

生物多様性がもたらす生態系サービスについて

Ecosystem services provided by forest biodiversity

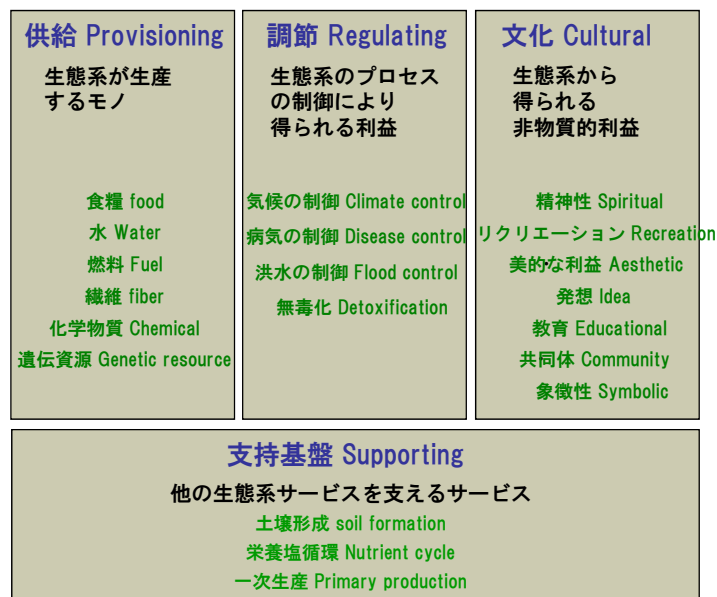
東北大学 中静 透

Tohru Nakashizuka, Tohoku university

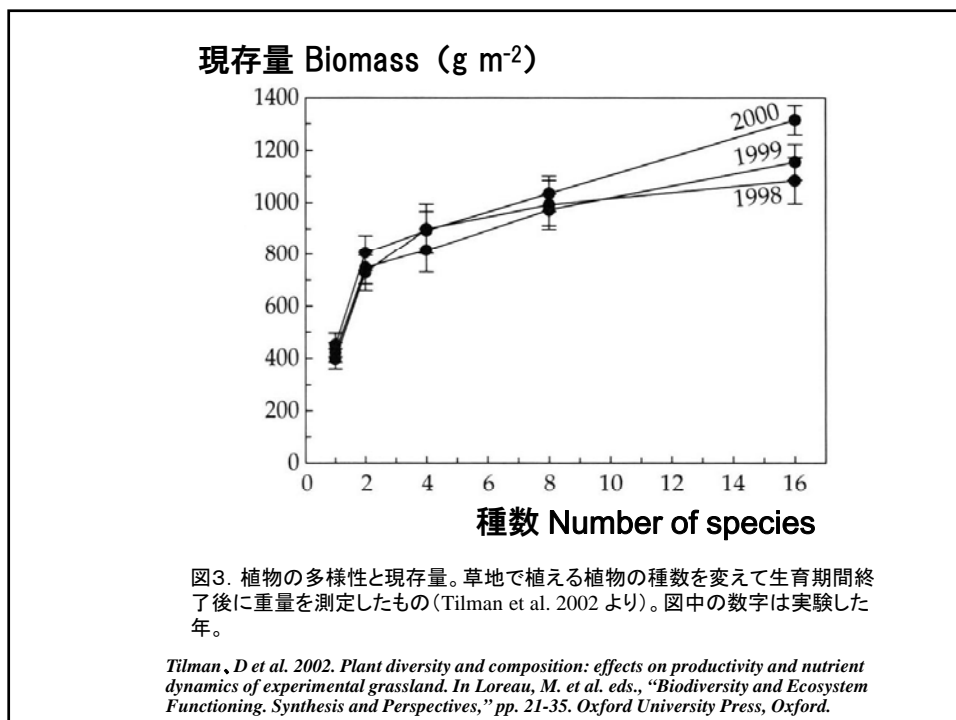
- 生態系機能とサービス What is Ecosystem service?
- 生物多様性と生態系サービス
Biodiversity and ecosystem service

