

農林技術アカデミー第12回セミナー

—最新技術による土壌微生物の解明と堆肥の基礎—

株式会社ちとせ研究所 三本紘士

2022年1月28日

CHITOSE GROUP



- ✓ 自己紹介
- ✓ 農業領域におけるサステナビリティとは何か
- ✓ 最新の技術革新による土壌微生物の解明
- ✓ 最新の農業領域における微生物利用のトレンド
- ✓ 最新の技術革新によって定義される【目指すべき土づくり】に必要な資材
- ✓ 堆肥化のメカニズムと基礎
- ✓ 中熟堆肥が作物の生育および土壌微生物に及ぼす影響
- ✓ ちとせが開発したChitose Soil Floraについて



株式会社ちとせ研究所

三本 紘士

Project Design Dev. Senior manager

2010年、静岡大学にて修士課程修了後、東京工業大学でバイオマスの循環に関する研究に取り組み、2014年ちとせ研究所に入社、事業開発関連職を担当。専門分野は化学工学、生物工学。バイオマスを起点とした研究開発プロジェクトの立案・プロジェクト運営、バイオマス系廃棄物の有効利用を目的とする研究開発プロジェクトの立案・運営、循環型農業の事業構築。

バイオ領域で約18年研究をおこない、現在はバイオ領域を中心とした事業の立ち上げをおこなっています。

堆肥に関する研究は約14年間おこなっており、現在も引き続き事業化と併せて研究開発をおこなっています。



- ✓ 自己紹介
- ✓ 農業領域におけるサステナビリティとは何か
- ✓ 最新の技術革新による土壌微生物の解明
- ✓ 最新の農業領域における微生物利用のトレンド
- ✓ 最新の技術革新によって定義される【目指すべき土づくり】に必要な資材
- ✓ 堆肥化のメカニズムと基礎
- ✓ 中熟堆肥が作物の生育および土壌微生物に及ぼす影響
- ✓ ちとせが開発したChitose Soil Floraについて

欧米の仕掛ける新たなゲーム（ルール）に参戦せざるを得ない状況になった。

サステナビリティが担保されない製品は売れないという経済活動

ゲームを批判する側に立っても、一人負けするだけ。

ゲーム（ルール）の本質を理解して、勝つしかない。
サステナビリティを担保した製品を作れば良いということですよ？



農業におけるサステナビリティとは何か？

サステナビリティの定義

「サステナビリティ（Sustainability）」とは物事の「持続可能性」、つまり「将来に渡って、機能を失わずに続けていくことができることシステムやプロセス」を指します。

農業領域における持続させるべきこと

農業にとって、持続させるべき対象は収量であると考えます。収量を持続させるための重要な資材は肥料（無機、有機両方）、農薬であり、これらを使用しながら**土壌機能**を維持し続ける必要があります。

土壌機能を維持し続けるためのツールの1つが**堆肥**という位置づけで良い。



日本農業は世界的に競争力がある理由

■ 日本は世界で最も農業生産に必要な【資産】が整っており、競争力が高いと考えています。

	アメリカ	EU	オーストラリア	イスラエル	中国	日本
土壌の生産性	○	○	△	△	○	◎
気象条件	○	○	△	△	○	◎
水資源	○	○	△	△	◎	◎
作物の品種	○	○	△	△	○	◎
農業技術	◎	◎	◎	◎	△	◎
農地面積	◎	◎	◎	×	◎	×

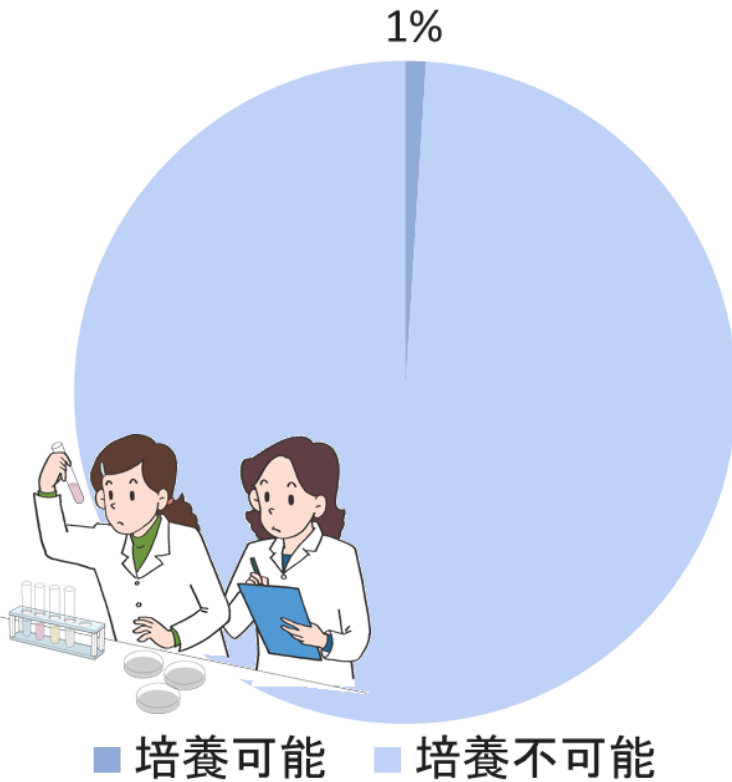


- ✓ 自己紹介
- ✓ 農業領域におけるサステナビリティとは何か
- ✓ 最新の技術革新による土壌微生物の解明
- ✓ 最新の農業領域における微生物利用のトレンド
- ✓ 最新の技術革新によって定義される【目指すべき土づくり】に必要な資材
- ✓ 堆肥化のメカニズムと基礎
- ✓ 中熟堆肥が作物の生育および土壌微生物に及ぼす影響
- ✓ ちとせが開発したChitose Soil Floraについて

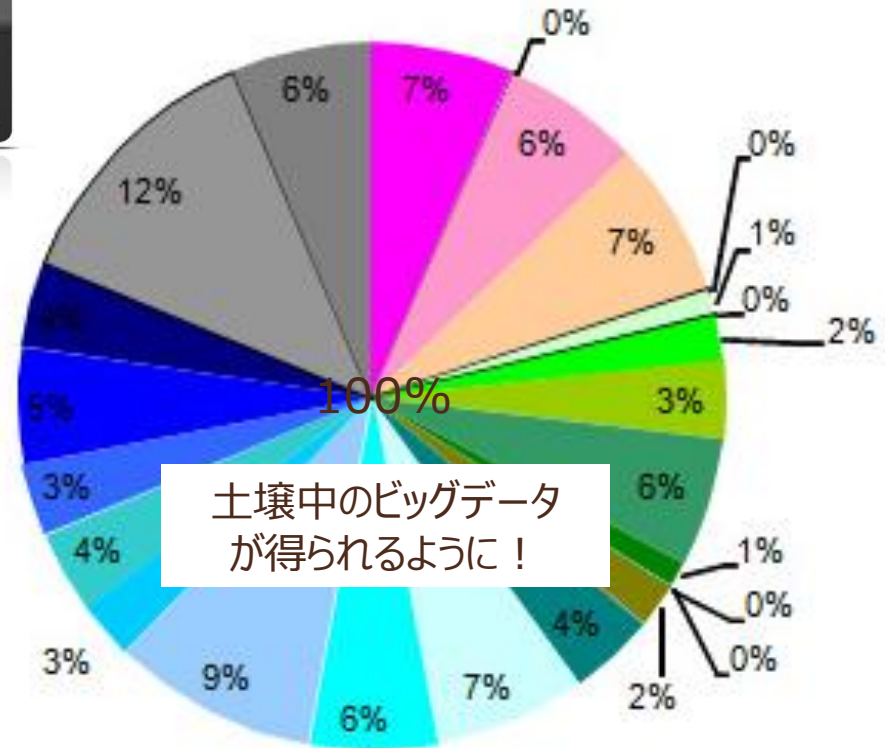
土壌微生物分析技術の革新

- 近年、土壌中に含まれるDNAを回収する技術革新が進み、土壌中に含まれる全ての微生物の情報を収集できるようになりました。この技術確認により、これまで未知の存在だった99%の微生物にアプローチできるようになり、土壌中の微生物菌叢の動きを追えるようになりました。

