

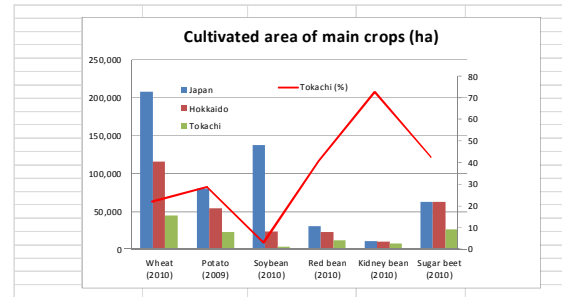
土壤作物栄養学15  
**土壤診断**



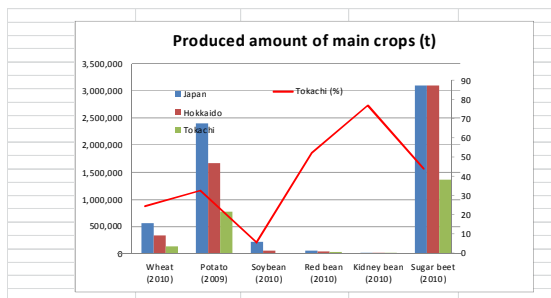
筒木 潔

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

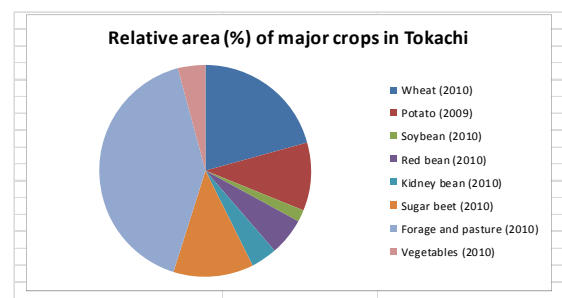
**主要な畑作物の栽培面積**



**主要な畑作物の生産量 (t)**



**十勝における作物栽培面積の割合(%)**



**土壤診断の目的1**

- 作物の生育を阻害する土壤の要因を見つけ出し、それを改良する。

→

- 酸性矯正
- リン酸資材の施用
- 排水改良



**土壤診断の目的 2**

- 土壤の養分状態に対応して、作物の生育に必要な養分肥料分を過不足なく供給する。

→

施肥診断技術



### 土壌診断の目的 3

クリーン農業への貢献

← 過剰な施肥が環境を汚染



作物の養分吸収量  
土壌の養分保持能  
現在の養分蓄積量  
を把握する



### 土壌養分状態を主因とする 作物生育障害

- ばれいしょのそうか病  
(土壌のpH)
- 水稲の不稔・軟弱化  
(窒素過多、ケイ酸不足)
- 野菜類の抽苔(ちゅうたい)促進  
(リン酸過剰)



### 土壌養分状態を主因とする 作物生育障害(続)

- 野菜類の石灰欠乏  
(塩基のアンバランス)
- 野菜類の内部品質の低下  
糖分・ビタミンの低下  
(硝酸蓄積)

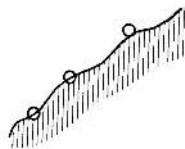


### 試料採取法1 均質で平な圃場



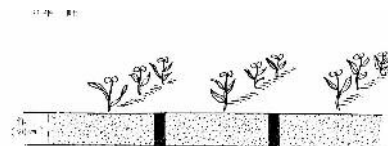
○ 1枚のほ場から5ヶ所  
採取する。

### 試料採取法2 傾斜地の場合



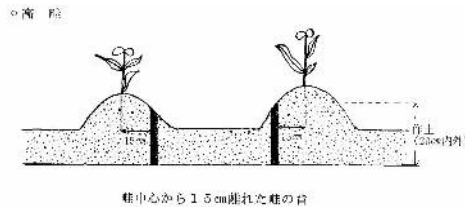
○ 上部、中部、下部に分けて採取し、  
各3~4ヶ所から採取する。  
(特に樹園地)

