

2018年度 土と肥料の講演会

近年の大型機械化と多様な水稻栽培における水田土壌の課題と対応

秋田県立大学 金田吉弘

平成30年5月12日 東京大学弥生講堂

1. 農業の近代化と 土壌環境

農業の近代化に伴う生産現場の変化



水稻の収量は増加し、労働時間は劇的に減少

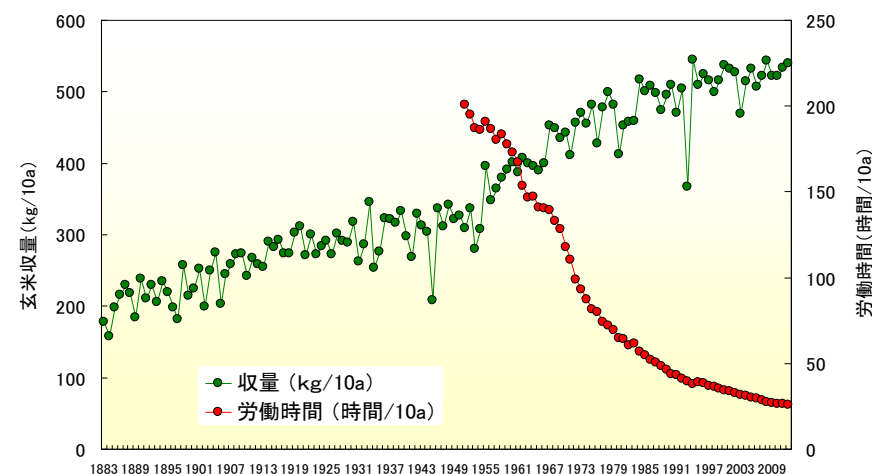
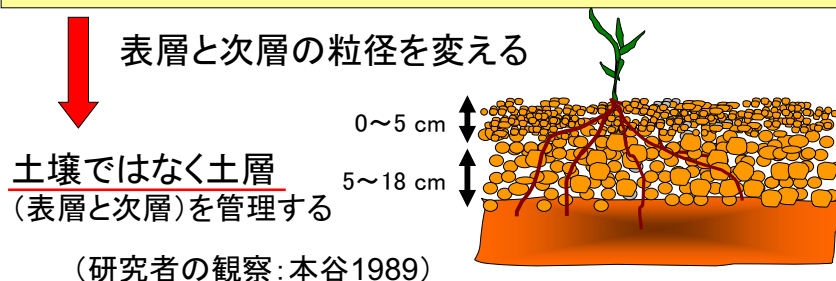