今までの微生物分析

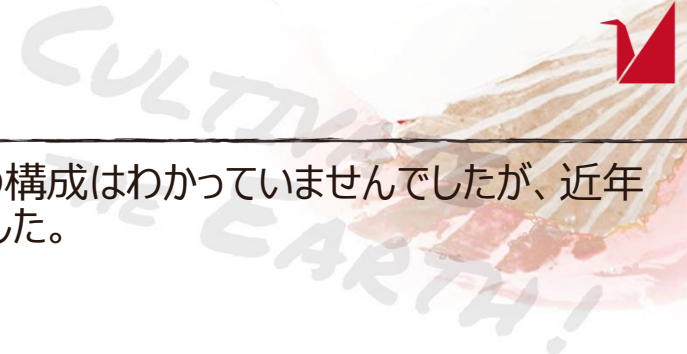


最新の微生物分析



土壌中に含まれる微生物の全てを把握できるようになった。これにより、特定の微生物の限定的な効果よりも微生物が集団としてどう動くのか？を捉えることが重要になった。

土壌中の微生物

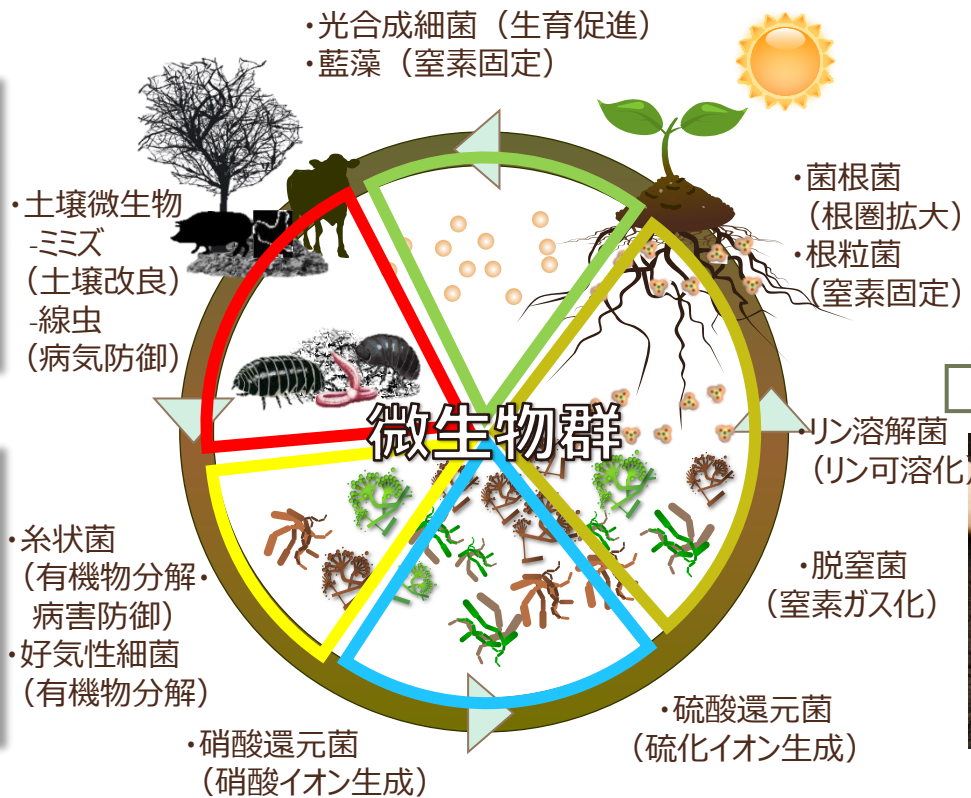


- 土壌とは、無数の微生物からなる生態系の集合です。これまで、この生態系の構成はわかっていませんでしたが、近年のテクノロジーの発展によって、生態系を集団としてみる事が可能となりました。

土壌は生きている



土壌の生態系



土壌と作物の関係

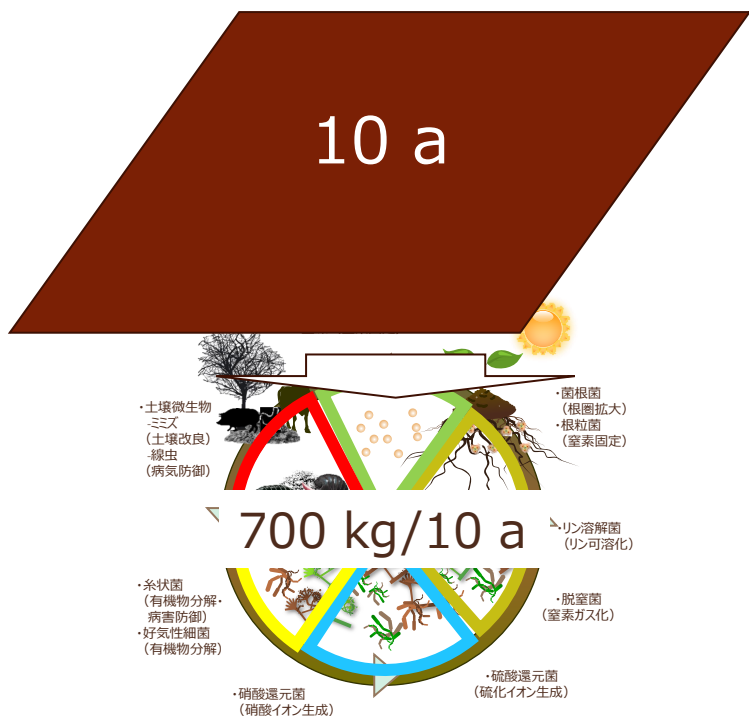




土壌にはどれくらいの微生物が存在しているのか

- 土壌には、一般的に思われているより遥かに多くの微生物が含まれています。
- これらの微生物の割合や活性は、もともとの土地の性質や気候、生産している作物、農地に投入される物質などによって大きく変わります。つまり「土壌づくり」とは、微生物のバランスを適切に維持し続ける努力にほかなりません。

土壌中の微生物量



土壌微生物の種類

種類		大きさ	生体量 (kg/10a)
土壌微生物	細菌 (バクテリア)	2~3 μ程度	40~500
	放線菌	菌糸の太さ0.5~1.0 μ程度	40~500
	糸状菌	菌糸の太さ5~10 μ程度	100~1,500
	藻類	肉眼では確認できないもの~数mm程度	1~50
土壌動物	線虫	0.2~2.0 mm程度	1~15
	ミミズ	0.2~数cm程度	10~150

根近傍の土壌の重量の20%は微生物であるといわれています



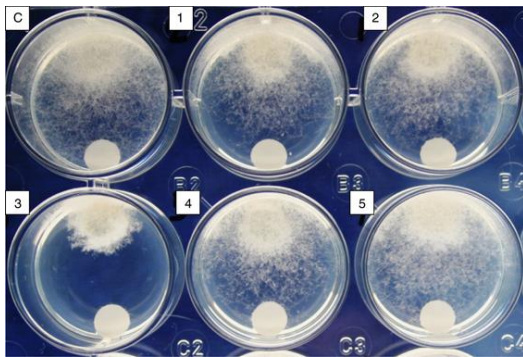
- ✓ 自己紹介
- ✓ 農業領域におけるサステナビリティとは何か
- ✓ 最新の技術革新による土壌微生物の解明
- ✓ 最新の農業領域における微生物利用のトレンド
- ✓ 最新の技術革新によって定義される【目指すべき土づくり】に必要な資材
- ✓ 堆肥化のメカニズムと基礎
- ✓ 中熟堆肥が作物の生育および土壌微生物に及ぼす影響
- ✓ ちとせが開発したChitose Soil Floraについて

世界的な微生物利用の研究



■ 近年、世界各国で微生物農薬（資材）の開発が進められており、様々な微生物の利用が検討されています。

Pseudomonas sp.