### 試料採取法3 平畝の場合

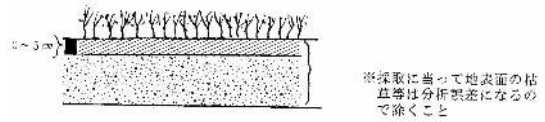


畦間中心部

### 試料採取法4 高畝の場合

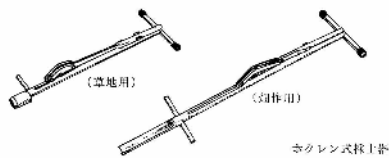


### 試料採取法5 草地の場合

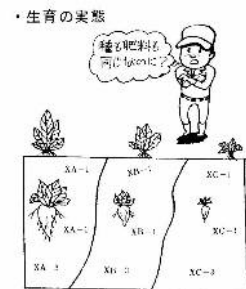


### 試料採取法6 用具

- (1) 土壌の採取に必要な用具
- 1. ホクレン式採土器
  - 2. 土壌分析用スコップ
  - 3. サンプル袋
  - 4. ポリバケツ
  - 5. プラスチック
  - 6. マジック
  - 7. メモ帳(ボールペン)
  - 8. その他

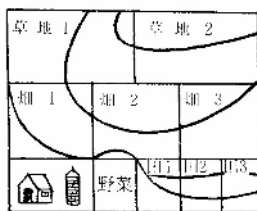


### 試料採取にあつたての 留意点1

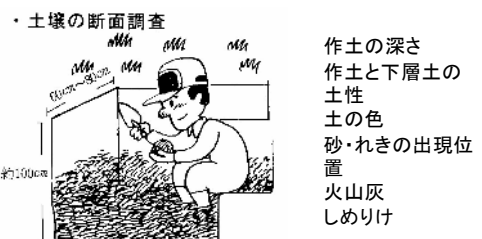


### 試料採取にあつたての 留意点2

・ほ場の土壌区分

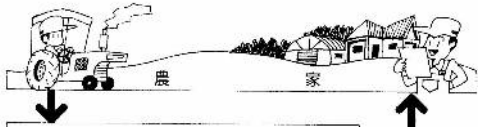


### 断面調査の勧め



### 土壌診断のしくみ1

1. くみあい土壌分析センターのしくみ



### 土壌診断のしくみ2

1. ほ場管理台帳の作成

- ①ほ場区画図
- ②土地改良、土壌改良資材用の実績
- ③近年の成育、収量、品質の実績
- ④施肥管理の実態



### 土壌診断のしくみ3

2. 土壌の断面調査

- ①作土の深さ
- ②作土と下層土の土性
- ③土の色
- ④砂、礫の出現位置



### 土壌診断のしくみ4

3. 分析用土壌の採取

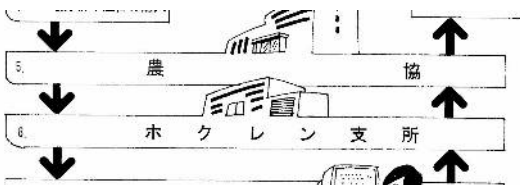


4. 土壌分析申込書の記入

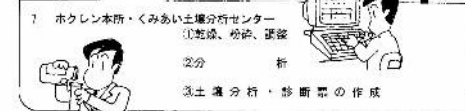
5. 農協



### 土壌診断のしくみ5



### 土壌診断のしくみ6



十勝では、十勝農協連農産化学研究所

## 土壤診断のしくみ7



土壤診断結果の  
指導・助言

地区協議会  
普及所  
市町村  
関係機関  
農協  
ホクレン

## 圃場管理台帳の紹介

(愛国の農家 細野さん)



## 土壤診断の実際

(JICA実習の様子)



圃場で

実験室で

## 土壤試料の乾燥



## 土壤のふるいわけ (2mm)



## 調製乾燥済みの土壤試料



## 各土壌診断項目について



## pHメーターとECメーター

pH(H<sub>2</sub>O)

- 土壌溶液中に遊離の状態が存在する水素イオンの量のめやす
- $\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$
- 土壌10g に25 ml の純水を加え、30分振とうし、けんだく状態でpHを測定する。

pH(H<sub>2</sub>O)に影響する要因

- 施肥
- 作物による養分吸収
- 季節変化 降雨の多寡
- 二酸化炭素の分圧
- 土壌微生物の活動 有機物の分解
- 塩基の飽和度
- 塩基の溶脱
- 窒素の形態変化 ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ )