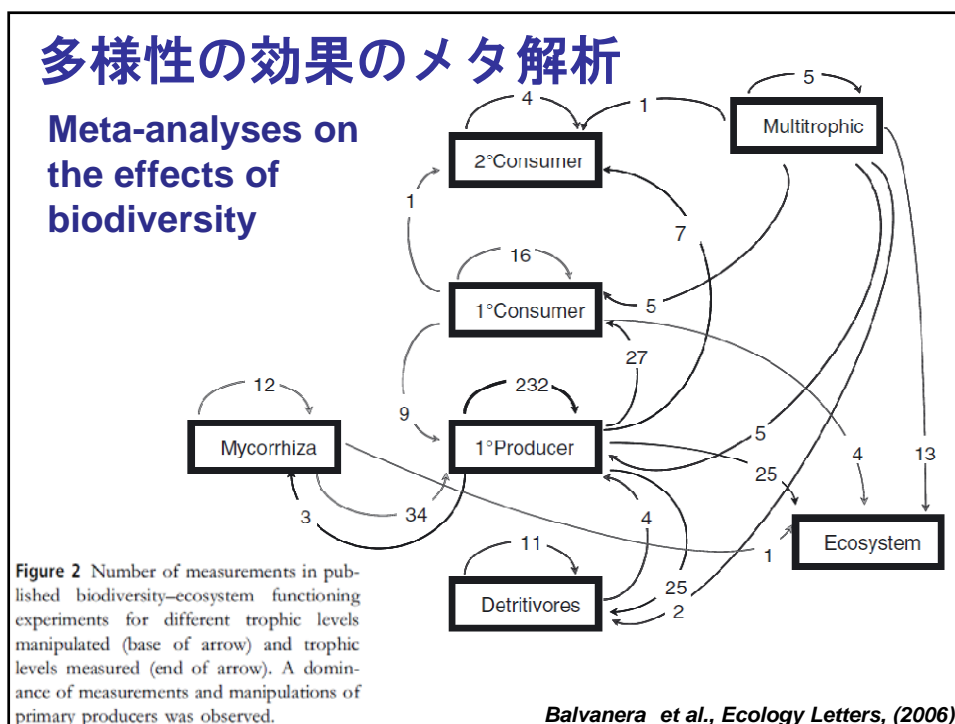
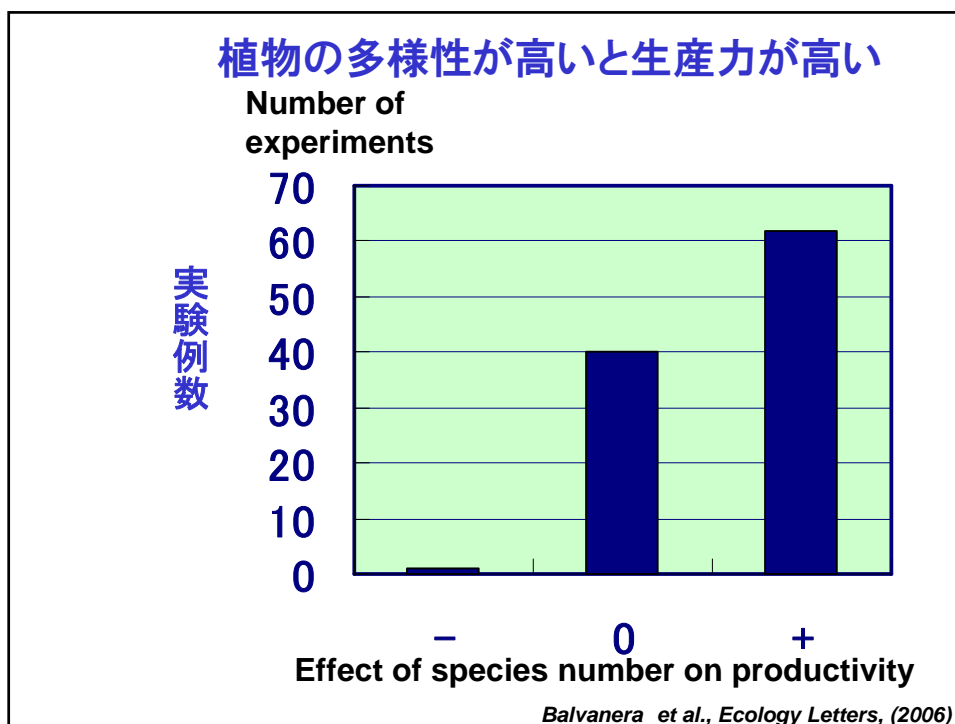
20100426 Waseda

生態系サービス：人間が生態系から得る利益

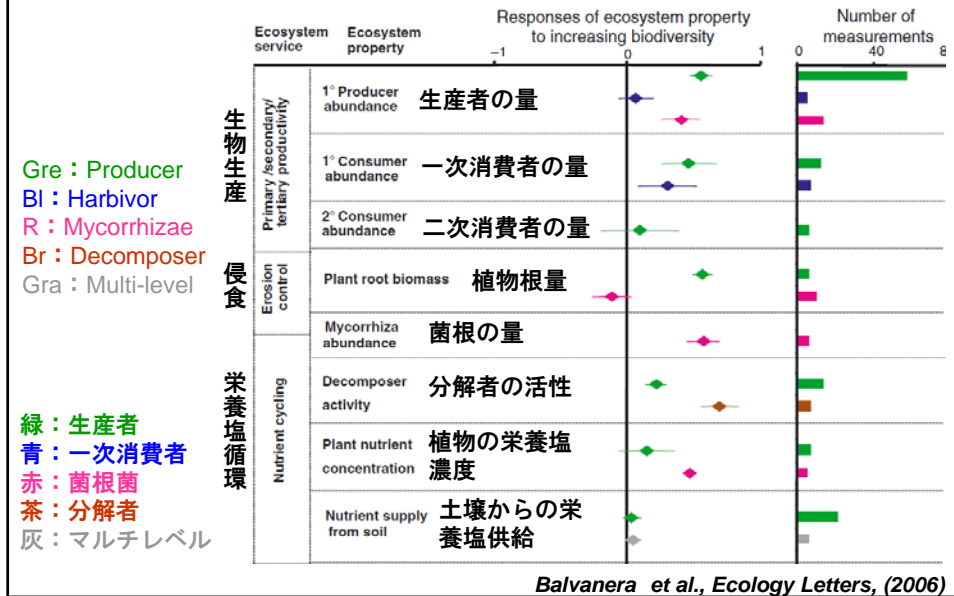


ミレニアム生態系アセスメント (<http://www.millenniumassessment.org/en/about.slideshow.aspx>) に加筆

