

土を見直して秀品率を上げる



秀品率の高い土では、作物の根量が多いことから、土壌改良の目標は作物の発根しやすい土を目指すことにする  
**発根量を多くすることで様々な要素をバランス良く吸収する**

# 基肥設計で成果の出る肥料の組み合わせ



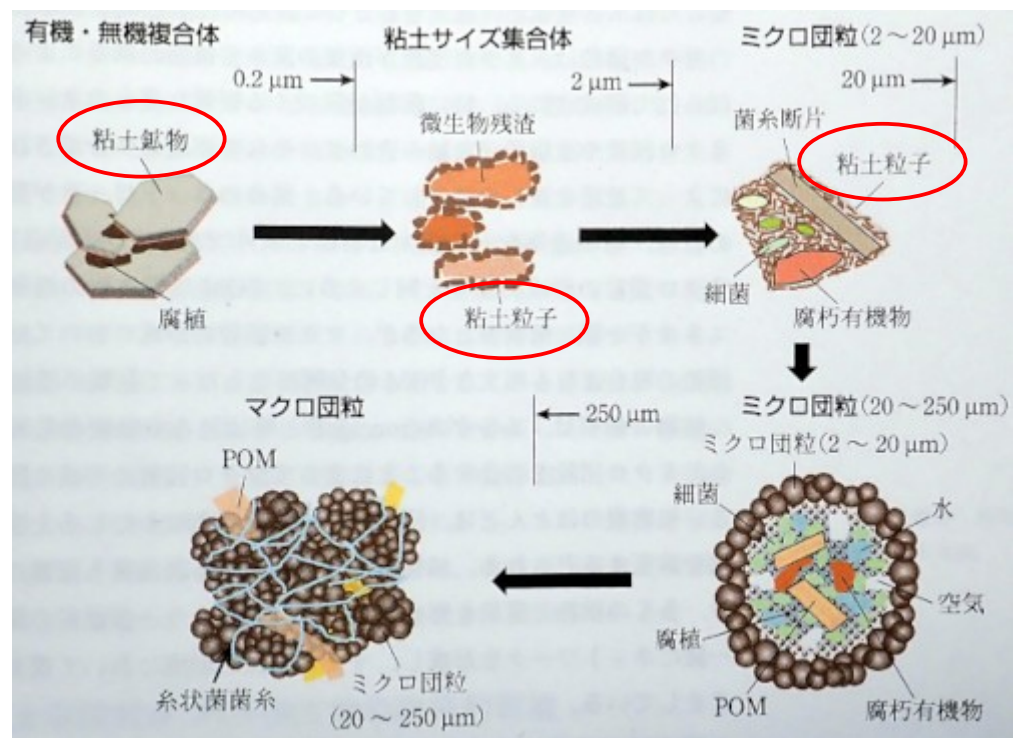
粘土鉱物 + 腐植 + く溶性苦土(水マグ等) +  $\alpha$  で基肥設計  
根の張りを良くし、土自体の保肥力も増やし、肥料の効率を高める  
ミネラルを適切に吸収できる環境を用意し、秀品率を高めつつ、  
農薬散布の回数を削減する

# 粘土であればどれでも良いか？



うちの畑は粘土質だから粘土鉱物は要らないは注意  
機能性の低い粘土鉱物の可能性大  
※カオリナイトやイライト等の粘土が堆積している

# 土について



※南澤究等 エッセンシャル 土壤微生物学 作物生産のための基礎 講談社 55ページ

土は粘土鉱物を囲うように有機物が集まって形成されると考えられている

# 土について



腐植質の肥料と併用すると粘土鉱物が腐植等を吸着しながらコロイド化し、後にフカフカの土壌粒子となる

# 物理性の向上 粘土鉱物とは？

表Ⅱ-25 土壤中の主要粘土鉱物の性状（三枝）

	鉱物名	化学組成	CEC meq/100g	形態	比表面積 m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>
1:1型	カオリナイト	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	2~10	板~薄板状	10~55
	加水ハロイサイト	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	5~40	中空管状、球状	60~1100
	ハロイサイト	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	5~15	中空管状	60~1100
2:1型	モンモリロナイト	M <sup>1</sup> <sub>0.33</sub> Si <sub>4</sub> (Mg <sub>0.33</sub> Al <sub>1.67</sub> ) O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> nH <sub>2</sub> O	60~100	薄膜状	770
	バーミキュライト	M <sup>1</sup> <sub>0.86</sub> (Al <sub>0.86</sub> Si <sub>3.14</sub> )Al <sub>2</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> nH <sub>2</sub> O	100~150	板~薄板状	770
	イライト	K(AlSi <sub>3</sub> )Al <sub>2</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	10~15	板~薄板状	10~55
2:1:1型	クロライト	(Mg <sub>5</sub> Al)(AlSi <sub>5</sub> )O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>	2~10	板~薄板状	10~55
準晶質	イモゴライト	(OH) <sub>6</sub> Al <sub>4</sub> O <sub>6</sub> Si <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	20~30	繊維(中空管)状	1025
非晶質	アロフェン	1~2SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> nH <sub>2</sub> O	30~135	塊(中空球)状	1050