土壌pH(H<sub>2</sub>O)の意味

5 以下	強酸性
5.0 - 5.5	酸性
5.5 - 6.0	弱酸性
6.0 - 6.5	微酸性
6.5 - 7.0	中性
7.0 - 7.5	微アルカリ性
7.5 - 8.0	弱アルカリ性
8.0 - 8.5	アルカリ性
8.5 以上	強アルカリ性

## pH(KCl)

- 粘土や腐植のマイナス荷電に静電的に保持された水素イオンと $\text{Al}^{3+}$ の量を反映する。
- 塩基性イオンによる飽和度が低いほどpH(KCl)は低くなる。
- 土壌10gに1MKCl 25 ml を添加し、30分振とう。けんだく状態でガラス電極法でpHを測定する。

## pH(KCl)の意味すること

- 土壌のアルミニウム飽和度と高い関連
- pH(KCl) < 5.2
  - 交換性のアルミニウムイオンの存在
  - 作物生育の阻害
- $\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})^{2+} + \text{H}^+$
- $\text{Al}(\text{OH})^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_2^+ + \text{H}^+$

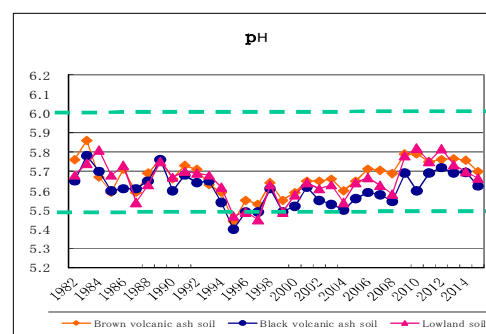
## pH(0.01M CaCl<sub>2</sub>)

- 季節変化の影響をマスクするため、
- 実際の作物の根圏環境を反映するためには、薄い塩の存在下での pH の方が適している。

## pHが植物生育に及ぼす影響

- 水素イオンが根の働きを阻害
- アルミニウムイオンの濃度増大 (1 ppm以上で生育阻害)
- 窒素、リン酸、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ホウ素、モリブデンの吸収阻害と欠乏症状 (酸性で)
- 銅、亜鉛、マンガン、鉄の過剰 (酸性で)
- 銅、亜鉛、マンガン、鉄の欠乏 (アルカリ性で)

十勝農協連農産化学研究所における土壌pH分析値の変化



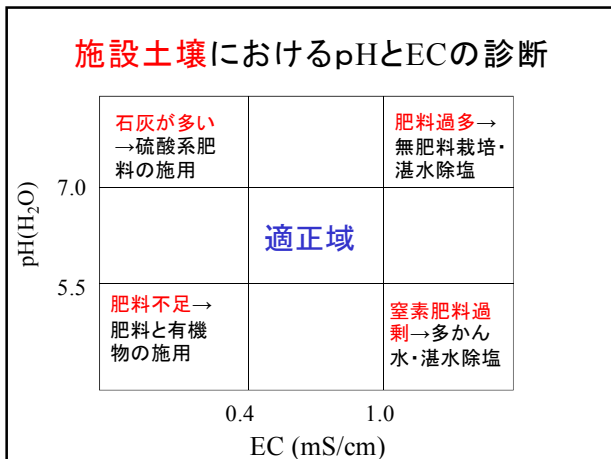
## 電気伝導度 (EC)

- 土壌溶液中の水溶性塩類の総量を反映する。
- 土壌10g に50 ml の純水を加え、30分振とう後、けんたく状態で測定
- 単位はmS/cm あるいはμS/cm
  - dS/m (国際単位系で推奨) = mS/cm
  - (S: ジーメンズ)

## ECの意味

- 硝酸態窒素含量と相関が高い
- 低すぎれば生育不良 (< 0.1 mS cm<sup>-1</sup>)
- 高すぎれば濃度障害 (> 1 mS cm<sup>-1</sup>)
- ECに応じて施肥量を調節する



