POMOA特別講義
土とはなにか？

2018年9月

本日の目的

- **土について基礎を理解し、農産物の出来を左右する土づくりの科学的理由を知る。**
- **有機農法と化学農法、水耕栽培と土耕、それぞれの違いを理解したうえで、畑（土耕）の価値について知る**

土(土壌)とは？

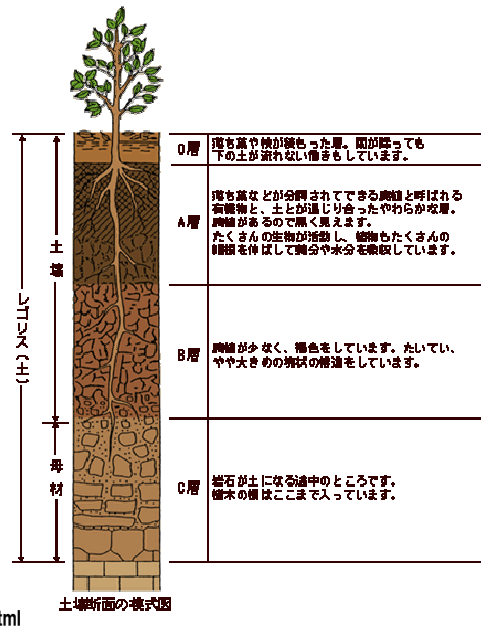
大辞林の解説

地殻の最上層にある自然物で、岩石の風化物に生物の遺体やその分解物などの有機物が混じって生成したもの。つち。

国立科学博物館の解説

- 土壌とは、土壌の元となる母材に生物・地形・気候が作用し、いろいろと長い時間かけてできた自然のもので、地球の表面のやわらかい層のことをさします。
- 土壌の母材には、岩石、泥炭(植物の死がい)などその場でできたもの、火山灰など遠くから風や水によって運ばれたまったものなどがあります。母材とそれぞれに働く作用の組み合わせはさまざまで、一つとして同じ土壌にはなりません。
- また、土壌は、太陽エネルギー、水、炭酸ガスとともに植物の生育に不可欠な役割をもっています。**この植物を育てる能力**が大きいところに文明が発達しました。母なる大地といういいかたもあります。

国立科学博物館
https://www.kahaku.go.jp/special/past/bisyoso/ipix/soil/1/1_2.html



土壌断面の模式図

土(土壌)とは？　土の構成物

- 土壌は、生物、腐植、鉱物の混合物です。

生物	植物の根や土壌動物(ダニ、ミミズ、線虫)、微生物(糸状菌、放線菌、細菌)
腐植	土壌の有機物は微生物により分解され、微生物の増殖と死滅の中で窒素成分は、アンモニア、硝酸となり植物に吸収されたり溶脱したりして最終的には消滅します。 しかし、実際には動植物遺体の一部は分解される化学変化の過程で、土壌にとどまります。これが腐植で、色は暗色。
鉱物	土壌から生物と腐植をすべて取り除いたものが鉱物 土壌鉱物は、その大きさにより礫、砂、シルト、粘土の4種類に分類されます

植物の成長に土は必要なのか？

- 植物工場の技術が確立され、土を使わずに育てた野菜も市場に出回るようになりました。植物工場でつくられた野菜は農薬を使わないので安全という言葉も聞きます。野菜栽培には土は必要ないのでしょうか。

