

土と水の科学

「はたらく土」

Working soil

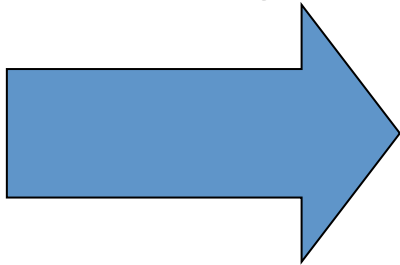
土壌の機能

Functions of Soil

筒木 潔

# 土の機能

- 65億5000万人を養う
- 陸上の全ての生命を養う
- Soil supports the lives of 6550 million people on the earth.



どのように？

How?

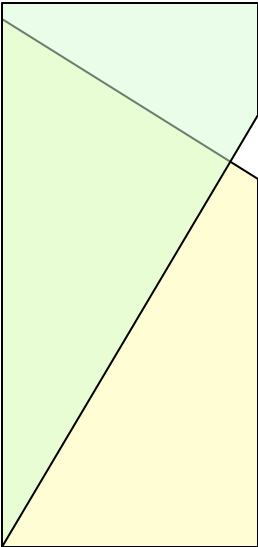
# 土の機能

- 植物を育てる。(生産機能)
- 水を保持する。(保水機能)
- 有機物や化学物質を分解し浄化する。  
(分解浄化機能)

Plant production, Water retention, Organic matter and pollutant decomposition

# 土壌中のプラスとマイナス荷電

Positive and negative charges in soil

プラスの荷電		マイナスの荷電
$\text{NH}_4^+$		粘土鉱物
$\text{K}^+$		腐植物質
$\text{Na}^+$		$\text{NO}_3^-$
$\text{Ca}^{++}$		$\text{H}_2\text{PO}_4^-$
$\text{Mg}^{++}$		$\text{HPO}_4^{2-}$
$\text{H}^+$		$\text{SO}_4^{2-}$
$\text{Al}^{+++}$		$\text{Cl}^-$

粘土鉱物や腐植物質は多くのマイナス荷電を持っているため、多くの養分を保持できる。

Clay and humic substances load large amount of negative charges.

# 粘土鉱物と腐植物質

Clay minerals and humic substances

粘土鉱物とは **What is clay mineral ?**

1次鉱物や火山灰が風化して、土壤中で新たに生成した鉱物

腐植物質とは **What is humic substance ?**

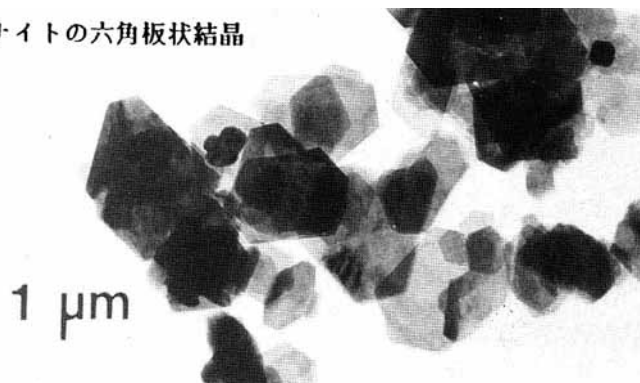
土壤中で生成した安定で複雑な構造をもつ暗色～黒褐色の有機物

これらが多いほど、豊かな土壌といえる。

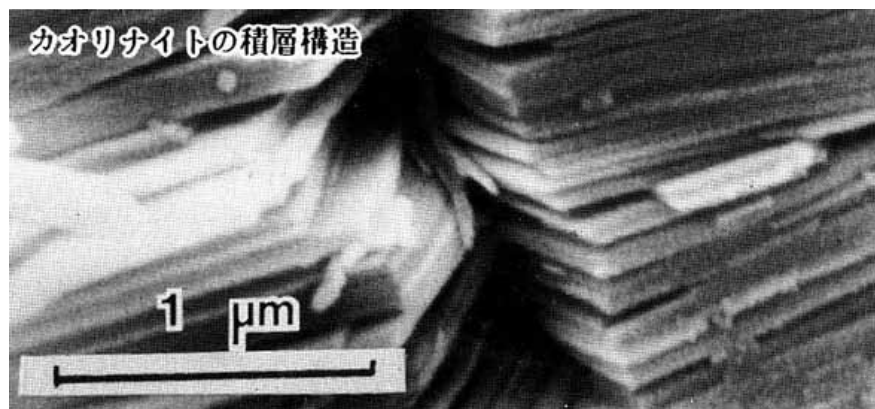
**They are responsible for fertile soils.**



