

環境と土壌

資源環境学特論

筒木 潔



2015

国際土壌年

土とは何か (1)？

- 土はまず自然物である。
- 地球の表面で、鉱物、水、空気、生物が、物理的、化学的、生物学的に相互作用するなかで、その場の環境を反映しながら造られたものである。
- 土は地球上(陸上)の全ての生命活動の基盤のひとつである。

土は自然環境の産物である。

- 地質
- 地形
- 水の量と質
- 気候や気象条件
- 植生
- 土壌微生物、土壌動物、従属栄養生物
- 時間

日本土壌肥料学会における 土壌の定義（中間案）

- 土壌とは、地球の陸地表層または浅い水の下にあり、岩石の風化や水、風などによる運搬、堆積と生物が作用し、有機物と無機物が組み合わさり、自然に構成されたものである。それは、植物をはじめとする生物を養い、物質の保持や循環などの機能を持ち、周囲の影響を受けて変化する。

土とは何か (2)？

- 土は人工物である。
- 人間は土に働きかけて、そこから人間の目的にかなう生産物が得られるように、土の性質を変えることができる。
- → 土は農業の生産基盤のひとつである。

人間にとって土は人工物である

- 人間の関わり方によっては、土は劣化してしまうことがある。
- 人間の目的が偏っていること、長い時間を見渡していないことなどがその原因である。
- 人間は土を作ることはできない。あくまで変えることができるだけである。

土は人間環境に支配される。

- 農地造成、灌漑・排水
- 作物栽培
- 農耕（人力・畜力・農業機械）
- 有機物施用
- 施肥
- 雑草・病害虫管理
- 土壌汚染（肥料・農薬・放射能）
- 農政、社会における農業の位置づけ

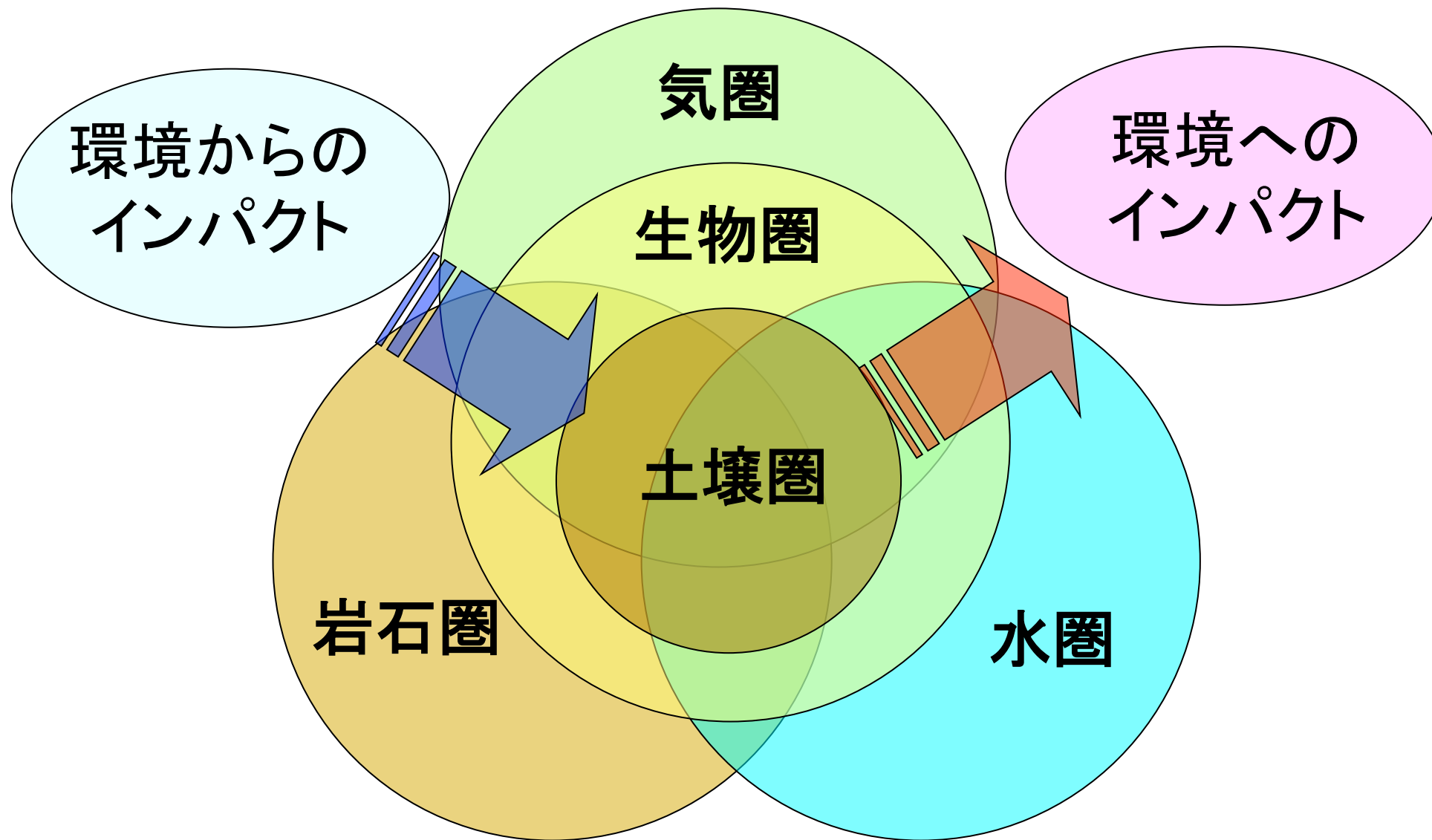
軽んじられる土

- 日本の義務教育において、「土」はほとんど教えられていない。
- 小中学校の学習指導要領に土に関する教育は全く記述されていない。
- 土の教育は教員の個人的裁量にまかされている。しかし、指導要領にない内容をどのように教えるべきかわからない。時間もとることができない。

何故なのか？

私もわからないけれど

- 土は普遍的ではあるが、場所ごとに異なっている。
- 土はさまざまな構成要素から構成された集合体である。
- 土は実体が複雑すぎるので、教育方法や科学的探究方法を画一化できない。
- 土の働きは、他の手段によって代替できると考えられている。

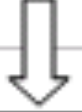
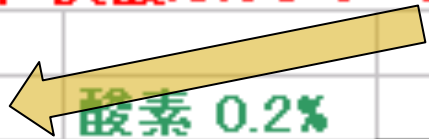


