

# AGRICOCOON

## 農業と文化ゼミナール集中講義 「土の生態系」

2013年7月30日13.00-14.30

ご意見、ご質問、苦情その他は

→ [aroid@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp](mailto:aroid@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp) まで

by DOI, R.

# 構成

## 1. 開発に関係する土壌生態系の側面

側面1. 土壌生態系における多様性の意義

側面2. 作物生産に適した土壌生態系

側面3. 土地資源利用に関して(水、窒素など)

側面4. 土壌生態系の管理

側面5. 土壌生態系サービスのお値段

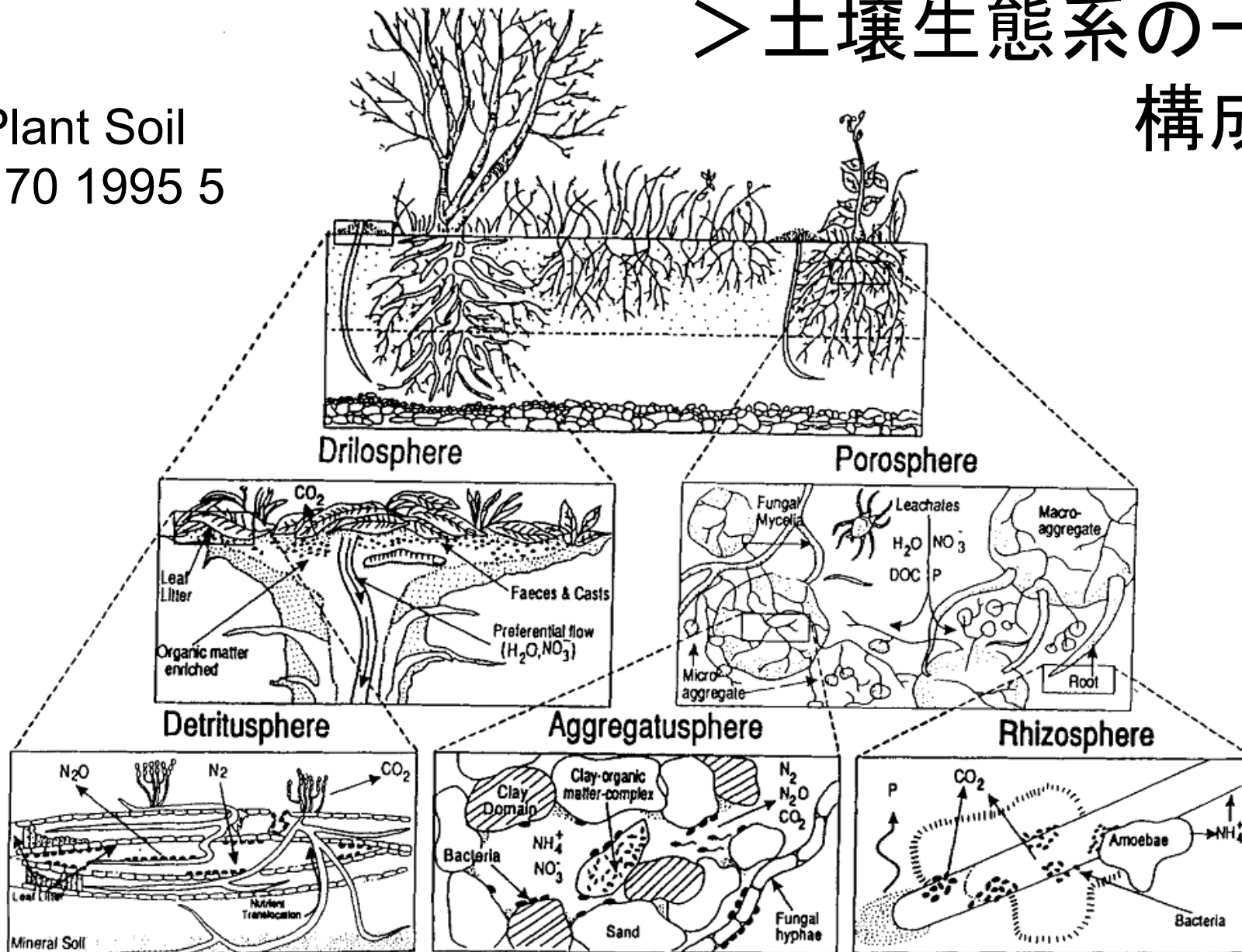
## 2. 社会・経済開発における実際

## 3. 持続可能性への希望

# 1. 開発に関する土壌生態系の側面

## > 土壌生態系の一般的構成要素

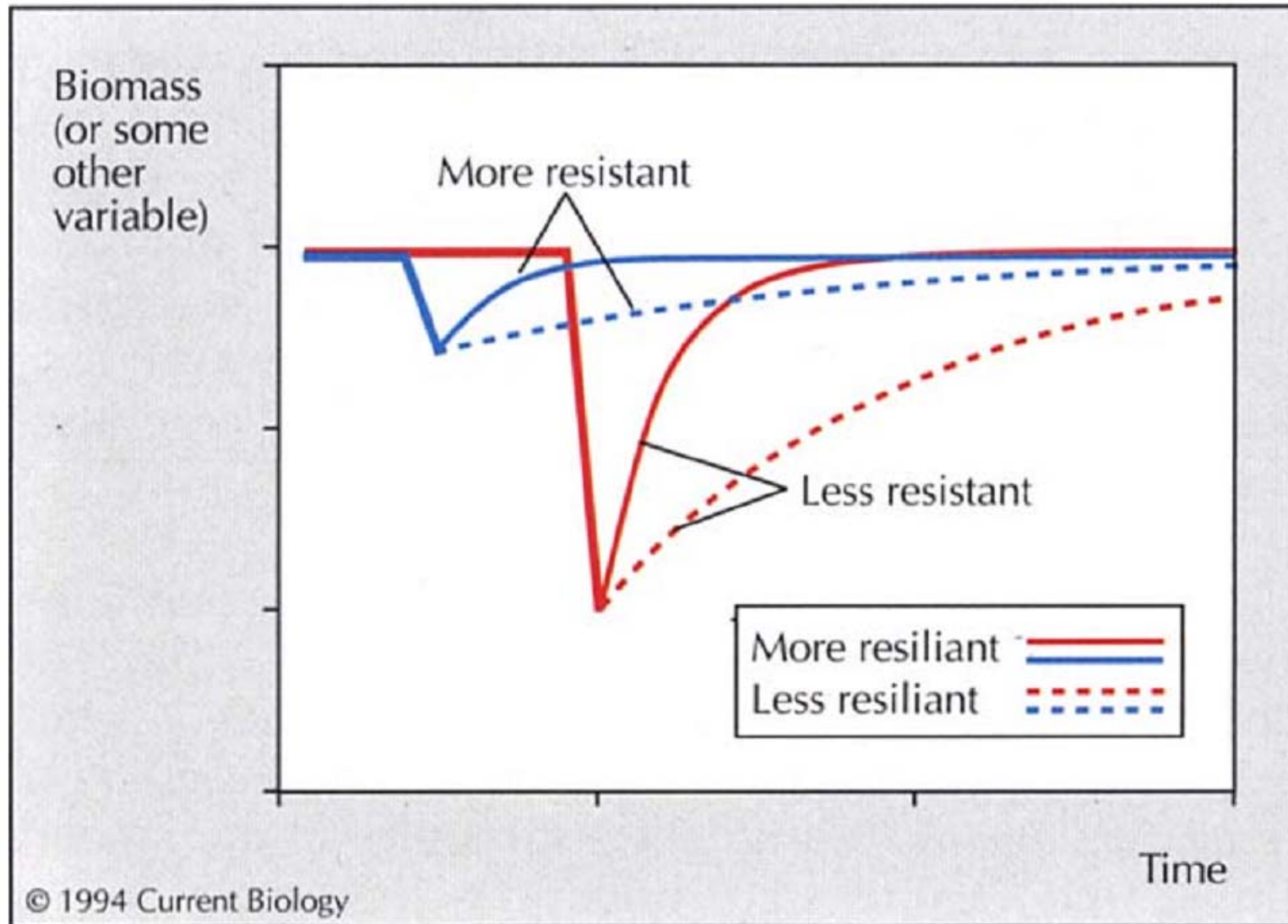
