

## 本日のお話

### ○イネの高温被害について

1. 高温下のイネに起こる変化
2. 高温被害を大きくした要因

### ○用水利用を高めて気象変動を克服する

1. 土壌と水の関係
2. 過去の冷害年における根に注目
3. 根を活かす圃場管理
4. 根を健全にする栽培管理
5. 高温に強いイネを作るケイ酸

### ○総合管理の土づくりによる良質米生産

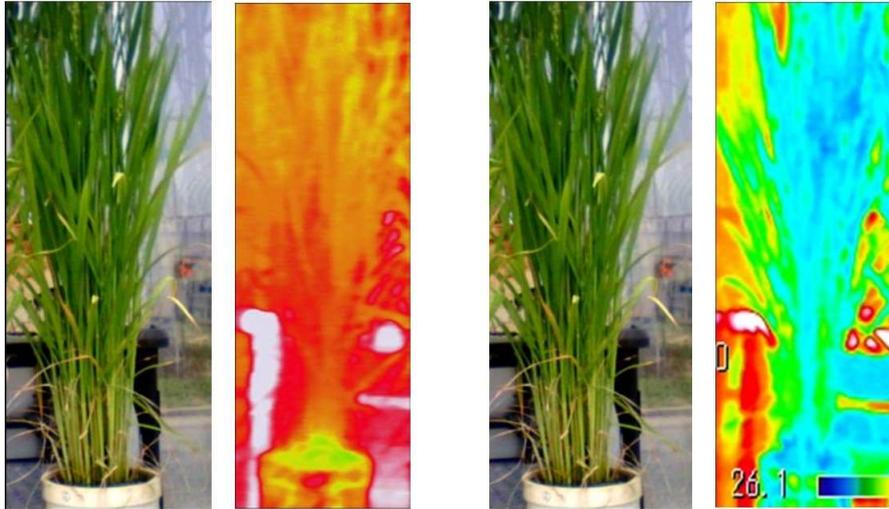
## ○イネの高温被害について

### 高温下のイネに起こる変化

## 高温下、イネの体温は上昇する

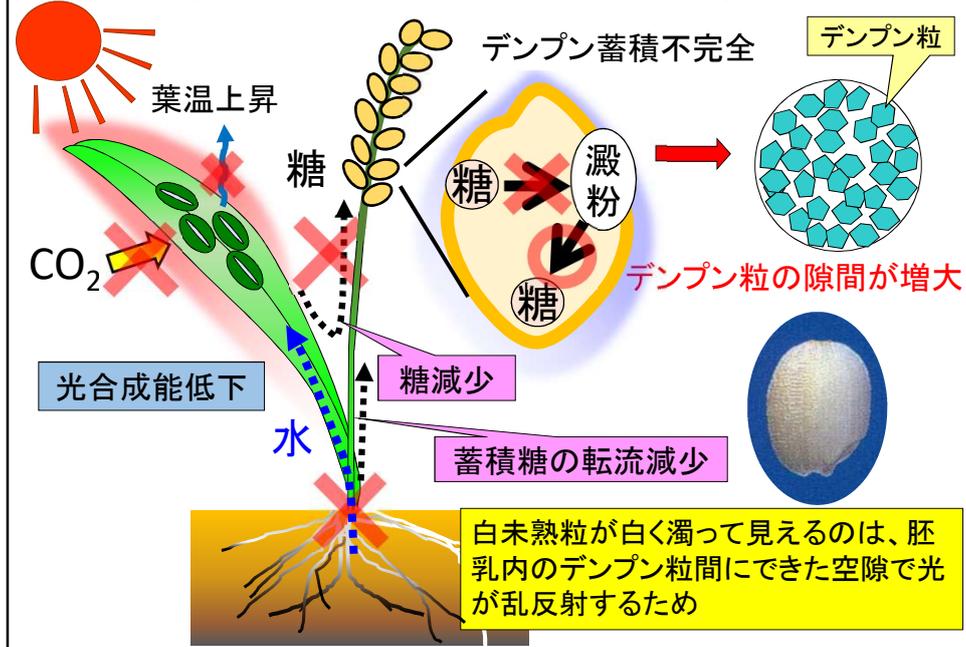
高温(32°C)

常温(28°C)



(2011年金田ら)

## 高温下での白未熟粒発生の原因



糖の転流が抑えられると発生しやすい“ひこばえ”



## 高温被害を大きくした要因

- ・6月のわき(強還元)
- ・生育後半の葉色低下
- ・登熟期の水管理

# 6月 わき(強還元)の発生を多く観察

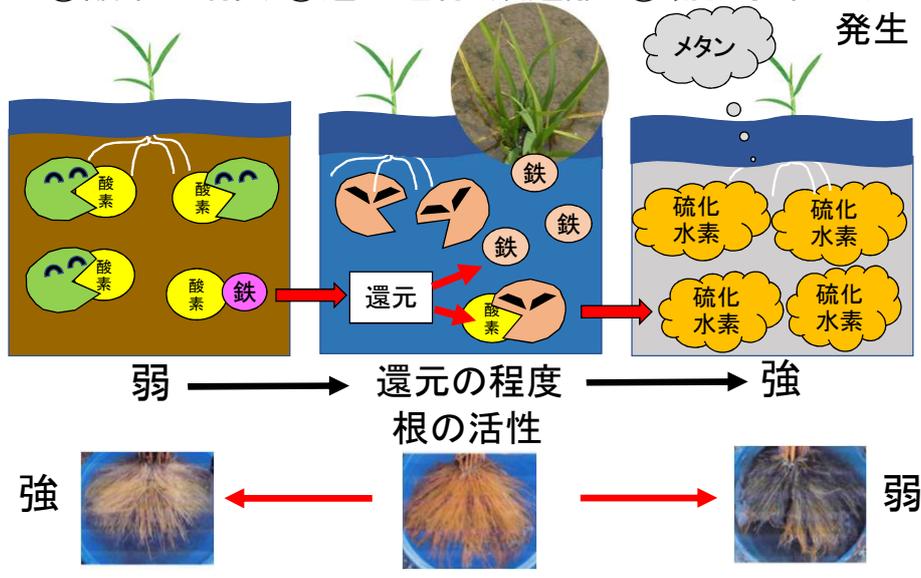
鉄の溶出現象

赤枯れ症状

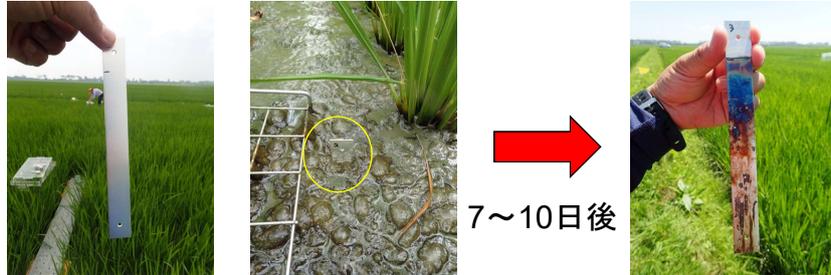


## 強還元(わき)は根の伸長・活性を低下させる

- ①酸素の消失
- ②還元進行・鉄遊離
- ③硫化水素・メタン発生



根に影響する硫化水素の発生を見る  
 →銀メッキシート(新潟県農総研)で「還元の見える化」



銀メッキシートを圃場に埋設  
 (15cm程度)

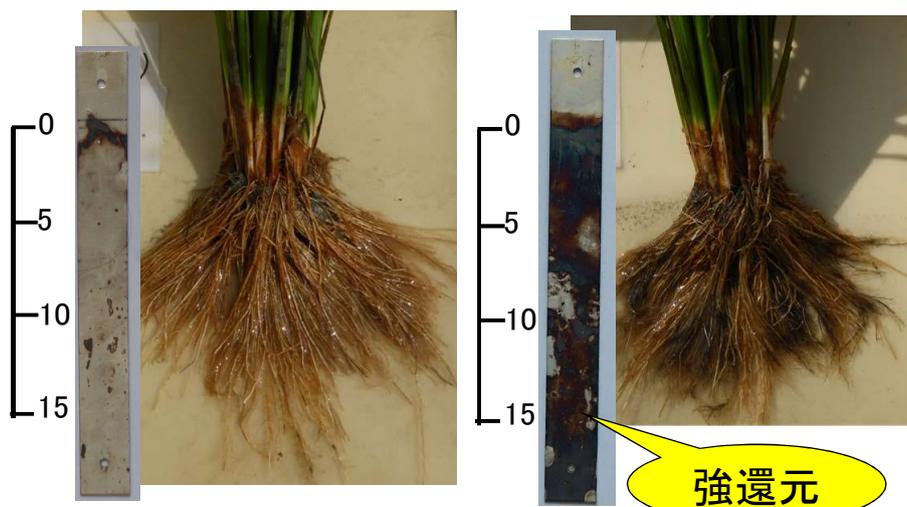
6月中旬～6月下旬頃

硫化水素  
 発生部では  
 黒く変色

硫化水素 銀 硫化銀(黒)



硫化水素は根の伸長・活性に悪影響を及ぼす



## 6月の土壤強還元により品質が低下する

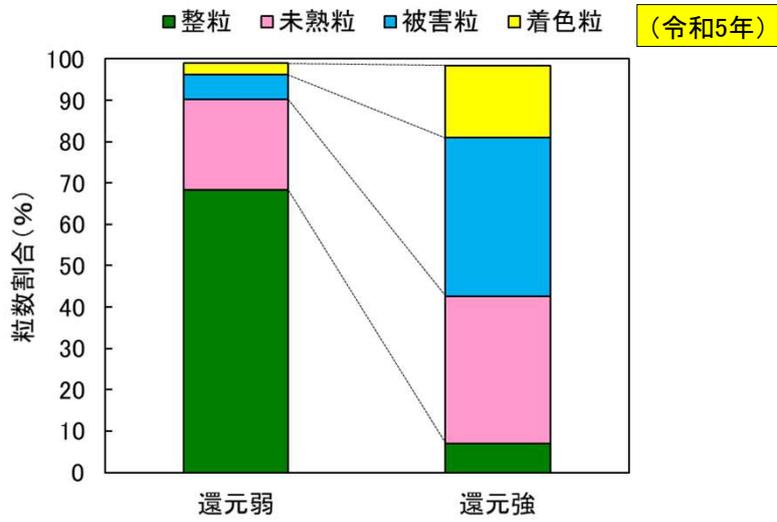


図 土壤の還元程度が外観品質に及ぼす影響

## 生育後半、極端に色落ちする水田



(7.31撮影)

## 生育後半の葉色低下が大きいと品質低下

(令和5年, 品種: あきたこまち)

