

A photograph of a person wearing a light-colored shirt and dark pants, standing in a field of tall, green grass. The person is holding a long-handled tool, possibly a scythe or a hoe, and appears to be working in the field. The background shows a line of trees and a utility pole.

「ミミズの農業改革」

有機農家のための不耕起草生栽培

金子信博

東北ハイク研究会セミナー
有機農業における土づくりと肥培管理
現状とこれから

2024年12月5日



金子信博 KANEKO Nobuhiro

2024年5月

横浜国立大学・福島大学名誉教授、農学博士
福島大学農学群食農学類・特任教授
環境放射能研究所（兼務）

教育

京都大学大学院農学研究科（林学専攻）
森林生態学について学ぶ
学位論文「冷温帯の森林土壌における
ササラダニ群集の生態学的研究」

職歴

1985～98年 島根大学農学部、生物資源科学部
1991～92年 カナダ・カルガリー大学客員研究員
1998～2000年 横浜国立大学環境科学研究
センター
2000～2018年 横浜国立大学大学院環境情報
研究院
2014～15年 総合地球環境学研究所客員教授
2018～24年 福島大学食農学類、2024年定年

研究

土壌生態学：
土壌生物の多様性と生態系機能の研究
応用：生態学理論に基づいた土壌管理
森林土壌からの放射性セシウムの除去

社会活動

日本土壌動物学会会長
国際誌編集委員：*Pedobiologia*, *J Forest
Research*, *Ecological Research* など
環境省モニタリングサイト1000検討委員
など

主な著書

土壌生態学入門（東海大学出版会）
土壌生態学（朝倉書店）
土壌動物の多様性と機能解析（共立出版）
ミミズの農業改革（みすず書房）

本日の内容

不耕起草生栽培

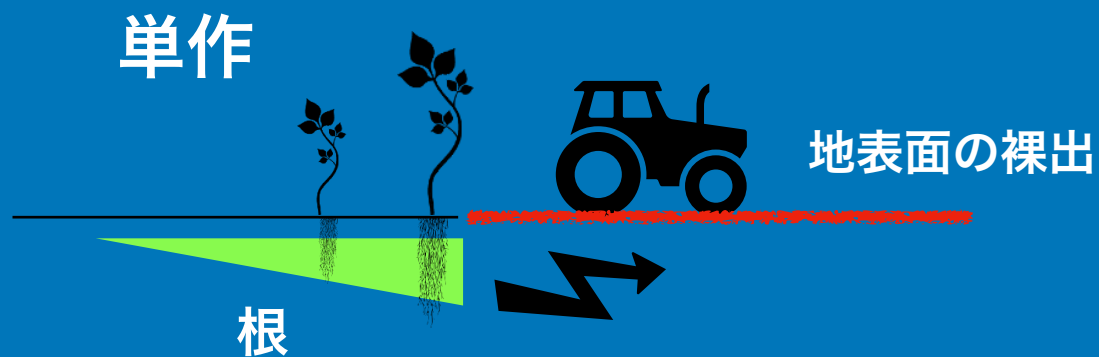
保全農法とリジェネラティブ

循環と食の安全

土壌動物の機能

耕やす農業から不耕起の農業へ

耕うんを基本とする農地管理

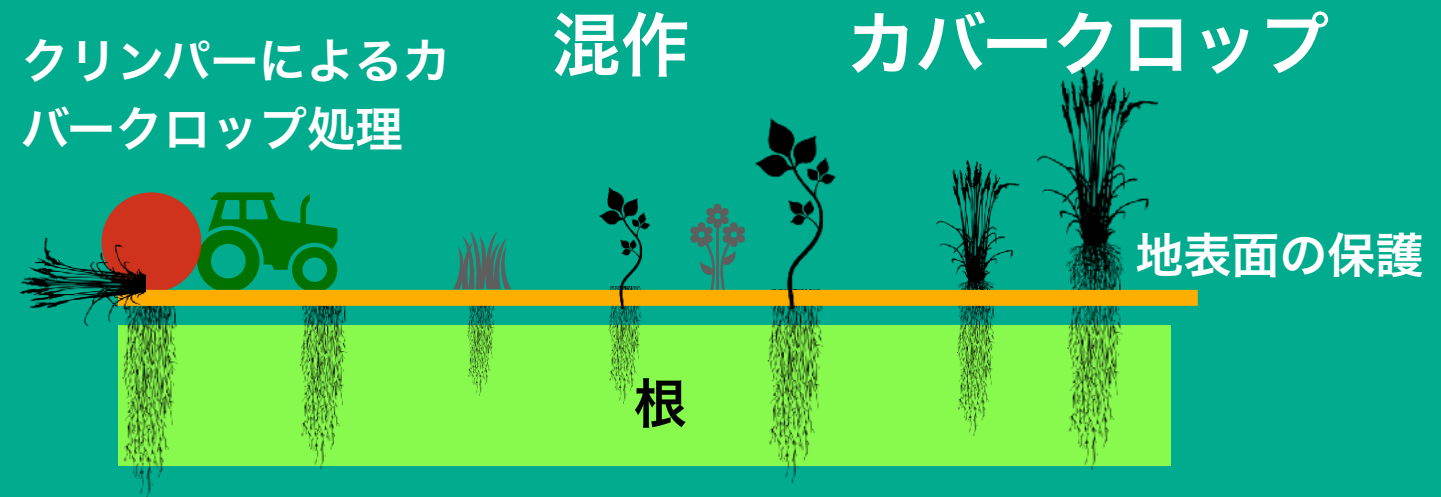


植物根は1年のうち限られた期間しかない
土壌生物の数量、多様性の減少



土壌団粒の破壊、土壌圧密
土壌侵食、保水性・排水性の低下
栄養塩溶脱
土壌炭素の減少

保全農法を基本とする農地管理



年間を通して植物根がある
土壌生物の数量、多様性の増加



土壌団粒の形成、根穴、坑道の形成による土壌空隙増加
土壌侵食の防止、保水性・排水性の向上
栄養塩保持
土壌炭素の増加

FAO 保全農法の3原則

小規模家族農家に推奨

物理的な土壌攪乱を最小限に

(i.e. no tillage) through direct seed and/or fertilizer placement.

クリンパー、不耕起播種機



不耕起播種機

地表面を有機物で保護

(at least 30 percent) with crop residues and/or cover crops.

少なくとも面積の3割以上



有機物マルチ

カバークロップ

栽培システムの多様化

through varied crop sequences and associations involving at least three different crops.

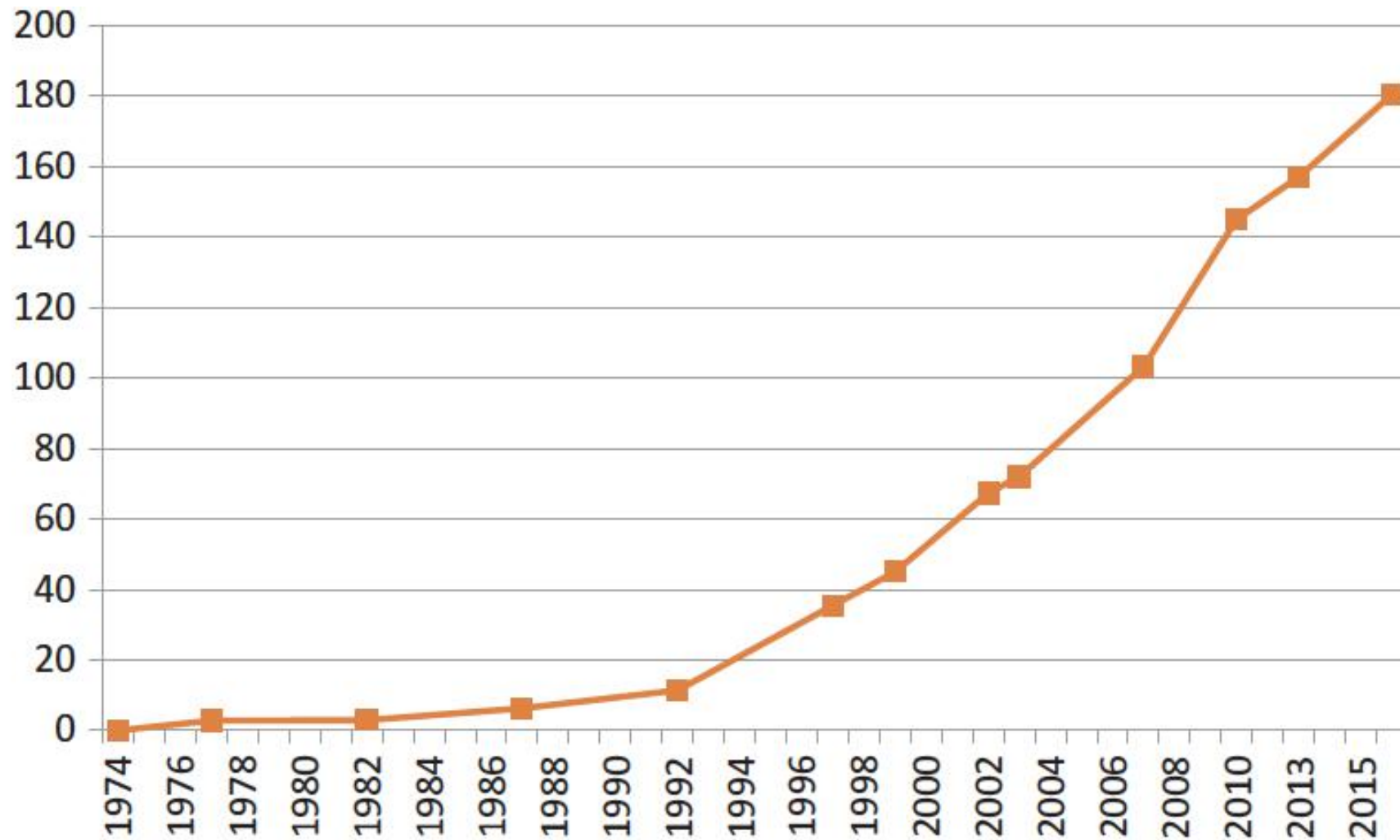
少なくとも3種以上



輪作

混作

保全農法の世界的な拡大



2015/16年

- 1億8000万ヘクタール
- 耕地面積の12.5%
- 年間1000万ヘクタールのペースで増加
- 78カ国で実施（日本はゼロ）
- 中国900万ヘクタール
- 韓国2万3千ヘクタール