カオリナイトの六角板状結晶

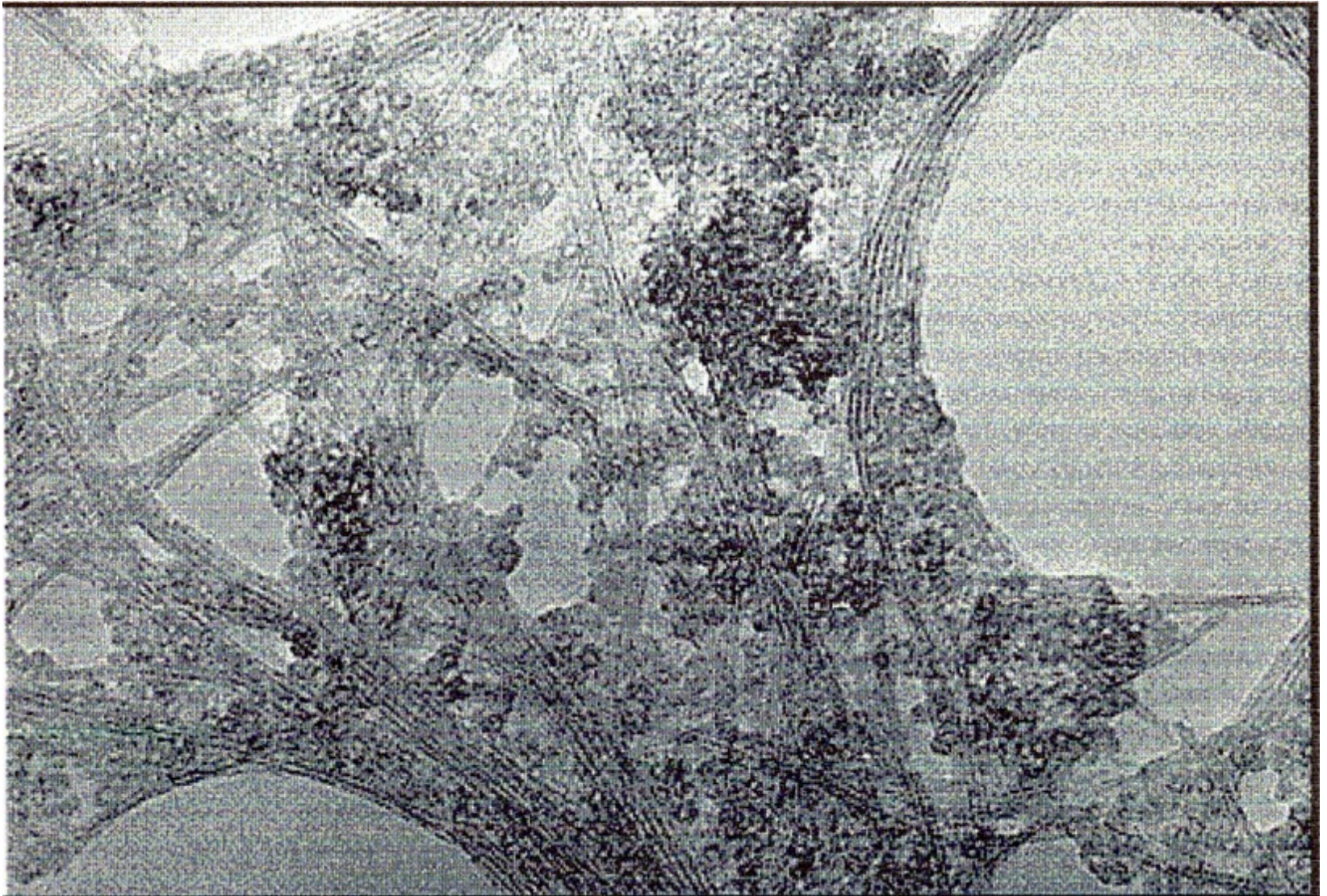


カオリナイトの積層構造



カオリナイト (Kaolinite)