Plant Soil  
170 1995 5



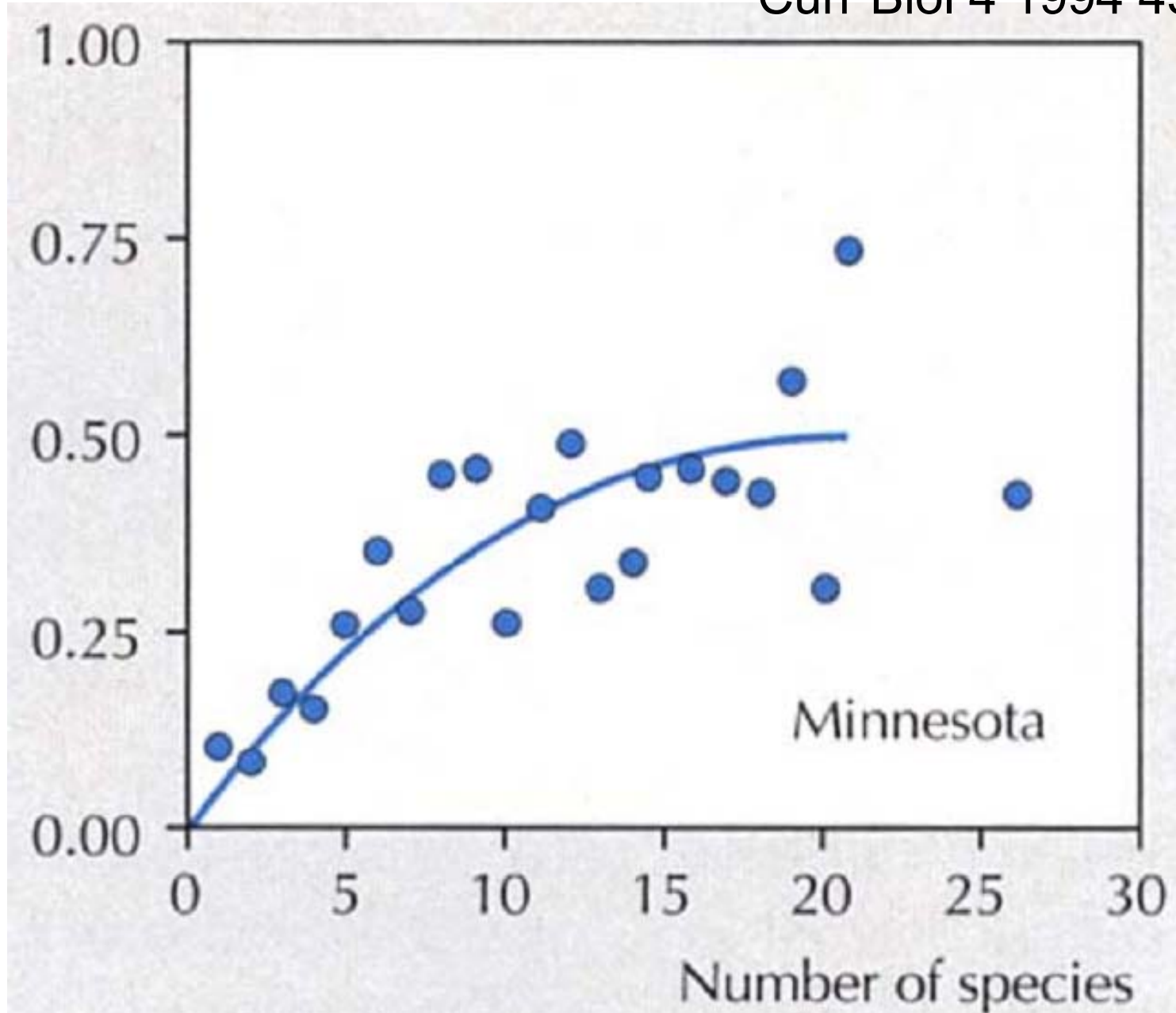
# 側面1. 土壤生態系における多様性の意義

## > 抵抗力と回復力

Curr Biol 4 1994 455



ミネソタの草地地上部の場合、  
早魃年バイオマス/平年バイオマス



植物群集の多様性大→バイオマス生産に有利

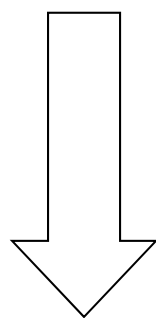
# 側面1. 土壤生態系における多様性の意義

土壤生態系の場合も

多様性と抵抗力/回復力が関係？

土壤生態系の抵抗力を見るストレス

(クロロフォルム燻蒸) → 生態系の多様性低下



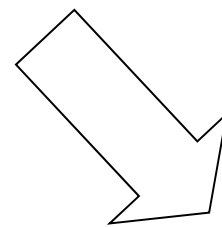
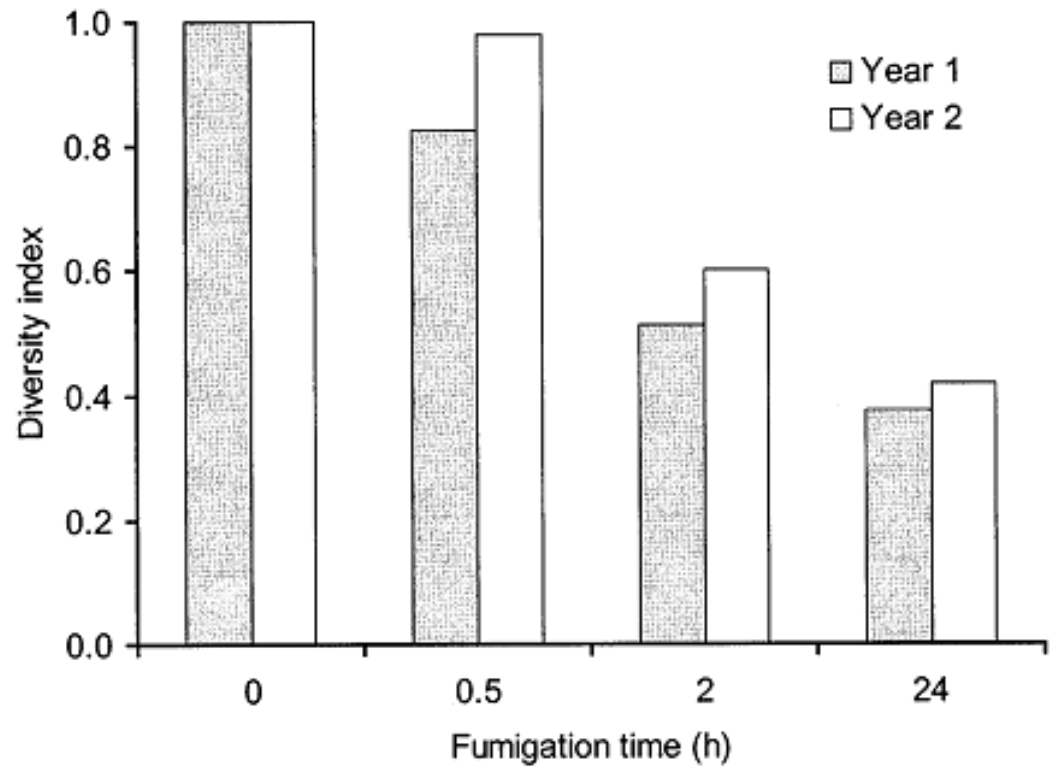
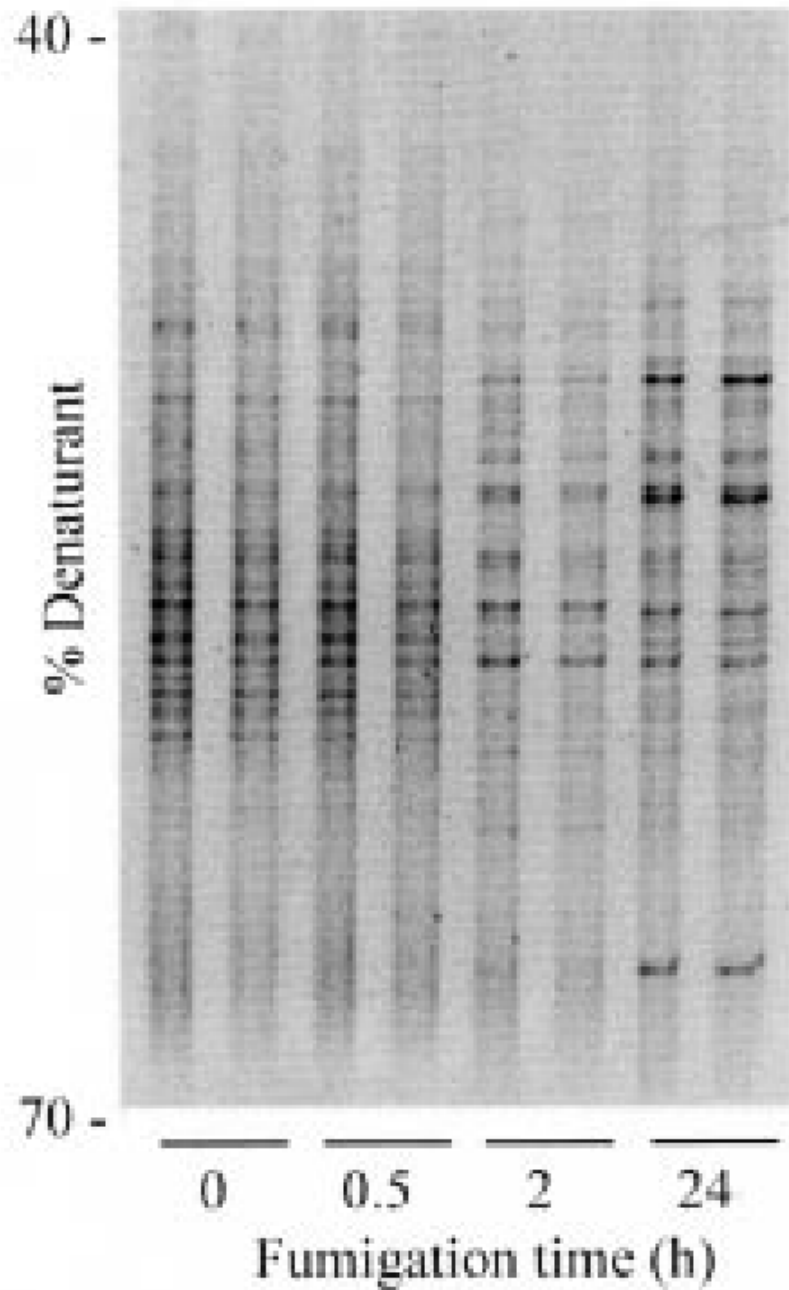
ついで