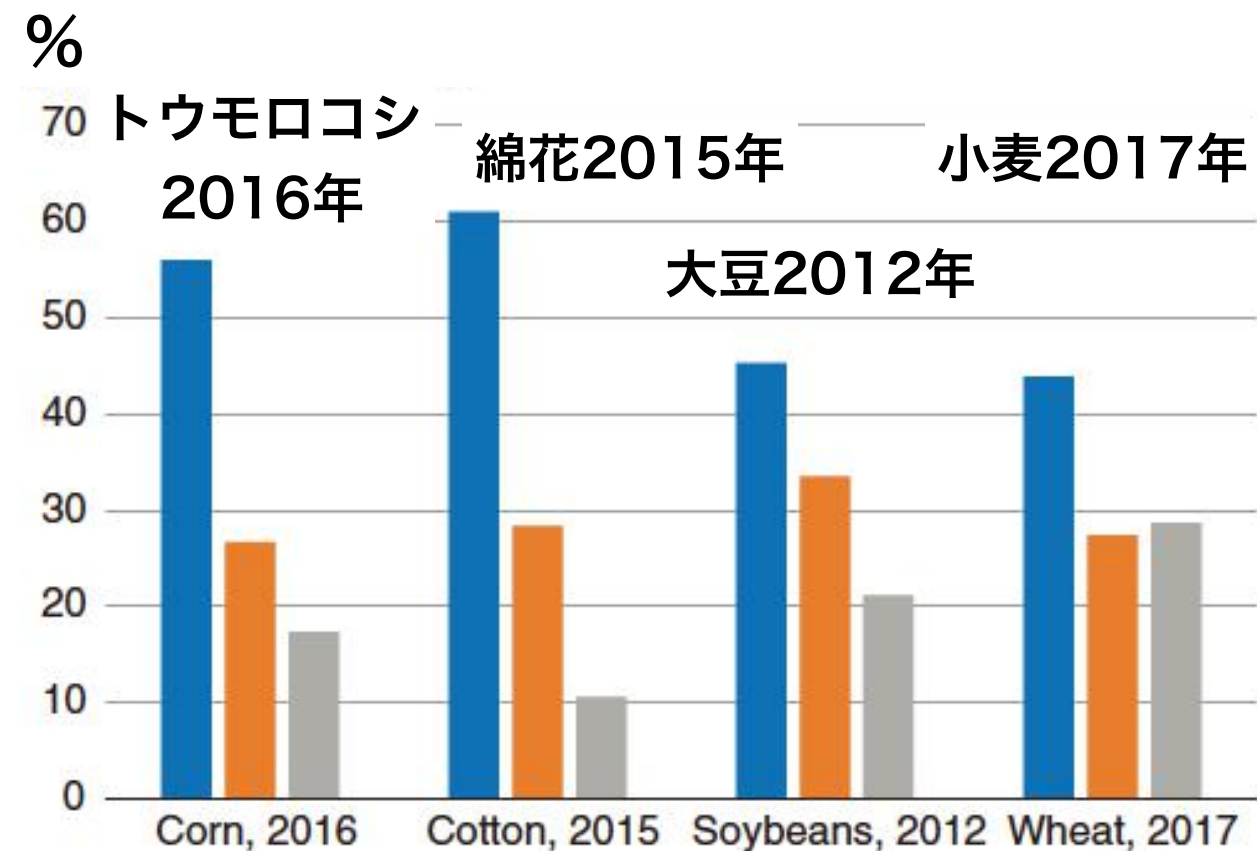
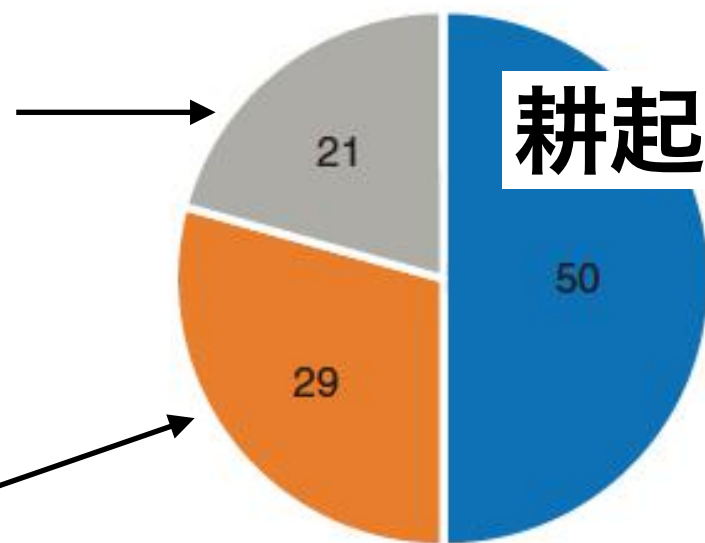
アメリカ農業における 不耕起・省耕起の取組



トウモロコシ、綿花、大豆、小麦

完全な不耕起

不耕起と耕起
を交互に行う



USDA, 2018

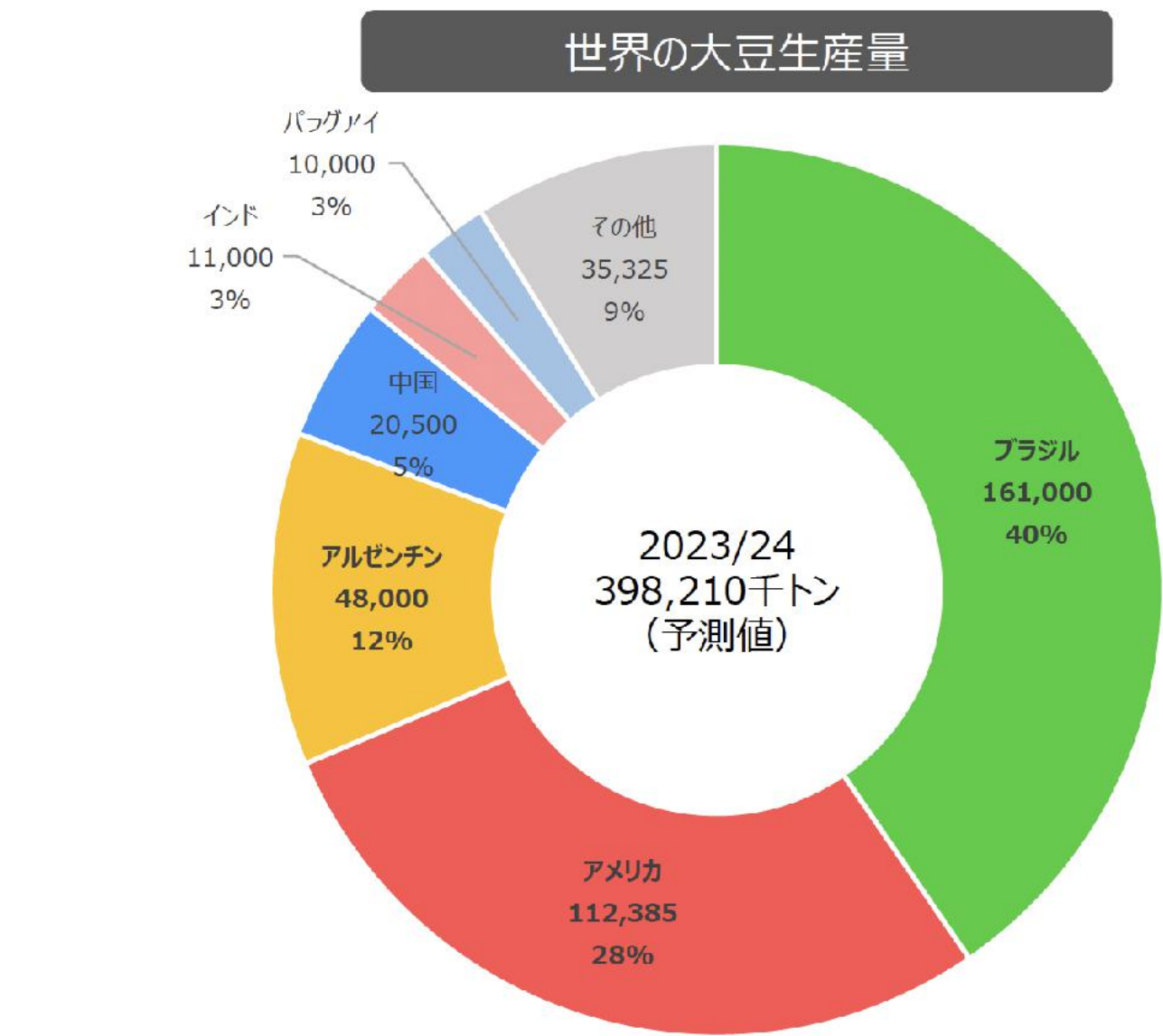
燃料消費は 1973年に比べて2002年には 60% に減少

収穫量あたりの燃料消費は 40%に減少

Triplett, Dick 2008

15－ 1 世界の大豆の生産動向

- 世界の大豆生産量は約3.6億トン。このうち、ブラジル、米国、アルゼンチンでの生産が約8割を占める。
- 世界の大豆の単収は品種改良、栽培技術の向上により増加しており、大豆生産主要国であるアメリカ、ブラジルでは300kg/10a以上の高単収となっている。



〔 参考：主要国の大豆の単収 〕

	単収 (kg/10a)
世界平均	286
ブラジル	353
アメリカ	335
アルゼンチン	293
中国	196
インド	85
パラグアイ	282
カナダ	309
日本	158

資料：米国農務省（USDA）「Production, Supply and Distribution」

ブラジルの不耕起栽培

×1000 ha

INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURAL SUSTAINABILITY 5

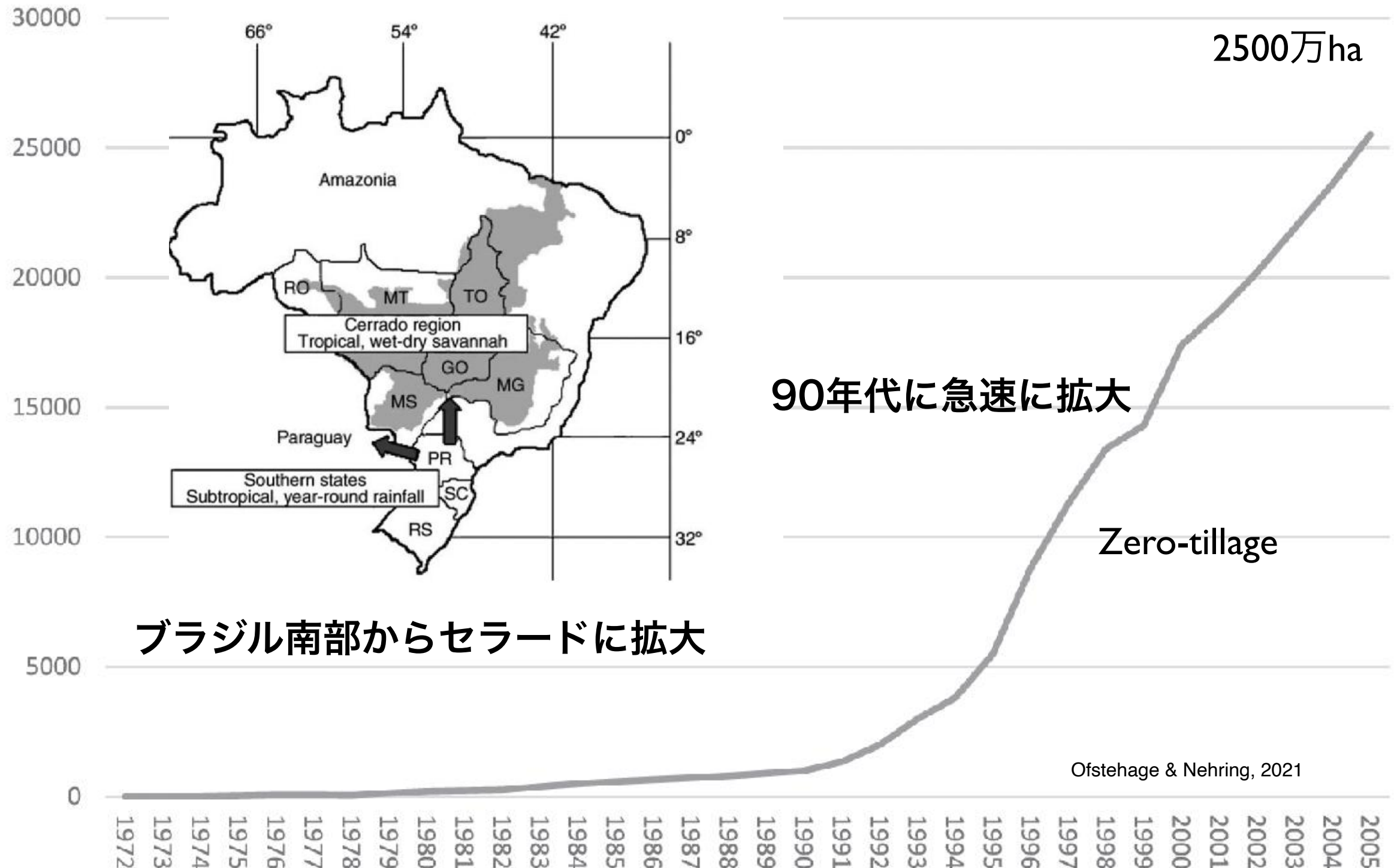


Figure 1. Expansion of zero tillage (in 1000s of hectares) in Brazil from 1974–2006 (revised from de Freitas and Landers 2014).

