

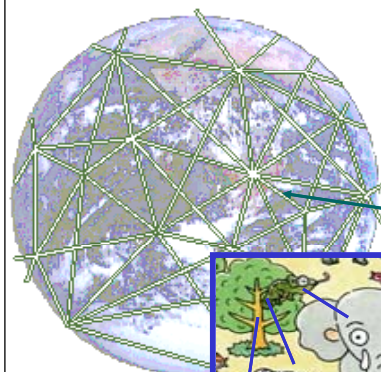
土壌の生物多様性・活性を一括計量する ～IT技術の活用による複雑系へのアプローチ～

(独)農研機構 中央農業総合研究センター
生産支援システム研究チーム
横山和成

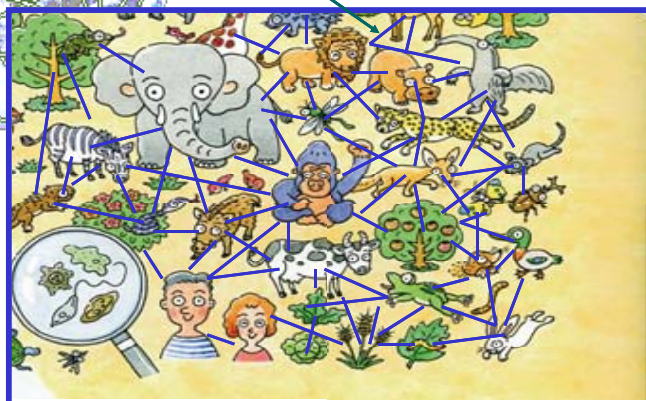
生物多様性研究＝博物学



出展: ワークショップ 21世紀の生物多様性研究 <http://www.event.nig.ac.jp/gbif/bd2006/>



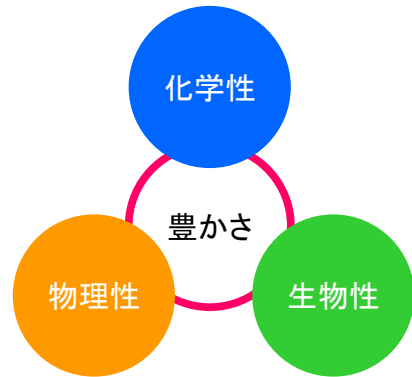
生物多様性研究
＝関係(相互作用)学
相互作用ネットワーク



- 博物学研究
 - － 全生物目録(データベース)構築
 - eDNAプロジェクト
 - － ゲノム研究
 - メタゲノムプロジェクト
 - 関係学研究
 - － 統計物理学研究
 - ネットワークデータベース
 - － 複雑系研究
 - 複雑系制御理論研究
- » 耕地土壌病害抑止力誘導 (農林水産省事業)

