

植物の生育と土壌

植物生産土壌学 1

筒木 潔

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

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。

Why Soil Year 2015?

- Healthy soil is a basis for healthy food production.
- Soils support our planet's biodiversity and they host a quarter of the total.
- Soil is a non-renewable resource, its preservation is essential for food security and our sustainable future.

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、その保全是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。

Why Soil Year 2015?

- Soil stores and filter water improving our resilience to flood and drought.
- Soils are foundation of vegetation which is cultivated or managed for feed, fibre, fuel, and medicinal plants.
- Soils help to combat and adapt to climate change by playing a key role in the carbon cycle.

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。

Plant Growth and Soil

Soil Science for Crop Production 1

植物生産に関わる学問と 植物生産土壌学の領域

生産技術	食用作物学、飼料作物学、工芸作物学、園芸学、造園学、造林学
栽培環境技術	土壌学、植物栄養学、肥料学、農業気象学
生産基盤技術	農業土木学、農業機械学
作物保護技術	植物病理学、害虫学、雑草学
作物育種技術	作物育種学、遺伝子工学、植物遺伝生態学、生物工学

Territory of Soil Science for Crop Production

Production Techniques	Food Crop, Forage Crop, Industrial Crop, Horticulture, Garden Planning, Silviculture
Production Environment	Soil Science, Plant Nutrition, Fertilizer Science, Agricultural Meteorology
Basis	Construction and Machinery
Plant Protection	Pathology, Entomology, Weed Science
Plant Breeding	Breeding, Gene Technology, Plant Inheritance, Biological Engineering



Azuki bean July 5, 2021 at Biei

収穫前の小豆畑(2012.9.22)



July 13, 2004, Obihiro Univ.

Potato May Queen



Wheat

June 20, 2004

July 15, 2004 at Obihiro



Wheat, near harvesting



Wheat, after harvesting

August 1, 2004, Makubetsu



小麦の発芽 2005.10.02



Beet and Kidney bean

テンサイと大手亡
更別にて
2009年7月15日



テンサイ
Beet, young plant



デンプン
小豆
黒豆
大正金時
大豆

Various beans

テンサイ(2012.09.22)



August 09, 2004,
Kamiyubetsu



Onion field

放棄畑の雑草群落 オオアワダチソウとエゾミヤコザサ

Wild grasses in abandoned upland field



Dwarf bamboo, Miyakozasa



Solidago gigantea

クサヨシの小群落



Small patch of *Phragmites australis*

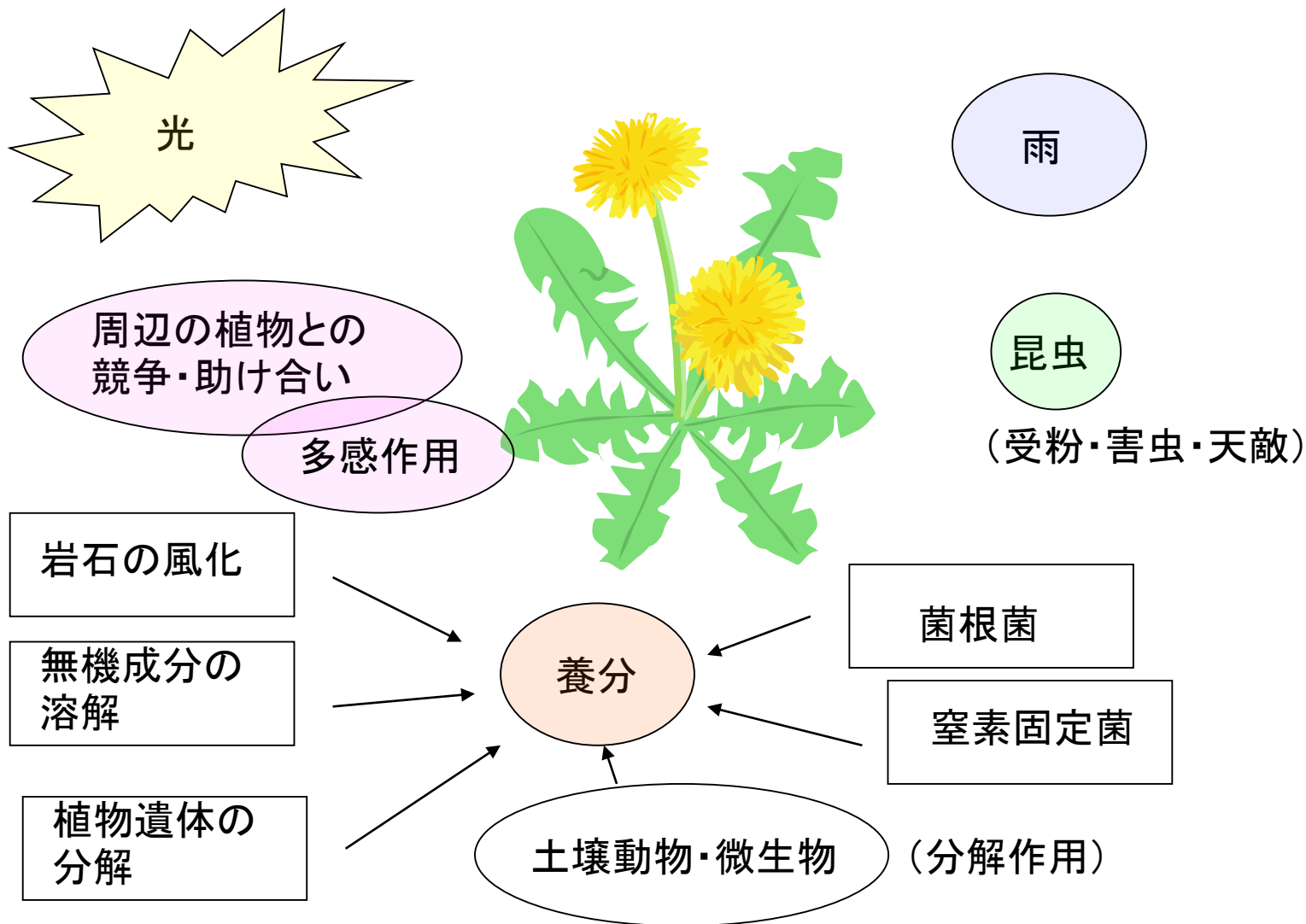
自然の植物と作物の比較

	自然の植物	作物
多様性	他の植物・動物と共存	他の生物を排除
養分	自然の地力	肥料
病虫害との関わり	生態系のバランス	農薬
エネルギー	太陽エネルギー	化石エネルギー
生産物	その場で分解消費	外部で消費
遷移	あり	なし
人間のかかわり	小～大	非常に大