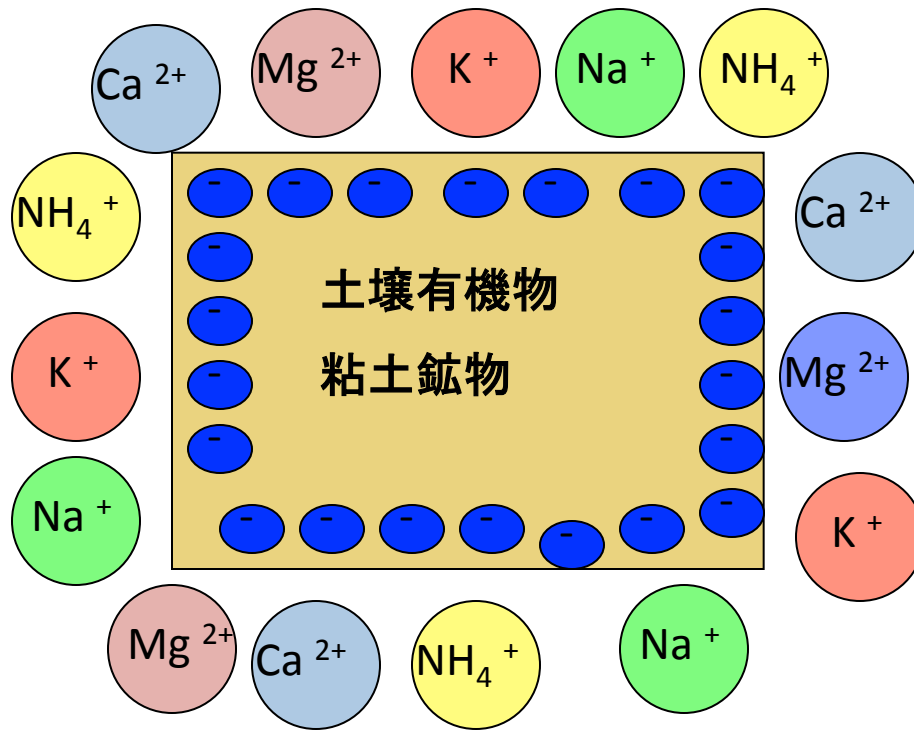




# イモゴライトとアロフェン

(Imogolite and allophane)

愛媛大学 吉永長則教授 撮影



# 土壤有機物と粘土鉱物

Soil organic matter and clay minerals



# 窒素循環における土壌の役割

地球表面の窒素  $197 \times 10^{15}$  トン

大気中の窒素  $3.9 \times 10^{15}$  トン (土壌中窒素の5万5千倍)

土壌・地球表層・海洋  $4 \times 10^{14}$  トン

土壌中の窒素  $7 \times 10^{10}$  トン (= 70 Gt, 700億t)

陸上生物中の窒素  $1 \times 10^{10}$  トン (= 10 Gt, 100億t)

生物的窒素固定量  $1.8 \times 10^8$  トン/年 (= 0.18 Gt 1.8 億t)

**窒素は地球上に莫大に存在するが、  
利用できる窒素は非常にわずか**

# Abundance of N on earth

Location	Abundance of Nitrogen (ton, Mg)
Total on earth crust	$197 \times 10^{15}$
Atmosphere	$3.9 \times 10^{15}$
Soil and Ocean	$4 \times 10^{14}$
Soil	$7 \times 10^{10}$
Biota on terra	$1 \times 10^{10}$
Biological fixation	$1.8 \times 10^8$

In spite of enormous abundance, amount of available N is very scarce.