土壤侵食

雑草

耕起

雑草

不耕起+除草剤

遺伝子組替作物

除草剤耐性雑草

Ofstehage & Nehring, 2021

環境再生農業 (Regenerative)

+ 除草剤

不耕起+カバークロップ

環境再生有機農業
(Regenerative organic)

ライムギ+ローラクリンパー

土壤保全

耕すと表土が失われる

畑から土をとって水と混ぜる

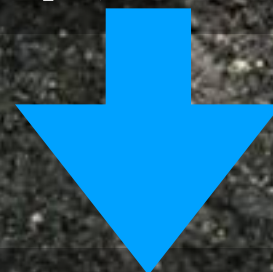


不耕起
+ 除草剤

不耕起
除草剤なし

耕起
+ 除草剤

耕起
除草剤なし



不耕起でも除草剤を使
うと団粒ができない

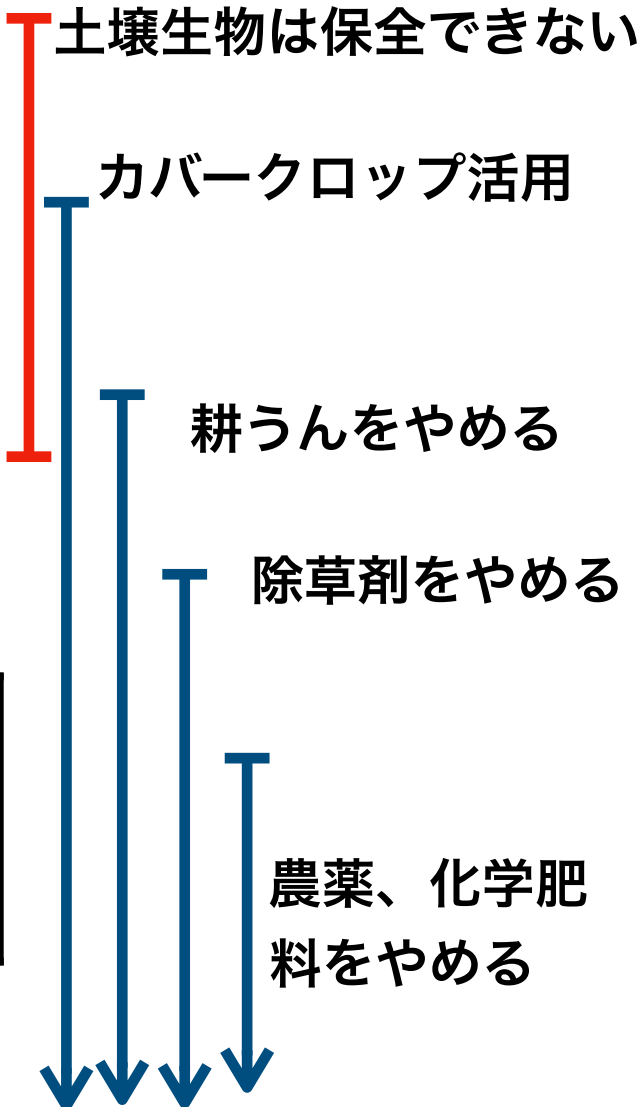
土壌生物が作った
耐水性団粒が豊富

保全的な農法と特徴的な管理

絶対的技術

場に応じた技術

農法	農薬	化学肥料	除草剤	耕起	カバー クロップ	有機物 マルチ	輪作・ 混作	遺伝子 組み替え
有機JAS	禁止	禁止	禁止	耕起				禁止
環境保全型農業	削減	削減	使用	耕起	推奨			
環境再生型農業 Regenerative Ag	使用	使用	使用	不耕起 省耕起	推奨	推奨		使用
保全農法 Conservation Ag	削減	削減	削減	不耕起 省耕起	必須	必須	必須	
環境再生型 有機農業 Regenerative Organic Ag	禁止	禁止	禁止	不耕起 省耕起	必須	必須	必須	禁止
自然農	使用 しない	使用 しない	使用 しない	不耕起 省耕起	雑草利用	必須	必須	使用 しない



世界中で不耕起有機栽培の技術革新が進んでいる



ローラークリンパー

不耕起播種機

ライ麦押し倒しと不耕起播種

慣行農法

再生農法

有機農法

環境再生 有機農法

CONVENTIONAL

Generally, conventional farming relies on the use of chemical intervention—pesticides, herbicides, synthetic fertilizers—and genetically modified organisms (GMOs) to grow crops.

REGENERATIVE

Regenerative farming aims to enrich the soil, but lacks any standards prohibiting the use of conventional pesticides, herbicides, synthetic fertilizers, and GMOs.

ORGANIC

Organic farming does not use chemical intervention or GMOs because it prioritizes building healthy soil. Instead, natural methods such as composting are relied upon, for the growth of healthy food.

REGENERATIVE ORGANIC

Regenerative Organic farming is rooted in organic farming. It abides by a high standard of land management to sequester carbon in the soil, and prioritize welfare of farm animals and fairness for farmers and workers.

リジェネラティブ

リジェネラティブ・
オーガニック

COMMON TOOLS



Pesticides and
Herbicides



Synthetic
Fertilizer



GMOs

COMMON TOOLS



Compost



Crop Rotations



Cover Crops



No GMOs

農薬
除草剤

化学
肥料

遺伝子組み
換え作物

堆肥

輪作

カバー
クロップ

No
GMOs

リジェネラティブ農業とは？



Regenerative

管理手法に基づく定義

- 外部からの投入を減らす
- 家畜と組み合わせる
- 農薬を使わない
- 化学肥料を使わない
- 耕うんを減らす
- 輪作
- 作物の多様化

効果に基づく定義

- 生態系、土壌、水の健康の改善
- 生物多様性の向上
- 土壌炭素隔離
- 社会の福利の向上
- 農家の収益向上

農法の改善

農法の改善が必ずしも農業生態系の変化をもたらすとは限らない

生態系サービスの向上

どの方法で効果が得られるかわからない

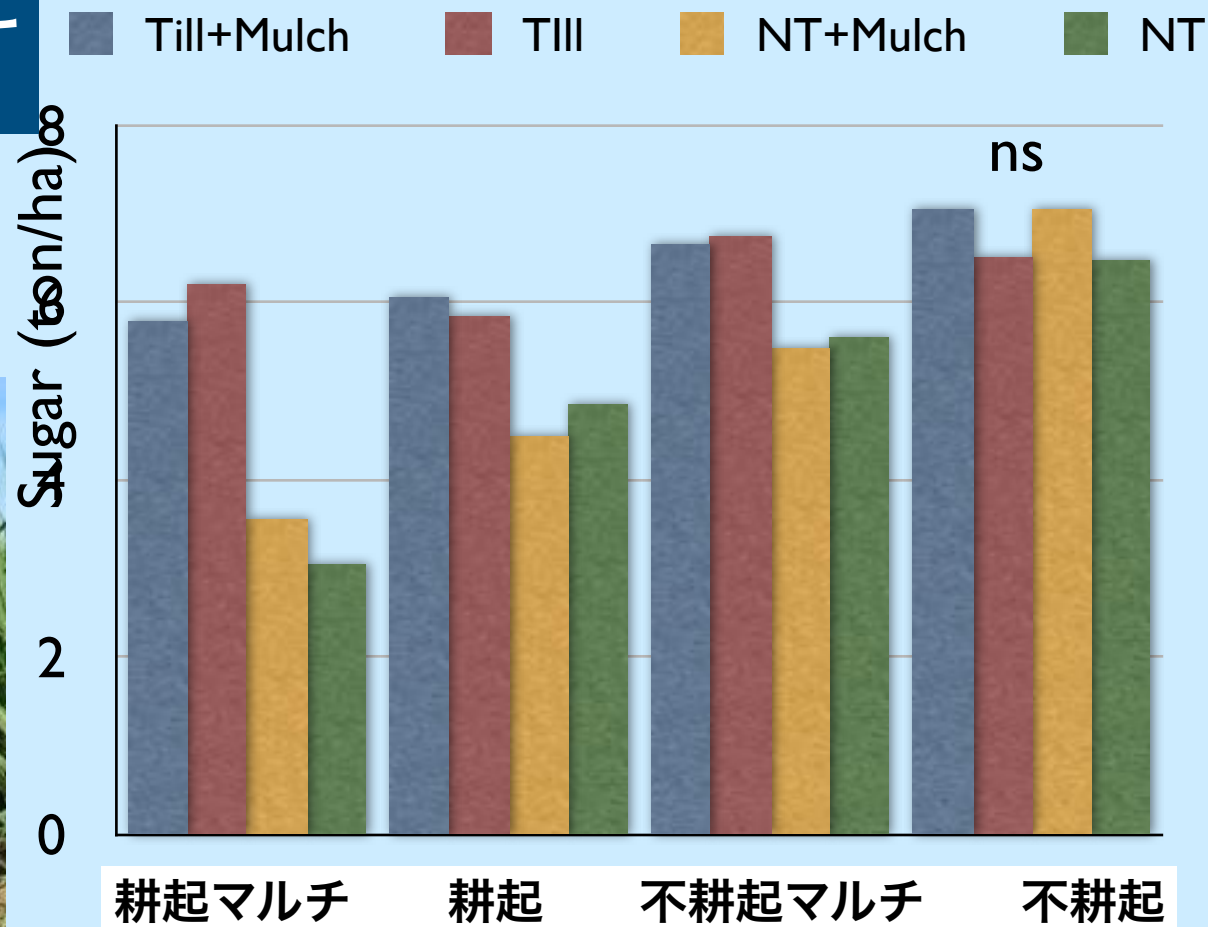
- 正確な定義はない
- 少なくとも使う前に各自が定義する必要がある (Newton et al., 2020)

