

# 作物生産と有機物施用

Crop production and organic matter amendment

## 植物生産土壌学 3-1(前半)

陸上生態系における有機物

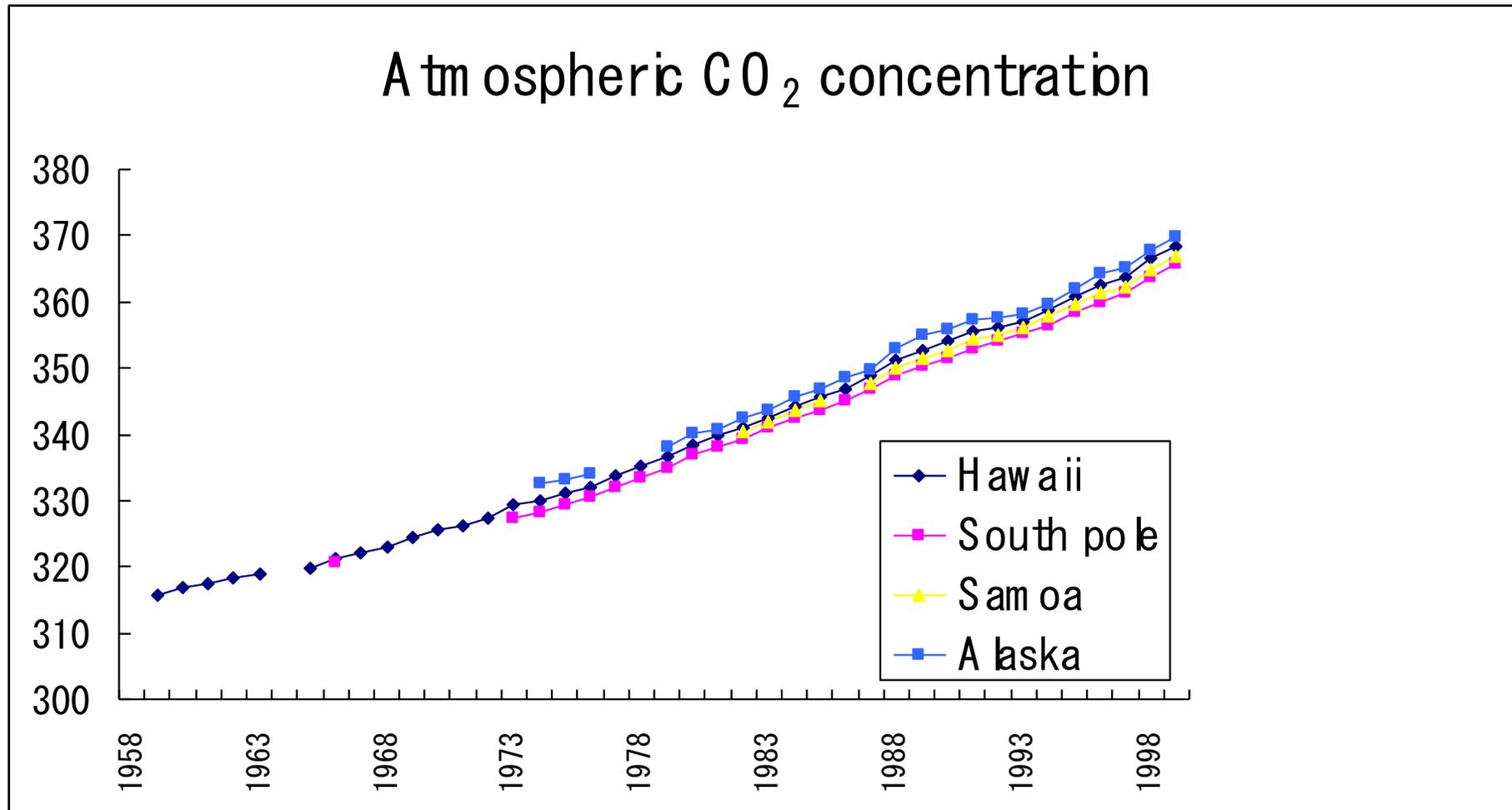
耕地土壌における有機物

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

# 土の有機物

- 陸上生態系における有機物
- 耕地土壌における有機物
- 農地に施用する有機物

# 大気中二酸化炭素濃度の増大



# 世界のエネルギー消費 (2003)

種類	消費量(石油換算億トン)	
石油	36.4	85.5
天然ガス	23.3	
石炭	25.8	
原子力	6.0	12.0
水力	6.0	

CO<sub>2</sub>発生

# 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CO<sub>2</sub>濃度の増大をもたらす。
- CO<sub>2</sub>を吸収・貯蔵してくれるのは、植物と土壌

# 地球上のバイオマス生産量と呼吸・燃焼量 (10<sup>9</sup> 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

**表 7. 1 地球上の炭素の貯蔵庫** 土壌学概論(朝倉書店)  
 (Hunt 1972、Paul and Clark 1989、Eswaranら 1993に加筆)

貯蔵庫	存在量	10 <sup>9</sup> Ma
<b>陸地</b>		
植物バイオマス		550
土壌有機炭素		1500
大気	1850年 (CO <sub>2</sub> 285 ppm)	602
	1900年 (CO <sub>2</sub> 297 ppm)	626
	1950年 (CO <sub>2</sub> 312 ppm)	658
	1999年 (CO <sub>2</sub> 367 ppm)	772
<b>海洋</b>		
溶存炭酸塩		38000
溶存有機物		600
固形浮遊物および堆積物中の有機物		3000
地殻 (化石燃料)		4000