# 窒素循環における土壌の役割

## Role of soil in nitrogen cycle

- 土壌は、利用しにくい窒素を、利用可能な形に固定する場所
- Hardly available nitrogen can be transformed to available forms in soil

# 窒素固定による窒素の供給

## Nitrogen fixation

生物的窒素固定 (Biological)

年間 1億8000万トン 180 Mil. t /year

非生物学的な窒素固定 (Non-biological)

雷 年間 5000万トン

(Thunder 50 Mil. t /year)

肥料 年間 8000万トン

(Fertilizer 80 Mil. t /year)

# マメ科植物による窒素固定

- 世界中で  $250 \times 10^6$  ha のマメ科植物が栽培され、平均  $140 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  の窒素を固定
- 世界の農耕地面積  $1406 \times 10^6$  ha、
- 日本の農耕地面積  $5.1 \times 10^6$  ha
- 日本の畑における窒素施肥量  $140 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$

18%  
50倍

# 植物体中に含まれる窒素とリンの含量

	窒素 (%)	リン (%)
落葉広葉樹林	2.4 - 2.9	0.12 - 0.33
落葉針葉樹林	2.0 - 2.5	0.14 - 0.22
マツ類	0.9 - 1.2	0.05 - 0.13
常緑広葉樹林	1.3 - 1.9	0.07 - 0.11
常緑針葉樹林	0.9 - 1.5	0.06 - 0.19
スギ林	0.9 - 1.3	0.08 - 0.13
自然草地 (ススキ)	1.5 - 2.0	0.10 - 0.17
水田	1.5 - 1.0	0.07 - 0.15

