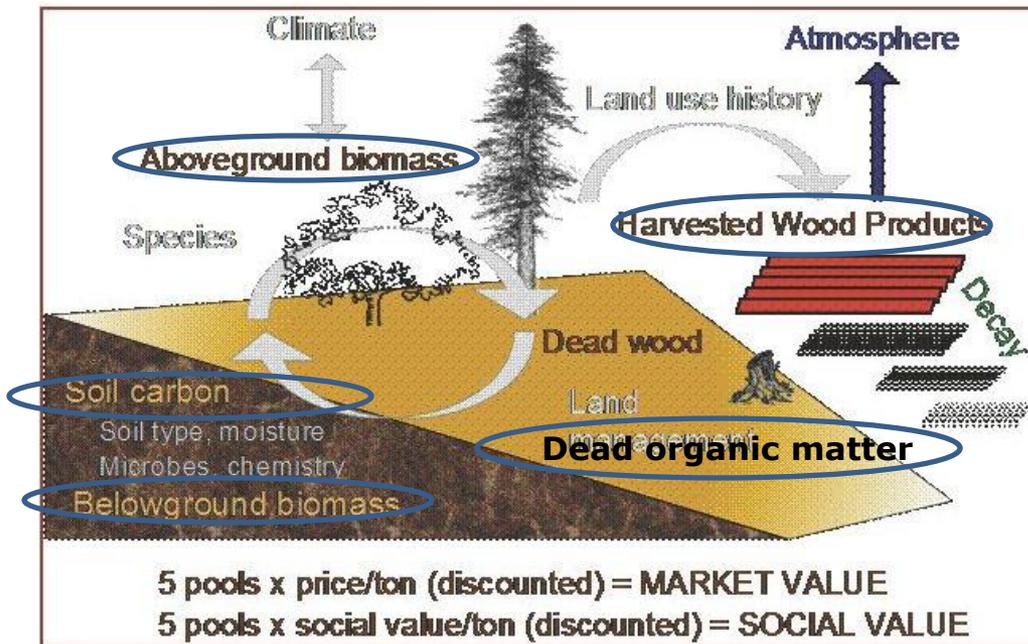
k=scaling parameters (half-saturation constants)

Default value: k=30 (set k=half of the highest grid cell degradation value)

② Carbon Storage and Sequestration Model

土地被覆毎の炭素蓄積推定量や森林管理計画(木材生産など)をもとに対象地域の炭素量を推定し, 市場価格から経済評価を行う.

※ Carbon pools according to IPCC 2006



- 各土地被覆ごとに, 4つの炭素プール推定値を入力
- 木材収穫率から生産物に固定される炭素量を計算
- 炭素市場価格の入力によって経済換算を行う

② Carbon Storage and Sequestration Model

<Output indicators>

① Total carbon storage (MgC) 炭素固定量

$$Total C_x = \sum (C_Above_x + C_Below_x + C_Soil_x + C_Dead_x + C_HWP_x)$$

地上・地下部の炭素量 + 木材生産物の炭素固定量

*Carbon storage in Harvested Wood Products (HWP, MgC)

$$HWP = \underbrace{Cut \times \sum_{t=0}^{ru} \left(\frac{Cur_{yr} - Start_{yr}}{Freq} \right)^{-1}}_{\text{収穫材積}} \times \underbrace{f(Decay_x, Cur_{yr} - Start_{yr} - (t \times Freq))}_{\text{木材生産物の炭素固定率}}$$