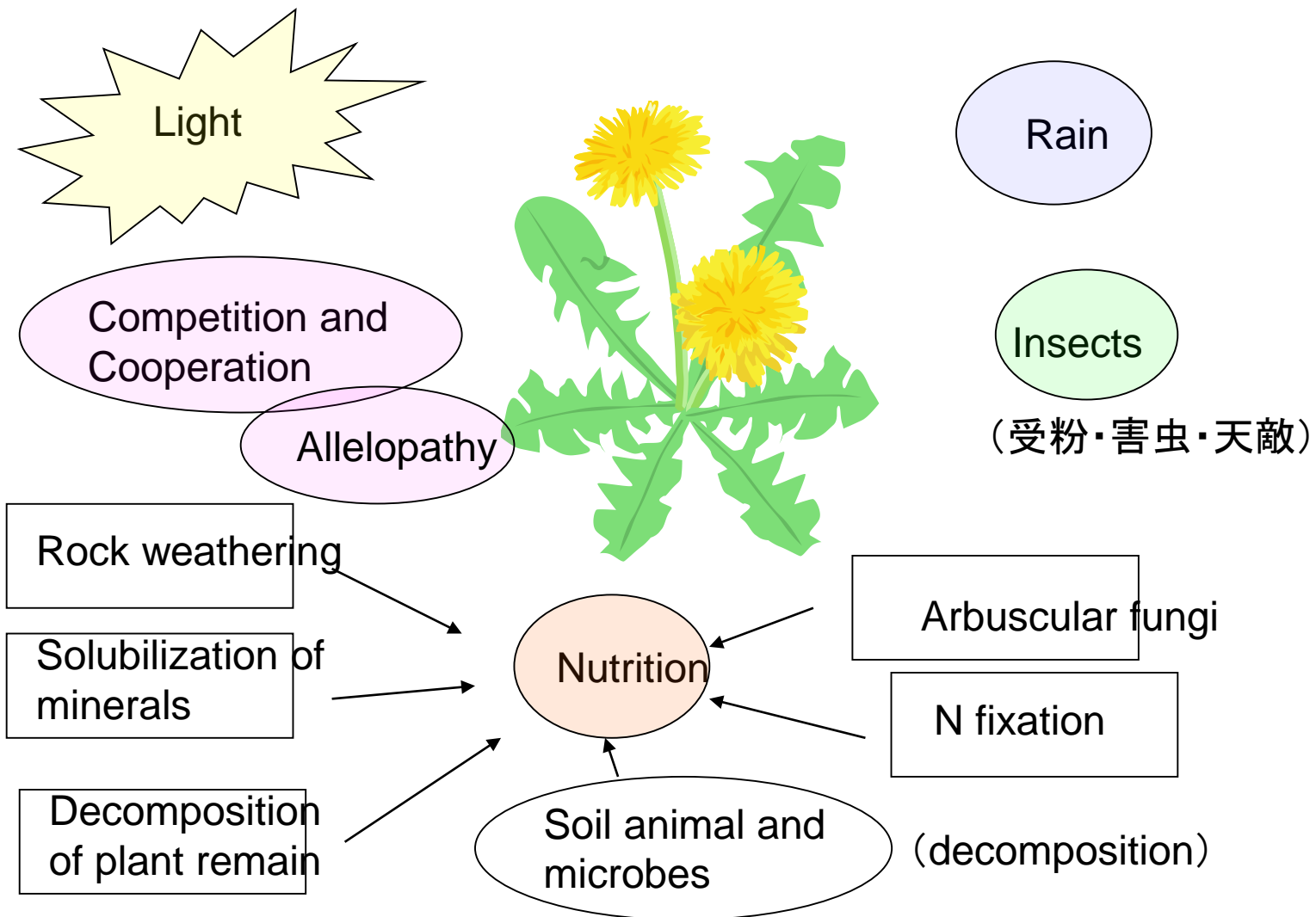
Plants in nature and crop land

	Nature	Crop land
Diversity	Co-existence	Exclude other plants
Nutrition	Natural fertility	Fertilizer
Pests Interaction	Ecological Balance	Pesticide control
Energy	Solar	Fossil
Products	Consumed on site	Consumed outside
Succession	Proceeding	No succession allowed
Relation with human	Little - Large	Very large