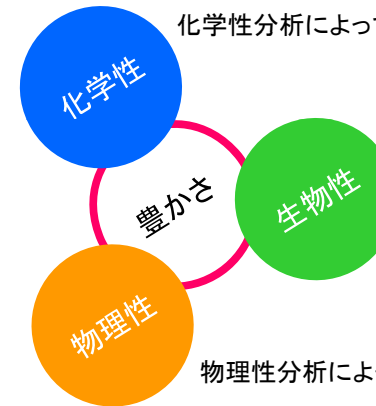
土壌の豊かさを表す3つの視点

- 化学性
 - pH、窒素、リン酸、カリ、ミネラル、腐植など
- 物理性
 - 粒状、堅さ、水はけ、水持ちなど
- 生物性
 - 微生物、小動物など



化学・物理・生物性3つが揃って始めて豊かな土壌といえます。

土壌の生物性評価が可能に！



化学性分析によって調べることができます。

生物性は最近まで殆ど調べることが出来ませんでした。

私たちは、土壌の生物性を、土壌微生物の多様性と有機物分解活性で評価します。

物理性分析によって調べることができます。

大規模野菜産地における連作障害の発生



土壌消毒無しには耕作不能

農薬がかえって病害を増やす



多様性とは？

病害多発土壤



健康な土壤



微生物の種類が少ない



微生物の種類が多い

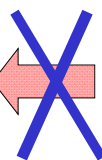
多様性がないと、、、



病原菌

似たものばかりで対応できる者がいない

もししっかり土作りをすれば、

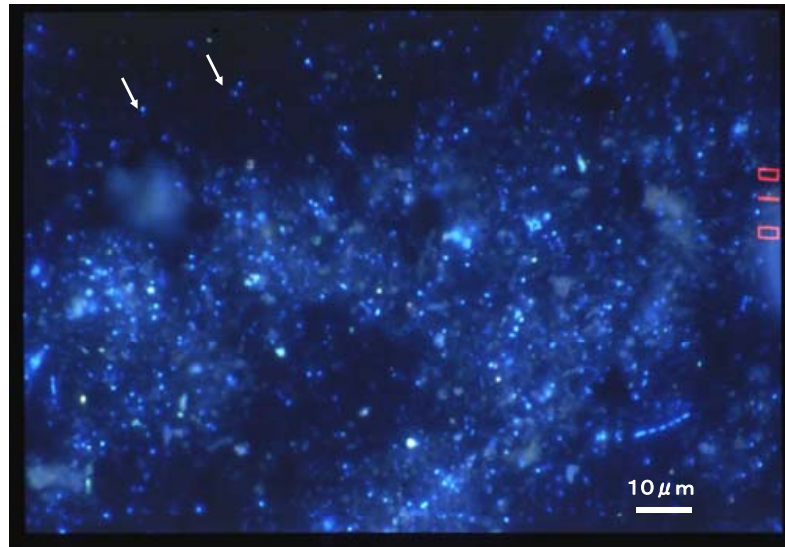


種類が多ければ多いほど、病害
が出にくくなる。多様性が大事。

農薬(薬剤)を使うと



土壌微生物の世界を覗くと？



直径約1 μmの点(矢印)が土壌懸濁液中で遺伝子DNAを持った土壌細菌(土壌1 μg 当たり千個以上)

記述分析主義の破綻

- 要素数の増加は系の取りうる静的状態と動的シナリオを指数倍化する

– 「風桶」のパラドックス

解析的観察数に起きる計算量爆発

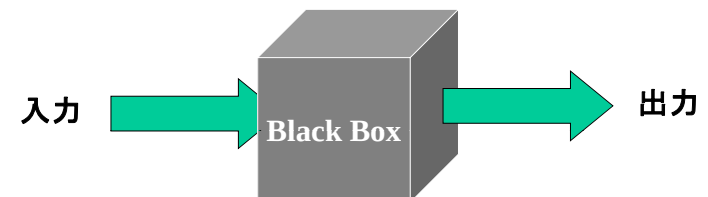
number of element	number of combination	number of interaction
1	2	1
2	4	4
3	8	64
4	16	4,096
5	32	1,048,576
6	64	1,073,741,824
7	128	4,398,046,511,104
n	2^n	$2^{n(n-1)}$

複雑系(Complex System)には
膨大な数の相互作用
の渦が存在する



帰納主義の破綻

- 入力と出力の関係が非線形
 - 非線形相互作用と自己言及性によりカオスが発生＝土壌は複雑系
 - 複雑系は長期予測不可能
 - 結果から原因を単純に帰納不可能
 - 計画制御は不可能



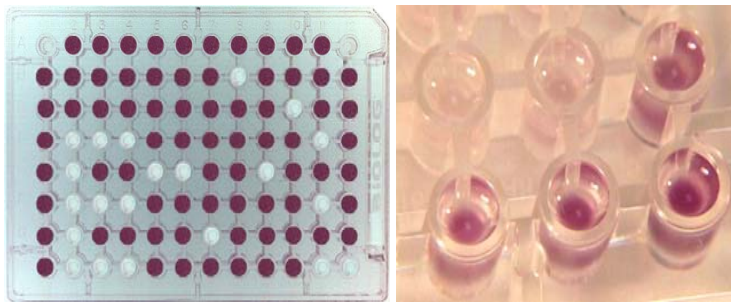
土壌微生物の世界は科学的に 未踏の領域

- 数
 - 土壌1グラム当たり億～兆の数存在。
- 種類
 - 土壌1グラム当たり千種以上、殆どが新種。
- 個々の機能
 - 見える数の百分の一以下しか培養出来ない。
- 群としての機能
 - 組合せの数が多すぎて群として調べられない。

発想の転換：全く新しい分析法 にチャレンジしています

- 従来の科学が問題にしていた、土壌に
「何の種類の微生物」が、「何個居て」、
「何をしているか？」を敢えて問わない！
- 土壌の微生物「群集全体」が、「どれだけ
速く」、「どれだけ多様な有機物を分解でき
るか？」を問う！

Biolog's Technology Platform: Phenotyping Cellular Response



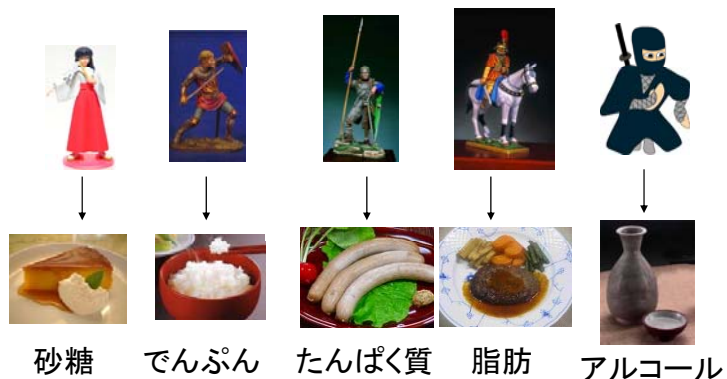
Patterns begin developing in as little as 4 hours