土耕栽培
植物が土壌に根を張って成長する
化学肥料と有機肥料の両方が使われる

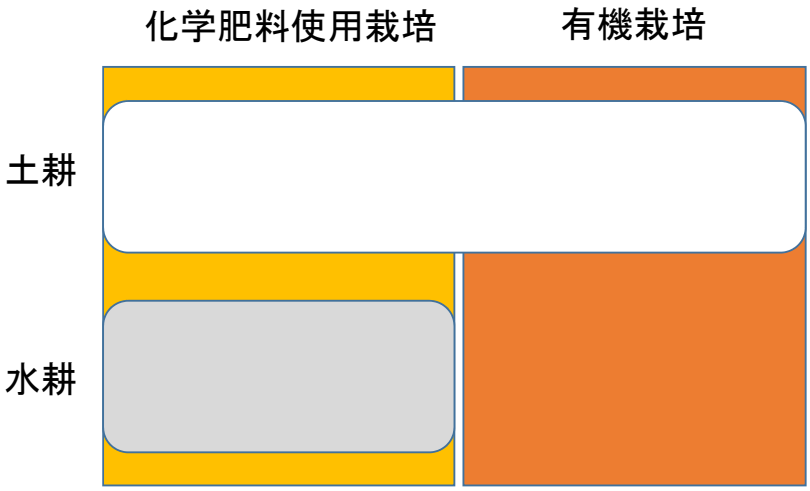
土壌の微生物が作物の成長に関係

水耕栽培
発砲スチロールのトレーの上に種を置いた培地（スポンジのような素材）をセットし、植物の根は培地の下を流れる溶液（化学肥料）で育つ

土壌の微生物がほとんど関与しない

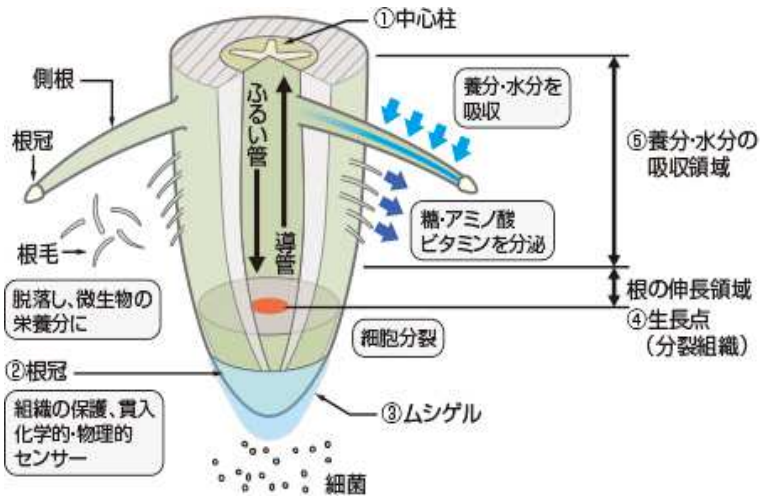
植物の成長に土は必要なのか？
土耕と水耕、有機栽培と化学肥料使用栽培の違い

- 土を使わずに野菜を栽培する技術は古くからあります。水耕栽培は化学肥料を使って栽培します。



植物の成長に土は必要なのか？
植物の根の働き

根の近傍には根冠から分泌された物質や脱落した根毛や表皮などの有機物が豊富に存在し、これをエサとする微生物が集まり、活発に増殖します。



出所：YanmarHP　土づくりのススメ - 深掘！土づくり考
https://www.yanmar.com/jp/agri/agri_plus/soil/articles/07.html

①身体を支える中心柱

内部は中心柱（①）と呼ばれ、葉でつくられた光合成物質を根に運ぶ「ふるい管」と、根で吸収した養分を地上部へ運ぶ「導管」があります。

②根を保護し、伸長を補助する根冠

根の先端は、「根冠（②）」と呼ばれ、キャップ状で生長点を保護する機能を持ちます。 根冠からは多糖類を主成分とする粘液質のムシゲル（③）を分泌し、根と土壌粒子との摩擦を減らし、根を伸長しやすくする潤滑剤の役割を果たします。また、根冠は化学的、物理的な刺激を感知し根の伸長に影響を与えます。

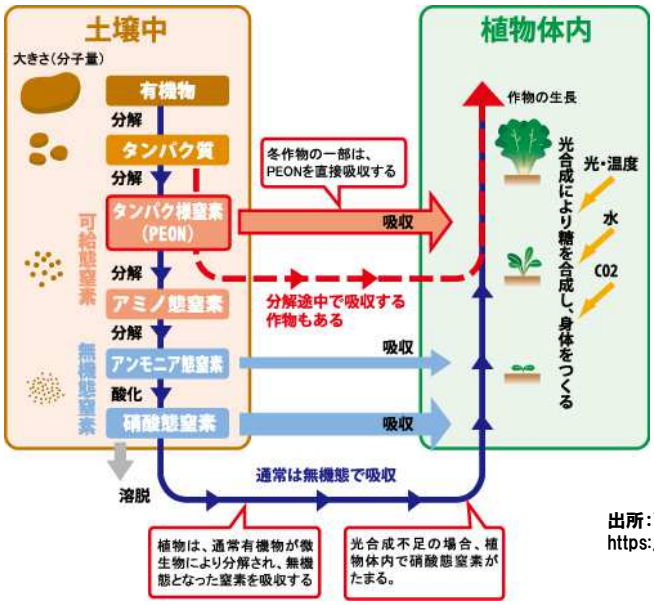
③根の伸長領域と養分吸収領域

根の細胞分裂は、生長点（④）で盛んに行われます。そして、その上部では根の表皮細胞が変化した根毛が根の接触面積を拡大させることで、養分・水分の吸収を行います（⑤）。また、ストレスに応じて根は形を変えたり、糖やアミノ酸などを分泌したりします。