M<sup>1</sup>は一面の陽イオンに相当する

JA全農 肥料農薬部 施肥診断技術者ハンドブック 2003 32ページ

モンモリロナイトやバーミキュライトと記載された2:1型の粘土鉱物が良い。

# 物理性の向上 粘土鉱物とは？



1:1型粘土  
カオリナイト  
陶器の材料  
肥料としては使えない



2:1型粘土  
ベントナイト  
(モンモリロナイト)  
使い勝手の良い粘土の肥料

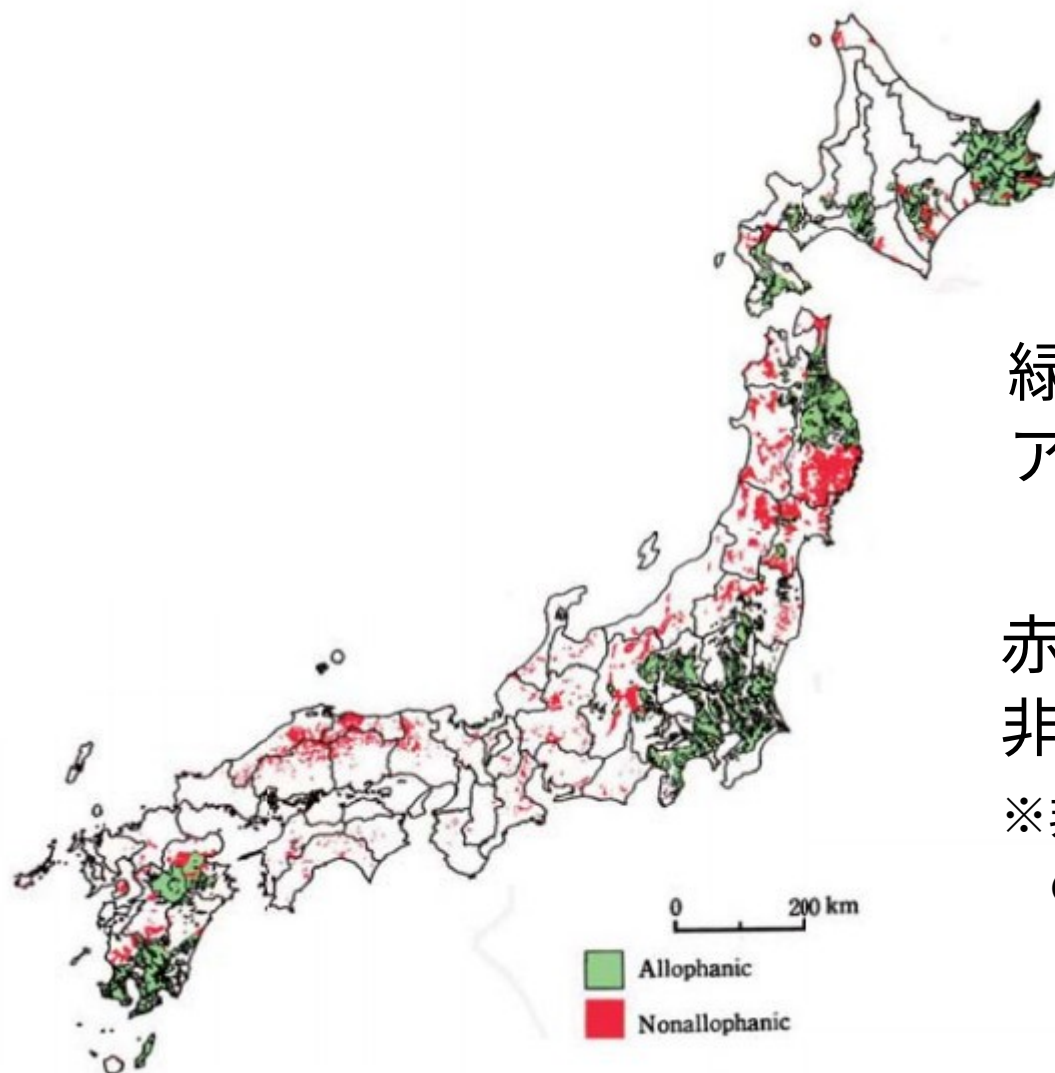


2:1型粘土  
バーミキュライト  
園芸用の倍土でよく  
使われる

**火山灰土壤だとアロフェンという粘土鉱物が多く、  
非火山性土壤だと有効な粘土鉱物が少ない傾向がある**



# 土作りにとって良質な粘土鉱物の分布



緑色のエリア  
アロフェン質の黒ボク土

赤色のエリア  
非アロフェン質の黒ボク土  
※非アロフェンはベントナイト等  
の2:1型粘土鉱物

引用 非アロフェン質黒ボク土とフィールド科学に魅せられて 肥料科学, 第29号, 1~62 (2007) 18ページ

# 地域によって土はこんなにも違う



# 土壌について



土のはじめは川底の様な砂地(鉱物)から始まり、様々な植物が根付くことによって土壌へと変化する。

# 土壌について

## ○(一次)鉱物の種類

表Ⅱ-24 主要な一次鉱物の種類、化学組成および特徴

石英	$\text{SiO}_2$	風化抵抗性が強く、土壌中の含量が高い
正長石	$\text{KAlSi}_3\text{O}_8$	Kの主要な給源となる
斜長石類	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ と $\text{CaAlSi}_2\text{O}_8$ との固溶体	岩石中に多く、二次鉱物の主な母材となる
白雲母	$\text{K}_2\text{Al}_4(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{20}(\text{OH},\text{F})_4$	風化し難い
黒雲母	$\text{K}_2\text{Mg}_6(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{O}_{20}(\text{OH},\text{F})_4$	易風化性、K、Mgの給源となる
角せん石類	$(\text{Mg},\text{Fe})_7(\text{Si}_6\text{O}_{22})(\text{OH},\text{F})$	易風化性、Ca、Mg、Feの給源となる
輝石類	$(\text{Mg},\text{Fe})_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$	角せん石と同じ
方解石	$\text{CaCO}_3$	易溶性、日本の土壌にはきわめて少ない
リン灰石	$\text{Ca}_5(\text{F},\text{Cl},\text{OH})(\text{PO}_4)_3$	Pの給源となる
かんらん石	$(\text{Mg},\text{Fe})_2\text{SiO}_4$	風化しやすい
ジルコン	$\text{ZrSiO}_4$	きわめて風化し難い
磁鉄鉱	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	ジルコンと同じ
金紅石	$\text{TiO}_2$	ジルコンと同じ
電気石	$(\text{Na},\text{Ca})_5(\text{Al},\text{Fe},\text{Mg},\text{Mn},\text{Ti})_{27}$ $(\text{Si},\text{B})_{27}\text{O}_{86}(\text{OH})$	Bの給源となる
火山ガラス	非晶質ケイ酸塩	火山灰土に多く含まれ、アロフェンの主な母材となる