BIOLOG

GN MicroPlate™

A1 water	A2 α-cyclodextrin	A3 dextrin	A4 glycogen	A5 tween 40	A6 tween 80	A7 N-acetyl-D-galactosamine	A8 N-acetyl-D-glucosamine	A9 adonitol	A10 L-arabinose	A11 D-arabitol	A12 cellobiose
B1 D-erythritol	B2 D-fructose	B3 L-fucose	B4 D-galactose	B5 gentiobiose	B6 α-D-glucose	B7 m-inositol	B8 α-D-lactose	B9 lactulose	B10 maltose	B11 D-mannitol	B12 D-mannose
C1 D-melibiose	C2 β-methyl D-glucoside	C3 D-psicose	C4 D-raffinose	C5 D-rhamnose	C6 D-sorbitol	C7 sucrose	C8 D-trehalose	C9 turranose	C10 xylitol	C11 methyl pyruvate	C12 mono-methyl succinate
D1 acetic acid	D2 cis-aconitic acid	D3 citric acid	D4 formic acid	D5 D-galactonic acid lactone	D6 D-gluconic acid	D7 D-gluconic acid	D8 D-glucosaminic acid	D9 D-gluconic acid	D10 α-hydroxybutyric acid	D11 β-hydroxybutyric acid	D12 γ-hydroxybutyric acid
E1 p-hydroxy phenylacetic acid	E2 itaconic acid	E3 α-keto butyric acid	E4 α-keto glutaric acid	E5 α-keto valeric acid	E6 D,L-lactic acid	E7 malonic acid	E8 propionic acid	E9 quinic acid	E10 D-saccharic acid	E11 sebacic acid	E12 succinic acid
F1 bromo succinic acid	F2 succinamic acid	F3 glucuronamide	F4 alaninamide	F5 D-alanine	F6 L-alanine	F7 L-alanyl-glycine	F8 L-asparagine	F9 L-aspartic acid	F10 L-glutamic acid	F11 glycyl-L-aspartic acid	F12 glycyl-L-glutamic acid
G1 L-histidine	G2 hydroxy L-proline	G3 L-leucine	G4 L-ornithine	G5 L-phenylalanine	G6 L-proline	G7 L-pyrogutamic acid	G8 D-serine	G9 L-serine	G10 L-threonine	G11 D,L-carnitine	G12 γ-amino butyric acid
H1 urocanic acid	H2 inosine	H3 uridine	H4 thymidine	H5 phenyl ethylamine	H6 putrescine	H7 2-amino ethanol	H8 2,3-butanediol	H9 glycerol	H10 D,L-α-glycerol phosphate	H11 glucose-1-phosphate	H12 glucose-6-phosphate

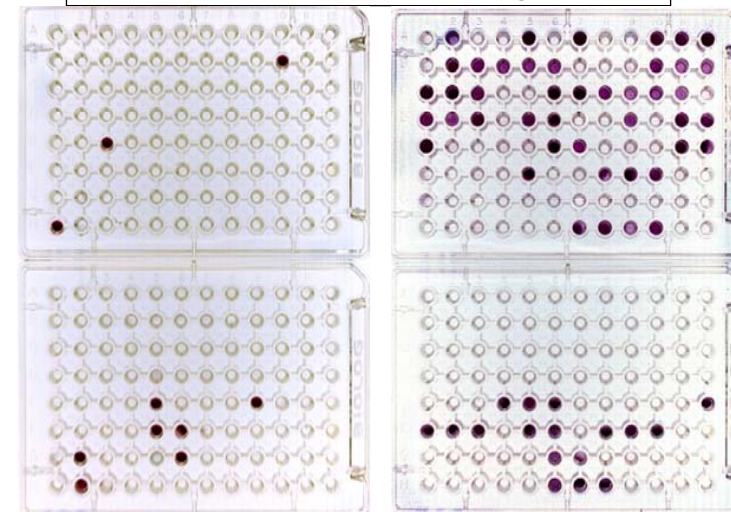
多様性をどうやって測定するのか



それぞれの微生物は好物が異なる。

BIOLOG

Development of the Biolog Microbial Identification System



Biolog MicroStation™

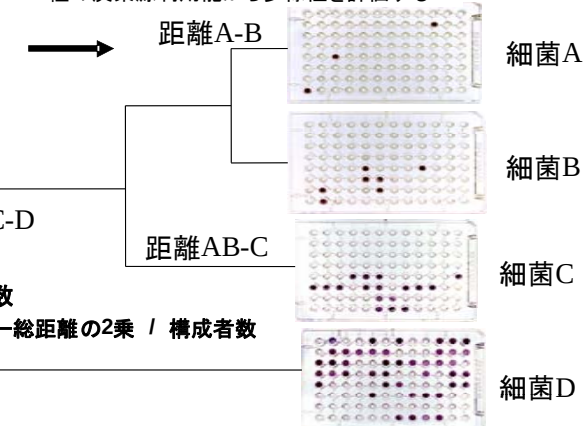


BIOLOG

バイオログプレートによる多様性評価法(横山:1992)

