

分析化学会北海道支部 第31回緑陰セミナー

Part 1

土壌有機物 その特性と農業環境中にお ける役割

分析化学会北海道支部
第31回緑陰セミナー

筒木 潔

今年はFAOが定めた 「国際土壌年」です。

Mountain (2002), Freshwater (2003),
Rice (2004), Microcredits (2005),
Deserts and Desertification (2006),
Polar Year (2007), Potato (2008), Natural Fibres (2009),
Biodiversity (2010), Forests (2011), Cooperatives (2012)
Quinoa (2013), Family Farming (2014)

Soils (2015)

Pulses (2016)



2015

国際土壌年

何故今年が国際土壌年とされたのか？

- 人類の生存にとってかけがえのない土壌が危機的状態にあるから。

Soil Facts (by FAO)

- 健康な土壌は健康な食料生産の基礎である。
- 土壌は地球の生物多様性を支え、その1/4を宿している。
- 土壌は**再生不能な資源**であり、その保全は食料の安全性と私たちの持続可能な未来にとって不可欠である。

Soil Facts (by FAO)

- 土壌は水を保持しろ過することにより、洪水や干ばつから私たちを守っている。
- 土壌は食料、繊維、医薬植物などのために栽培、管理されるさまざまな植物の基礎である。
- 土壌は炭素の循環において中心的役割を果たすことにより、気候変動と戦い、適応することを助けている。