土壤生態系の回復力を見るストレス

銅または40°Cの高温共存下での土壤機能回復

→ 多様性低下で回復力低下となるか？

# クロロフォルム燻蒸時間増大 → 土壤細菌群集の多様性低下



土壤機能回復力低下?



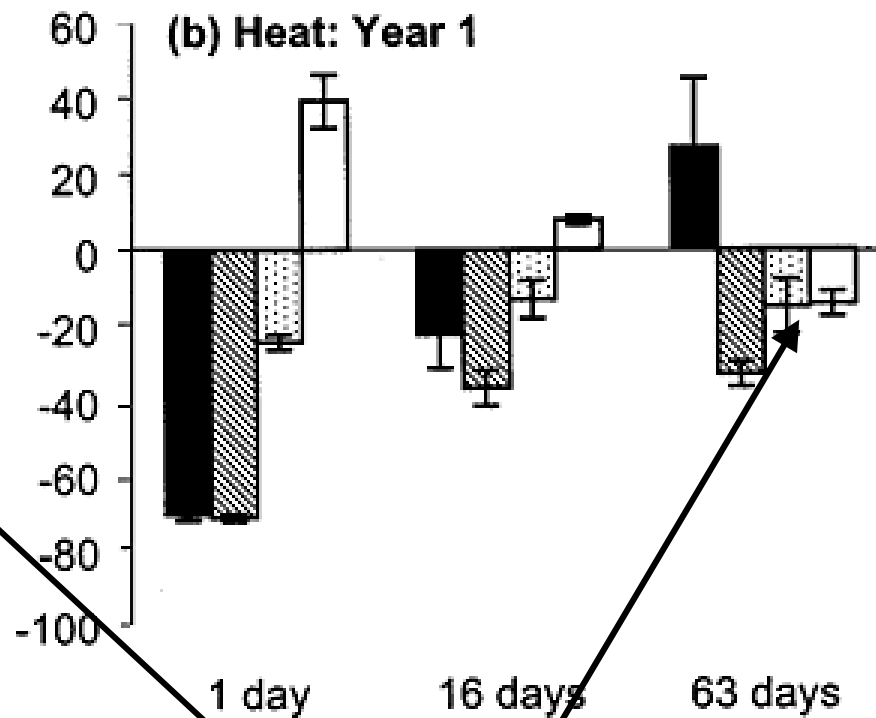
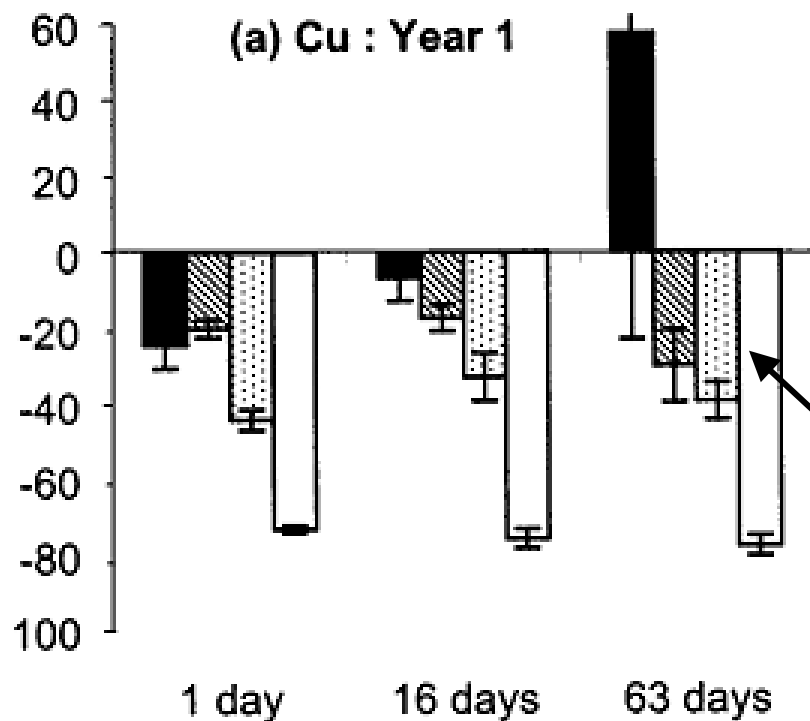
# 側面1. 土壤生態系における多様性の意義

OIKOS 90: 279-294. Copenhagen 2000

植物バイオマス分解速度の増減%

クロロフォルム燻蒸→銅粉末添加  
→63日目まで15°Cで培養

クロロフォルム燻蒸→40°C18時間  
→63日目まで15°Cで培養



燻蒸時間

0 h
  0.5 h
  2 h
  24 h

土壤機能回復力低下  
(多様性低下にともなう)



# 側面1. 土壤生態系における多様性の意義

生態系の抵抗力と回復力に関係

土壤生態系の多様性

→機能やサービスの維持や回復に有利？

Int J Environ Sci Technol 10 2013 623

豊かな土→豊かな土壌生態系→うまい焼きヘビ/カニ？



## 側面2. 作物生産に適した土壌生態系

下の作付体系下で小プロットにジャガイモ  
⇒青枯れ病菌(カビ)によるジャガイモの被害を観察

作付体系等	健康な イモ(%)	各微生物群集の多様性指数		
		細菌	カビ	放線菌
草地→トウモロコシ	100	3.51	3.26	2.75
草地→4年輪作	60	3.55	3.24	2.55
草地	60	3.24	3.35	2.34
4年輪作→トウモロコシ	30	3.10	2.90	2.45
3年輪作→4年輪作	17	3.10	3.02	2.40