CO<sub>2</sub>濃度は南極Law Domeのアイスコアのデータによる。

出典 :Etherlidge, et al., CSIRO, Australia

<http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/co2/lawdome.html>

## 人間活動によるCO<sub>2</sub> 発生

要因	二酸化炭素Cの 増加率
----	----------------

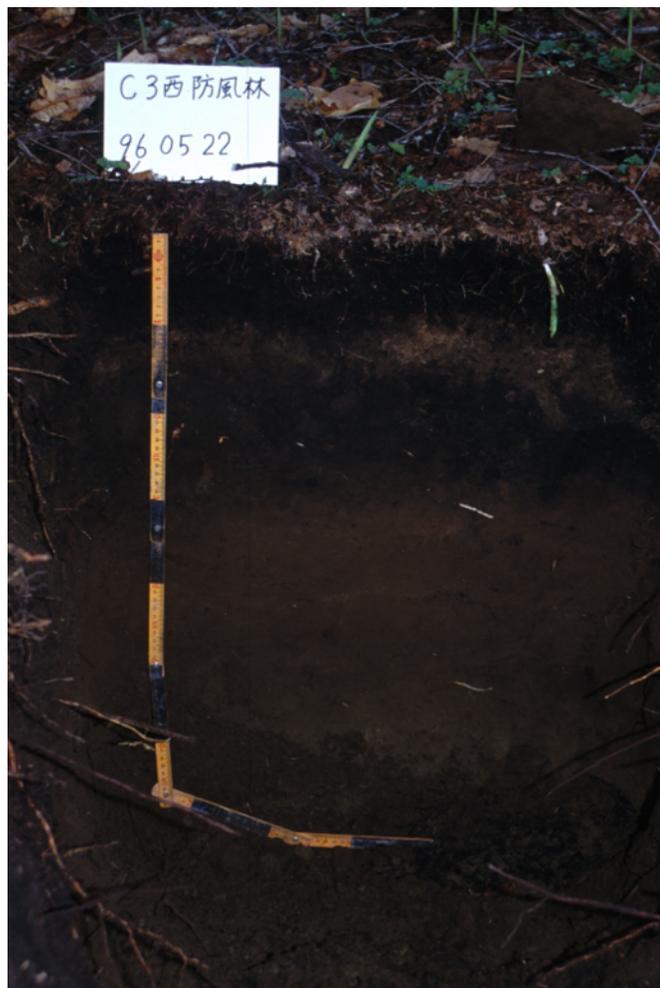
---

Gt (10<sup>9</sup> t)/year

化石燃料の燃焼	7
---------	---

土地利用変化	2.2
--------	-----

---



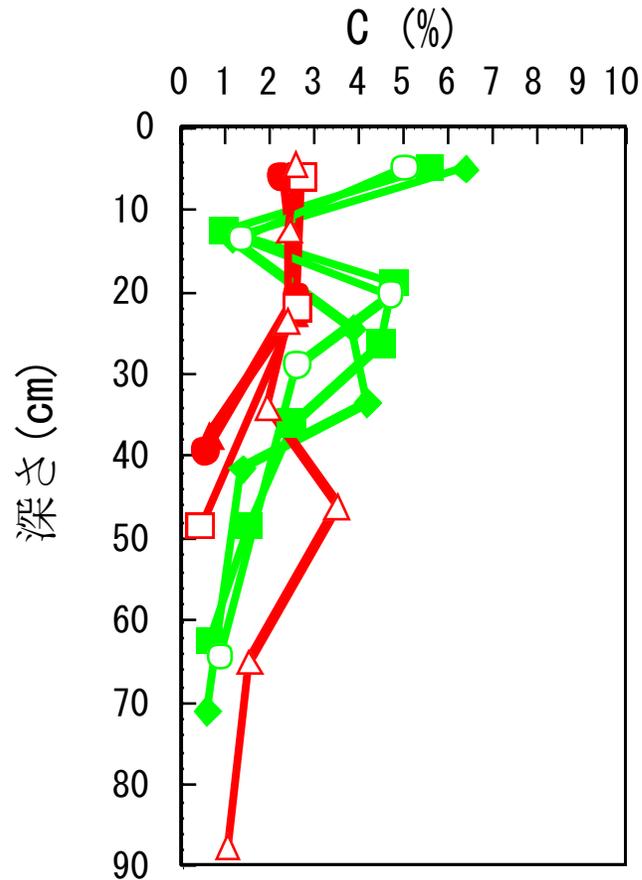
防風林内土壤



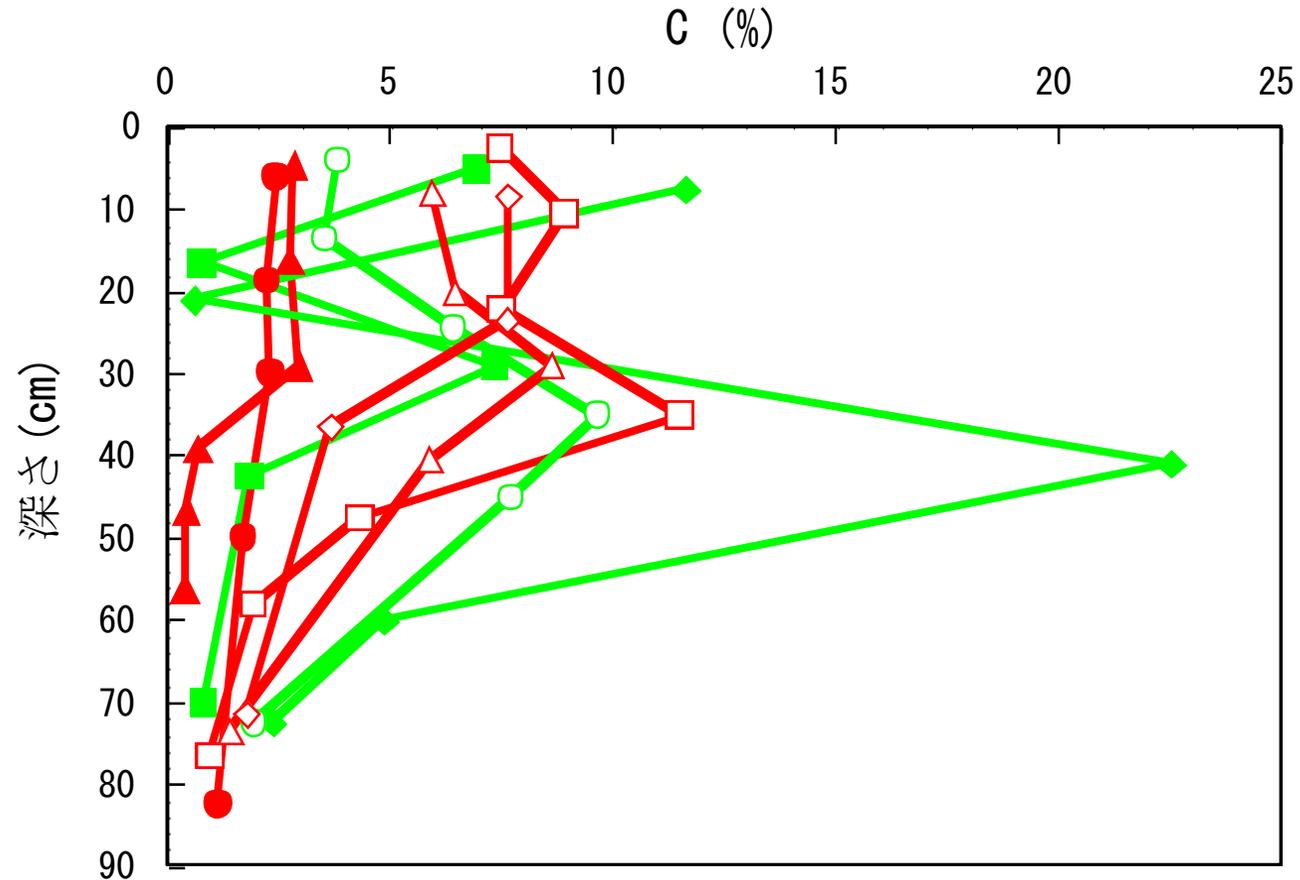
C3圃壤土壤

隣接する森林と圃場の黒ボク土壤断面

### 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



# 土壤断面内の有機物の分布に影響する要因

- 土壤の乾湿による影響
- 気候変化
- 火山灰の降灰