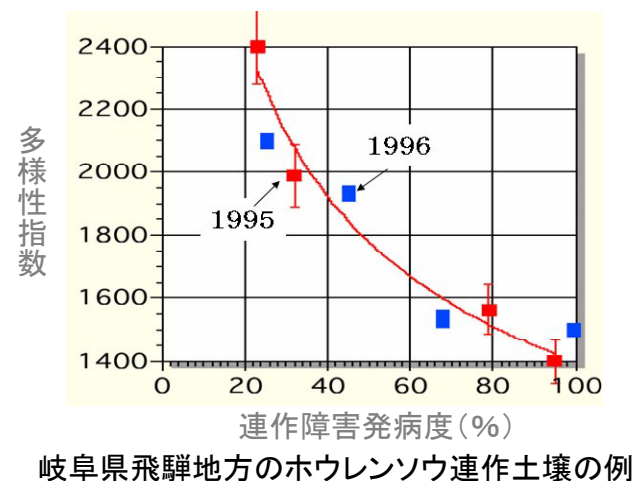


コロニー法
土壌細菌を希釈平板法により単離し、各菌株の
95種の炭素源利用能から多様性を評価する

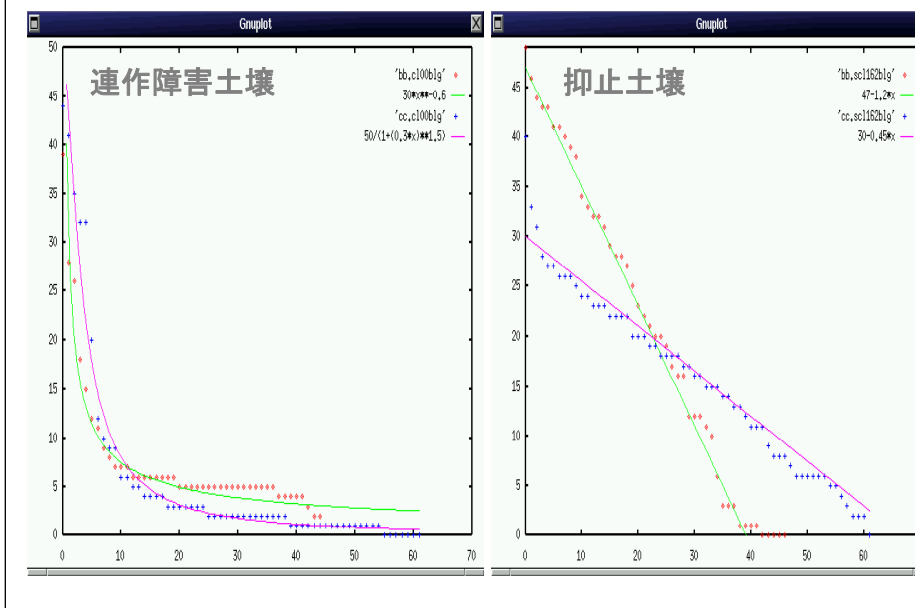


多様性指数
ニクラスター総距離の2乗 / 構成者数

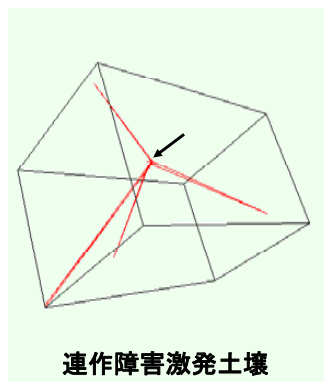
持続的生産が可能な土壌には 多様な微生物が居た



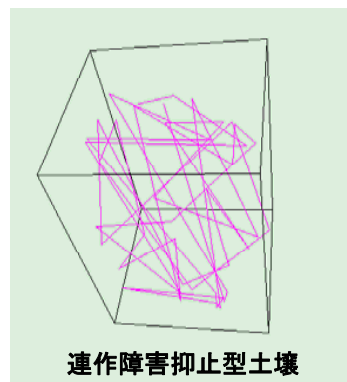
群集構成者の利用炭素源数



それぞれの土壌微生物群集の 有機物分解能を比べてみたら？



殆どの微生物は同じ有機物分解機能をもった中心点(矢印)に集中



同じ有機物分解機能をもった微生物は殆どいないため、均等に分散

岐阜県飛騨地方のハウレンソウ連作土壌の例

より迅速に、簡単に、安価に

- 土壌微生物群集の有機物分解パターンの多様性とスピードからと土壌の生物性を一括して測るシステムを開発しました。
- 土壌の懸濁液が95種類の異なった有機物を如何に偏り無く、如何に早く、如何に旺盛に分解するかを、米国Biolog社のオムニログシステムを用いて測ります。
- 48時間と言う短時間で土壌の生物的豊かさを定量的に測ることが可能です。

土壌懸濁液を用いた多様性評価法(2002年)

<土壌懸濁液法>

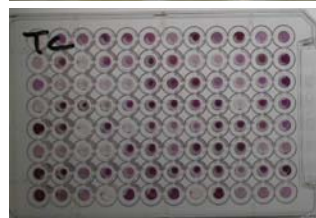
培地上でコロニー形成できない
微生物の炭素源資化能を含む



土壌懸濁液(10000倍希釈)
ろ過(No.2)