JA全農 肥料農薬部 施肥診断技術者ハンドブック 2003 32ページ

風化しやすい鉱物と風化しにくい鉱物がある  
ミネラルの給源となる鉱物は風化しやすい

# 真砂土の特徴



真砂土は肥料成分や腐植の定着力が少ない石英の量が多いので**腐植質の肥料が効きにくく、発根量が増えない**

岩が風化して出来る土は最初はカリウムが多く含まれるが、時間が経過するに従って、ミネラル分が少なくなっていく腐植を保持する粘土鉱物は少なめ

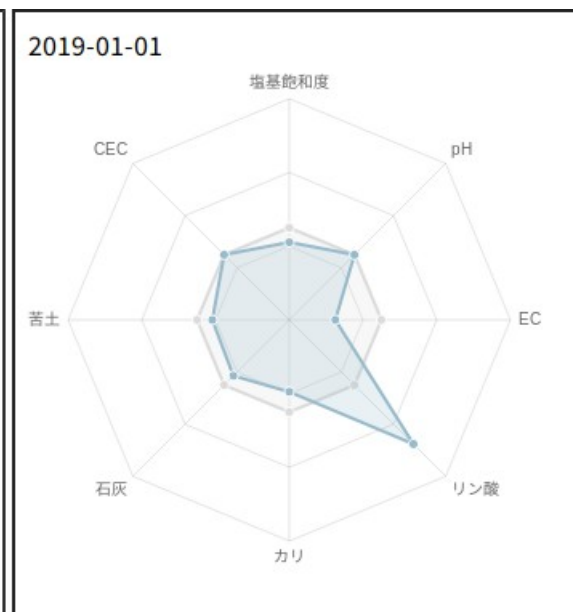
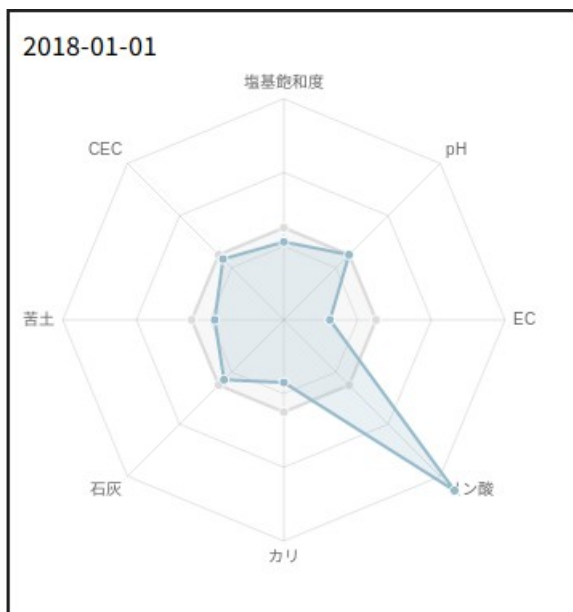
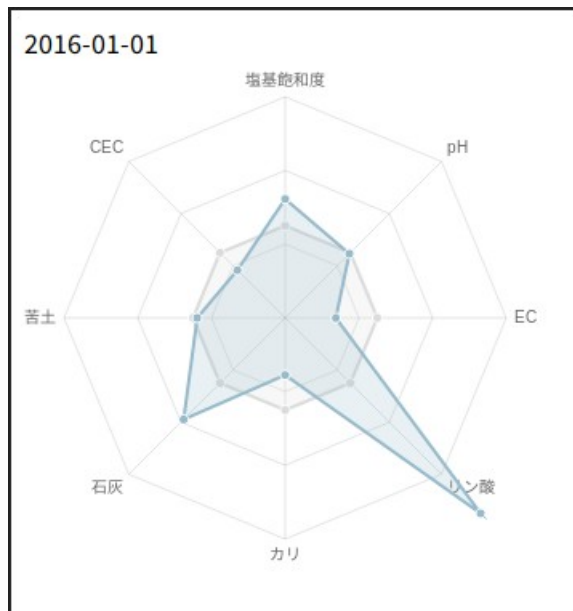
# 腐植質肥料の効果が出にくい土壌



石英( $\text{SiO}_2$ )は水晶のことで風化して粘土鉱物になることはなく、ミネラル分を土壌に放出することもない。

石英を多く含む土を**砂質土壌**と呼ぶ

石英に腐植肥料が単体では効かない



# 土壌分析から見た土作り



# 肥料の基礎

## ○肥料の効き方

- 肥料は水に溶けることによって効く。溶けなければ効かない

水溶性：水によく溶けるので、肥効は即効性

く溶性：根から放出される根酸で溶ける

すぐには効かず、植物が欲しいタイミングで少しずつ吸収される

不溶性：水ではなく、土壌の微生物の作用等で溶けるもの

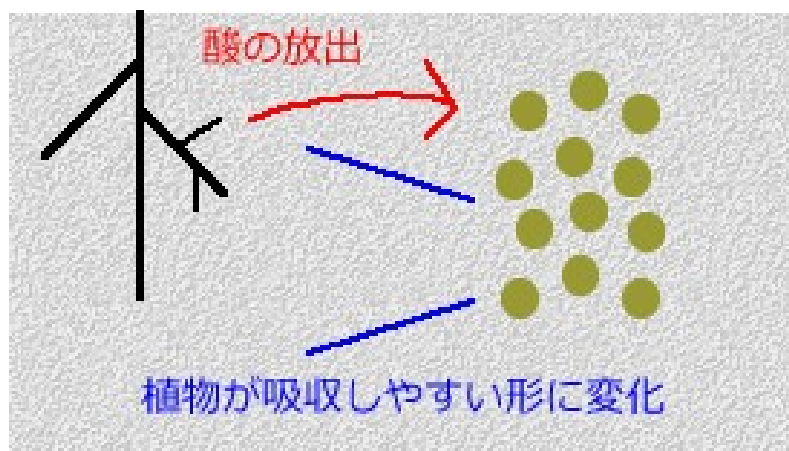
難溶性：溶けにくいもの(リン酸の残留等)

※NPKについては割愛します

# 肥料の基礎

## ○く溶性肥料のイメージ

く溶性とは2%クエン酸溶液に溶けて肥効を発揮する肥料を指す。溶ける場合はクエン酸ではなく、根から放出される他の有機酸でも良い。



水ではなく、有機酸による溶解のため、根の成長に合わせて、緩やかに長く効く。

根から放出される有機酸には、クエン酸、シュウ酸、ギ酸等がある

# 堆肥等の土作り用の肥料

作物に養分を与えることよりも作物がストレスなく育つ為の環境作りの為に利用する肥料がある



## 腐植質の肥料

植物の死骸由来の有機物で粘土と合わせることで土となる

※微生物によって分解された木材等



## 鉱物質の肥料

今まで触れた肥料では与えにくい良質な粘土や微量元素と呼ばれる成分を安全な形で含む

# pHは肥料の効きの指標



pH(1~14)