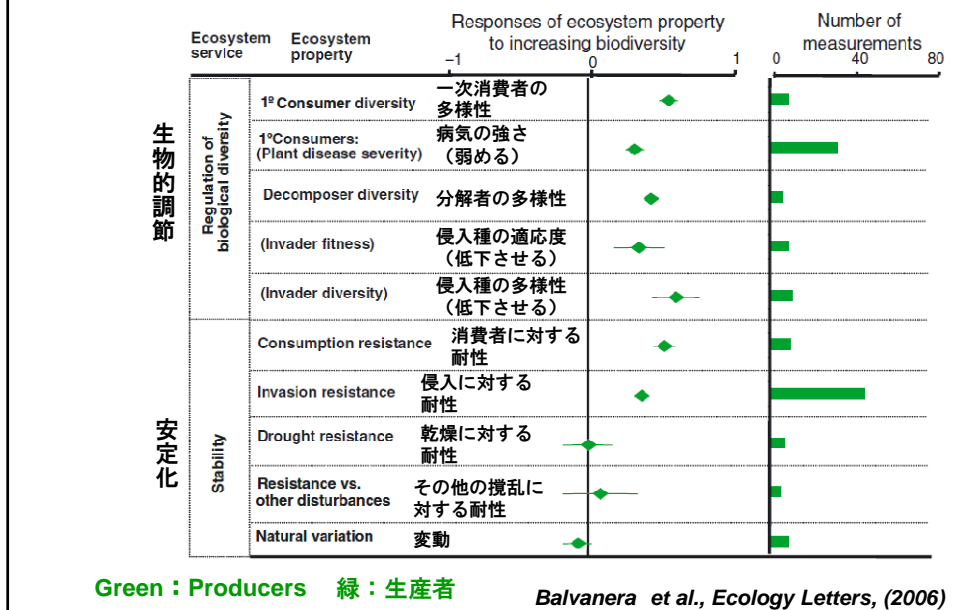




多様性によって効果があるか？（1）



多様性によって効果があるか？（2）



生物多様性と生態系機能・基盤サービス

Biodiversity and function and/or supporting services of ecosystem

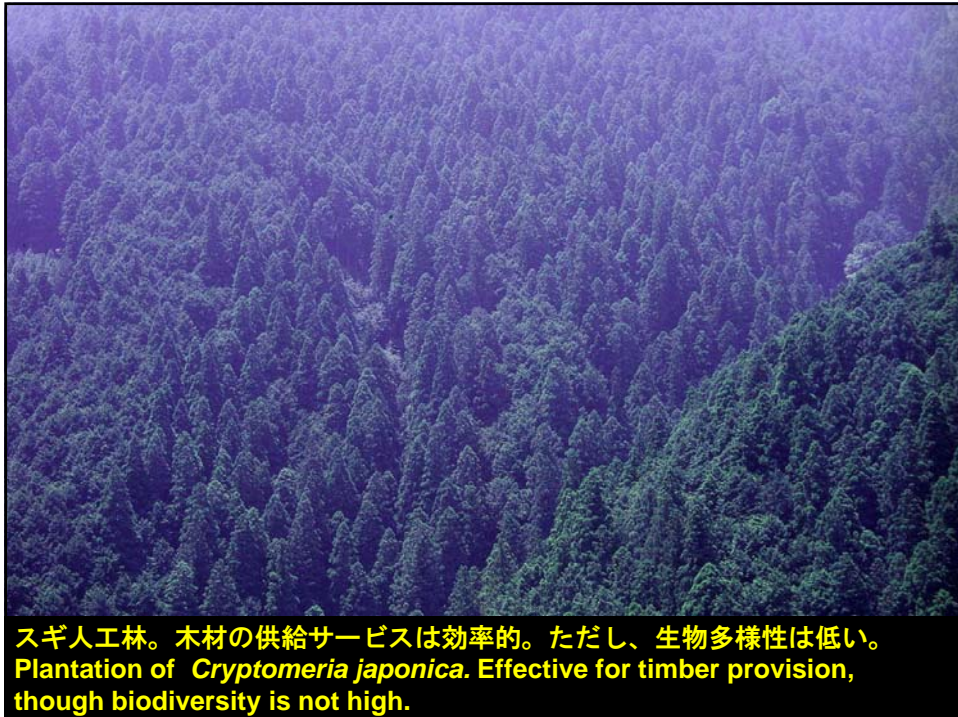
- 生態系の機能や基盤サービスの発揮は構成要素としての多様性によって高められる

Ecosystem function and supporting services are fundamentally enhanced by biological diversity of the ecosystem

- ただし、膨大な生物多様性の必要性や固有性の説明は別

Though the role of large biodiversity and uniqueness are not always clear

20100426 Waseda University



スギ人工林。木材の供給サービスは効率的。ただし、生物多様性は低い。
Plantation of *Cryptomeria japonica*. Effective for timber provision, though biodiversity is not high.