保全耕起試験における生産量

Yields in the CA experiments

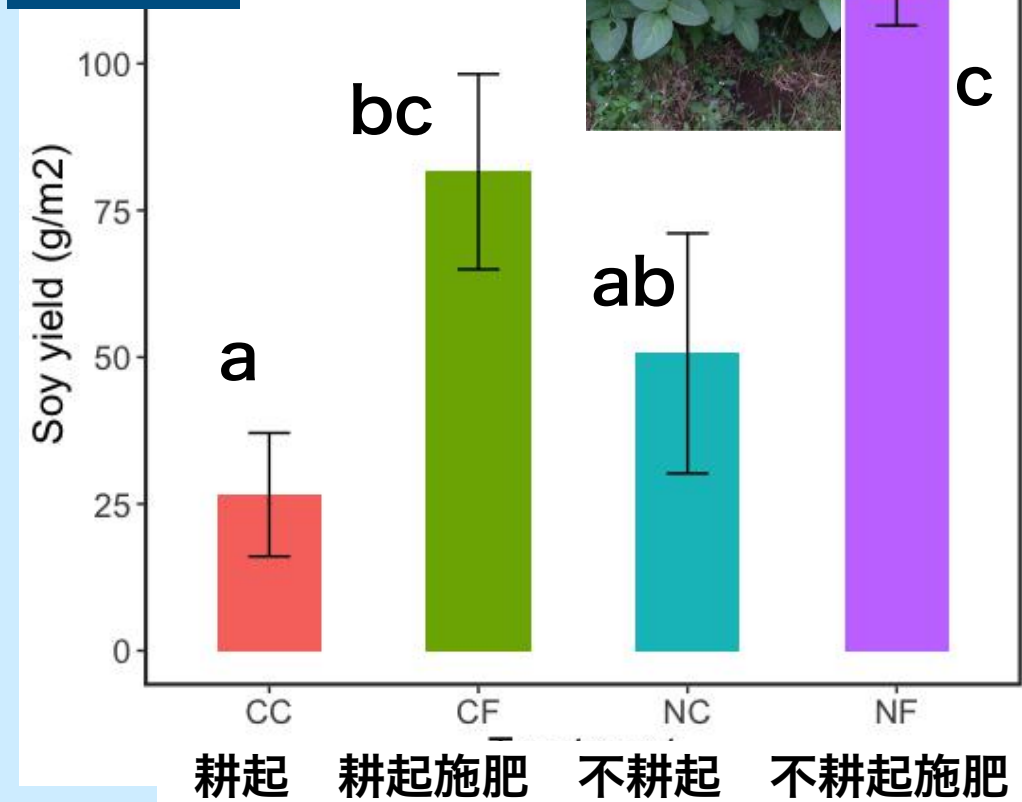
サトウキビ

Sugar cane



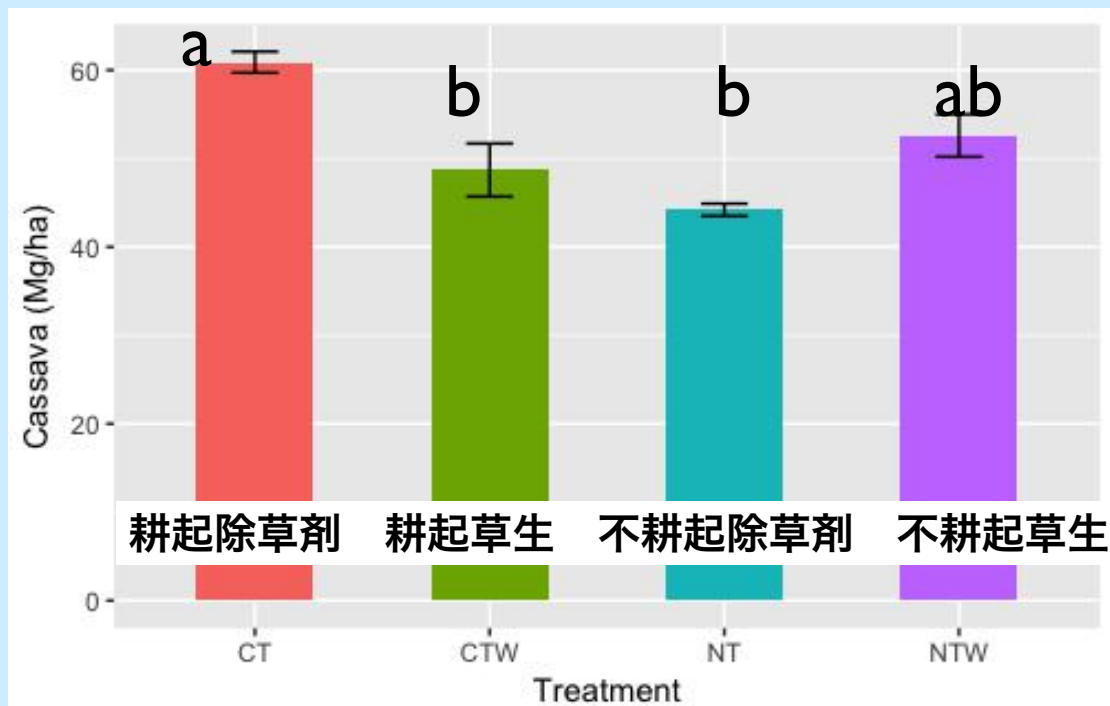
ダイズ

Soy bean



キャッサバ

Cassava

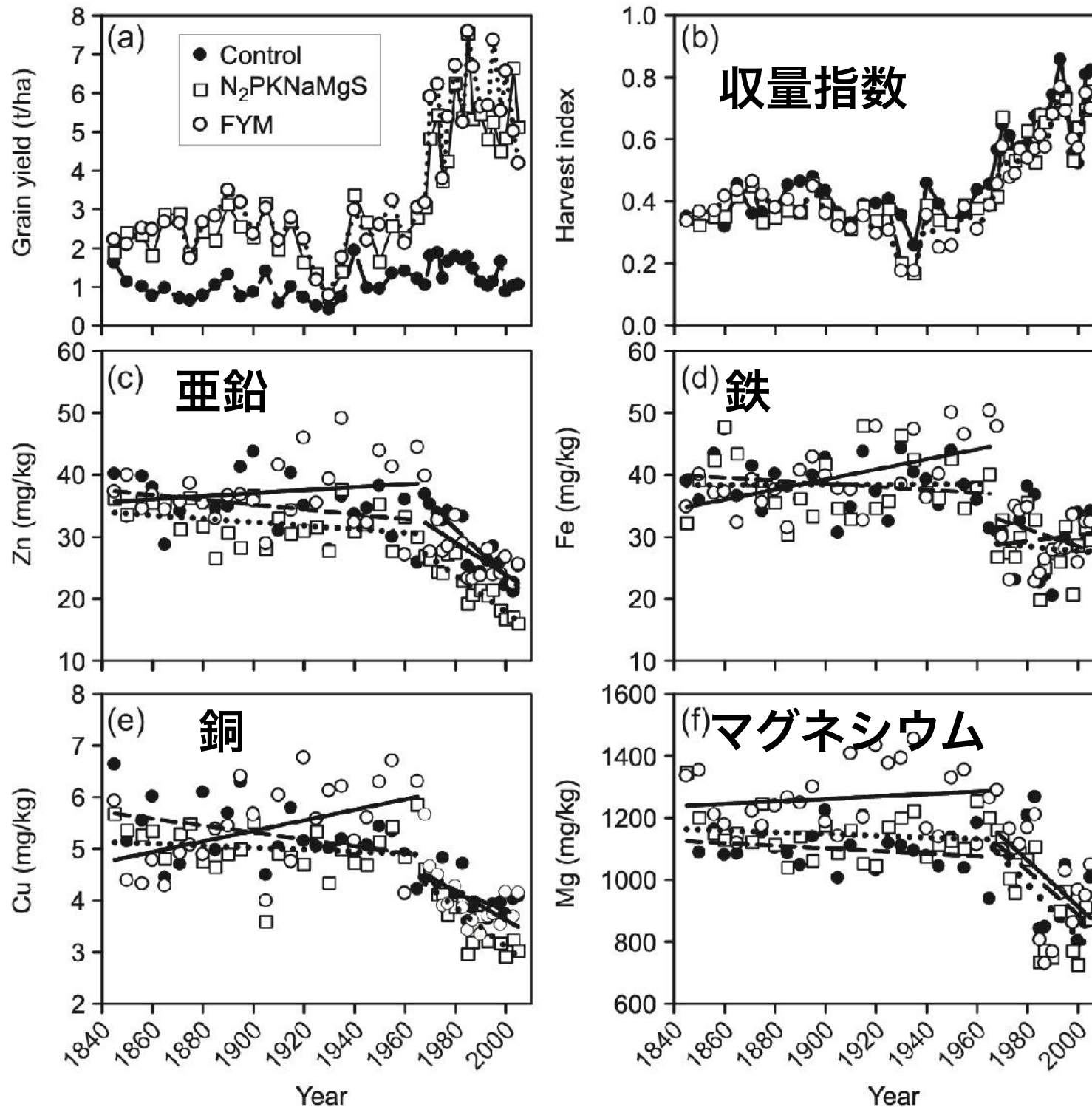


生産量（収量）は、慣行と不耕起栽培の差は無い

健康な食は健康な土壌から



小麦の微量元素の長期変動



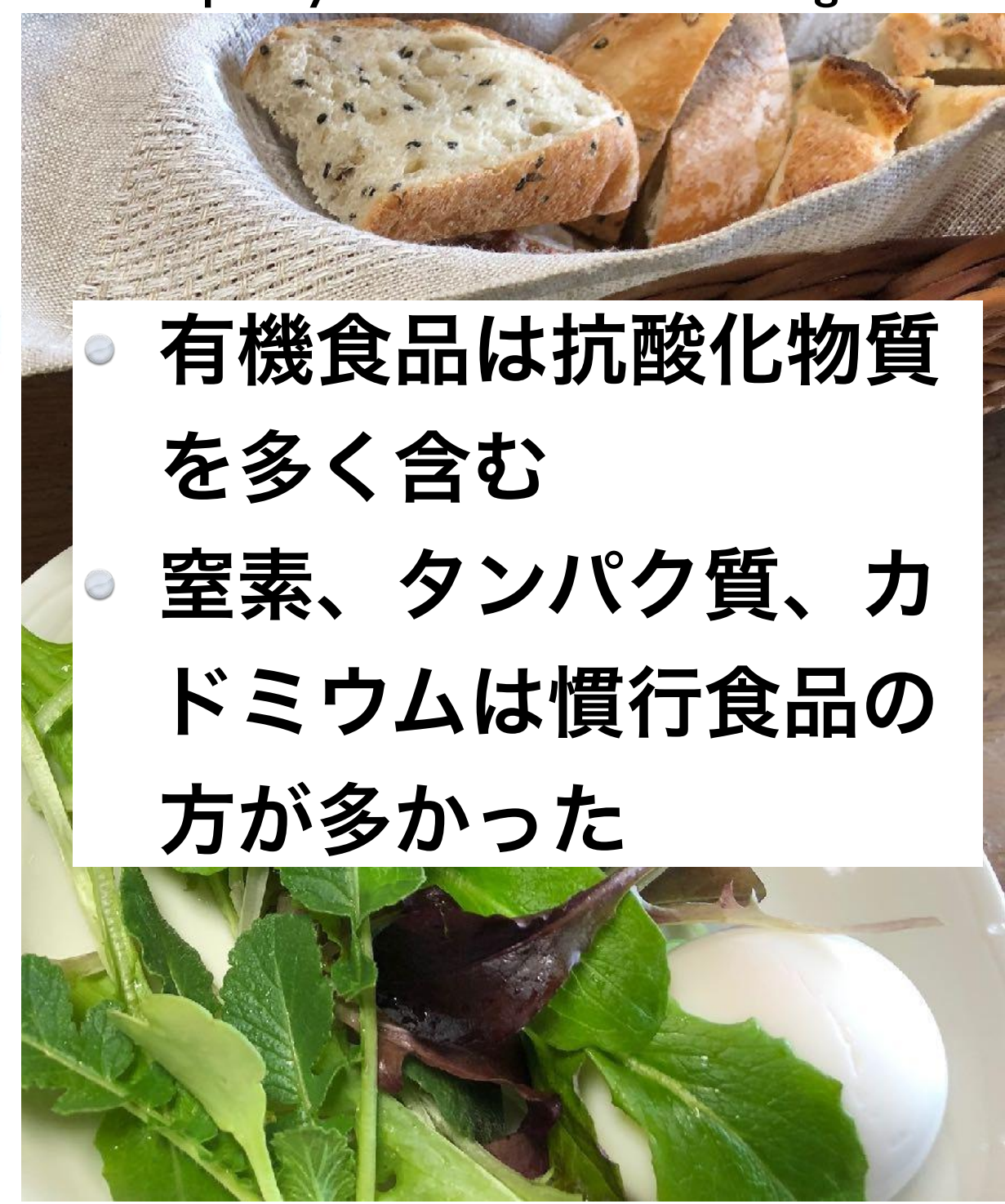
イギリス・ロザムステッド試験地

「緑の革命」による増収から
始まってから小麦の微量元素
は急激に低下

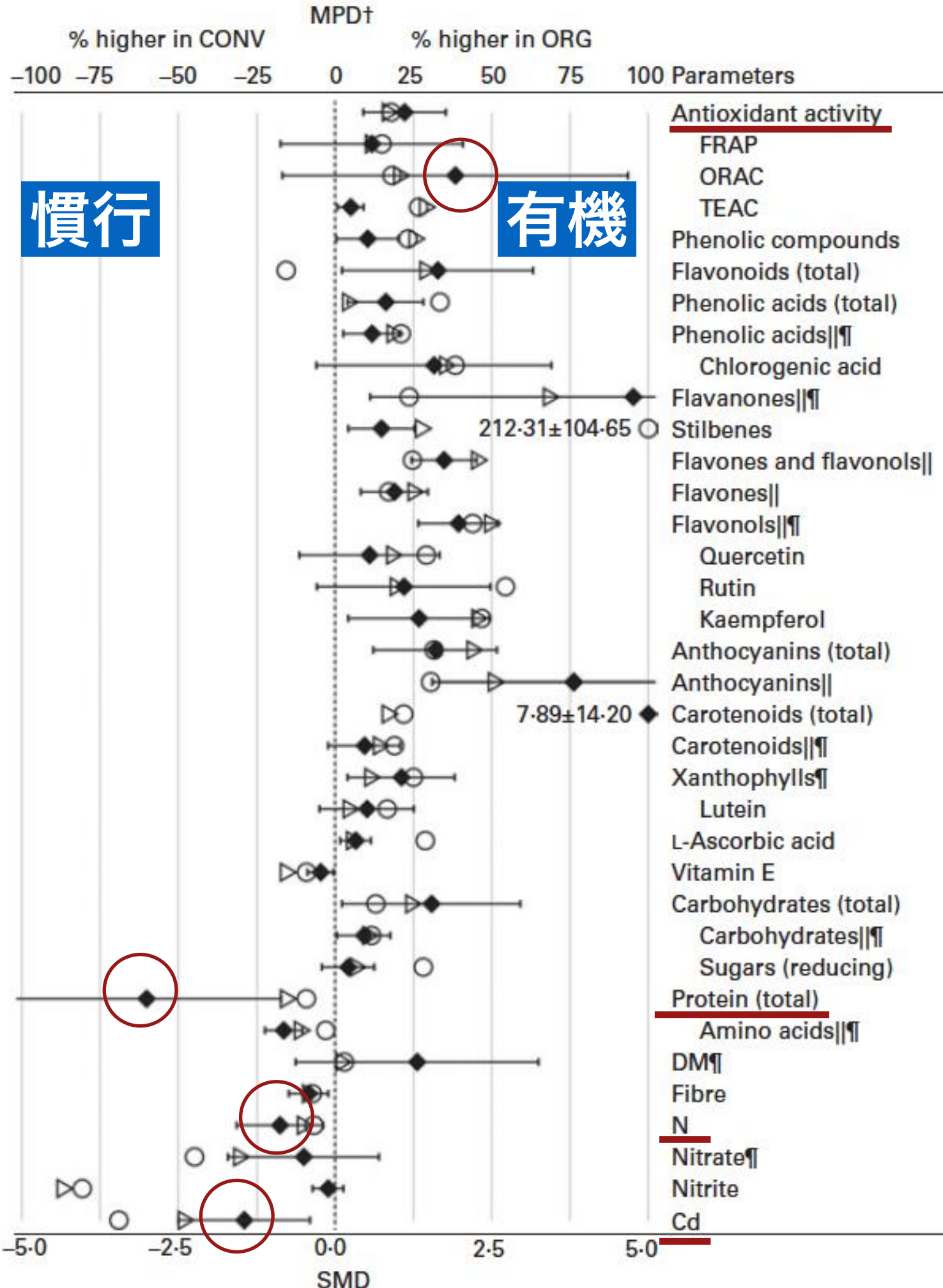
Fang et al. 2008

慣行と有機の食品比較

Food quality of conventional vs. organic



- 有機食品は抗酸化物質を多く含む
- 窒素、タンパク質、カルシウムは慣行食品の方が多かった



フランスの大規模食生活調査



Etude BioNutriNet

Volet spécifique concernant la consommation des aliments issus de l'agriculture biologique