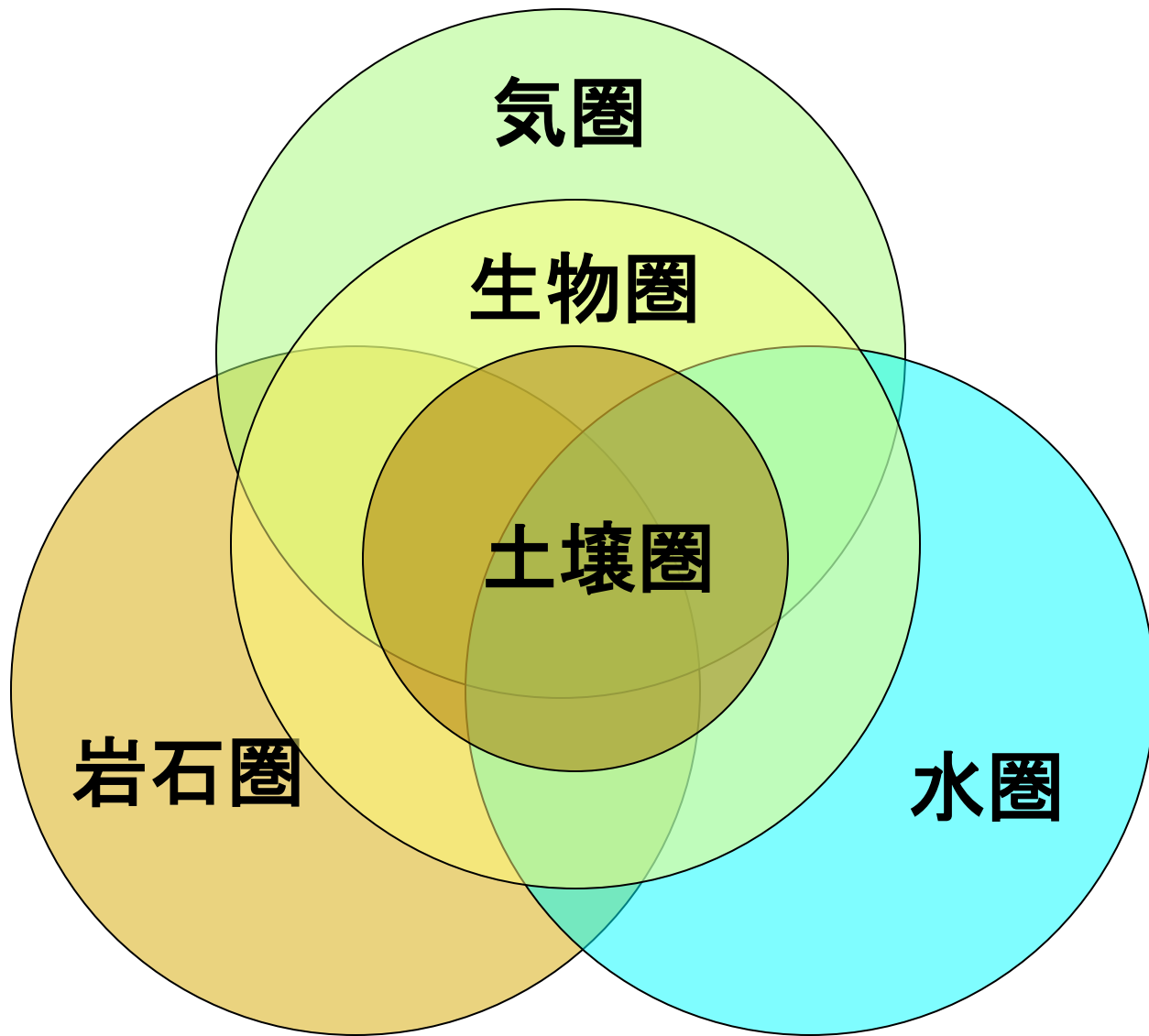
土は命を育む

その働きの証拠が

土の中の有機物だ。

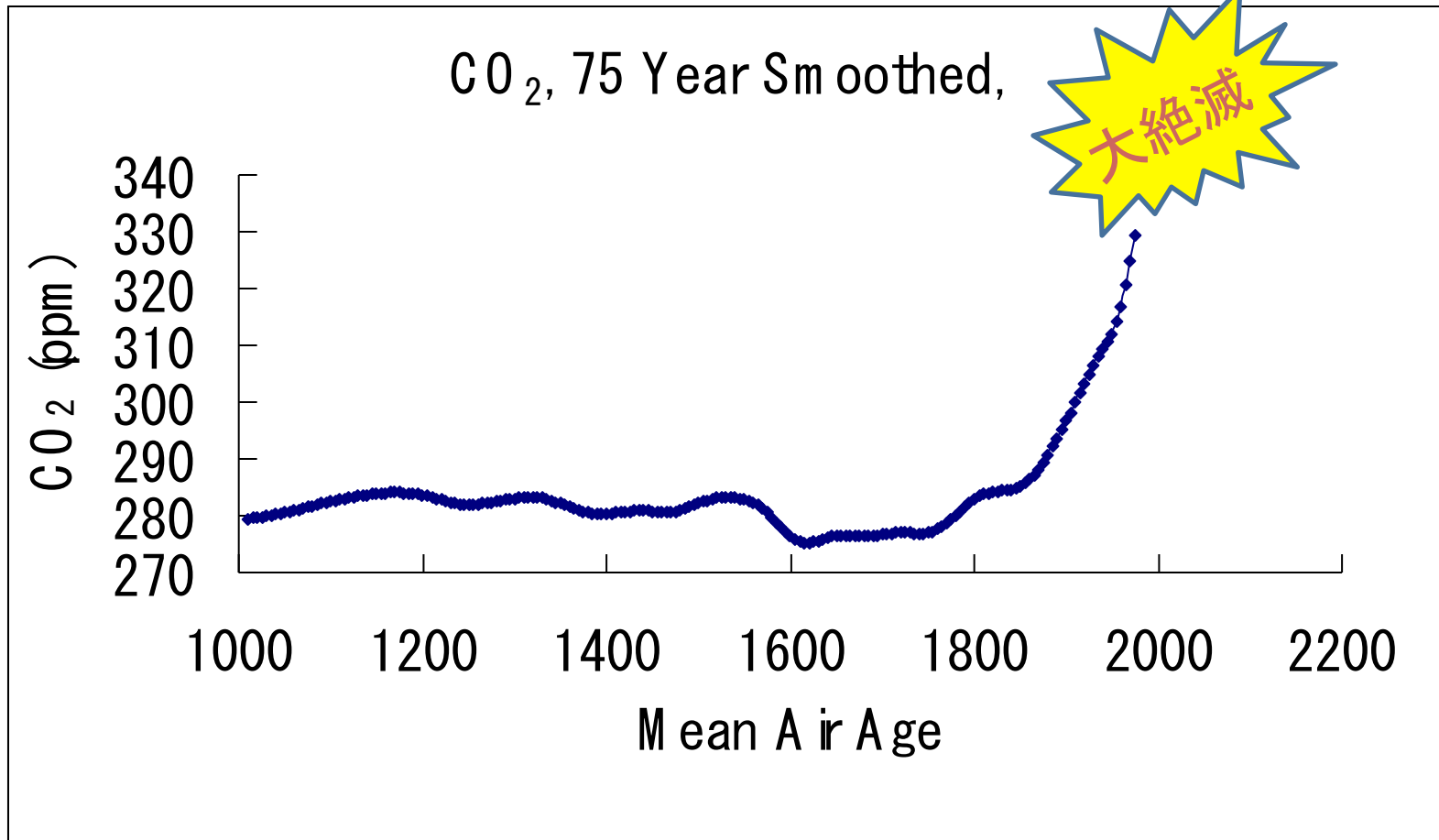
土壌圏は生物圏の中に存在する

- 生物が土壌をつくった。
- 生物のないところに土壌は存在しない。
- 生物は自らおよび子孫の生育環境を改善するために、土壌を豊かにする。



土壌圏の位置付け

この先に起ることは？



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)

70%の生物学者は、**現在**、大量絶滅が
起こっていると見ている。

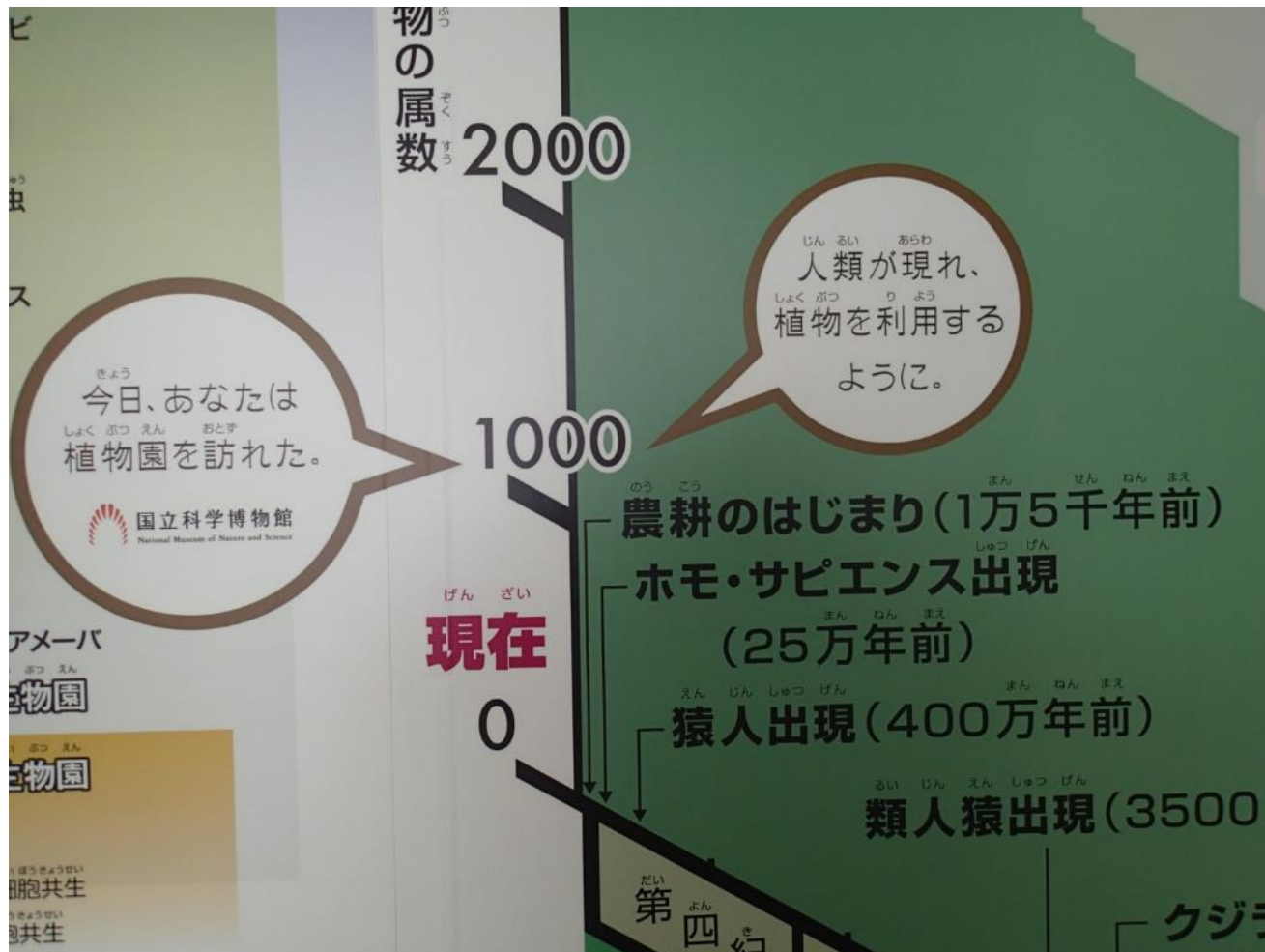


表 7. 1 地球上の炭素の貯蔵庫

(Hunt 1972、Paul and Clark 1989、Eswaranら 1993に加筆)