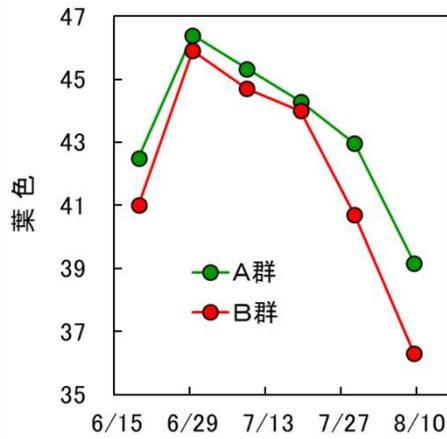


図 葉色の推移

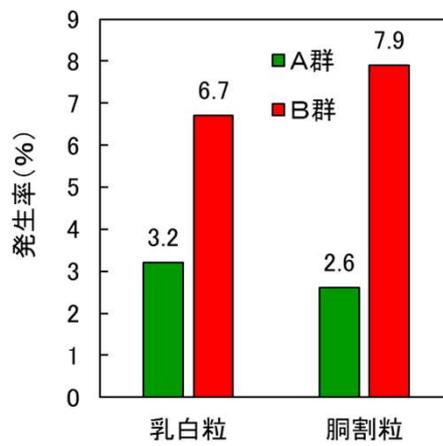


図 乳白粒、胴割粒の発生率

## 登熟期の水管理も品質に大きく影響

(適水分)

(過乾燥)



## 過乾燥水田では、乳白粒が増加

(令和5年)

(品種:あきたこまち)

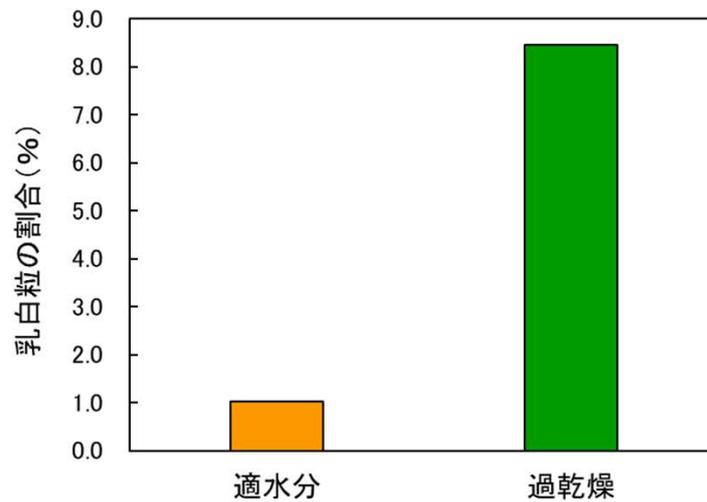
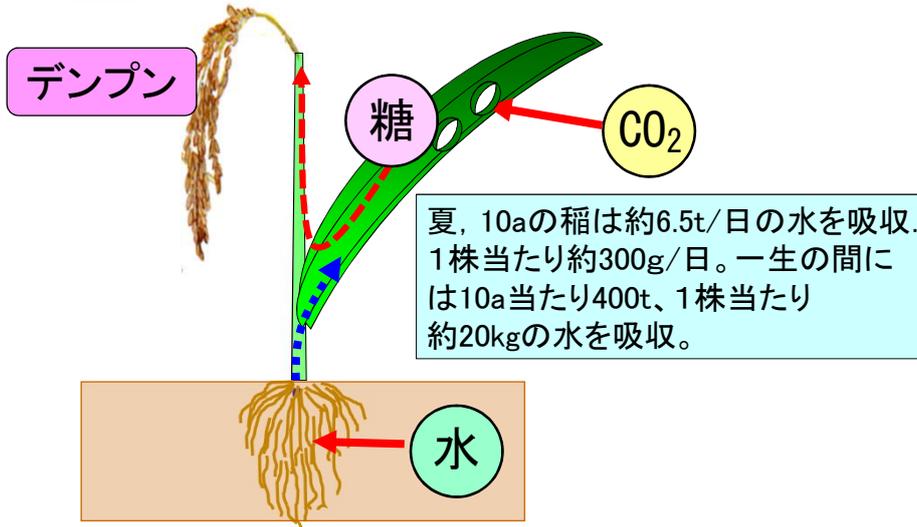
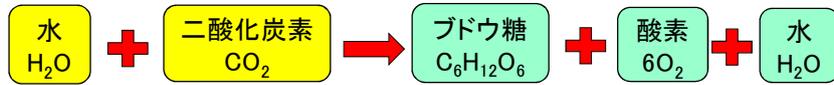


図 登熟期の土壌水分状態と乳白粒割合

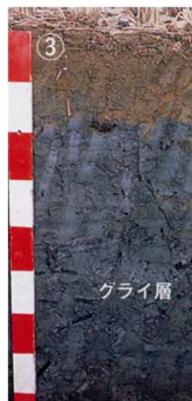
○用水利用を高めて気象変動を克服する

土壌と水の関係

## 高温下でのデンプン生成に水は欠かせない



## 佐渡の土壌タイプ



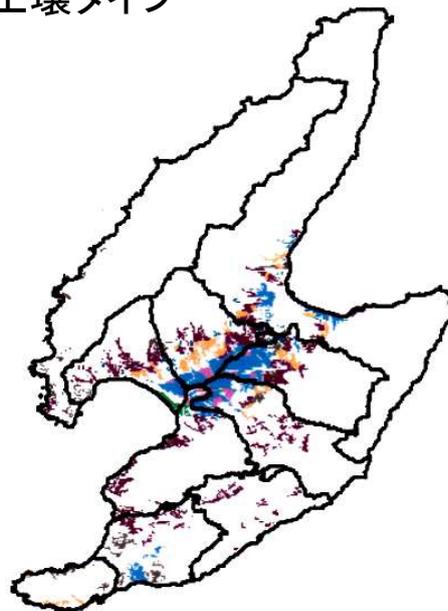
(グライ土)

### 凡例

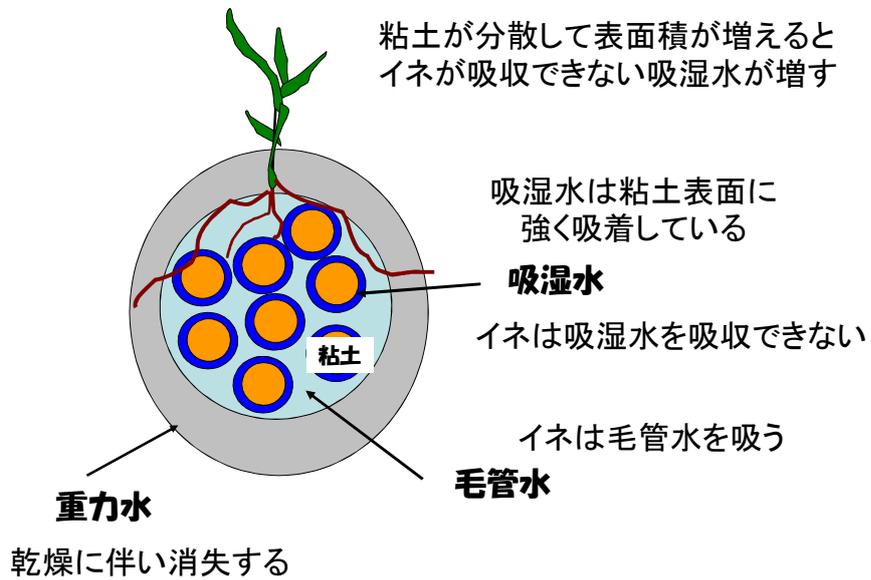
#### 土壌図

#### 土壌群

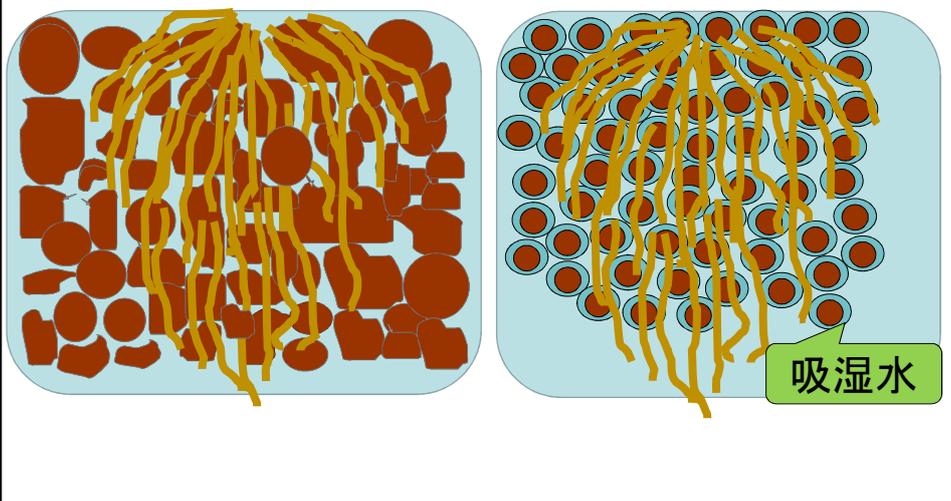
- グライ台
- グライ土
- 赤土黒ボ
- 黒炭土
- 灰色腐地
- 灰色台地
- 砂丘赤礫
- 褐色腐地
- 褐色森林
- 黄色土
- 黒ボクグ
- 黒ボク土
- 黒泥土



## 粘土の表面に吸着している水をイネは吸えない



## 粘土を分散しすぎると吸湿水が増える



## 粘土が分散した重粘土では土壌水の吸収が減る

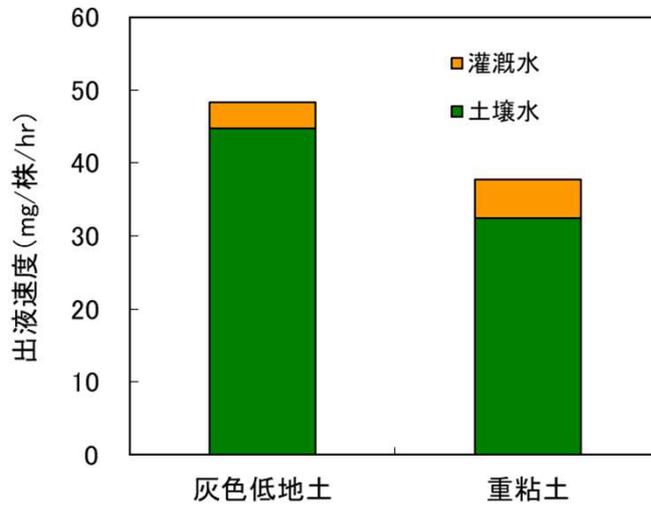
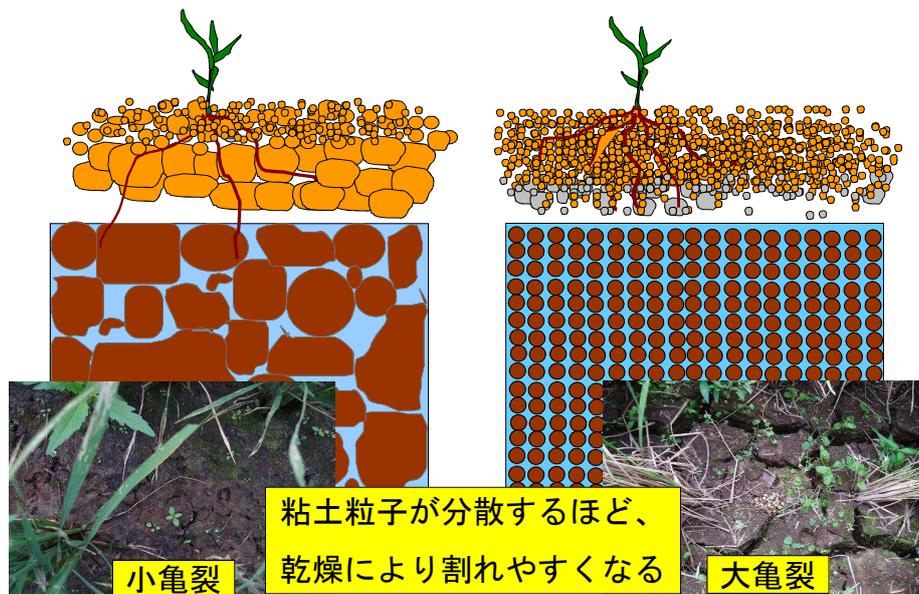