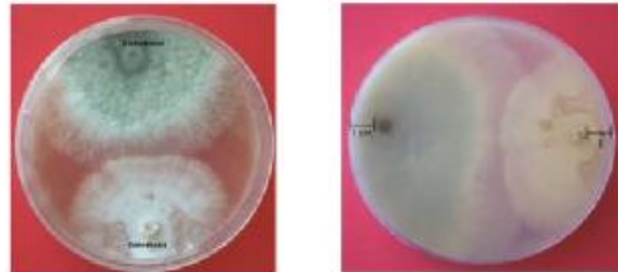


Paolina Garbeva et. al. 2011
Transcriptional and antagonistic responses of *Pseudomonas fluorescens* Pf0-1 to phylogenetically different bacterial competitors



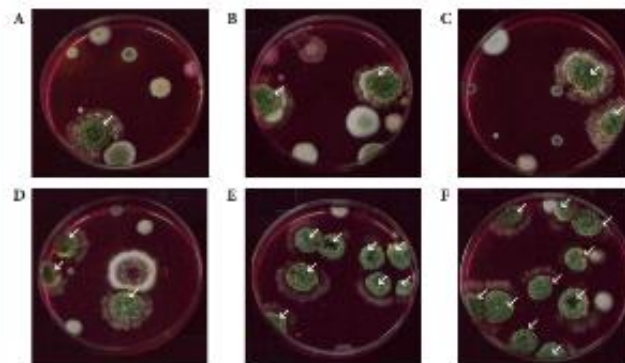
Nakasaki et. al.
Coprinellus curtus (Hitoyo-take) prevents diseases of vegetables caused by pathogenic fungi.

Trichoderma sp.



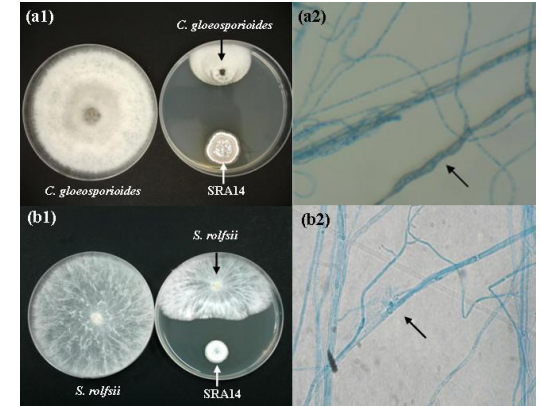
Laila Naher et. al. 2014
In vitro and In vivo Biocontrol Performance of *T. harzianum* Rifai on *G. boninense* Pat. Related to Pathogenicity on Oil Palm.

Trichoderma harzianum



Mohd Zainudin Nur Ain Izzati and Faridah ABDULLAH 2008
Disease Suppression in Ganoderma-infected Oil Palm Seedlings Treated with *Trichoderma harzianum*

Streptomyces sp.



Benjaphorn Prapagdee et. al. 2008
Antifungal Potential of Extracellular Metabolites Produced by *Streptomyces hygroscopicus* against Phytopathogenic Fungi





- ✓ 自己紹介
- ✓ 農業領域におけるサステナビリティとは何か
- ✓ 最新の技術革新による土壌微生物の解明
- ✓ 最新の農業領域における微生物利用のトレンド
- ✓ 最新の技術革新によって定義される【目指すべき土づくり】に必要な資材
- ✓ 堆肥化のメカニズムと基礎
- ✓ 中熟堆肥が作物の生育および土壌微生物に及ぼす影響
- ✓ ちとせが開発したChitose Soil Floraについて

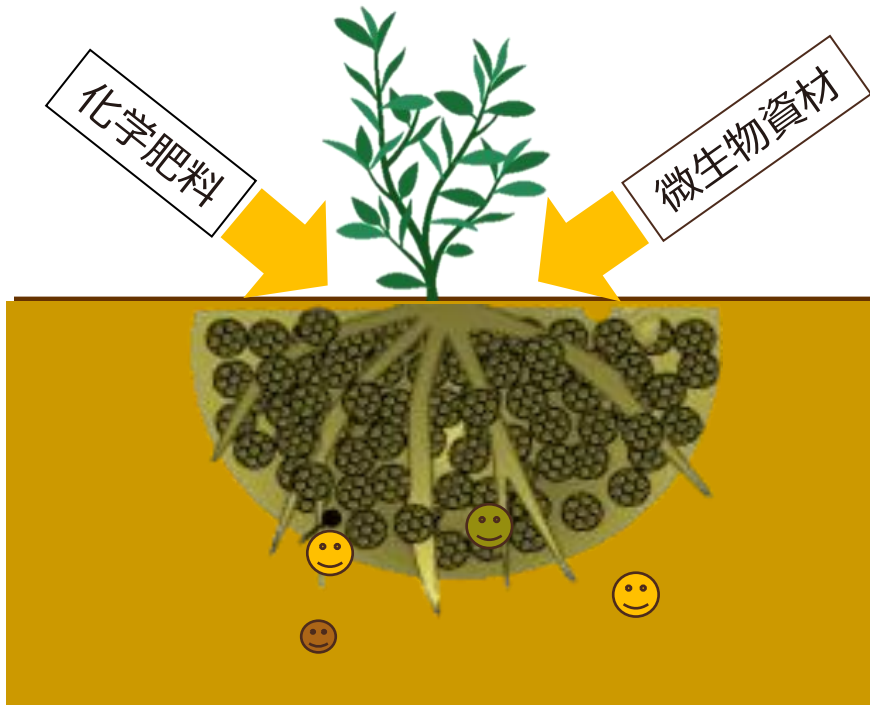


目指すべき土づくり

- 最新の微生物解析技術によって、【良い土壌】の定義ができるようになりました。
- 良い土壌を作る上で最も重要なのは、土壌中に存在している微生物の【栄養源：繊維質】を供給してあげることです。

微生物資材を用いた土づくり

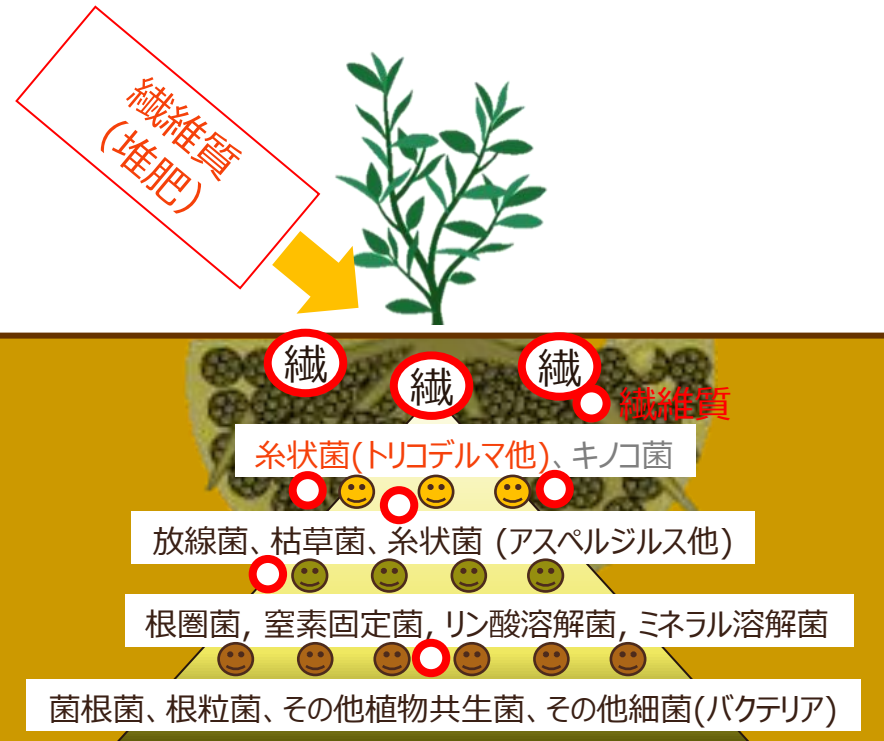
微生物生態系が形成されない。



- ・栄養源となる繊維質の不足
- ・微生物生態系の偏り
- ・単粒化した土壌（物理性の悪化）

目指すべき土づくり

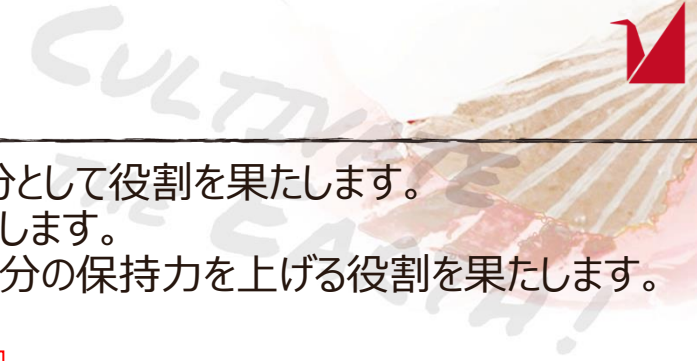
裾野の広い微生物生態系が形成される。



- ・栄養源となる**繊維質**の供給
- ・微生物生態系の健全化
- ・団粒構造の回復（物理性の改善）



- ✓ 自己紹介
- ✓ 農業領域におけるサステナビリティとは何か
- ✓ 最新の技術革新による土壌微生物の解明
- ✓ 最新の農業領域における微生物利用のトレンド
- ✓ 最新の技術革新によって定義される【目指すべき土づくり】に必要な資材
- ✓ 堆肥化のメカニズムと基礎
- ✓ 中熟堆肥が作物の生育および土壌微生物に及ぼす影響
- ✓ ちとせが開発したChitose Soil Floraについて