- 耕耘による土壤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 ( $10^9$  t,  $10^{12}$  kg)

- 全ての植物バイオマスの3倍
- 大気中のCO<sub>2</sub>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

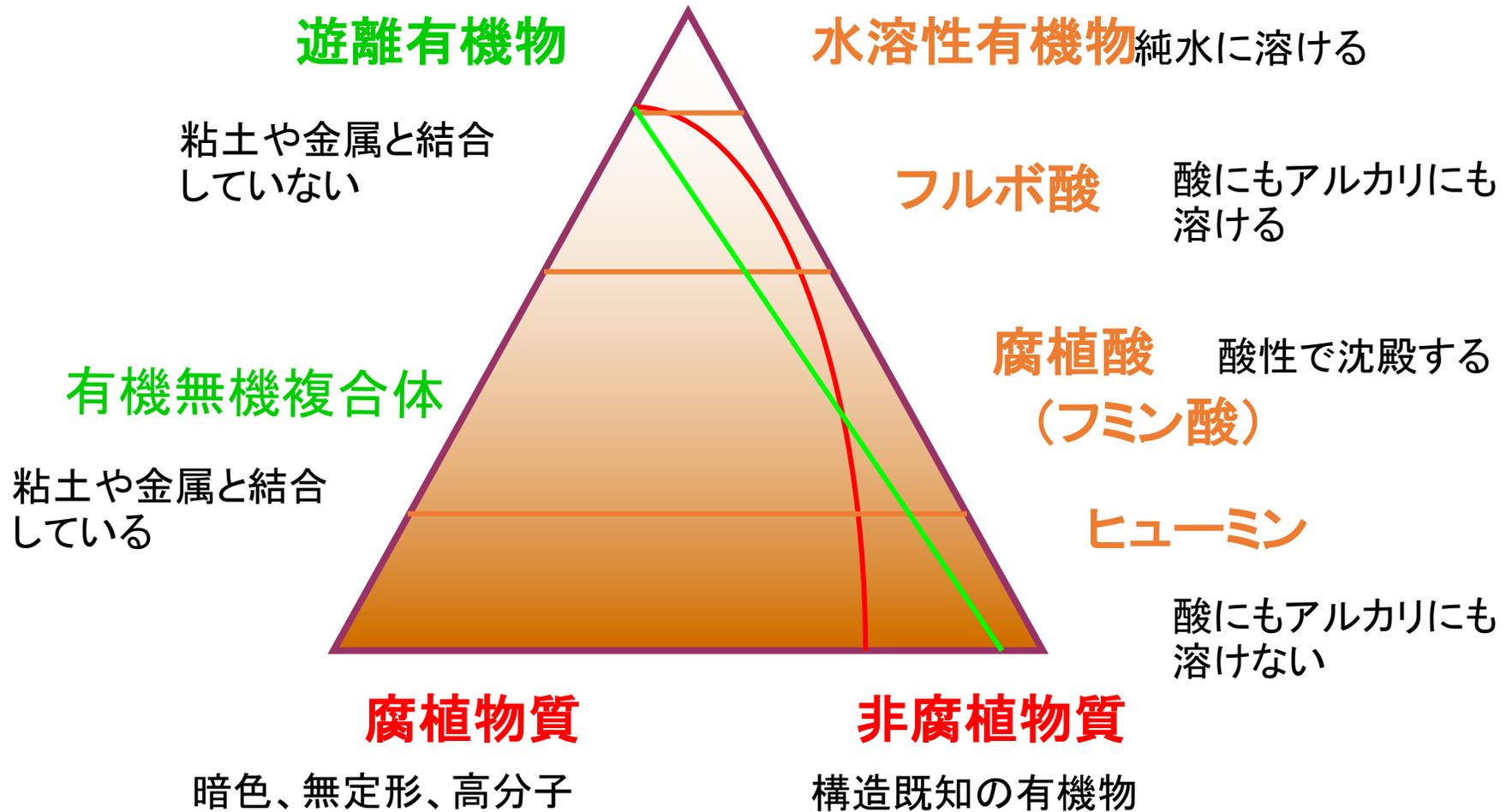
- J.Tull (1674-1741) 耕うんの重要性 作物の根は水と一緒に土の粒子を吸収する。
- Van Helmont (1579 -1644) ヤナギの木の栄養分は水である
- A. von Thaer (1752-1828) 土壤腐植養分説
- Theodore de Saussure (1767-1845)  
光合成、植物にとっての無機養分の必要性
- J.B. Boussingault (1802-1887) 光合成と窒素固定の発見
- C. Sprengel (1787-1859) 養分元素の選択吸収、最少養分律
- J. von Liebig (1803-1873) 無機養分説
- Laws (1814-1900) and Gilbert (1817-1901) 窒素肥料の重要性  
ローザムステッド農業試験場の開設