図 登熟期の水分吸収速度(8月6日)

(2018年, 金田ら)

## 過剰な代かきで作土中の粘土を分散させない！



## 過去の冷害年における根に注目

つい30年前、平成5年の大冷害に学ぶ

東北作況指数56・収量304 kg/10a

「平成の米騒動」勃発

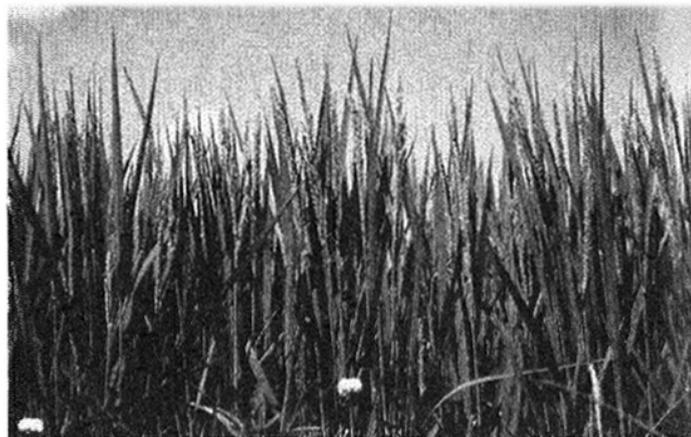


写真 平成5年の凶作下での実らないイネ

## 下層土での根張りのよいイネは冷害被害を抑えた

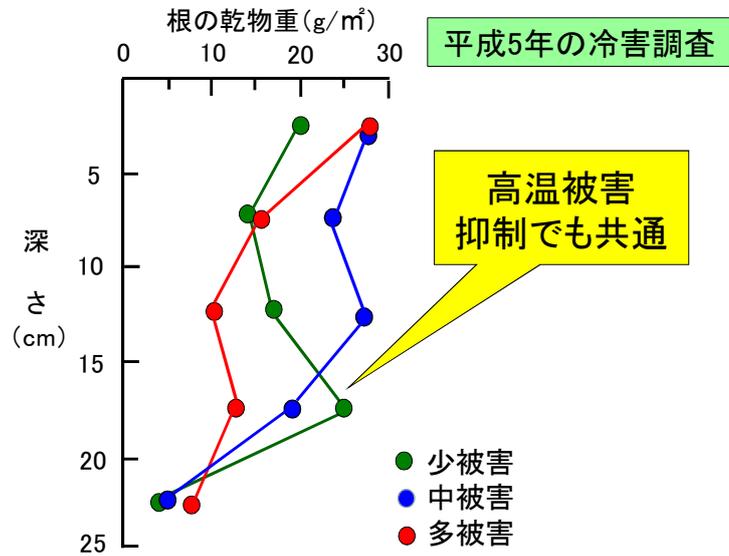
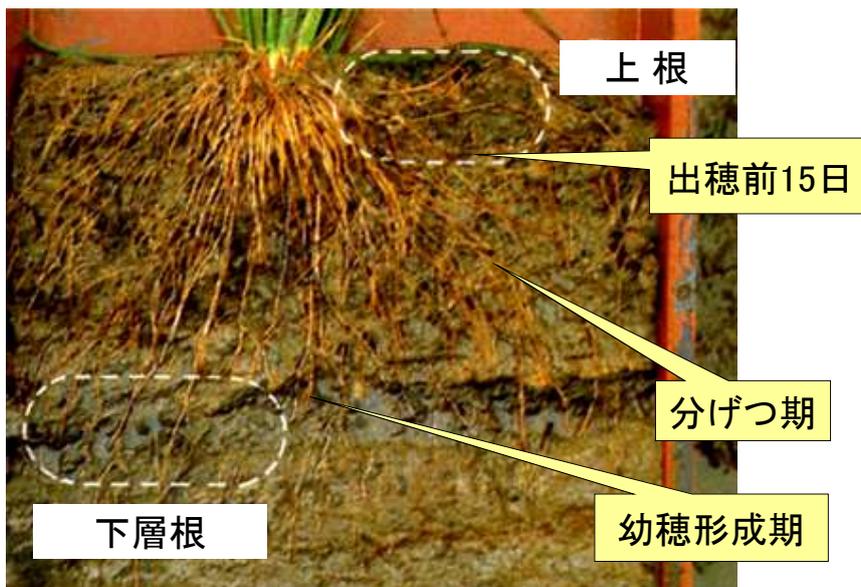


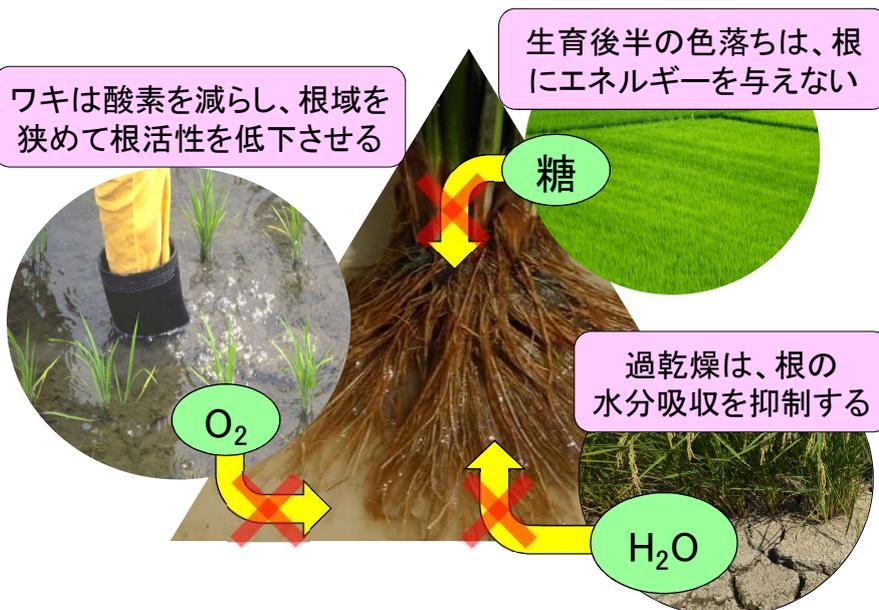
図 稔実率の異なる稲の根の垂直分布(1993年調査、小沢)

## 上根は気象の影響を受けやすい

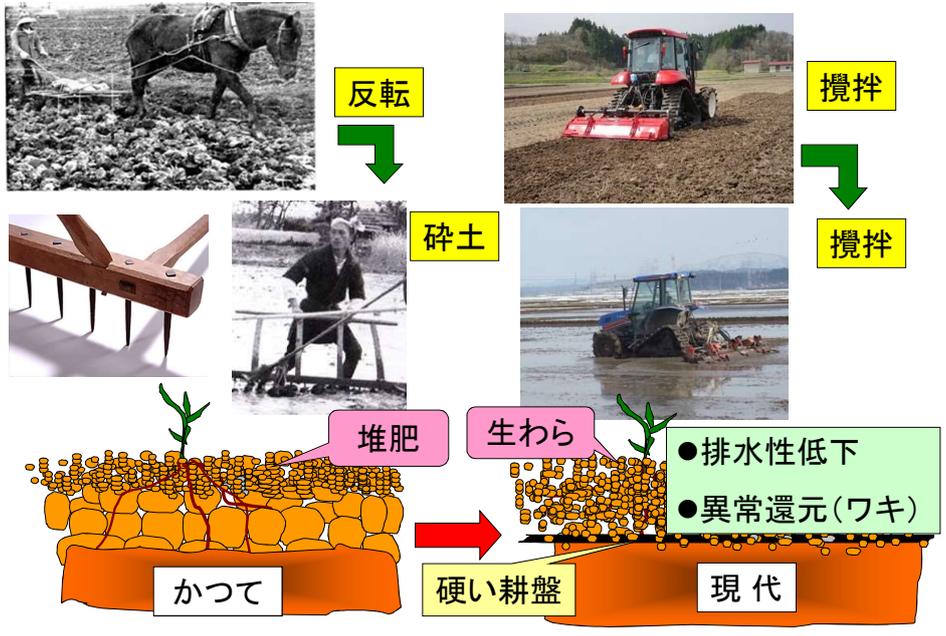


# 根を活かす圃場管理

## 根域を拡大して根活力を高めるための注意点！



“耕起・代かき”同じ名前の作業だが？



大型機械作業による泥状化は  
土壌の酸素不足を招く



## かつての多収穫日本一農家の耕起・代かき

秋田県(加藤金吉氏)での多収穫(昭和34年959kg/10a)

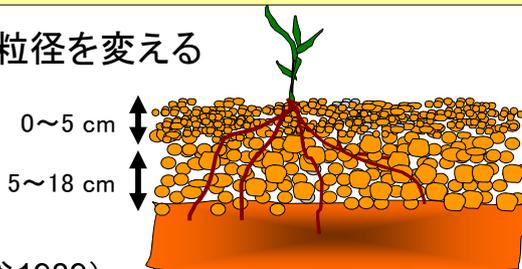
代かきは上層を泥状に下層は粒状になるように行った



表層と次層の粒径を変える

土壌ではなく土層  
(表層と次層)を管理する

(研究者の観察:本谷1989)



○ 肥沃でありながら酸化的土壌

○ 下層に塊状構造発達

酸素が多く、根活性の維持に好適な根圏環境

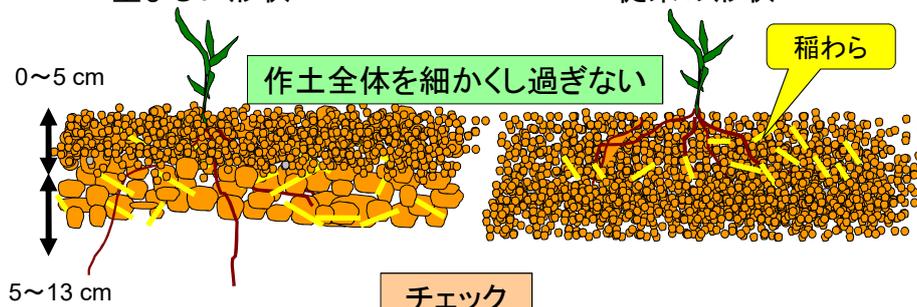
## 異常還元(ワキ)が発生しない土壌のイメージ

(粘土が多い土壌)

単純な「深耕」の奨励に注意!