## 側面3. 土地資源利用に関して

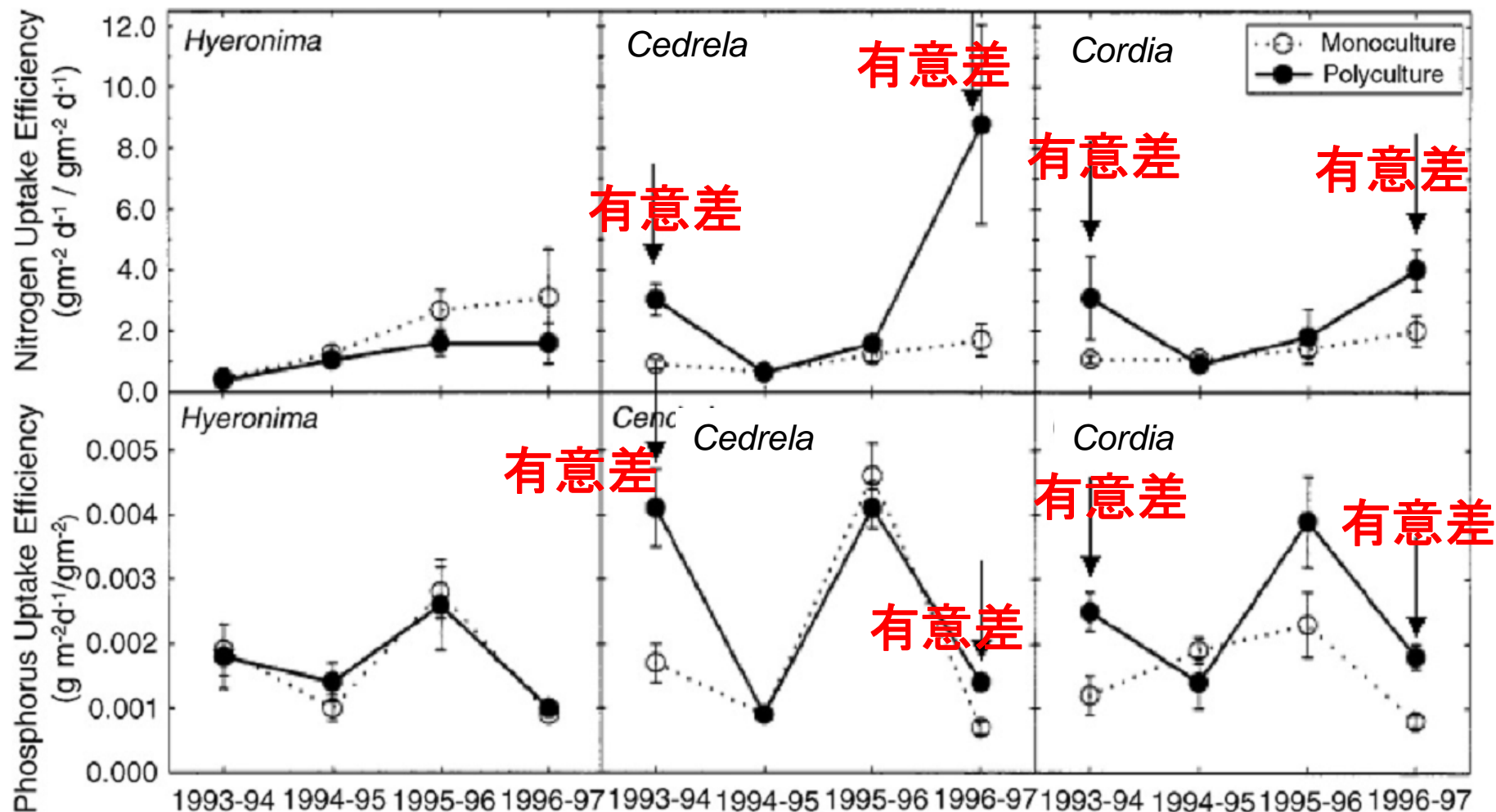


根(圏)の多様性の意義  
(窒素、リン供給への影響)



# 側面3. 土地資源利用に関して

Ecosystems (2001) 4: 669–682



根(圏)の多様性→植物の生育に有利<sup>13</sup>?



# 側面3. 土地資源利用に関して

＞機能的多様性の意義(vs 種の多様性)