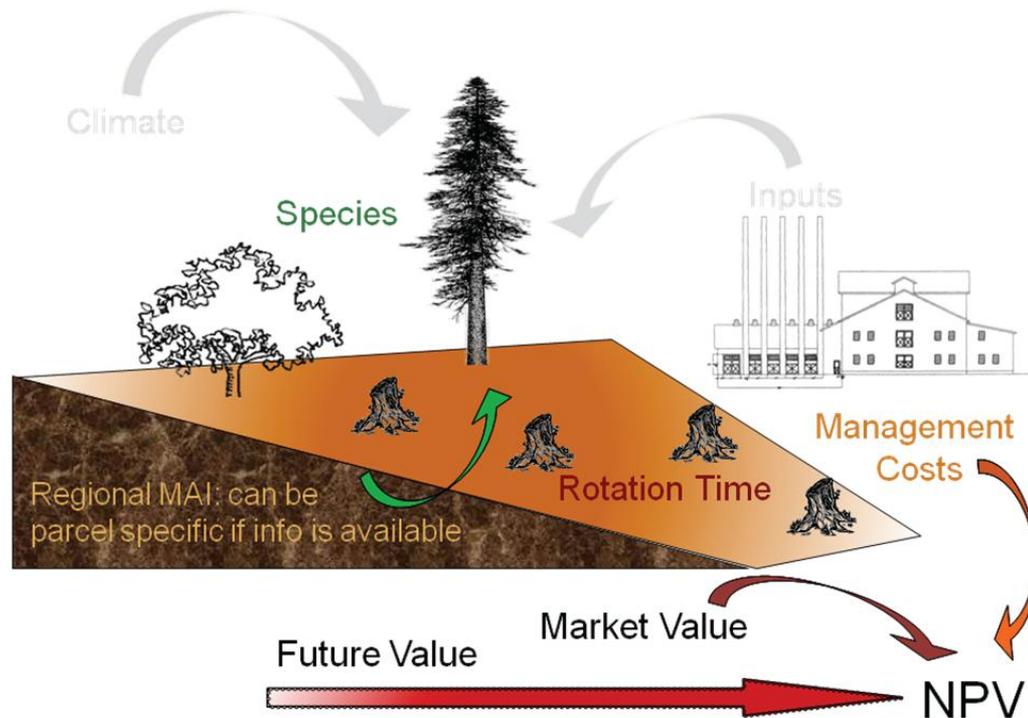
② Economic value (\$ C)

$$Value_x = \underbrace{V \left(\frac{Sequest_x}{Fut_{yr} - Cur_{yr}} \right)}_{\text{炭素市場価格(吸収分)}} \sum_{t=0}^{Fut_{yr} - Cur_{yr}} \frac{1}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^t \left(1 + \frac{c}{100}\right)^t}$$

r : discount rate, c : annual rate of change in the carbon price
(割引率) (年変動率)

③ Managed Timber Production Model

生産林における収穫可能な材木量を推定し、その経済的価値を収量と管理コストから評価する。



- ▶ 森林施業区画 (timber parcels) を定義するGISポリゴンファイル (ベクターデータベース) をベースに各収穫時期における収穫率 (%)、収穫材積量、伐採樹種、管理及び収穫コストを入力
- ▶ 設定した収穫頻度・市場価格から正味現在価格 (Net Present Value) を評価する

③ Managed Timber Production Model

<Output indicators>

① Timber production ($\text{m}^3 \text{ year}^{-1}$) 木材生産量

② Net Present Value (NPV, \$): 正味現在価値

$$NPV = \sum_{s=0}^{ru\left(\frac{T}{Freq}\right)} \frac{VH}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^{Freq \times s}} - \sum_{t=0}^{T-1} \left(\frac{Mait_cost}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^t} \right)$$

(収穫材の市場価値) - (管理コスト)