望ましい形状

従来の形状



1. 代かき後にコロコロ土は残っているか?

2. 代かきは丁寧すぎないか?

3. 代かき回数は多くないか? 深さは適正か?

## プラウ耕の導入による根域の拡大



(秋田県大潟村での事例)

## バーチカルハローによる表層の碎土



(秋田県大潟村での事例)

## 登熟期の高温がコメ品質に及ぼす影響

登熟期(8月上旬から9月下旬)に田面上60cmの高さからビニールハウスで覆う



秋田県立大学フィールド教育研究センター水田

(2012年金田ら)

## 根の分布の違いを見る

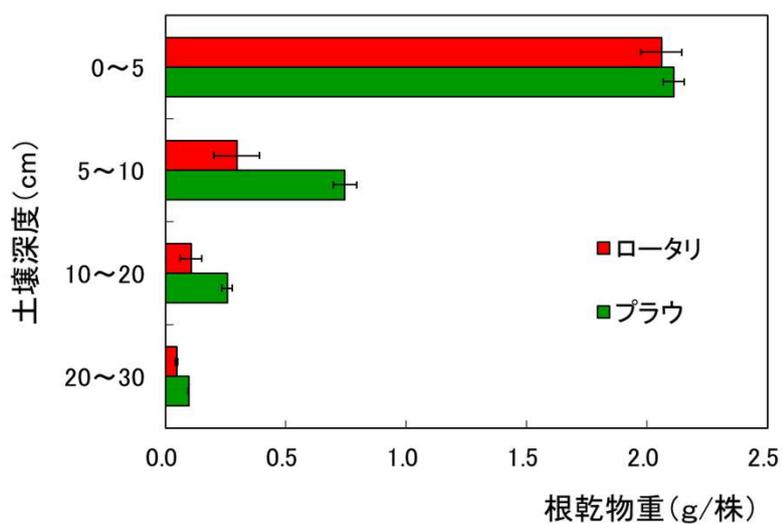
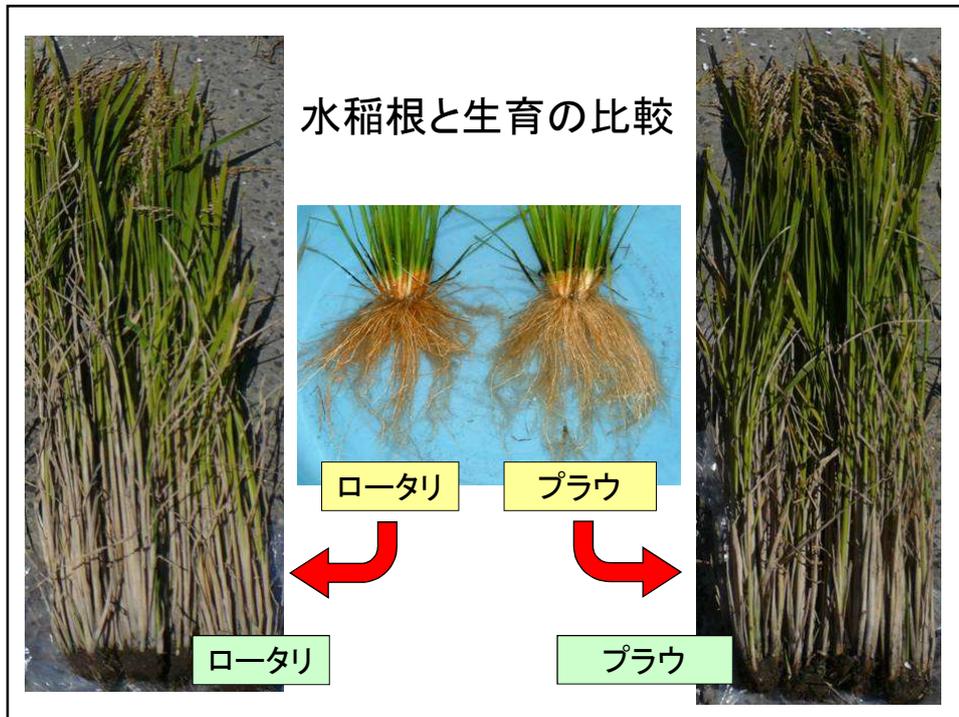
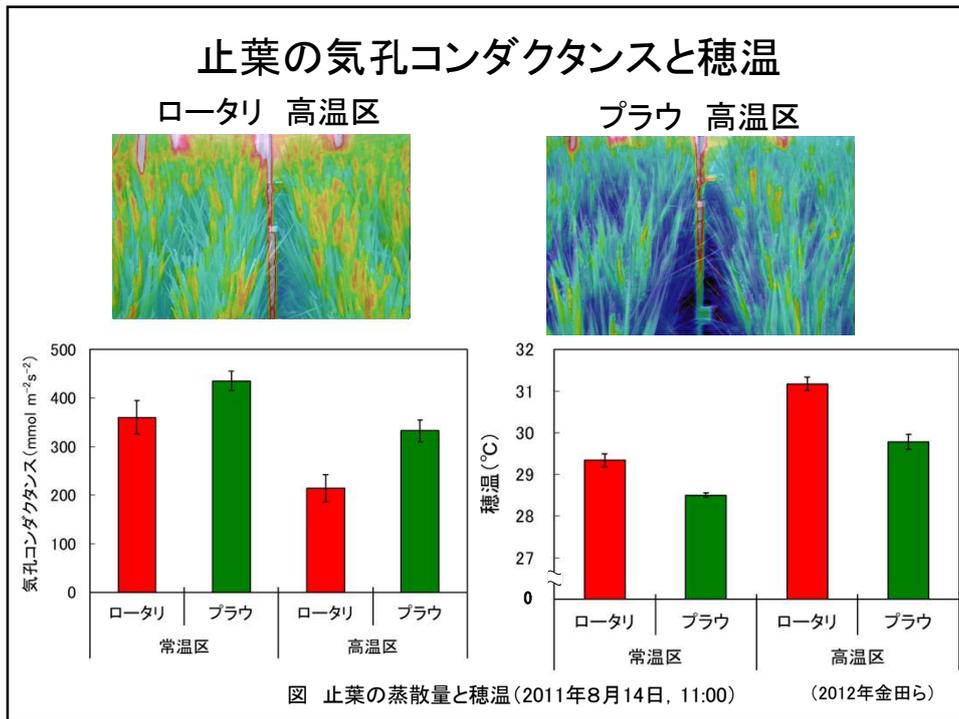


図 深さ別の根乾物重



## 乳白米およびその他白未熟米の発生率

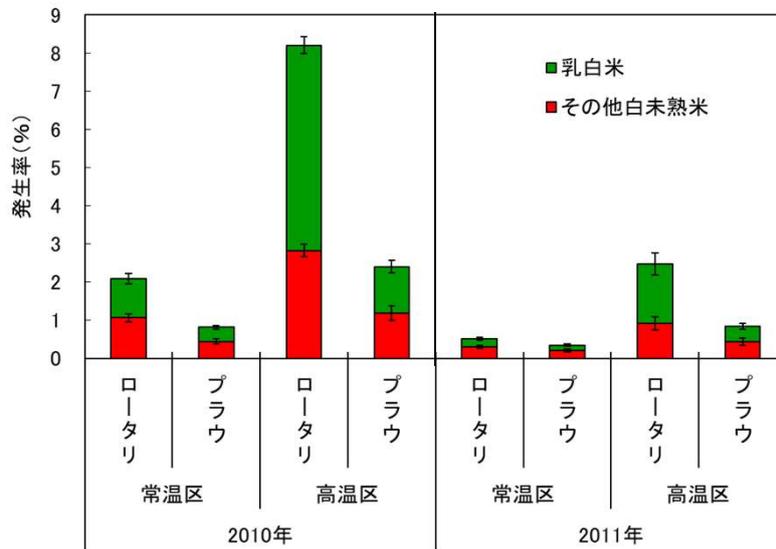


図 乳白米およびその他白未熟米の発生率

(2012年金田ら)

## 根を健全にする栽培管理

秋に乾きやすい地帯では浅い(5cm目安)秋起こし



秋に乾きにくい地帯では浅い明渠



不均一なワラ分布は土壌の酸素欠乏につながる

- 表面の排水対策
- 散布稲わらの均一化



## 田植え時のチェック



## 深植えは根の伸びを抑える



(あきたこまち・1本植:8月16日)

(金田)

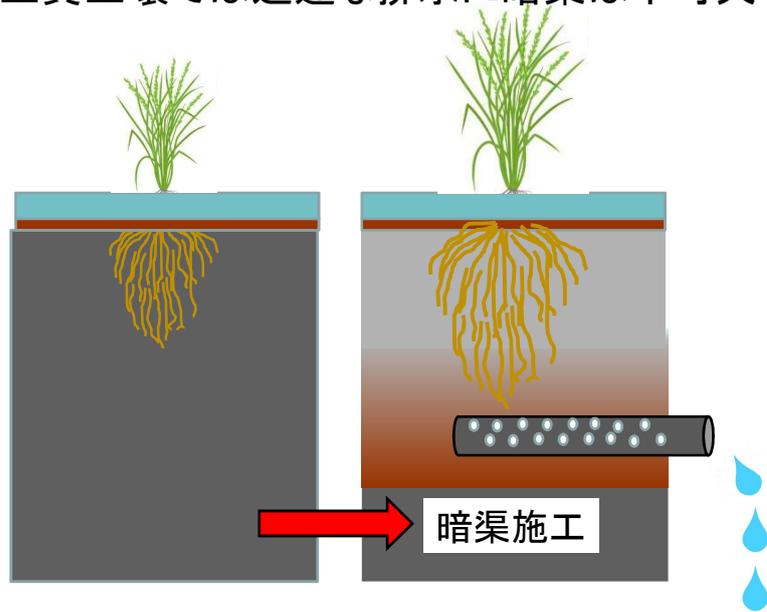
## ワキを見たらすぐに水管理で対応する

臭いを感じる



落水して軽く田を干してガス抜きし、土中に酸素を供給して根の活性を高める

## 粘土質土壌では迅速な排水に暗渠は不可欠



## 農家が行う暗渠施工(大潟村)



## 重粘土水田の代かきが暗渠もみ殻に及ぼす影響

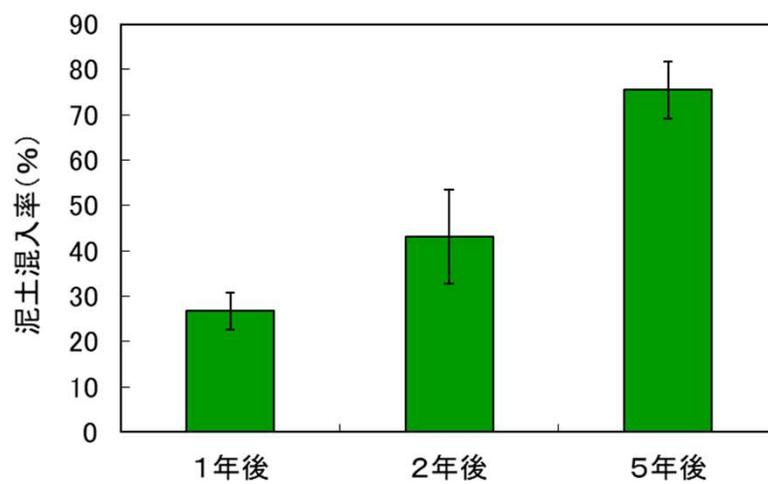


図 施工年数の経過と泥土混入率の関係

(2015年金田)