土壌圏の位置付け

土はいつから存在したか？

地球の歴史と土壌生成			
	主なイベント	大気の組成	土壌
46億年前	地球の誕生		
40億年前	塩酸の海	二酸化炭素 97%	
	岩石の溶解・中和 → 中性の海		
	二酸化炭素の溶解・炭酸カルシウム		
38億年前	水中生物の発生		
20億年前	海中藻類の発生	酸素 0.2%	
6億年前	地衣類・陸上生物	酸素 2%	初期土壌生成
4億年前	植物の地表上陸	酸素 21%	↓
3億年前	シダ・ソテツ		土壌生成
1万年前	現代人		↓
6千年前	農耕の始まり		↓

シアノバクテリア・
ストロマトライト

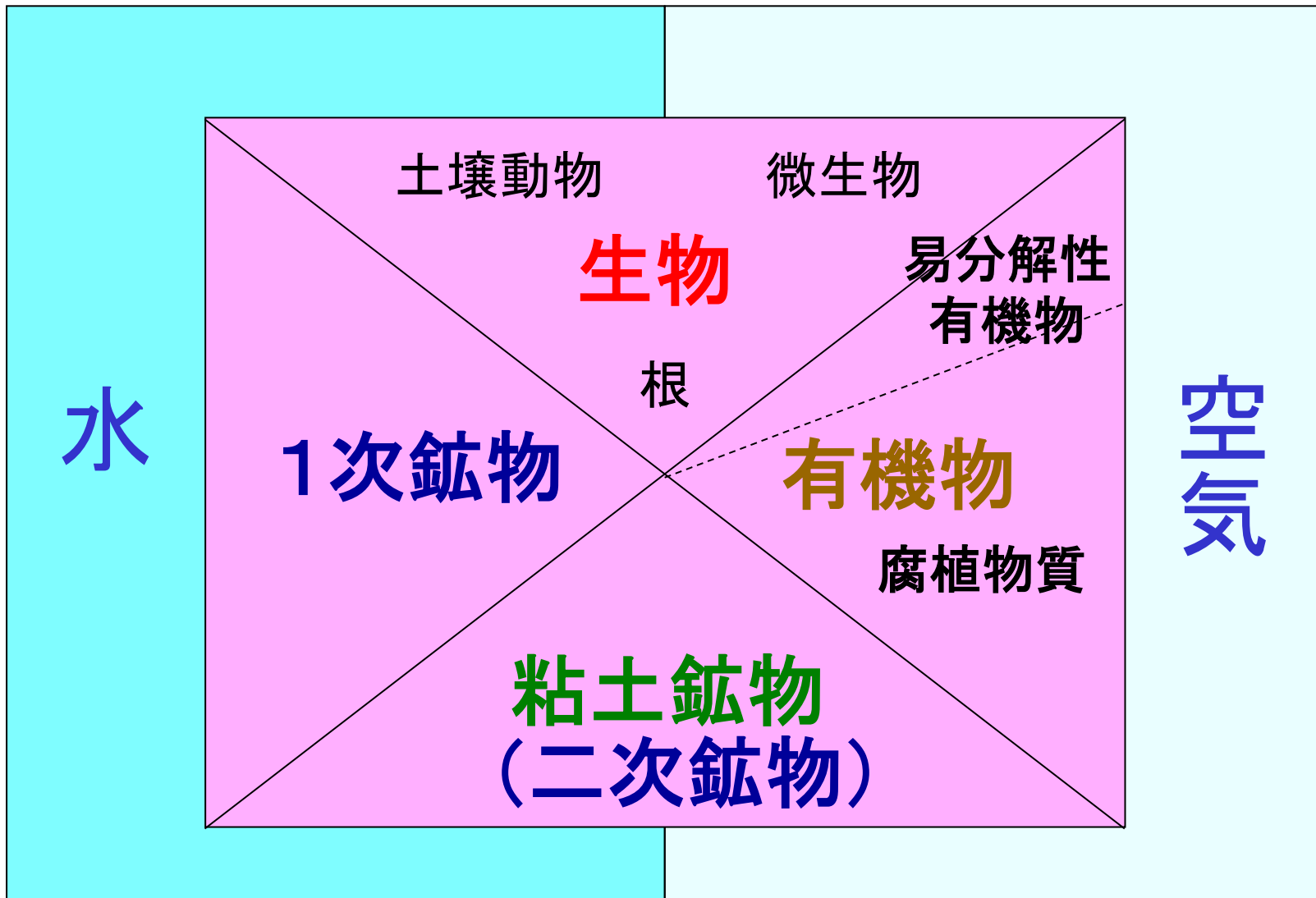


ストロマトライトの化石

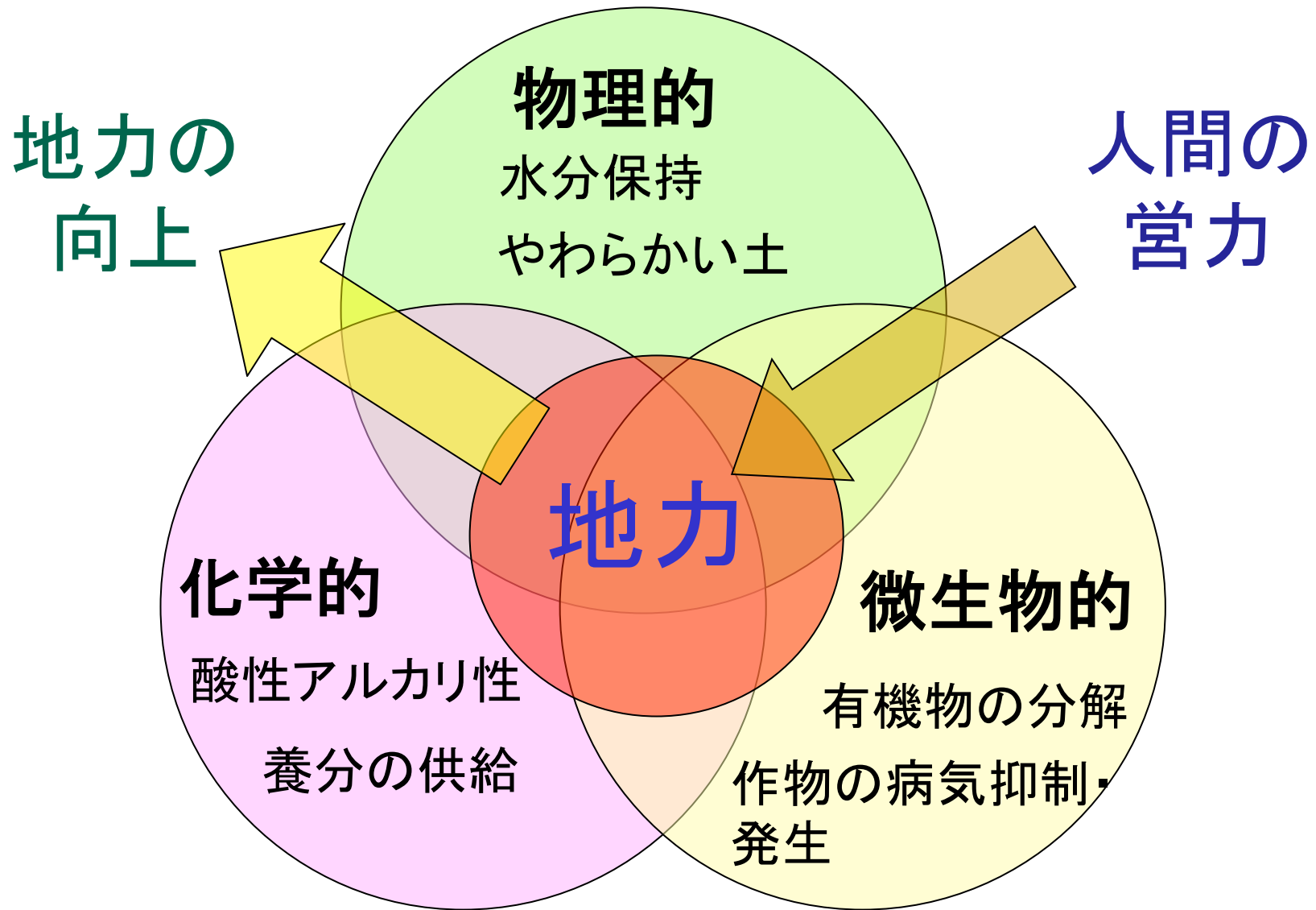
地球史初の光合成菌・酸素の放出



嫌氣的生物から好氣的生物の世界への橋渡し

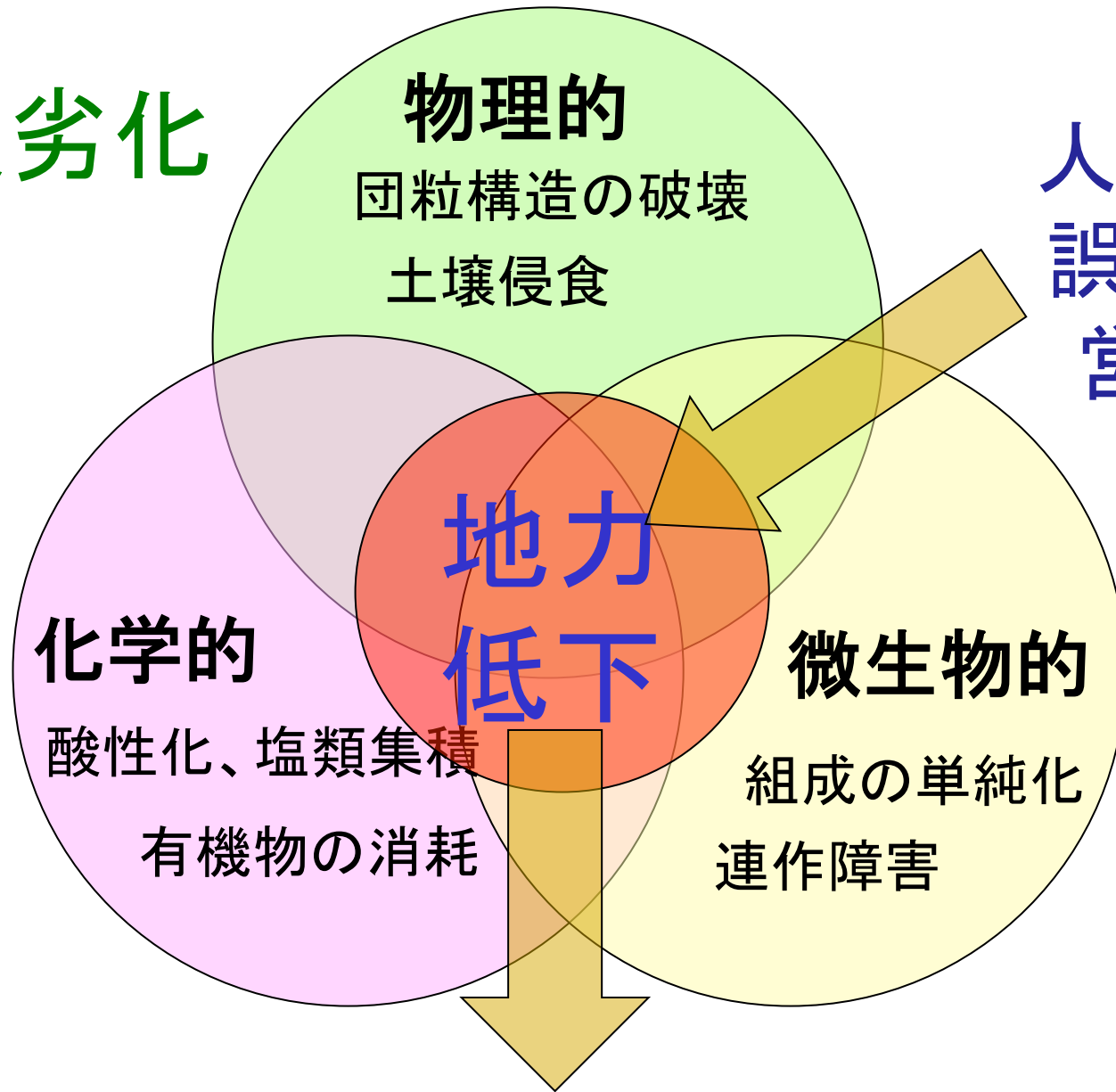


土壤の構成要因



農業者の土への関わり

土壤劣化



物理的

団粒構造の破壊
土壤侵食

人間の
誤った
営力

化学的

酸性化、塩類集積