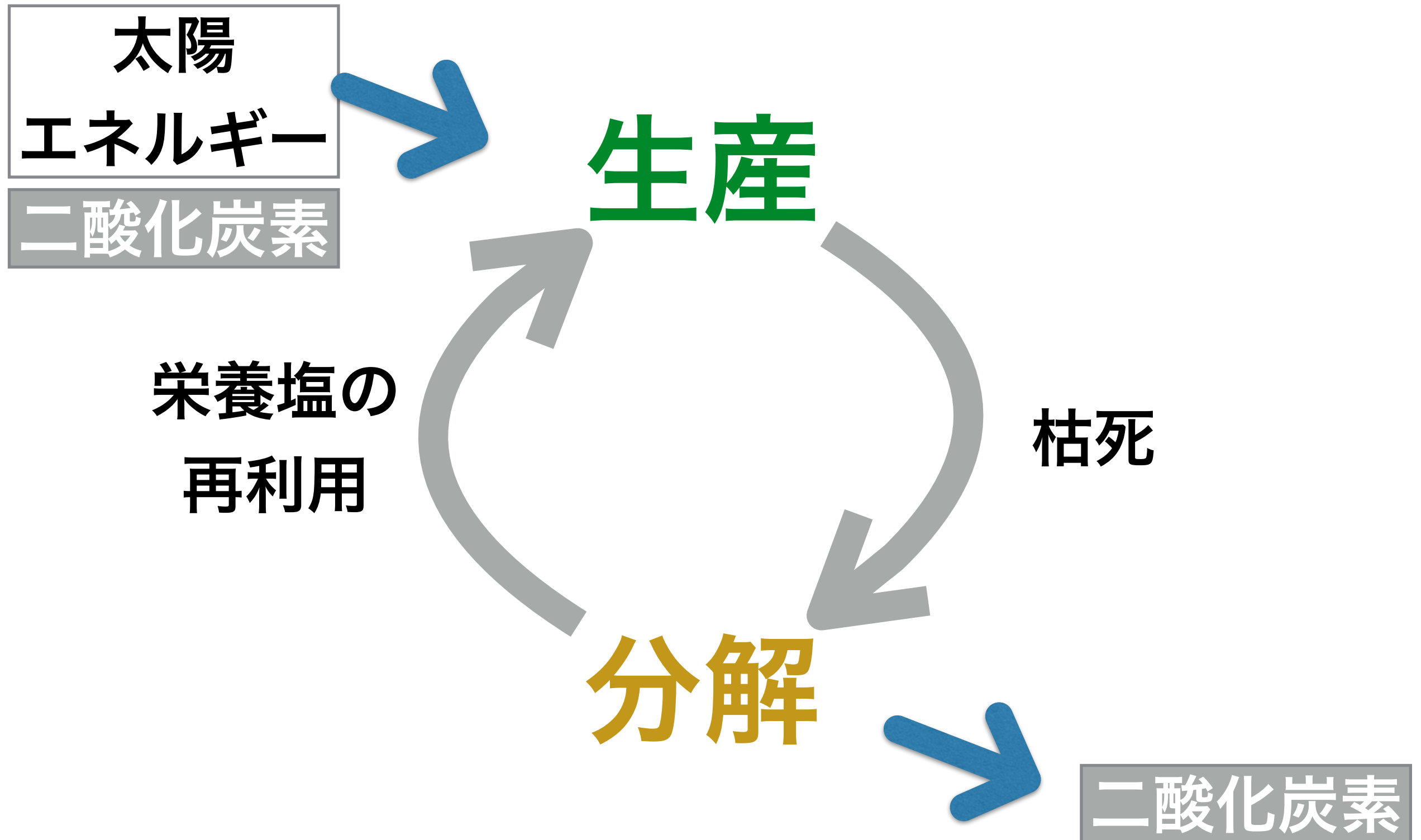
Key Findings of the French BioNutriNet Project on Organic Food-Based Diets: Description, Determinants, and Relationships to Health and the Environment

Kesse-Guyot et al. 2022 *Advances in Nutrition*

**2014年から35,000人が参加した大規模調査
食生活と疾病、体内の残留農薬のデータなどを解析**

- **有機農産物を食べる人のほうが食費の出費が多いが、
より健康**
- **農薬などの毒性物質への暴露が低いため肥満、2型糖尿病
乳がん、リンパ腫の発症リスクが低い**
- **農業の環境負荷を減らすために植物主体の食生活に変更す
る必要がある**