堆肥の機能（役割）

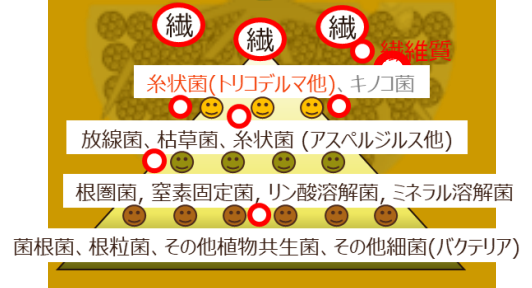
- 役割①堆肥中に含まれる窒素、リン酸、カリは作物の生育に必要な肥料成分として役割を果たします。
- 役割②堆肥中に含まれる繊維質は土壌中の微生物の栄養源の役割を果たします。
- 役割③堆肥中のリグニン（腐食）は土壌の物理性（ふかふかに）と肥料成分の保持力を上げる役割を果たします。
- それ以外の機能は期待しないでください。 今日のトピックス

役割①肥料の役割

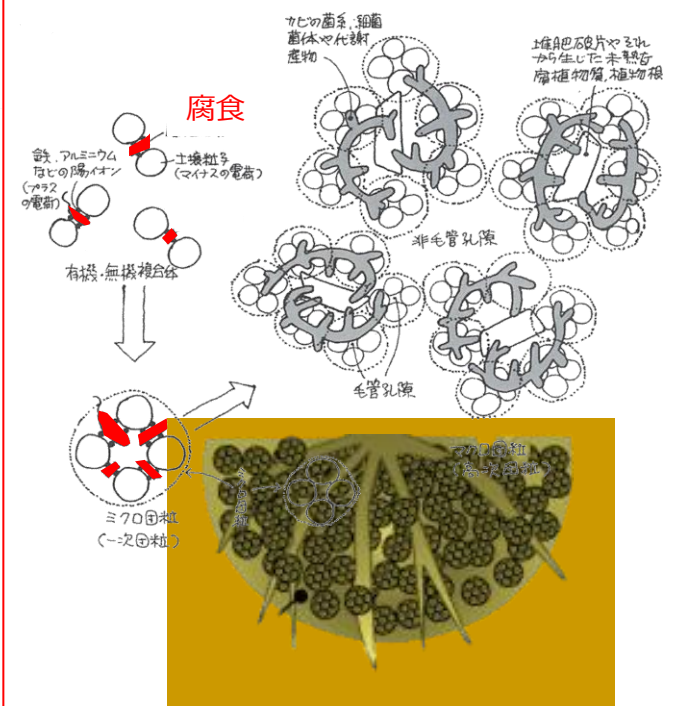


窒素 リン酸 カリ

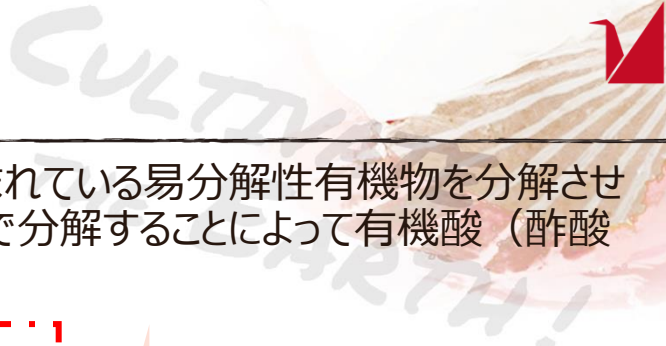
役割②土壌微生物の栄養源の役割



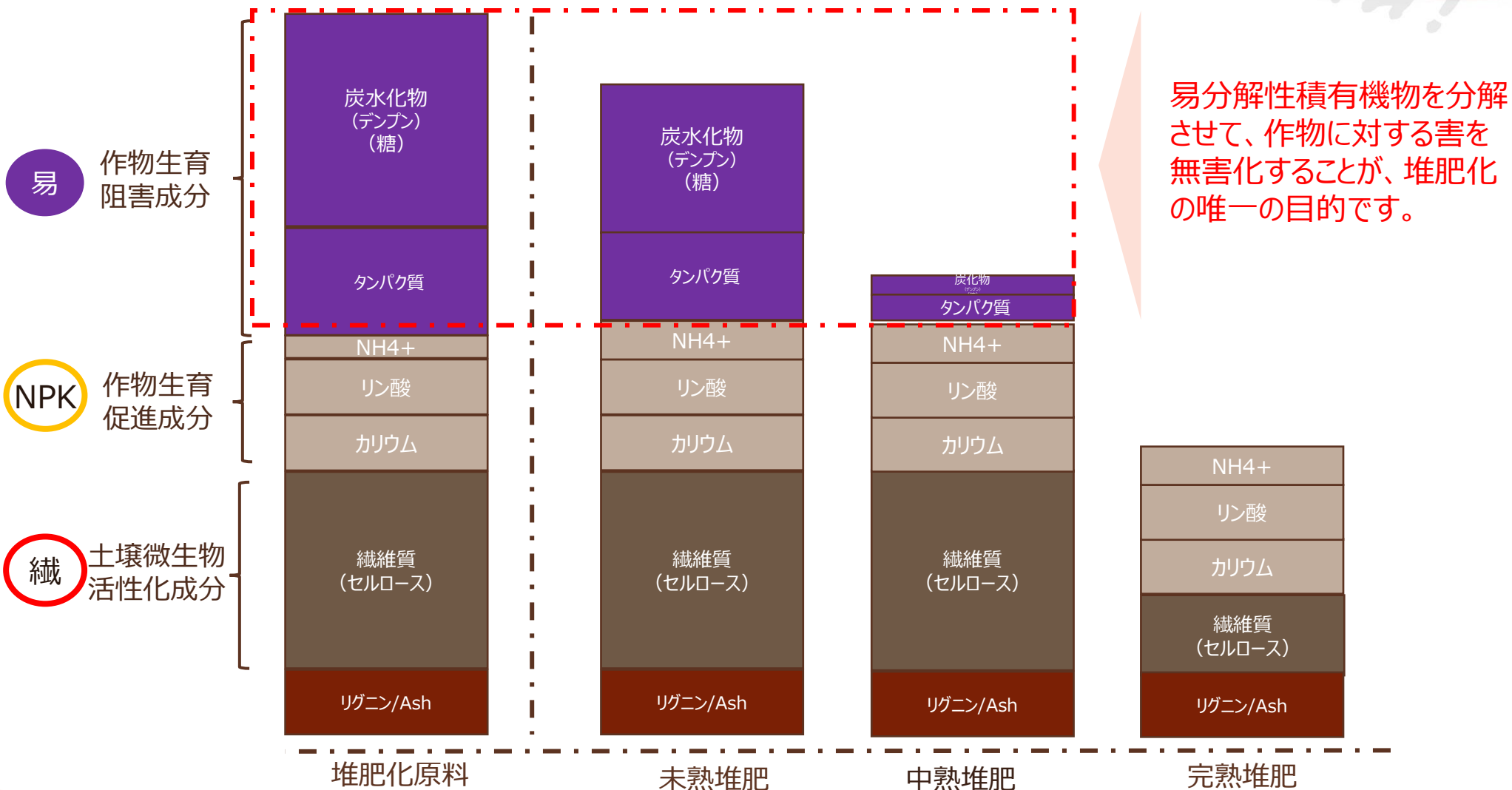
役割③物理性/化学性改良の役割



堆肥化のメカニズム



- 堆肥化とは、堆肥化原料（畜産系廃棄物、都市ごみ、下水汚泥等）に含まれている易分解性有機物を分解させるためのプロセスです。未分解の易分解性有機物が含まれる堆肥は、土壤中で分解することによって有機酸（酢酸等）やアンモニアガスが生成し、作物の根に悪影響を及ぼします。





