

作物生産と有機物施用

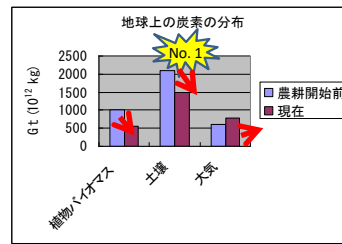
Crop production and organic matter amendment

土壌作物栄養学 3

陸上生態系における有機物
耕地土壌における有機物

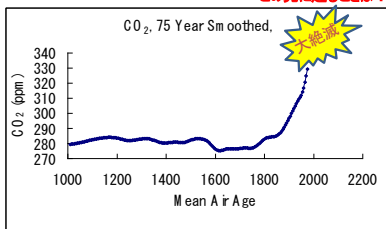
<http://timetraveler.html.xdomain.jp/>

地球上の炭素の分布



文明により、植生および土壌中の有機物は著しく減少した。

土壌生化学 (1994)



大気中二酸化炭素濃度の変動
(南極アイスコアデータより)

土壌学概論(2001)表 7.1で紹介 次のスライド

地球表層における炭素の分布 (Hunt 1972, Paul and Clark 1989, Eswaran 1993)

炭素貯蔵庫	CO ₂	存在量 (Gt)
陸上		
植物バイオマス		550
土壌有機炭素		1,500
大気中		
	1850 285 ppm	602
	1900 297 ppm	626
私が生まれた頃	1950 312 ppm	658
皆さんが生まれた頃	1999 367 ppm	772
	2019 415 ppm	873
海洋		
溶存 HCO ₃ ⁻		38,000
溶存有機物		600
浮遊有機物		3,000
地殻		4,000

地球上のバイオマス生産量と呼吸・燃焼量 (10⁹ t/year)

	バイオマス生産量	二酸化炭素生成量
植物体	500	34.5
動物	0.5	4.1
人間	0.1	0.7
微生物	1.0	112
火事		6.9
噴火		0.15
工場等		15
計	502	173.5

1人あたりのエネルギー消費

- 世界平均 1.7トン /年 (石油換算)
- 日本 4.1トン /年
- アメリカ 8.0トン /年
- 人間の生活は確実に大気CO₂濃度の増大をもたらす。
- CO₂を吸収・貯蔵してくれるのは、植物と土壌

人間活動によるCO₂ 発生

要因	二酸化炭素Cの 増加率 Gt (10 ⁹ t)/year
化石燃料の燃焼	7
土地利用変化	2.2



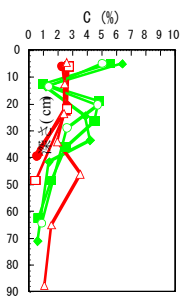
防風林内土壌



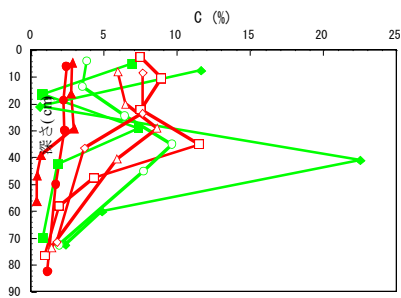
C3圃壌土壌

隣接する森林と圃壌の黒ボク土壌断面

乾性地点



湿性地点



未耕地と耕地における黒ボク土壌断面の炭素含量の変化

— 未耕地土壌 — 耕地土壌

土壌断面内の有機物の分布

- 土壌の乾湿による影響
- 気候変化
- 火山灰の降灰
- 耕耘による土壌有機物の著しい消耗

腐植物質とは

- 地球の表面で最も多量に存在する有機物 炭素として

1500 Gt (10⁹ t, 10¹² kg)

- 全ての植物バイオマスの3倍
- 大気中のCO₂の2倍

しかし先史時代には2100 Gtもの腐植物質炭素が存在していた。

植物栄養観の変遷

- J.Tull (18世紀始め) 耕うんの重要性
- A. von Thaer (18世紀始め)

