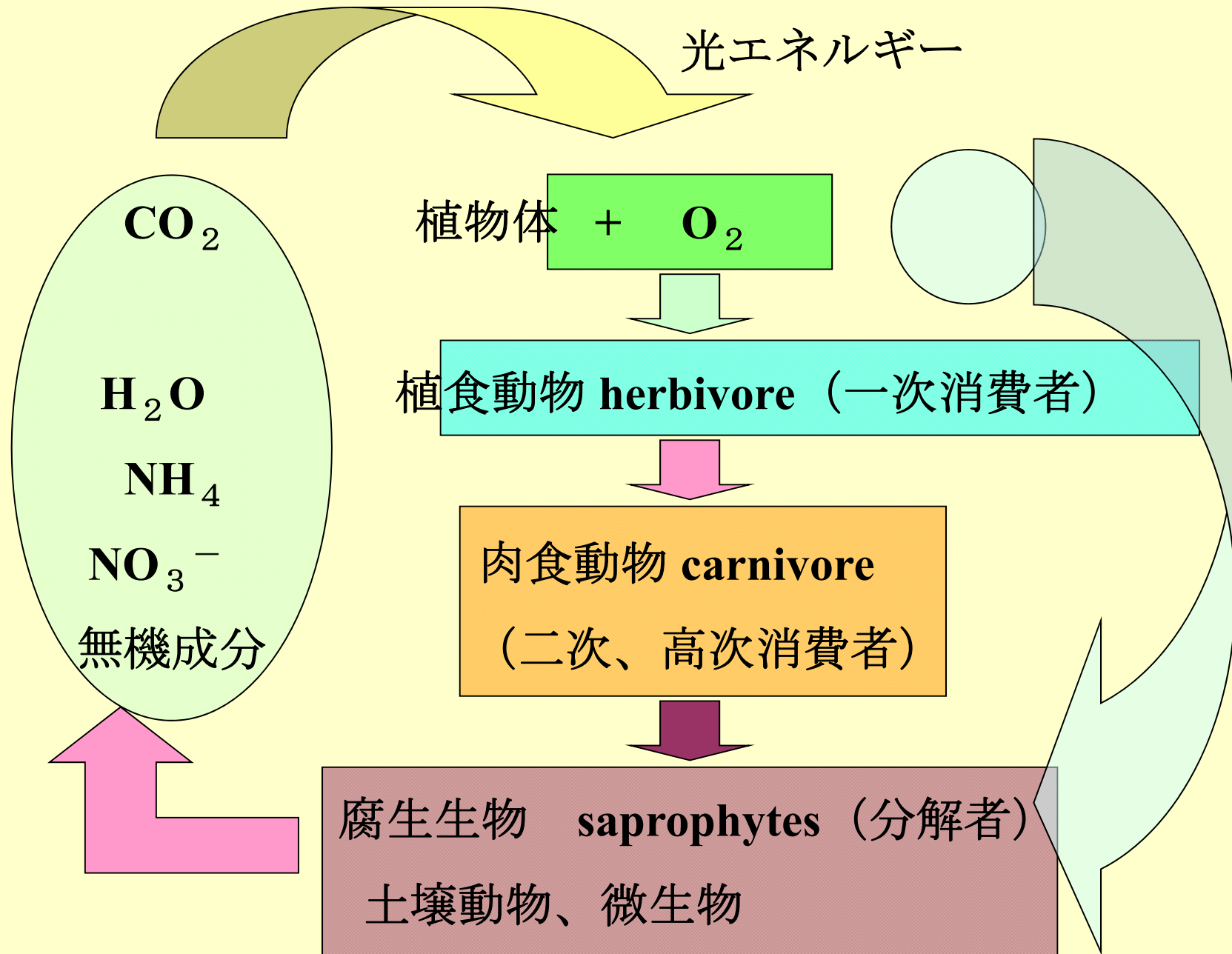


植物生産土壌学 6

土壌生物

その種類と役割、
相互関係



腐生生物の重要性

表土中の生物

植物根

哺乳動物

土壤動物

土壤微生物

1 ha 当りの土壤生物の生体重は数
t に達する。5 t / ha 0.5kg / m²

土壤生物の生体重 (数 t / ha) は、
その土地から 1 年間に収穫される
作物の量あるいはその土地で養わ
れる家畜の体重にも匹敵する。

米の収量 約 5 t / ha = 500 kg / 10 a

牛の飼養密度 1-2 頭 / ha
= 1.5 t / ha

土壤生物群集にとっての 土壤の役割

水分 酸素 温度

無機養分 有機物の供給

土壌生物群が土壌に与える もの

有機物の分解、二酸化炭素の
発生、無機養分の放出、

土壌構造の創出

肥沃な植物生育環境の提供

土壤動物

(soil fauna)

大型動物 (macrofauna)