参考) 堆肥中の各成分

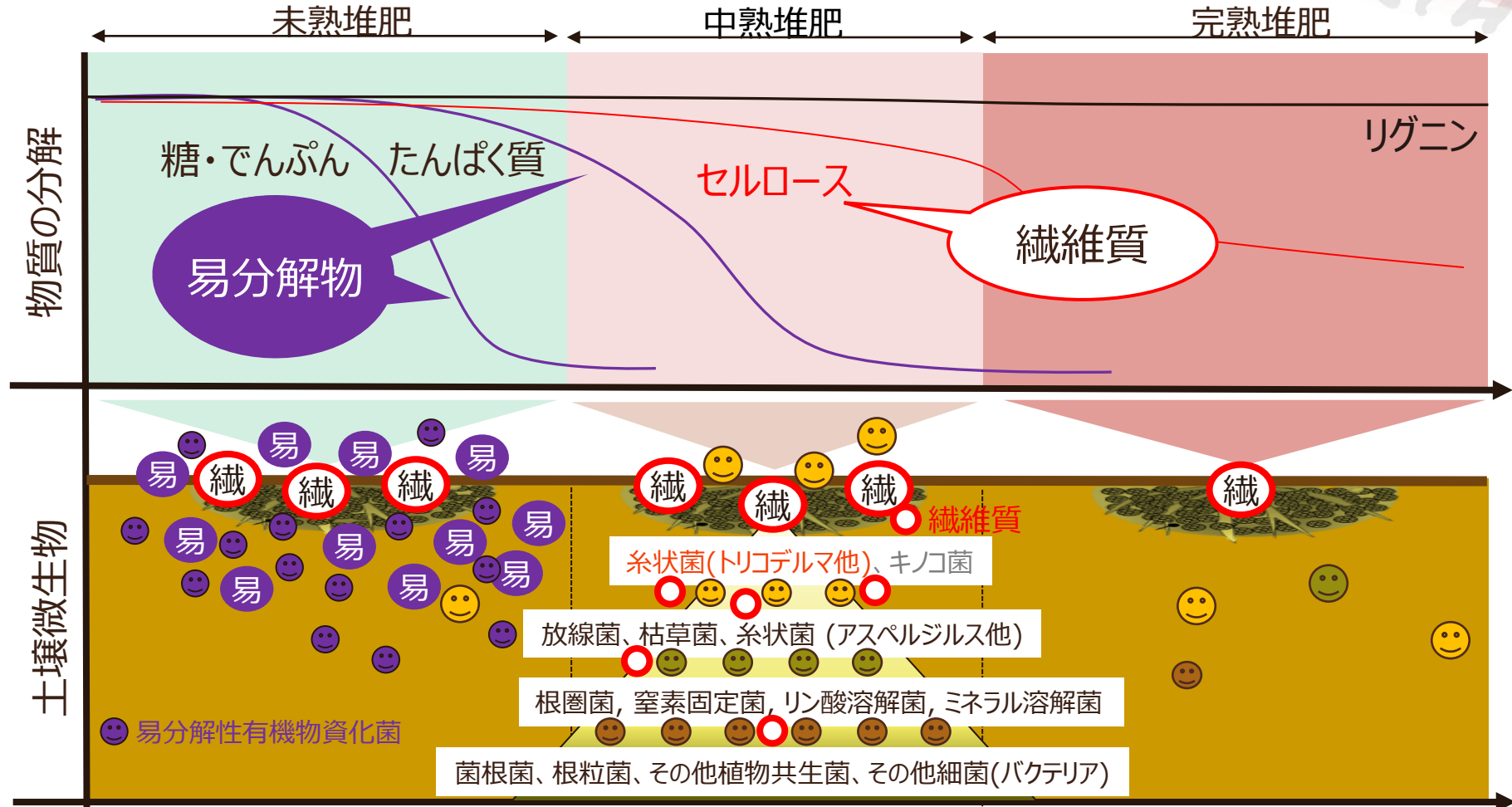
■ 堆肥中の各成分は堆肥化原料に完全に依存します。

<p>菌のイサとなる 繊維質の量</p> <p style="text-align: right;">(織)</p>	<p>ホロセルロース含有量 10%以上</p>
<p>易分解物の残存量 (腐熟度)</p> <p style="text-align: right;">(易)</p>	<p>易分解性有機物の分解率 40~60%以内</p>
<p>全チツソ</p>	<p>乳用牛 : 2.2%以上 肉用牛 : 2.2%以上 豚 : 3.5%以上 採卵鶏 : 2.9%以上 ブロイラ : 3.8%以上</p>
<p>全リン</p>	<p>乳用牛 : 1.8%以上 肉用牛 : 2.5%以上 豚 : 5.6%以上 採卵鶏 : 6.2%以上 ブロイラ : 4.2%以上</p>
<p>全カリウム</p>	<p>乳用牛 : 2.8%以上 肉用牛 : 2.7%以上 豚 : 2.7%以上 採卵鶏 : 3.6%以上 ブロイラ : 3.6%以上</p>



堆肥の腐熟度と土壤微生物の関係

- 土壤微生物にとって『都合』の良い堆肥とは、土壤微生物の栄養源（エサ）となる繊維質を多く含むものになります
- 従来から良いと言われてきた完熟堆肥は、土壤微生物の栄養源である繊維質まで分解してしまっています。
- また、堆肥化を過剰に促進することは肥料成分（特に窒素）を失うことになります。



易分解物を好む菌が優勢になり、重要な繊維分解菌が劣勢になる。食物連鎖が形成される。 繊維分解菌を頂点とする裾野の広い 食物連鎖が形成されない。 エサが不足することによって十分な



堆肥製造を高速化するために必要な6つのファクター

- 堆肥化プロセスを最適かつ高速化するために必要なファクターはたったの下記の6つです。
- この6つのファクターは微生物反応が基になっており、機械的な物理反応だけでは達成できません。

1. 原料混合率	2. 含水率	3. pH	4. 嵩密度	5. 通気流量	6. 攪拌頻度
含水率、通気性を至適範囲に収めるために原料混合率を調整する。 (初期含水率、EC、pHが混合比率によって決まります)	堆肥化の至適含水率範囲は40～65%です。この範囲に含水率を調整する必要があります。	堆肥化の至適pH範囲は6.5～8.5です。この範囲にpHを調整する必要があります。 (特に初期段階)	堆肥化の至適嵩密度は0.55 ton/m ³ 以下です。この範囲に通気流量を調整する必要があります。 (特に初期段階)	有機物分解に適した通気流量に調整する必要があります。 (特に初期段階)	堆肥化に必要な攪拌頻度は3～7日毎に1回です。この範囲で攪拌をおこなう必要があります。 (特に初期段階)
重要度 ◎	重要度 ◎ (原料混合比率で決まる)	重要度 ○ (原料混合比率で決まる)	重要度 ◎ (原料混合比率で決まる)	重要度 ◎	重要度 ○

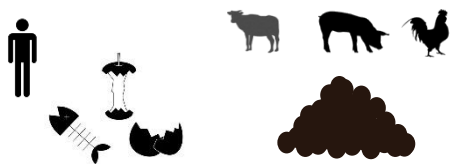
上記の6つのファクターは微生物反応が基になっており、非常に重要です。

つまり、機械的な物理反応だけでは堆肥化を高速化することは到底できません。

現在の堆肥製造を支える【都合】

- 都合①有用な堆肥化原料を廃棄物とみなし、自分の敷地内から追い出したいという『都合』が優先されています。
- 都合②良質な堆肥が作れず、売れないので、やむ負えず長期間の堆肥化をせざる負えないという『都合』が堆肥製造者にはあります。

堆肥原料の供給者



- 本来有用な堆肥化原料を厄介なゴミとして扱い、プラスチックごみのようなものまで混合されている。
- しかも、自分の敷地外に出すことだけに意識が置かれており、堆肥化原料として非常に使いにくい状態となっている。

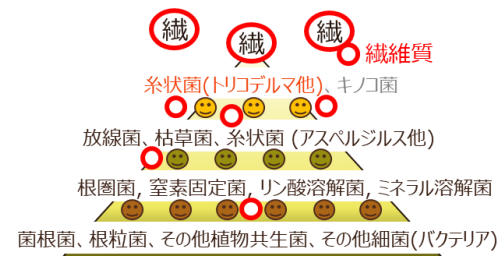
堆肥製造者



- 堆肥原料の供給者による、混合物の取り扱いに苦慮している。
- 良質な堆肥を作るために必要な原料の調達や、混合比率を守ることができない。

(堆肥化条件を最適化できない)
(良質堆肥を作りたくても作れない)