土壌腐植養分説

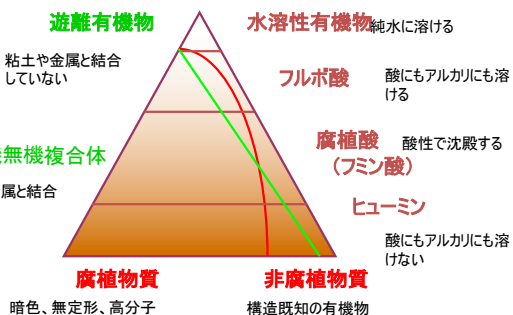
- Theodore de Saussure (19世紀始め) 光合成、植物にとっての無機養分の必要性
- J.B. Boussingault (1834) 窒素固定の発見
- J. von Liebig (1840) 無機養分説

腐植物質の機能

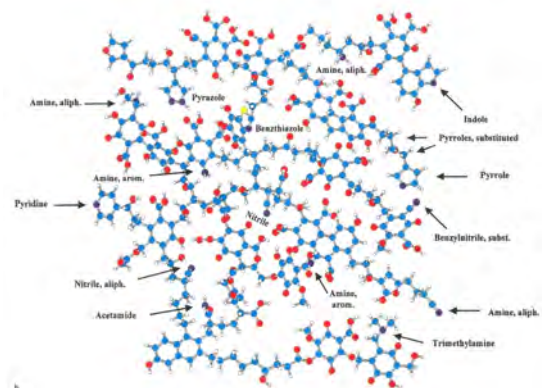
- 地球上の炭素循環における最大の貯蔵庫
- 地球温暖化の抑制
- 植物・微生物への養分供給
- 養分・水分保持
- 土壤物理性の維持改善
- 植物生育の促進

しかし、腐植は万能ではない。

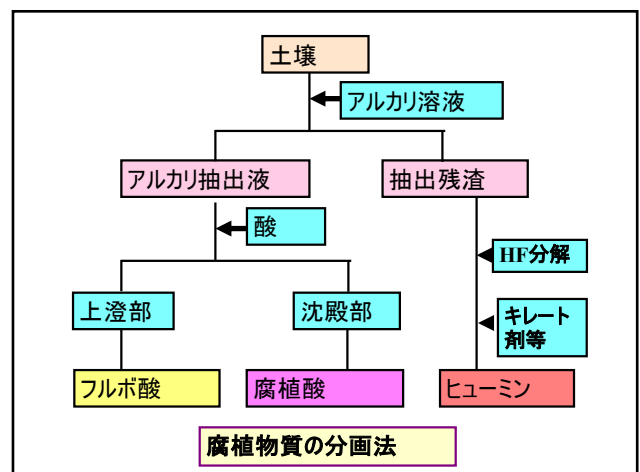
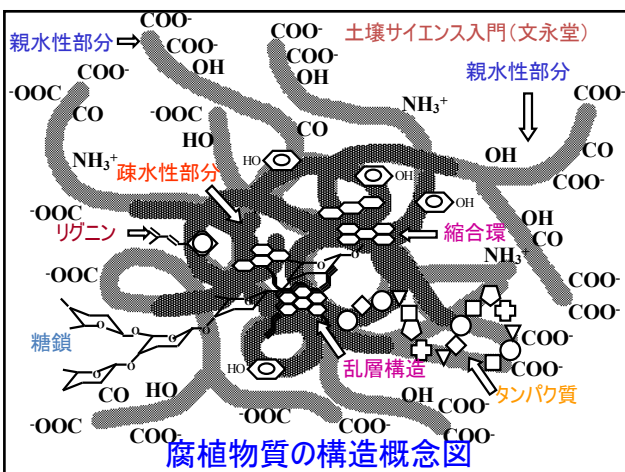
- 腐植物質だけでは、作物の生育を支えることができない。
 - 適正なpH
 - 好適な水分条件
 - 十分な無機養分
 - 生育阻害物質を含まない
- などと組み合わせの上に、その効力を発揮する。