VH : monetary value (ha^{-1}) generated during a harvest period

$Freq$: frequency of harvest, $Mait_cost$: Maintenance cost, r : discount rate

国内テストサイト：釧路川流域のES評価



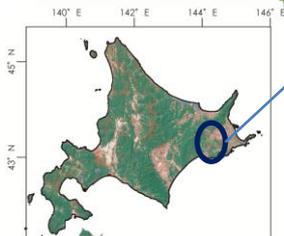
Kusharo Lake



Akan National Park



Kushiro Wetland National Park

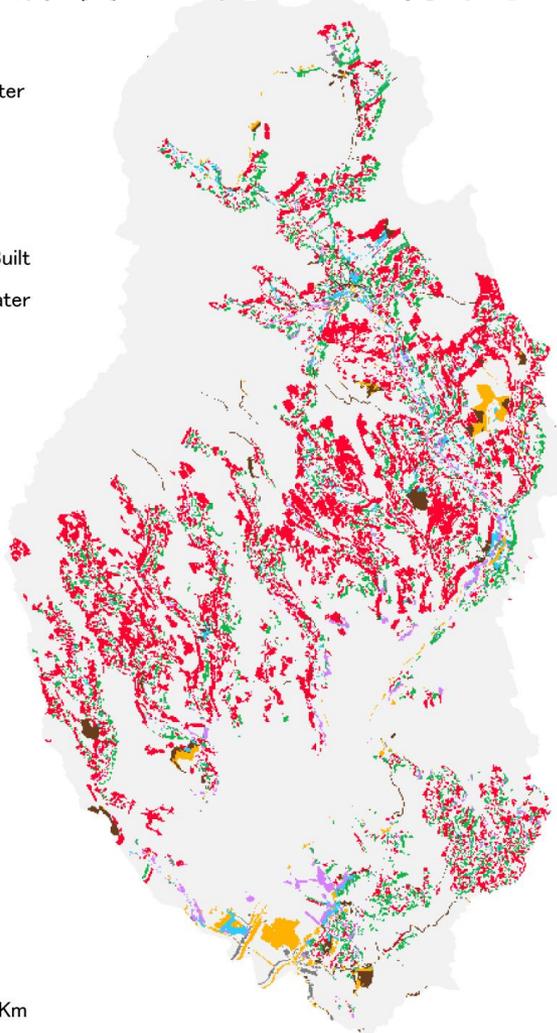


- ❑ Area: 2,510 km²
- ❑ Stream length: 154 km
- ❑ Population: 226,600
(5 admin units)
- ❑ Endangered species: ca. 90 sp.
(listed in IUCN/Ministry
of Environment, Japan Red List)
- ❑ Land use
Forest 68%, Agriculture 21%
Wetland 8%, Residence 3%
- ❑ Ecosystem Services
 - Provisioning : Foods, Woods, Water
 - Regulating : Climate, Flood regulation,
Water purification
 - Supporting : Reservoir of wild animal
habitat
 - Cultural : Tourism

過去の土地利用・被覆変化(1970s-2000s)

- 流域のうち≒30%の土地被覆が変化
- 農地拡大-> 放棄農地の発生 -> 将来オプション?

- Agri to Forest
- Agri to Shrub/Water
- Agri to Built
- Forest to Agri
- Forest to Built
- Shrub/Water to Built
- Built to Shrub/Water



Land use	1976 (km ²)	2006 (km ²)	Change (km ²)
Agriculture	325	538	+ 213
Forest	1,687	1,443	- 244
Shrub/Water	467	434	- 33
Built-up area	29	93	+ 64