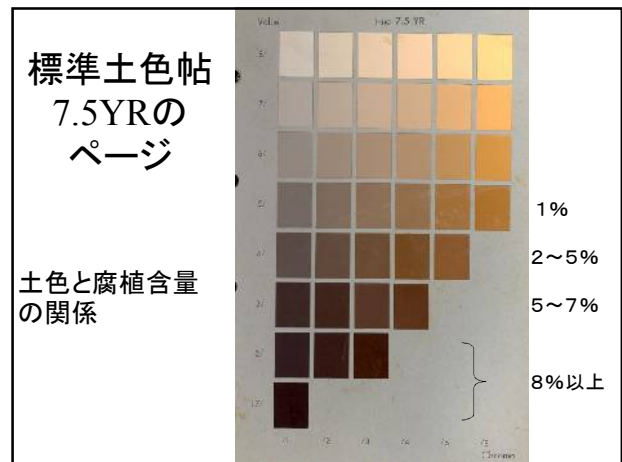


### 施肥前ECによる元肥(N,K)施肥量の目安 (dS m<sup>-1</sup>)

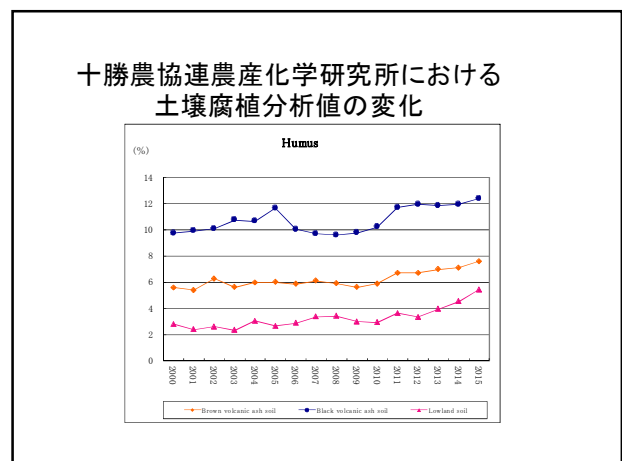
土壌の種類	< 0.3	0.4-0.7	0.8-1.2	1.3-1.5	1.6 <
腐植質黒ボク	基準施肥量	2/3	1/2	1/3	無施用
砂質・細粒質	基準施肥量	2/3	1/3	無施用	無施用
砂丘未熟土	基準施肥量	1/2	1/4	無施用	無施用

普通畑の場合

- ### 腐植
- 腐植＝土壌有機物
  - 測定法
  - 土色による簡易判定
  - チューリン法(重クロム酸酸化・滴定法)
  - 乾式燃焼法(機器分析)



- ### 腐植の意義
- 一般に腐植含有量の多い土壌は肥沃度が高く、管理がしやすい。
  - ただし例外もある → 黒ボク土の場合
  - 窒素などの養分の供給
  - 水分の保持
  - 養分の保持(陽イオン交換容量)
  - 団粒構造の形成





## 無機態窒素

- アンモニウム態窒素  
1N KCl, 2N KCl などで抽出
- 硝酸態窒素  
純水, 1N KCl, 2N KCl などで抽出
- 水蒸気蒸留滴定法や比色法で定量する。
- 即効的な窒素成分量

## 可給態窒素

- 潜在的な窒素生成量の推定
- 一定期間(4週間)保温静置後  
生成する無機態窒素の総量を測定する。
- 畑状態および水田状態での保温静置
- 測定に時間がかかること
- インキュベータが必要なことなどが問題

## リン酸緩衝液抽出法 (可給態窒素簡易評価法)

- 抽出される窒素量あるいは抽出液の吸光度(420nm)は保温静置によって生成する窒素量と高い相関を示す。
- 最近、この方法で抽出されるタンパク質が一部の作物に直接吸収されるという報告があり話題になった。(PEON)
- このタンパク質の実態があいまいなため疑問視されている。

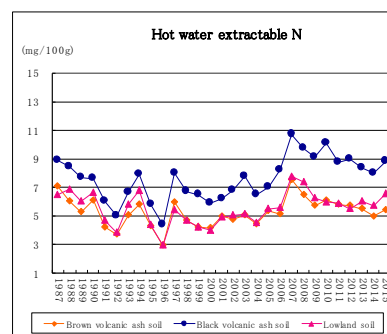
## 熱水抽出窒素

- 可給態窒素のめやすのひとつ
- 十勝農協連農産化学研究所の土壌診断で用いられている。

## 熱水抽出窒素による窒素施肥量の指標(てんさい)

熱水抽出窒素 (mg / 100 g)	窒素施肥量 (kg / 10 a)
1, 2	24
3, 4	20
5, 6	16
7, 8	12
9, 10	8
11 以上	8