有機物の消耗

地力
低下

微生物的

組成の単純化
連作障害

土壤劣化

土壌肥沃度（地力）とは

地力I 自然のままの地力

人間の働きかけ

地力II 養分が円滑に作物の根に吸収されるような環境条件を確立することによって発現する地力

地力III 作物生産を維持・増強するために必要な養分の量および質を確保することによる地力

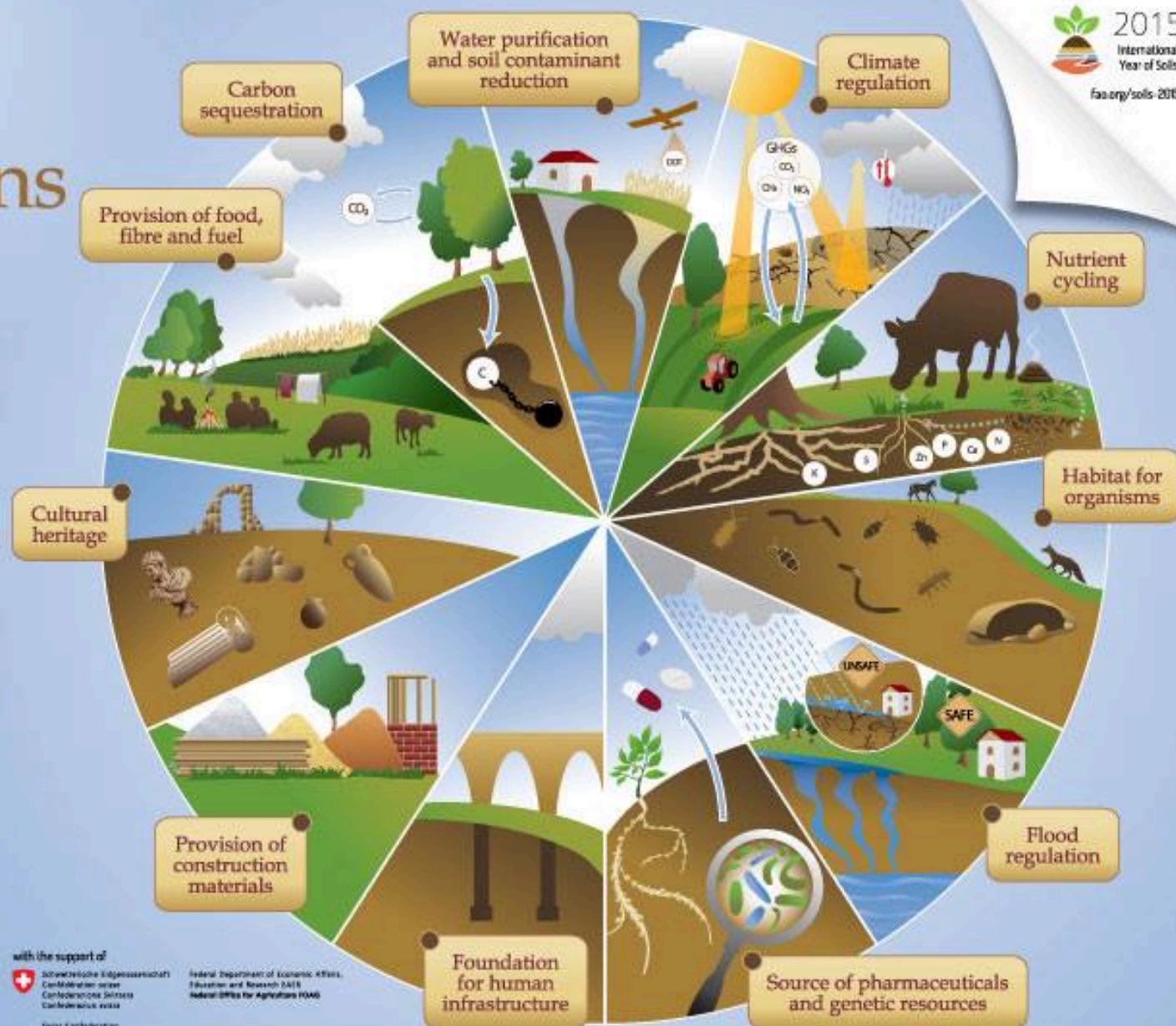
(菊地が提唱した考え方)

土壌の働き

- 植物・動物・人間への養分の供給
- 植物の根の伸長の場
- 有機物の分解(循環の完結)
- 水分の保持
- 有害成分の吸着
- アメニティ機能

Soil functions

Soils deliver ecosystem services that enable life on Earth



2015
International
Year of Soils
fao.org/soils-2015

土壌の機能 (FAO)

- 土は生態系にさまざまなサービスを提供し、それによって地球上の生命の存続を可能にしている。

土壌の機能 (1)

- 食料、繊維、燃料の提供
- 炭素の隔離(安定化)
- 水の浄化と土壌汚染物質の減少
- 気候の調節
- 養分の循環
- 生物のすみか

土壌の機能 (2)

- 洪水の調節
- 医薬および遺伝子資源の供給
- 人間のインフラ構造の基礎
- 建設資材の提供
- 文化遺産の保存

土壤劣化の原因

- 森林伐採(開拓・焼畑)
- 過放牧
- 耕うん・農耕作業
- 土壤侵食(水食・風食)
- 砂漠化(気候、温度水分体制の変化)
- 塩類集積
- 人為的汚染(工業・農業・事故)

土壌劣化の原因

Causes of soil degradation (% of degrading land)

area	森林伐採	燃料木利用	過放牧	農業	工業化
ヨーロッパ	38	-	23	29	9
アフリカ	14	13	49	24	-
北アメリカ	4	-	30	66	-
中央アメリカ	22	18	15	45	-
南アメリカ	41	? 5	28	26	-
アジア	40	? 6	26	27	-
オセアニア	12	-	80	8	-
世界	30	7	35	28	1

Source: World Resources Institute, 1990. & L R Oldeman et al, Wageningen, Holland, 1990.