Conifer-broadleaved mixed forest



Wetland



Pasture land



Built-up area

ES最大化のための土地利用シナリオ(2000s-2050s)の検討

A: Business As Usual Scenario

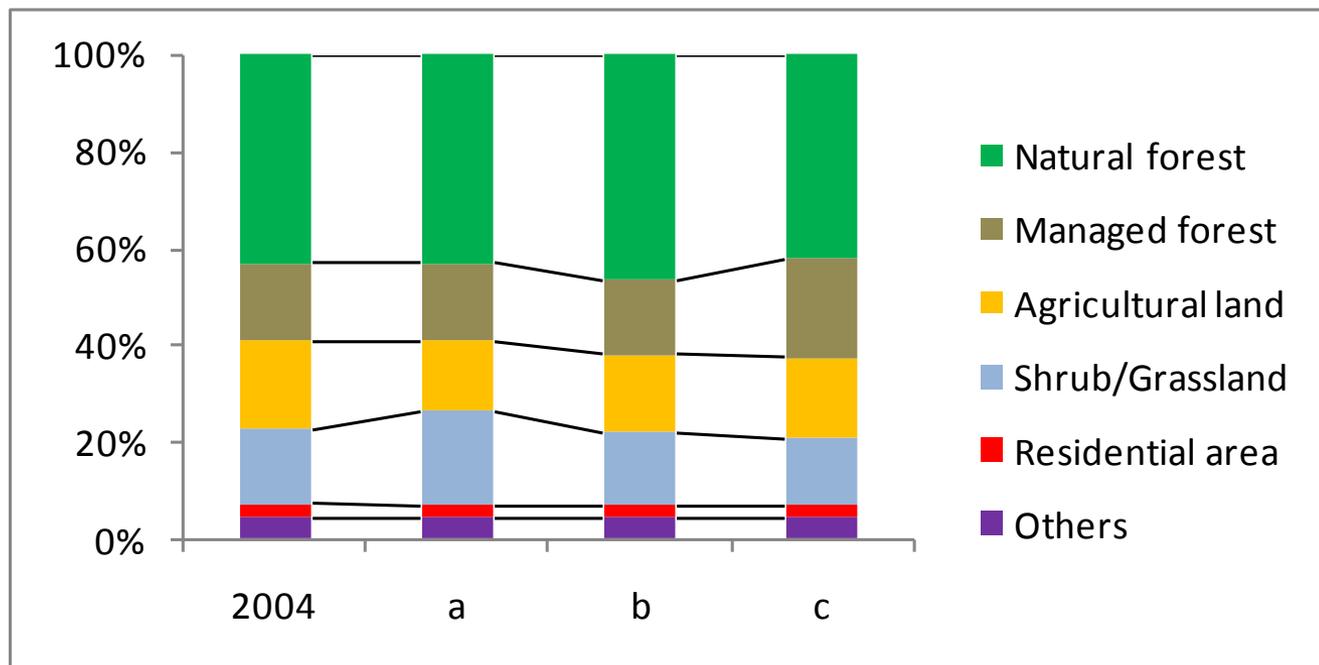
・成り行き: 政策なし, 人口減少・高齢化, 流域内GDP減少, 放棄農地の増加

B: Biodiversity Conservation Scenario

・生物多様性保全政策: 人口維持, 観光業推進, 混交林・広葉樹林の増加

C: Climate Change Prevention Scenario

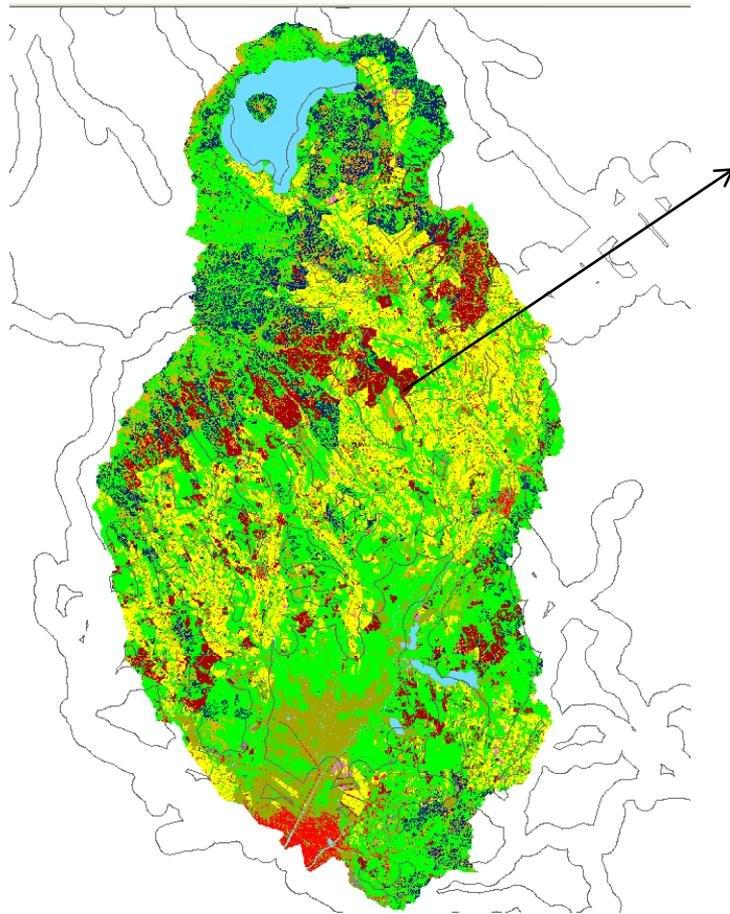
・気候変動緩和策: 人口維持, 農林業・バイオマスエネルギー生産, 生産林の増加