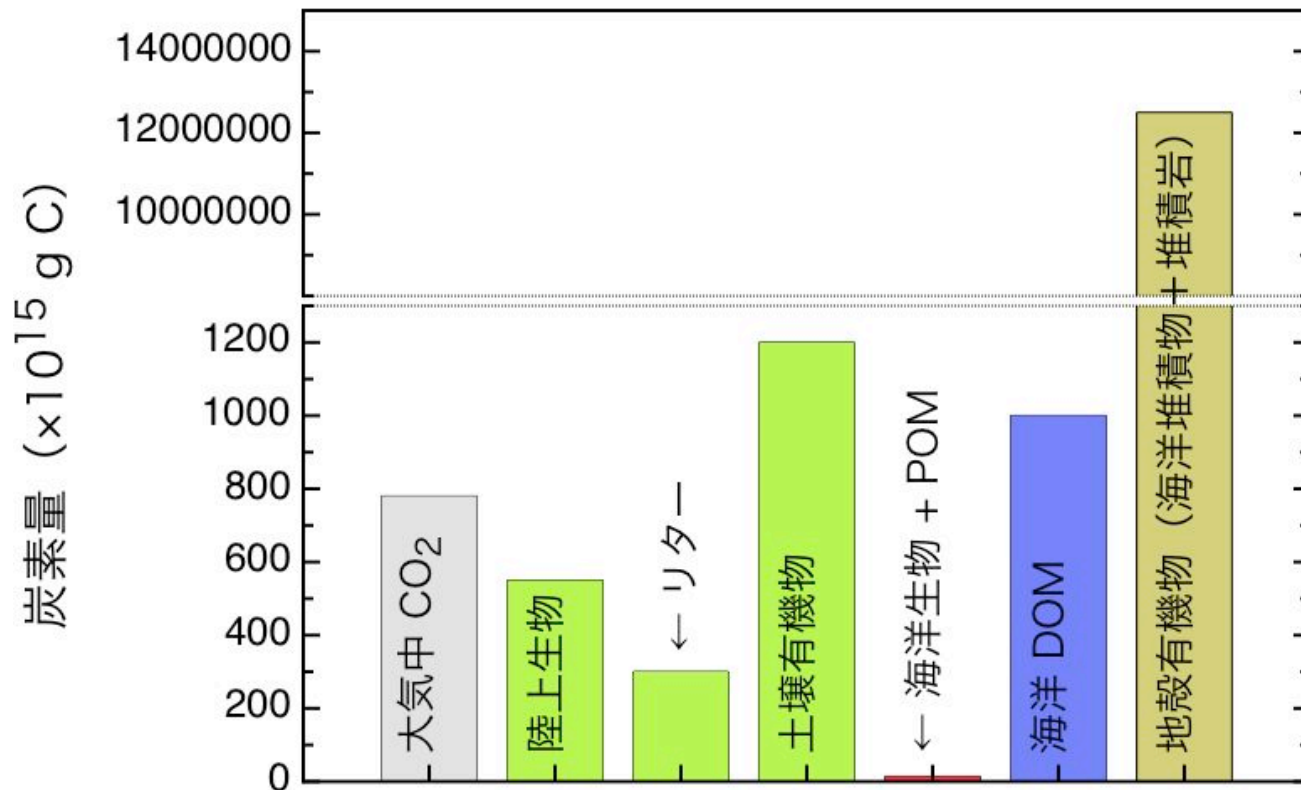


# 植生から土壌に入る窒素量

	窒素 (kg/ha/年)
広葉樹林	70 - 75
針葉樹林	20 - 25
草地 (ステップ)	150 - 200
水田	100
畑	140

# 地球上の有機炭素の分布

地球上のさまざまな有機炭素プールの大きさ



# 炭素循環における土壌の役割

## Role of soil in carbon cycle

- 土壌は有機炭素の最大の貯蔵庫
- Soil is the largest pool of organic carbon.
- 土壌有機物は地球上の生命活動を支えている。
- Soil organic matter supports the life activity on earth.

# 土壤動物の生息量

土地利用	地中土壤動物 $\text{g/m}^2 = \text{kg}/1000\text{m}^2$
裸地	0.20
畑地	1.04
草原	5.08
低木林	5.28
陽樹林	3.68
陰樹林	10.84

# Standing crop of soil animal

土地利用 Land use	Soil animal in soil $\text{g/m}^2 = \text{kg}/1000\text{m}^2$
Bare land	0.20
Upland field	1.04
Grassland	5.08
Shrubs	5.28
Trees pref. sunshine	3.68
Trees pref. shadow	10.84

# 土壤動物の個体数/ m<sup>2</sup> (北沢, 1976)

種類	針葉樹林	桑畑	畑地
大型動物	73	16	19
ヒメミミズ ( $\times 10^3$ )	150	6.5	3.7
トビムシ ( $\times 10^3$ )	76	5.0	9.3
ダニ類 ( $\times 10^3$ )	53	8.1	5.8
線虫 ( $\times 10^5$ )	13	7.0	1.4