プレート4枚に分注



48時間(25℃)後に発色を測定

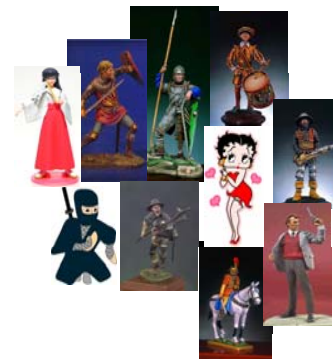
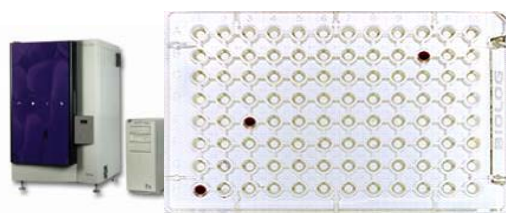
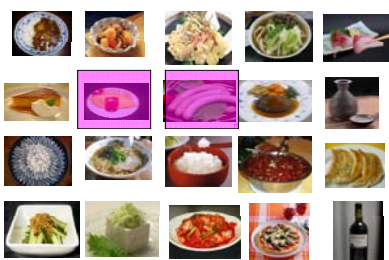
Biolog社製オムニログシステム



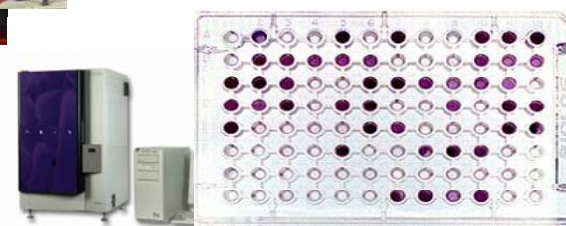
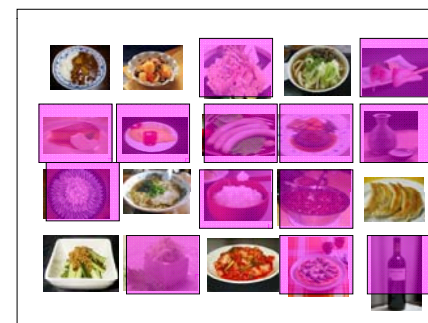
BIOLOG