自然の植物の育ち方



How plants grow in nature



作物の育ち方

人間の関わり

圃場管理

耕うん

播種

施肥

除草

病虫害の管理

収穫

灌漑

排水



肥料 / 農薬

堆肥

化石燃料

農業機械

輸送

How Crops Grow

Human action

Plowing

Seeding

Fertilizer

Weeding

Pest management

Harvesting

Farmland
management

Irrigation

Drainage



Fertilizer /
Pesticides

Compost

Fossil Energy

Agr. Machinery

Transportation

耕地の作物生産力

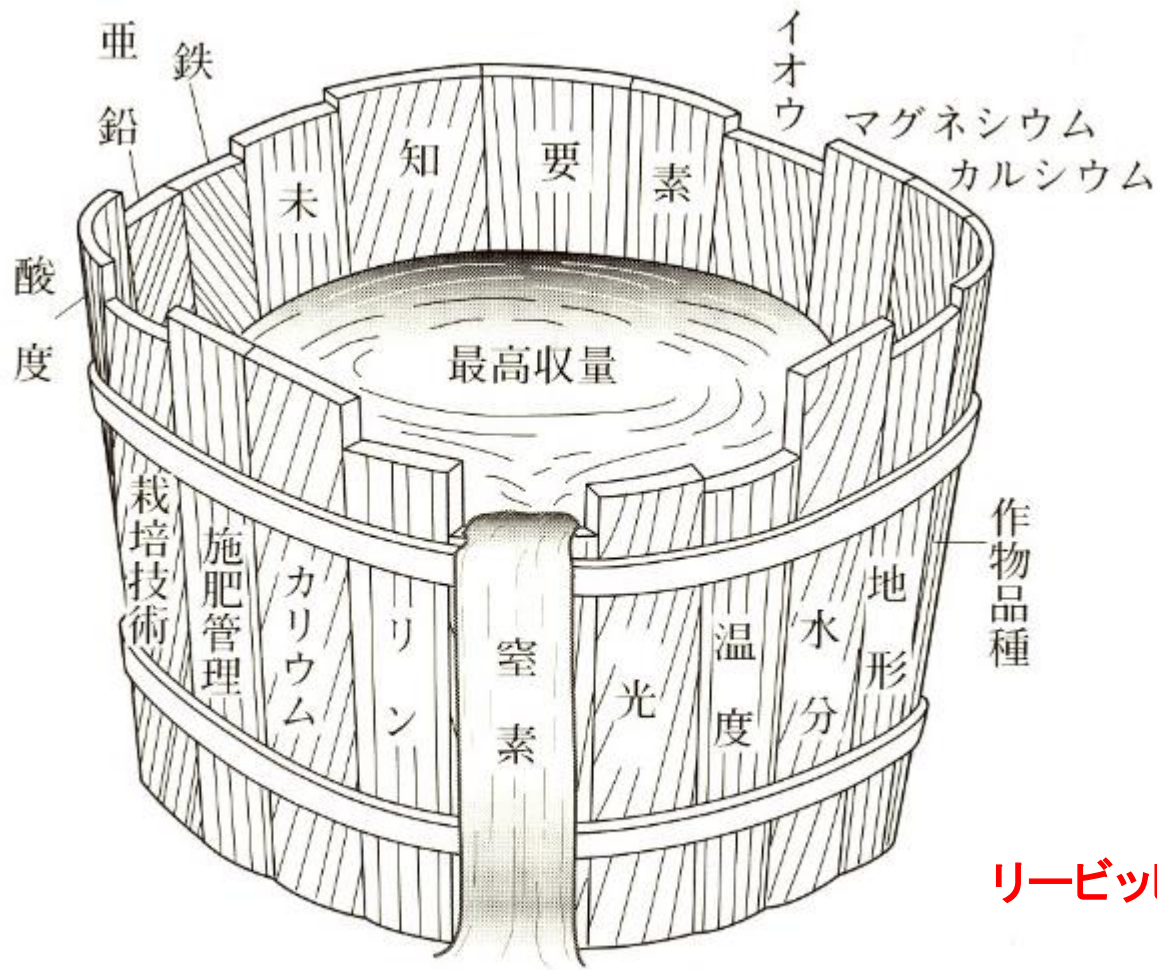
- 土壌の機能
 - a) 養分供給
 - b) 水分の保持・供給
 - c) 根の生育環境
- 気象条件
- 地形
- 施肥管理
- 栽培技術
- 作物の種類や品種

植物生産土壌学
が扱う領域

Crop Production Ability of Agricultural Land

- Soil Function
 - a) Nutrient supply
 - b) Water holding, supply
 - c) Root growth environment
- Meteorological condition
- Relief
- Fertilizer Management
- Crop Growing Techniques
- Kind and Variety of Crops

Field of Soil
Science for Crop
Production



リービッヒの最小律

図13-1 ドベネックの要素樽

(奥田, 1968)

作物の生産には多様な要因が関わっている。

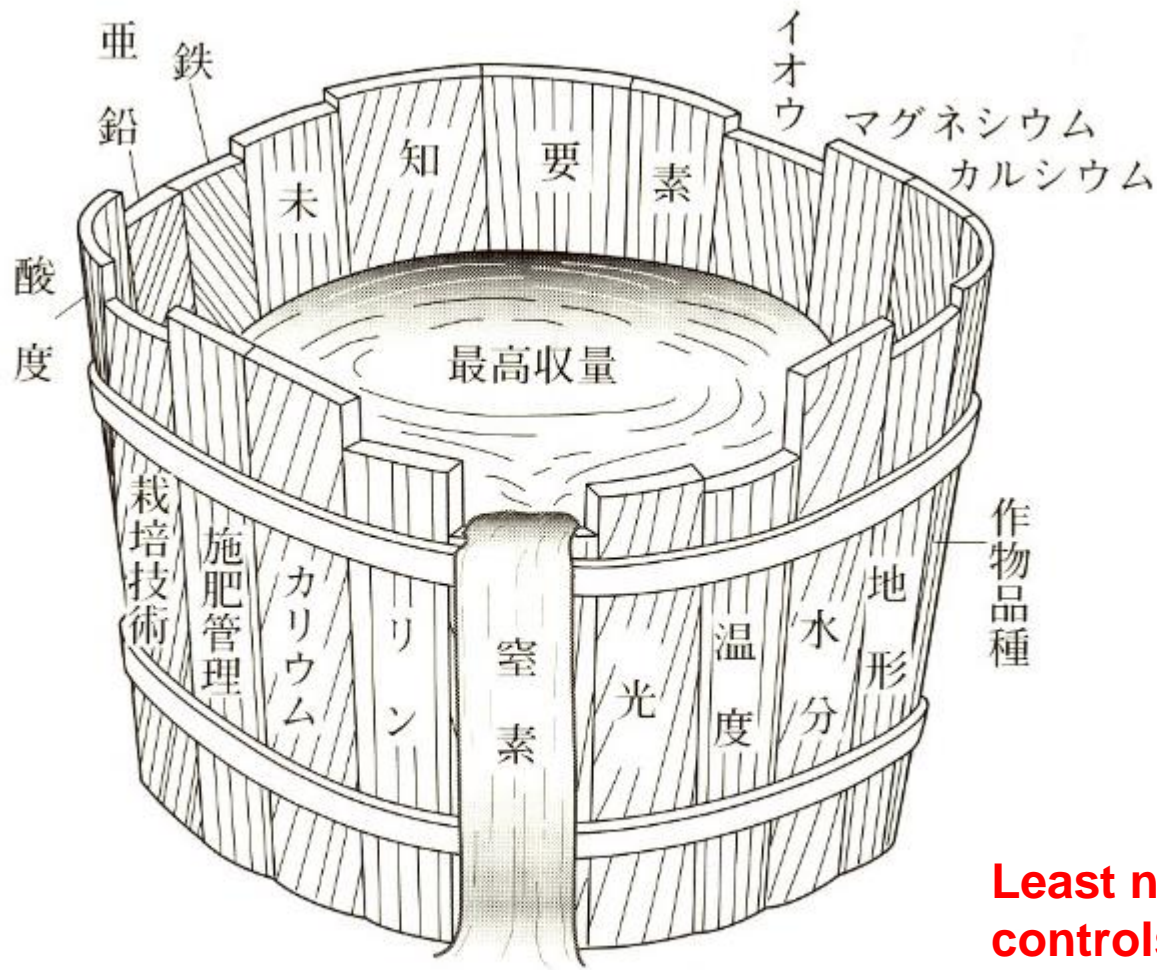


図13-1 ドベネックの要素樽

(奥田, 1968)

Least nutrient controls the maximum growth

Various factors are encountered in crop production.