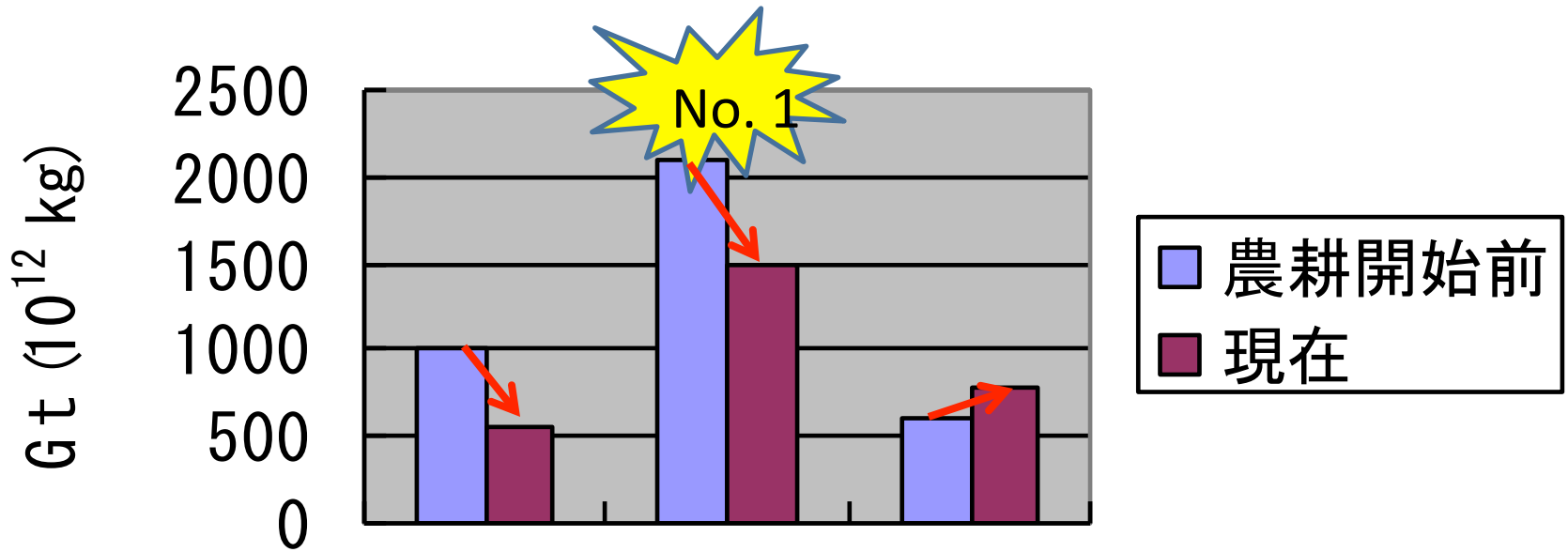
貯蔵庫	存在量	10 ⁹ Ma
陸地		
植物バイオマス		550
土壌有機炭素		1500
大気	1850年 (CO ₂ 285 ppm)	602
	1900年 (CO ₂ 297 ppm)	626
	1950年 (CO ₂ 312 ppm)	658
	1999年 (CO ₂ 367 ppm)	772
海洋		
溶存炭酸塩		38000
溶存有機物		600
固形浮遊物および堆積物中の有機物		3000
地殻 (化石燃料)		4000