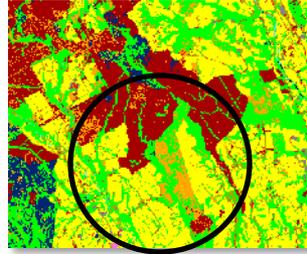
■ 50年後の土地利用割合(想定)

土地利用シナリオマップの作成(検討中)

50年後の土地被覆配分と空間配置の検討



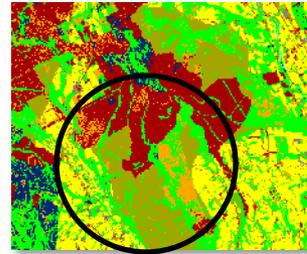
2000's



農地
Agriculture

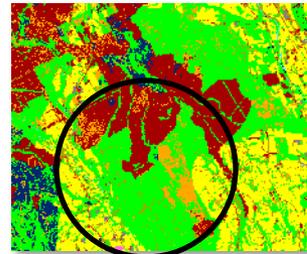
2050

A: BAU Scenario



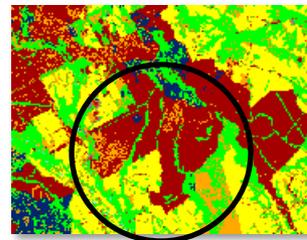
放棄地++
Abandoned

B: Biodiversity Conservation Scenario



広葉樹林++
Broadleaved forest

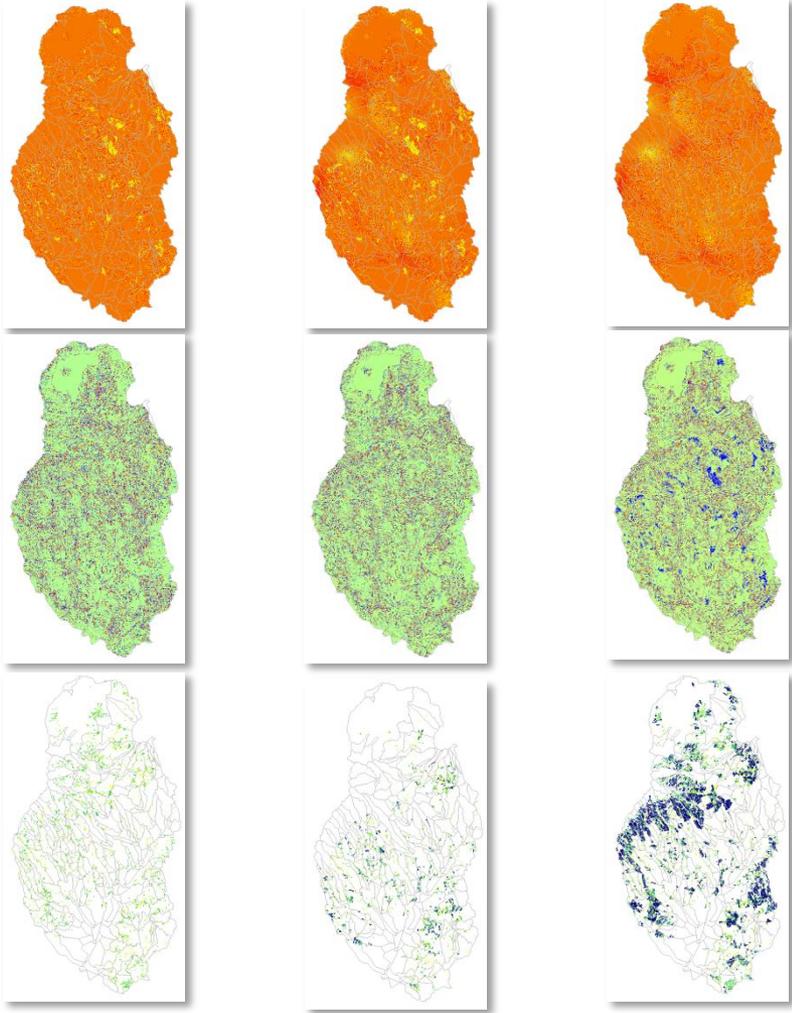
C: Climate Change Prevention Scenario



人工林++
Managed forest

Scenario: A: BAU B: Biodiversity C: Climate

ES:
■ 基盤
 (生息地)
 Supporting
 (Habitat)
■ 調整
 (炭素吸収)
 Regulating
 (Carbon)
■ 供給
 (木材供給)
 Provisioning
 (Timber)