作物の生育にとって 必須なものは？

水

空気 (酸素と CO_2)

養分

光

熱 (温度)

土は必須でない
のか？

What is necessary for plant growth?

Water

Air (O_2 and CO_2)

Nutrients

Light

Isn't Soil
Indispensable?

Heat (Temperature)

土が作物に供給するもの

- 水
- 空気（酸素と CO_2 ）
- 養分 生育ホルモン
- × 光
- 熱（保温）
- 根の支持体

What Soils Supply to Plants

- Water
- Air (O_2 and CO_2)
- Nutrients and Growth Hormon
- × Light
- Heat (Keep warmth)
- Support Root

土の機能を高めるもの

- **土壌有機物**

養分供給 水分保持 ホルモン作用
保温 土のやわらかさ

- **粘土鉱物**

養分保持 団粒形成

- **微生物**

有機物分解、養分供給、
病原菌との拮抗

How Soil Functions are elevated

- **Soil Organic Matter**

Nutrient supply, Water holding,
Hormon action, Heat Keeping , Soil
softness

- **Clay Minerals**

Nutrient holding Aggregate formation

- **Soil Microbes**

Organic Matter decomposition, Nutrient
supply, Control Pest Germs

作物の生育にとって有害なもの

- 極端な酸性、アルカリ性、遊離アルミニウムイオン
- 極端な高塩類濃度
- 硫化水素・鉍毒成分
- 重金属
- 土壌病害微生物・寄生センチュウ
- 土壌の堅さ
- 干ばつ

有害要因がないことも作物生育の条件
土が作物の生育阻害要因になることもある。

Harmful soil factors

- Extreme acidity and alkalinity, free Al ion
- Extreme salinity
- Hydrogen sulfide • Mine poison
- Heavy metals
- Pest Germs • Parasite nematodes
- Soil hardness/ compaction
- Drought

Absence of harmful factors is an important growth factor

Soil can be a plant growth inhibition factor.

土壌の役割

土壌の役割は？

土は作物生産に
にとって必須か？

土の代わりになるもの:

微生物 → 農薬、肥料

有機物 → 肥料

土壌 → 栽培装置、レキ、

ロックウール、ウレタン、水

→ 養液栽培

What can be replaceable:

Microbe → **Pesticide, fertilizer**

Organic matter → **Fertilizer**

Soil → **Growing apparatus, Stones,**

Rock-wool • Uretan • Water



トマトの養液栽培

<http://blog.livedoor.jp/m1939923/archives/51337999.html>

養液栽培のメリット

季節にとらわれない。

均一な生産物を得られる。

雑草・病害虫の防除が不要ないし簡単

収量が高い。衛生的。

養液栽培の問題点

病原菌の感染に弱い。被害が急速に広がる。

有機廃棄物を分解・利用できない。循環の不完結。

設備に多額の経費がかかる。

かけながし養液による環境汚染

養液栽培の問題点2

- 養分の過剰吸収（窒素過剰は品質低下をもたらす。健康にも良くない。）
- 微量養分の過不足（生育ばかりでなく、食品として必要な微量要素の量は十分知られていない）

土耕栽培のメリット

必要な養分が土壌から供給される。

栽培方法が簡単で安定生産が可能。

経費が少ない。

微生物による病害抑制。

土耕栽培のメリット2

- 作物へのストレスが、高品質な生産物をもたらすこともある。
- 水分ストレス → 糖分・ビタミンに富んだ作物
- 土がないとできない作物もある。
(根菜類)

土耕栽培の欠点

土地・土壌の性質・季節・
天候の制約を受ける。

同じ栽培法をしても同じ作物
が得られない。

雑草・病害虫の防除が大変。

土壌(固体部分)の役割

水分の保持と供給

空気保持と供給

植物の体を支える。

養分の供給 (風化による養分放出)

養分の保持 (粘土の陽イオン交換能)

物理性への貢献 (団粒構造 水分保持)

土地および土壌に依存した 農業が必要な理由

土壌の総合性

代替技術のリスクとコスト

(安定性・安全性・経済性)

作物の土壌への適応

物質循環の場

Why Soil and Land is necessary for Agriculture?

Soil is Almighty

Risk and cost in alternative technique

(Stable • Safe • Economy)

Adaptation of crop to soil

Recycling of material in Soil

地力とは？

- 植物を生産しうる土壌の能力のこと（土壌の事典）
- 作物収量のうち、土壌の担っている部分（山根**1981**）
- 土壌の性質に由来する農地の生産力（地力増進法**1984**）
- 作物の根を支える条件を備え、その根を通して水分と養分を作物に供給する土壌の能力（岡島**1976**）

→ 地力は不変のものか？

土壤肥沃度（地力）とは

地力I 自然のままの地力

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

地力には人間の営力が加わっている。

What is Soil Fertility?

Fertility I Natural fertility

Fertility II by Establishing the environment for nutrient supply from soil

Fertility III Securing the amount and quality of nutrients required for crop production