# 腐植物質の機能

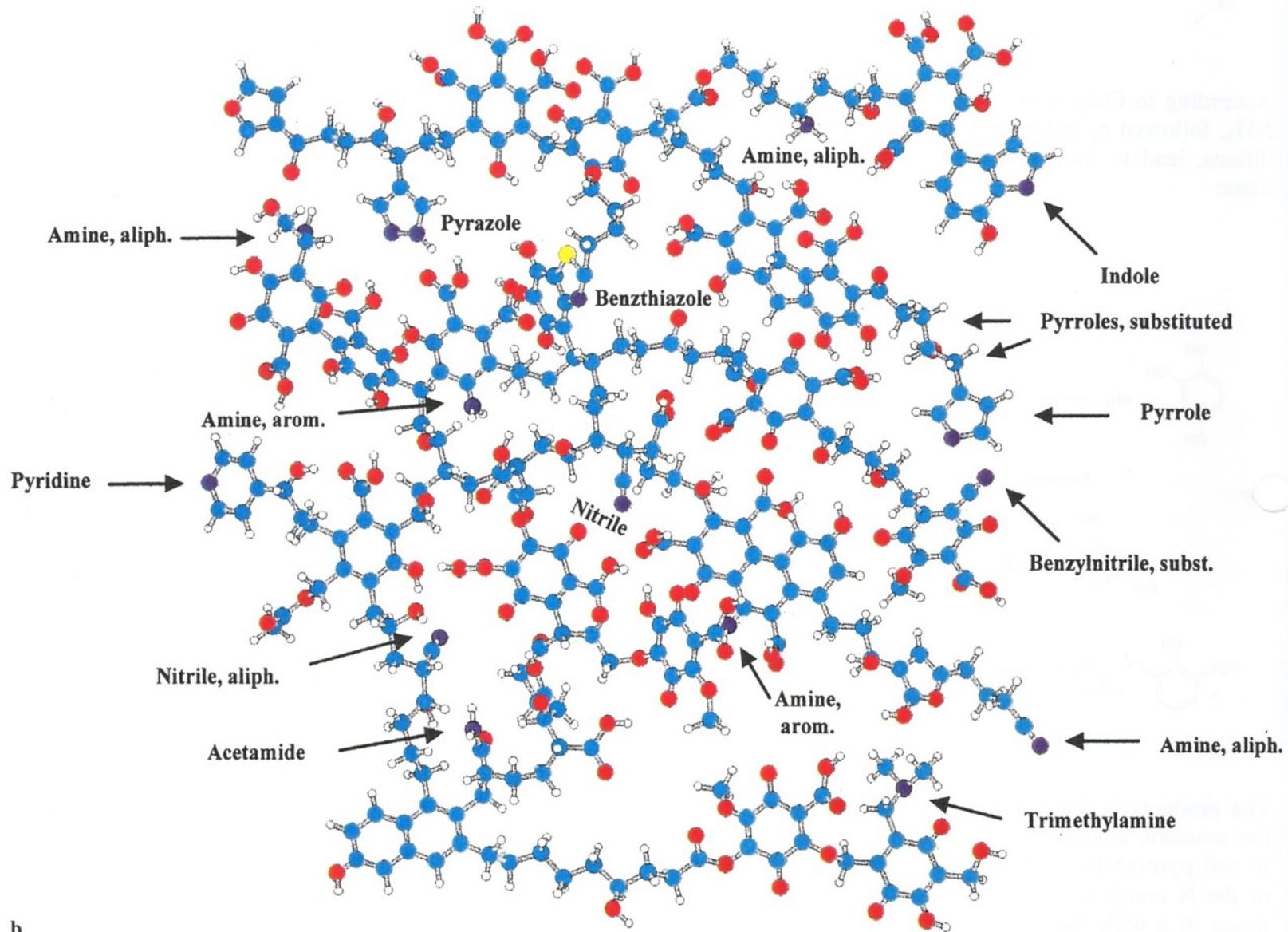
- 地球上の炭素循環における最大の貯蔵庫
- 地球温暖化の抑制
- 植物・微生物への養分供給
- 養分・水分保持
- 土壌物理性の維持改善
- 植物生育の促進