適正よりも低い場合：**酸性**

苦土や加里の吸収が落ちる

→光合成の質が下がる

→虫害を受けやすくなる

適正よりも高い場合：**アルカリ性**

鉄や微量元素の吸収が落ちる

→病気にかかりやすくなる

栽培中、常に適正値をキープできれば、肥料散布の無駄は減り、  
秀品率が上がりつつ、農薬の使用量を削減できる

※適正値は6.5

# pHは肥料の効きの指標

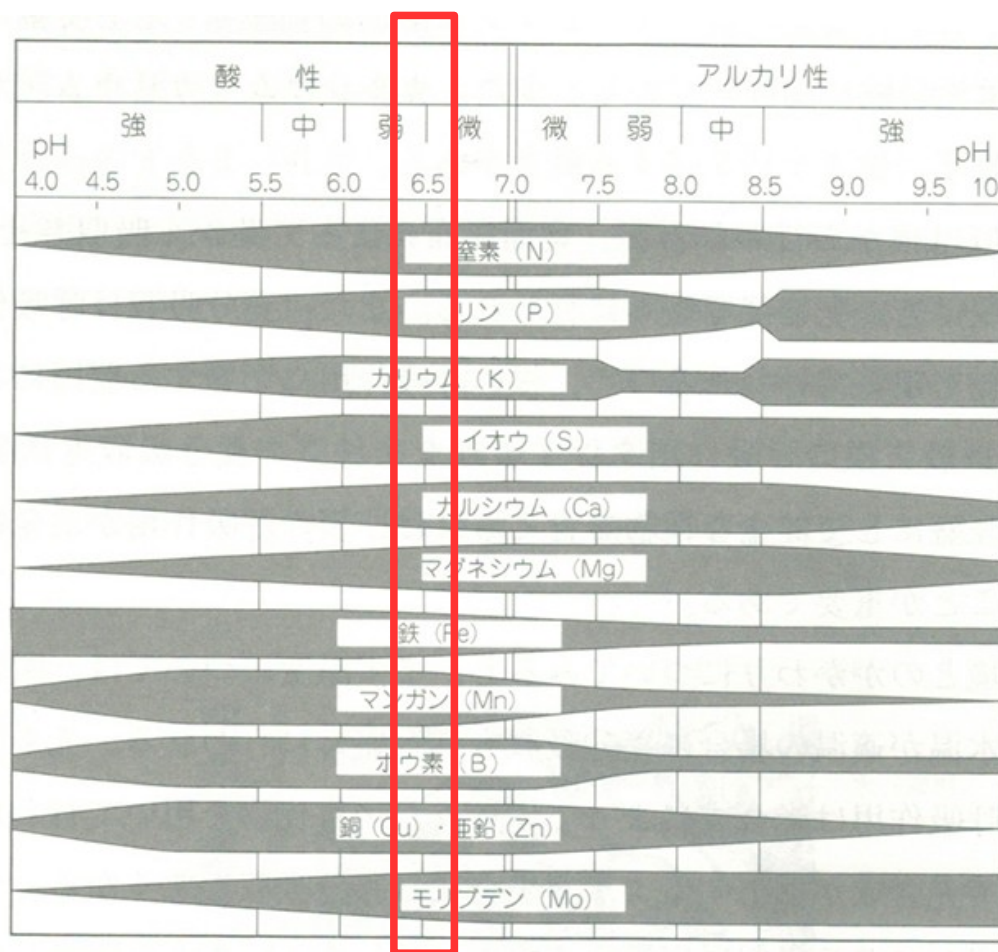


図 2-32 土壌の反応 (pH) と肥料要素の溶解・利用度

全ての要素を加味すると鉄とマンガンの吸収が他の要素と逆のパターンになるため、鉄とマグネシウムの吸収のバランスをとると良い

pH6.5前後にすると良い

# 生理的酸性肥料

表Ⅲ-34 主要肥料の生理的酸性度 (A) または塩基性度 (B)\*

肥 料	CaCO <sub>3</sub> 当 量	肥 料	CaCO <sub>3</sub> 当 量
硝酸アンモニウム	110A	塩化カリウム	0
塩化アンモニウム	138A	硝酸カリウム	0
硝酸アンモニウム	59A	硝酸カリマグネシウム	0
硝酸カルシウム (15.5N)	20B	石灰石粉末	90B
硝酸カリウム	26B	ドロマイト	100B
硝酸ナトリウム	29B	マグネシア粉末	220B
硝アン石灰 (20.5N)	0	貝殻粉末	90B
尿 素	84A	セッコウ	0
尿素-アンモニア液	82A	ホウ酸ナトリウム	55B
ウレアホルム	68A	骨 粉	20~25B
アンモニア水 (21N)	39A	ヒマシ油かす	6A
液体アンモニア	148A	鯨実油かす	10A
石灰窒素	63B	乾 血	22A
窒素溶液 406	73A	魚かす	5A
408	74A	グアノ	15A

JA全農 肥料農薬部 施肥診断技術者ハンドブック 2003 96ページ

硫安や熟成牛糞堆肥に含まれる硝酸アンモニウム等が土壌を酸性にする

※末尾がAで数字が大きいもの程、土壌を酸性にする

# 土作りでpHを常に安定にする



炭酸石灰や炭酸苦土※<sub>1</sub>を栽培前に仕込んでおくと、pHが下がりはじめた時に元に戻してくれる。

※pHが適正の場合はpHを高めすぎない



腐植にもpHを安定させる効果がある

pHの安定を**緩衝性**と呼ぶ

※土作りの化学性要素

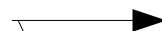
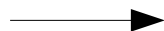
※<sub>1</sub> く溶性石灰、く溶性苦土と呼ばれる肥料を使用する