Improved
 ↑
 ↓
 Degraded

■ Habitat quality
■ Carbon sequestration
■ Timber production

- GISベースモデルではシナリオ毎のESの改善・劣化を複数の指標によって可視化
- 量的な変化だけでなく、空間詳細な変化を示すことでシナリオ毎の重要な地域を示す
- 市場価格の入力によって経済評価も可能

信頼性の課題：パラメータ検証・設定

①Habitat quality score

- 生態系, 希少生物等の生息条件に対応したパラメータ設定の検討
- 生物種分布・生息種数による検証

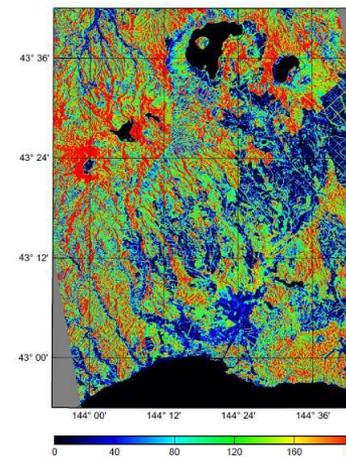
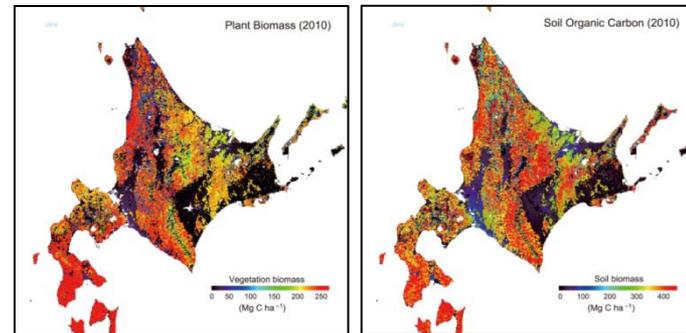
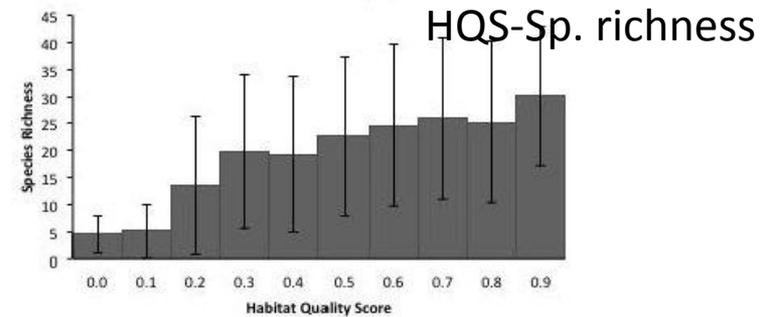
②Estimated biomass and carbon pools

- 観測データ, 生態系プロセスベースモデルによる推定値の入力
- 森林の詳細分類データの適用(樹高、バイオマス、樹種等)

③Timber production

- シナリオ毎の管理コスト, 市場価格の設定によって具体的な経済評価を行う

MN GAP Forest Bird Species Richness by InVEST Habitat Quality Score



(NIES & JAMSTEC)

まとめ

- **GISベースモデルの特徴**

- ① InVESTでは土地被覆図をベースとした統合評価が比較的、簡易に可能である(現場との整合性を確認する必要がある)
- ② 土地利用シナリオ分析に基づいたES評価によって将来社会のオプションを示すことができる

- **研究課題**

- ① 入力パラメータの検証
- ② 社会経済データに基づいたシナリオ分析の高度化・検証
- ③ 将来シナリオに対応したES指標導入
(木質バイオマス供給, 観光・エコツーリズムによる経済効果)

This study was supported by the Environmental Research Fund (F-1101) of the Ministry of the Environment, Japan.