# 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、その効力を発揮する。

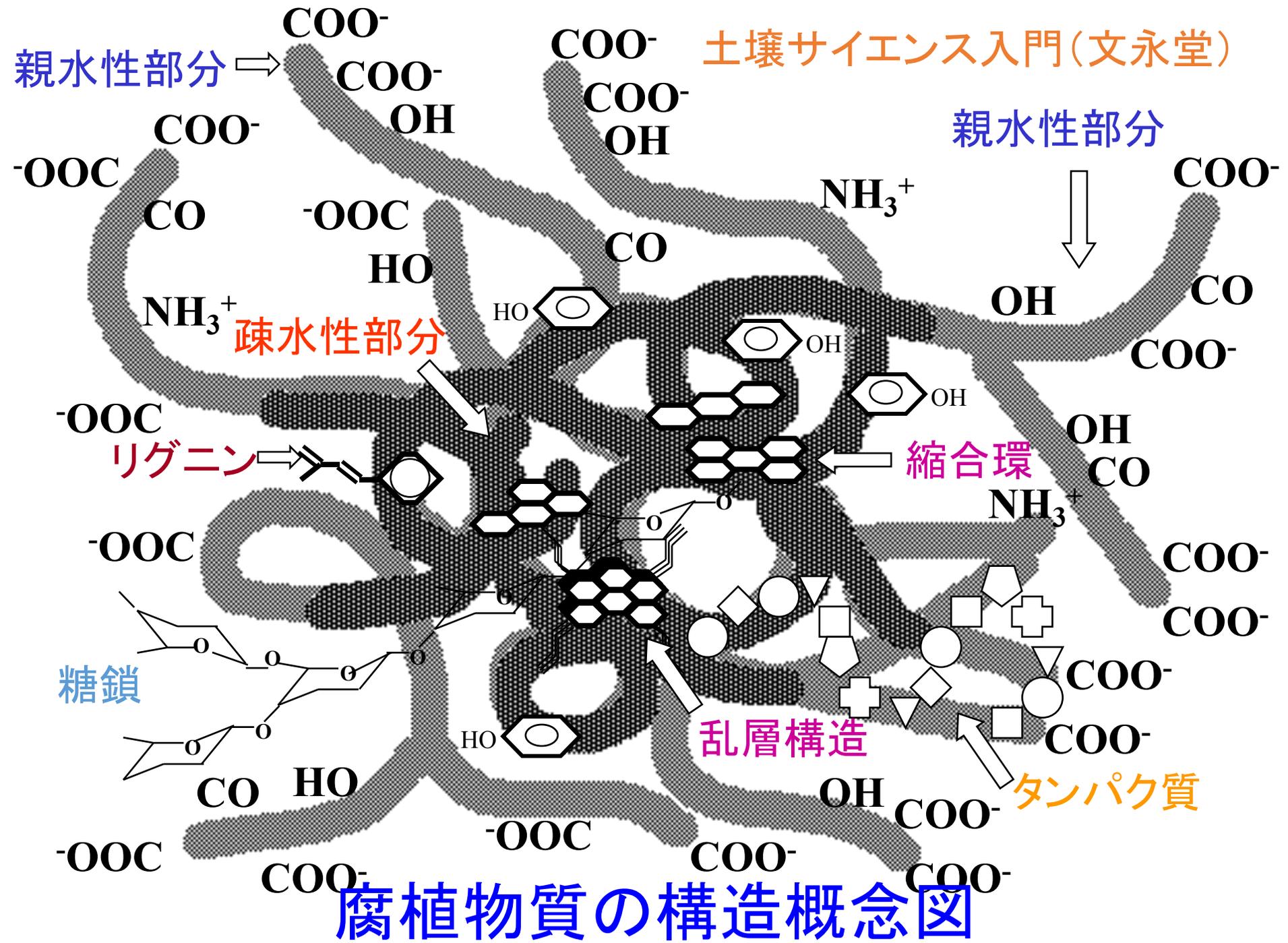


# 土壌有機物の構成概念

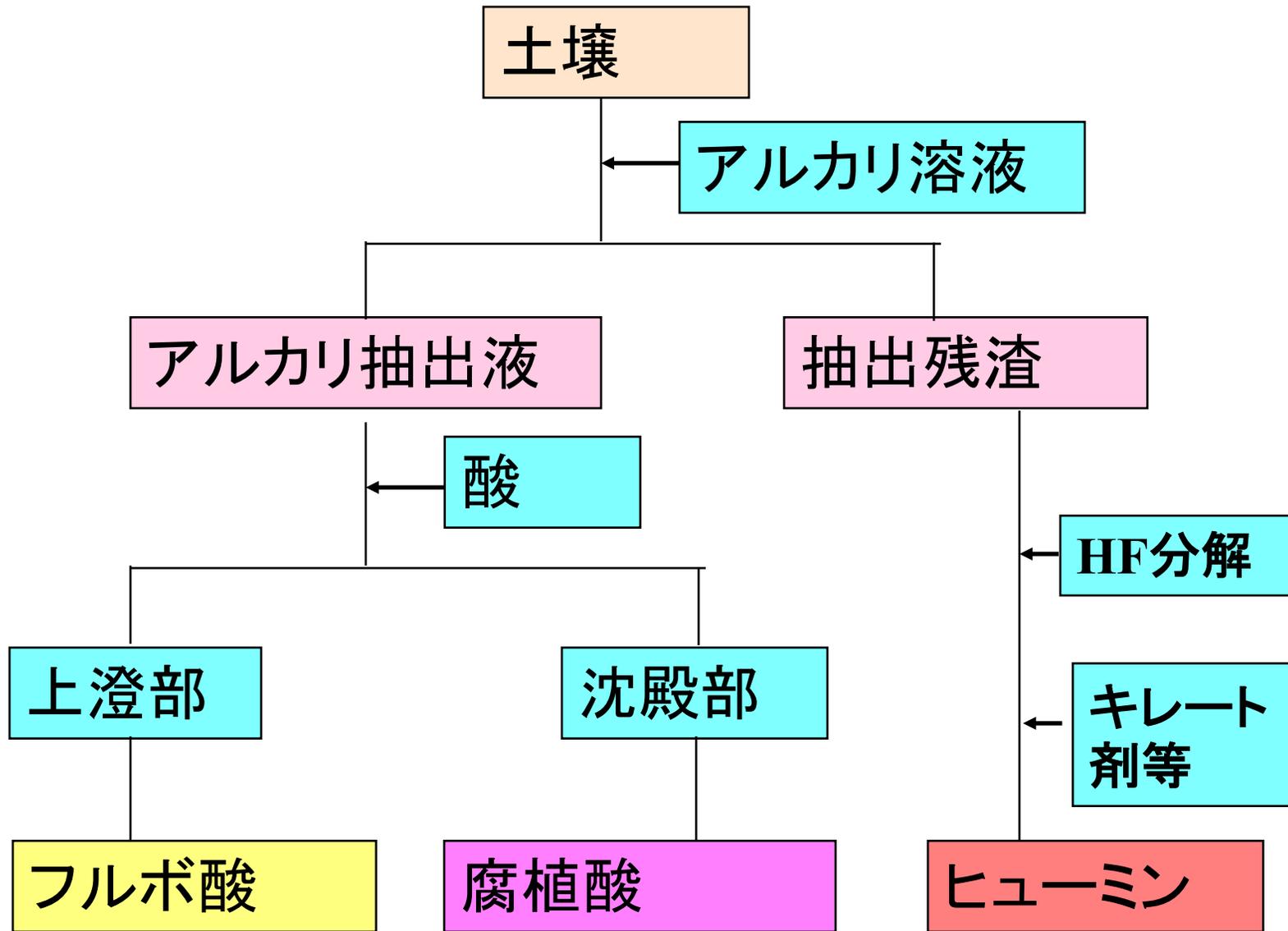


b

# 腐植酸の分子構造



腐植物質の構造概念図



腐植物質の分画法

## 無機成分との相互作用による区分



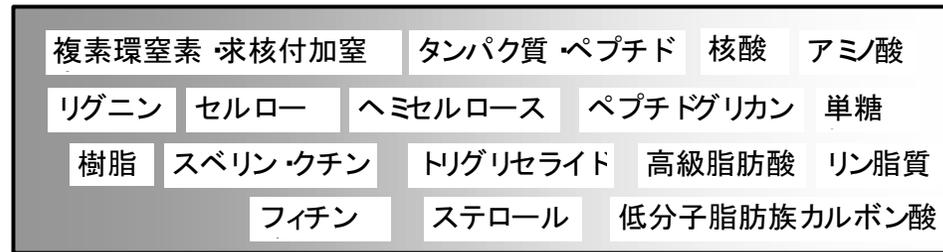
## 腐植物質と非腐植物質の区分



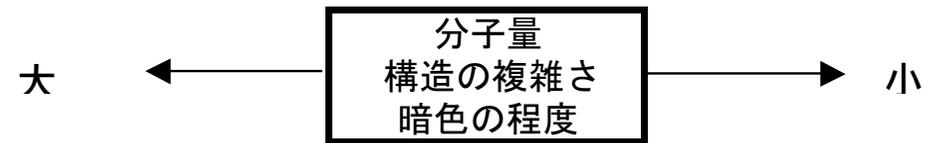
## 溶解性による腐植物質の区分



## 腐植物質と共存・混在する非腐植物質

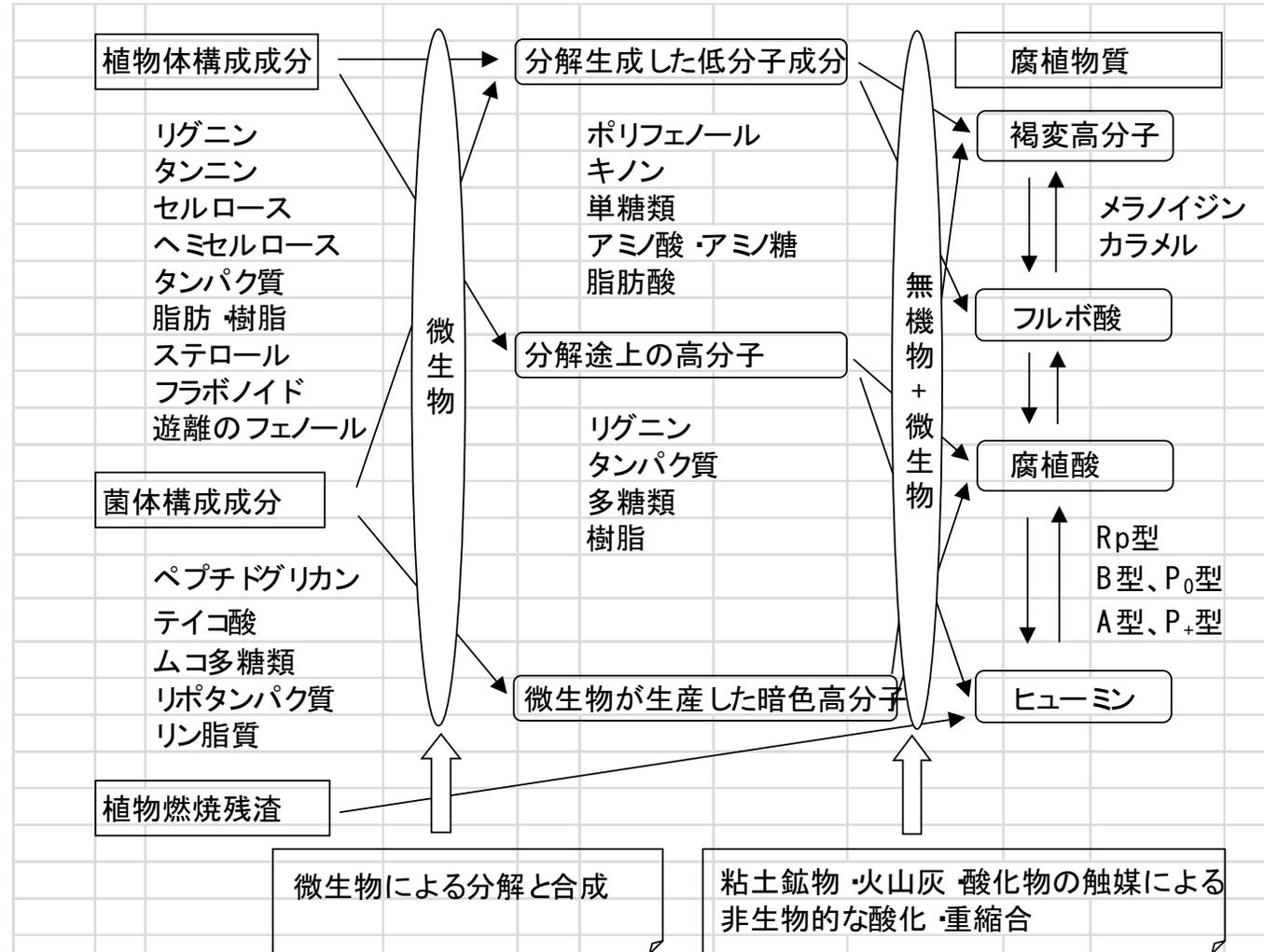


← 土壌有機物 →



# 土壌有機物の化学的組成

# 腐植物質の生成経路



土壌サイエンス入門(文永堂)

図 1. 腐植物質の生成経路 筒木 水環境学会誌第18巻 4号 (1995)を一部修正)

# 地球上の窒素の存在部位とプールサイズ

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

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	$2.6 \times 10^3$
リン鉱石	$19 \times 10^3$
土壌	$96 \sim 160 \times 10^3$
淡水	$0.090 \times 10^3$
海洋 生物	$0.05 \sim 0.12 \times 10^3$
可溶性無機リン	$80 \times 10^3$
沈殿物	$840,000 \times 10^3$

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)



岐阜県八百津のアカマツ林  
Red pine forest in Gifu prefecture



# 森の土の表層 堆積腐植層、A層、B層、C層の移り変わり

Surface layer of forest soil



# リター層 (堆積腐植層: A<sub>0</sub>層またはO層) の構成

- **L層(O<sub>i</sub>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(O<sub>e</sub>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(O<sub>a</sub>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。