北海道ではどうだろう？

土壤劣化(物理的過程)

- 土壤構造の破壊
- 土壤団粒構造の破壊
- 土壤の堅密化
- 水分・温度体制の悪化
- 土壤皮膜の形成(クラスト)
- 土がこねられる(スレーキング)
- 旱魃・過湿状態の発生
- 土壤侵食
- 通気性の悪化

土壤劣化(化学的过程)

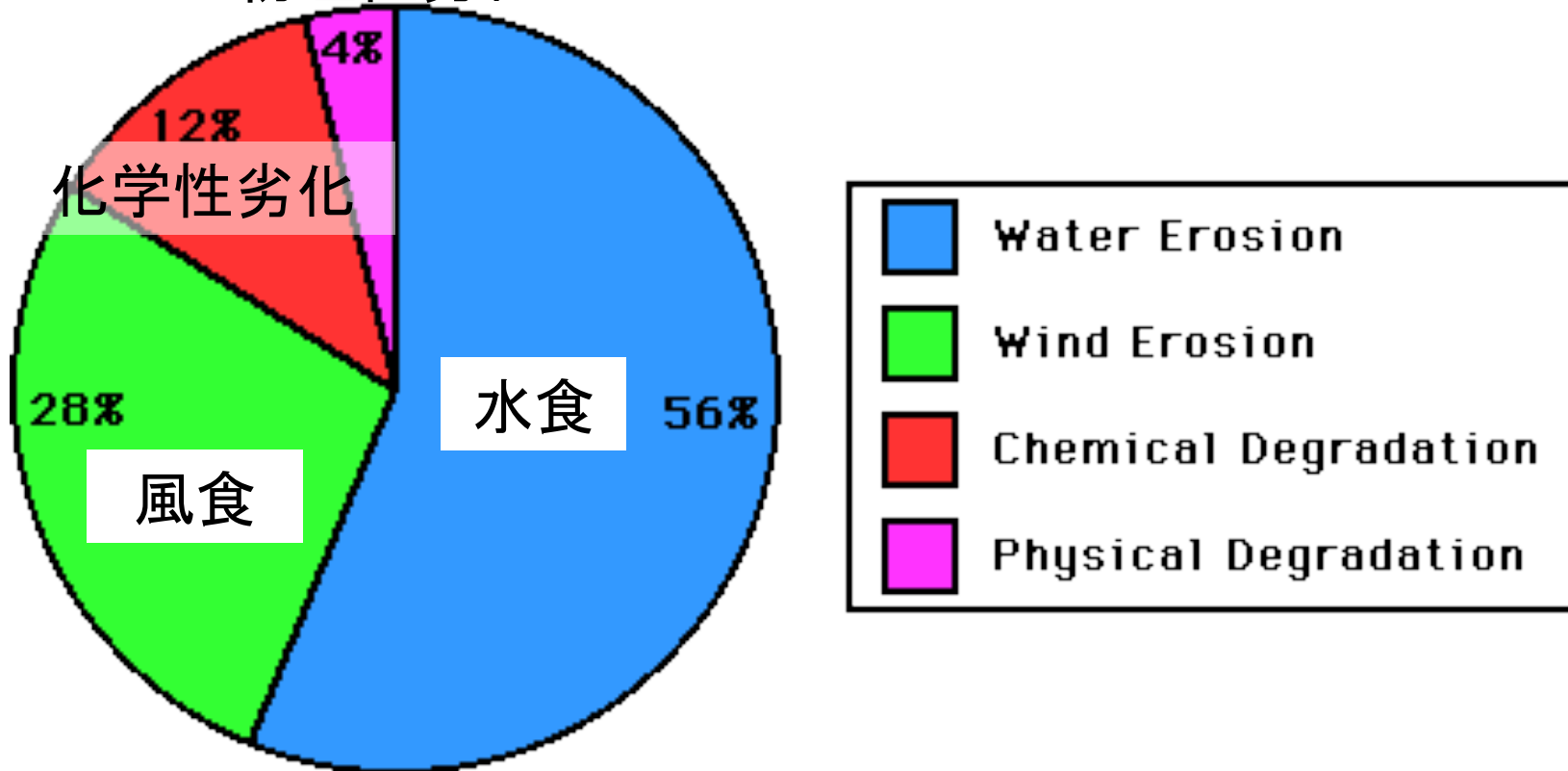
- 養分バランスの溶脱とかたより
- 酸性化
- 土壤肥沃度の低下
- 陸水の富栄養化
- 土壤塩性化
- アルカリ化
- ラテライト化(赤色土壤風化)
- 放射能汚染 ^{137}Cs , ^{131}I , ^{239}Pu

土壤劣化(生物的過程)