# 活性アルミナの発生

腐植と結合していない粘土鉱物が強酸に触れ続けると壊れて活性アルミナがでてくる

※活性アルミナ≒アルミニウム

例：一次鉱物→粘土鉱物→アルミニウム

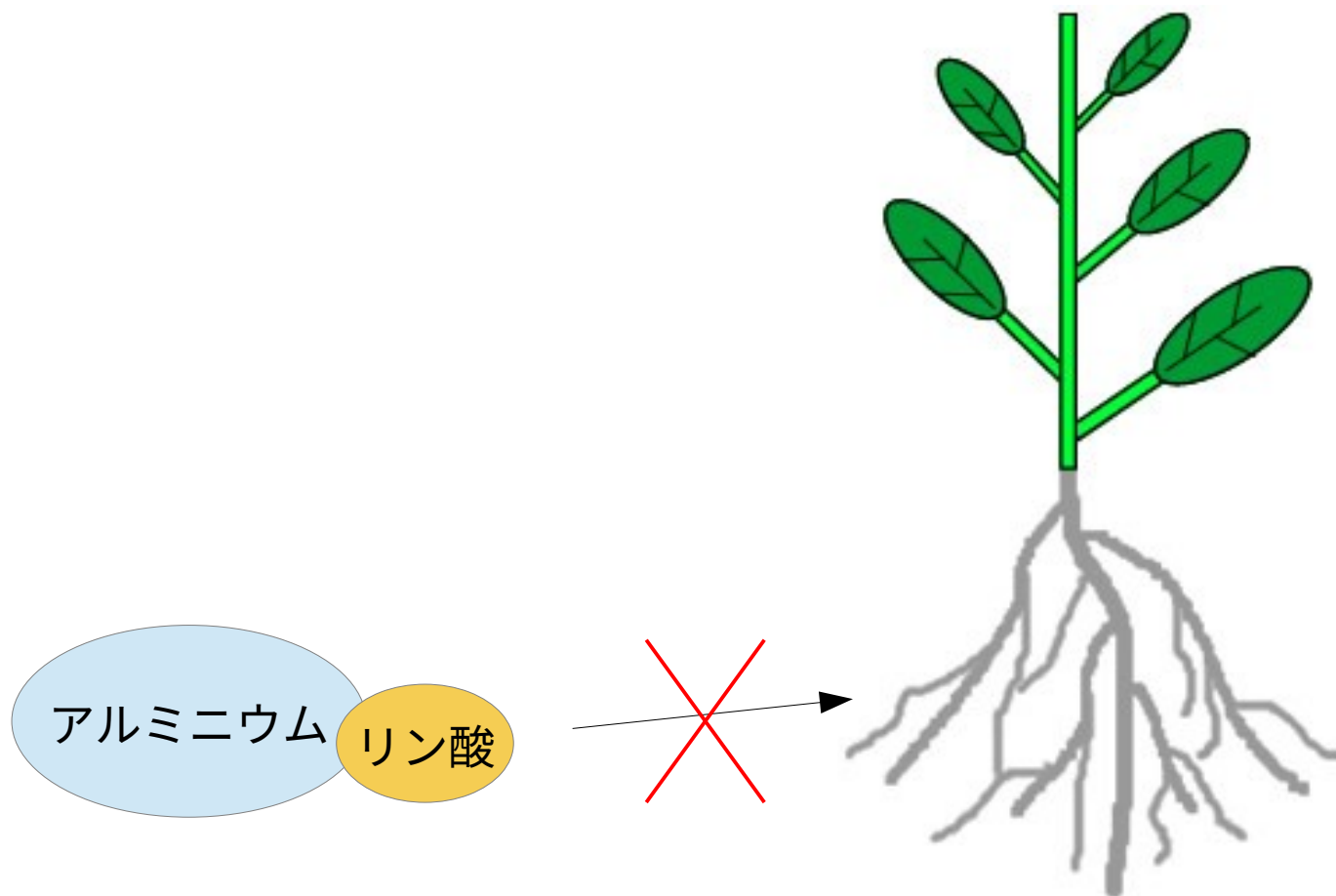


カリウムやマンガン等の金属イオンの養分も合わせて流亡

アルミニウム

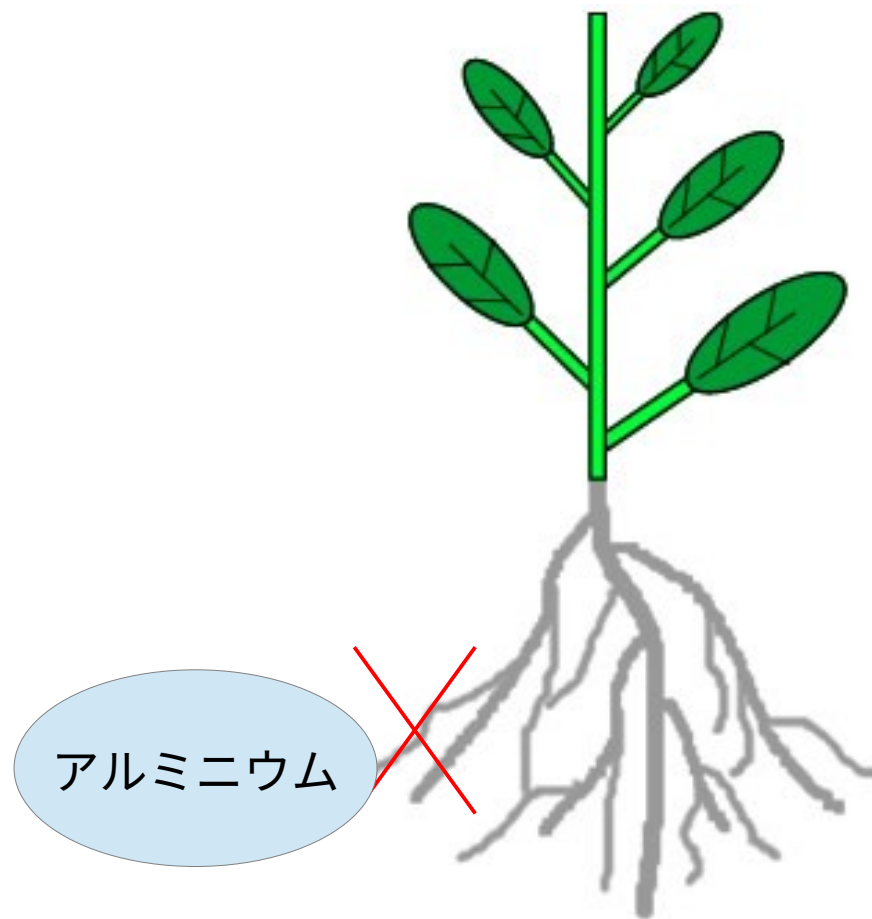


# アルミニウムの毒性



アルミニウムが可給態リン酸と強く繋がり、植物がリン酸を吸収できなくなる

# アルミニウムの毒性



アルミニウムが植物の根を内部から破壊して根の伸長を止める

# アルミニウムの毒性

○アルミニウムが溶出している土壌の目印



スギナはアルミニウム耐性の植物で、スギナが繁茂しているところはアルミニウム障害の疑い有り

# アルミニウムの毒性を逆に活用する

アルミニウム

+



アルミニウム + 腐植で腐植の効果を高める。

※腐植に包まれることによって活性アルミナが無害化する

○アルミニウム + 腐植の効果

- ・腐植が土壌の微生物によって分解されにくくなる
- ・保肥力が高まるかも？

# ECは根からの吸水のしやすさの指標



EC(電気伝導率)は前作で使用した水溶性肥料の残量

適正值よりも低い場合  
即効性の養分が少ない

適正值よりも高い場合  
即効性の養分が多い

適正值よりも低い場合は、基肥を見直すだけで良い。  
適正值よりも高い場合は生育障害が多発するので注意。  
※適正值は0.2

## ECが高すぎた場合



土壌のEC値が高くなると、作物は根で土の水分を吸収しにくくなる。



**水が吸えなくなることで、養分も吸えなくなる**

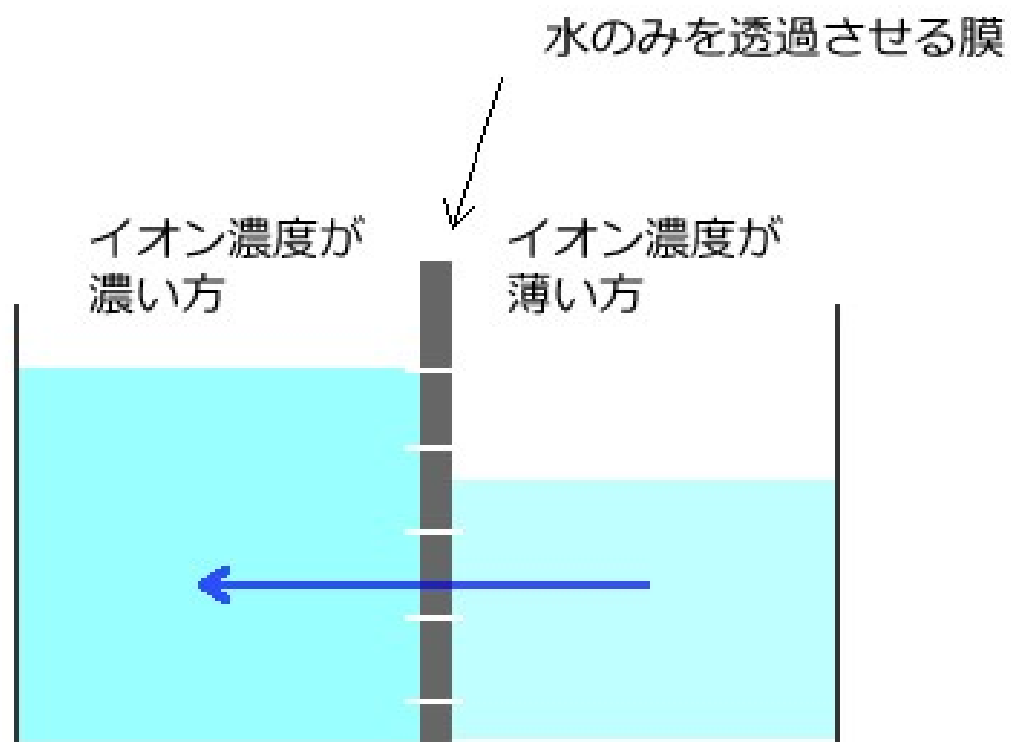


与えた肥料が吸収されずに経費をかけた分の効果が得られない。

**秀品率も下がり、農薬の散布回数も増える。**

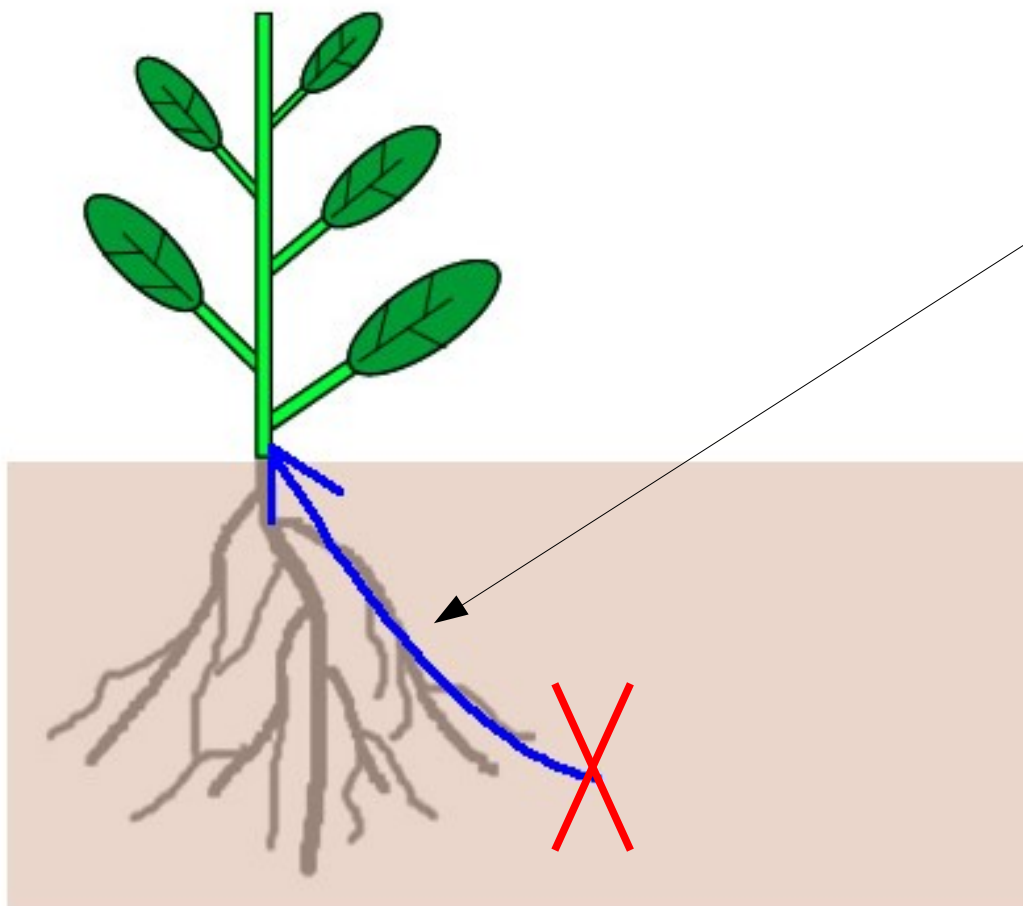
# ECが高すぎた場合

## ○浸透圧(補足)



水はイオン濃度が薄い方から濃い方へ流れる

## ECが高すぎた場合



根の中が土よりも濃度が高ければ、土から水を吸水できる

根から水が吸えなければ、養分も吸えなくなるので、土壌のイオン濃度(**EC**値)も吸水時に重要になる



## ECを上げにくくする堆肥



腐植を入れて、排水性を高めることでECを上げにくい土にする  
※粘土鉱物と組み合わせることで腐植の定着を良くする