2. なぜ生物多様性は大切なのか？ 3) 生態系サービスの事例

物質供給サービス

薬として利用される植物 medicinal use

	頭痛・歯痛		胃腸薬		風邪・下痢		虫さされ		利尿・貧血		滋養強壮
ウド		オオイワカガミ		カタクリ		ザゼンソウ		ゼンマイ		ハマゴウ	
	風邪・解熱		胃炎・腸炎		利尿		あかぎれ		蓄膿症		健胃・整腸
エゾアジサイ		オオバクロモジ		カワラナデシコ		シュンラン		タムシバ		ユキツバキ	
	腹痛・胃痛		頭痛		利尿		風邪		疥癬・あせも		痔・湿疹
エゾエンゴサク		オミノヤガラ		キブシ		ニッコウキスゲ		ナナカマド		マルバマンサク	
	食欲不振		下痢		滋養強壮		糖尿病		強心		脳血栓予防
エゾリンドウ		オミナエシ		トキワイカリソウ		スギナ		フクジュソウ		マツムシソウ	

多様な森林資源の利用(マレーシア)

Non timber forest products



天然のゴム
Wild rubber



トウ(ロタン)
Rattan

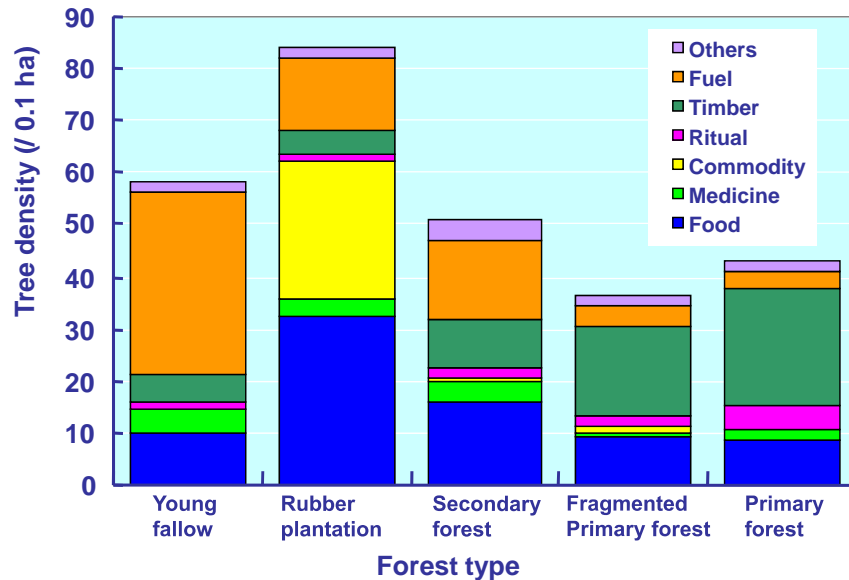


香木 (Aquilaria microcarp)
Aromatic wood

Photo by K.

森林タイプによる利用植物の違い

Plant resource utilization and forest types



供給サービスと生物多様性

Provisioning services and biodiversity

- 多様な用途が必要な場合には生物多様性が有効

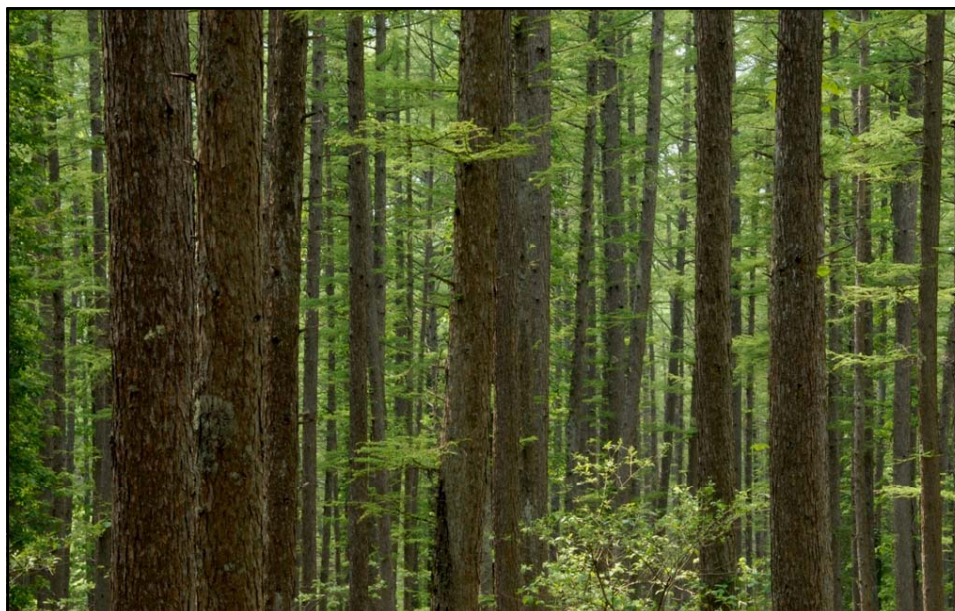
Biodiversity is important if various usage are required

- 1 種類のをを大量に供給する場合には多様性はあまり関係ない

Biodiversity is not really important when large amount of single resource is required