## 登熟期の飽水管理で地温を下げて根活性持続

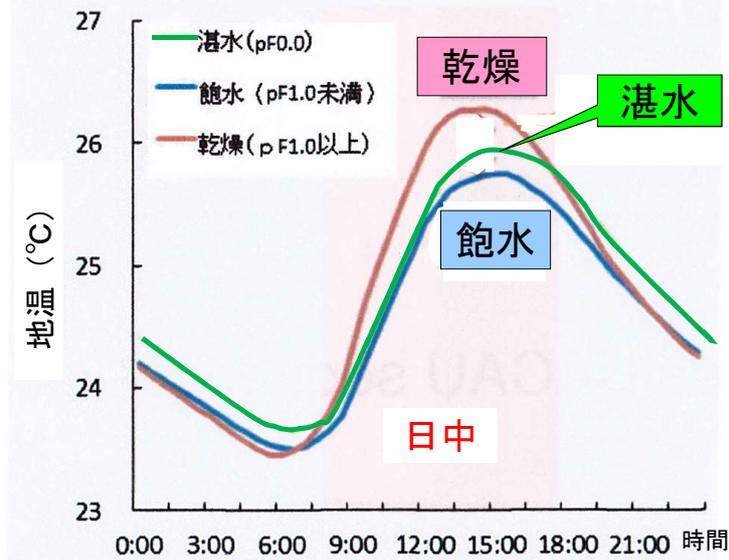


図 登熟期の水管理と時間別地温の関係 (平成25~26年)

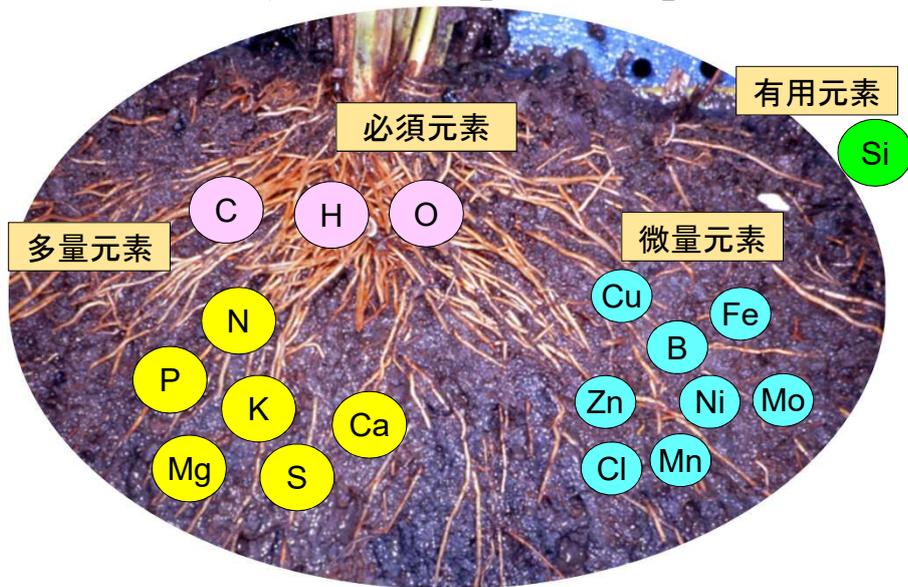
(新潟県農業総合研究所・作物研究チーム)

## 飽水管理



# 高温に強いイネを作るケイ酸

植物の生長に必要な必須要素  
C、H、Oは炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)と雨水(H<sub>2</sub>O)から



### 水稻の養分吸収量とその由来 (収量600kg/10a)

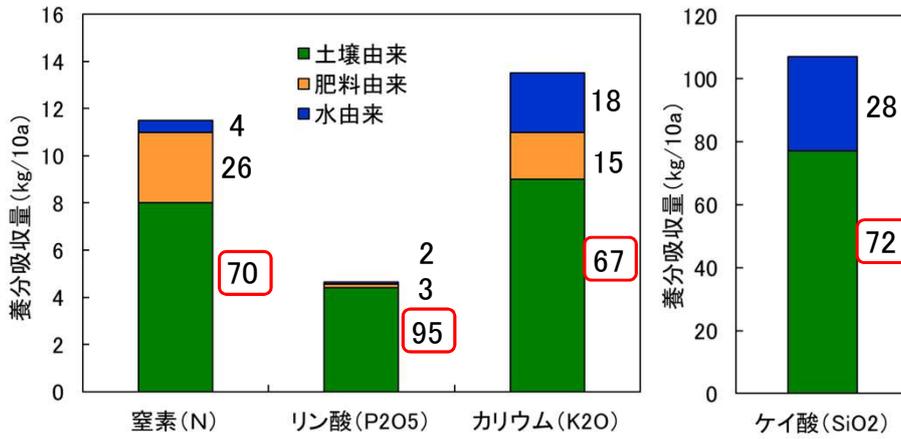


図 水稻の養分吸収量

### ケイ酸がイネの姿に及ぼす影響



対照区

ケイ酸区

## これまでに知られているケイ酸の効果

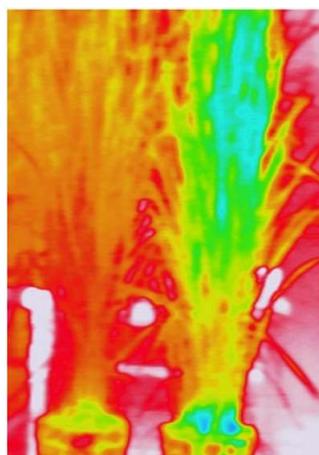
1. 葉いもちや虫害に強くなる
2. 葉の受光態勢が良くなる
3. 倒伏に強くなる
4. 低温、強風などに強くなる

高温に対する効果は？

## ケイ酸は高温下のイネ体温を上げない 高温 (32℃)



無ケイ酸区 ケイ酸質肥料区



無ケイ酸区 ケイ酸質肥料区

(2011年金田ら)

## ケイ酸はイネの根量を増やす

ケイ酸質肥料無し



ケイ酸質肥料有り



2013年7月26日

(2013年金田ら)

## ケイ酸はイネの根活性を高める

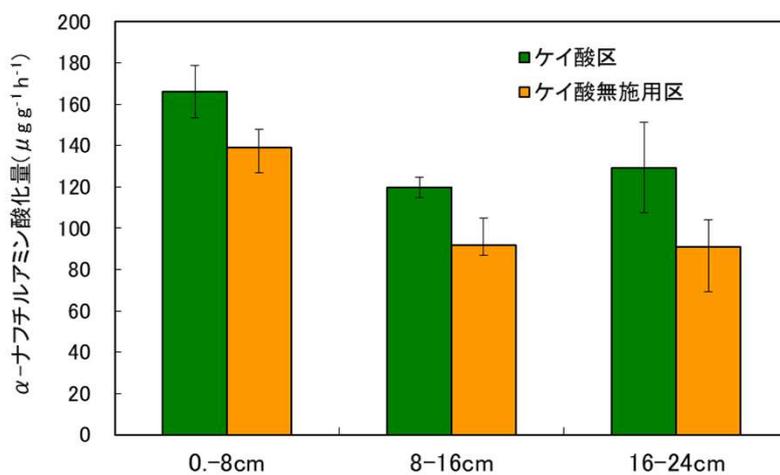


図 ケイ酸施用が根の活性に及ぼす影響

(2011年金田ら)

## ケイ酸施用による高温下での品質低下抑制

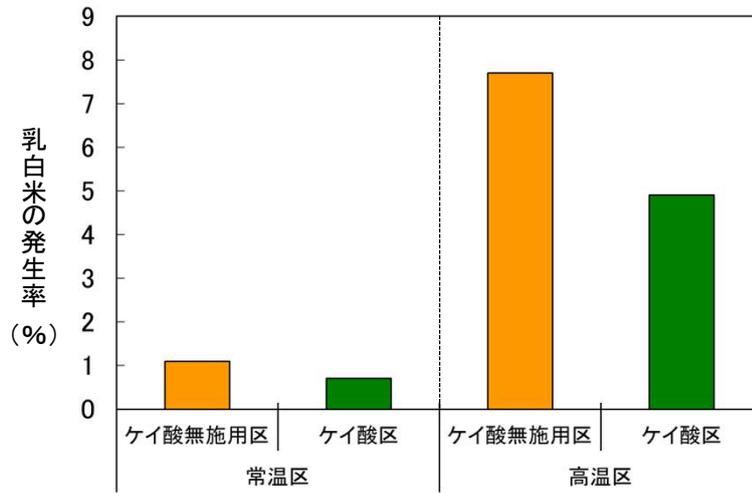
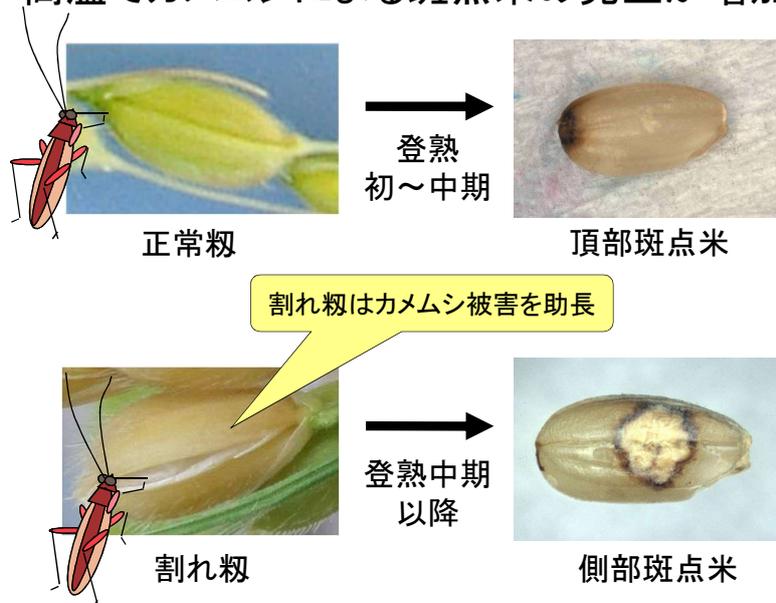