## 家畜糞堆肥による土作りはNG



家畜糞堆肥に含まれる腐植量は少なく、ECを高める要素が多く含むため、基肥で使用すると逆効果となる。

# CECは保肥力



CECは窒素、リン酸を除く肥料分を土に保持する能力を示し、数値が高い程、肥料散布の無駄を減らす。

適正值より高くて発生する問題はありません。  
CECが高くなると、ECが高くなりにくくなる。

## CECを高める堆肥



粘土鉱物と腐植を投入することで腐植を高める。

EC同様、2:1型粘土鉱物、ベントナイト、ゼオライトかバーミキュライトと記載されているものを使用しましょう

**保肥力や排水、保水性を高め施肥の無駄を減らす**

# カルシウム(石灰)施肥時の注意点

pHは石灰でなくても調整することができる



- **水マグ**

く溶性の苦土(マグネシウム)  
苦土石灰の中にある炭酸石灰と  
同じ働きをしつつpH調整後に残  
るのがカルシウムではなく、  
マグネシウム

- **重炭酸カリ**

水溶性のカリウム  
水に溶けた瞬間にpHを調整する

2017-06-01

Soil3農園

Aほ場

## 分析グラフ



分析値から、pHが若干高めになっています。CECが低く、塩基飽和度が高めになっている影響と思われます。土壌バランスから、リン酸・石灰に対して、カリがかなり不足していますので施用してバランスを良くしてください。熟成堆肥や地力薬師をしっかりと施用して下さい。葉面散布で、生育をコントロールして下さい。

 KYOTO NOUHAN  
株式会社 京都農販

# カリウム不足

農学の教科書ではカリウムは土壌や川からの入水で不足しないと考えられているが、実際はカリウム不足は頻繁に発生している

**カリウム不足は土壌劣化の可能性があり、微量元素も同時に不足している可能性がある**

※慢性的な亜鉛欠乏等を心配した方がよい



- 対象作物：全般
- 原料：膨潤性粘土鉱物
- 主な成分の含有量（%）

珪酸	69.4%以上	リン	0.07%以上
鉄	3.4%以上	マンガン	0.09%以上
石灰	2.8%以上	ナトリウム	0.63%以上
苦土	2.5%以上	ばん土	13%以上
カリ	0.9%以上		

2017-06-01

Soil3農園

Aほ場

## 分析グラフ



分析値から、pHが若干高めになっています。CECが低く、塩基飽和度が高めになっている影響と思われます。土壌バランスから、リン酸・石灰に対して、カリがかなり不足していますので施用してバランスを良くしてください。熟成堆肥や地力薬師をしっかりと施用して下さい。葉面散布で、生育をコントロールして下さい。