体長2mmないし10mm以上の動物

ミミズ、ヒメミミズ、アリ、ヤスデ、ムカデ等

ミミズ 3000-250,000匹/10a
3-250 匹/m²

土壤動物の働き：

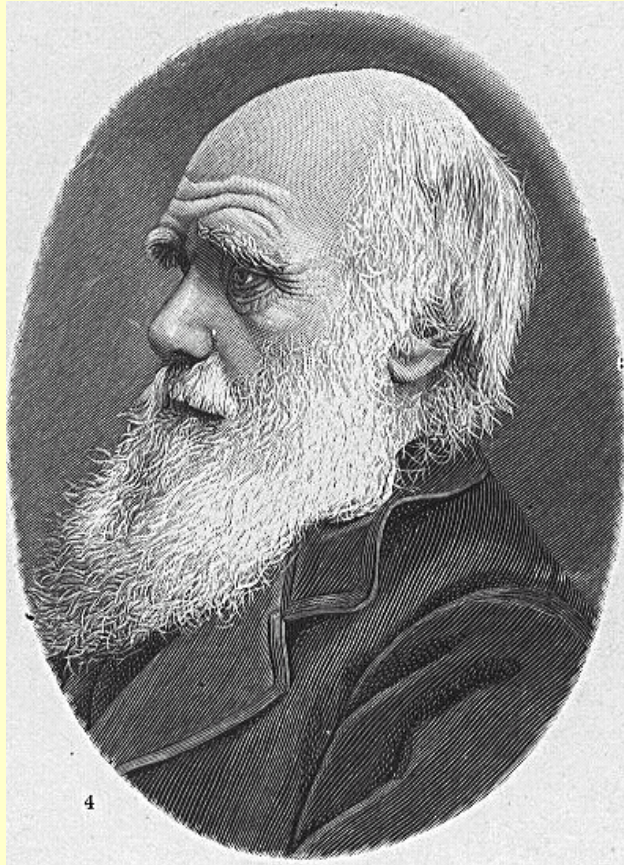
土を耕すミミズ

ミミズの体内を通過する土の量
4t / 10a 年

約 **30-50** 年で作土中の土壤全部
がミミズの体内を通過する。

200 t / 4 t 年 = 50 年

チャールズ・ダーウィン



「ミミズの習性に関する
観察と、ミミズの働きを
通じての腐植土壌の形
成」 1881年

邦訳:「ミミズと土」

谷田専治 1949,
渡辺弘之 1994 (平凡社ラ
イブラリー)

ミミズの糞塊

(フィリピン、レイテ島、Baybayにて)



土壌動物の働き： 植物遺体・糞の摂食粉碎

- 植物遺体は土壌動物に摂食されることにより粉碎され、分解性が高まる。
- 動物の糞は、まず昆虫の幼虫により摂食され分解される(フンコロガシ、ハエの幼虫)。

土壌動物による有機物分解

温帯では節足動物とミミズ

熱帯、亜熱帯ではシロアリ

亜寒帯針葉樹林ではヒメミミズ
の役割が重要

中型動物 (mesofauna)

体長**0.2-2mm**～**10mm**

トビムシ、ダニ、線虫等

トビムシ、ダニ 林地では**5-8万/m²**

線虫 (腐食性、捕食性、寄生性)

林地 **130万/m²** 耕地 **5-8万/m²**

小型動物(microfauna)

体長0.2mm以下

原生動物(protozoa)

アメーバ 繊毛虫 鞭毛虫



アカトビムシ



マルトビムシ



ササラダニ



ケダニ



ワラジムシ



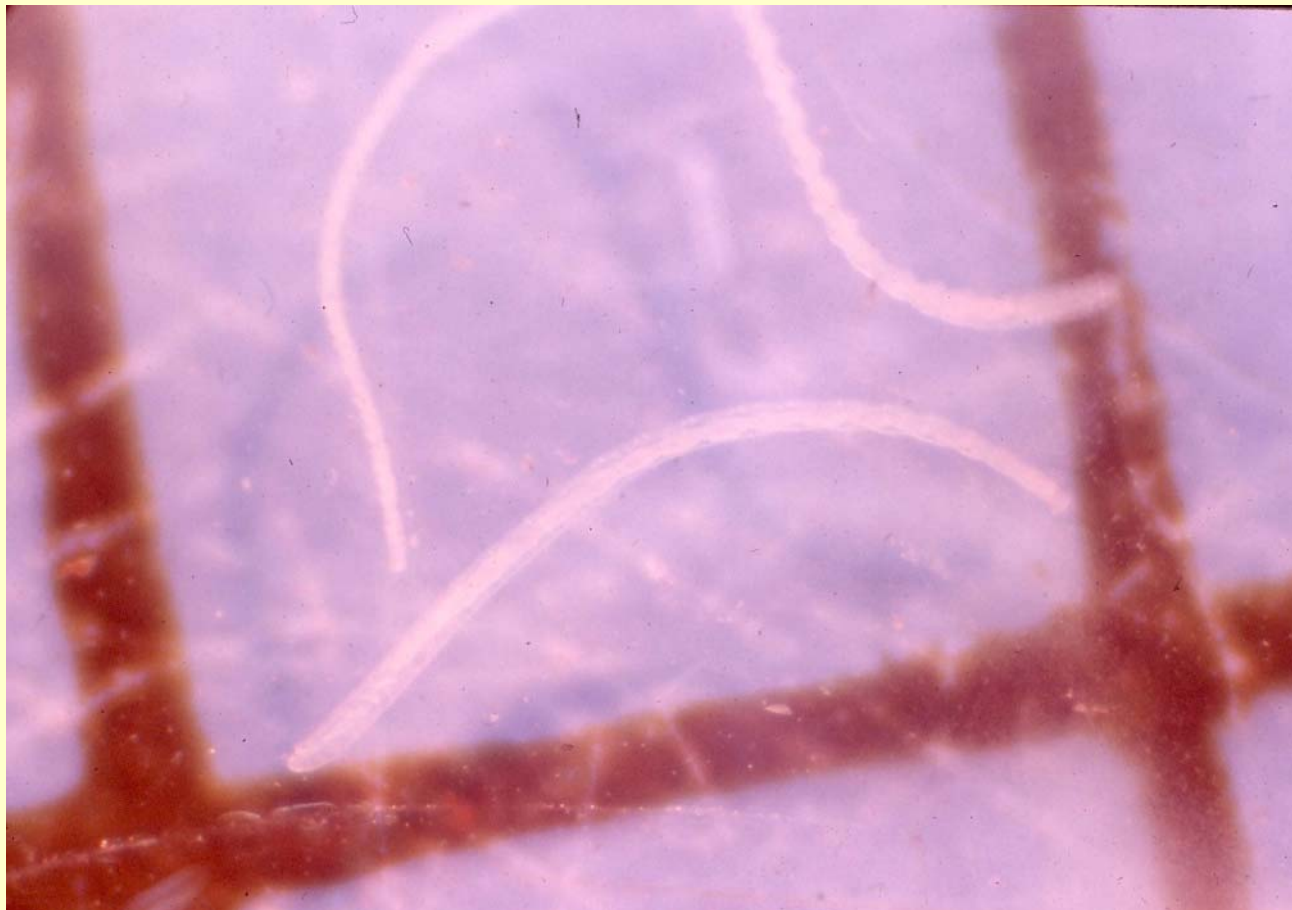
イシムカデ



ヤスデ綱幼虫



双翅目(ハエ目)幼虫



ヒメミミズ



キタネグサレセンチュウ



土壤センチュウ 畜大の畑から分離

キタネグサレセンチュウ



Lumbricus rubellus
(ツリミミズ)