植物の成長に土は必要なのか？
植物の栄養吸収のメカニズム

- 有機物は土壌に投入されると微生物のエサになり分解されます。そして、微生物が増殖と死滅を繰り返し、その死がいも別の微生物のエサになり、循環利用され、最終的にはアンモニアや硝酸などの<u>無機態窒素</u>となります。
  作物はこれを吸収して成長します。

⇒<u>有機栽培でも化学肥料を使った栽培でも植物には違いがない。</u>



ほうれん草、ニンジンなどの冬野菜は無機態窒素でなく、PEONを吸収していることも分かっています。

出所：YanmarHP　土づくりのススメ - 深掘！土づくり考
https://www.yanmar.com/jp/agri/agri_plus/soil/articles/01.html

植物の成長に土は必要なのか？
有機栽培と化学肥料使用栽培の食味の違い

- 一般消費者は有機栽培農産物は安心で、美味しいと考えているが、実際は味・栄養素などで大きな違いはないとされている。

野菜の味に影響するもの

鮮度
野菜の味を最も左右するものは鮮度です。
収穫してから時間がたつと、野菜の中の糖分が分解されたり、水分が失われたりして味が落ちていきます。

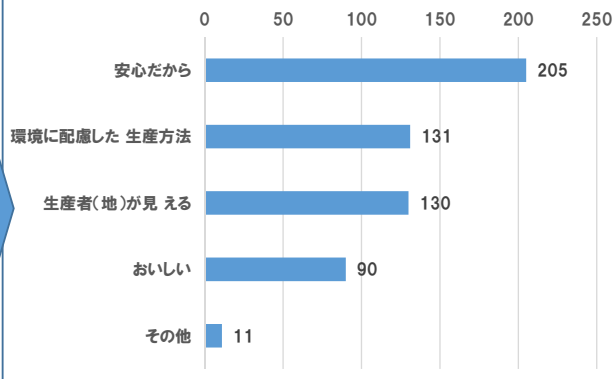
旬
野菜の旬の概念は施設栽培や産地リレーによって失われつつありますが、適切な時期（気候）によって育てられた野菜は味が良いといわれます。

栽培
きちんと手間暇をかけ、栽培された野菜は美味しいです。

品種
食味が良くするために品種改良がすすめられています。

誤解

有機JAS規格に係るアンケート結果（平成27年3月　複数回答n404）



出所：農林水産消費安全技術センター
http://www.famic.go.jp/event/sakuseiiinnkai/kekka/food/270928/shiryo061.pdf

植物の成長に土は必要なのか？
根菜には土が必要

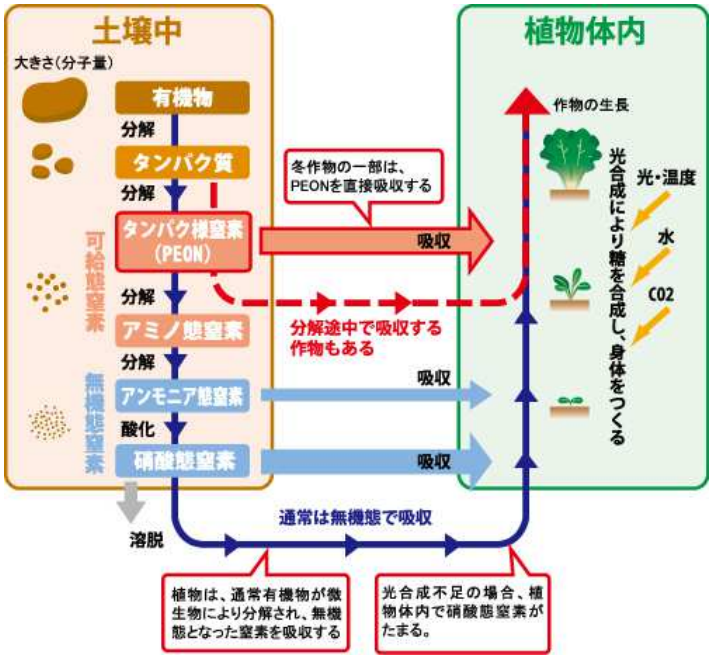
- 水耕栽培ができるといってもすべての野菜を水耕で育てることは難しいです。
- 水耕栽培では根菜を綺麗な見た目で栽培することはとても難しく、果菜や葉物野菜の栽培に使われます。（ほうれん草・レタス・いちご等）