- 地域固有の生物が経済的に重要な場合にはオーバーユースの危険性もある

Locally unique, and commercially important resource is sometimes threatened of overuse



よく管理された人工林は土壌流失などが少ない。
The plantation with good management seldom cause soil erosion

農作物の送粉動物依存度 Dependency on animal-mediated pollination

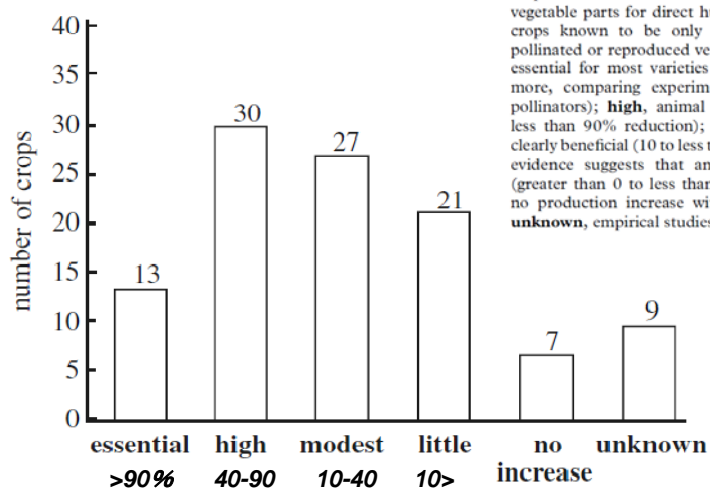


Figure 3. Level of dependence on animal-mediated pollination. The selected crops are those included directly in the production list published by the FAO for 2004 (FAOSTAT 2005). We further included commodity crops for which the production was pooled in commodities with an annual 2004 commodity production greater than 4 000 000 Metric tonnes (Mt). Only crops that produce fruits or seeds for direct human use as food were considered. We did not include: (i) crops for which seeds are only used for breeding or to grow vegetable parts for direct human use or for forage, and (ii) crops known to be only wind-pollinated, passively self-pollinated or reproduced vegetatively. **Essential**, pollinators essential for most varieties (production reduction by 90% more, comparing experiments with and without animal pollinators); **high**, animal pollinators are extreme (40 to less than 90% reduction); **modest**, animal pollinators are clearly beneficial (10 to less than 40% reduction); **little**, some evidence suggests that animal pollinators are beneficial (greater than 0 to less than 10% reduction); **no increase**, no production increase with animal-mediated pollination; **unknown**, empirical studies are missing.

Klein et al. 2007. *Proc. R. Soc. B* 274, 303–313

コーヒー園の周辺の森林とその役割

The role of forests around coffee plantation

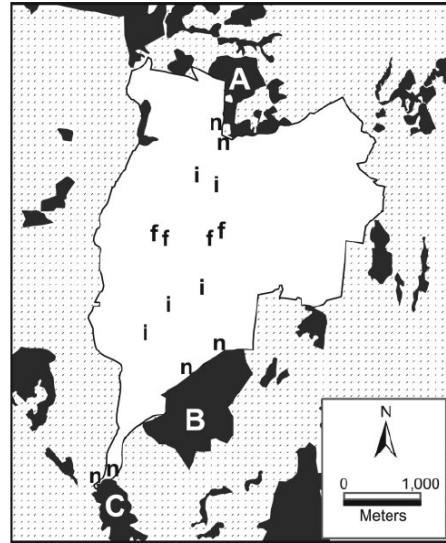


Fig. 1. Map of study area and sites. Finca Santa Fe (1,065 ha) is in white; stippled area is a mix of coffee, pasture, and sugar cane; black areas are forests. The three focal forest patches are labeled A (46 ha), B (111 ha), and C (34 ha). Study sites are labeled n, i, and f for near, intermediate, and far distance classes.

コーヒーの送粉サービスの経済評価

Table 1. Estimates of economic value of forest patches A and B (Fig. 1) to study farm, under seven different assumptions for minimum patch size required to sustain pollination services

Patch size threshold, ha	Area near A and B and far from all other patches above threshold size,* ha	Income resulting from A and B,† \$/yr
None	235	30,000
5	270	35,000
10	363	47,000
15	450	58,000
20‡	480	62,000
25	480	62,000
30	480	62,000

*Near area defined as within 1.0 km of forest.

†Results rounded to the nearest \$1,000 (see *Methods*).

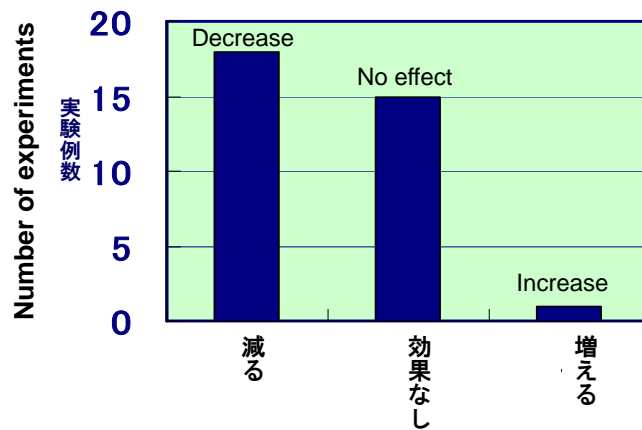
‡Same as assuming threshold of 18 ha (the size of the riparian strip; see *Methods*), because there are no patches >18 and <20 ha.