体長: 6-10 mm
棲息深度: 10-25 mm

畜大の堆肥から採集

Amyntus agrestis (フトミミズ)



体長: 80-200 mm

畜大の畑から採集

棲息深度: 100-500 mm

土壤動物の個体数/ m² (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

土壤微生物

細菌、放線菌、

糸狀菌、藻類

炭素の獲得様式による生物の分類

有機物から.... 有機栄養生物

(従属栄養生物、

organotrophs, heterotrophs)

二酸化炭素から.... 無機栄養生物

(独立栄養生物、

lithotrophs, autotrophs)

エネルギーの獲得様式による生物の分類

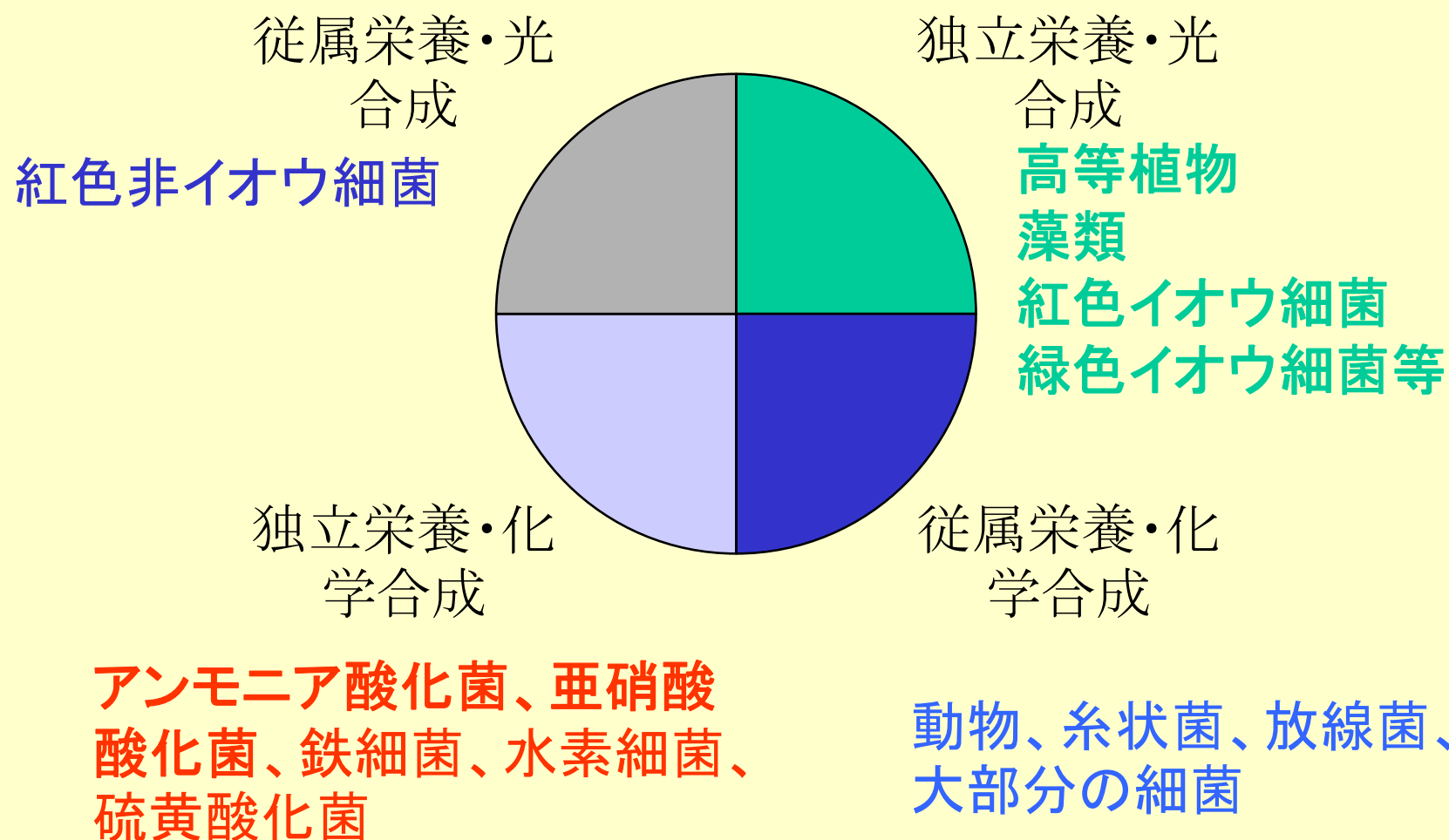
光から.....

光合成生物

化合物から...