根がまた割れしたニンジン

根菜は畑の土でも成長初期に感想気味であればまた割れや脇根が多くなりがちです。水耕栽培の場合は、根がずっと水の中にあるため、まっすぐに育てるのが難しくなります。

植物の成長に土は必要なのか？
土耕・有機栽培のメリット：硝酸抑制

- 冬は日照が少ないため、生長速度が遅く、吸収した硝酸態窒素の利用が遅れ、植物の体内に多くたまります。人体に影響があるといわれている硝酸濃度が高くなります。
- 冬野菜は、PEONを吸収利用することで光合成不足を補い、成長します。（硝酸抑制）



冬野菜の例：
ニンジン、チンゲンサイ、ホウレンソウ

硝酸態窒素の影響

硝酸態窒素は、動物に食べられると腸内細菌の働きで亜硝酸態窒素に還元されます。この亜硝酸態窒素の亜硝酸イオンはその酸化力で、血液中のヘモグロビンに含まれる2価鉄を酸化させて3価鉄にヘモグロビンの酸素の運搬能力をなくしてしまいます。ヨーロッパでは硝酸の過剰摂取による幼児の死亡例が認められ、EUでは野菜に含まれる硝酸態窒素の量に規制値を設けています。

植物の成長に土は必要なのか？
土耕・有機栽培のメリット：硝酸抑制

- PEON吸収能力をもった野菜は、有機栽培を行うことで、人体に影響があるといわれている硝酸濃度を下げることができます。
- 実験では有機栽培の方が収量も多くなりました。

肥料の違いによるホウレンソウの生育比較（岩手県データ 小田島ら 2006から）

区分		窒素量(kg/10a)	収量(t/10a)	硝酸濃度(mg/10a)
①	化学肥料のみ	20	4.11	3280
②	化学肥料 有機物(4t/10a)	20 24	5.22	2690
③	有機物のみ(4t/10a)	24	5.13	2266

植物の成長に土は必要なのか？

私たちは土から完全に離れて野菜を栽培することはできません。

- 根菜の栽培
- 人体に影響のある硝酸の濃度

農産物の出来の良い土とは？
土壌微生物

- 植物が豊かに育つ土壌には沢山の微生物が生きています。
- 微生物によって土はやわらかくなり、保水・通期性が良く、根の成長を助ける土になります。

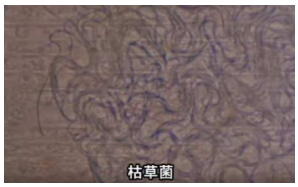
土壌微生物の生体量　※1μ（ミクロン）=0.001mm

種類		大きさ	生体量（kg/10a）
土壌微生物	細菌（バクテリア）	2～3μ程度	40～500
	放線菌	菌糸の太さ0.5～1.0μ程度	40～500
	糸状菌	菌糸の太さ5～10μ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	0.2～2.0mm程度	1～15
	ミミズ	0.2～数cm程度	10～150

出所：YanmarHP　土づくりのススメ - 深掘！土づくり考　https://www.yanmar.com/jp/agri/agri_plus/soil/articles/02.html