アカトビムシ



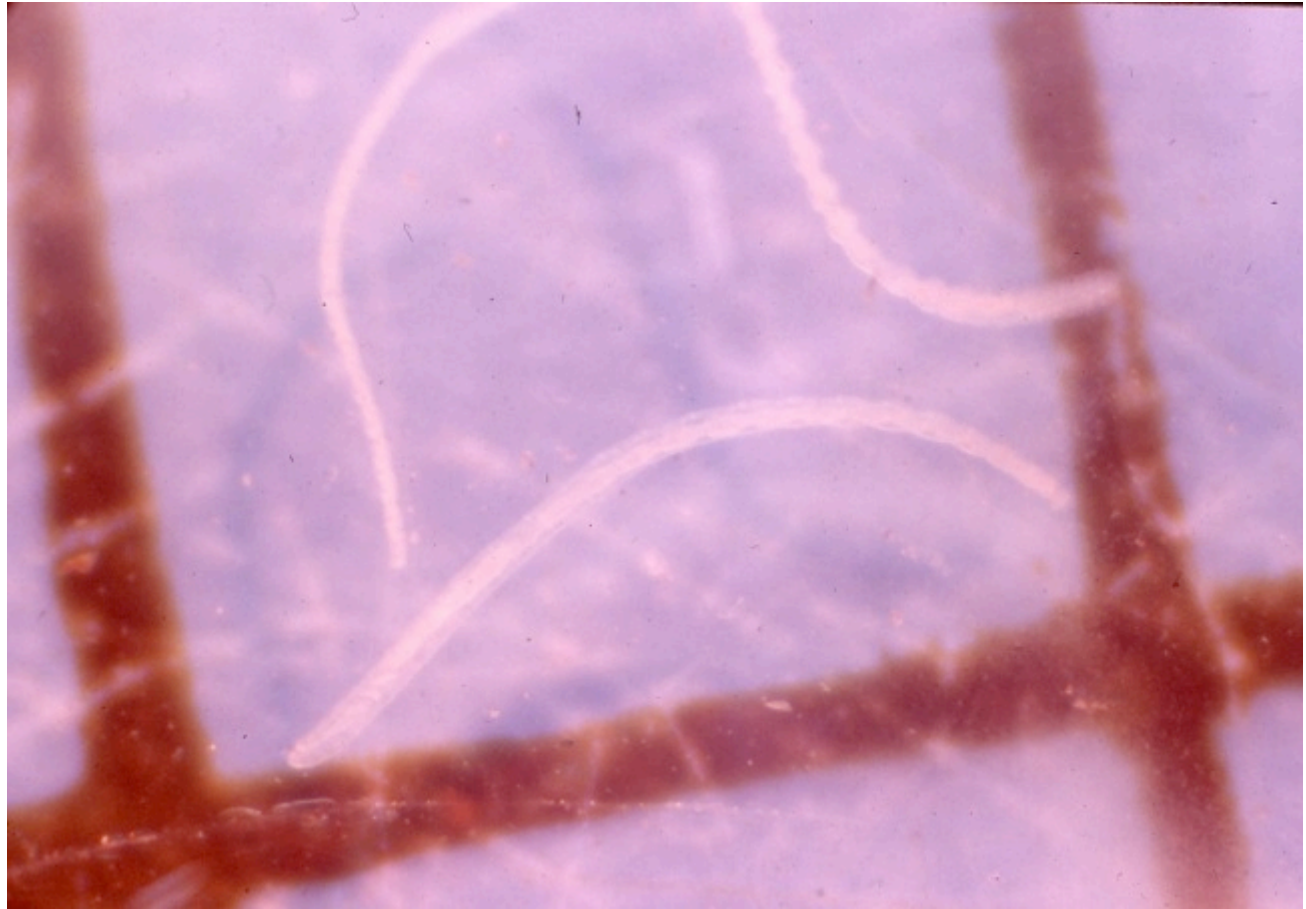
ササラダニ



イシムカデ



ヤスデ綱幼虫



ヒメミミズ



# フトミミズ (*Amyntus agrestis*)



体長: 80-200 mm

畜犬の畑から採集

棲息深度: 100-500 mm

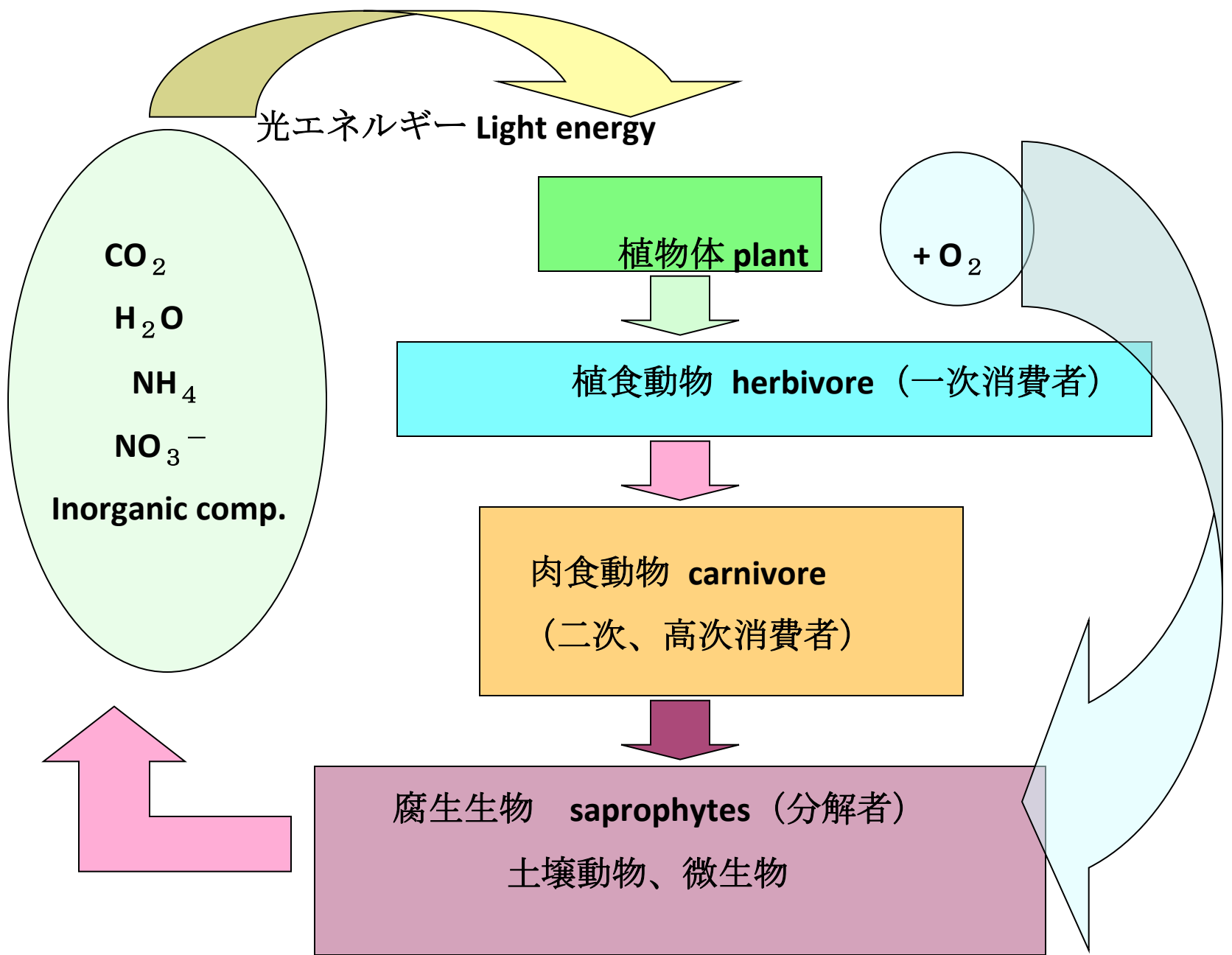


# 土壤動物が30日間に 食べるシイの葉

ヤスデ	14.5枚
ミミズ	100枚

土壌動物は哺乳類や鳥類のエサとなる。  
動物の糞中では窒素とリンがさらに濃縮されている。

	土壌動物の糞中の養分	鶏糞中の養分
窒素	0.2 – 0.6 %	2.3 – 4.6 %
リン	0.04 – 0.1 %	1.7 – 4.0 %



# 養分のリサイクル Nutrient Cycle

# 水と空気の保持

## Retention of water and air

団粒構造（森林・草地・畑）

水田 洪水防止 水資源の安定供給

Aggregate structure (Forest, grassland, upland field)

Paddy field (preventing flood, stable supply of water resources)