化学合成生物

代謝形式による生物の分類

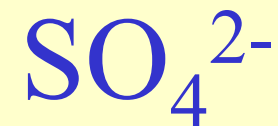
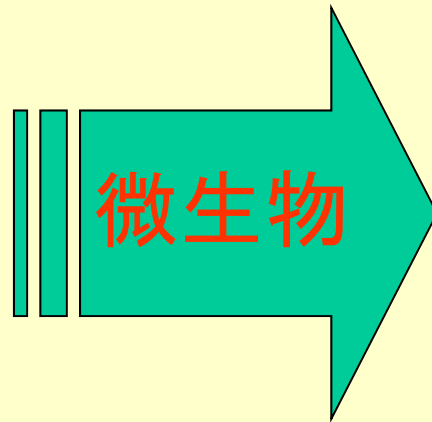


土壌微生物の働き

- 有機物の無機化
- 土壌酵素の分泌
- 有害有機物の分解と浄化
- 植物との共生関係
- 病原菌との拮抗

有機物の無機化

有機物

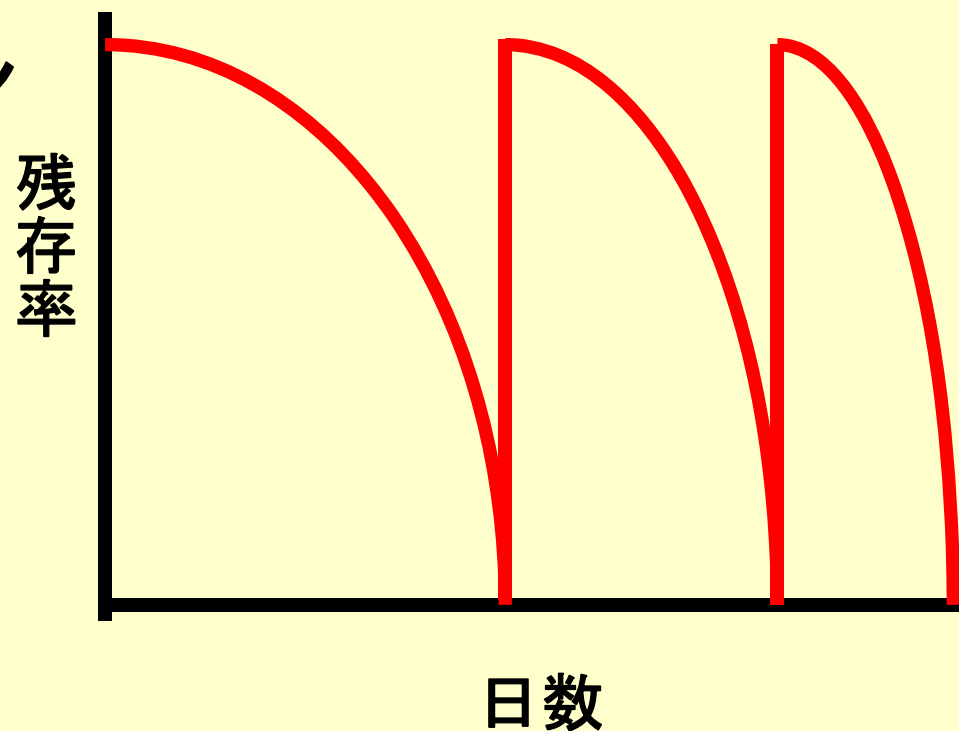


土壌酵素の分泌

- セルラーゼ
- α -グルコシダーゼ
- β -グルコシダーゼ
- プロテアーゼ
- フォスファターゼ
- リパーゼ

有害有機物の分解浄化

- トリクロロエチレン
- PCB
- ダイオキシン
- 農薬類



直接分解とコマタボリズム

植物と微生物との共生関係1

- 窒素固定

共生的窒素固定

根粒菌 らんそう アカウキクサ

共同窒素固定

イネ根圏での細菌による窒素固定

Pseudomonas, *Alcaligenes*

非共生窒素固定菌

(non-symbiotic nitrogen fixer)

プロテオバクテリアグループ

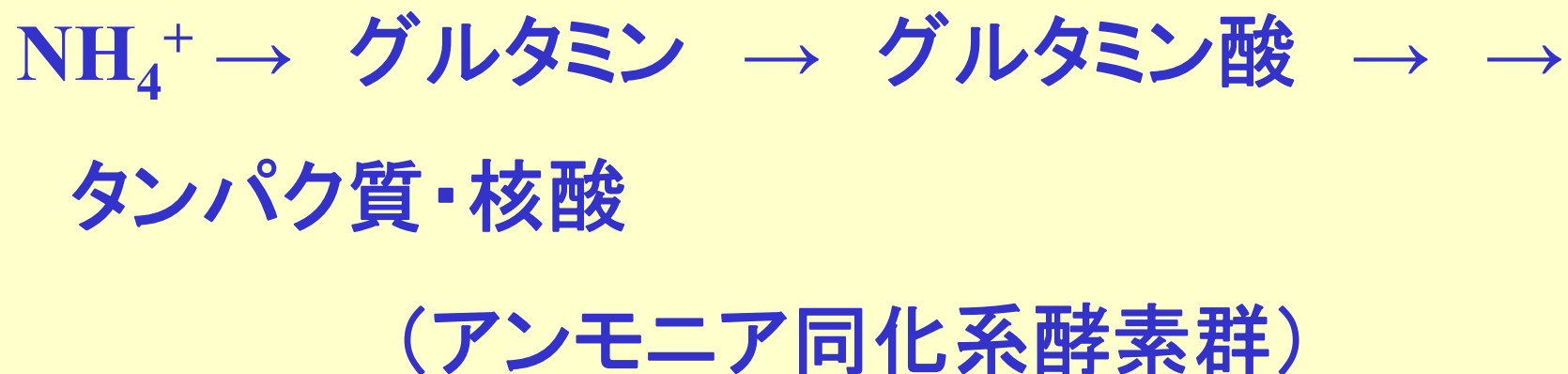
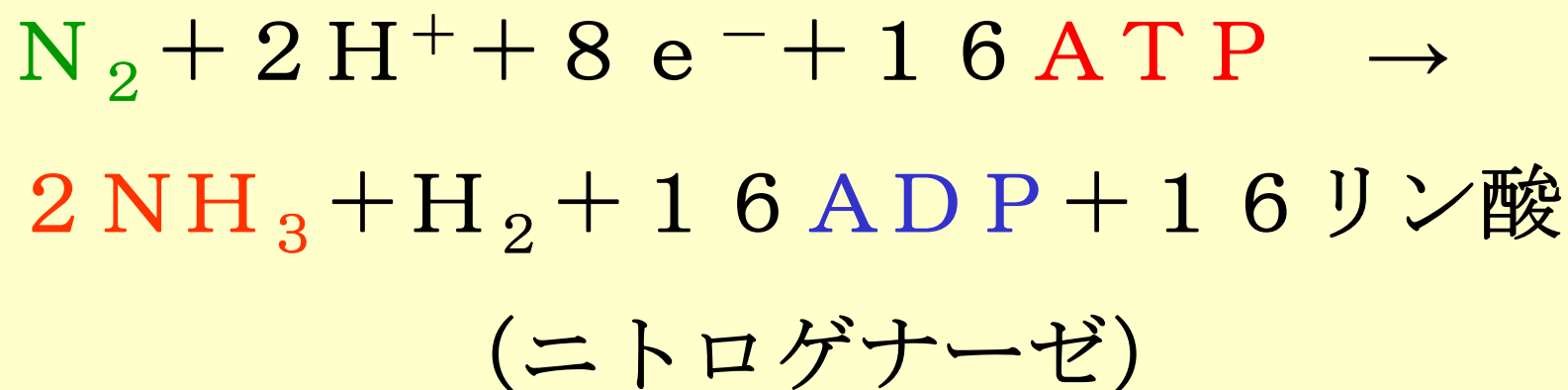
シアノバクテリアグループ