## 十勝農協連農産化学研究所における 熱水抽出窒素分析値の変化



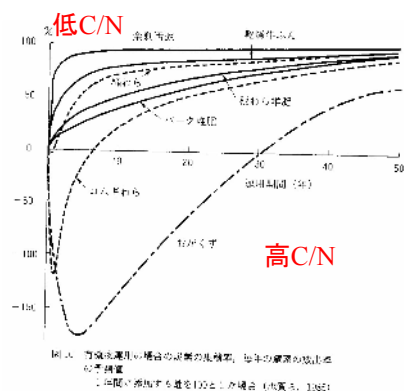
## 全窒素

- ケルダール分解法(濃硫酸+硫酸カリウム+触媒(Cu, Hg, Seなど))  
有機態窒素 →  $\text{NH}_4^+$
- 機器分析(乾式燃焼法)
- 炭素量と比較してC/Nを求める
- 窒素無機化のパターンや速度と関連

## ケルダール窒素蒸留装置



## 施用有機物からの窒素の放出



## 可給態リン酸

- 土壌中のリン酸のうち、植物が容易に吸収できる形態のリン酸
- 各種の抽出法が提案され、作物生育との相関が検討されている。
- 土壌の種類ごとに最適な抽出法が異なる。
- 日本では作物ごとに適用する方法が定められている。

## 可給態リン酸

- トルオーグ法(苗床、畑地、樹園地に適用)
- ブレイ第2法(水田、草地に適用)
- オルセン法(アルカリ性土壌に適す)
- 2.5%酢酸抽出法(Ca型リン酸。小麦の生育と相関が高い。)

## フローインジェクション分析による CECと可給態リン酸の定量



### トルオーグ法

- 0.001 M 硫酸 (0.3%硫安含有)
- 土壌:抽出液 1:200
- 30分しんとう
- モリブデンブルー比色法
- 主としてカルシウム型リン酸
- 適用  
→ 普通畑 野菜畑 樹園地 水田育苗土

### ブレイNo2 法

- 0.03M  $\text{NH}_4\text{F}$  0.1M  $\text{HCl}$
- 土壌:抽出液比 1:20 (草地土壌)  
1:10 (水田土壌)
- しんとう時間 1分
- Ca型リン酸, Al型+Fe型リン酸の一部
- 適用 水田土壌  
草地土壌

### オルセン法

- 土壌5gに
- 0.5 M  $\text{NaHCO}_3$  100ml + 活性炭1g
- 30分しんとう
- 適用 中性以上のpHの土壌に適す

### 2.5% 酢酸抽出法

- 土壌1gを2.5%酢酸100mlで1回、  
1N 塩化アンモニウム50mlで2回抽出する
- カルシウム型リン酸の抽出
- 適用 小麦畑 (広く用いられてはいない)

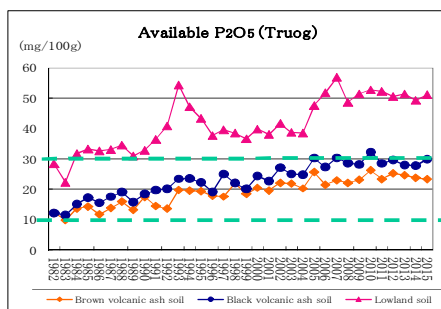
### 可給態リン酸(トルオーグ法)と 普通畑作物への施肥のめやす

可給態 $\text{P}_2\text{O}_5$ mg/100g	診断	リン酸肥料施肥 量
0 - 5	少ない	150%に増
5 - 10	やや少ない	130%に増
10 - 30	適正	基準施肥量
30 - 60	やや多い~多い	80%に減
> 60	過剰	50%に減