ミミズ等環形動物

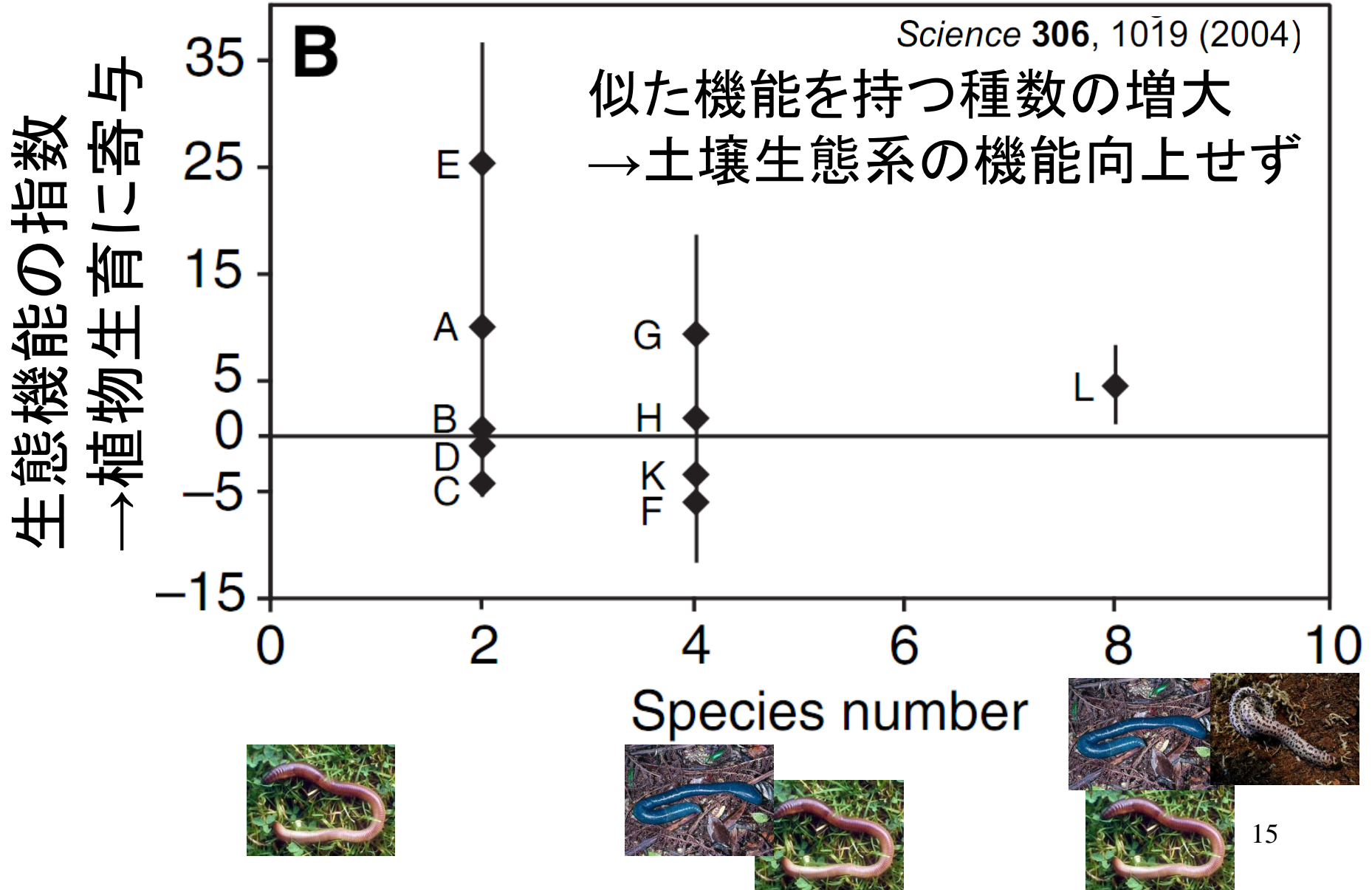
ワラジムシ目

ヤスデ綱

NO<sub>3</sub>を作ったり、植物遺体を分解→土壤理化学的機能に寄与

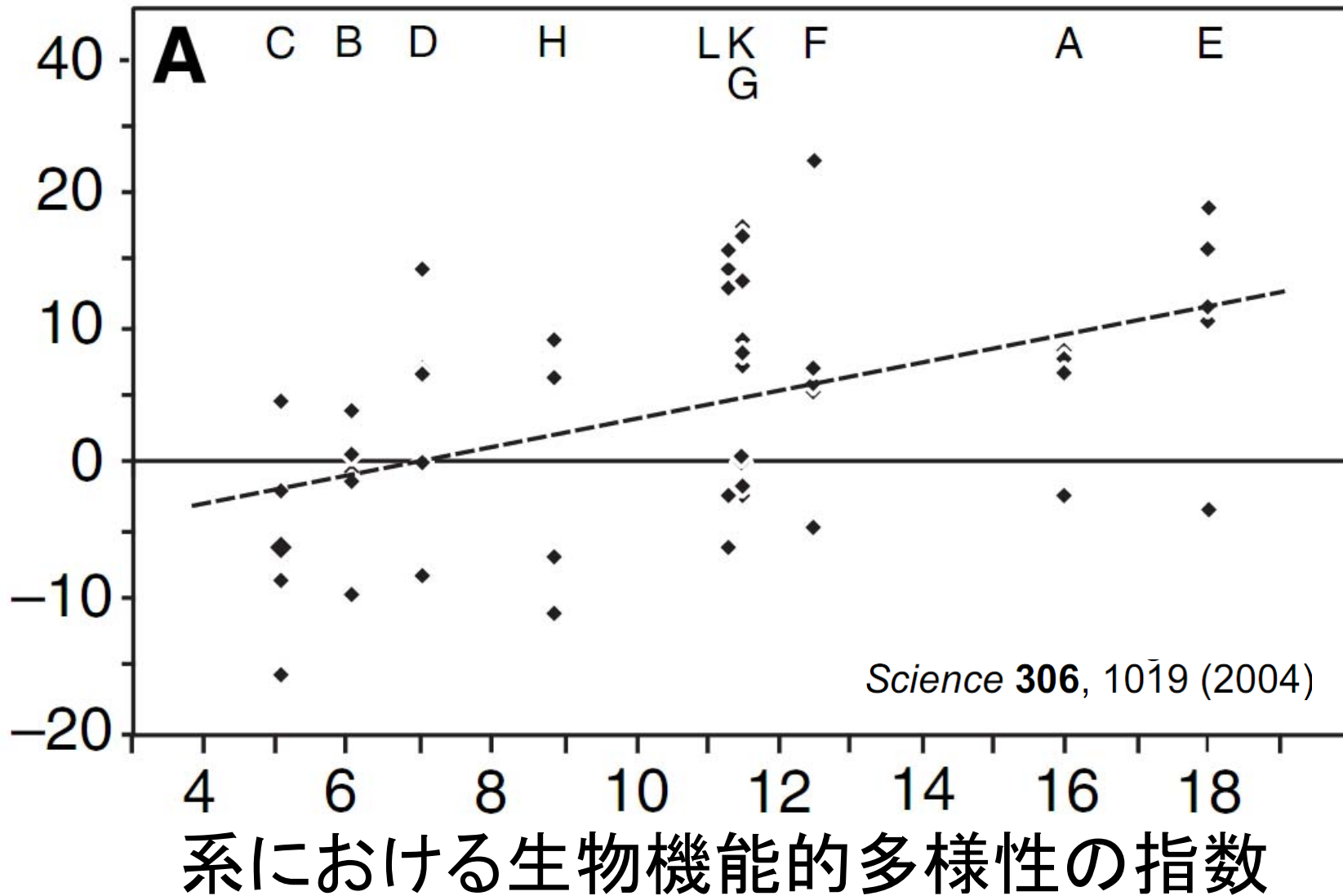
# 側面3. 土地資源利用に関して

## > 機能的多様性の意義 (vs 種の多様性)





生態機能の指数  
↑植物生育に寄与



# 側面3. 土地資源利用に関して

＞機能的多様性の意義 (vs 種の多様性)

同じ種の数でも

機能の多様性が大きい方が土壌の生態機能が大



環形動物のみ

>



混合 (←土壌生態機能大)<sup>17</sup>



# 側面3. 土地資源利用に関して

## > シロアリが土壌水分の保持に貢献

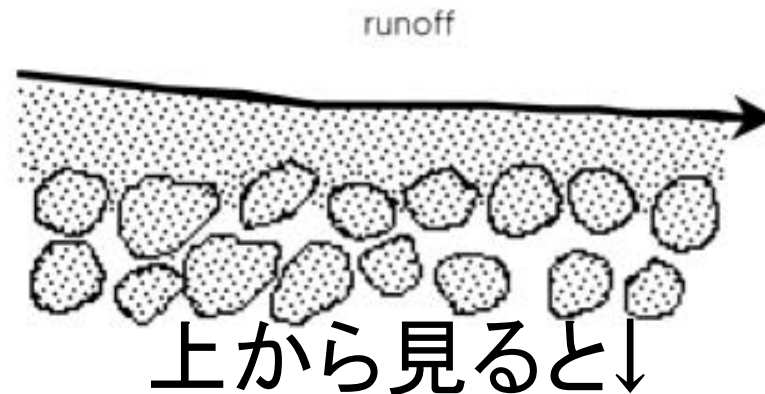
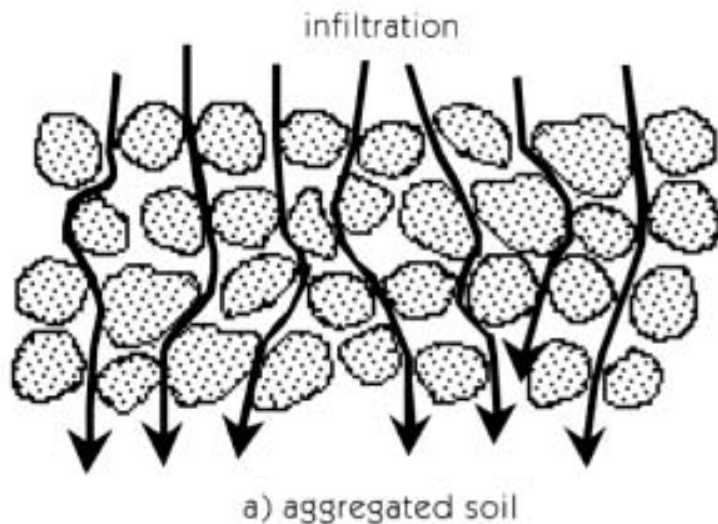




# 側面3. 土地資源利用に関して

＞シロアリが土壌水分の保持に貢献

水分を吸収していた土→荒廃→クラスト生成で  
水分吸収できず



<http://www.kwaad.net/SoilConservation.html>



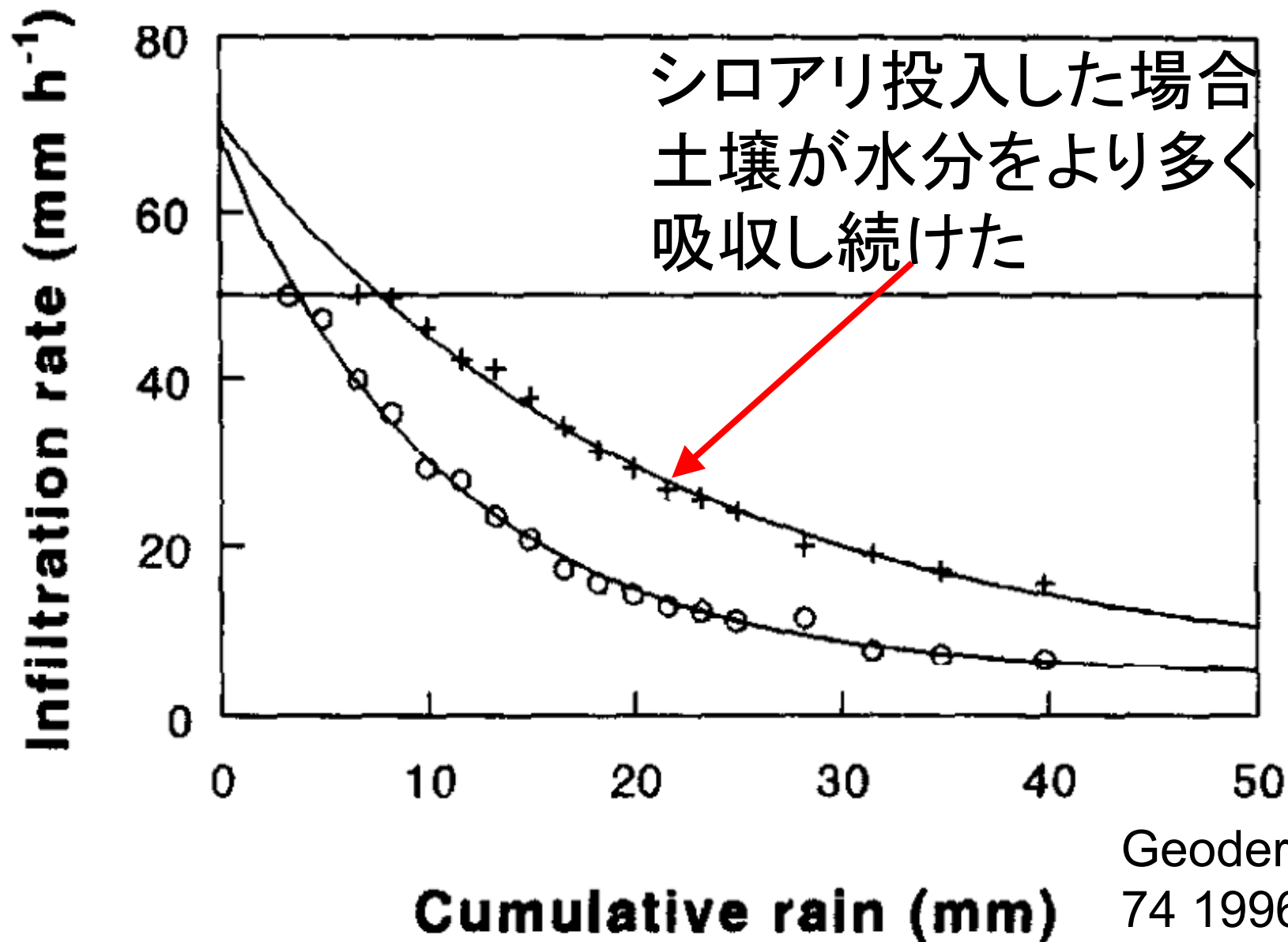
シロアリ投入

A yellow arrow points from the termites to the soil in the next image.