グラム陽性細菌グループ

緑色イオウ細菌グループ

一般古細菌グループ

窒素固定 (nitrogen fixation)



根粒菌 (Rhizobium, Bradyrhizobium, Azorhizobium)

プロテオバクテリアαに属す

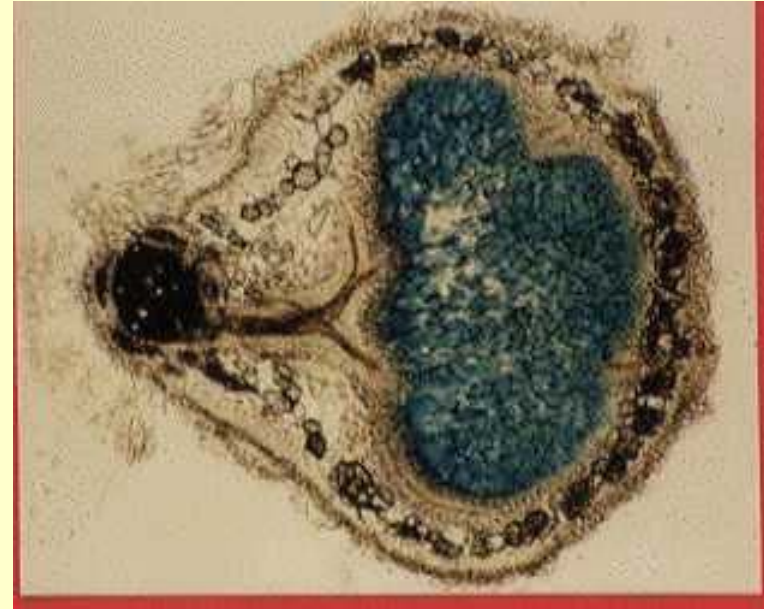
マメ科植物およびニレ科植物のParasponia
と共生

世界中の **250×10^6 ha**の土地でマメ科植物
が栽培され、平均 **140 kg ha^{-1}** の窒素を固
定

(世界の農耕地面積 **1406×10^6 ha**、日本の
農耕地面積 **5.1×10^6 ha**)



大豆根粒菌



根粒の切片

バクテロイド組織

根粒の写真

水田地力維持と窒素固定

- 田面水中の藍藻 (シアノバクテリア)
- アズラ (アカウキクサ)
- 畦に生えるセスバニア
- イネ根圏の共同的窒素固定菌



セスバニア

シアノバクテリア（らんそう）

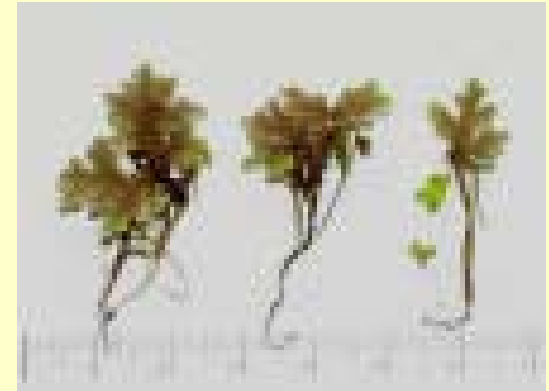
地衣類、コケ類、

シダ植物のアカウキクサ（**Azolla**）、

裸子植物のソテツ科、

被子植物のグンネラなどの

広範囲の植物と共生する。



アゾラの写真

放線菌(Frankia)