栽培農家 (土壌微生物)

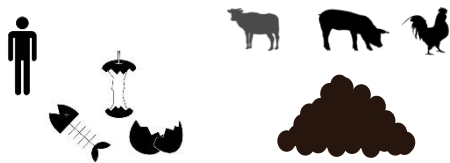


- 雑草の種子やプラスチックが混入している質の悪い堆肥しか手に入らない。
- 土づくりに適した堆肥が手に入らない。

堆肥製造のあるべき姿

- 土壌微生物にとって『都合』の良い堆肥をつくる仕組みにする必要があります。
- すなわち、栽培農家（事業者）から堆肥のスペックを要求するのが、あるべき姿だと考えます。

堆肥原料の供給者



- 堆肥化原料は、厄介な廃棄物ではなく、土壌微生物にとって『都合』の良い、重要な資源であるという認識を持つ。
(原料が有用資源であると意識する)

皆様のご協力が必要です。

堆肥製造者



- 土壌微生物にとって『都合』の良い堆肥づくりをおこなう。
- 良い堆肥づくりに必要な原料を積極的に要求する。
(堆肥原料の供給者の都合によって持ち込まれる原料に厳しい目を)

微生物、土壌の専門家として積極的に堆肥製造に関与できる。

栽培農家 (土壌微生物)



- 土壌微生物にとって『都合』の良い堆肥を要求する。
- 良い土づくりを支える堆肥には対価を負担する。
(堆肥は安ければ良いという考え方を捨てましょう。)

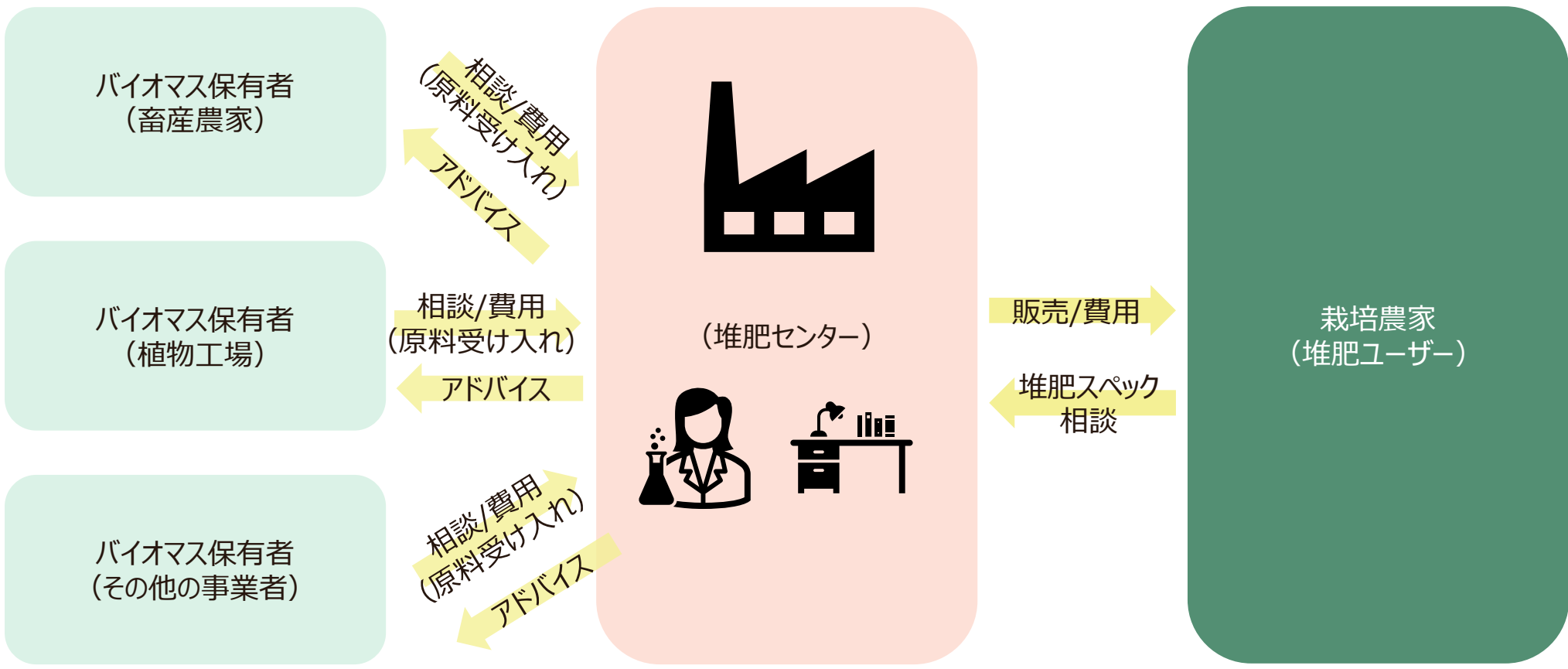
微生物、土壌の専門家として積極的に土づくりに関与できる。

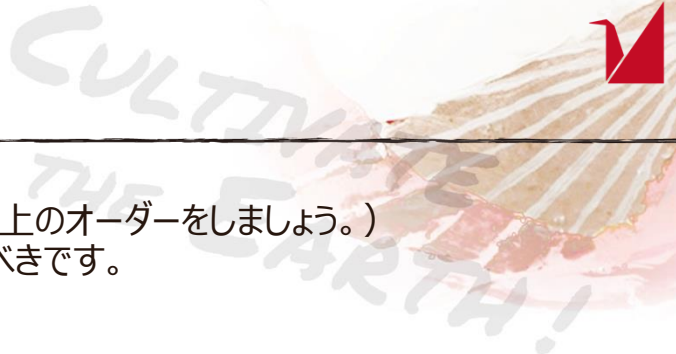




地域の堆肥センターに【欲しい堆肥】をオーダーしましょう

■ 堆肥センターに積極的欲しい堆肥をオーダーすることによって、高品質な堆肥が作れる体制が作れます。





堆肥をどうやってオーダーするのか？

- 下記のような具体的な数字をもって、オーダーしてみてください。
(極少量の堆肥生産は堆肥生産側に過度な負荷が掛かるため、ある一定量（20ton）以上のオーダーをしましょう。)
- 堆肥は作りは熟練の技術が必要であり、【タダ】ではありません。適正な価格で取引されるべきです。

原料	腐熟度	繊維質の含有量	pH・EC	肥料成分
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 牛糞 ◆ 馬糞 ◆ 鶏糞 ◆ 豚糞 ◆ 廃菌床 ◆ 農業残渣 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 腐熟度 40%～100% 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 繊維質の含有量 10%～50% 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ pH 8.0～9.0 ◆ EC 2～5 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ N:2% ◆ P:2% ◆ K:2% (例えば)

沢山の組み合わせがありますが、数字でオーダーすることで、次年度以降の重要な栽培データ（経験）を積み上げることが可能になります。



- ✓ 自己紹介
- ✓ 農業領域におけるサステナビリティとは何か
- ✓ 最新の技術革新による土壌微生物の解明
- ✓ 最新の農業領域における微生物利用のトレンド
- ✓ 最新の技術革新によって定義される【目指すべき土づくり】に必要な資材
- ✓ 堆肥化のメカニズムと基礎
- ✓ 中熟堆肥が作物の生育および土壌微生物に及ぼす影響
- ✓ ちとせが開発したChitose Soil Floraについて



CULTIVATE
THE EARTH!