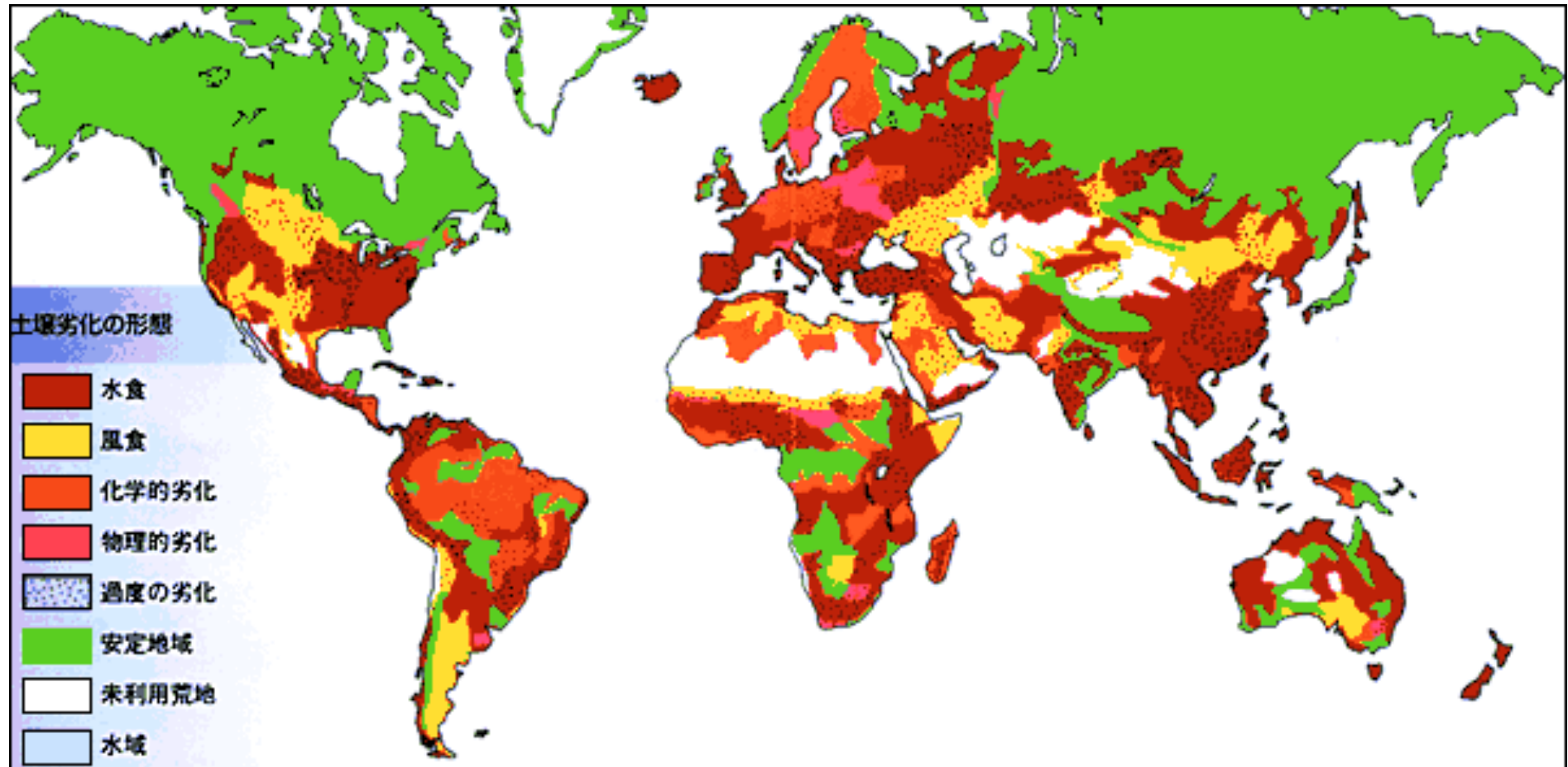
- 土壤有機物の消耗
- 土壤微生物量(バイオマス)の減少
- 土壤微生物組成の単純化
- 土壤生物活動の低下
- 温室効果ガスの発生(CO_2 , CH_4 , N_2O)
- 生物多様性の減少
- 土壤病虫害の発生

World-Wide Soil Degradation Mechanisms for all Land-Use Types

物理性劣化



人為による土壌劣化



FAO

土壤劣化を防止するには

- 水食、風食の防止
農耕地の裸地化を避ける
農地の均平化
防風林 等高線栽培
 - 輪作体系
 - 不耕起栽培、少耕起栽培
 - 土壤有機物の分解抑制
 - 堆肥の施用、緑肥の栽培とすき込み
- 土壤生物の活性化

農業が環境に及ぼす利益

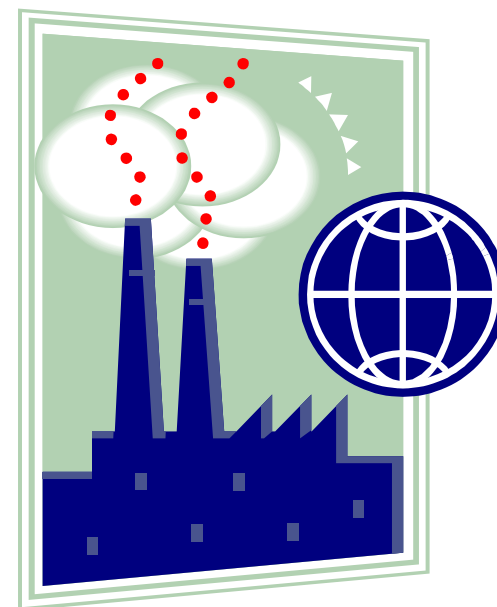
- 降水の保持と貯留・洪水防止（特に水田）
- 有機物の分解（循環機能の重要な一翼）
- 光合成（二酸化炭素吸収）と酸素の生成
- 土壌面の被覆（侵食防止）
- 美しい景観の提供
- 人間社会の存立基盤

農業が環境に及ぼす負の影響

- 土砂の流出・河川汚濁（水食）
- 土ほこり（風食）
- 肥料成分（窒素・カリ・リン酸）の溶出
→ 湖沼・河川の富栄養化
- 農薬の流出
- 悪臭（畜舎・堆肥舎周辺、スラリー・堆肥散布時）
- 地球温暖化ガスの生成（ CO_2 , CH_4 , N_2O ）
- 野生動植物生息域の縮小
- 自然環境（森林・湿原）の減少