Ricketts et al 2004, PNAS 101, 12579–12582

多様性が高いと病気が発生しにくい

Does disease decrease in community with high biodiversity

植物の多様性を高くした場合に病気の発生量が減るか？

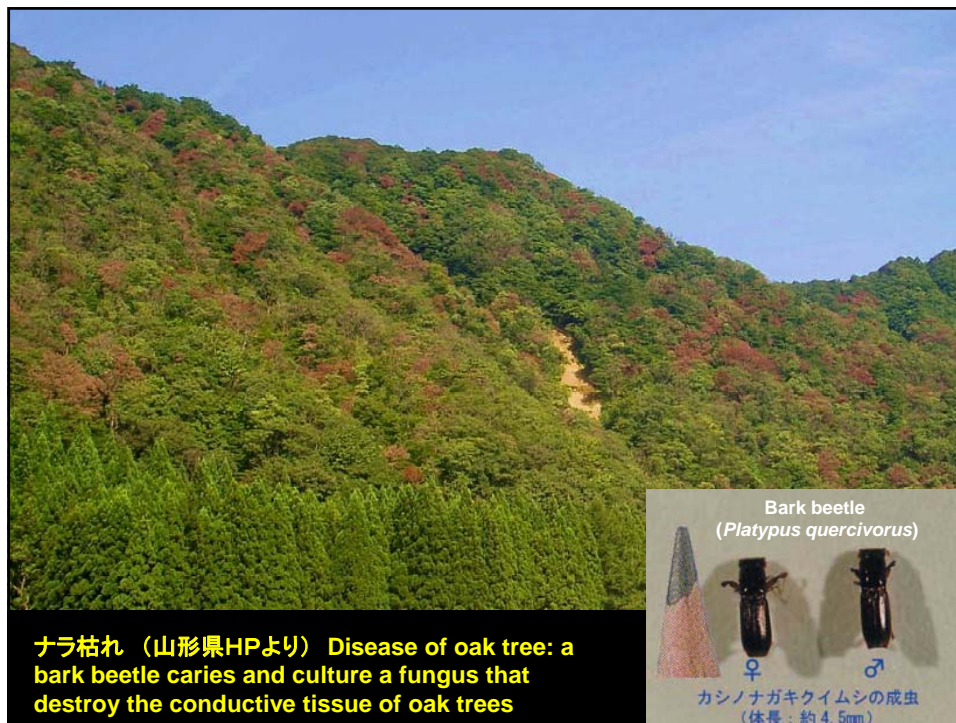


Balvanera et al., Ecology Letters, (2006)

生き物が単純になると病気が生まれる

Disease in forest trees in a monoculture





調節サービスと生物多様性

Regulating services and biodiversity

- 水源涵養・気候調節などには生物多様性の重要性は高くない

Biodiversity is not really important for some regulating services

- 気象条件などの変動に対するリスク回避

Biodiversity is effective to avoid risks by climatic variation

- 送粉, 侵入種・病虫害の抑制などの生物的制御に有効

Biodiversity is effective for biological control

- 経済的な評価がされていないものが多いが、実際には経済的にも重要

Most of these services are not economically evaluated

地域に特有なデザインと生物多様性

Design unique to the local



ケニア人のデザイン
Kenya in Borneo



京唐紙に使われる植物の意匠
'Kyo karakami' in Japan

日本の伝統色は生き物や樹木の名前に習ったものが多い

Many Japanese traditional colors are named after organisms

桜色 Very Pale Orchid Pink	黄はだ Lemon yellow	蒸栗色 Chartreuse yellow	藤色 Lavender	藤紫 Wistaria Violet	生物 Organism 146/225
桃色 Fuchsia Pink	山吹色 Marigold yellow	青朽葉 Olive yellow	松葉色 Jade Green	蘇芳 Raspberry Red	植物 Plants 120/225
紅梅色 Rose Pink	桑茶 Maize	夏柳 Mist Green	萌黄 Parrot Green	桑染 Mulberry	樹木 Trees 83/225
神楽色 Brick Dust	丁子茶 Tan	柳染 Willow	柳鼠 Eggshell Green	梅紫 Amaranth Purple	
紅梅色 Amber Red	琵琶茶 Ocher Beige	浅萌黄 Apple Green	若竹色 Porcelain Green	紫桐子染 African Brown	

長崎盛輝(2001)「日本の伝統色 その色名と色調」

2. なぜ生物多様性は大切なのか？ 3) 生態系サービスの実例

文化的サービス 生物多様性は現在の文化にも影響を与えている

Many Japanese football team have emblems with designed organisms

日本のサッカーチームのエンブレム



資料提供: (財)日本サッカー協会 / (社)日本プロサッカーリーグ

2. 生物多様性の間接的利用 2) さまざまな間接的利用

エコツーリズムの例 コスタリカ
Eco-tourism in Costa Rica

リフトでの空中散歩



その地域固有の生物多様性が重要 Uniqueness is important for eco-tourism

文化的サービスと生物多様性 Cultural services and biodiversity

- 生物多様性は文化的サービス全体に重要

Biodiversity is important for most of cultural services

- 地域固有の生物多様性が重要

Biodiversity unique to the local is important

- しかし、生物多様性との関係が十分には認識も評価もされていない

Though effects of biodiversity are not socially recognized either not economically evaluated