生態系における一次生産



田んぼの物質循環

バランスがとれているか？

肥料を減らすには？

灌漑水

肥料

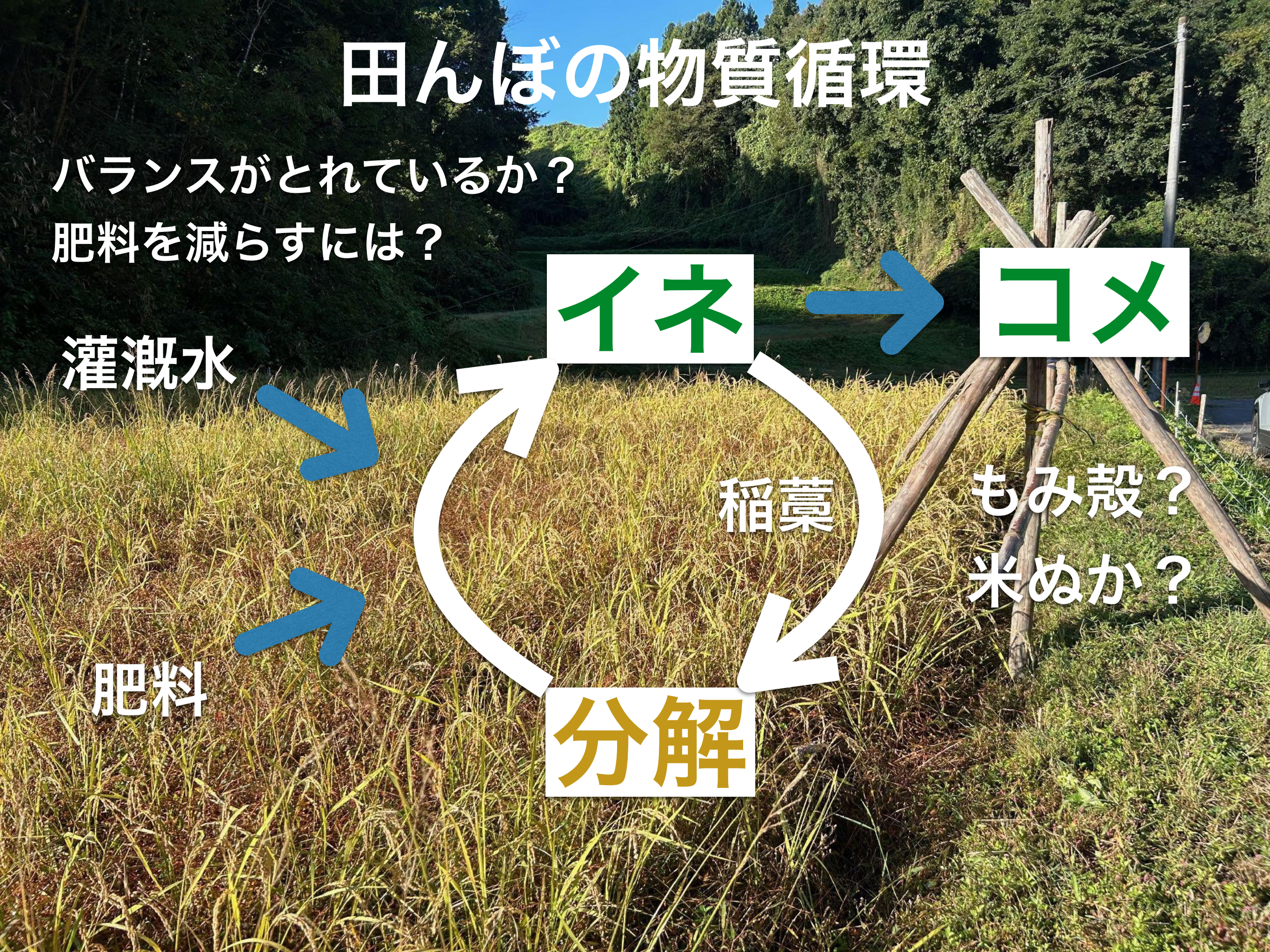
イネ

コメ

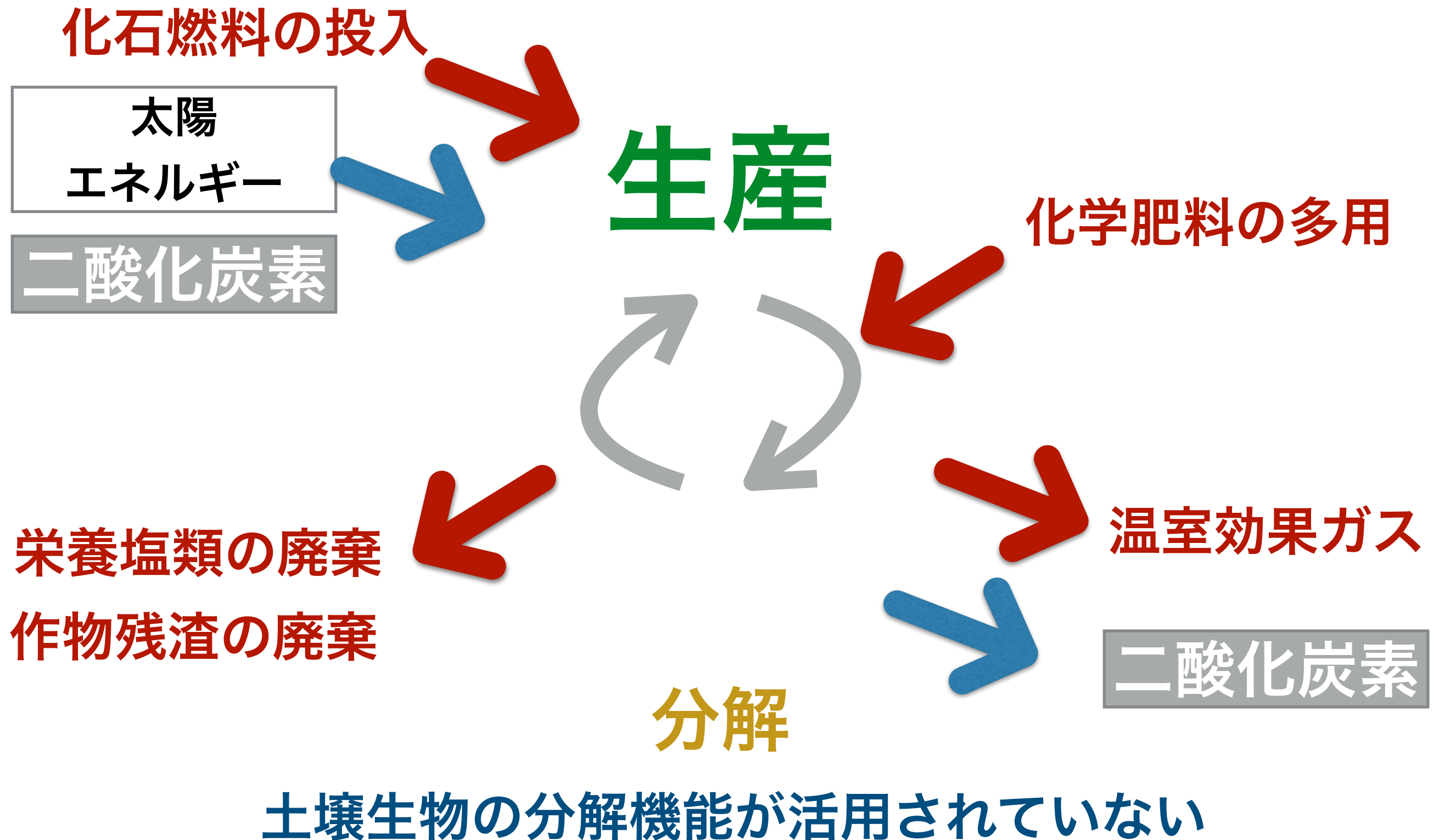
稲藁

もみ殻？
米ぬか？

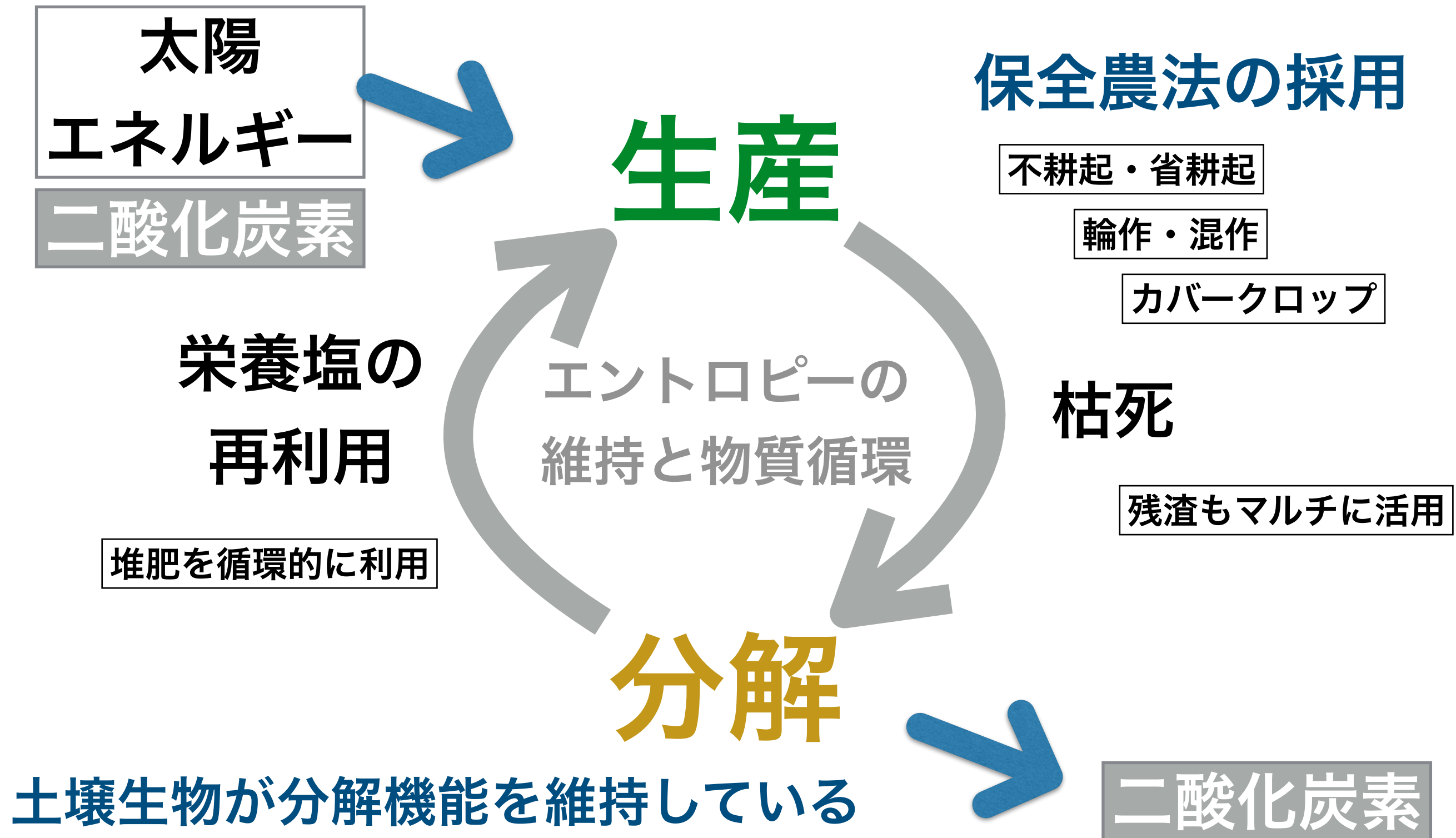
分解



持続可能でない農業システム



生態系の持続可能性





有機物残渣の良くない処理例



堆肥化で失われる養分（％）

	炭素	窒素	カリウム
牛糞	38	65	49
豚糞	82	81	48
鶏糞	73	82	0
稲わら	84	22	79

炭素と窒素は主にガスとして、カリウムは溶脱。
リンは消失しない。

堆肥の良い処理例

プロ用



入門編



家庭用

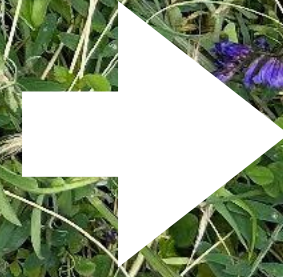


なぜ耕さないほうがいいのか？

落葉層
豊富な根
非攪乱



土壌生物
多様性の向上
土壌構造
肥沃度
病害虫抑制

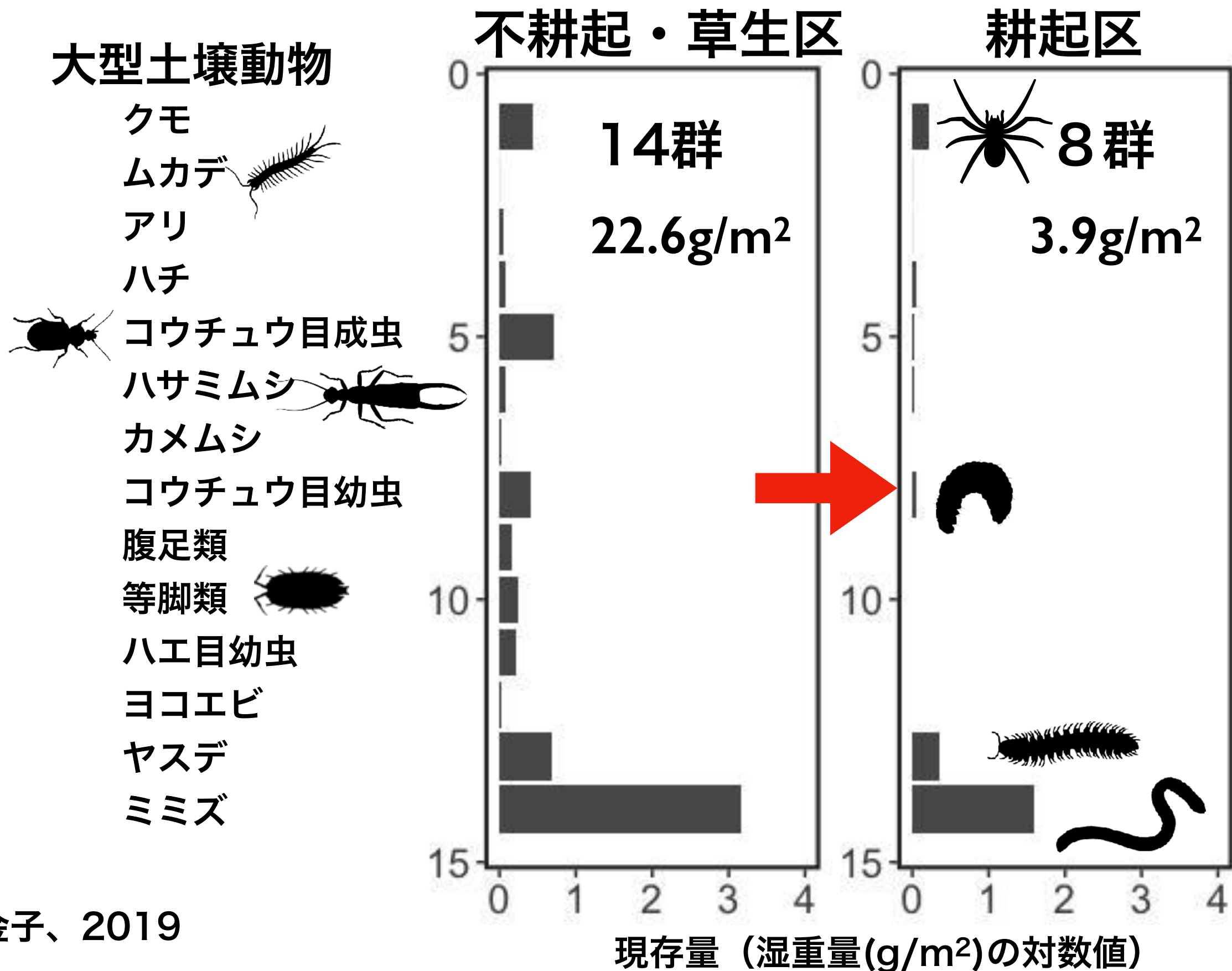


環境負荷の
少ない農業

松沢正満さん（愛知県新城市） 福津農場



耕起による土壌生物多様性の減少



大型土壌動物

50cmx50cm深さ20cm

耕起

不耕起

施肥なし



施肥なし

施肥あり



施肥あり

耕起

不耕起

大型土壤動物

50cmx50cm深さ20cm

耕起



耕起＋施肥



不耕起



不耕起＋施肥



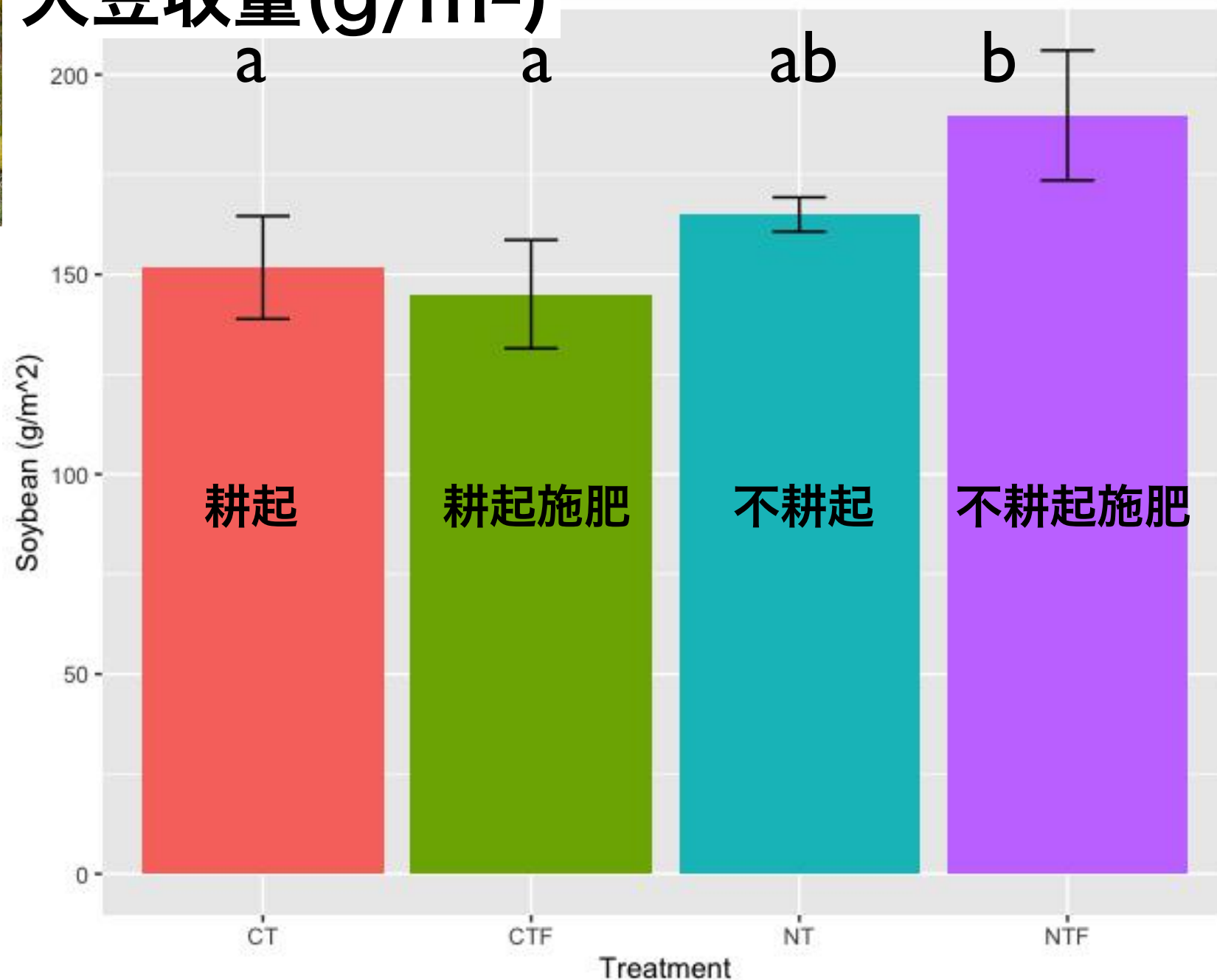
福島県飯舘村試験地

2020年11月2日

耕起

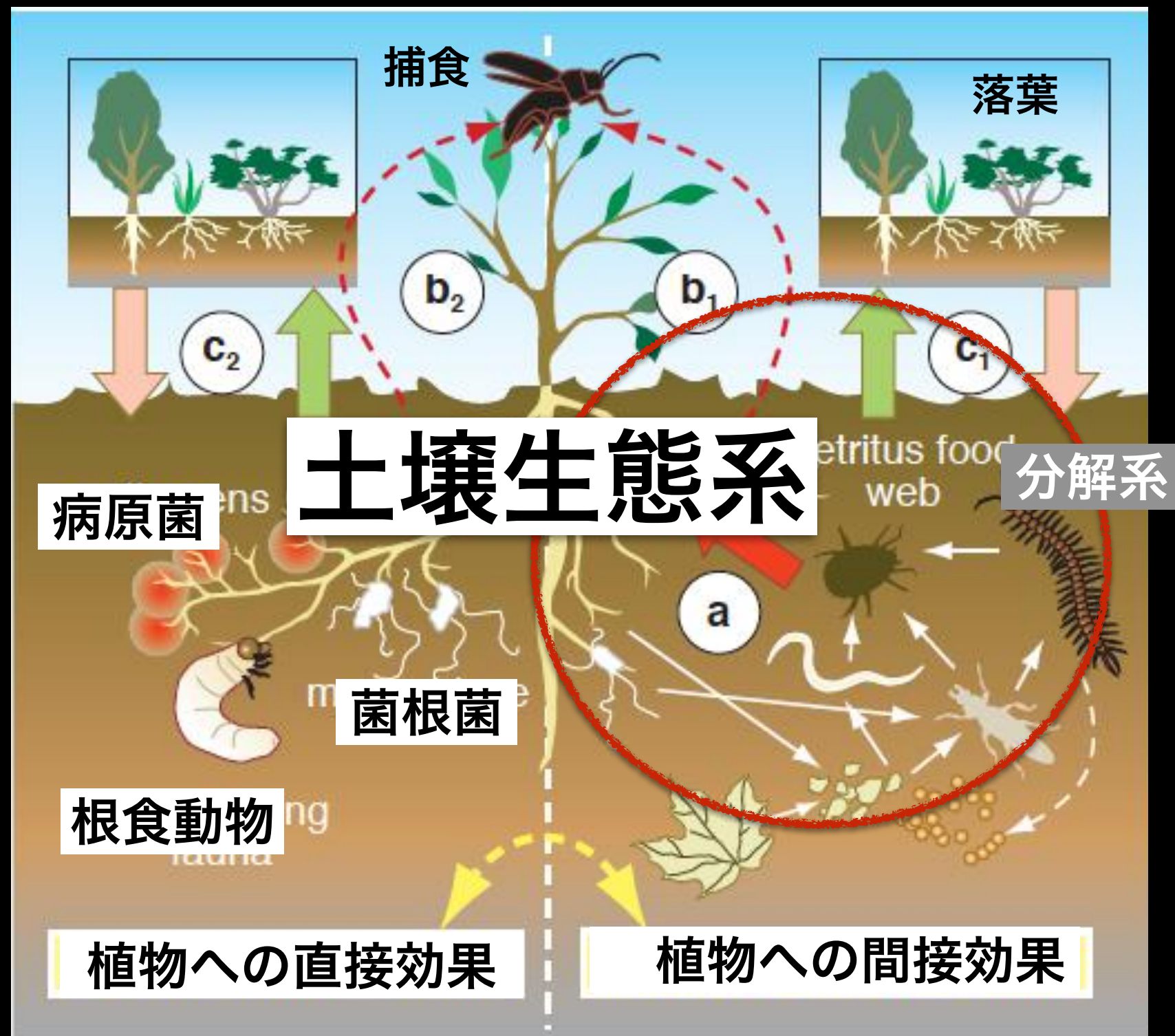