環境容量

- 人間やその他の生物に影響を及ぼすことなく環境(土、水、空気など)が保持できる汚染物質の最大量



土壌の環境容量

有機物として約50 トン/ha

窒素量で約200 kg/ha

最大施肥量のめやす

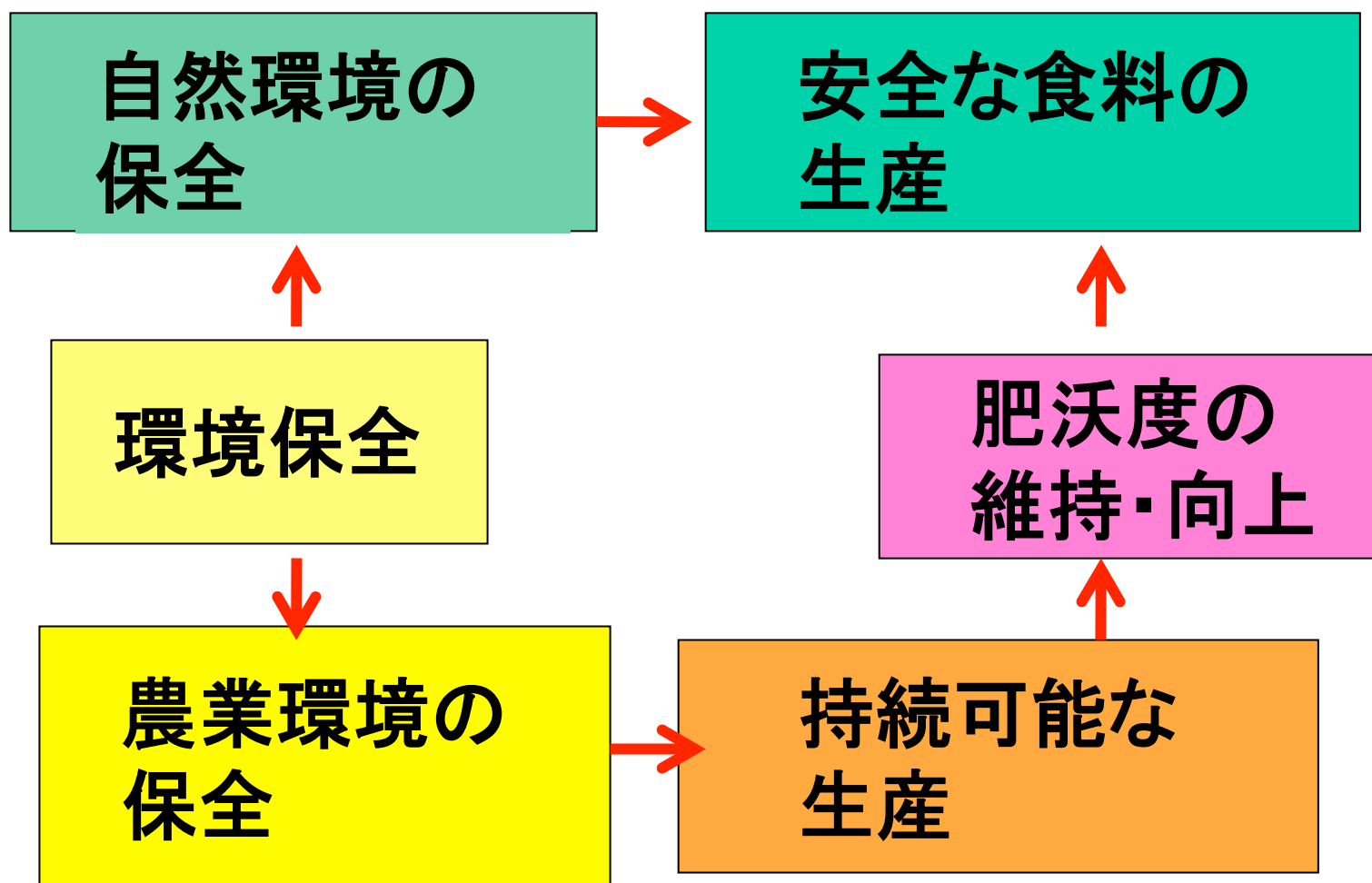
(ヨーロッパでは140 kg N/ha が採用されている。)

環境容量の担い手

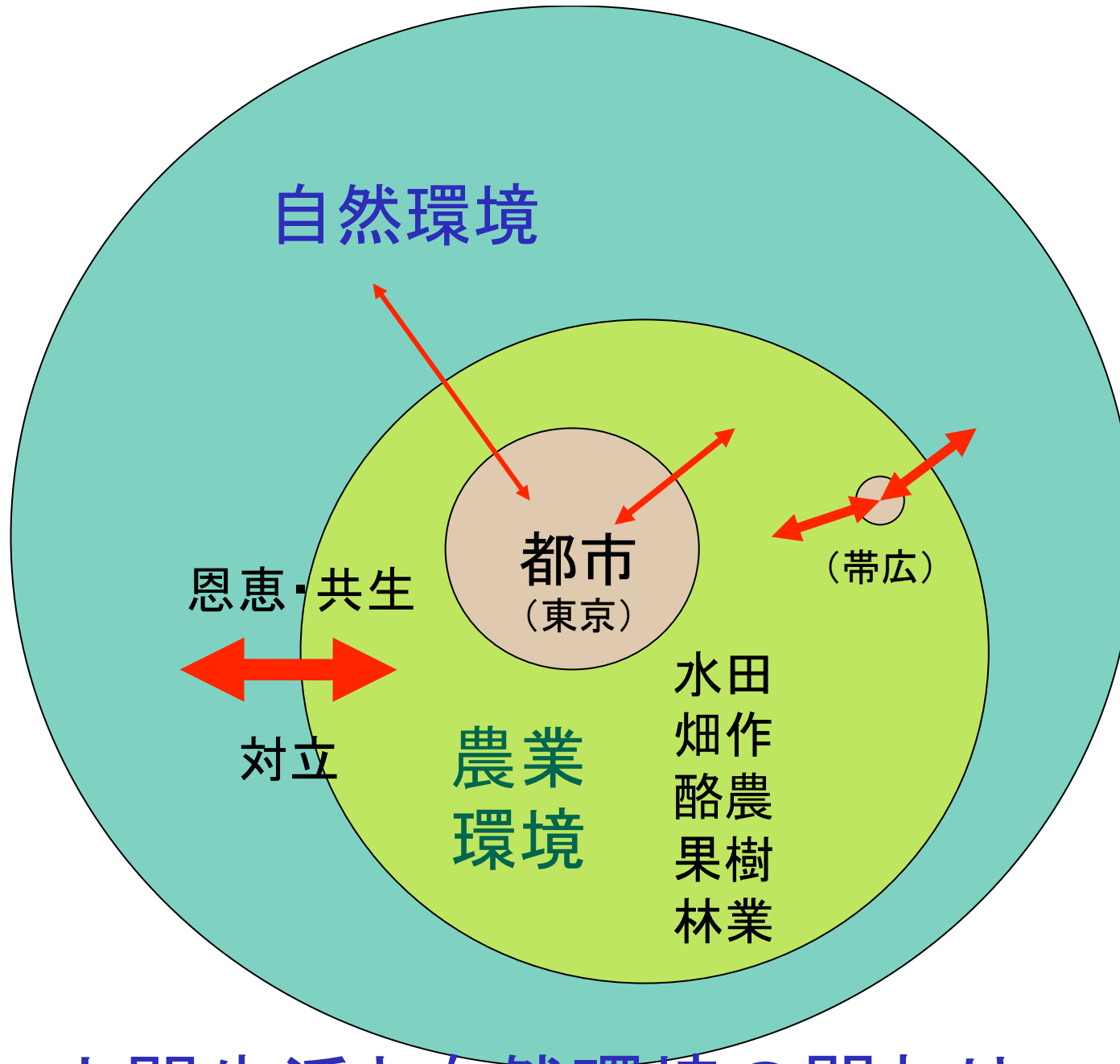
- 粘土鉱物（吸着 イオン保持）
（結晶性粘土鉱物、アロフェン、非晶質アルミナ・鉄ゲル）
- 土壌有機物（吸着 イオン保持）
（腐植物質、施用有機物）
- 土壌動物・微生物（分解）
（落葉落枝、生物遺体、糞尿、有機廃棄物、残留農薬の分解）
- 植物（吸収）
（緑肥、ファイトレメディエーション）