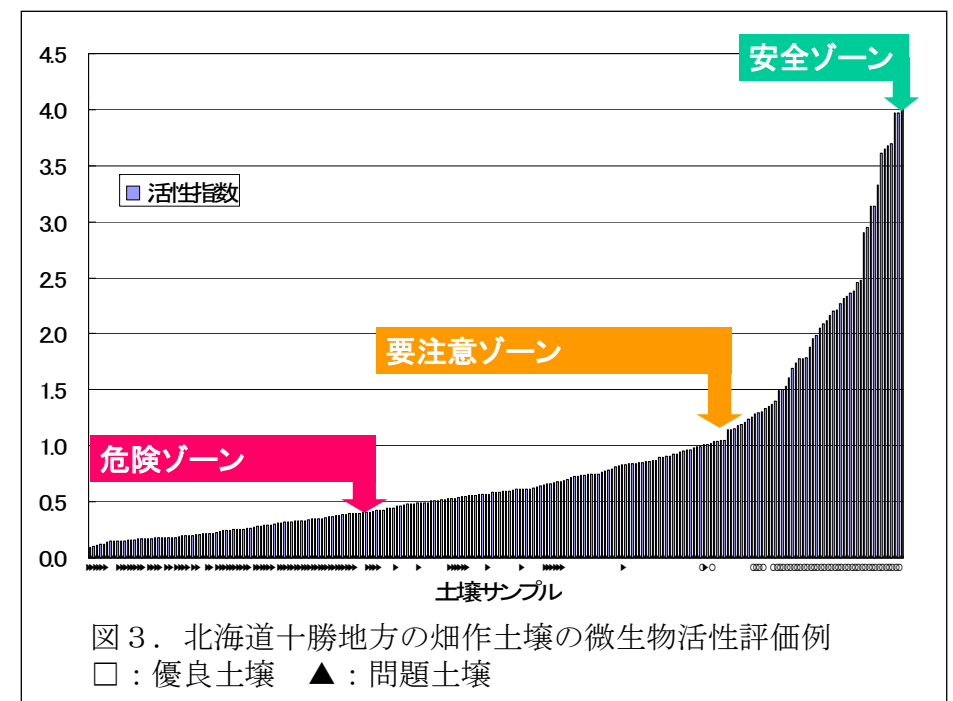
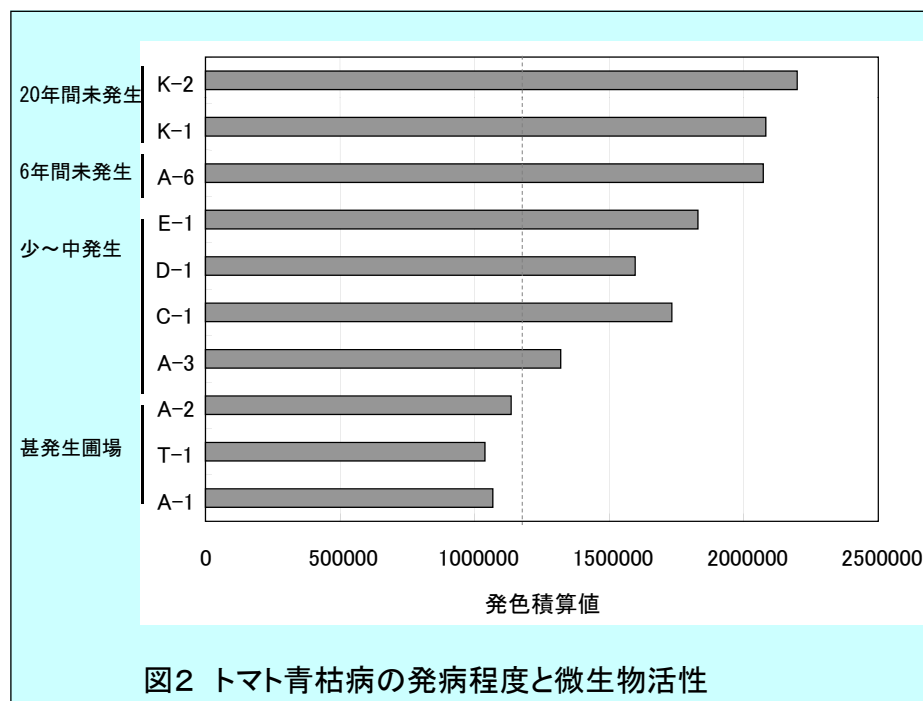
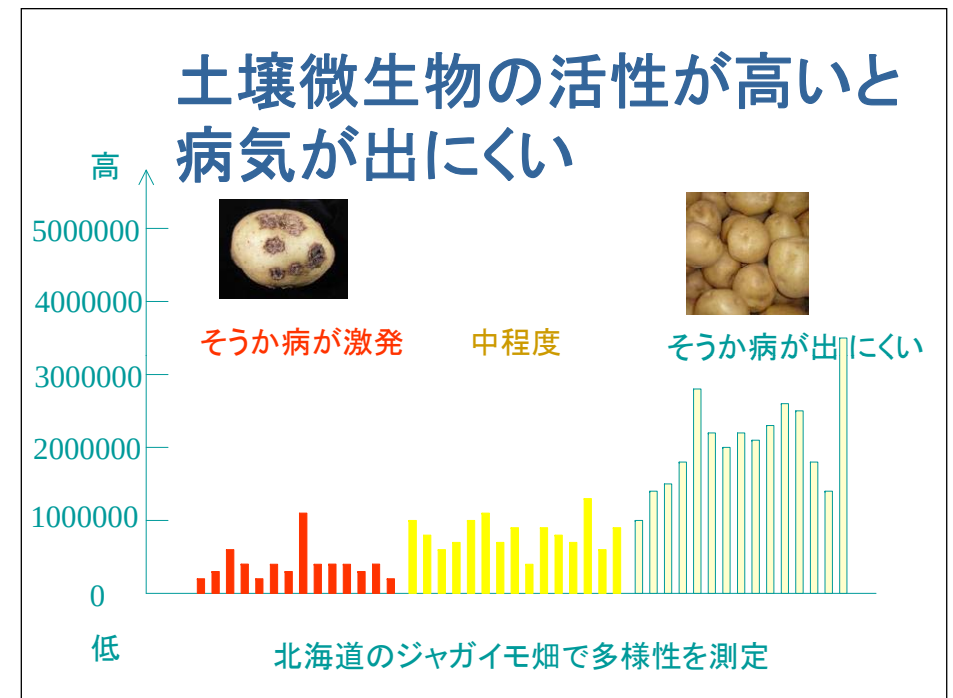
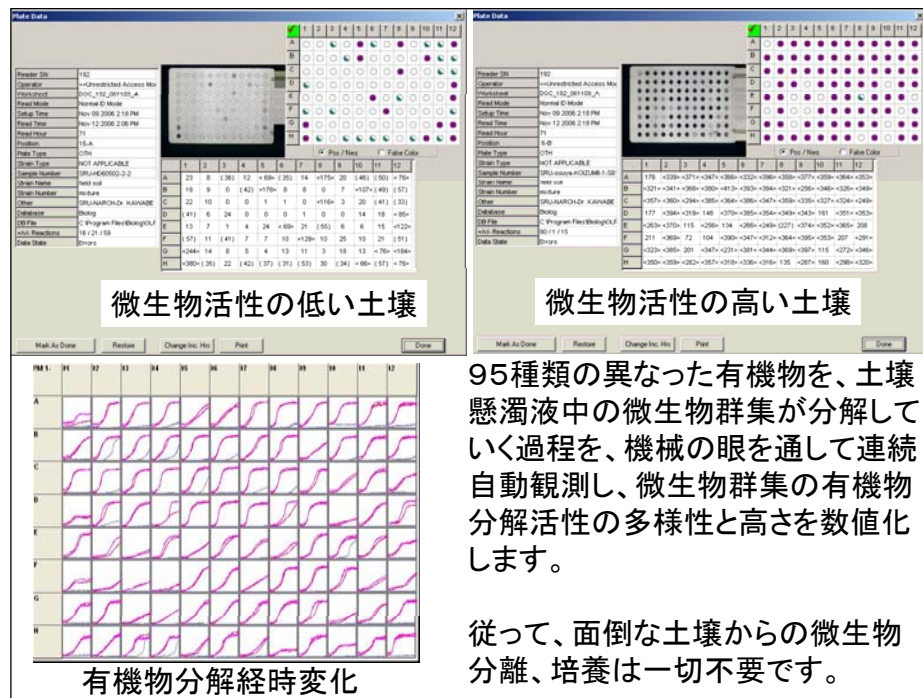