生物多様性が重要な生態系サービス

Ecosystem services strongly associated with biodiversity

供給 Provisioning

生態系が生産するモノ

食糧 food

水 Water

燃料 Fuel

繊維 fiber

化学物質 Chemical

遺伝資源 Genetic resource

調節 Regulating

生態系のプロセスの制御により得られる利益

気候の制御 Climate control

病気の制御 Disease control

洪水の制御 Flood control

無毒化 Detoxification

文化 Cultural

生態系から得られる非物質的利益

精神性 Spiritual

レクリエーション Recreation

美的な利益 Aesthetic

発想 Idea

教育 Educational

共同体 Community

象徴性 Symbolic

支持基盤 Supporting

他の生態系サービスを支えるサービス

土壌形成 soil formation

栄養塩循環 Nutrient cycle

一次生産 Primary production

ミレニアム生態系アセスメント (<http://www.millenniumassessment.org/en/about.slideshow.aspx>)に加筆

TABLE 1. Qualitative assessment of the susceptibility of different ecosystem functions to species loss for a number of different ecosystems.

Ecosystem service				森林	Ecosystem type							
	Urban	Cultivated	Drylands	Forests and woodlands	Coastal	Inland water systems	Island	Mountain	Polar	Marine		
Provisioning											供給サービス	
Fresh water	A	E	A	A	NA	C	A	A	A	NA	淡水	
Fiber	A	A	A	A	A	E	A	A	E	A	繊維	
Fuel wood	A	E	A	A	E	NA	A	A	E	E	薪	
Food	A	A	A	C	A	E	A	A	E	E	食糧	
Genetic resources	NA	A	C	C	E	C	C	C	C	C	遺伝資源	
Biochem and pharmaceuticals	NA	A	C	C	E	C	C	C	E	E	生物化学・薬品	
Ornamental resources	NA	A	E	E	E	E	E	E	C	E	観賞資源	
Regulating											調節サービス	
Air quality	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	空気浄化	
Climate regulation	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	気候調節	
Erosion control	C	A	A	A	E	E	A	A	A	NA	土壌流失の防止	
Storm protection	A	A	A	C	E	C	A	A	A	NA	強風の緩和	
Water purification and waste treatment	C	A	B	B	E	A	C	C	A	A	水質浄化・廃棄物処理	
Regulation of human diseases	E	E	B	C	?	D	C	C	A	A	病気（人間の）制御	
Detoxification	C	A	C	C	E	A	C	C	E	A	無毒化	
Biological control	D	E	D	D	E	E	C	C	A	E	生物制御	
Cultural											文化サービス	
Cultural diversity and identity	C	A	D	D	C	E	E	E	C	C	文化の多様性とアイデンティティ	
Recreation and ecotourism	D	A	D	D	C	E	E	E	C	C	レクリエーション・エコツーリズム	
Supporting											基盤サービス	
Primary production	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	一次生産	
O ₂ production	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	酸素の放出	
Soil formation and retention	A	A	A	A	E	A	A	A	A	NA	土壌形成	
Pollination	C	E	C	C	A	NA	C	C	E	NA	送授粉	
Nutrient cycling	C	E	C	C	C	A	C	C	E	A	栄養塩循環	
Provision of habitat	D	E	C	C	E	D	C	C	A	E	生息地の供給	

Notes: Type A ecosystem services are those for which losses of a few species are mostly compensated for by the remaining species. Types B–E are successively more susceptible to species loss, with Type E representing services that depend primarily on rare or fragile species (see Introduction). “NA” indicates not applicable; “?” indicates not known.