土と、土に住む 生き物は

- 環境の浄化に大きく貢献している。
- 土の生命が損なわれると、物質の循環がストップし、全ての生命の存立基盤が失われる。
- 人間は、土と土の中の生命を大切に扱わなくてはならない。



環境に調和した農業技術の目的



人間生活と自然環境の関わり

土は生きている。

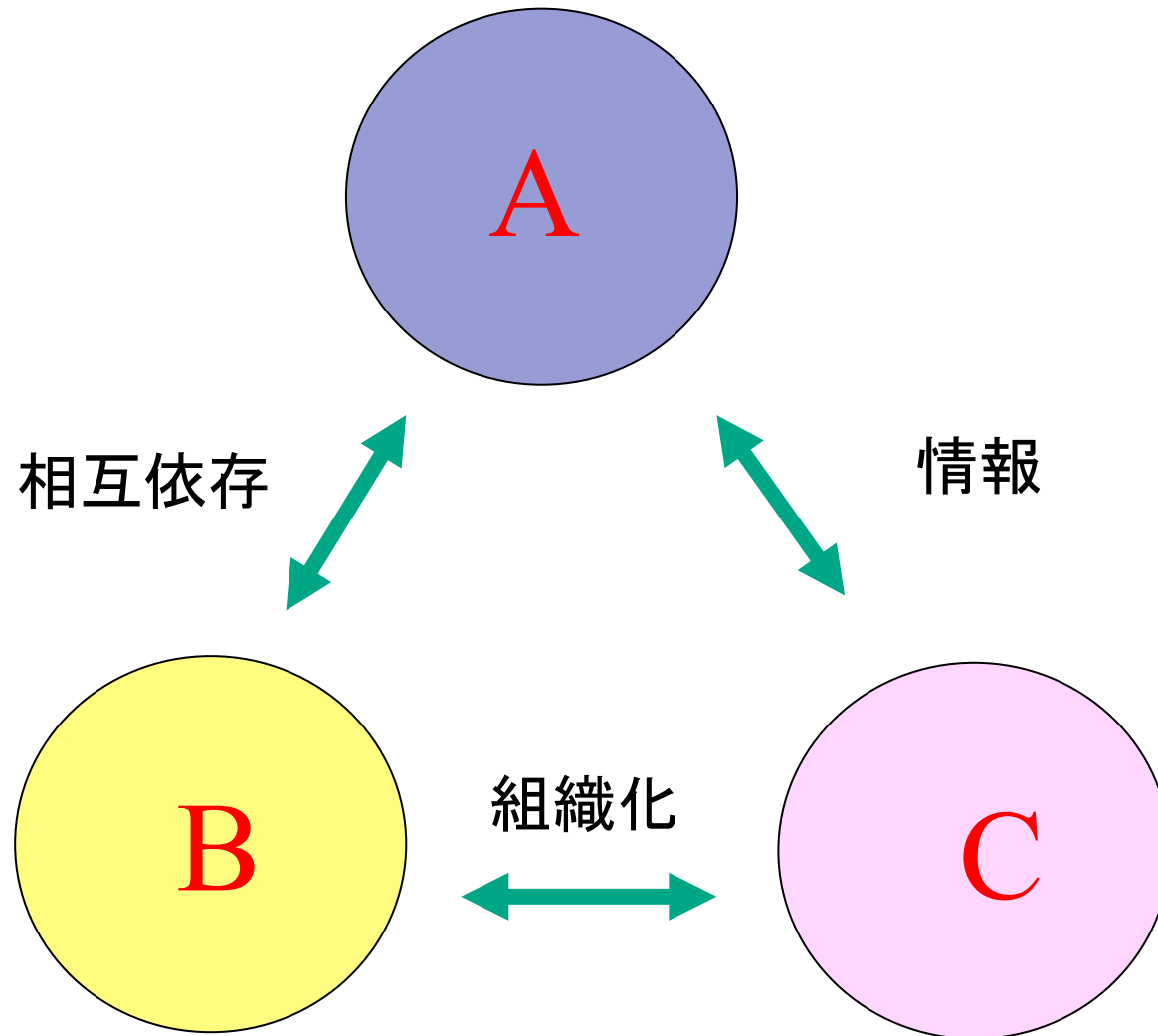
- 土も生物と同様に、誕生し、成長し、死に至る。
- 人間はその過程の一時期しか土の恩恵を受けることができない。
- 人間による誤った利用は、土の死を早めることになる。

生物は土によって生かされ、
土も生物によって生かされている。

- 土は非常に微妙な生態系のバランスの上
に存在している。
- 従って、土は非常に壊れやすい(劣化しや
すい)ものである。
- 土の保全は生態系全体の保全によってな
し遂げられる。

人間は土を利用せざるをえない。

- 土の利用にあたっては、自然生態系のしくみにならない、優しく接する必要がある。
- ⇒ 農耕地への有機物の還元
- ⇒ 森林と農耕地の共生
- ⇒ 農耕と畜産の共生
- ⇒ 輪作、緑肥栽培など遷移を取り入れる。
- ⇒ 多様な遺伝子を活用し、保存する。



要因A, B, Cは、互いに関連をもつことにより、新しい機能を獲得する。

要因は相互に**関連**を持つことにより

- **エントロピーの減少** と
- **システムの創造** をもたらす。
- 生命活動、生態系の構築、生産活動、文明、文化はエントロピーの減少を伴っている。

エントロピー増大の法則に反している。

農業生態系

- 人間によって選ばれた構成要因のみの間に築かれた関係(エントロピーの減少)
- それ以外の要因の間関係の否定と破壊(エントロピーの増大)
- 周辺のエントロピーを増大させるなかで、農業生態系のエントロピーのみを減少させている。(人間の生産活動一般に共通)

自然生態系

- 無限の構成要因の間関係
- 関連を多様で複雑にすることにより、システムの安定性をもたらして
- 全体的なエントロピーの減少に向けて進化。

持続性をもたらす
キーワード

農業と土壌も同様に

- 複雑さと多様さを活かすところに、持続性、健全性、安定性への糸口がある。
- みてくれだけの合理化や単純化は、長い目で見れば持続性、健全性、安定性を犠牲にしたものである。