図 ケイ酸施用が乳白粒の発生率に及ぼす影響 (2011年, ポット試験)

(2011年金田ら)

## 高温でカメムシによる斑点米の発生が増加



(新山: 秋田県農業試験場より引用)

## 土壤ケイ酸含量が多いと割れ粳率減少

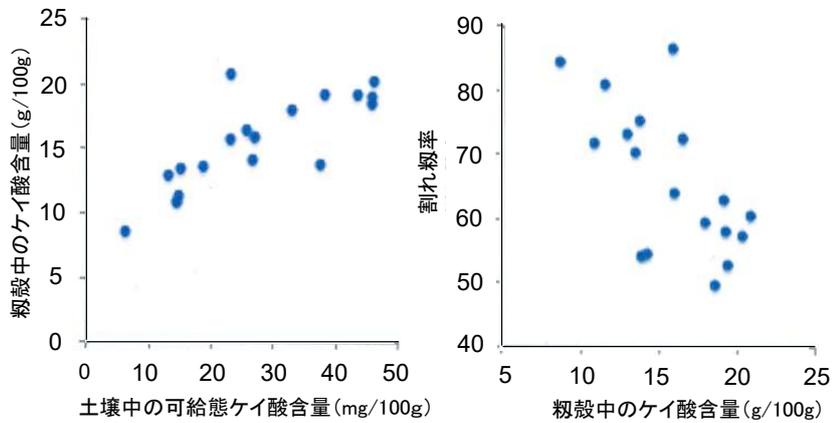
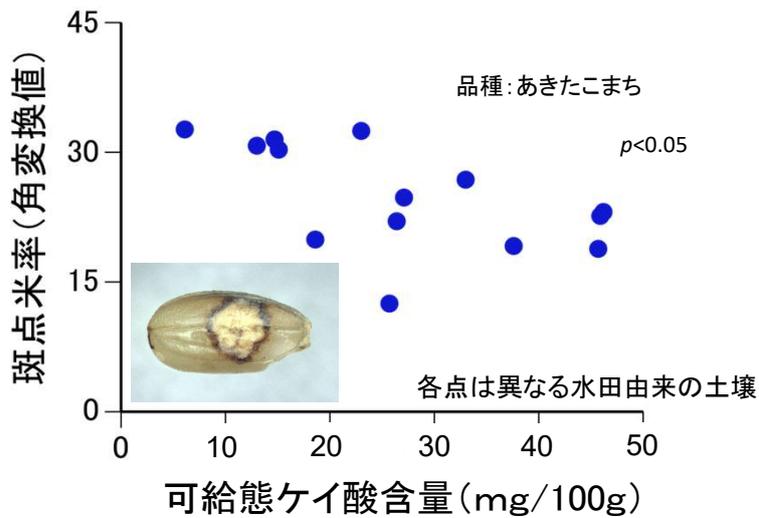


図 土壤のケイ酸供給力が籾殻中のケイ酸含量、割れ粳に及ぼす影響  
 図中の各点は異なる水田土壤で栽培された水稻の計測値、割れ粳率は逆正弦変換値

(東北農業研究センター委託プロジェクト研究 (気候変動プロ) より引用)

## 土壤ケイ酸含量が多いと斑点米率は減少する



2010年櫻井民人・関矢博幸・榎原充隆 (東北農業研究センター) : 「斑点米被害に影響する割れ粳の発生量と土壤中の可給態ケイ酸含量の関係」より



## 近年急増する台風被害

### 2004年8月20日の 強風被害



### 隣合った圃場でも被害の程度は違っていた



(2004年8月23日)

## ケイ酸が多い葉は潮風による被害が少ない

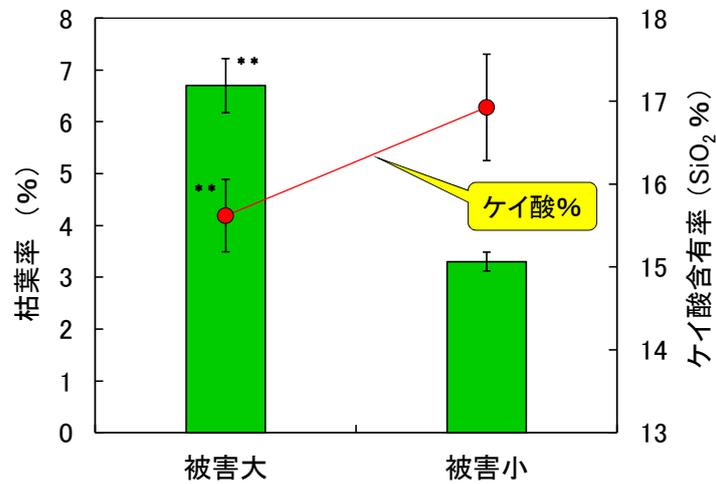


図 潮風による枯葉率と葉身ケイ酸濃度の関係

(2006年金田ら)

## 都道府県水田土壌の有効態ケイ酸量の変化

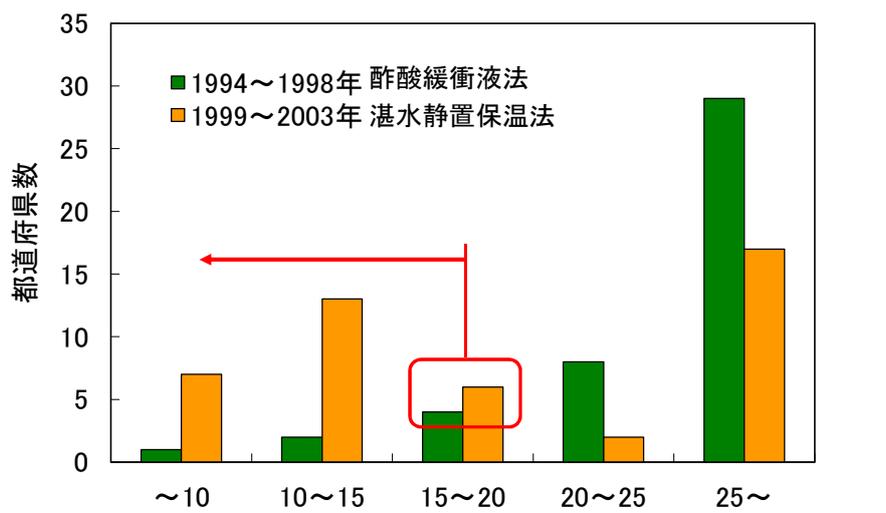


図 都道府県別有効態ケイ酸の分布

(SiO<sub>2</sub> mg/100g)

(農林水産省2008. 土壌保全調査事業成績書より作図)

## 水田のケイ酸が減りやすいのは、なぜ？

表 食用米、飼料用米、稲WCS栽培におけるケイ酸収支 (SiO<sub>2</sub> kg/10a)

	食用米 550 kg/10a	飼料用米 700 kg/10a	稲WCS 700 kg/10a
インプット			
灌漑水	30.5	30.5	30.5
稲わら	70	77	×
計	100.5	107.5	30.5
アウトプット			
浸透水	30	30	30
稲体(籾+わら)	100	110	110
計	130	140	140
収支(in-out)	-29.5	-32.5	-109.5

(関矢：1987年資料を基に作成)

## 土壌の有効態ケイ酸が減少する背景

—近年ケイ酸質肥料・資材の施用量が減少している—

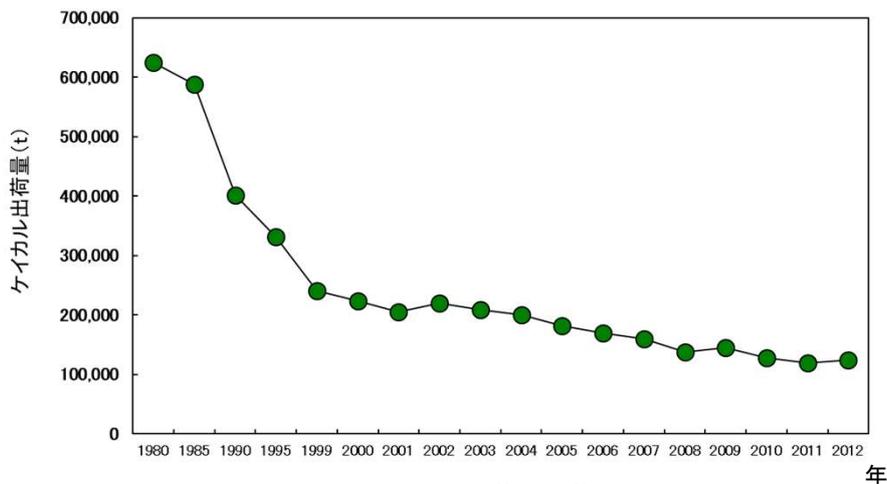


図 ケイカル出荷量の推移

(ケイカル協会資料より引用)

## 近年、河川のケイ酸濃度は減少傾向にある

(山形県)

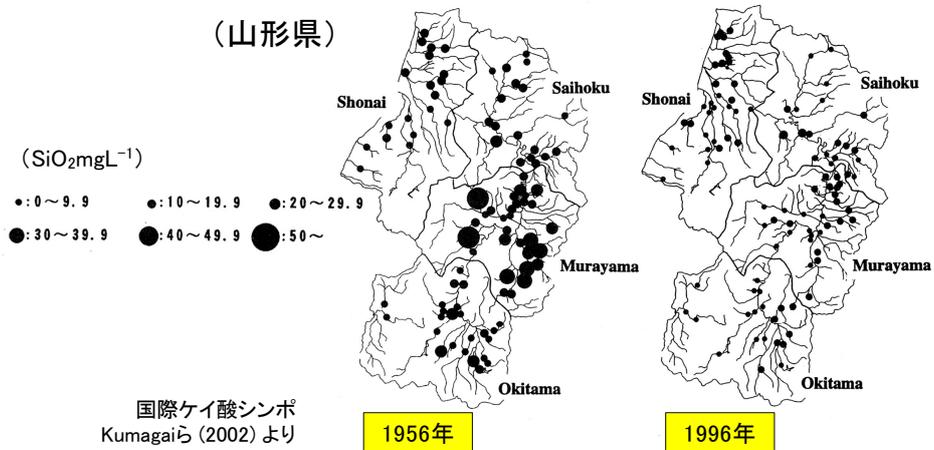


Fig. 1.  $\text{SiO}_2$  concentration of irrigation water in 1956 and 1996.