多様性が低いと、食べ
残しが多い。

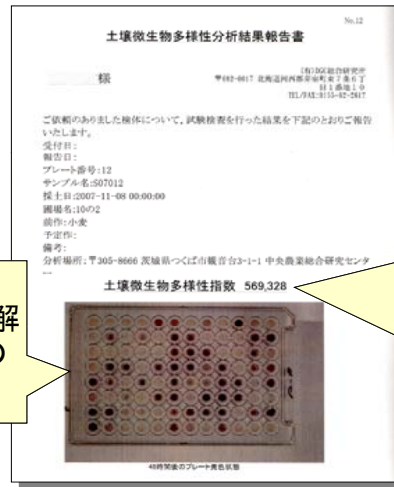


多様性が高いと、
食べ残しが少ない。





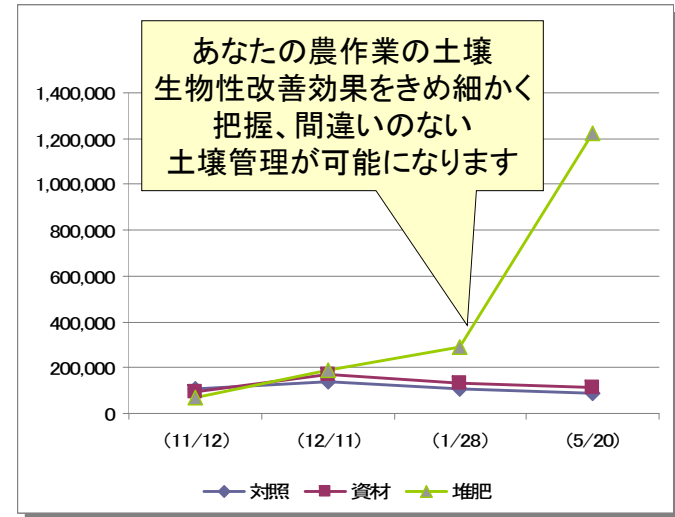
例えば土壌の微生物性評価 結果は？



土壌の
有機物分解
パターン
の特徴解析

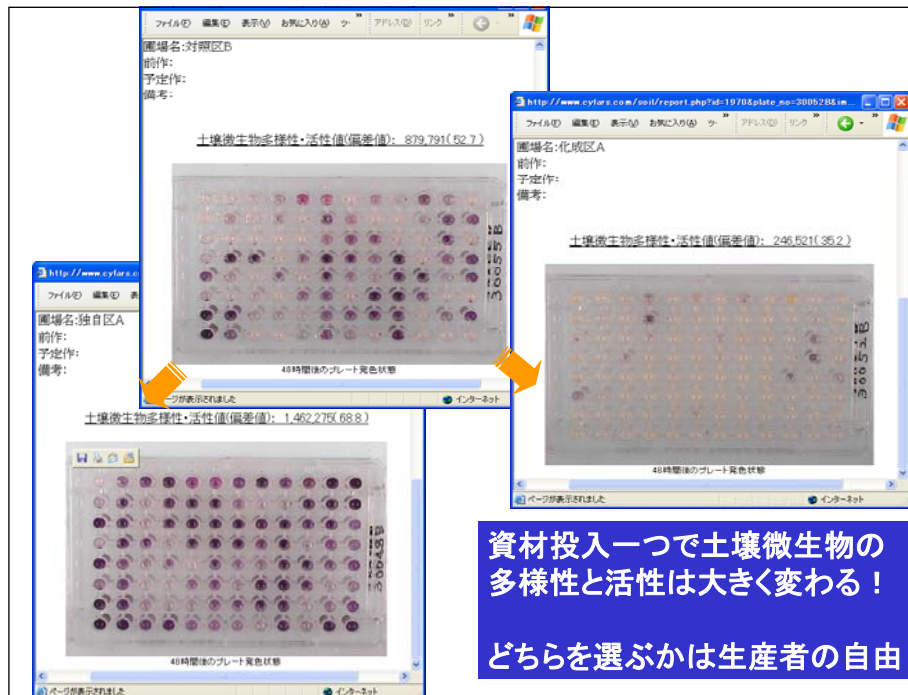
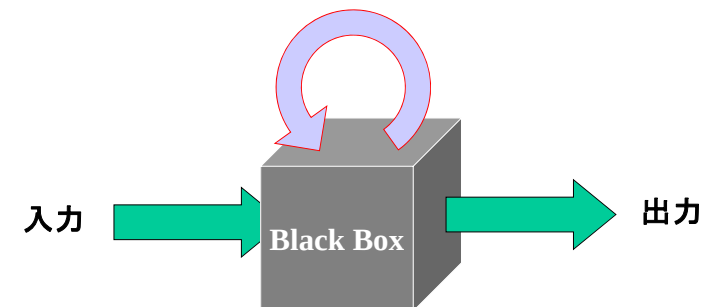
- ・土壌の微生物活性値の意味
- ・全国の土壌の微生物活性値との比較
- ・類似の活性値の土壌の説明
- ・土壌改良へのアドバイス
- ・その他