Soil fertility is established by human action

地力II を発現する技術

1. 基盤整備 風食・湿害・旱害の防止
2. 土層改良 混層耕・心土肥培耕・改良
反転客土
3. 土壌改良 酸性改良・アルミニウム活
性の抑制・有機質資材

地力III を発現する技術

1. 施肥管理
2. 有機物管理
3. 作付体系（輪作）

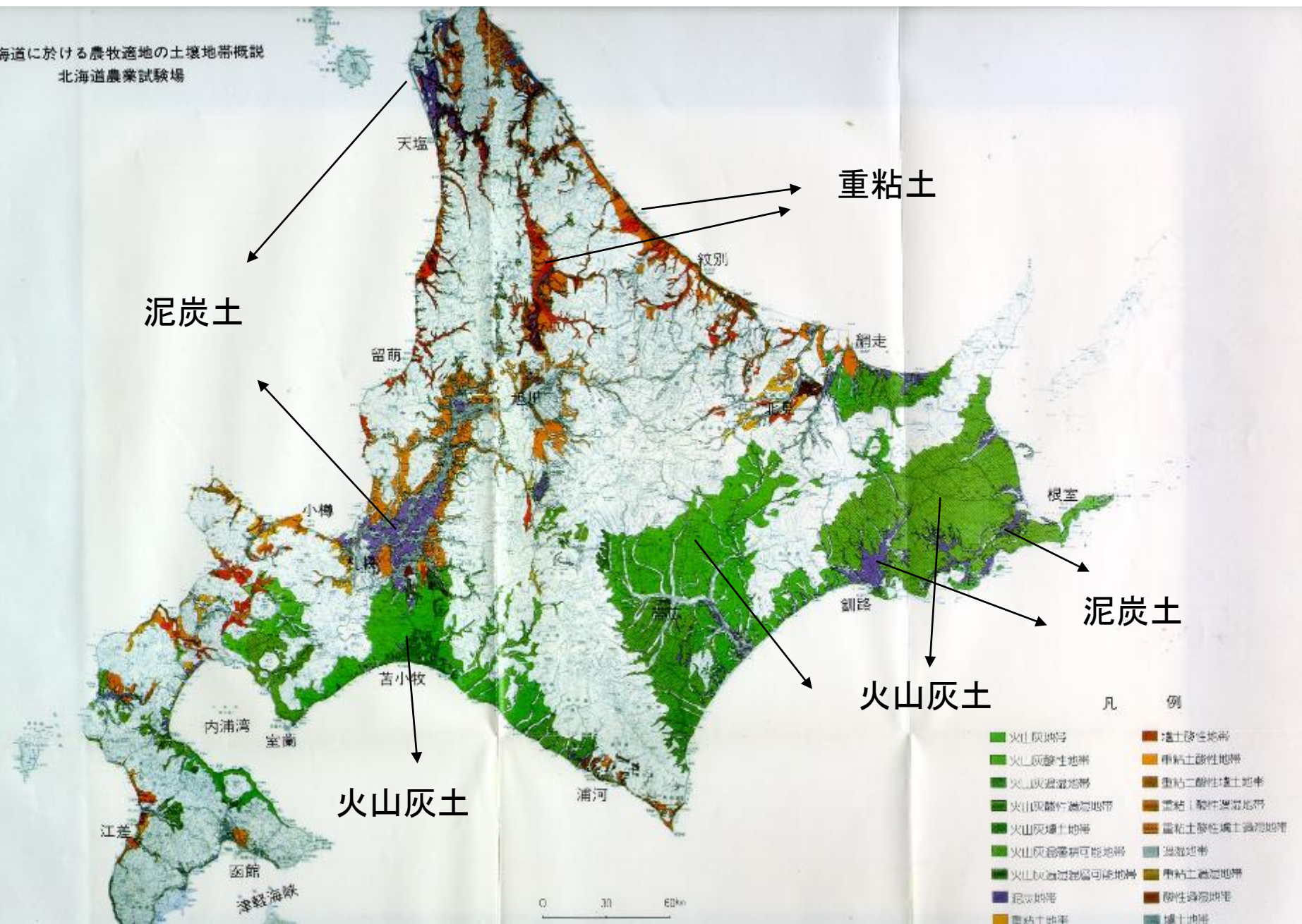
不良地から優良農地への転換

十勝の火山灰土と低地土

富山の砂礫質水田と粘土質水田

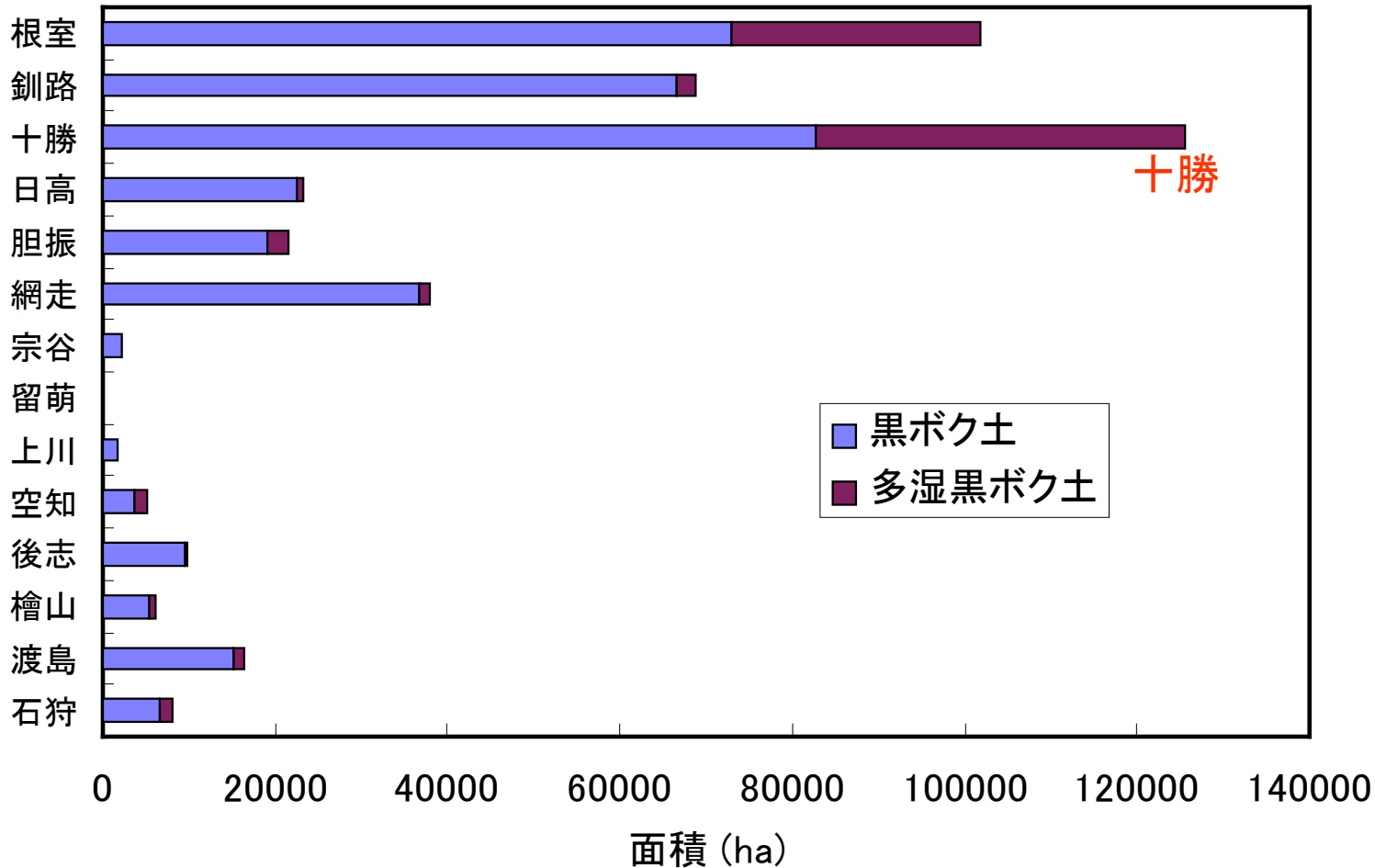
土地の生産性を決める要因は
自然肥沃度ばかりではない。

管理をしやすい土地が高収量
をもたらしている。



北海道の特殊土壤図

北海道における黒ボク土の面積



**十勝: 広大な黒ボク土面積
も大きい**

多湿黒ボク土の割合

十勝のバケツ地 火山灰土

- 穴の開いたバケツのように水や養分が抜けていってしまう。
- お化けのように悪い土
- 戯曲「火山灰地」（久保栄著）に出てくる言葉

乾燥した台地の黒ボク土

帯広畜産大学内の黒ボク土断面



淡色黒ボク土

腐植に富む作土層

樽前d火山灰

恵庭ローム

沖積土

かつてのバケツ地は

- 現在では十勝の作物生産を支える母なる大地
小麦、小豆、じゃがいも、ビート

その要因：

酸性の改良

リン酸の補給

効率的な施肥（肥料切れの良さ）

除礫（れき）

他にも 品種改良、機械化、病害虫雑草防除技術



樽前-c

樽前-d

普通黒ボク土

恵庭-a

黒ボク土(清水町)



} 樽前-d 火山灰

} 恵庭a 火山灰