CO₂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>

地球上の炭素の分布



植物バイオマス

土壌

大気

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。

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

人間活動によるCO₂ 発生

要因	二酸化炭素Cの 増加率
----	----------------

Gt (10⁹ t)/year

化石燃料の燃焼

7

土地利用変化

2.2

土地利用変化とは

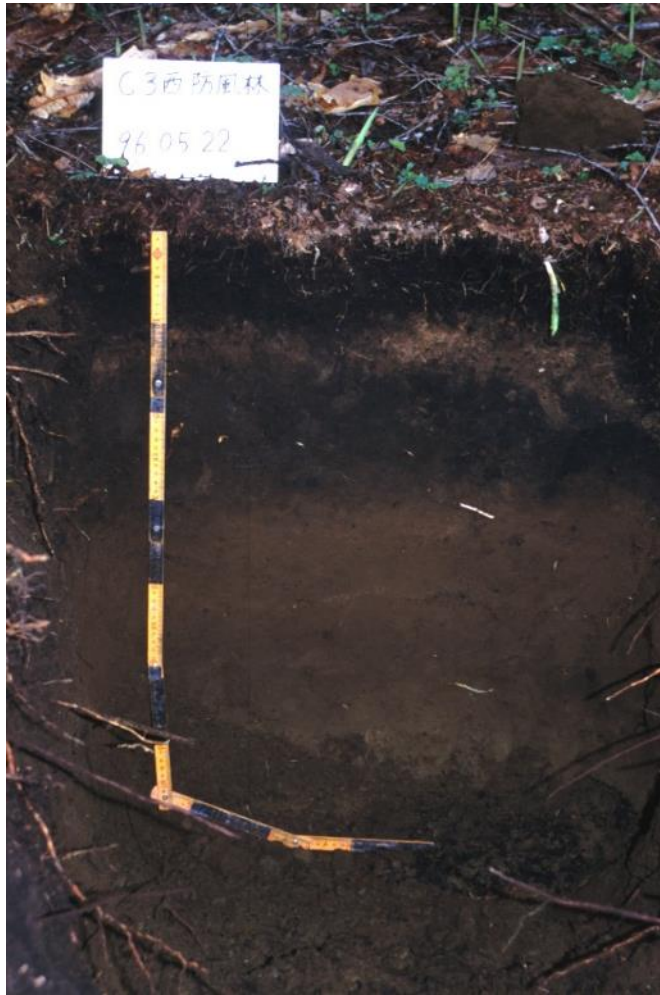
森林の伐採
焼畑

草地の畑地への転換



美しい畑から多量のガスが発散している。
耕耘による土壌有機物の分解促進





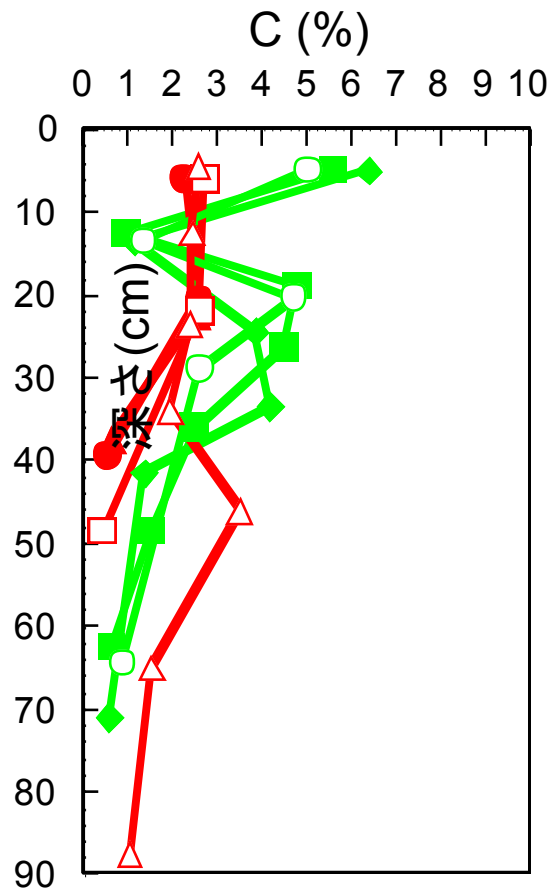
防風林内土壤



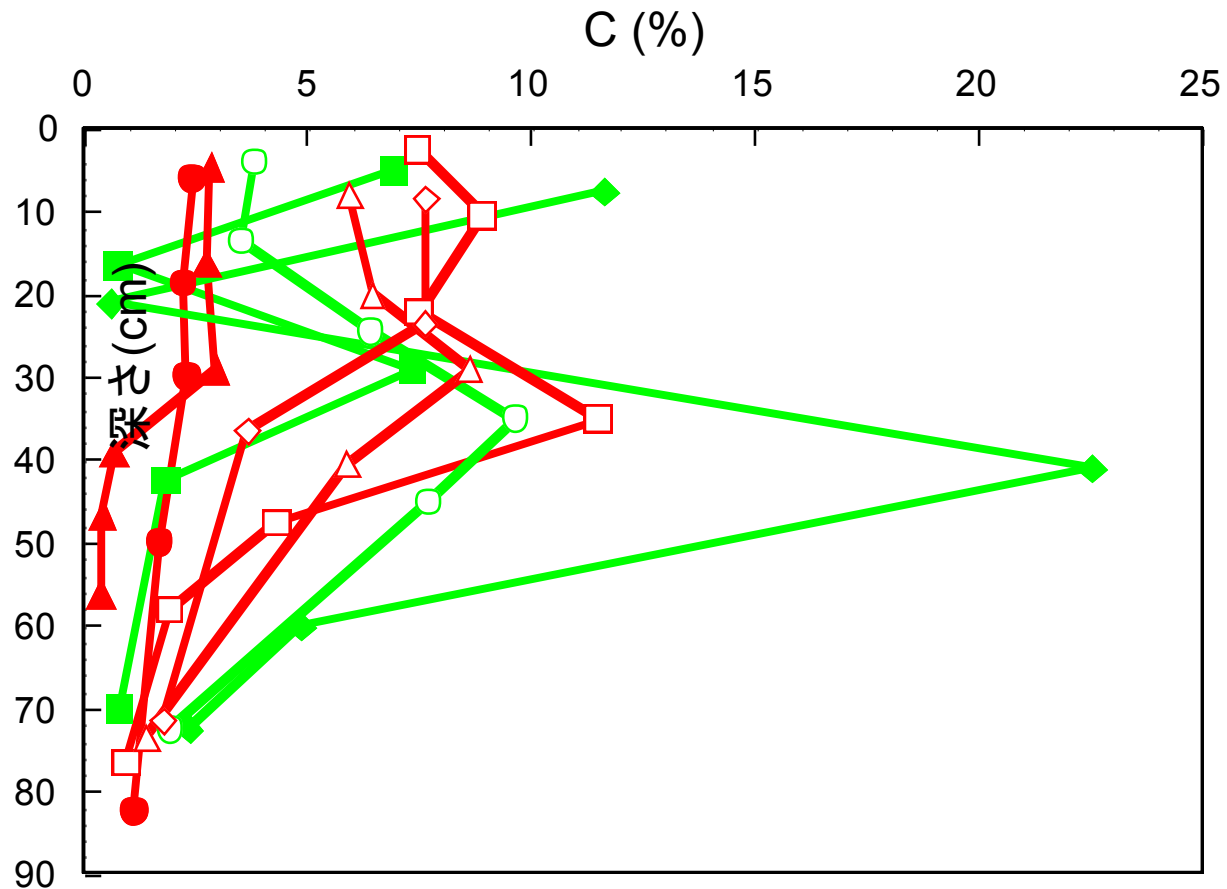
C3圃場土壤

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



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	