グラム陽性細菌群に属す。

温帯・亜熱帯の多くの被子植物の科（ハンノキ、ヤシヤブシなど）に根粒を形成



湿原に生えるヤチハンノキ

植物と微生物との共生関係2

菌根

陸上の7割の植物と共生

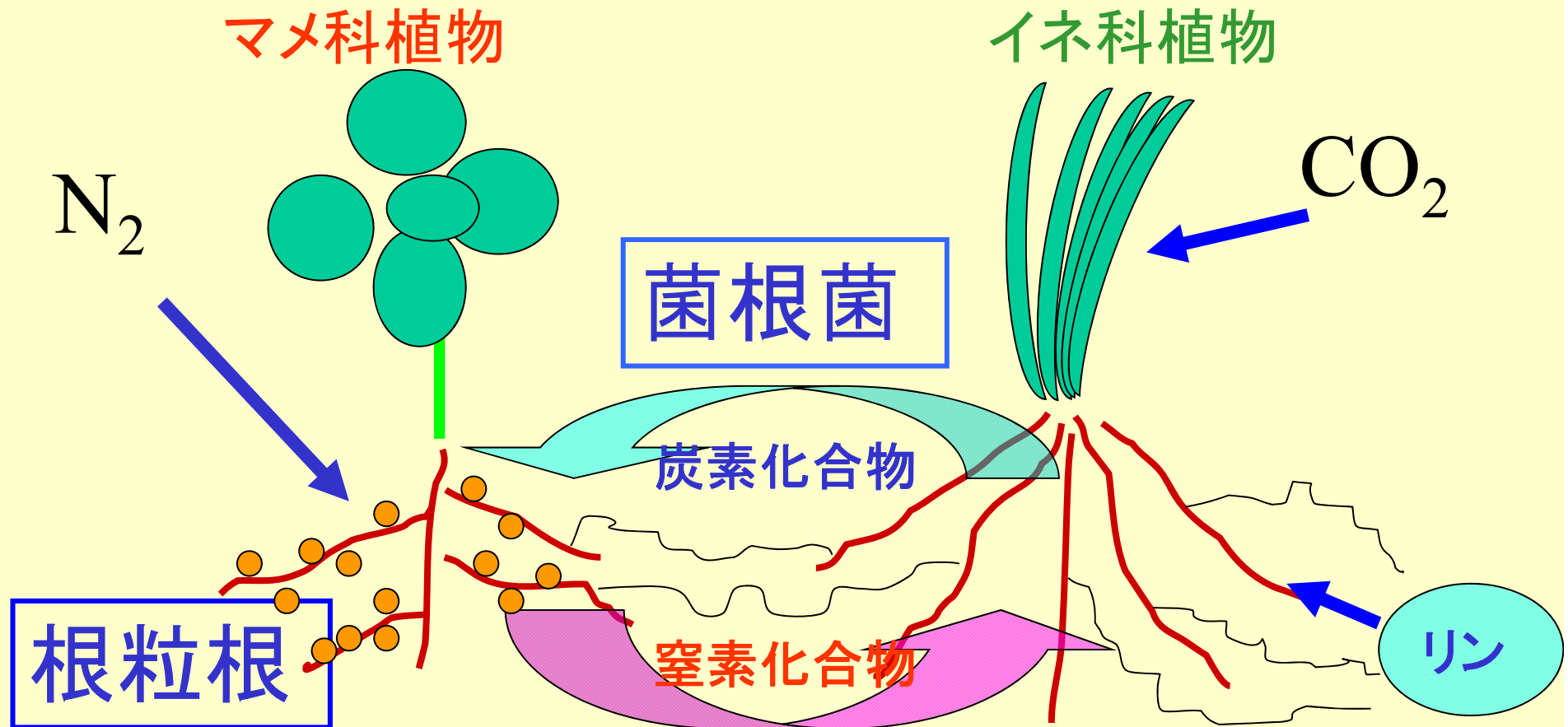
糸状菌が植物の根の表面あるいは内部に着生したもの

リン酸と水分の吸収促進

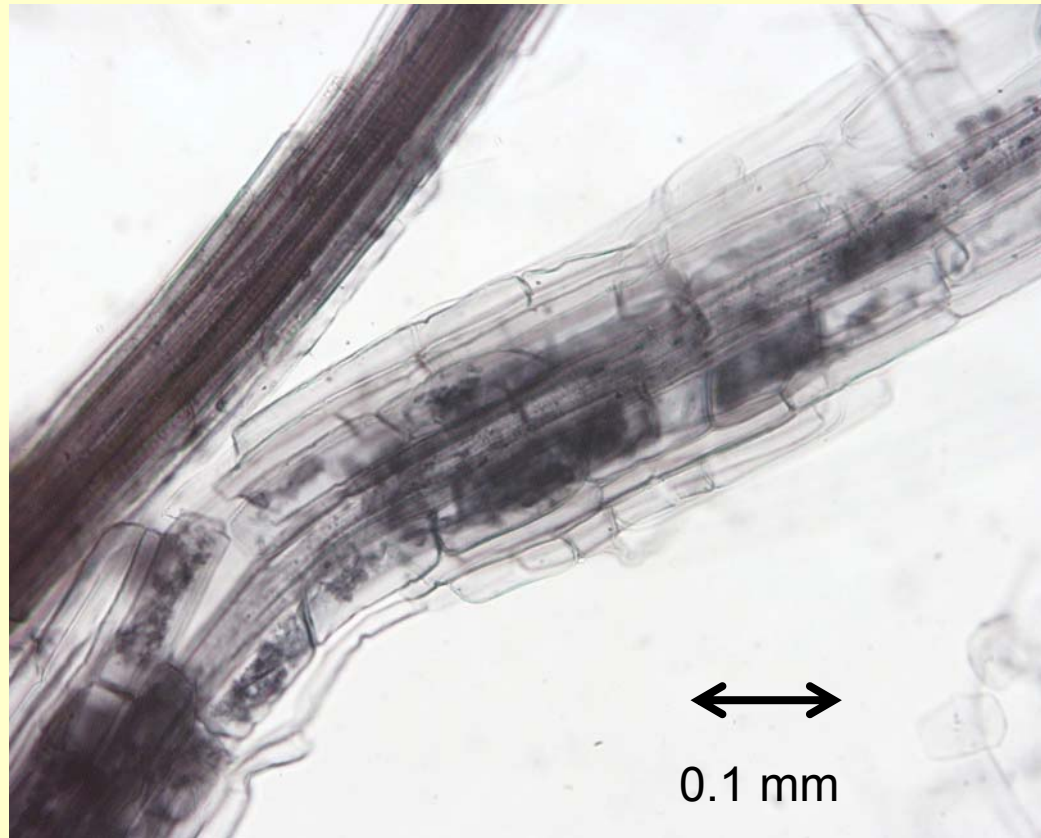
アーバスキュラー菌根

外生菌根

窒素固定植物から他の植物 への窒素の転流



チモシーの根の菌根菌



病原菌との拮抗

豊富な微生物相は特定の病原菌の蔓延を抑制する。

Bacillus subtilis による作物病害防除

*Pseudomonas*属菌によるトマト青枯病菌防除

非病原性*Fusarium*による各種萎凋病・軟腐病防除

土壤の微生物バイオマス

微生物バイオマス

土壌全炭素量の **0.3~5.0 %**

鉍質畑土壌では平均**2~3%**、火山灰土壌では**0.3~1.0%**

微生物数：土壌 **1 g** 当り **$10^7 \sim 10^9$**
(1 千万~10 億個 / g)

(畑地、草地、林地、樹園地では約 **70 %** が糸状菌、水田では **80~98 %** が細菌で占められる。)

日本のいくつかの土壌における有機物とバイオマス炭素含量

土壌の種類	土性	全炭素 (Mg/ha)	全窒素 (Mg/ha)	バイオマス炭素 (kg/ha)
砂丘未熟土	S	9.4	0.86	32
淡色黒ボク土	L	33.4	3.36	114
腐植質黒ボク土	SiL	110	8.33	234
褐色森林土	CL	20.6	1.69	276
暗赤色土	LiC	83.8	7.49	1,155

Sakamoto and Hodono: SSPN, 46, 483-490 (2000)
土壌サイエンス入門 p.169 より

土壤中バイオマスの 測定法

- 1) 直接計数法
- 2) 培養法
- 3) 生化学的方法

1. 直接計数法

Jones-Mollison 法

血球計を用いて土壌懸濁液中の菌数および菌のサイズを測定する。

蛍光抗体染色法

蛍光抗体による特定細菌の標本染色

2. 培養法

希釈平板法 (DP 法)

Dilution Plate Method

希釈頻度法 (MPN 法)

Most Probable Number Method

基質誘導呼吸法 (SIR 法)