不耕起草生

大豆収量(g/m²)



大豆の栽培試験では、不耕起＋施肥で耕起栽培より有意に収穫量が増加（金子 未発表データ）

地上を支える土壌生態系



Wardle et al., 2004

私たちは、生態系の半分も見えていない



トビムシ



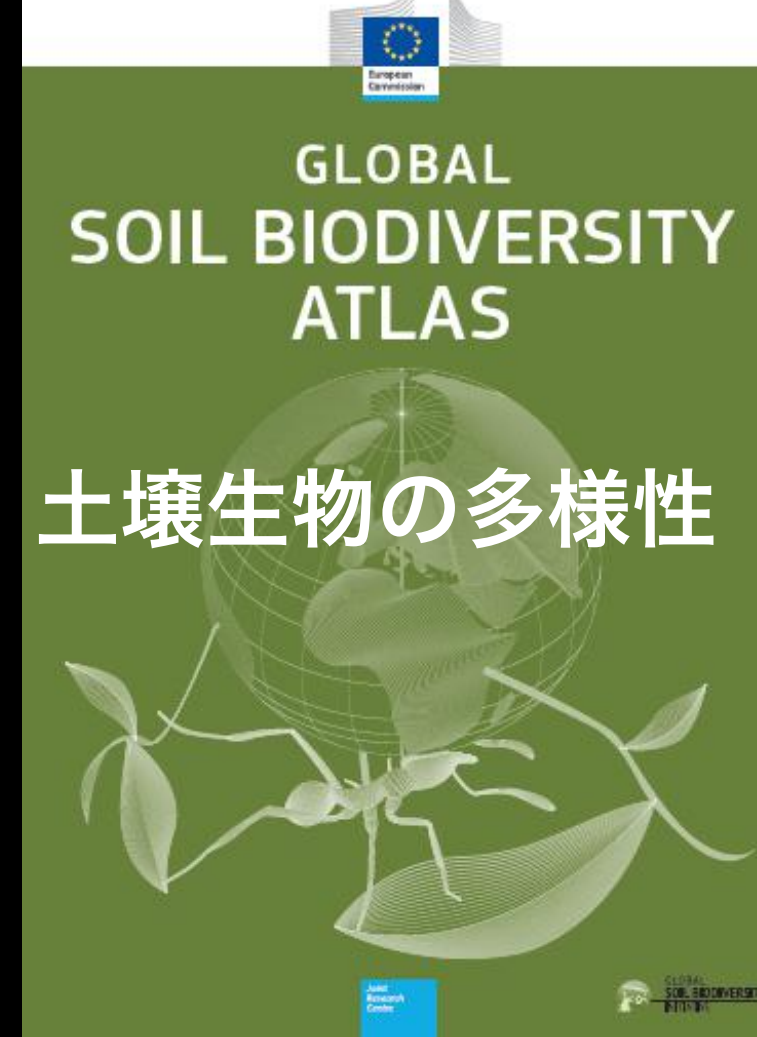
キノコ



ラン藻



ミミズ



Global Soil Biodiversity Atlas (2016)



ヤスデ



細菌



シロアリ



アメーバ



キノコ



コガネムシ



モグラ



ワラジムシ



トビムシ



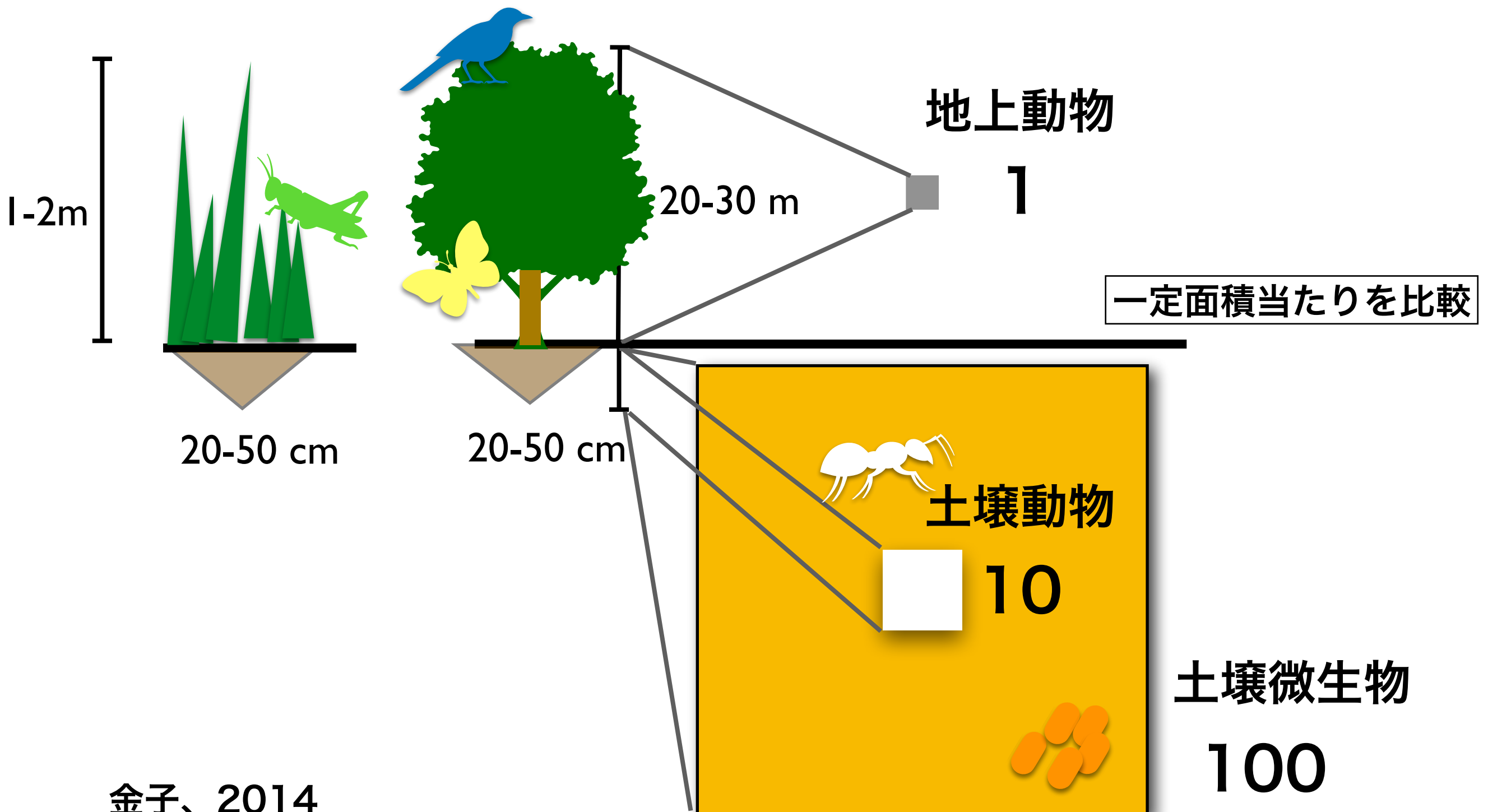
ヤスデ

地球の生物の59%は土壌性



Fig. 3. Graphical overview of the share of species living in soil. Doughnuts reflect the percentage of species in soil versus all other ecosystems combined (e.g., marine, freshwater, built environment, host organisms such as humans). The larger doughnut on top shows the total share of species, and smaller doughnuts show individual shares for the most speciose and well-known groups ordered from greatest to least specialized in soil. Illustrations by Michael Dandley ©.