農産物の出来の良い土とは？
土壌微生物の写真（参考）

根に集まり、窒素分をため込む菌

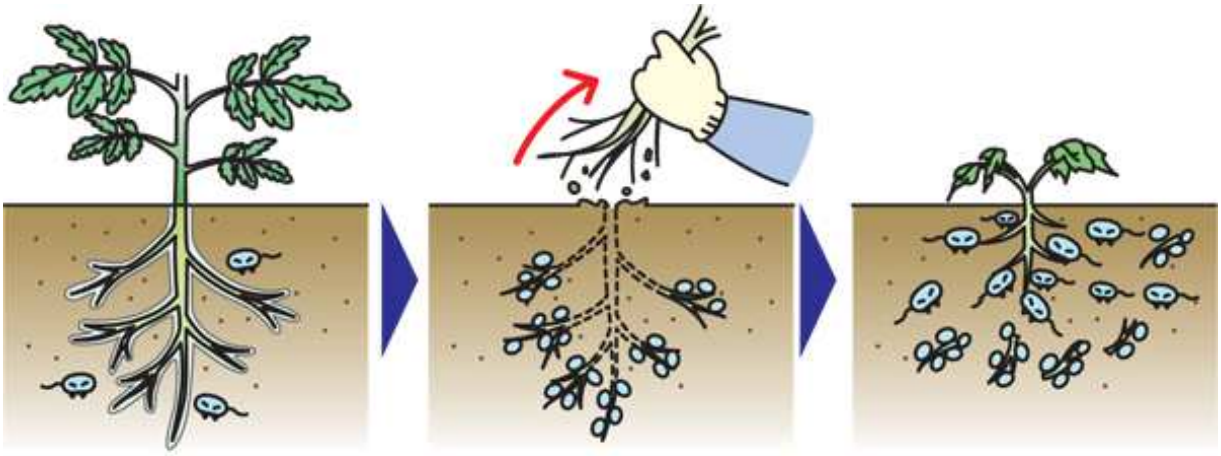


稲などの草を分解する菌

日本微生物生態学会 http://www.microbial-ecology.jp/or/microbial.html
サイエンスチャンネル http://sciencechannel.jst.go.jp/A092607/detail/A092607004.html

農産物の出来の良い土とは？
野菜がうまく育たない（連作障害）のメカニズム

- 同じ種類の野菜を連続して栽培すると起こる連作障害は微生物のバランスが崩れることが原因です。



植物は、根圏微生物に守られている。

収穫後、残根に付着した病原性微生物の休眠胞子が連作するたびに蓄積される。

連作により、新しく植えた植物の根が伸長すると病原性微生物が攻撃し病害が発生する。

産物の出来の良い土とは？
連作障害の生物的防除法（参考）

- **微生物によって引き起こされる連作障害も微生物の力で対応する方法の研究も進んでいます。**
- **有機物を適切に使い、微生物のバランスを保つことで作物の病気防除になります。有機栽培の野菜も適切な有機物が投入されている場合は、連作障害が緩和され収量が上がります。**

障害	対応	働き
インゲン萎黄病（フザリウム） インゲン萎黄病は、増殖したフザリウム菌が根からインゲンの体内に侵入することで、道管が詰まり萎れる病害	エビやカニ殻に含まれるキチンの施用	フザリウムはその多くが病気の原因である糸状菌で細胞壁がキチンでできている。キチン質を持つカニ殻を施用すると、キチンを分解する能力を持つ微生物が増加し、フザリウムをエサとすることでフザリウムが減少
大豆根こぶ線虫 大豆根こぶ線虫は植物の根に寄生し、養分を奪うため、症状が進行すると生育不良、枯れ上がりが発生	鳥の羽根などに含まれるコラーゲンやケラチンを投入	コラーゲンを投入することで、それをエサとする線虫捕捉菌が増殖し、コラーゲンで構成される線虫の細胞を壊し、死滅させる
きゅうりつる割れ病 カビが原因で、高温時に発生する。初め、植物体のいずれか一方の側の下葉が日中しおれて夜間に戻る状態を繰り返す。しおれは徐々に上部に、またほかの側の葉にも及び、生育は極端に遅れ、着果も不良	とんぷん堆肥（有機肥料）の投入	堆肥には多くの種類の微生物が生息し、その拮抗作用で病原性菌の活動が抑制

産物の出来の良い土とは？
堆肥の力

- **土の中の微生物の活動を助け、微生物のバランスを保つためには、堆肥が重要です。**
- **堆肥原料の多くは、落ち葉、稲わら、籾がら、バーグといった植物由来の粗大性有機物や牛糞・豚糞・馬糞といった動物の糞です。**