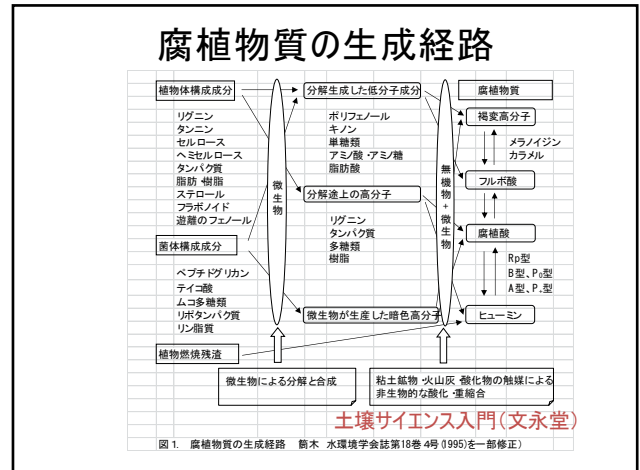
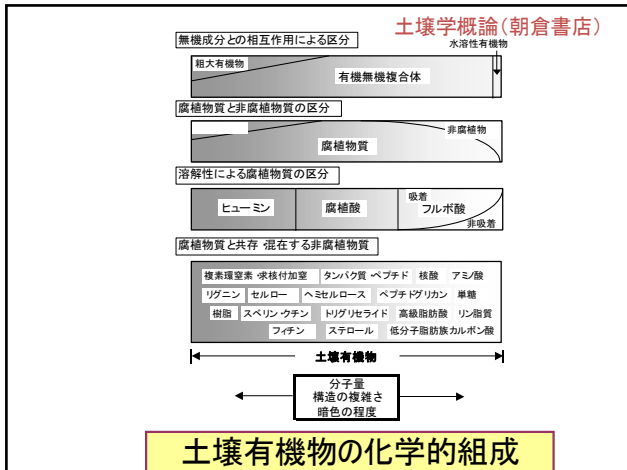


土壤有機物の構成概念



腐植酸の分子構造





地球上の窒素の存在部位とプールサイズ

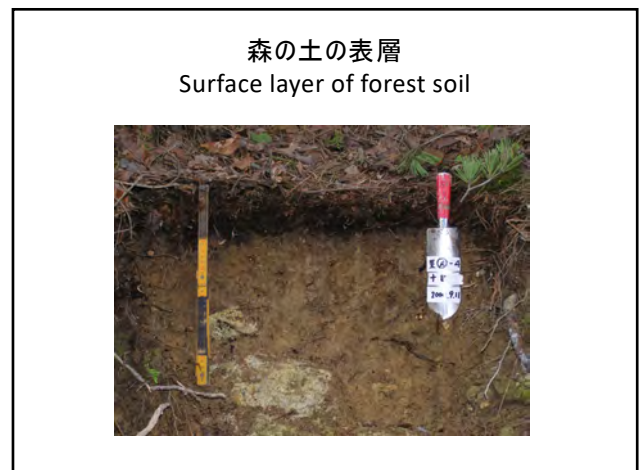
存在部位	10 ⁶ t
大気	3.9 × 10 ⁹
陸上 植物	15 × 10 ³
動物	0.2 × 10 ³
土壌有機物	150 × 10 ³
海洋 動植物	0.5 × 10 ³
溶液、沈殿物	1200 × 10 ³
このうち硝酸態窒素	570 × 10 ³

植物栄養学第2版(文永堂) ただし原著に誤記入あり

地球上のリンの存在部位とプールサイズ

存在部位	10 ⁶ t
陸上 生物	2.6 × 10 ³
リン鉱石	19 × 10 ³
土壌	96~160 × 10 ³
淡水	0.090 × 10 ³
海洋 生物	0.05~0.12 × 10 ³
可溶性無機リン	80 × 10 ³
沈殿物	840,000 × 10 ³