データは割愛させていただきます。



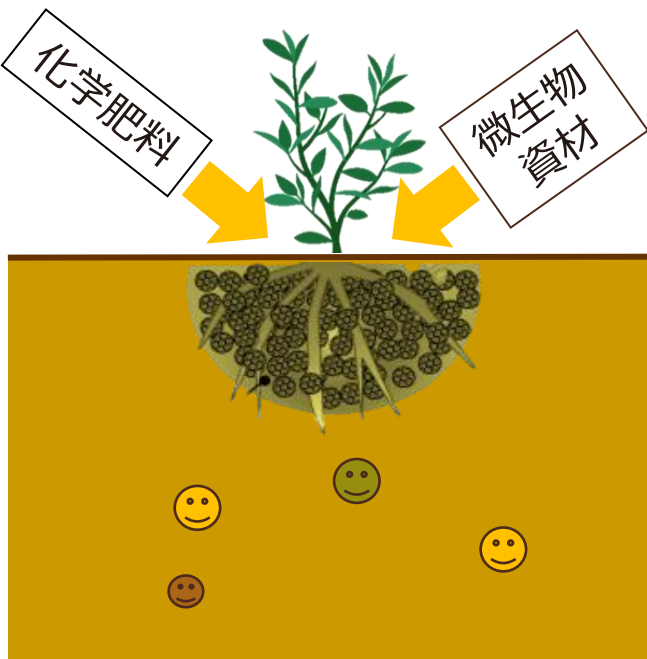
- ✓ 自己紹介
- ✓ 農業領域におけるサステナビリティとは何か
- ✓ 最新の技術革新による土壌微生物の解明
- ✓ 最新の農業領域における微生物利用のトレンド
- ✓ 最新の技術革新によって定義される【目指すべき土づくり】に必要な資材
- ✓ 堆肥化のメカニズムと基礎
- ✓ 中熟堆肥が作物の生育および土壌微生物に及ぼす影響
- ✓ ちとせが開発したChitose Soil Floraについて

Chitose Soil Floraについて

- Chitose Soil Floreは土壤微生物ピラミッドを早く形成し、裾野の広い微生物生態系を形成させます。

微生物資材を用いた土づくり

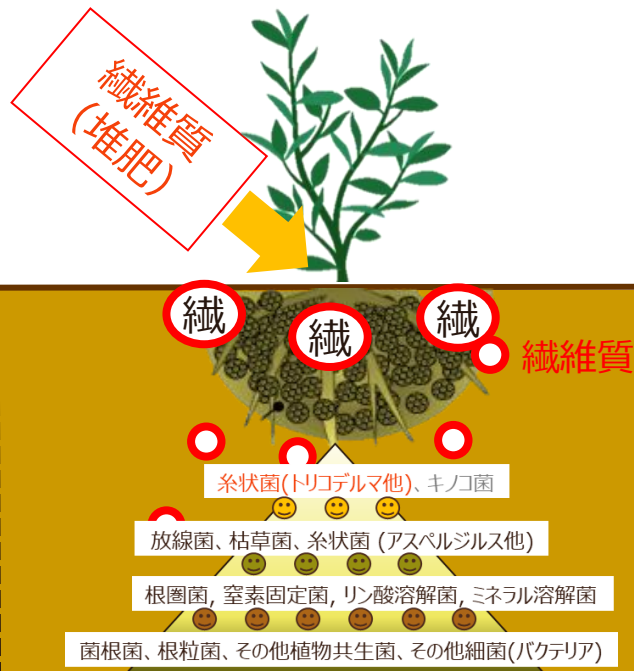
微生物生態系が形成されない。



- ・栄養源となる繊維質の不足
- ・微生物生態系の偏り
- ・単粒化した土壌（物理性の悪化）

目指すべき土づくり

裾野の広い微生物生態系が形成される。



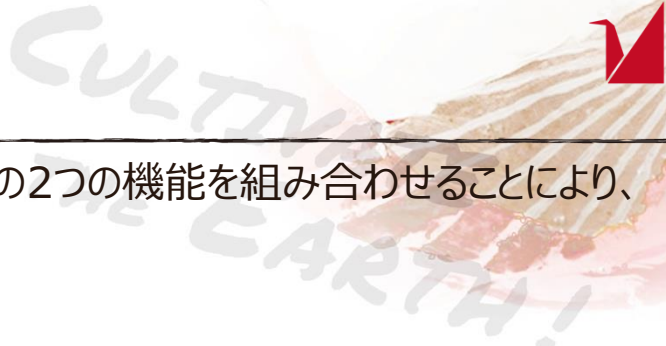
- ・栄養源となる**繊維質**の供給
- ・微生物生態系の健全化
- ・団粒構造の回復（物理性の改善）

さらに目指すべき土づくり

微生物ピラミッドが早く形成される
裾野の広い微生物生態系が形成される。

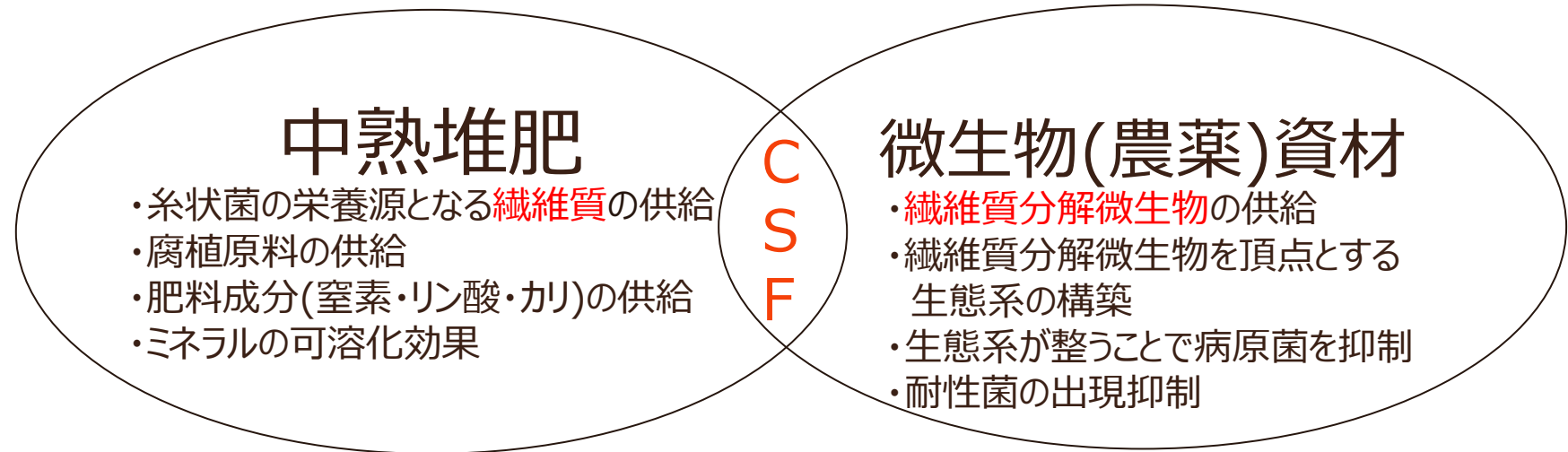


- ・栄養源となる**繊維質**の供給
- ・土壤微生物の頂点となる**微生物**の供給
- ・微生物生態系の健全化
- ・団粒構造の回復（物理性の改善）



Chitose Soil Floraの位置づけ

- CSFは「コンポスト」と「微生物資材」の双方の利点を1つに合せた資材です。この2つの機能を組み合わせることにより、土壤環境を総合的に改善し、病害の発生を抑制します。