$\text{SiO}_2$ 濃度 30 ppm→10 ppmに低下  
 灌漑水量 1500 t/10a と仮定すると  
 $\text{SiO}_2$ 供給量 45 kg/10a→15 kg/10aに減少

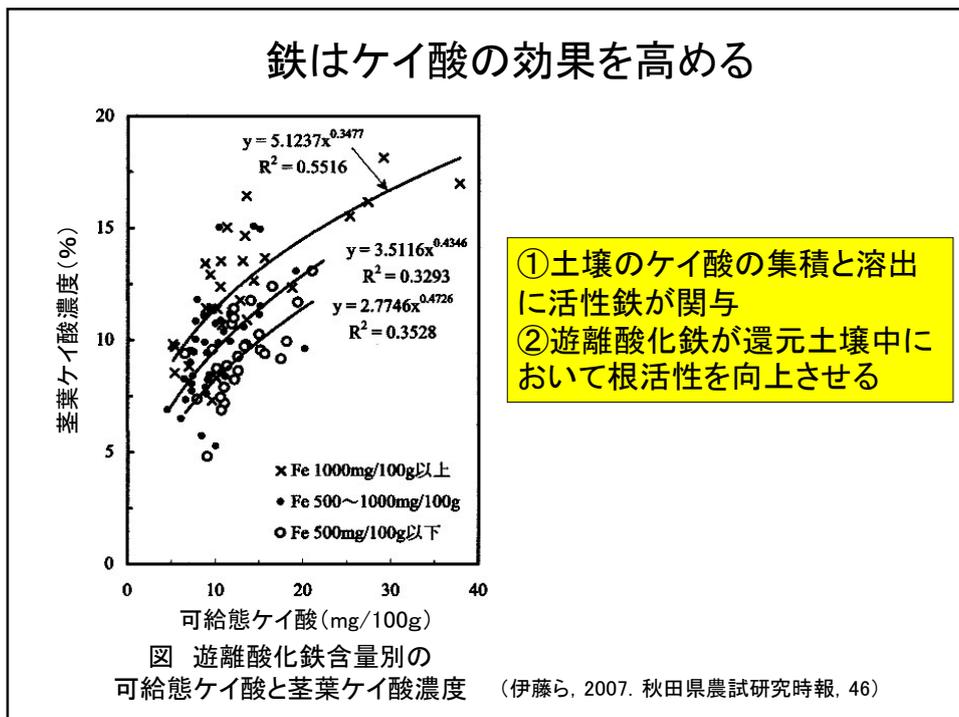
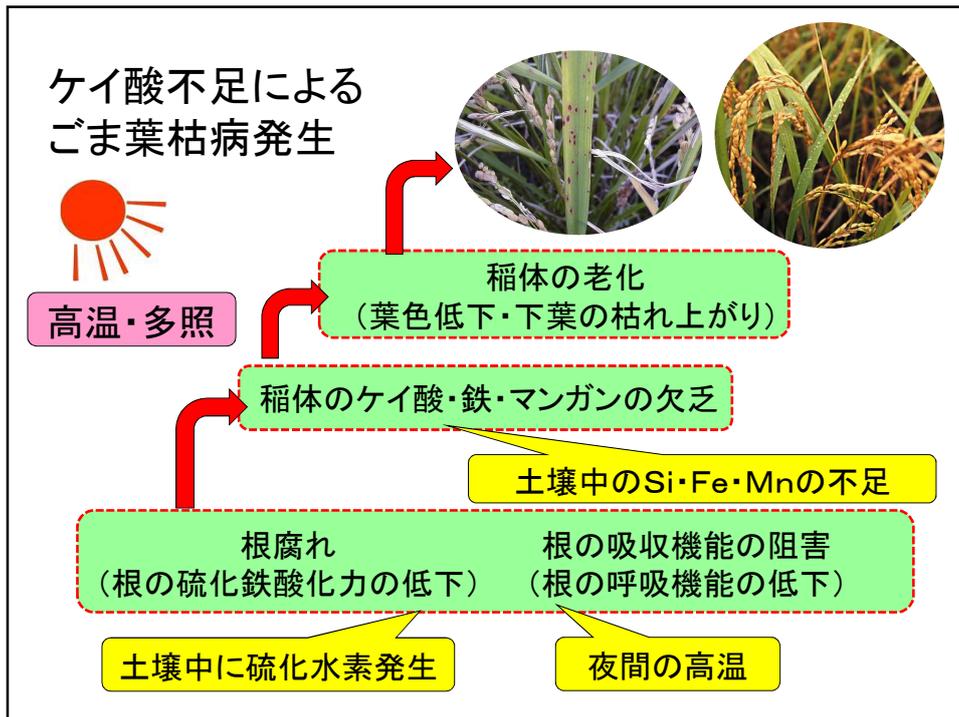
## 近年の河川水ケイ酸濃度低下の原因

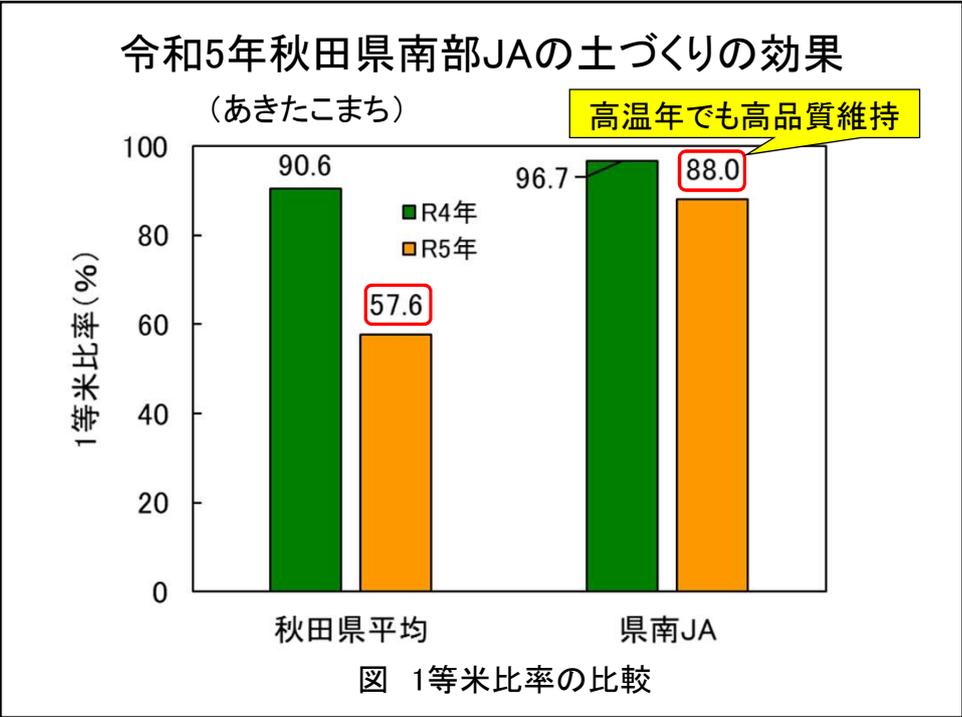
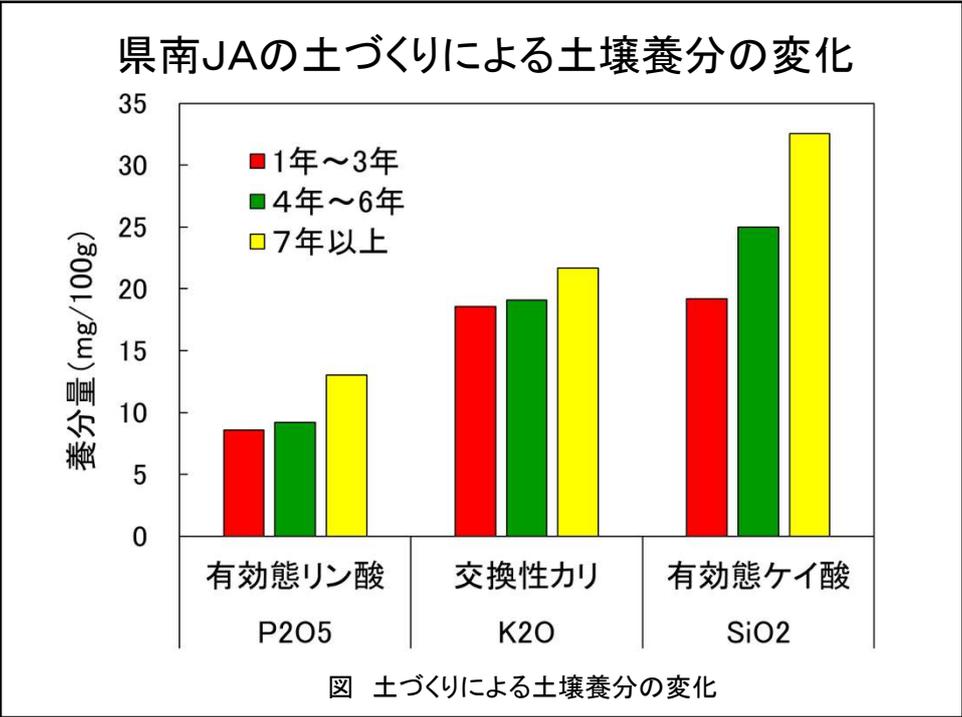
1. ダム湖に発生する珪藻によりケイ素が消費され水系から除去される