# 土壌の三相 (Three phases in soil)

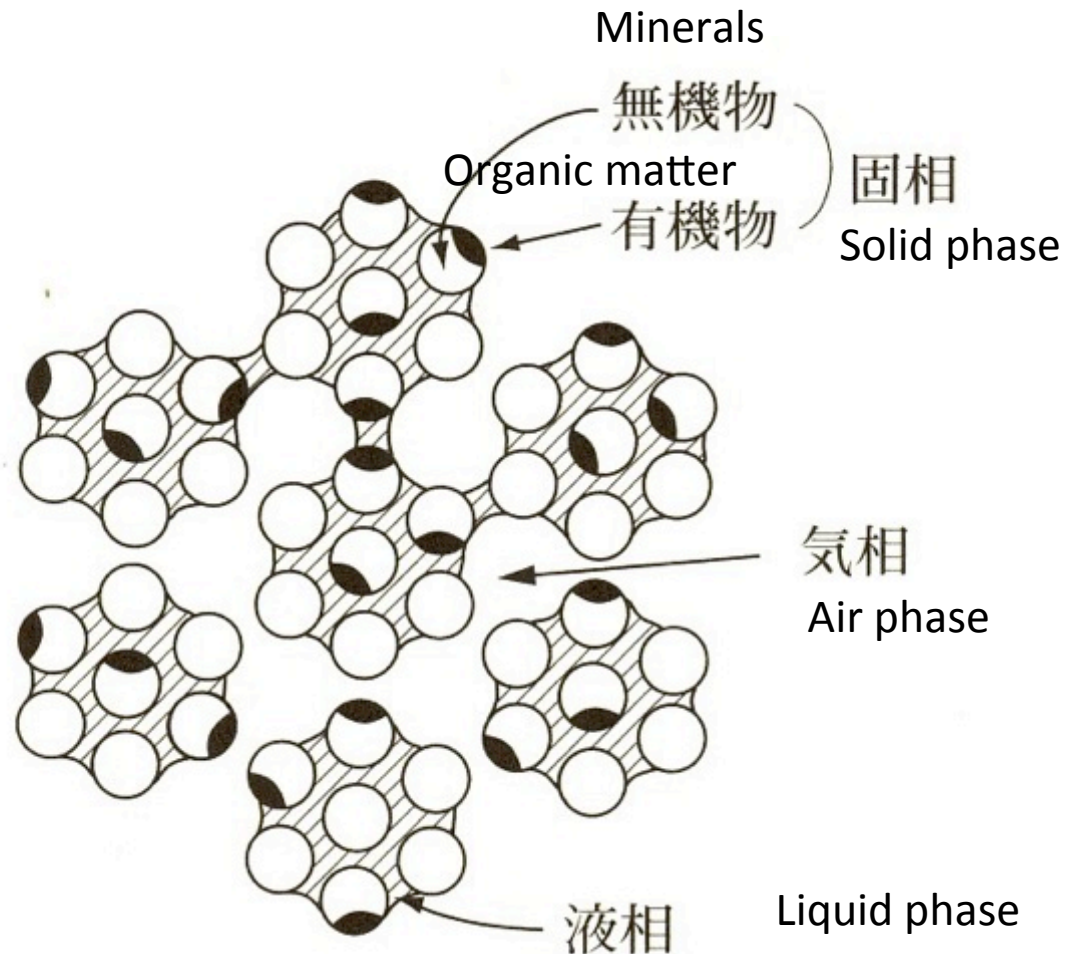


図5-1 土壌の三相の模式図

(高井・三好, 1977)

# 水の浄化

Water  
purification

ろか

Filtration

吸着

Adsorption

有機物の分解

OM decomposition

硝酸化成

Nitrification

脱窒

Denitrification

リン酸の吸着

Phosphate  
adsorption



# 土壤中での農薬の分解

## Decomposition of pesticides in soil

半減期が1年を越える農薬は認可されない。

土壤微生物は今まで地球上に存在しなかった人工有機物を分解できるようになる。

多様な代謝経路、多様な遺伝子、突然変異のしやすさ

# 土壌中での農薬の半減期

農薬名	畑土壌	水田土壌
マラソン	0～1 日	0～2 日
カルタップ	0～3 日	0～3 日
クロロタロニル	3～7 日	0～1 日
ダイアジノン	7～14 日	3～7 日
フェノブカルブ	7～14 日	59～114 日
メソミル	0～16 日	3～5 日
フェニトロチオン	13～16 日	7～14 日
フェンチオン	13～20 日	30～45 日
カルバリル	14～21 日	14～21 日
トリフルラリン	30～50 日	10～15 日
ジメトエート	30～60 日	7～30 日