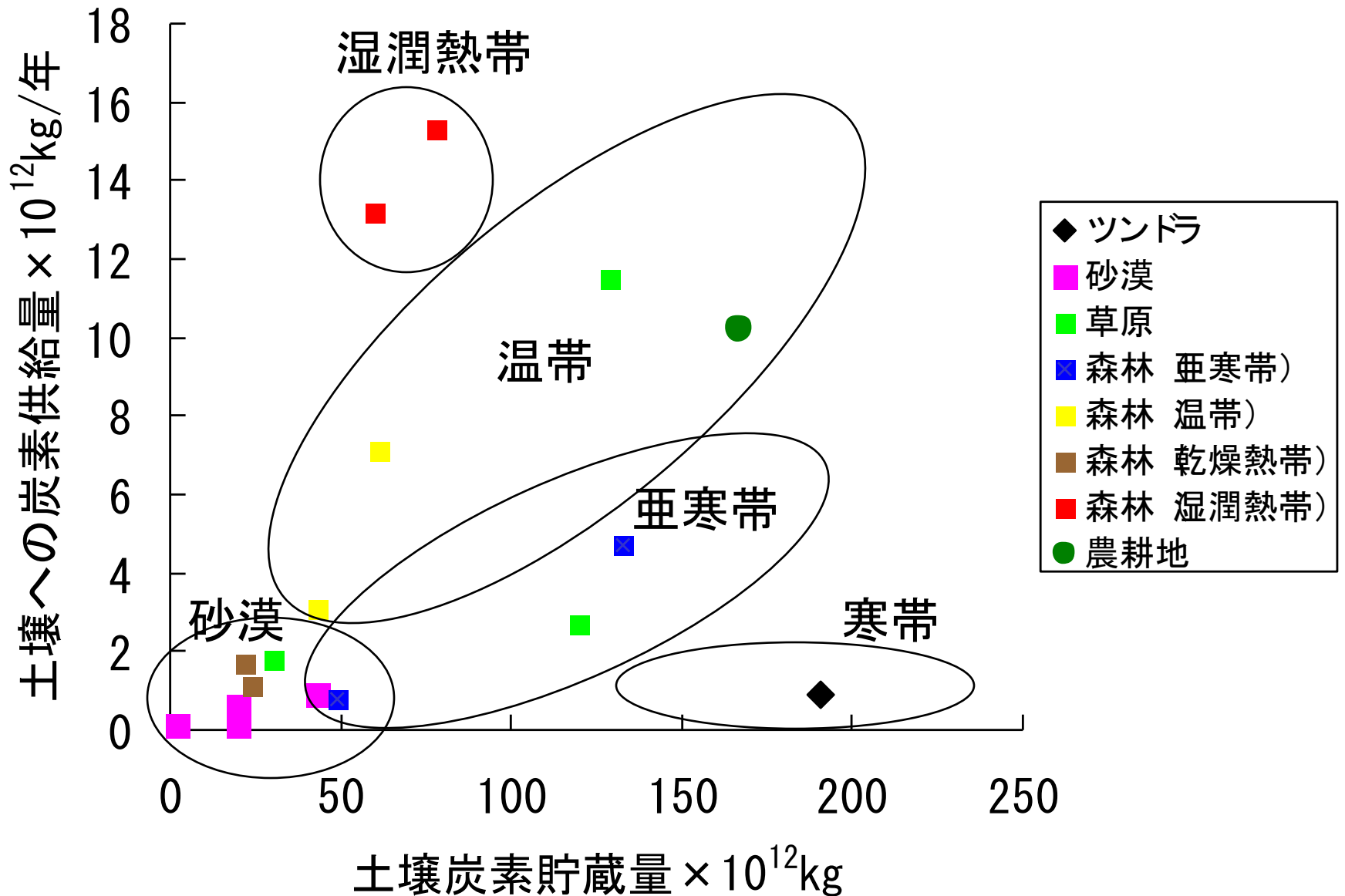
CO₂発生

核廃棄物熱の放出

1人あたりのエネルギー消費(2010)

- 世界平均 1.9トン /年 (石油換算)
- 日本 3.9トン /年
- アメリカ 7.1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

土壤への炭素供給量と蓄積量



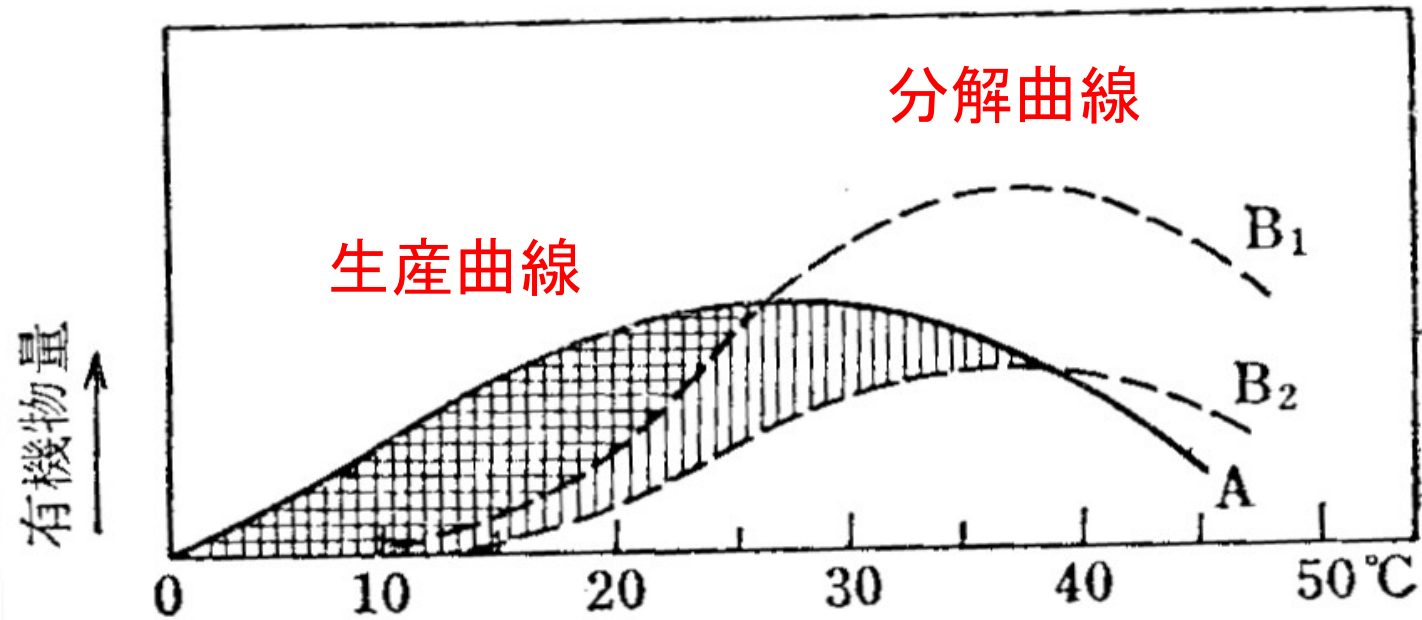
レイテ島Baybay 二次林



レイテBaybay 二次林土壤断面



土壤有機物の蓄積に影響する因子：地温と土壤水分



☐ 通気良好の畑地土壤における腐植の集積

▨ 湛水下の土壤における腐植の集積

A 植物による有機物生産

B₁ 好氣的条件下の有機物の分解

B₂ 湛水下の有機物の嫌氣的分解

表 7. 2. 3種類の気候帯における土壌炭素の代謝回転

	イギリス ローザムステッド	カナダ西部	ブラジル
気候帯	温帯	冷温帯	熱帯
土壌の種類		モリソル	スポドソル
作物	小麦連作	小麦－休閑作物	サトウキビ
土壌の重量 (Mg ha ⁻¹)	2200	2700	2400
有機炭素 (Mg ha ⁻¹)	26	65	26
炭素の流入量 (Mg ha ⁻¹ 年 ⁻¹)	1.2	1.6	13
土壌炭素の代謝回転 (年)	22	40	2