Substrate Induced Respiration Method

3. 生化学的方法

クロロホルム燻蒸法（全ての微生物）

→燻蒸培養法と燻蒸抽出法がある。

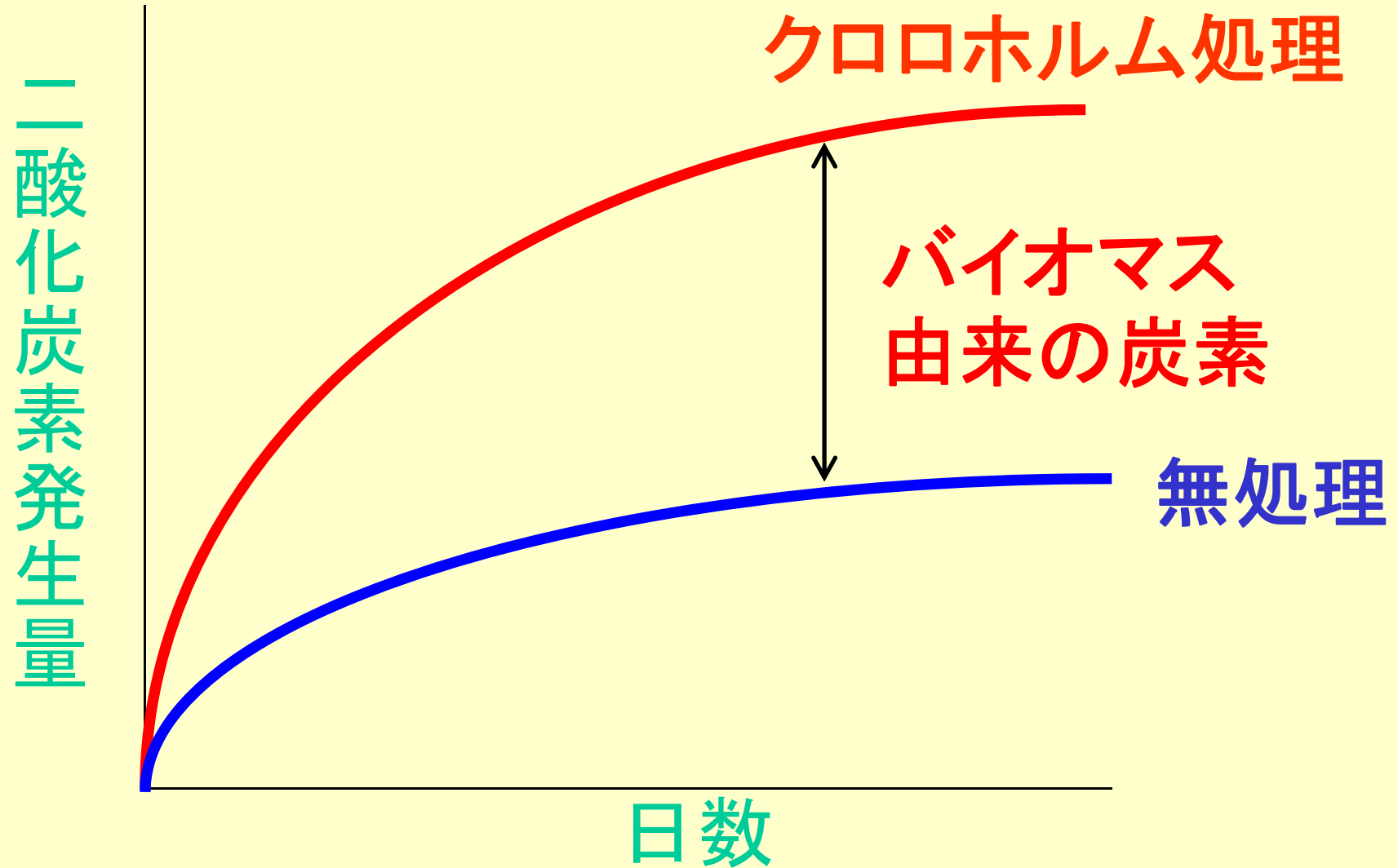
A T P 法（全ての微生物）

リン脂質法（全ての微生物）

ムラミン酸、ジアミノピメリン酸（細菌）

エルゴステロール（糸状菌）

微小熱量計法（全ての微生物）



クロロホルム処理が土壌の二酸化炭素発生に及ぼす影響

土壤微生物バイオマスの機能

- 1) 有機物の分解者
- 2) 養分の貯蔵庫と供給源

バイオマス養分と作物生育

畑土壌のバイオマスに含有される養分の相対比%

(Anderson and Domsch, 1980)

	C	N	P	K	Ca