N, Pともに、土壌は陸上における最大の貯蔵庫である。 植物栄養学第2版(文永堂)



リター層 (堆積腐植層: A₀層またはO層) の構成

- **L層(Oi層)**:ほとんど未分解の有機物からなる。もとの組織が残っている。
- **F層(Oe層)**:肉眼でもとの組織を認められる程度に分解を受けた有機物からなる。
- **H層(Oa層)**:もとの組織が判別できないほど分解を受けた有機物からなる。

農耕の始まりと有機物施用

- 農耕地における有機物施用は、自然の有機物分解プロセスの模倣である。(熊田恭一)
- 自然の下では、植物は自らの落葉・落枝・枯死遺体と地下に伸張した根によって土を豊かにし、次世代の生育環境を整えた。

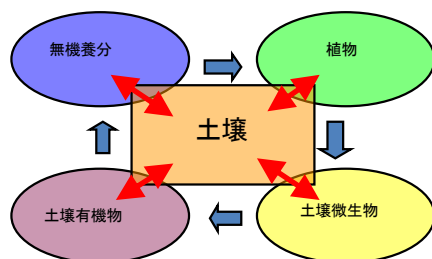
自然から離れる農業

- 現代の農業は、自然を模倣し、自然のプロセスに習うという段階を脱却した。
- そこから抽出した必須と思われるプロセスのみを利用し、付随する一見無駄なプロセスを切り捨てるようになった。
 - 化学肥料、農薬
 - 養液栽培
 - 有機物や土壌から離れた農業

自然循環からの離脱がもたらしたもの

- 農業による環境汚染
 - 残留した化学肥料成分や農薬・抗生物質
 - 処理しきれない家畜糞尿
- 農畜産物の安全性と健全性への不安
 - BSE牛海綿状脳症, O152による食中毒
 - 食品食肉中の残留農薬や残留抗生物質
 - 食品品質(ビタミン・微量元素)、食味の低下

土壌有機物の役割



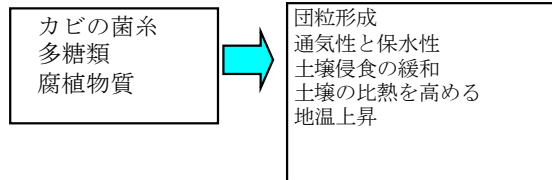
土壌有機物の役割

- 養分の供給 (分解による養分放出: N、P、S、塩基、微量元素)
- 養分の保持 (腐植の陽イオン交換能)
- 物理性への貢献 (団粒構造 水分保持)
- 生物性への貢献 (微生物の種類と量を豊富にする)

土壌有機物の役割

- a. 土壌の物理的性質の向上
- b. 土壌の化学的・生物的性質の向上
- c. 植物生育促進効果

a. 土壌の物理的性質への有機物の貢献



b. 化学的および生物的性質への有機物の貢献

陽イオン・陰イオンの保持
 無機養分の移動と輸送
 人工汚染物質の不活性化
 プロトン (H⁺) 供与体
 生理活性の増大
 養分をバランス良く供給
 微生物への養分供給
 病原菌への拮抗作用

c. 植物生育促進効果への有機物の貢献

発芽や発根の促進
 根や茎の生育促進
 養分元素と錯体を形成
 植物による養分吸収を促進
 ホルモンに類似した作用
 細胞膜の透過性を促進
 光合成、呼吸活性・各種酵素活性促進
 作物体タンパク質含量抑制、糖含量増大