Paul and Clark 1989より引用

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。

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。

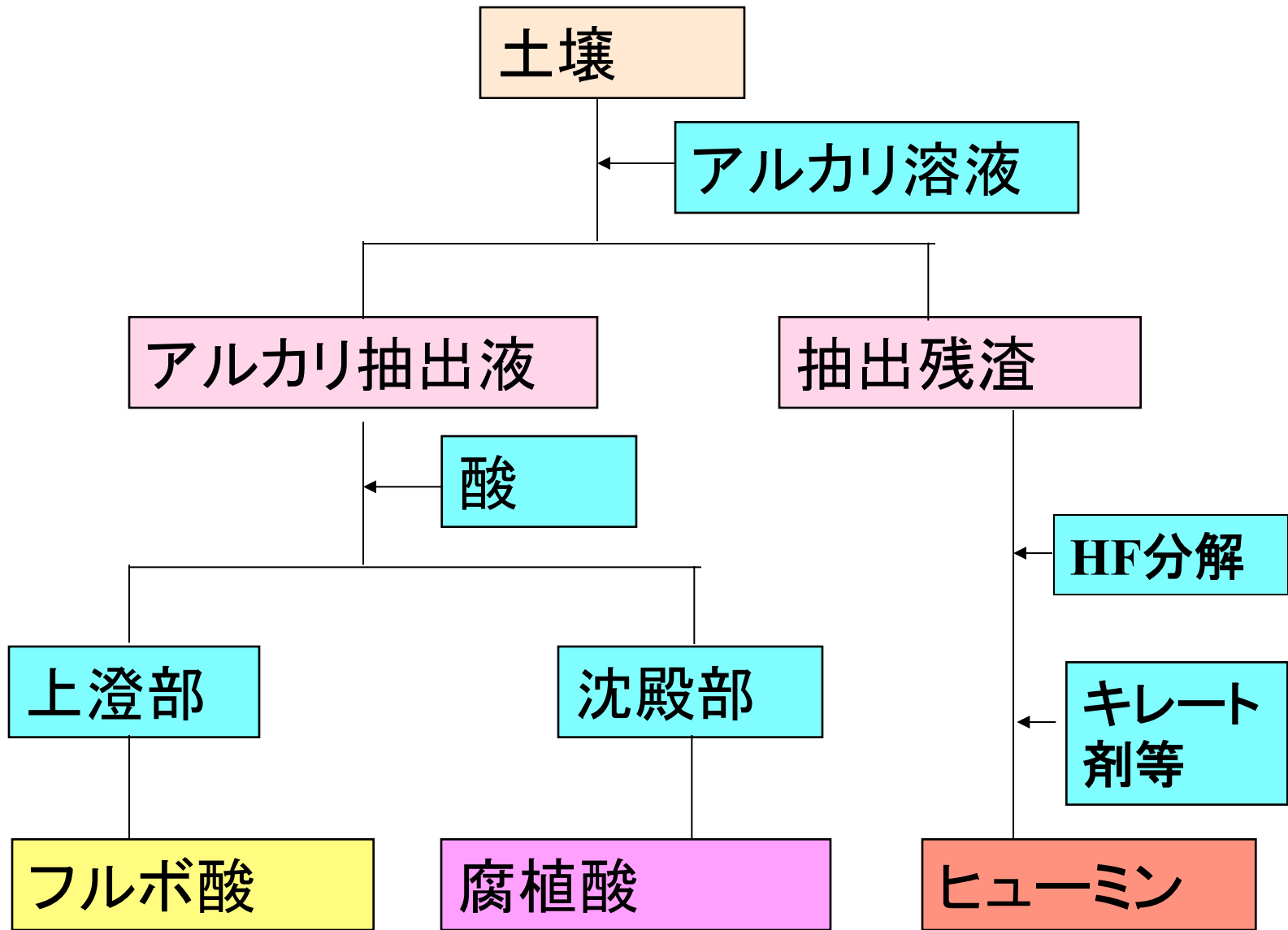
- 腐植物質だけでは、作物の生育を支えることができない。
 - 適正なpH
 - 好適な水分条件
 - 十分な無機養分
 - 生育阻害物質を含まない
- などと組み合わせの上、その効力を発揮する。

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

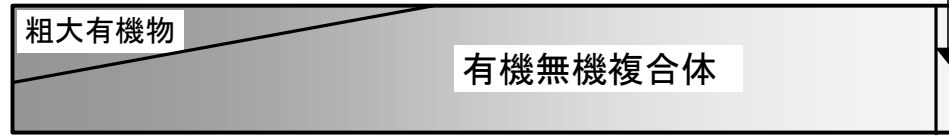


腐植物質の分画法

土壌有機物の抽出精製方法

抽出法 抽出溶媒	抽出成分
アルカリ抽出 (NaOH, NaP ₂ O ₇)	
酸沈殿部	腐植酸
酸可溶部	フルボ酸
XAD-8, PVP等の樹脂に吸着	腐植物質に富むフルボ酸画分
樹脂非吸着	非腐植物質に富むフルボ酸画分
抽出残渣	ヒューミン
酸抽出	フルボ酸 + 多糖類の一部
水抽出	低分子脂肪族有機酸、遊離アミノ酸、糖類、フェノール性化合物
熱水抽出	同上 + 多糖類、タンパク質の一部
緩衝液抽出 (pH 7)	同上 + 多糖類、タンパク質、腐植物質の一部
有機溶媒抽出	
アルコール、クロロホルム等	脂質成分・ビチューメン
ジメチルスルフォキシド・HCl	腐植物質の一部