KYOTO NOUHAN  
株式会社 京都農販



# カルシウム(石灰)施肥時の注意点

カルシウム過剰は他のすべての要素の吸収を阻害する

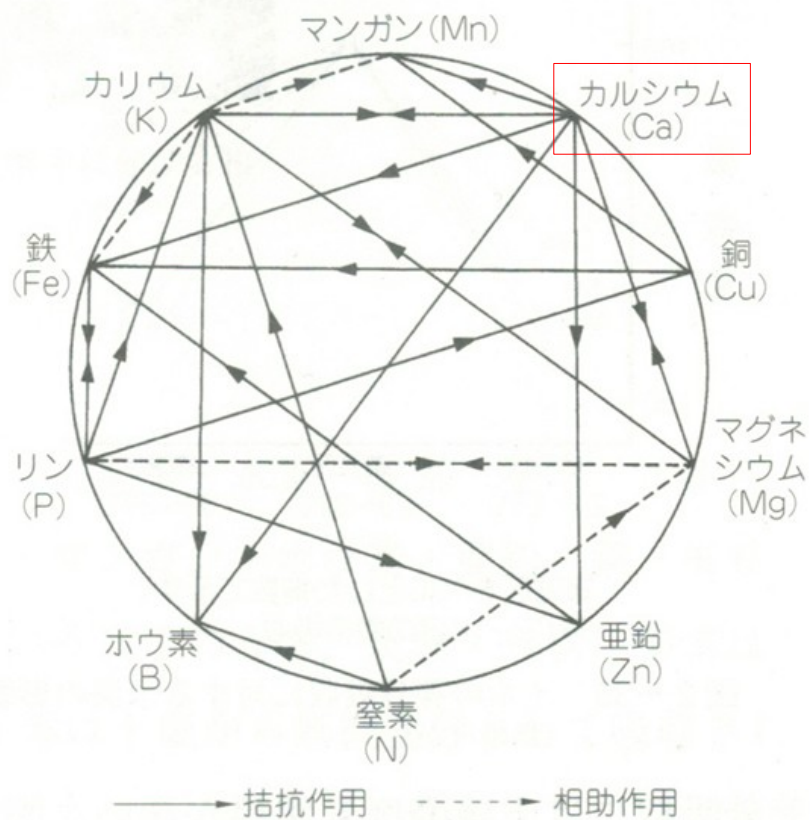


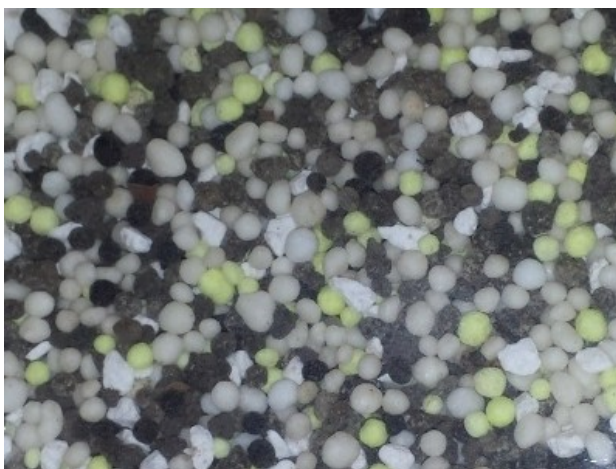
図 2-33 要素の相助作用

# 基肥設計で成果の出る肥料の組み合わせ



粘土鉱物 + 腐植 + く溶性苦土(水マグ等) +  $\alpha$  で基肥設計  
根の張りを良くし、土自体の保肥力も増やし、肥料の効率を高める  
ミネラルを適切に吸収できる環境を用意し、秀品率を高めつつ、  
農薬散布の回数を削減する

# NPK、各微量元素の設計はどのようにするの？



NPKは栽培品目に合わせ、BB肥料やタンパク多めの有機肥料を活用しましょう。  
※魚粕や油かす

亜鉛を意識して秀品率を高める



ネギの葉が真っ直ぐに育たない症状

葉が小さい時にアザミウマ等に食害されたことによって、食害された側の成長が抑制され、反対側が通常成長をしたから湾曲成長したのか？

# 亜鉛の役割



- 発根促進
- 根から吸収した窒素を元にタンパク質に合成する
- 光合成の質の向上
- **亜鉛は耐性獲得でも重要**  
→ 損傷した器官の回復

**亜鉛は成長の一番基礎の役割がある**

**葉の亜鉛の量が養分転流のトリガーになる**

# 亜鉛欠乏



## 亜鉛欠乏の主な症状

- 葉先枯れ
- **葉がまっすぐ成長せずに湾曲したり、表面にくぼみが出る**
- 発根量の減少

# 養分転流



外葉(老化葉)から新葉へ養分をリサイクルする仕組み  
窒素やマグネシウムに欠乏している時に古い葉から新しい葉に養分が転流  
され再利用する

**他養分が充実していても亜鉛が欠乏すると養分転流が起こる**



# 亜鉛欠乏

世界の農耕地の約50%が亜鉛欠乏土壌であり、農作物における亜鉛欠乏の対応策の確立は急務であると言えます。(途中省略)  
農作物のZn欠乏症は収量と品質を損なうのみでなく消費者に健康被害をもたらすため、特に発展途上国で深刻な問題となっています。

<https://www.u-presscenter.jp/article/post-43080.html>より抜粋

**作物収穫時に亜鉛をごっそり持ち出してしまいが、供給量が少ないので、日本の農耕地でも亜鉛は欠乏しやすい要素と捉えておく必要がある。**

**砂質土壌では亜鉛は元から少ない**

## 亜鉛の持ち出し



亜鉛は花粉に多く含まれている為、緑肥等で花が咲いた場合は土壌の亜鉛の量が減少している可能性がある

ソルゴの花粉の一部は風に畑の外に飛んでいく

# 亜鉛の持ち出し



ミツバチが集まる花を咲かせる緑肥を育てる時は要注意  
ミツバチが花粉を大量に持ち去る

ハチミツの健康効果の一つに亜鉛が豊富に含まれている  
ことがある

# 微量元素は川の水の入水時に補給される



カリウム、亜鉛等の金属の成分や粘土鉱物は川から田へ入水の際に一緒に入っている

コンクリートで固められた用水路では肥料成分は少なくなる

## 微量要素は川の水の入水時に補給される



栽培で利用する養分は川底の泥や砂に蓄積されていて、整備された用水路の水では泥や砂が混ざりにくくなっている

# 亜鉛対策としての粘土鉱物肥料



●対象作物：全般

●原料：膨潤性粘土鉱物

●主な成分の含有量（%）

珪酸	69.4%以上	リン	0.07%以上
鉄	3.4%以上	マンガン	0.09%以上
石灰	2.8%以上	ナトリウム	0.63%以上
苦土	2.5%以上	ばん土	13%以上
カリ	0.9%以上		