2. 用水路のコンクリート化により土壌からのケイ酸供給量が減少する







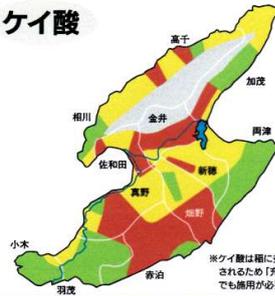
## JA佐渡 佐渡米栽培カレンダー(2025年)より

充分な範囲

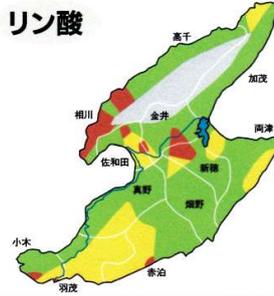
そろそろ  
補給が必要

不足している  
ため施用が必要

### ケイ酸



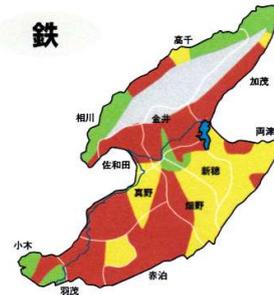
### リン酸



### 加里



### 鉄



\*ケイ酸は稲に多く吸収されるため「充分な範囲」でも施用が必要です。

## 佐渡の可給態ケイ酸は？

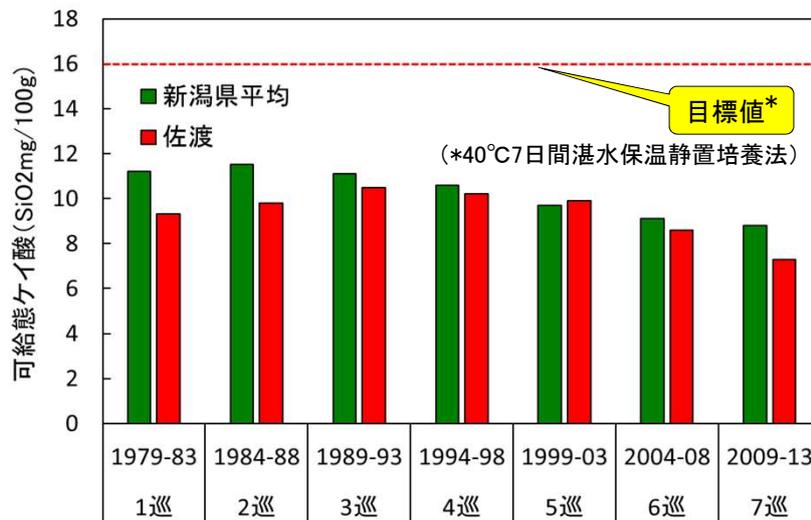


図 可給態ケイ酸量の推移

(本間ら, 2016新潟県農総研報告)

## ケイ酸吸収量は幼穂形成期以降に増加する

— 生育後半まで、根活性が維持されることが重要 —

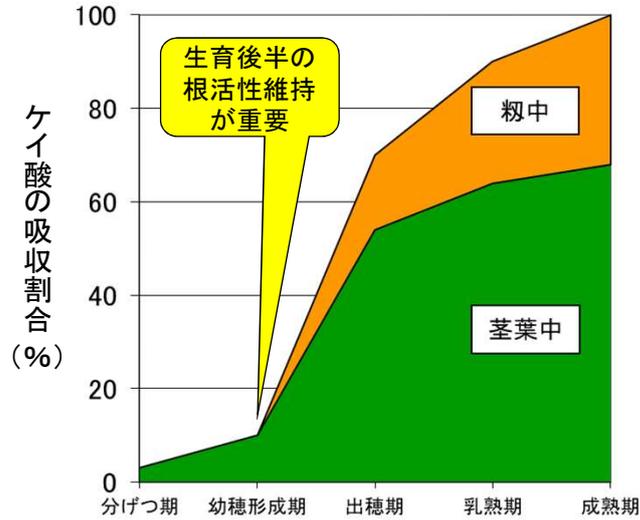
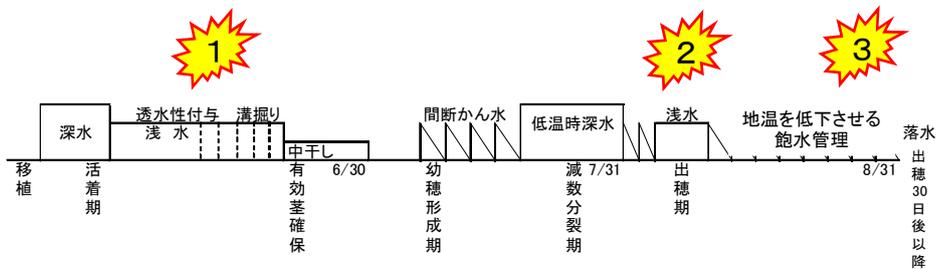


図 ケイ酸の吸収割合

## ケイ酸質肥料の効果が見られなかった事例

1. 圃場のワキ(異常還元)が強かった
2. 高温時に田面が乾いていた
3. 完全落水が8月30日以前と早かった



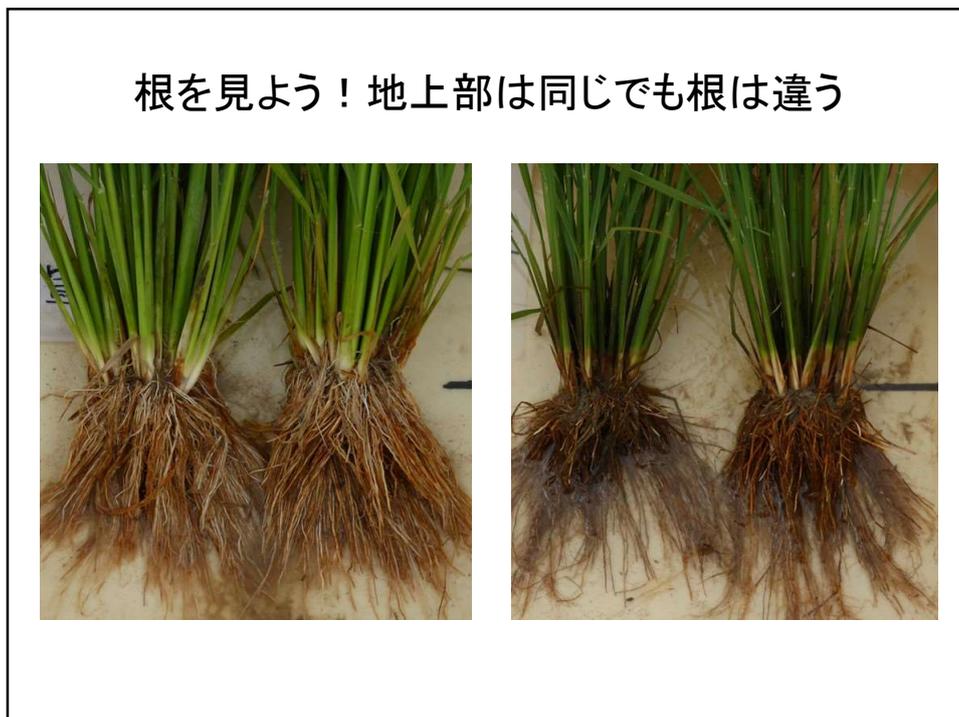
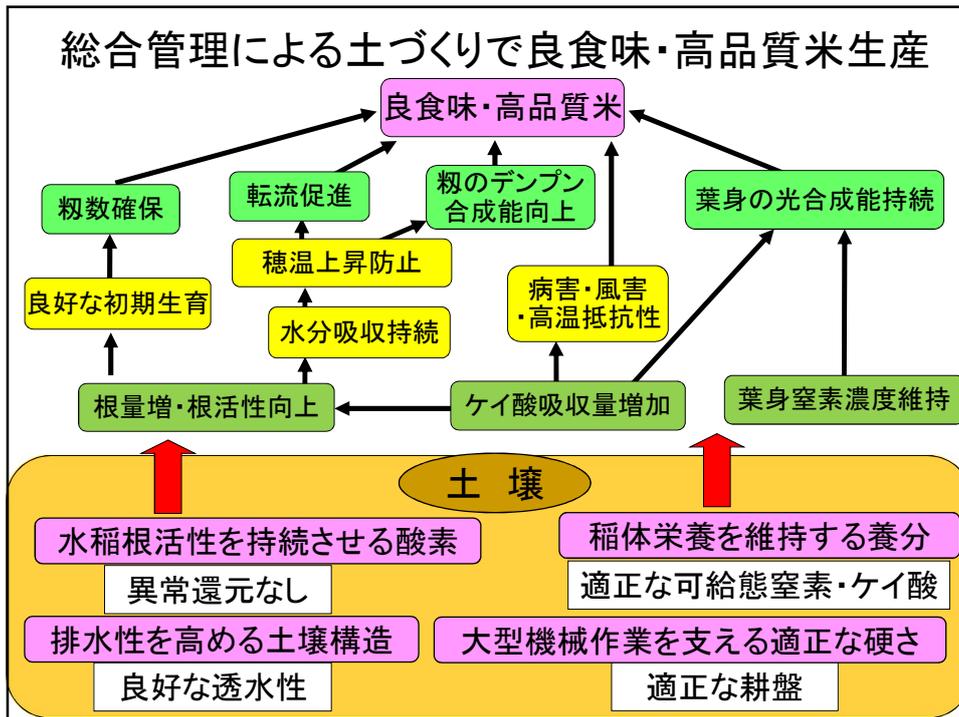
(2010年秋田県高温対策プロジェクトチームのアンケート調査より)

## 土づくり肥料・資材の効果を高める圃場管理

肥料や資材を施用して安心してはいけない

1. 前年収穫後、浅い明渠により田面停滞水を排除する
2. 田面の稲わらは均一にし、移植後の根ぐされを防ぐ
3. 異常還元を進行させない水管理(中干し)を実施する
4. ケイ酸吸収が始まる幼穂形成期以降の田干しは要注意
5. もみ殻の大きさが決まる穂ばらみ期(出穂20日前)の葉色維持
6. 登熟期間の葉色を落とさない
7. 出穂後30日間は土壌を過度に乾燥させず飽水管理

○総合管理の土づくりによる  
良質米生産



## 土壤診断は化学性のみでは不十分

1スコップ下を見る・触る！



作土の深さは？

耕盤の硬さは？

排水性は？

## 高めよう！“現場力”

- ①作物体や作物根を観察して作物の健康状態を判断する“**見て判断する力**”
- ②土壤の硬さや団粒構造など、土に触り判断する“**触って判断する力**”
- ③気象情報から気象が作物に及ぼす影響を予測し対応する“**予測する力**”



“現場力”を高めるために意識すること

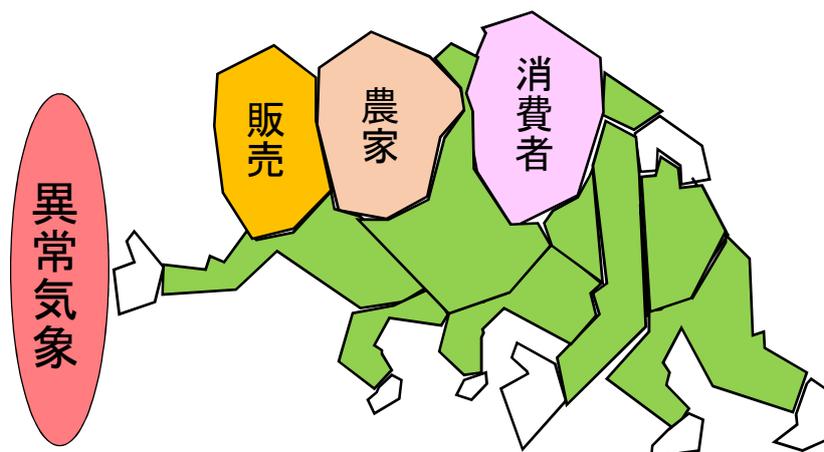
スマート技術はあくまでもツール



最も大事なことは、自身の現場力

1. 観察すること
2. 記録すること
3. 互いに見合うこと

しっかりとスクラムを組み  
異常気象を乗り越えよう！



ご清聴ありがとうございました