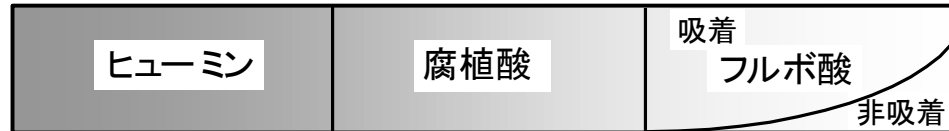
無機成分との相互作用による区分



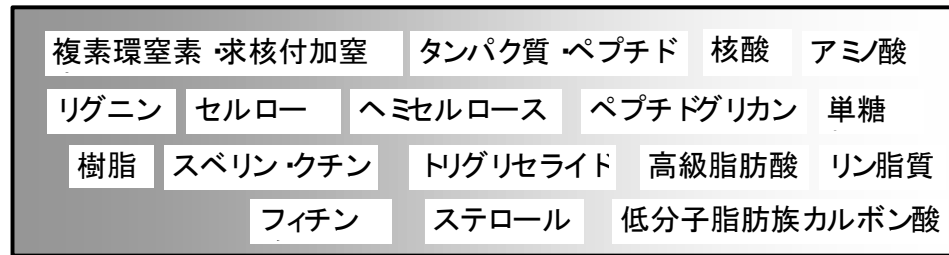
腐植物質と非腐植物質の区分



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 →

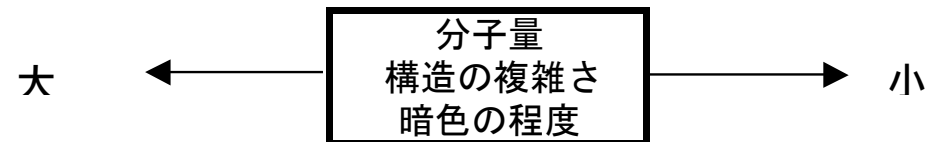
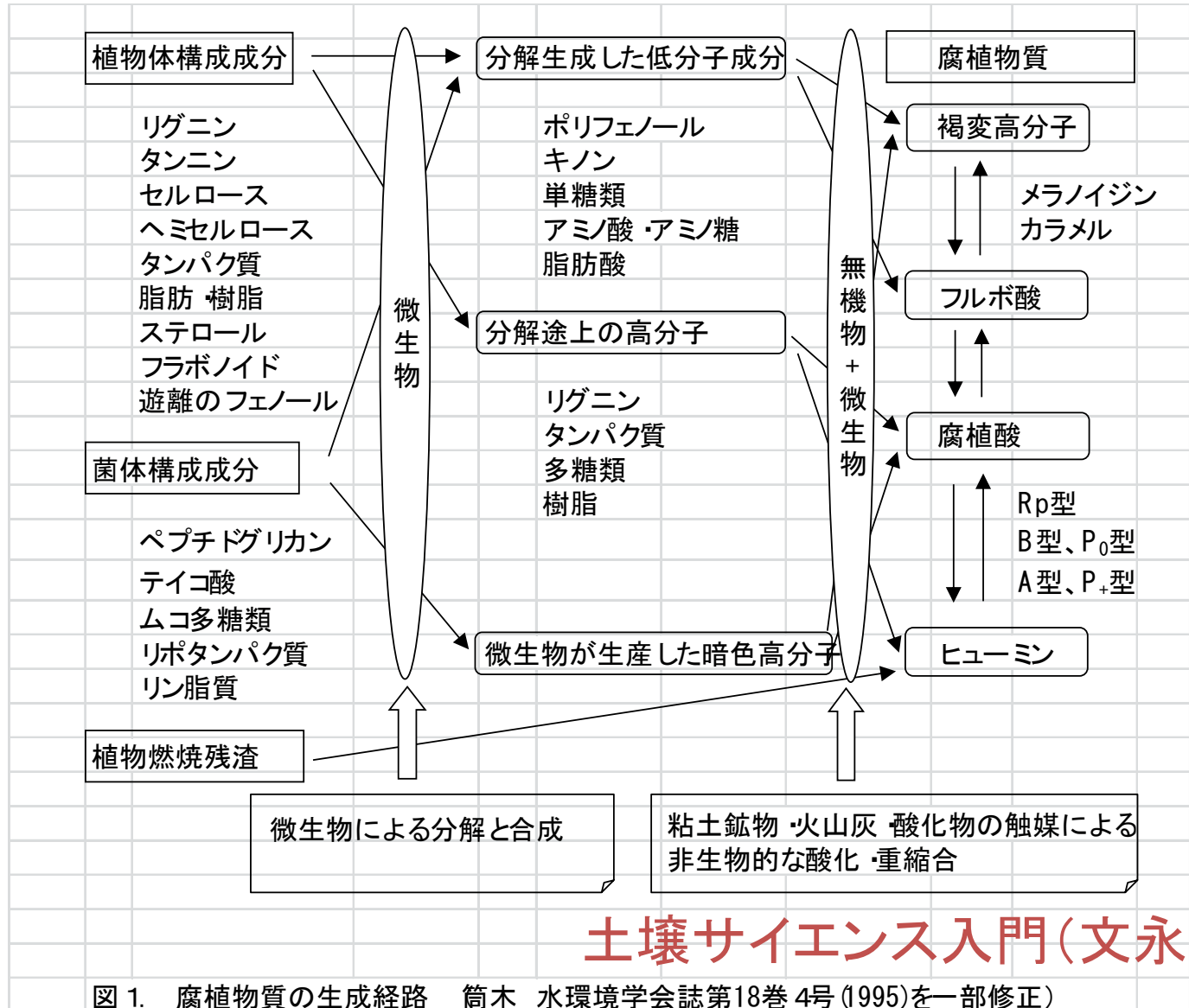