堆肥には、次の3つの効用があるといわれています。

①土壌物理性の改善

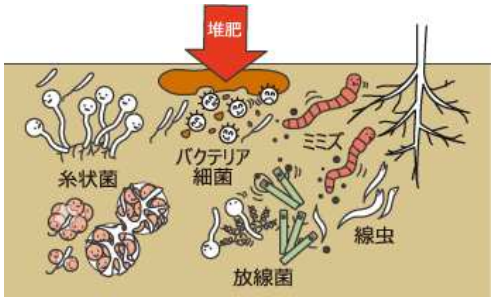
- **土壌微生物は、団粒構造をつくり、堆肥中に含まれる籾がらやバークなどの粗大有機物と併せて通気性や排水性など、土壌の物理性を改善します。**

②肥料成分の吸着

- **腐熟した堆肥には腐植に似た物質が含まれ、カルシウム、マグネシウム、カリウムといった栄養素を吸着・保持し、供給する機能（陽イオン交換容量）を増加させます。**

③病害菌を抑制

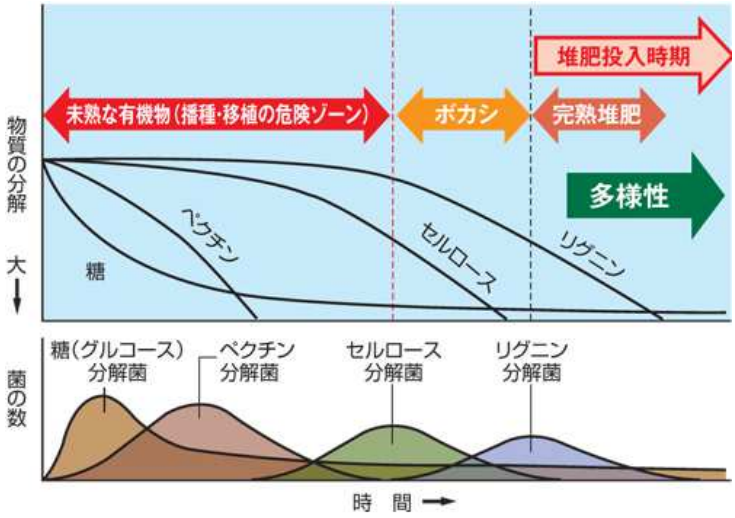
- **良好な堆肥は、多様な微生物相を維持し、病害菌の急激な増殖を抑制する効果があります。**



農産物の出来の良い土とは？
堆肥ができるまで

有機物を分解する菌が順番に発生して、堆肥ができてきます。完全に分解されると、さまざまな微生物が繁殖しはじめ、堆肥として利用できるようになります。

未熟な有機物を投入してすぐに播種や定植を行うと、幼苗に立枯れが発生することがあります。これは、堆肥の分解途中でペクチン（細胞壁）分解菌が増殖し、幼苗の柔らかな細胞壁を溶かし、病原菌が植物に侵入したために起こる障害です。



発酵（分解）が始まると、はじめに分解しやすい糖やアミノ酸、デンプンから分解が進み、タンパク質など細胞内部に存在する物質が糸状菌や好気性細菌によって分解され、その呼吸熱によって発熱が起こります。
次に植物細胞壁の成分であるペクチンの分解が始まります。
その後、糸状菌は50～60度以上になると生息しにくくなり、高温性で好気性の放線菌が増殖してきます。
そして、糸状菌が分解できなかったセルロースを放線菌が分解することで、分解しにくい繊維質などの分解が進みます。
最後に、放線菌の食べるエサがなくなると温度がゆっくり下がり、最も分解しにくいリグニンの分解が始まります。
このときに、さまざまな微生物が繁殖しはじめ、堆肥として利用できるようになります。

出所：YanmarHP　土づくりのススメ － 深掘！土づくり考
https://www.yanmar.com/jp/agri/agri_plus/soil/articles/03.html

まとめ

- **私たちは、土（畑）という資源を大切にする必要があります。**
- **土の中では微生物が沢山すんでいて、作物の成長に関わっています。**
- **生産技術が発達してきましたが、水耕栽培ではすべての野菜を形よく栽培することはできません。また、土を使わずに、無機態の栄養素だけで植物を育てると一部の野菜は人体に影響のある硝酸の濃度が増す可能性が高いです。**
- **良い土づくり、良い堆肥づくりから。畑の土のコンディションを見ながら作物を育てていくのが農業です。**