地上動物、土壤動物と土壤微生物の現存量



地球上の生物の重さ（炭素換算）

Table 1. Summary of estimated total biomass for abundant taxonomic groups

Taxon	Mass (Gt C)	Uncertainty (-fold)
Plants	450	1.2
Bacteria	70	10
Fungi	12	3
Archaea	7	13
Protists	4	4
Animals	2	5
Arthropods, terrestrial	0.2	
Arthropods, marine	1	
Chordates, fish	0.7	
Chordates, livestock	0.1	
Chordates, humans	0.06	
Chordates, wild mammals	0.007	
Chordates, wild birds	0.002	
Annelids	0.2	
Molluscs	0.2	
Cnidarians	0.1	
Nematodes	0.02	
Viruses	0.2	20
Total	550	1.7

植物 450 Gt C
 バクテリア 70 Gt C
 真菌 12 Gt C
 アーキア 7 Gt C
 原生生物 4 Gt C
 動物 2 Gt C

野生哺乳類 7 Mt C

ミミズ 200 Mt C (Phillips et al. 2019)

センチュウ 31 Mt C (van den Hoogen et al. 2019)



Bar-On et al. (2018)

マルトビムシの1種 *Dicycrtomina*



ザラタマゴダニ *Xenillus*



ヤマトビムシ亜科 *Pseudachorutinae*



ハモリダニ科 *Anystidae*



杣沢試験地

ダイズ

不耕起 vs 耕起、草生 vs 手除草、堆肥 vs 化学肥料



耕起 + 手除草区

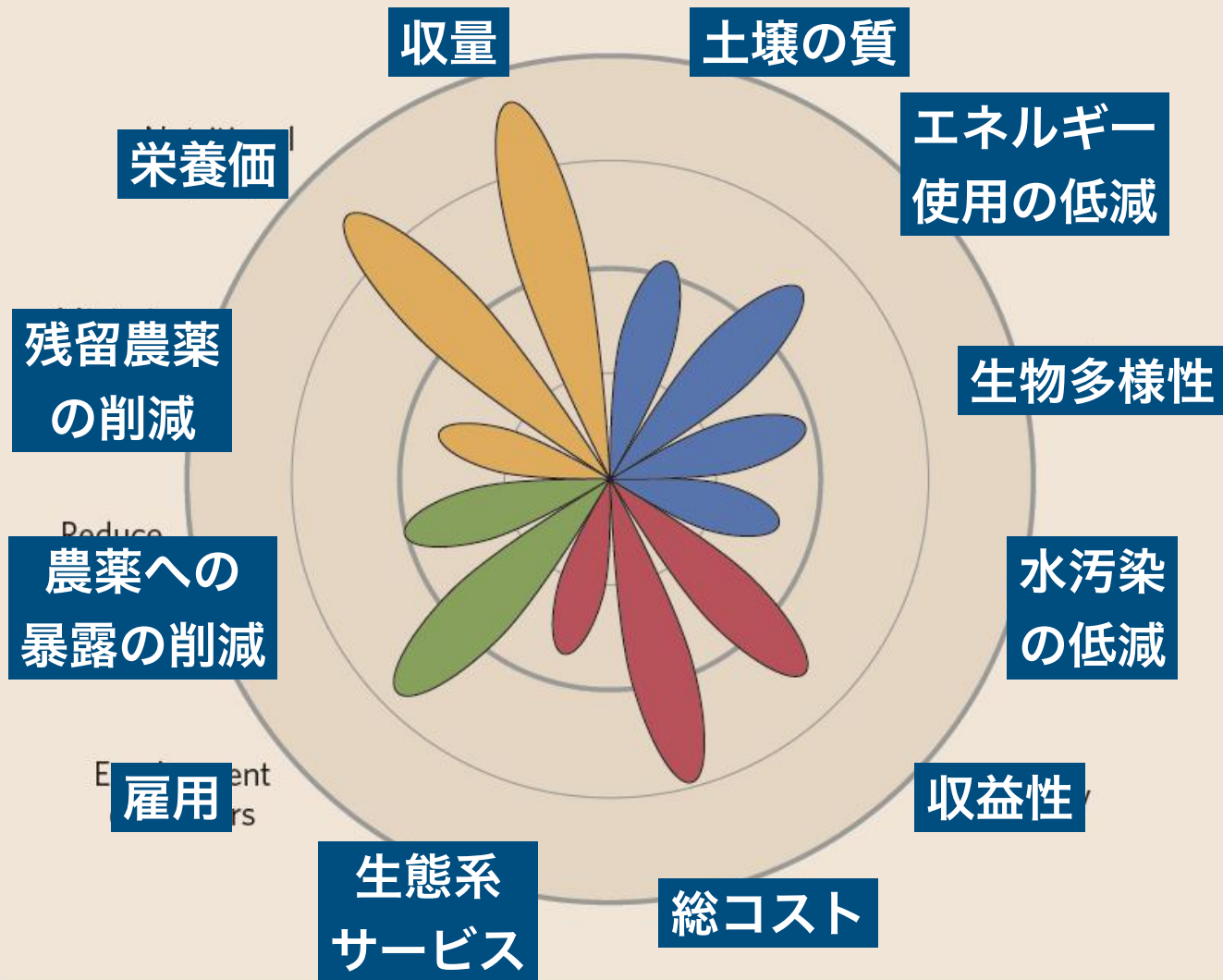
不耕起 + 草生区

2024年9月12日

慣行と有機栽培の比較

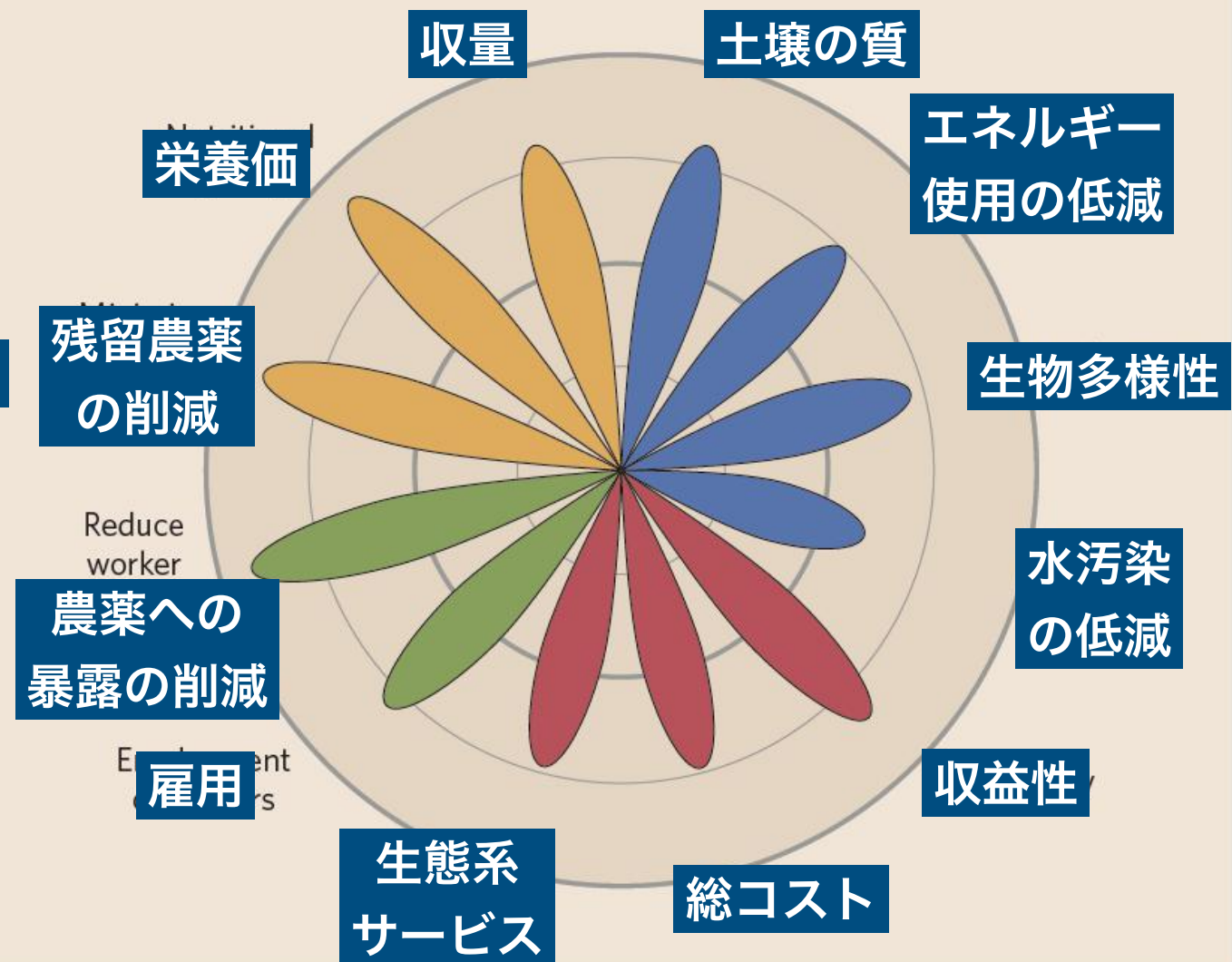
慣行栽培

Conventional



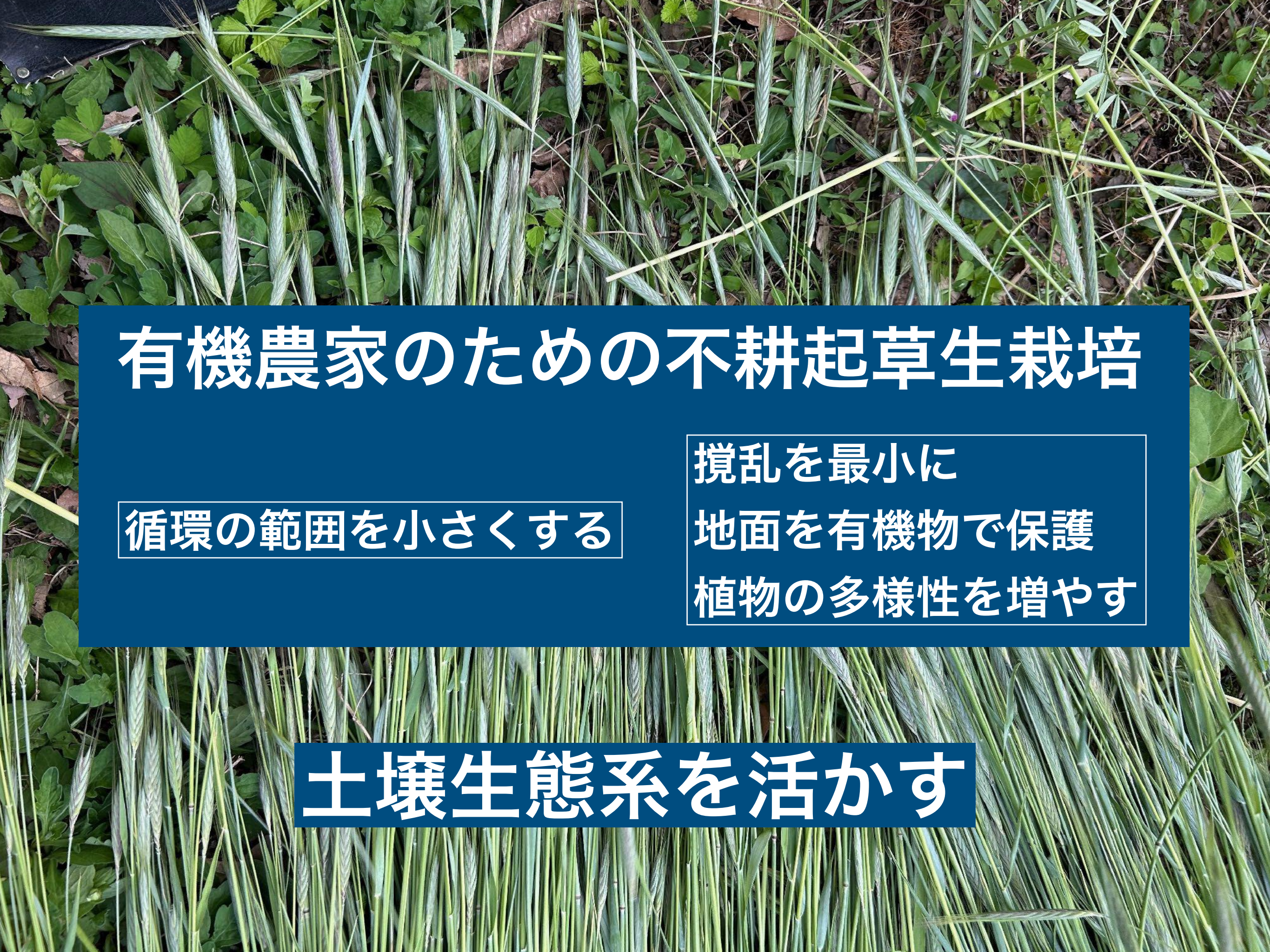
有機栽培

Organic



持続可能な農業への転換

- ・生態系の仕組みを活用することで、環境負荷を抑えつつ低コストでの栽培が実現する
- ・「耕さない」ほうがよい
 - ・収穫量はほとんど減らない
 - ・管理コストの大幅削減が可能
 - ・気候変動への耐性
 - ・使いやすい農業機械の開発が必要
- ・低コストで健康にもよい農法＝持続可能



有機農家のための不耕起草生栽培

循環の範囲を小さくする

攪乱を最小に

地面を有機物で保護

植物の多様性を増やす

土壌生態系を活かす

ミミズの農業改革



2023年12月初版

2024年3月重版

2024年10月3刷

書評

信濃毎日新聞（2024年1月27日）

読売新聞（2024年1月28日）

日本経済新聞（2024年2月10日）

四国新聞、北國新聞など（配信）

日本農業新聞（2024年3月31日）

「土と健康」（2024年11月）

紹介記事

文藝春秋3月号

聖教新聞（2024年2月15日）

朝日新聞夕刊（2024年2月15日）