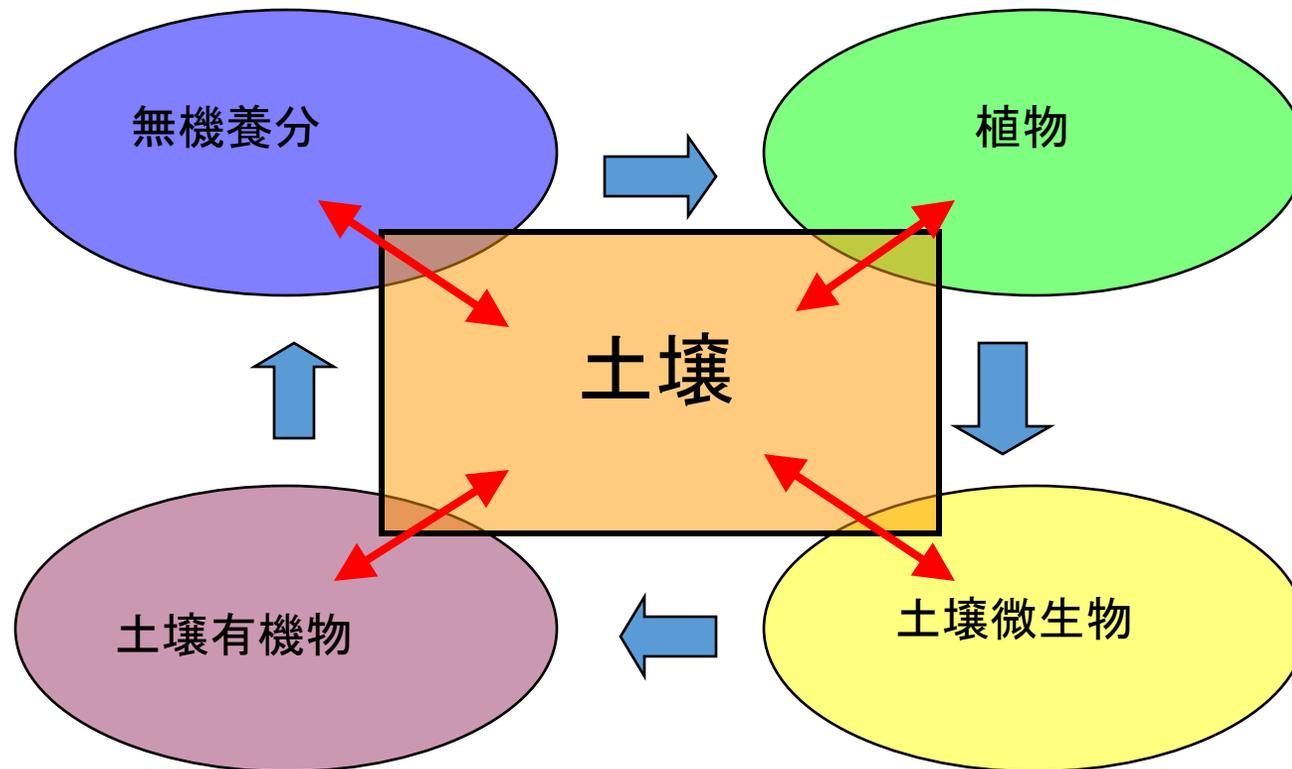
# 農耕の始まりと有機物施用

- 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)
- Organic matter application in agriculture is an imitation of natural process in organic matter decomposition. (K. Kumada)
- 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

# 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)

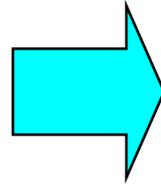
生物性への貢献 (微生物の種類と量を  
豊富にする)

# 土壤有機物の役割

- a . 土壤の物理的性質の向上
- b . 土壤の化学的・  
          生物学的性質の向上
- 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

カビの菌糸  
多糖類  
腐植物質



団粒形成  
通気性と保水性  
土壌侵食の緩和  
土壌の比熱を高める  
地温上昇

## 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

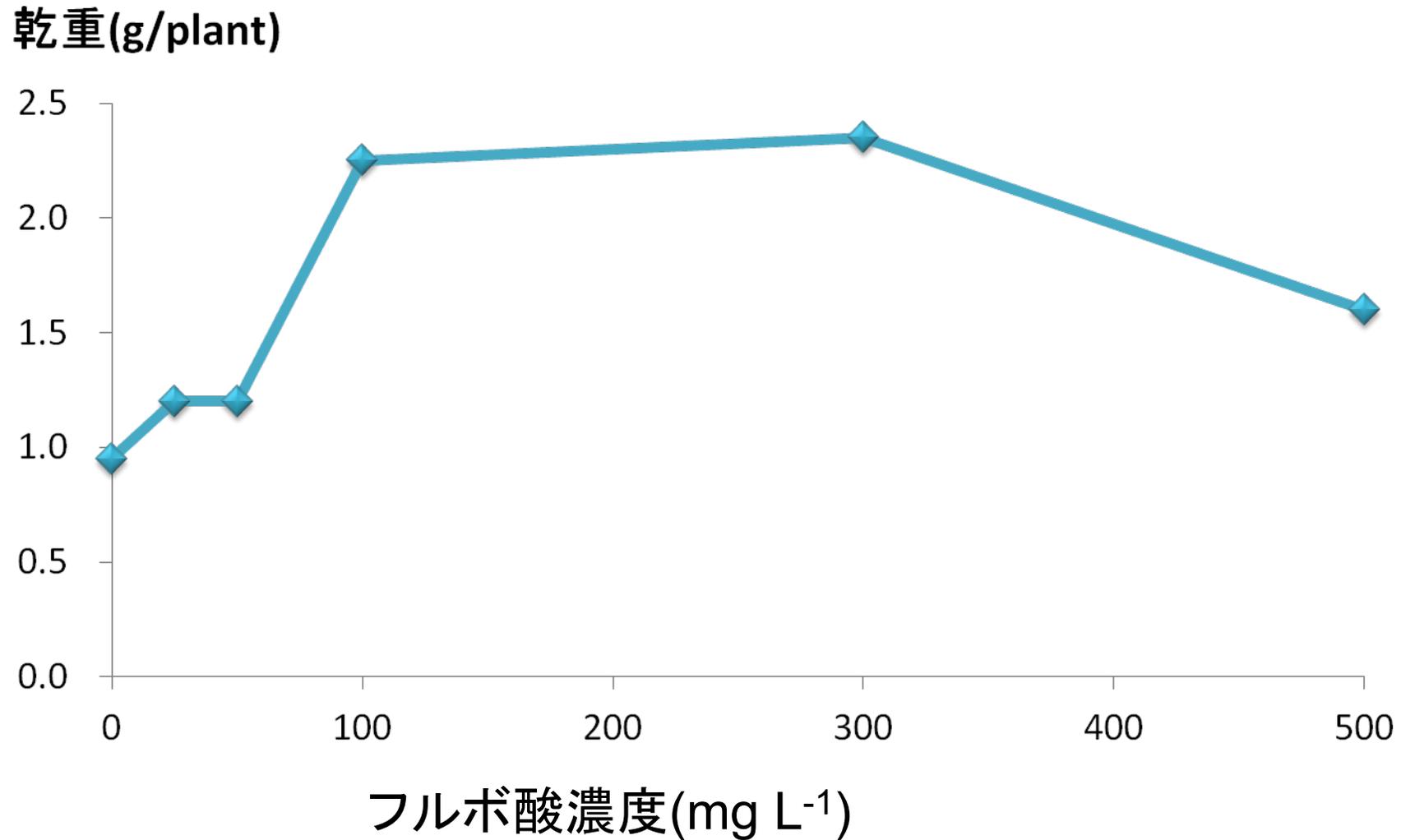
# 各種植物への腐植酸Naの影響

コノワ 土壤有機物 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
莖長 (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