Dobson 2006, *Ecology*, 87(8), 2006, pp. 1915–1924

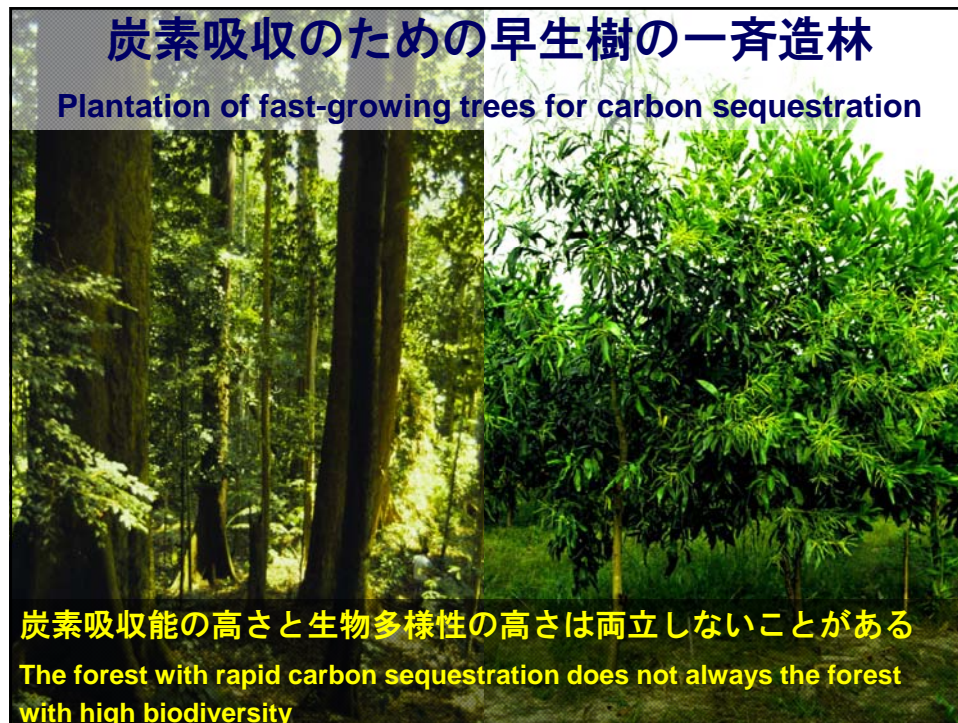
生態系サービスの状況 Status of Ecosystem services

物質的サービス		状態
食糧 Food	農作物 Crops	↑
	畜産物 Livestock	↑
	漁獲量 Capture fishery	↓
	養殖水産物 Aquaculture	↑
	野生の食糧 Wild foods	↓
繊維類 Fiber	木材 Timber	+/-
	綿・絹 Cotton, silk	+/-
	木質燃料 Wood fuel	↓
遺伝資源 Genetic resource		↓
生物化学物質、薬品 Biochemicals, medicines		↓
淡水 Fresh water		↓

調節的サービス		状態
空気の清浄 Air quality regulation		↓
気候の調節（地球規模） Climate regulation – global		↑
気候の調節（地域・地方レベル） Climate regulation – regional and local		↓
水循環の調節 Water regulation		+/-
土壌浸食の調節 Erosion regulation		↓
水の浄化、廃棄物の分解 Water purification and waste treatment		↓
病気の制御 Disease regulation		+/-
害虫の制御 Pest regulation		↓
花粉の送授 Pollination		↓
自然災害の制御 Natural hazard regulation		↓
文化的サービス		
精神的・信仰的価値 Spiritual and religious values		↓
美的価値 Aesthetic values		↓
レクリエーション・エコツーリズム Recreation and ecotourism		+/-

Millennium Ecosystem Assessment より

<http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>



生態系サービスのまとめ Summary

- 生物多様性は供給・調節サービスの一部, 文化サービスのほとんどで重要 Biodiversity is effective and/or important in parts of provisioning and regulating services, and most of cultural services
- 生物多様性が重要な意味をもつサービスはどちらかという
と評価が低い These services associated with biodiversity tend not to
be evaluated very high
- 生態系の構成種の多様性と地域固有な生物の多様性は
期待される生物多様性も異なる Biodiversity of ecosystem
constituents and that of local uniqueness differ in expected ecosystem
services, and our responses as well
- ひとつのサービスを追及すると他のサービスが満たされな
い場合もある Tradeoffs between ecosystem services exist
- 最近数十年間で多くのサービスが低下しつつある
Many ecosystem services have been declining in recent decades



環境管理のための8つの戒律

The Eight Commandments of Environmental Management

(Levin S 1999, *Fragile dominion*)

- 不確実性を減らす *Reduce uncertainty*
- サプライズは起こることを前提に *Expect surprise*
- 不均一性を確保する *Maintain heterogeneity*
- モジュール構造を保つ *Sustain modularity*
- 機能重複を大切にする *Preserve redundancy*
- フィードバック構造を強くする *Tighten feedback loops*
- トラスト構造を築け *Build Trust*
- 自分の望むことを他の人にも
Do unto Others as You Would Have Them do Unto You

戒律

不確実性を減らす
Reduce uncertainty

予測できない事態に対処する
Expect surprise

不均一性を維持する
Maintain heterogeneity

モジュール性を保つ
Sustain modularity

機能の重複を許す
Preserve redundancy

フィードバックを強める
Tighten feedback loops

トラスト構造をつくる
Build Trust

森林管理における適用例

生物間相互作用を解明する *Elucidate interactions among organisms*
順応的管理を導入する *Adaptive management*

かく乱の頻度を知り、森林管理に利用 *Study disturbance*
リスク管理を導入する *Risk management*

単一樹種の植林を避ける *Avoid monoculture*
土着の樹種を植える *Plant native trees*
適地適木を守る *Right trees to the right places*

伐採面積を小さくする *Small logging area*
補残帯をのこす *Remain strips of natural forests in plantation*
集水域ごとの管理 *Watershed management*

一見重複した制度や組織を残す *Redundant institutions*
複数の天敵個体群を保全する *Multi-species natural enemy*

森林認証制度を導入する *Labeling, forest stewardship*
環境税を導入する *Environmental tax, PES*
補助金を地方の実態に即して柔軟に運用する *Decentralized subsidy*

スケールの異なる管理システムを協調的に機能させる *Multi-scale*
地域の伝統的制度や社会 *Traditional institutions and knowledge*

Nakashizuka (2004)