多湿黒ボク土(別府町)

十勝の多湿クロボク土

- 水分過多 → 湿害
- 酸性が強い
- リン酸を固定しやすい

暗きよ・明きよ排水

土層の反転

酸性の改良

→ 高い生産性

火山灰土の抱える問題

- 酸性が強い。
- 活性のアルミニウムが毒性を示す。
- リン酸が土壤に強く吸着されるため、植物に有効なリン酸の濃度が低い。
- 窒素や塩基などの自然肥沃度成分に乏しい。
- 「黒ボク土」における土壤の乾燥。
- 「多湿黒ボク土」における湿害。

火山灰土の長所

- 土が柔らかかく耕しやすい。
- 多量の腐植が施肥した養分を保持する。

十勝の土壌が直面する諸問題

- ・ 土壌 pH の低下
- ・ 物理性の悪化
- ・ 土壌浸食
- ・ 家畜糞尿処理

火山灰土の改良技術(1)

基盤整備・土層改良

- ・ 混層耕、改良反転客土耕、心土肥培耕などの土層改良。
- ・ 暗渠や明渠の敷設による排水改良。
- ・ 有機物施用による地力の向上。
- ・ トラクターによる深耕。

火山灰土の改良技術(2)

土壌改良

- ・ 土壌調査・土壌診断による改良目標、改良方法の策定。
- ・ 石灰資材による土壌酸性の改良
- ・ リン酸質肥料や土壌改良材の多投によるリン酸肥沃度の改善。
- ・ 3要素（N，P，K）肥料の施用による養分不足の解消。

入善・下村土壤の理化学性

項目	下村	入善
粗砂 (%)	2.3	33.3
細砂 (%)	33.2	34.3
シルト (%)	35.5	24.8
粘土 (%)	29.0	7.6
CEC (me/100g)	14.4	5.2
Ca (me/100g)	6.9	6.2
全炭素 (%)	3.4	1.3
全窒素 (%)	0.3	0.18
乾土効果 (mgN)	17.1	9.5