# 側面3. 土地資源利用に関して

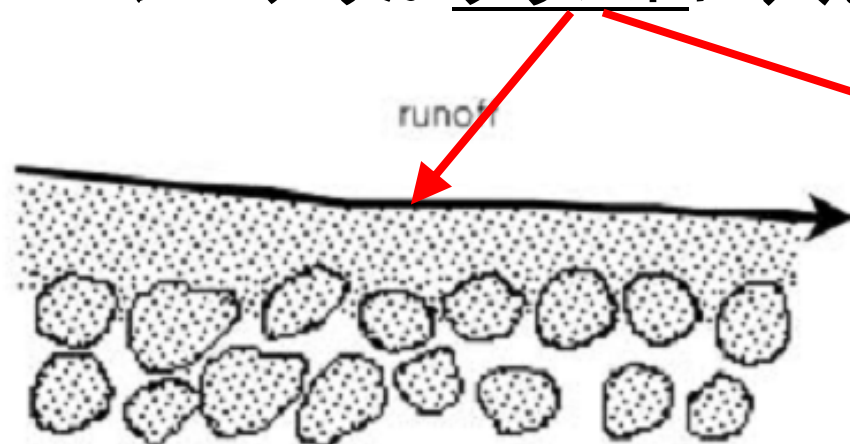
＞シロアリが土壌水分の保持に貢献



# 側面3. 土地資源利用に関して

＞シロアリが土壤水分の保持に貢献

シロアリがクラストに穴をあける→雨水が地下へ



b) soil crusts after aggregates break down



	土壤水分 (vol. %)	at 60 cm depth	土壤の間隙率 (%)
シロアリなし	6.1a		37a
シロアリ投入	10.9b		44b

## 側面3. 土地資源利用に関して

土壤生態系を構成する生物の

〔種の多様性〕  
〔機能の多様性〕

が増大すると、

土壤の理化学性、物理性に影響

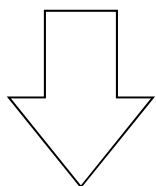
作物生産に有利？



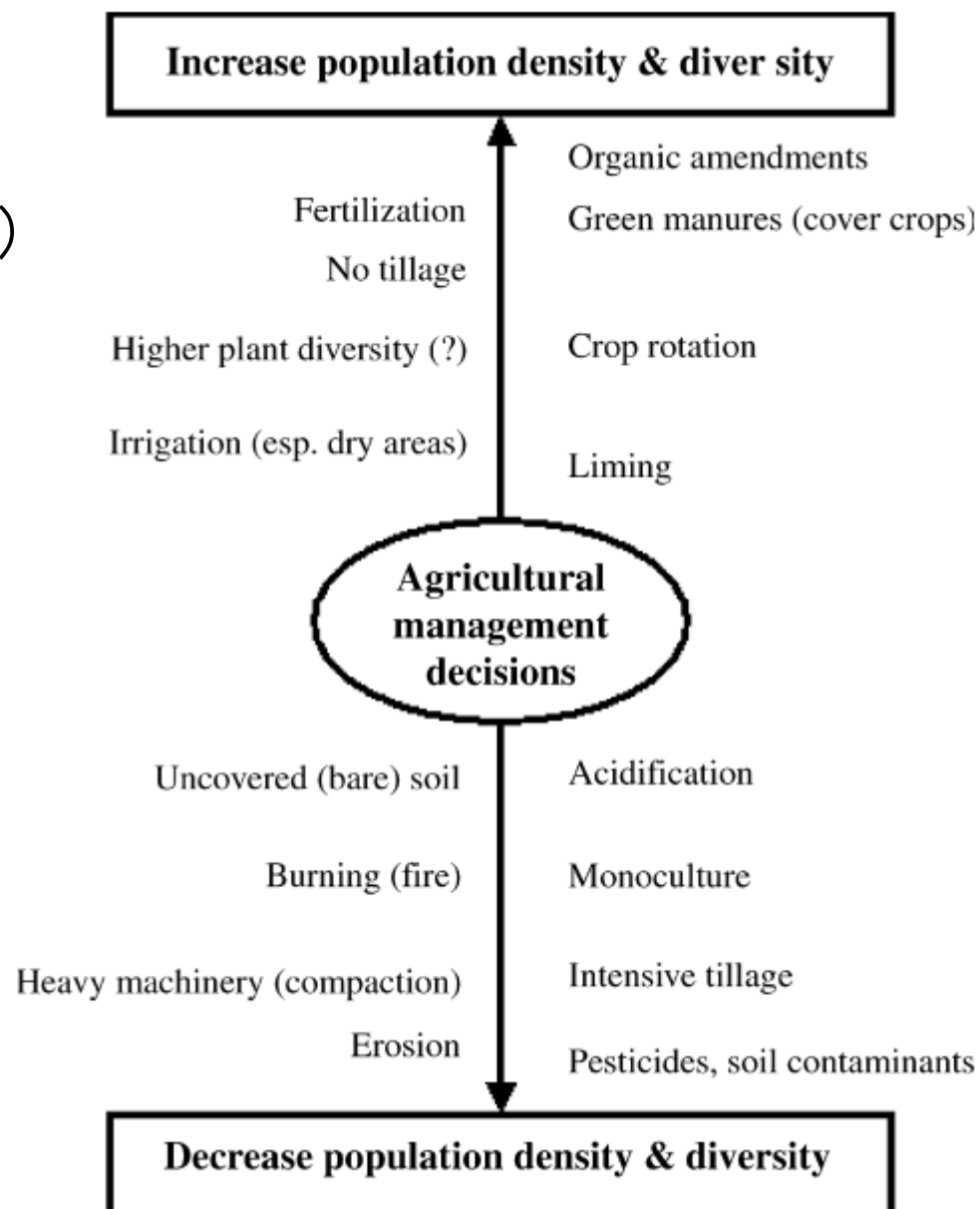
# 側面4. 土壌生態系の管理

よく言われる**可能な最適化**

- 系のあり方(時空や作物、家畜)
- 作物の遺伝的改変
- 土壌への有機物投入(質と量)
- 土壌攪乱の最小限度化
- 植物病害の生物的制御
- 菌根菌、根粒菌等生物の投入



2010年ごろからは  
理論<実践が言われる.....  
まだ分からないことも多いうえで



# 側面5. 土壌生態系サービスのお値段

Horotiu silt loam, 3 cows/ha, no pad, 100 kg N/ha

NZ\$1 ≒ 61日本円

Soil services		Average value of service (NZ\$/ha/yr)	
<b>Provisioning</b>	Provision of food Quantity	4,155	25万円
	Provision of food Quality	38	2300円
	Provision of support for human infrastructures	17	1040円
	Provision of support for farm animals	112	6800円
	Provision of raw materials	NC	
		<b>4,322</b>	<b>26万円 27,4 %</b>
<b>Regulating</b>	Flood mitigation	1,196	7.3万円
	Filtering of N	554	
	Filtering of P	2,924	
	Filtering of contaminants	6,513	18万円
	Recycling of wastes	78	
	Carbon flows	-36	
	N <sub>2</sub> O regulation	15	
	CH <sub>4</sub> oxidation	0.47	
	Regulation of pests and diseases populations	210	
		<b>11,454</b>	<b>70万円 72,6 %</b>
<b>Total</b>		<b>15,777</b>	<b>96万円 100 %</b>

→ Value of **regulating services** is much **greater** than value of the **provisioning services**

→ Value of the land, infrastructures and shares: NZ\$45,000 – 50,000/ha

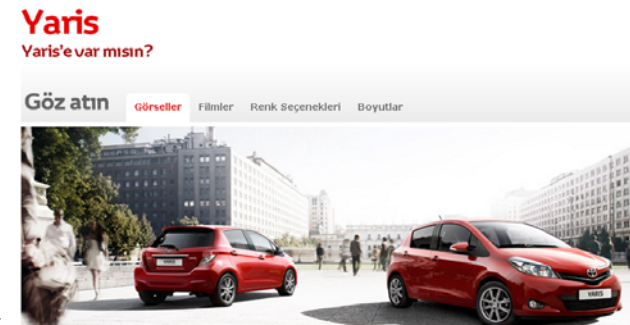
24

Dominati 2011, In: Proc. 2011 NZ Association of Resource Management Annual Conference