### 可給態リン酸(トルオーグ法)と 野菜類への施肥のめやす

可給態 $\text{P}_2\text{O}_5$ mg/100g	診断	リン酸肥料施肥 量
<10	少ない	120%に増
10 - 20	やや少ない	基準施肥量
20 - 50	適正	基準施肥量
50 - 100	やや多い~多い	50 - 80%に減
> 100	過剰	無施肥

### 十勝農協連農産化学研究所における トルオーグリン酸分析値の変化



### CEC用抽出装置



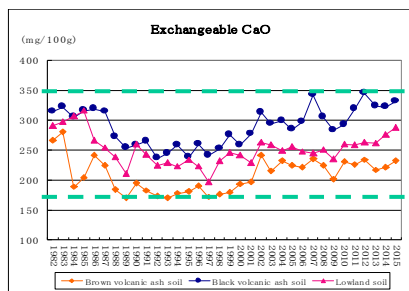
### 交換性塩基 (Ca, Mg, K)

- 土壌を1M 酢酸アンモニウムで浸出し、溶出した陽イオンを定量する。
- 原子吸光度計や蛍光光度計が用いられる。
- 作物が容易に吸収可能な形態で存在する必須陽イオン

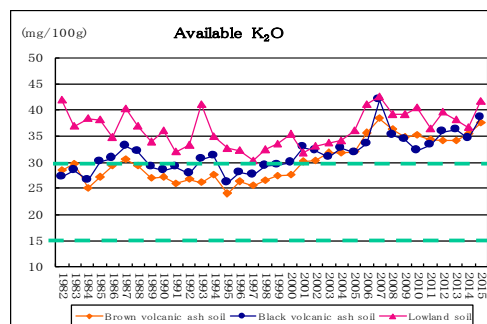
### 交換性カリ含量と 普通畑作物への施肥のめやす

交換性 K <sub>2</sub> O mg/100g	診断	カリ肥料施肥量 ( )内はバレイショ用
0 - 8	少ない	150%に増 (130%)
8 - 15	やや少ない	130%に増 (110%)
15 - 30	適正	基準施肥量
30 - 50	やや多い	60%に減 (50%)
50 - 70	多い	30%に減 (20%)
> 70	過剰	0%に減 (0%)

### 十勝農協連農産化学研究所における 交換性石灰分析値の変化



### 十勝農協連農産化学研究所における 交換性カリ分析値の変化



## 陽イオン交換容量(CEC)

- 土壌が陽イオンを静電的に保持する能力
- 粘土鉱物や腐植の持つマイナス荷電に由来する。
- pH7 1M 酢酸アンモニウムにより土壌をアンモニウムイオンで飽和させた後、アンモニウムを1M KClで溶出し、蒸留法あるいは比色法により定量する。

## CECの基準値

- 土壌本来の基本的な特性に規定されるため、簡単に増加させることはむづかしい。
- 土壌改良・施肥法判断の基礎的データ
- 砂丘未熟土 3-10 cmol<sub>c</sub>/kg
- 灰色低地土・淡色黒ボク土 15-25 cmol<sub>c</sub>/kg
- 腐植質黒ボク土 20-30 cmol<sub>c</sub>/kg

## 微量元素

- 鉄、塩素、ホウ素、マンガン、銅、亜鉛、モリブデンを微量元素とする。
- 銅、亜鉛 1N HCl による抽出(1:5)
- ホウ素 熱水抽出法

## 原子吸光光度計と自動サンプリング装置

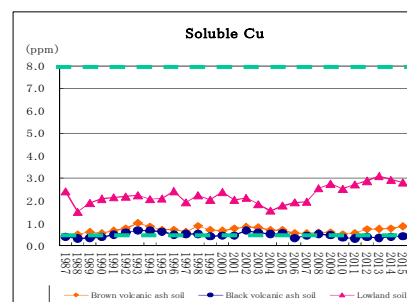


## 微量元素に関する土壌診断基準

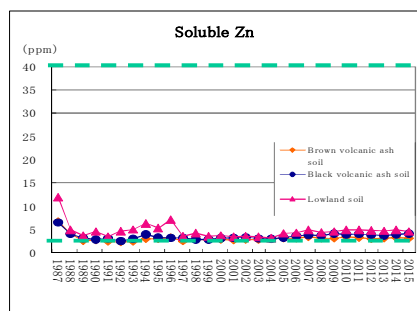
診断項目	基準値	備考
可溶性銅(Cu)	0.5～8.0 ppm	麦類(欠乏症) 小豆(過剰症)
可溶性亜鉛(Zn)	2～40ppm	トウモロコシ・ムギ類で欠乏しやすい。
熱水可溶性ホウ素(B)	0.5～1.0ppm	ビート(欠乏症)