一般的なコンポストの課題

- ・土壤微生物が少ない
- ・製造時間がかかる
- ・製品が安定しない

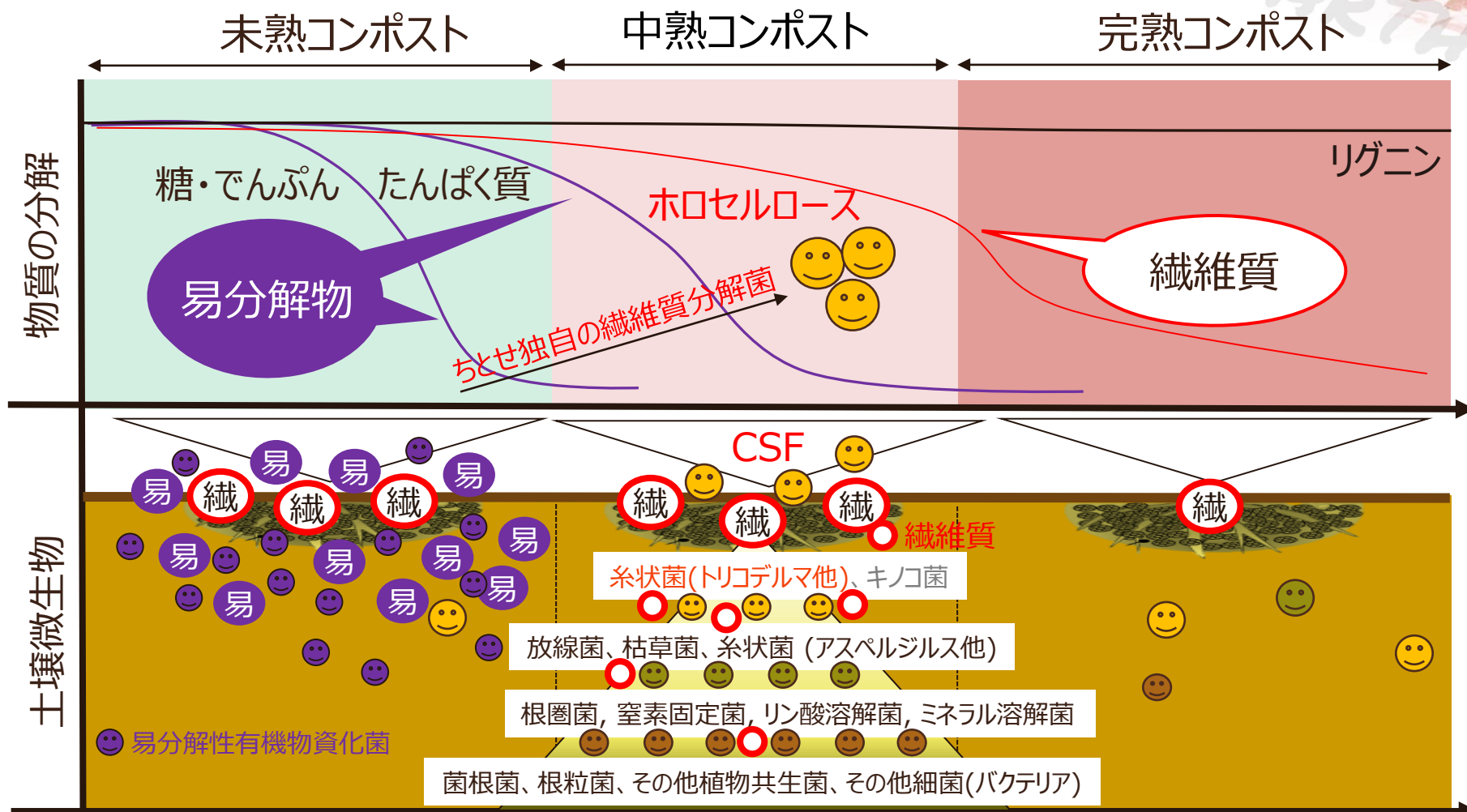
一般的な微生物資材の課題

- ・価格が高い
- ・微生物が土壤中で定着しない
- ・科学的裏付けが乏しい

CSFは「コンポスト」と「微生物資材」の双方の利点を1つに合せた資材です。この2つの機能を組み合わせることにより、土壤微生物プラミッドを構築し、さらに病害の発生を抑制します。

Chitose Soil Floraの製造イメージ

- Chitose Soil Floraは繊維質を豊富に含む中熟堆肥を製造し、その堆肥の中で、とちとせ独自の繊維質分解菌を増殖させることによって製造します。



易分解物を好む菌が優勢になり、重要な繊維分解菌が劣勢になる。食物連鎖が形成される。

繊維分解菌を頂点とする裾野の広い食物連鎖が形成される。

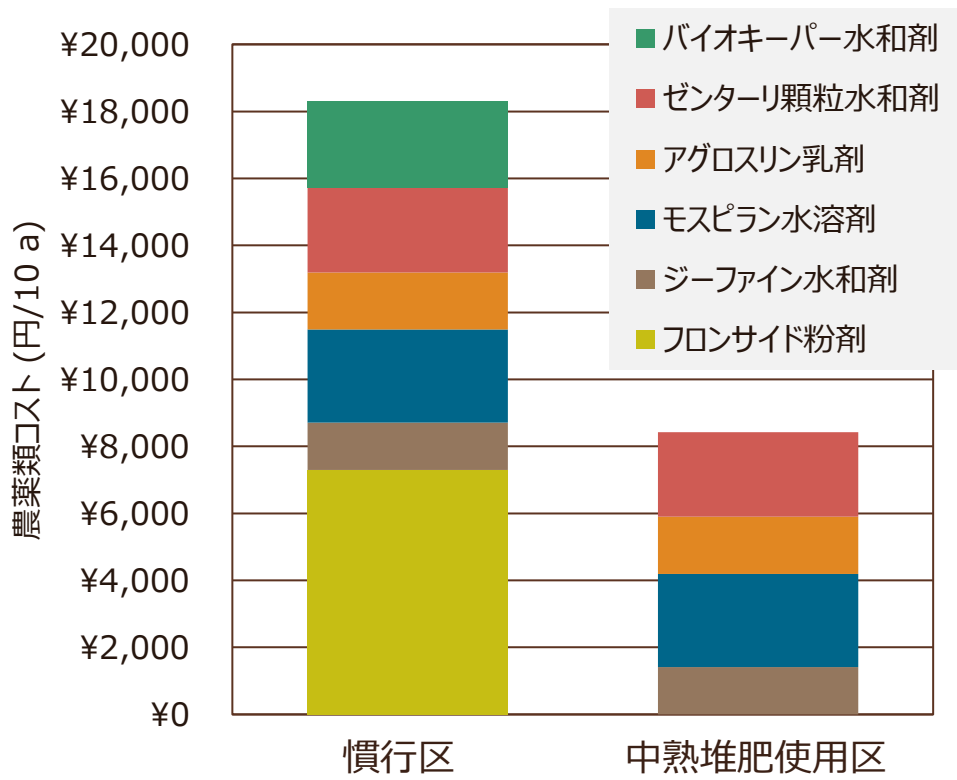
エサが不足することによって十分な食物連鎖が形成されない。



経済性 (チンゲン菜栽培)

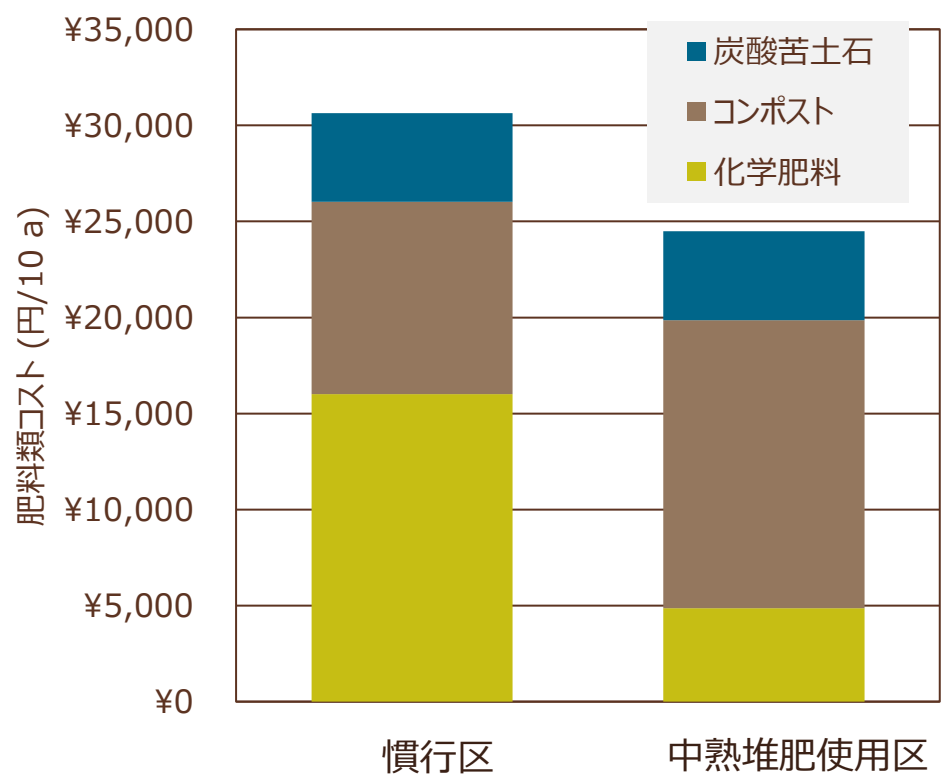
■ チンゲン菜の栽培を想定した場合、土壌殺菌剤コストと肥料削減効果があり、1作当たり約16,000円の栽培コストを削減することが可能となります。

農薬類コスト削減効果



農薬類コスト削減金額 = 9,872円/10a/作

肥料類コスト削減効果



肥料類コスト削減金額 = 6,149円/10a/作
(N:P:K=2:4:2で計算)

終わり

ご清聴ありがとうございました。