# 側面5. 土壌生態系サービスのお値段

Brussaard らによる土壌生態サービスの見積もり  
/全球/年

- 廃棄物処理 65兆円  $\doteq$  US\$ 760 x 10<sup>9</sup>  
 $\doteq$  **トルコ**の名目国内総生産(/年)に匹敵
- 窒素固定 7.7兆円  $\doteq$  US\$ 90 x 10<sup>9</sup> (窒素155 x 10<sup>6</sup>トン)
- バイオリメディエーション 10兆円  $\doteq$  US\$ 121 x 10<sup>9</sup>
- 土壌病害の抑制 14兆円  $\doteq$  US\$ 160 x 10<sup>9</sup>
- 食料としての菌類、植物根、昆虫 15兆円  $\doteq$  US\$ 180 x 10<sup>9</sup>
- 土中生活を経る昆虫による受粉 12兆円  $\doteq$  US\$ 200 x 10<sup>9</sup>  
 $\doteq$  **広島県**の県内総生産(/年)に匹敵



# 構成

## 1. 開発に関する土壌生態系の側面

側面1. 土壌生態系における多様性の意義

側面2. 作物生産に適した土壌生態系

側面3. 土地資源利用に関して(水、窒素など)

側面4. 土壌生態系の管理

側面5. 土壌生態系サービスのお値段

## 2. 社会・経済開発における実際

## 3. 持続可能性への希望

## 2. 社会・経済開発における実際： タイ国での現状を中心に

### タイ東北部のとある水田の場合

Variables	Mean	Minimum	Maximum	Standard deviation	Coefficient of variation (%)	Significance ( <i>P</i> value)	
						Column ( <i>N</i> =8)	Row ( <i>N</i> =5)
Moisture (%)	13.3	9.71	17.0	1.74	13.0	0.956	<0.001*
Bulk density (kg l <sup>-1</sup> )	1.52	1.26	1.68	0.09	6.05	0.002	0.890
pH	5.19	4.80	5.96	0.26	4.95	<0.001	0.271
Soil fertility index	14.0	8.96	25.3	3.40	24.3	0.085	0.029
Soil evaluation factor	28.8	15.8	44.4	6.53	22.7	<0.001	0.286
<i>Rhizoctonia solani</i> population (colony-forming unit/g dry soil)	35.3	11	205	27.9	79	0.070	0.351
Dehydrogenase activity (μmol formazan g <sup>-1</sup> dry soil h <sup>-1</sup> )	1.81	0.77	4.24	0.74	40.8	0.088	0.005
Shannon diversity	1.35	1.29	1.43	0.03	2.22	0.022	0.447

\*The underlined *P* values indicate significant column or row effects (*P*<0.05)

土壌の肥沃度、土壌微生物の活性、および  
土壌細菌群集の多様性が収奪農法によって  
荒廃した近隣の裸地と同程度

*J. Biosci.* 34(6), December 2009, 969.

## 2. 社会・経済開発における実際

> 土壌生態系に配慮しにくい状況

### 技術的背景

- 有機物投入の時間はない  
(2~3期作で速い turn over 必要)
- 即効性が必要(化学肥料、農薬)
- そもそも、有機物がない
- 放置すると病害、リンゴ貝或は虫が出る
- 品種で対応(土は関係ない)

## 2. 社会・経済開発における実際

> 土壌生態系に配慮しにくい状況

### 社会/文化的背景

- 少しでも生産して収入を  
(地代等搾取→過激な薬剤散布などへ)
- 人手を最小限度化したい(高齢化、過疎)
- 「美しい」収穫物を！(近隣に恥じない)
- 面倒くさい/ややこしい/しんどい/イライラ
- 理論より腕(研究者の話なんぞ.....)
- 我々はベ？ナム人にはなれ/らない<sub>29</sub>



# T国保健省のCM 農家様のよくある？光景



จน! เกรียต! (jon 貧乏! kriyat 辛い!) →で、飲む→ますます貧乏  
→辛い→飲む→(ナレーションがシンクロ後突っ込む「酒やめえ<sup>30</sup>な。」)

# 2. 社会・経済開発における実際

## >タイ国風

敵だらけ？あり得ない！

Increase population density & diversity

即効性の化学肥料？ Fertilization  
No tillage  
Higher plant diversity (?)  
Irrigation (esp. dry areas)

誰も何もしてくれない

Organic amendments その間生産できない？  
Green manures (cover crops) 有機酸が.....  
Crop rotation 市況は？  
Liming ニーズあるのか？  
投資分返ってくる？

Agricultural management decisions

Uncovered (bare) soil  
Burning (fire)  
Heavy machinery (compaction)  
Erosion

人件費を節約

生身の人間より  
効率的で単純

Acidification  
Monoculture  
Intensive tillage  
Pesticides, soil contaminants

機械化が容易

機械で簡単にできる

リンゴ貝や虫を  
やっつける！<sup>β1</sup>

Decrease population density & diversity

## 2. 社会・経済開発における実際

>現状を変更しろと？(タイ国風現実)

中部地方などで、条件が良いところ

今すでに7トン/ha前後取れてる

→リスクを伴う変更はしない

東北地方などで、条件が厳しいところ

今でさえギリギリの経営

→失敗したら後がないのでやらない

# 構成

## 1. 開発に関係する土壌生態系の側面

側面1. 土壌生態系における多様性の意義

側面2. 作物生産に適した土壌生態系

側面3. 土地資源利用に関して(水、窒素など)

側面4. 土壌生態系の管理

側面5. 土壌生態系サービスのお値段

## 2. 社会・経済開発における実際

## 3. 持続可能性への希望



# 夜の協力？



### 3. 持続可能性への希望

> 助成金？

例えば：

■税金→政府

納税者（有権者）の理解は？

■消費者が負担

競争力が大丈夫か疑問

→Ethicsに期待？ 法制で規定？

### 3. 持続可能性への希望

> 有機農法への助成金：欧州の場合  
消費者/納税者数 >>> 農業生産者数

#### 有機農法転向生産者の動機トレンド

デンマーク：環境配慮 > 経営

スウェーデン：環境配慮、食品品質、経営

東独：経営 > ethics

アイルランド：ideology (詳細不明) が多数

*Agriculture and Human Values* 16: 51–63, 1999.

有機農法選択の動機はまちまち

↑社会経済環境？<sup>36</sup>

### 3. 持続可能性への希望

#### > タイで有機農法に転向した事例

動機は生産者自身の健康向上→結果、財務改善等





# 3. 持続可能性への希望

## > タイで有機農法に転向した事例 youtube より

<http://www.youtube.com/watch?v=tJngb0YN3yg>

0.05 野菜に農薬が付着して消費者の健康を脅かす中、安全な市場を確保することを考える。

0.24 独立系団体の研究者、健康維持を可能とするのはなんといっても食である。

0.50 安全な市場を確保するにあたって、消費者、生産者、流通業者の考えのほか、市場のあり方が求められる。

1.05 安全な市場が成立するには、消費者性向が求められる。現況では、消費者が生産者に責任を押し付けて、混乱させている。

1.40 消費者は生産現場のことを思いやり、汚染のない生産環境を実現できれば、消費者自身の健康実現につながる。

2.00 2008年、6月16日、稀なことだが、生産者と消費者の間に会合が開かれた。必要となる出費や価格のことなどを双方が話し合っ、解決策を模索する。

3.10 有機肥料や生物農薬といった手段を含めて話し合いが持たれ、安全な市場への話し合いとなった。

3.45 この計画は、売る側と買う側という関係を超える。双方が協力する、とうことがミソである。

4.00 スパンブリ県内のある地区の野菜生産者は、他の似たような人たち同様、農薬利用による健康被害のほか、その投資による膨大な借金に追われていた。

4.30 農薬散布して、どうなりましたか？ **薬品で気分が悪くなり、入院した。**

4.45 仲買人が来て、この農薬をまいてくれ、と言われ、そのとおりにして、3日後に仲買人が集荷に来た。誰のために農薬をまいてきたかがそこで明確になった。

5.28 当の農薬を使いだして1年すると、最初は何もなかったのが、**だんだん症状が出てきた。**

6.00 野菜の値段が最近では下がってきたので、**借金が返せなくなっている。**

# 3. 持続可能性への希望

## > タイで有機農法に転向した事例 youtube より

(前ビデオ(スライド)から続き)