 冷害・異常気象下での作物生育への障害を軽減

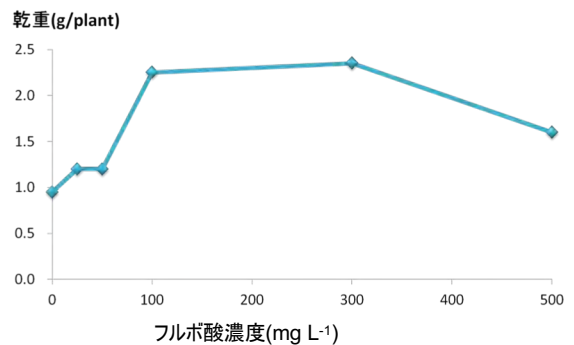
各種植物への腐植酸Naの影響

コノワ 土壌有機物 菅野他訳 農文協 S.51

	植物	水	腐植酸Na 6-60 ppm
一次根の長さ (mm)	春小麦	68±1	200±23
	冬小麦	75±1	378±46
	イネ	90±7	152±12
茎長 (mm)	春小麦	139	192
	冬小麦	201	232
	イネ	140	171

フルボ酸濃度とキュウリ地上部生育

Rauthan & Schnitzer 1981



有機質肥料・堆肥

養分の供給

(緩効性肥料、総合的肥料として、化学肥料と違い、土壌を酸性化させない。)

物理性への貢献

生物性への貢献

土壌生物の役割

作物残渣の分解

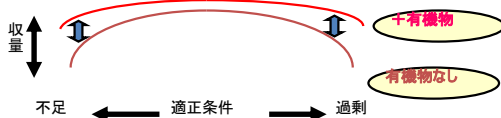
養分供給 (バイオマス中の養分、有機物の分解、風化の促進)

植物との共生 (窒素固定、V.A. 菌根菌)

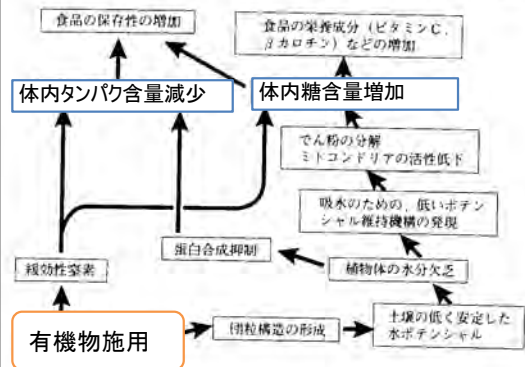
病原菌の抑制

植物生育促進効果

植物ホルモン作用
冷害・異常気象下での障害軽減
養分不足・過剰下での安定生産



有機物施用に伴う品質向上メカニズム(森 1996)



有機物施用の目的と効果

- 土壌の透水性など物理性が改善され、根が発達する。(土壌改良資材として)
- 地力窒素の緩効的な発現と土壌水分の適切な保持等により、収量と品質が向上する。
(緩効性肥料として)

有機物施用の効果が上がりにくい要因

- 過剰な施用による養分過剰障害と品質低下
- 未熟堆肥施用による根の障害
- 排水不良水田での堆肥の分解の遅れ

日本の農耕地における 有機物施用の現状

- 普通畑における有機物投入量
農林水産省「土壌環境基礎調査」

期間	投入量 (kg / 10 a)
1979 - 1983	2,210
1984 - 1988	1,834
1989 - 1993	1,658
1994 - 1998	1,594

日本の農耕地における 有機物施用の現状

- 水田における有機物投入量
農林水産省「生産費調査」

期間	堆肥投入量 (kg / 10 a)	稲わら投入量 (kg / 10 a)
1985 (S60)	203	249
1996 (H8)	114	342
2006 (H18)	84	351

有機物投入量低下の影響

- 地力窒素の減少
- 土壌の緻密化による根の伸長阻害
- 土壌生物相の貧相化と病原微生物の蔓延
- 化学肥料および農薬への依存傾向の増大

土壌の腐植含量を維持すること

- 土壌の腐植含量は作物の生育に大きく影響するので、減少傾向は望ましくない。
- しかし、腐植含量を高めすぎると収量、品質が低下したり、病害虫にかかりやすくなることもある。
- 適正な腐植含量は、作物、土壌の種類、気象条件によって異なるので、適正水準を維持する必要がある。