入善町と下村における玄米収量の推移

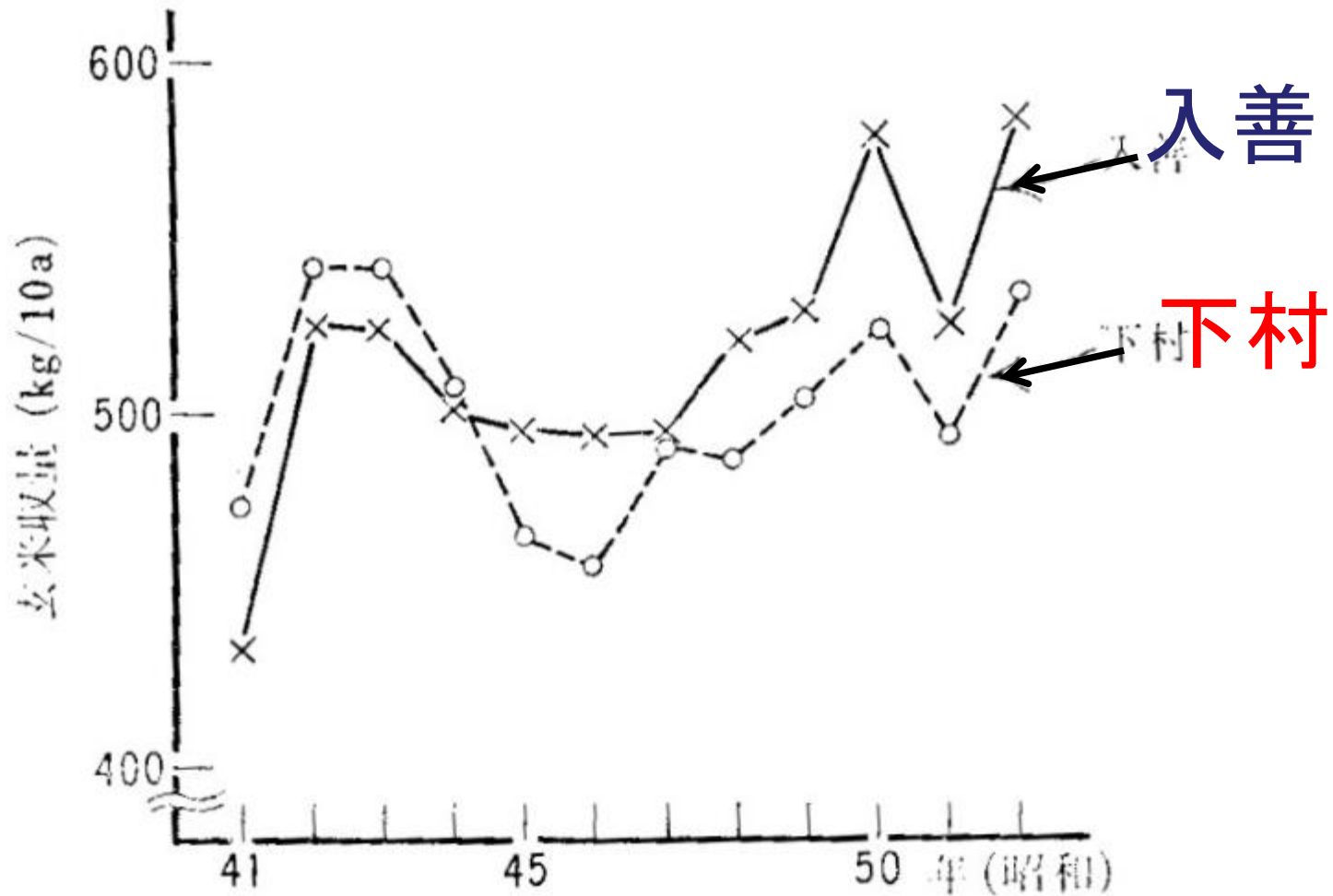


図 4.3 入善町と下村の反収の推移 (柳沢, 1978)

それぞれの土壌の特長

- ・ 入善町 扇状地の砂礫質の土壌
水はけは良いが養分に乏しい。
鉄分・ケイ酸分に乏しい。
老朽化水田といわれ、
夏の終わりに稲の生育が停滞。
- ・ 下村 低地の粘土質の土壌
土壌養分に富む。
養分保持能が高い。

入善町における 玄米収量増加の要因

- 毎年200~300kg の珪カル施用
 - 稲の生育に応じた周到な施肥管理
 - 水管理
-
- 老朽化水田を克服し、富山県第1位の収量と高品質米の生産

肥沃度に関する考え方の変化

- 自然肥沃度よりも
管理しやすい土地であることが重要になってきた。
- 肥料・肥効を調節しやすい土壌
- 農業機械で作業しやすい土壌
- 水管理しやすい土壌

Change in Concept of Soil Fertility

- **To be Easily manageable land is more important than natural fertility**
- **Such Soils are important where**
- **Fertility is easily manageable.**
- **Agricultural machines can be operated easily**
- **Water management is easy.**

自然肥沃度が高すぎて困る点

- 無限伸育型の豆類は、茎が条件さえ良ければ、ズッと伸び続ける。
- 自然肥沃度の高い沖積土（低地土）では、生長がいつまでも続き、結実もそろわない。
- 自然肥沃度が低く、養分を肥料によって調節できる土壌では、結実の時期をそろえることができるので、収穫および出荷に都合がよい。
- 十勝の黒ボク土は、豆類の栽培に適している。

品種改良による土地の価値の転換 (国際稲研究所)

- 多収稲の開発 (草形、肥料応答の改良) →
- 問題土壌で生育する稲の開発
- 耐塩性・耐酸性
- 耐要素欠乏 (亜鉛・鉄・ホウ素)
- ⇒ 未利用の荒地を沃野に
- ⇒ 飢える人々に食料を

Breeding contribute to the change in the value of crop land

- Development of tolerant variety on problem soils (IRRI)
- Salt tolerant
- Acid tolerant
- Micro-element deficiency tolerant (Zn • Fe • B)
- ⇒ **Unused wild land can be turned to fertile land**
- ⇒ **Supply food to starved people**

IRRI の新品種 (2009年発表)

- 洪水耐性品種
- 干ばつ耐性品種
- 耐塩性品種

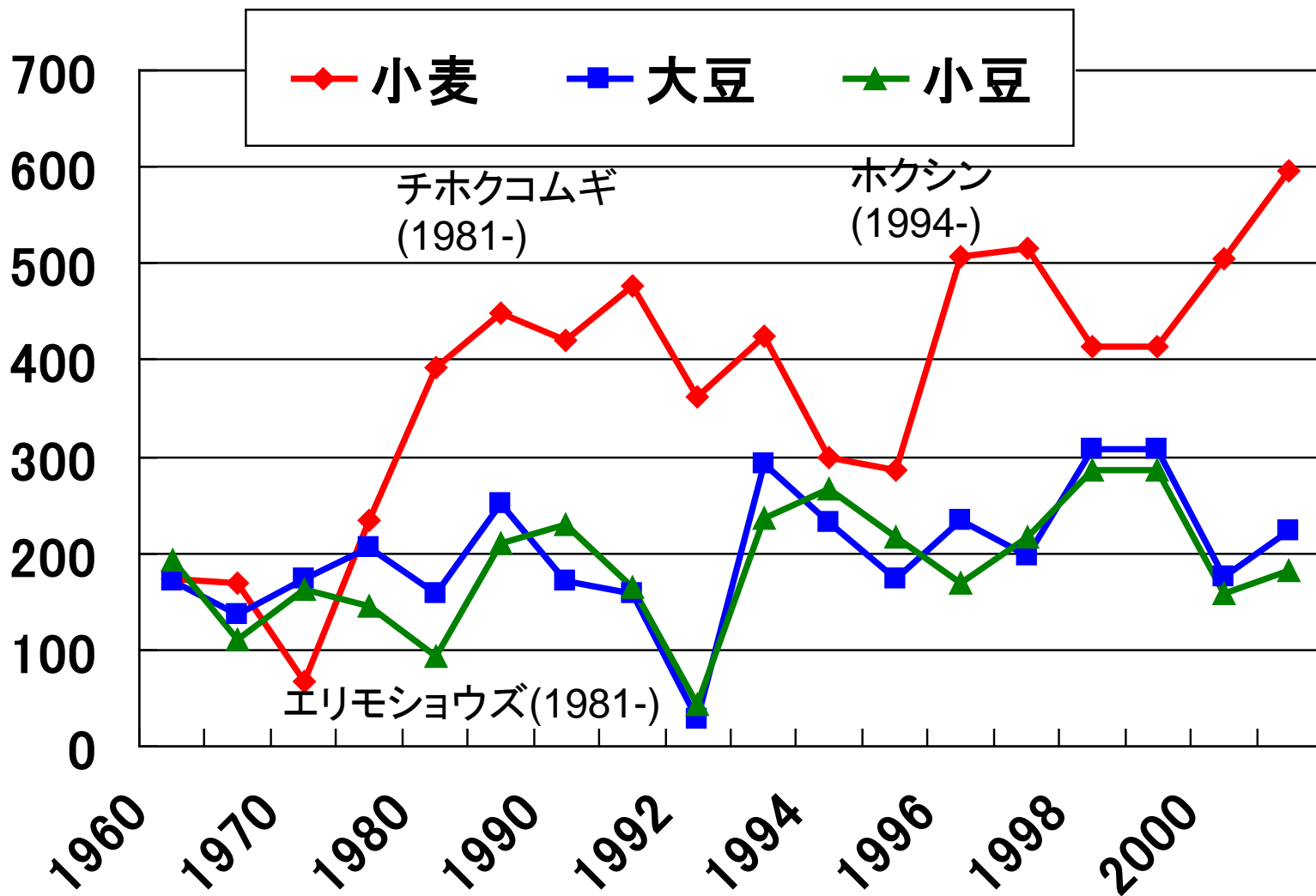
土地改良・土壌改良には莫大な経費が必要。
品種改良により、問題土壌をそのまま利用できる。