## ベントナイトは海成の粘土鉱物

海底に堆積した粘土鉱物は海水中からカリウム、マグネシウムや亜鉛などを取り込む

→保肥力を下げる要因?ではあるけれども、栽培で有益な成分がある

※保肥力 ≡ 粘土鉱物と有機物が繋がる力

# リン酸過剰の問題と対策



リン酸が少ない土壌では、病気の原因のカビが作物にとって有益か無害になる

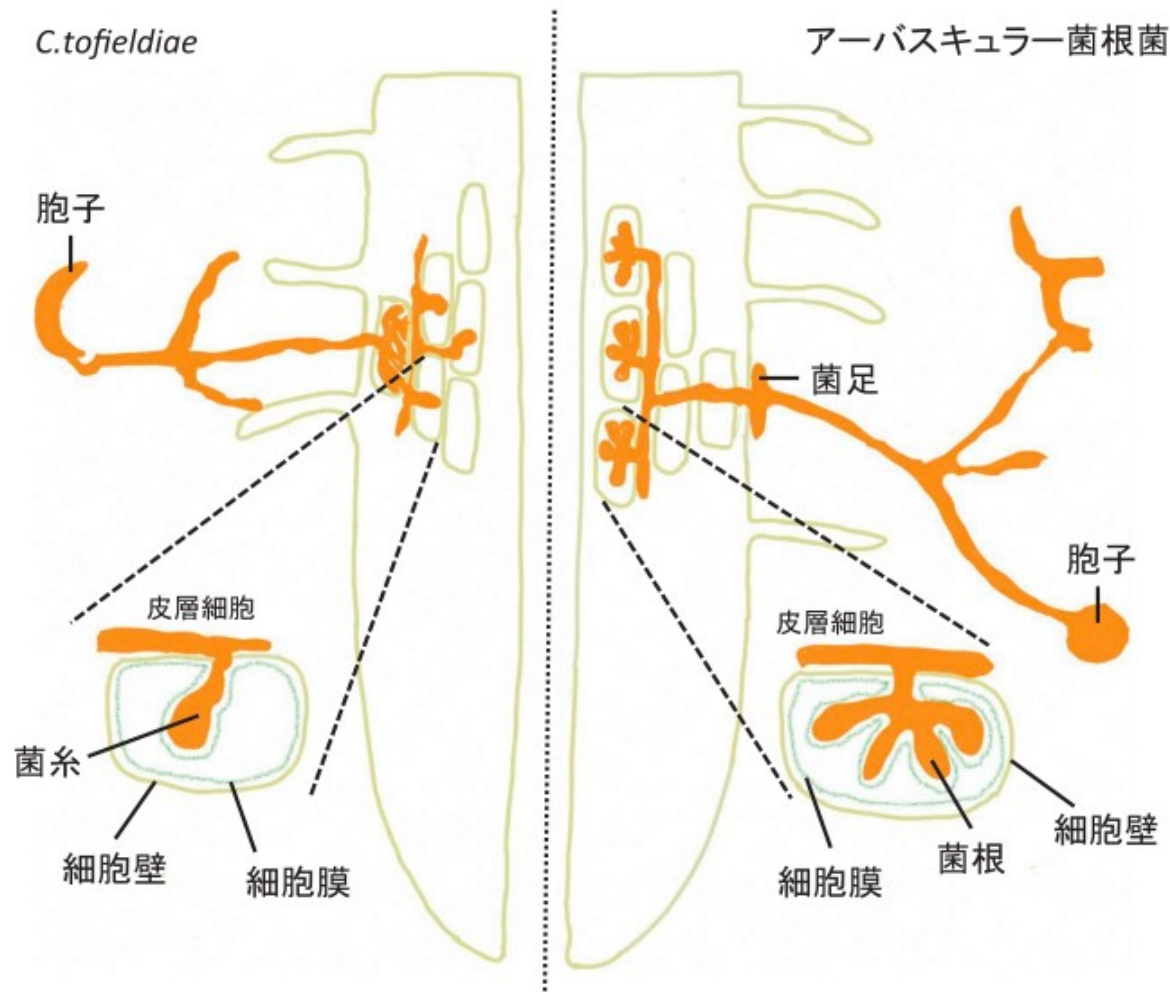
**土壌分析でリン酸過剰の場合はカビ由来の病気の発生率が高くなるので注意が必要**

施肥設計でリン酸過剰にならないように気を付ける





アブラナ科の植物で炭疽病の要因となる *Colletotrichum* (コレトリカム) 属の糸状菌



晝間敬等 リン栄養枯渇条件下での根圏糸状菌による植物生長促進 - Jpn. J. Phytopathol. 84: 78-84 (2018) 80ページ 図1より引用

ダイコンの炭疽病の糸状菌が**無機リン酸が少ない土で、**  
 菌根菌のような共生菌のような動きをした  
 ※フザリウムも病原性な特徴が弱まる可能性が高い

# リン酸肥料

## ○無機態リン酸



## ○有機態リン酸



無機リン酸には、速効性のリン安や過リン酸石灰や  
残留性(難溶性)のCa型リン酸、Fe型リン酸やAl型リン  
酸がある

有機態リン酸は穀物の貯蔵リン酸が主で、米ぬかや  
家畜糞に多く含まれている

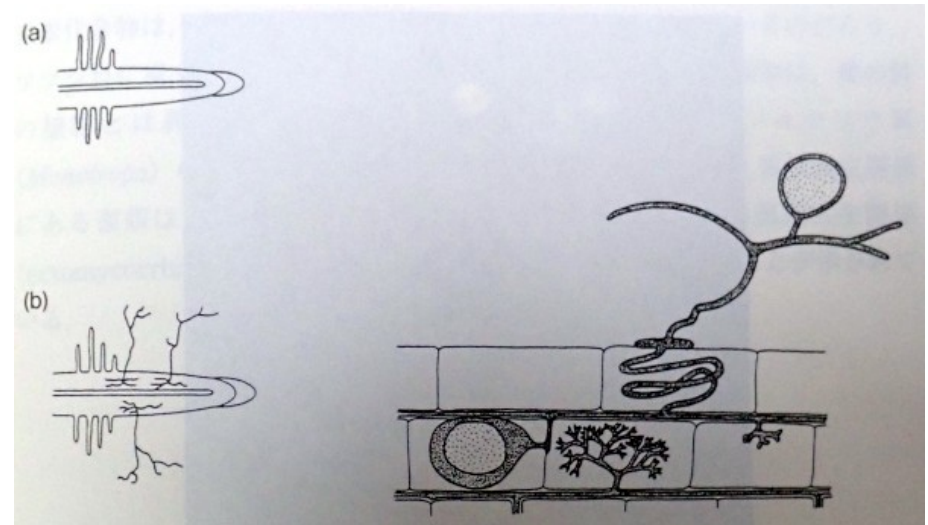
# リン酸を減らす



ソルゴーやヒマワリのような背が高くなる緑肥を育てる  
冬期であればエンバクやライムギ

# リン酸を減らす

## ○菌根菌



Mike Guether - 投稿者自身による作品, CC 表示 3.0, リンクによる

※京都大学学術出版会 菌類の生物学 53ページより引用

無機リン酸が少ない土壤中で活躍する菌根菌  
作物(緑肥も含む)と共生すれば吸収が難しい有機態リン酸の  
吸収が高まる。  
土壌消毒や殺菌剤に弱い

# リン酸を減らす

○緑肥の効果を高めるために



- 作物の作付けの時のように土壌改良材を利用する  
→物理性を向上させることで発根が促進し、リン酸の吸収量が増す  
→コーヒー豆粕のような多孔質資材がおすすめ