畑の定期健康診断も可能に！



複雑系の制御は可能

- ・出力・入力の小刻みなフィードバック
 - 系の状態を直接・リアルタイムで知る
 - 馬と手綱の関係(ハーネシング理論)



資材投入一つで土壌微生物の
多様性と活性は大きく変わる！
どちらを選ぶかは生産者の自由

土の活性値を公開して正しい 農業の証を新しい付加価値へ

- 生物性の豊かな土壌は、生産者の弛まぬ努力の証です。
- 農業にとって土壌は生産設備です。活性の高い設備を育てることは、生産工程の正しさ、優秀さの証です。
- 豊かな土は、環境に負荷をかけず持続的生産を可能にする、地球に優しい、環境価値の高い農業の証です。

豊かな土の新指標

SOIL

BIODIVERSITY
PROJECT

微生物多様性に着目した「豊かな土」づくりの推進プロジェクト



共通マークにより
安心のイメージを
醸成



奥久慈土づくり農産物フェア@秋葉原2010/05/25-26

【楽天市場】土づくりからこだわった減農薬減化学肥料の特別栽培米を産地から仕入れ。食味値最上級「特A」でとにかくうまい☆1.9mm以...

ファイル(E) 編集(E) 表示(V) お気に入り(A) ツール(T) ヘルプ(H) アドレス(D) リンク HotMailの無料サービス

土づくりからこだわった減農薬減化学肥料の特別栽培米を産地から仕入れ。食味値最上級「特A」でとにかくうまい☆1.9mm以上の大粒で食べ応え抜群！
【送料無料】精米して！産地直接仕入★日本一美味しいコシヒカリ奥久慈産(2kg)食味検査で新潟県魚沼産をぬきました！【smtb-T】

商品番号 kome2kg
 当店通常価格1,900円(税込)
価格1,500円(税込1,575円)送料込

▼下記商品リストからご希望の商品をお選びください。
 精米日
 6/17 6/24 7/1 7/8 7/15 7/22 7/29
 × × × ○ ○ ○ ○
 ×...売り切れ
 美味しさアピールされますか？
 個数

【楽天市場】土づくりからこだわった減農薬減化学肥料の特別栽培米を産地から仕入れ。食味値最上級「特A」でとにかくうまい☆1.9mm以...

ファイル(E) 編集(E) 表示(V) お気に入り(A) ツール(T) ヘルプ(H) アドレス(D) リンク HotMailの無料サービス

レビューを書く

ブランド名	奥久慈の恵 うまっかっぺ
産地	茨城県北西部、久慈川水系「奥久慈」
内容量	2kg
精米日	お選び下さい
商品説明	★産地からの直接仕入れで新鮮なままお届け！収穫後、低温貯蔵庫で徹底管理されたものを、発送直前に精米してお届けします。保存状態がよいのでおいしさが劣化していません。 ★化学分析による徹底した品質管理と食味値による等級分けをしています。食味値「特A」85以上！ ★網目1.9mmのふるいで選別し大粒米だけをお届けします。 ★地元産の良質堆肥を使用した「減農薬」「減化学肥料」の特別栽培米です。 ★豊かな土の証であるSoilマーク対象商品です。 ★おいしさには自信があります！ご購入後、商品レビューでおいさをアピールしてください。お客様には「送料無料」でご奉仕。 ★直接仕入れの関係上、他の商品とは同梱できません。 ★精米したてをお届けするため、お届け期間は精米日から1～10日かかります。お急ぎの場合は在庫をお問い合わせ下さい。

インターネット

伊勢丹：伊勢丹ホームページ [www.isetan.co.jp] - Microsoft Internet Explorer

ファイル(E) 編集(E) 表示(V) お気に入り(A) ツール(T) ヘルプ(H) アドレス(D) リンク HotMailの無料サービス

ISSETAN
 I ONLINE
 ISETAN ONLINE SHOPPING
 イセタン オンラインショッピング

伊勢丹のお中元
 ISETAN SUMMER GIFT
 「伊勢丹ベストギフト」なら
 全国どこへでも送料無料

▼店舗情報
 新宿店
 立川店
 松戸店
 浦和店
 相模原店
 府中店
 静岡伊勢丹
 新潟伊勢丹
 ジェイアール京都伊勢丹

複雑系は複雑系のみ制御が可能

- ・ 作物はカオスを飼い慣らす
- ・ 農家は作物を飼い慣らす
- ・ 農家をシステムの一部に組み入れた農業研究
 - 農家の研究が先決
 - ・ オンサイト・リアルタイム営農記録データベースの必要性
 - ・ 農家は健康診断のように定期的に土壌診断結果に対応した土作り＝SRU



叡智を共有化

- 2007年10月 共同実験ステーション稼動開始
 - 世界の土壌生物性の共通フォーマットデータベース(マップ)化
 - 時系列データの高度解析システムの共同開発
 - 複雑なデータの直観的解析手法の共同開発



Next Steps

- 積極的な有機(的)農業の提案
- 土壌微生物多様性分析ビジネス
 - オムニログ・ソイルドックセットの処理能力: 200土壌／月・人
 - 土壌多様性地図構築
- GIS地理情報システムとの協働
 - 環境配慮型土地利用計画事業
 - 環境修復事業