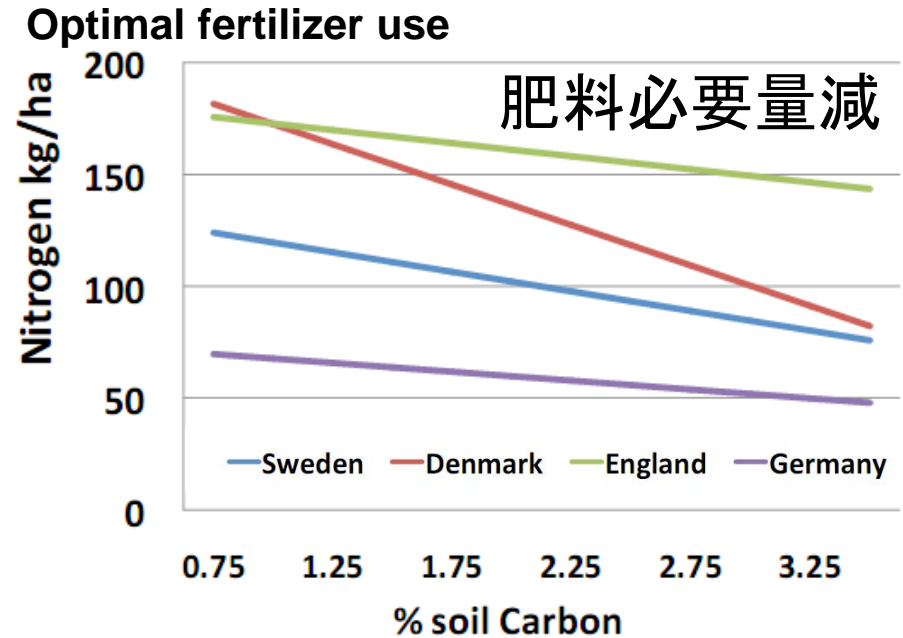
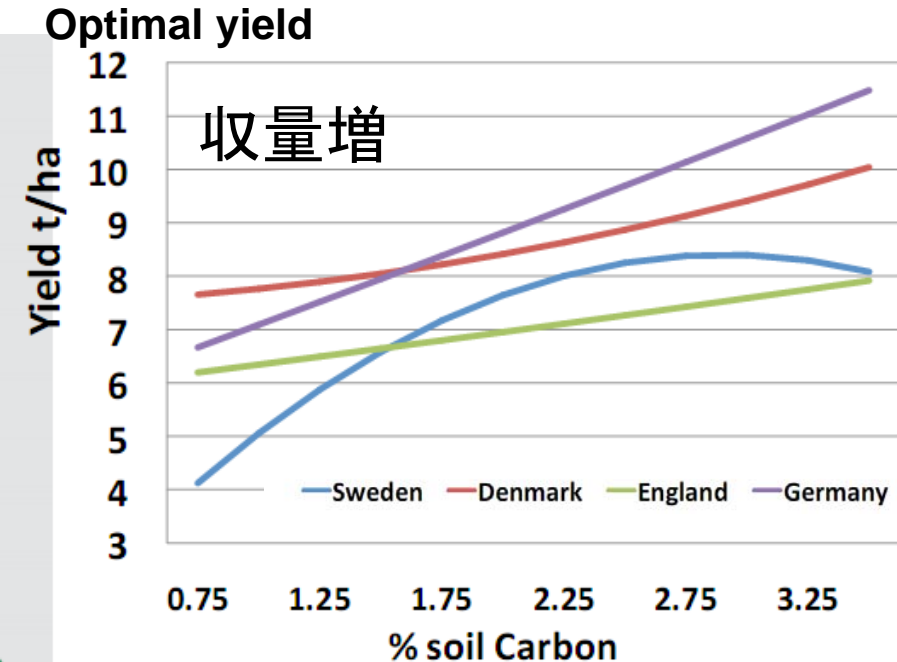
- 6.40 ケールについては、市場の販売者がひどい安値で買い取るといったので、やってられないと思いはしたものの、他方で、抜け道がなかった。
- 7.11 地区の17家族が集まって相談し、有機農法に変更する運びとなり、後に明らかな変化が生じた。
- 7.40 まず自分たちが食う分を作ろう、ということになった。
- 8.10 地域の環境も保全できるような農法をめざす。
- 8.40 健康のこともあるし、さらには経費がもうやってられない。今では販路も開けている。
- 9.00 小さな試験圃場からはじめて、いろいろな野菜を有機栽培で試し、拡大してきた。

<http://www.youtube.com/watch?v=rr5IgAXIRIU&NR=1>

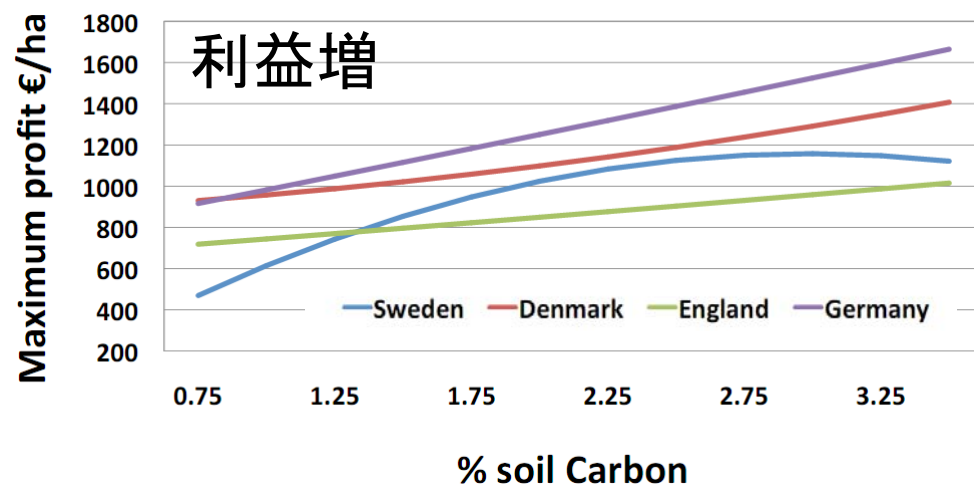
- 0.02 この肥料は何ですか？農業廃棄物のほか動物の糞尿などで作った堆肥です。自作微生物資材も。ここではアブラナを栽培している。化学肥料は入れていますか？入れていません。
- 0.42 軌道にのってきた野菜は3種類になった。虫が来ても食わせている。野菜の反応見て対応している。
- 1.38 こちらではパパイヤ3種類のほか、ねぎ、レモングラスなどハーブ類などをここでは
- 2.00 こちらの畑では30種類の作物を植えている。混植ですね。
- 2.20 面積は？2ライです。(40 x 40 m x 2 = 3200 m<sup>2</sup>)にんじん、ケール、ねぎなど植えている。市場むけではなく、自分たちの分です。
- 2.47 虫も来る。でも、有機農法を続けていたら**虫が減ってきた**。
- 3.10 自分でもなんで減るのかわからない。この農法をはじめて5年になるが、徐々に虫が来なくなってきた。
- 3.40 肥料は稀に購入するが、大部分鶏糞や野菜くずで作っている。
- 4.20 この方法は以前の方法に比べて快適。**いらん投資をしなくてすむ**。値段はそんなに高くはないが、販路はある。以前よりよく注意して作物の世話をする必要はあるし、**収量そのものは減ったが<sup>39</sup>収益は増えた**。販路も安定しているので。**以前は農薬やら肥料が高く、経営を圧迫した**。

# 3. 持続可能性への希望

＞小麦の場合 土壌への有機物投入 → 経営改善？



Maximum profit as a function of natural capital



Brady In: Proc. Soil, climate change and biodiversity: where do we stand?'  
 A conference to be hosted by the European Commission  
 23-24 September 2010, Brussels.

有機農法が経営を助ける可能性あり<sup>40</sup>



### 3. 持続可能性への希望

＞自作有機肥料と有機資材 タイ国ナコンパトム県



名人A氏所有  
の水田約7 ha



### 3. 持続可能性への希望

＞自作有機肥料と有機資材 タイ国ナコンパトム県



7 ha 3期作

ドラム缶1杯  
で各3年分  
位もつ



### 3. 持続可能性への希望

＞自作有機肥料と有機資材 タイ国ナコンパトム県



発酵植物残渣  
など数種  
あり

希釈して利用



### 3. 持続可能性への希望

＞自作有機肥料と有機資材 タイ国ナコンパトム県



不要となった  
魚の頭など  
発酵したもの

低分子窒素  
やリンなどが  
豊富な動物  
系肥料

只今準備中



### 3. 持続可能性への希望

＞自作有機肥料と有機資材 タイ国ナコンパトム県



ハーブ10種  
で作った害  
虫忌避剤



# まとめ

土壌生態系(対象)を理解(研究)→適した管理  
→土壌生態サービス向上→持続可能な作物生産



理解 → 公益  
のよく似た話

終