銅欠は高pH、多腐植質黒ボク土、亜鉛欠乏は砂質土壌・高pH土壌、ホウ素欠乏は高pH、砂質、泥炭土で起こりやすい。

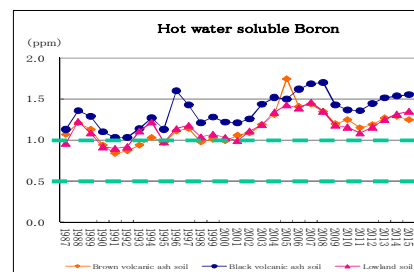
## 十勝農協連農産化学研究所における可溶性銅分析値の変化



### 十勝農協連農産化学研究所における 可溶性亜鉛分析値の変化



### 十勝農協連農産化学研究所における 熱水抽出ホウ素分析値の変化



### リン酸吸収係数

- 土壌のリン酸固定力の指標
- 乾土25gにpH 7.0 25g/l リン酸アンモニウム (13.44g  $P_2O_5$  / l) 50ml を加え、24時間しんとう後、上澄み中のリン酸濃度を測定する。ブランクとの差し引きから、土壌に吸収されたリン酸の量を求める。
- 土壌100gあたりに吸収された $P_2O_5$ のmg数で表す。

### リン酸吸収係数の意味

- 黒ボク土を判定するための指標  
リン酸吸収係数  $> 1500$  mg  $P_2O_5$ /100g
- リン酸施肥量を算定するための基礎

### 近赤外分析装置



### データ集計



### 十勝農協連土壤総合診断票

**① 診断結果**

② 診断結果からわかること

③ 診断結果からわかること

④ 診断結果からわかること

⑤ 診断結果からわかること

⑥ 診断結果からわかること

⑦ 診断結果からわかること

⑧ 診断結果からわかること

⑨ 診断結果からわかること

⑩ 診断結果からわかること

⑪ 診断結果からわかること

⑫ 診断結果からわかること

⑬ 診断結果からわかること

⑭ 診断結果からわかること

⑮ 診断結果からわかること

⑯ 診断結果からわかること

⑰ 診断結果からわかること

⑱ 診断結果からわかること

⑲ 診断結果からわかること

⑳ 診断結果からわかること

㉑ 診断結果からわかること

㉒ 診断結果からわかること

㉓ 診断結果からわかること