New rice varieties from IRRI

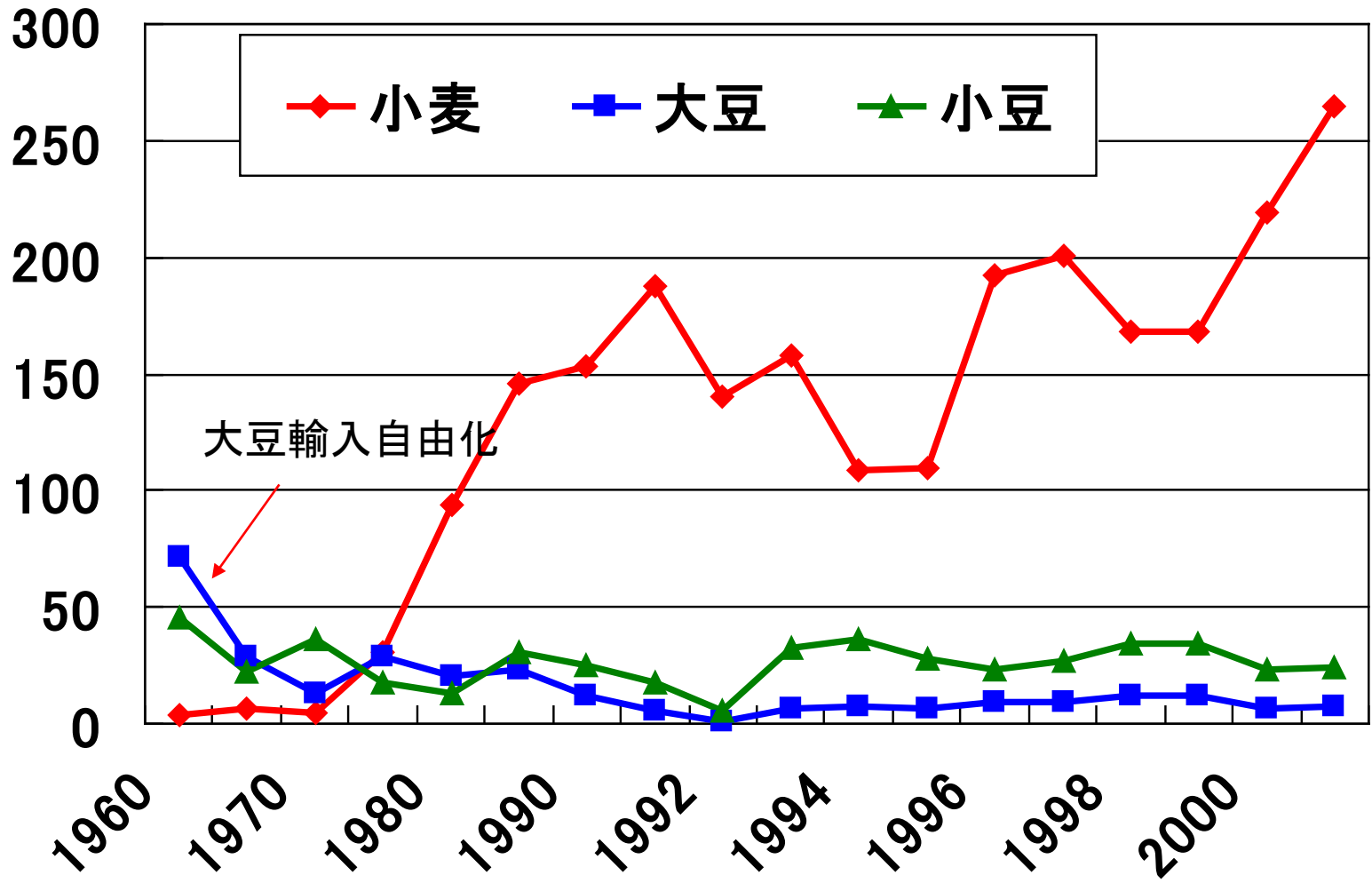
- flood-tolerant variety,
- drought-tolerant variety,
- salt-tolerant variety.

June 2009

十勝における小麦と豆類の反収 (kg/10a)



十勝における小麦と豆類の収穫量 (千トン)



教科書・参考書

- 土壌サイエンス入門（文永堂出版）
- 土壌学概論（朝倉書店）
- 土壌学の基礎（農文協）
- 土壌生化学（朝倉書店）
- 土の化学（学会出版センター）
- 植物栄養・肥料学（朝倉書店）
- 植物栄養学(第2版)（文永堂出版）
- 植物の栄養30講（朝倉書店）
- ベーシックマスター植物生理学(オーム社)

私の専門分野

- 腐植 ≡ 腐植物質
- 土に含まれる有機物
- 植物遺体を微生物が分解して残された有機物が土の中で安定に残ったもの、
- 微生物が植物遺体から合成した安定な有機物
- その組成と機能の解明

私が分担した本



土壌サイエンス入門



最近出版された本



プリントページ

- 1,3,15,17,19,21,23,25,27,29,31,33,35,36,38,39,40,41,42,43,44,46,48,49,51,52,53,54,55,57,60,61,62,63,64,65,67,68,69,70,72,74,75,77,79,80,81,82