# 土壤生物の役割

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）

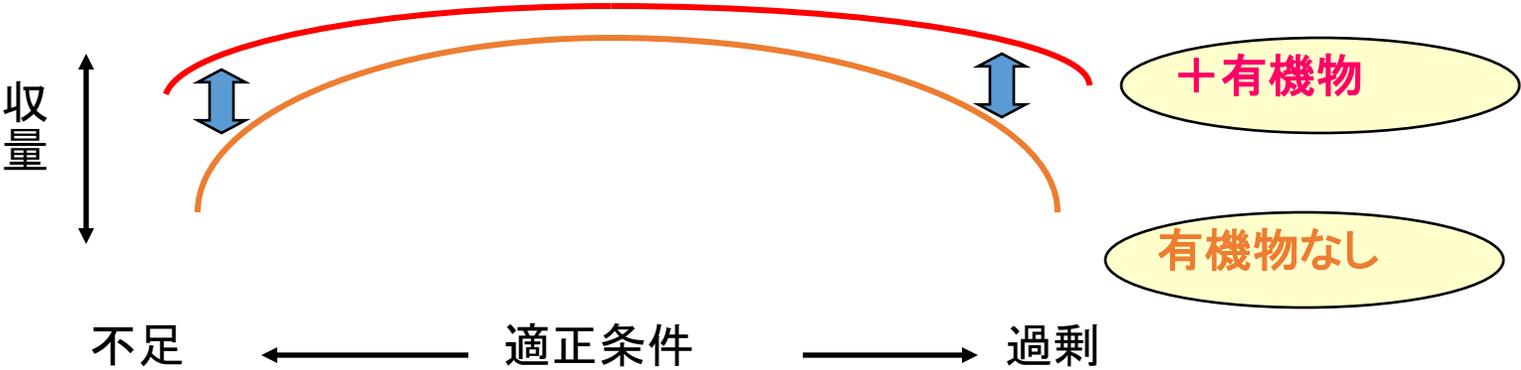
病原菌の抑制

# 植物生育促進効果

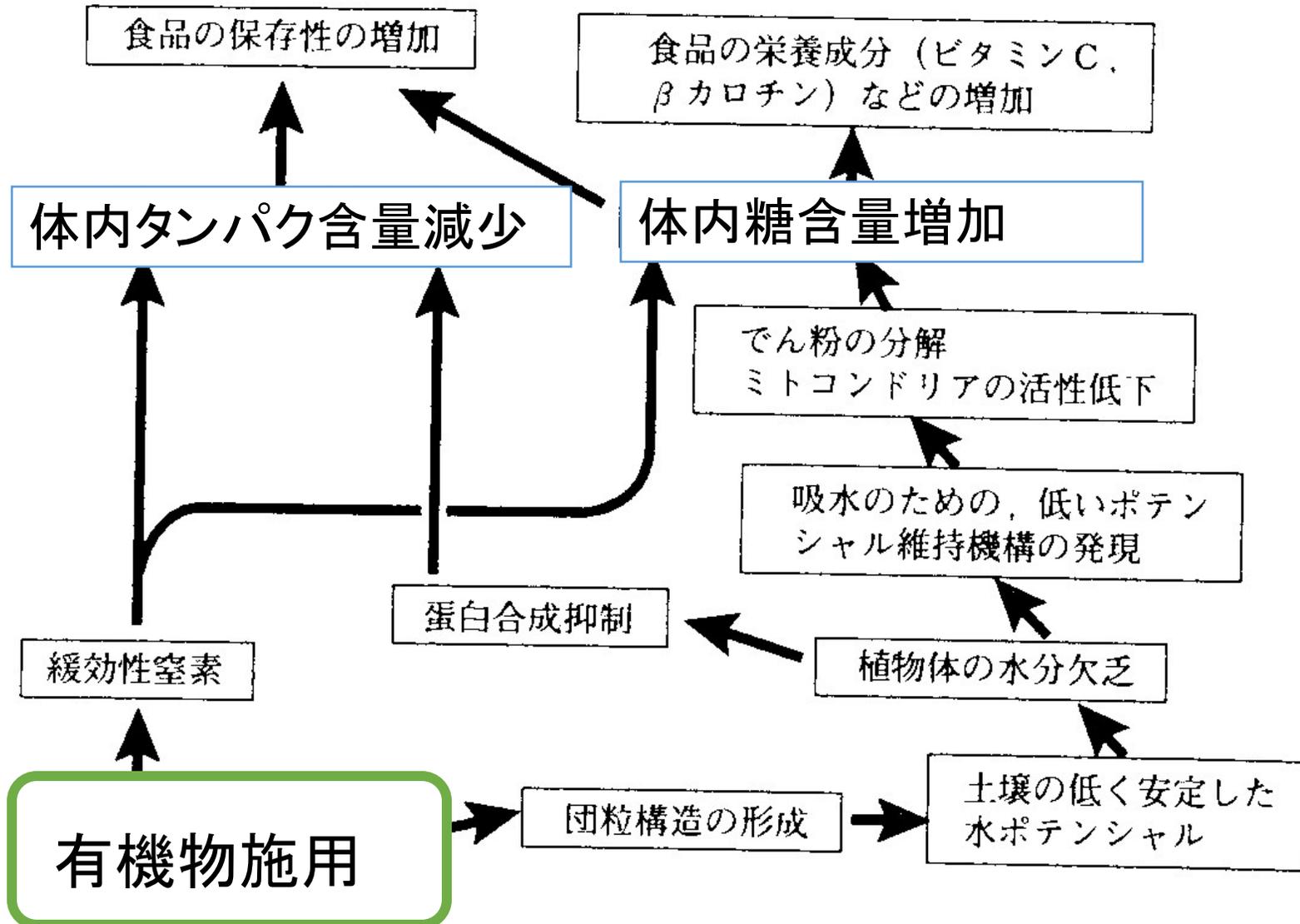
植物ホルモン作用

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。
- 温暖化を抑止し、人間の生存基盤としての土壌を保全するために、土壌腐植の維持は不可欠である。