細菌	25	4.5	1.5	0.8	0.4
糸状菌	75	10.5	10.1	9.0	1.0
計	100	15.0	11.6	9.8	1.4

バイオマス養分量 kg /ha

108 83 70 11

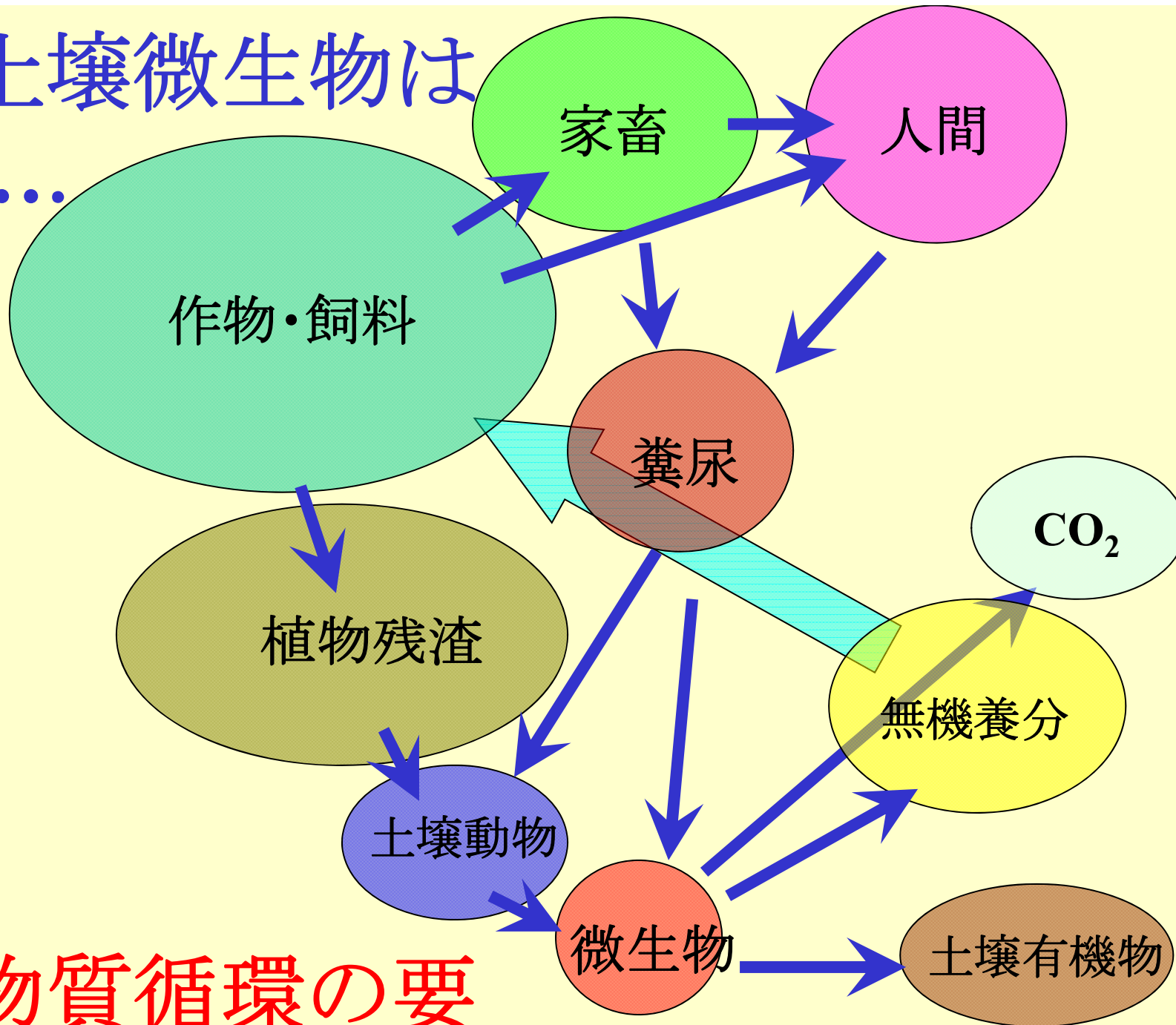
バイオマス養分量と作物による吸収量の釣合

バイオマス養分量と養分吸収

	バイオマス養分量	養分吸収量
ドイツ畑土壌	100 kg N/ha	40 kg N/ha
イギリス畑	17 kg P/ha	6.8 kg P/ha
イギリス草地	56.8 kg P/ha	22.7 kg P/ha
フィリピン水田	44 – 156 kg N / ha	40 – 100 kg N / ha

土壌微生物は

.....



物質循環の要