図 7.2

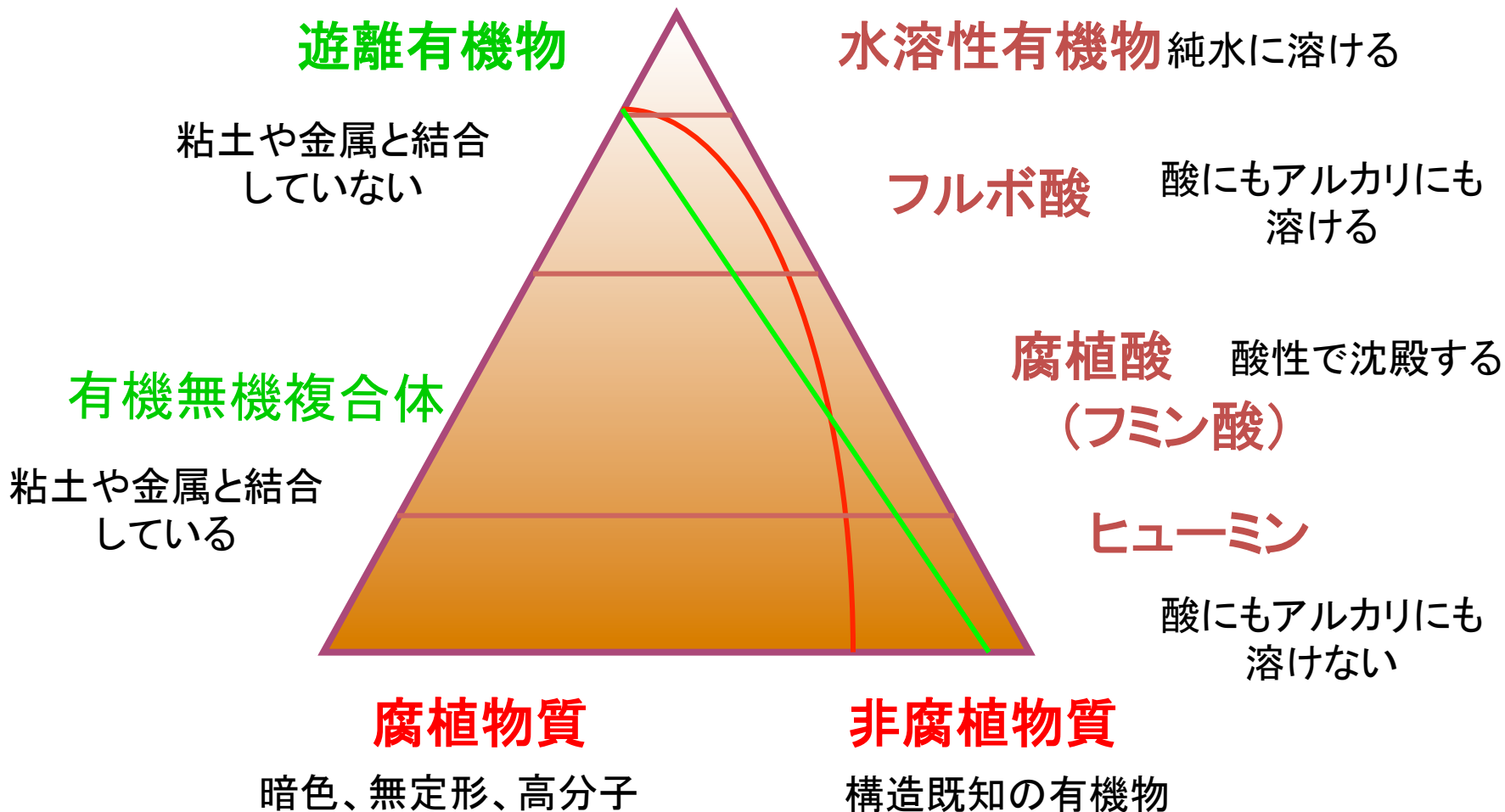
土壌有機物の化学的組成

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)



土壤有機物の構成概念

親水性部分

親水性部分

疎水性部分

リグニン

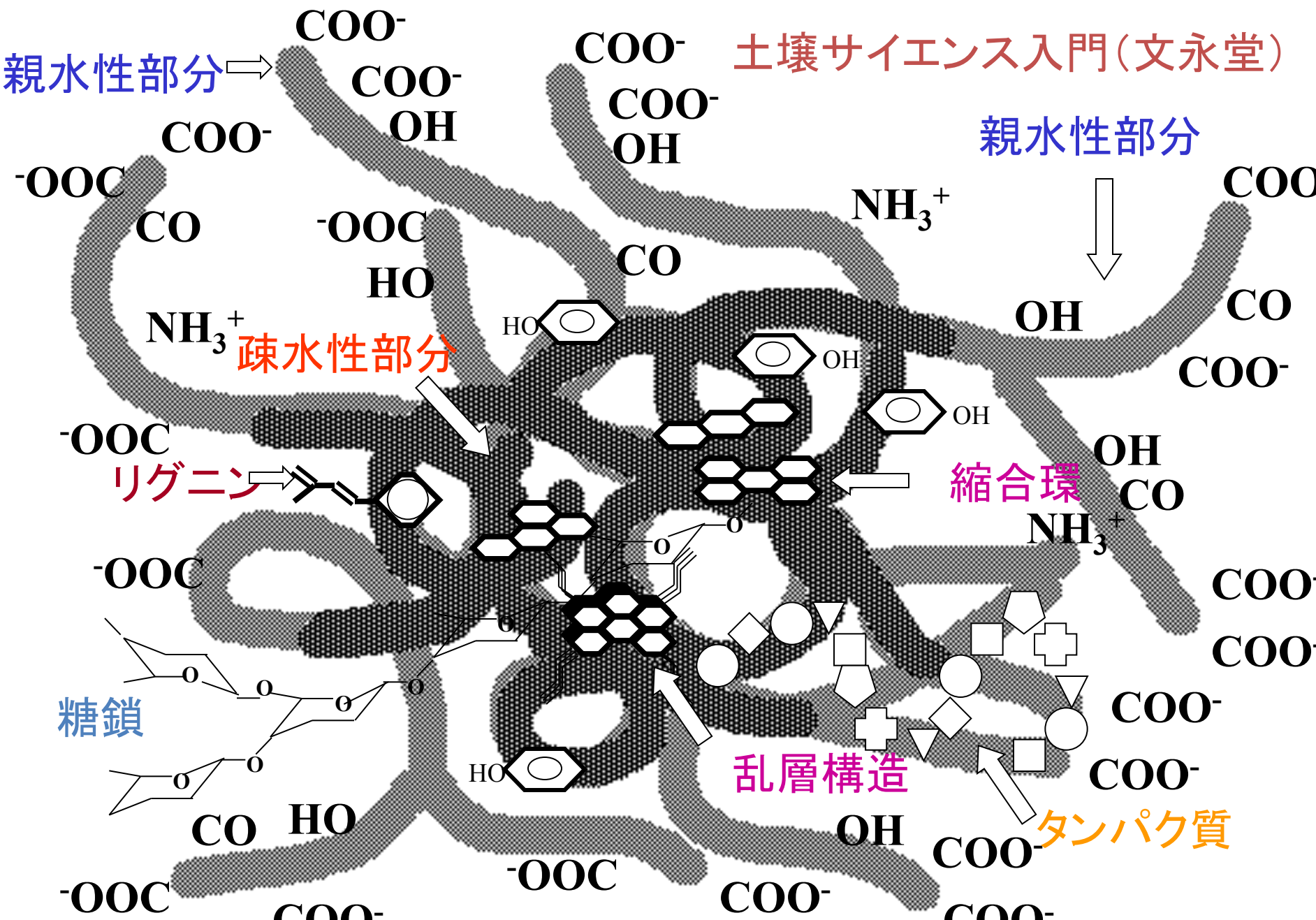
縮合環

糖鎖

乱層構造

タンパク質

腐植物質の構造概念図



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	$96 \sim 160 \times 10^3$
淡水	0.090×10^3
海洋 生物	$0.05 \sim 0.12 \times 10^3$
可溶性無機リン	80×10^3
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)