㉔ 診断結果からわかること

㉕ 診断結果からわかること

㉖ 診断結果からわかること

㉗ 診断結果からわかること

㉘ 診断結果からわかること

㉙ 診断結果からわかること

㉚ 診断結果からわかること

㉛ 診断結果からわかること

㉜ 診断結果からわかること

㉝ 診断結果からわかること

㉞ 診断結果からわかること

㉟ 診断結果からわかること

㊱ 診断結果からわかること

㊲ 診断結果からわかること

㊳ 診断結果からわかること

㊴ 診断結果からわかること

㊵ 診断結果からわかること

㊶ 診断結果からわかること

㊷ 診断結果からわかること

㊸ 診断結果からわかること

㊹ 診断結果からわかること

㊺ 診断結果からわかること

㊻ 診断結果からわかること

㊼ 診断結果からわかること

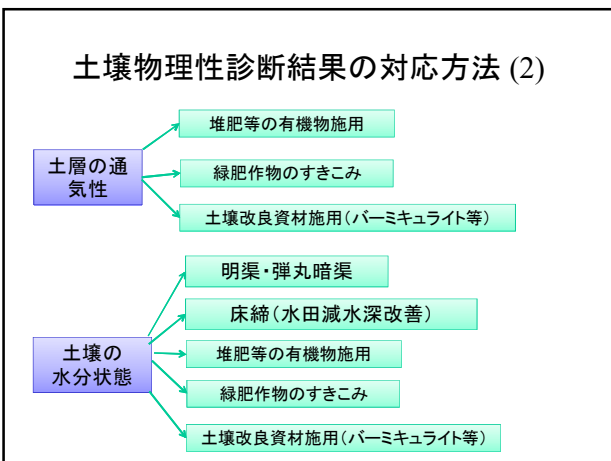
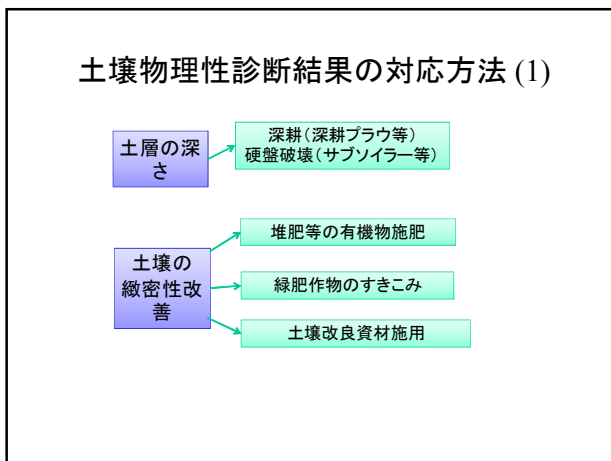
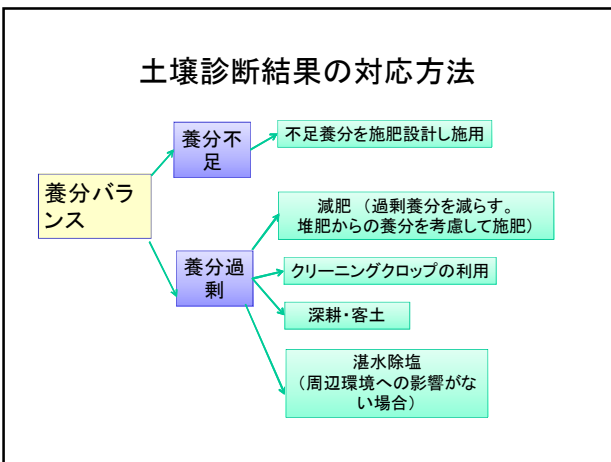
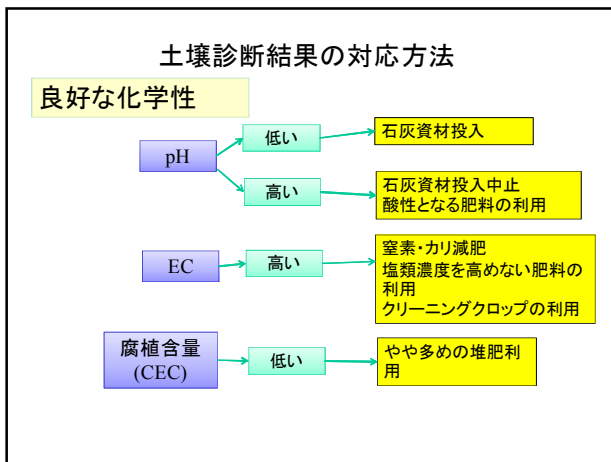
㊽ 診断結果からわかること

㊾ 診断結果からわかること

㊿ 診断結果からわかること

## 土壤診断結果の活用

- 適正施肥
  - 肥料代の節減
  - 作物の健全な生育と収量確保
  - 肥料による環境汚染の防止
  - 地力の維持
  - 土壤劣化の防止





## 土壤病害に対する総合的対策

- 輪作体系の確立と維持(連作を避ける)
- 物理性、化学性、生物性など総合的な土壤環境改善
- 土壤pHの改善(糸状菌病は酸性で多発)
- 細菌／カビ比(B/F値)の上昇
- 堆肥の施用
- カニガラ(キチン)などの施用(細菌・放線菌を増やす)
- 対抗作物(緑肥)によるセンチュウ被害の低減  
マリーゴールド、エンバク野生種、クロタラリア、ギニアグラス、ソルゴー
- 拮抗微生物の利用(土壤病害の生物的防除)