図 水稻収量と労働時間の推移

かつての多収穫日本一農家の土壌管理

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

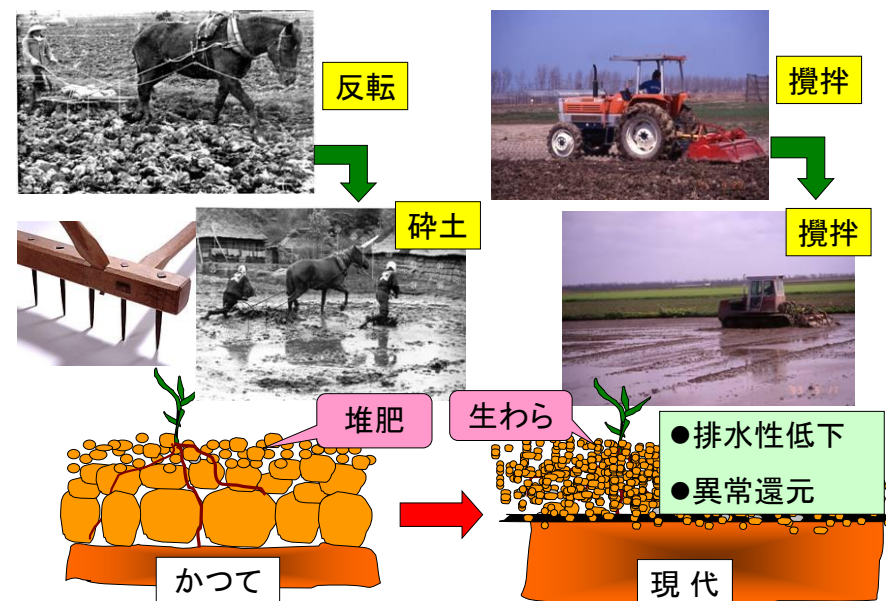


○ 肥沃でありながら酸化的土壌

○ 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

現代の大型機械作業の課題



2. 多様な栽培方式に伴う 土壌養分の変化

近年の水田を見て、気づくこと

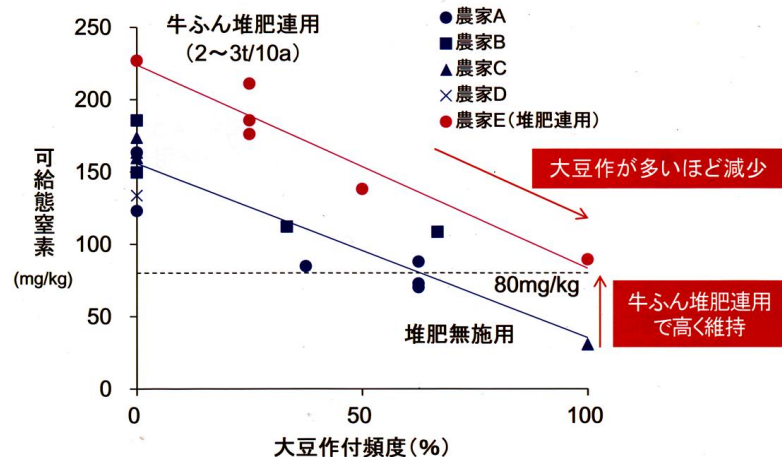
一生育後半、極端に色落ちする田が目立つ



(2012.7.31撮影)

↓
地力の低下が影響しているのではないか?

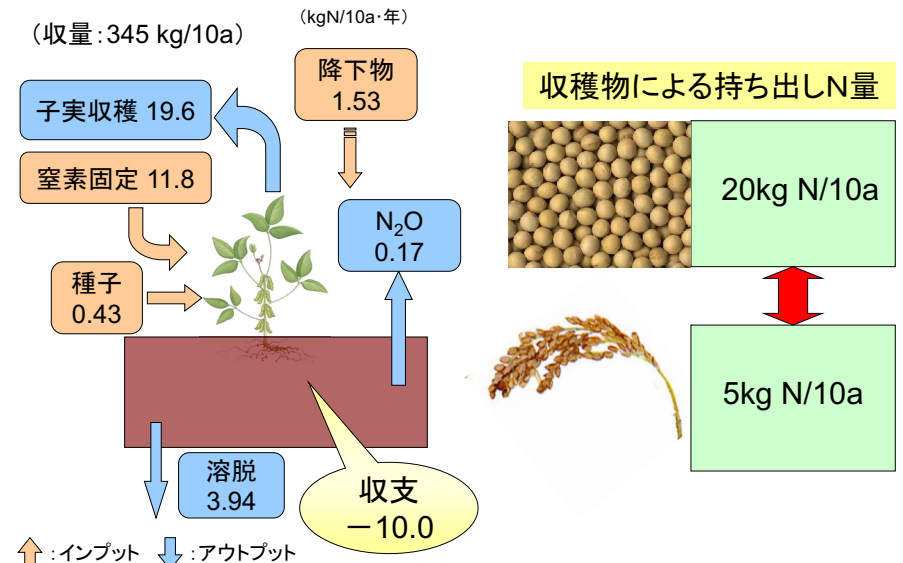
大豆の作付頻度と可給態窒素量の変化



田畑輪換における大豆の作付頻度と可給態窒素の関係

(東北農研「田畑輪換における地力低下の実態と地力の維持改善法」より)

ダイズ作の窒素収支はマイナスになる



(Takakai ら2010, SSPN, 56, 760-772)

JA全中の水田転作の品目別方針

品目	方針の概要
飼料用米	潜在需要大。15年産比約3割増の53.5万tを目指す
政府備蓄米	買入れ数量の削減分を飼料用米に転換
加工用米	供給過剰傾向。実需者との契約期限を待たず飼料用米に積極転換
米粉用米	需要の伸び悩みで持ち越し在庫大。販路見据えた生産を徹底しつつ、新規需要を開拓
酒造好適米	多くの産地銘柄で供給過多状態。播種前に販売が見通せる量を作付け
稲発酵粗飼料	畜産経営と結び付き可能な地域で生産。周辺農地に影響ないよう、防除など適切な管理を徹底
麦	実需者の国産使用が進み供給不足。政策支援の活用、畑地化の推進で増産
大豆	国産需要の高まりを受け生産を拡大。政策支援の活用で施設整備を推進

多様な用途の水稲栽培の拡大

○主食用米の他、業務用の多収栽培面積増加

○転作では、多様な用途の米栽培面積が拡大

用途が異なる栽培水田の窒素・リン酸収支

	N (kg/10a)			P ₂ O ₅ (kg/10a)		
	食用米 550 kg	飼料用米 700 kg	稲WCS 700 kg	食用米 550 kg	飼料用米 700 kg	稲WCS 700 kg
インプット						
灌漑水	0.48	0.48	0.48	0.03	0.03	0.03
肥料	9.00	11.00	11.00	5.00	5.00	5.00
稲わら	4.20	5.55	×	1.22	1.95	×
雨水	1.34	1.34	1.34	0.27	0.27	0.27
窒素固定	2.00	2.00	2.00	—	—	—
計	17.02	20.37	14.82	6.52	7.25	5.30
アウトプット						
田面水	0.53	0.53	0.53	0.06	0.06	0.06
浸透水	1.50	1.50	1.50	0.15	0.15	0.15
稲体(籾+わら)	11.02	14.70	14.70	5.22	6.80	6.80
脱窒	2.70	3.30	3.30	—	—	—
計	15.75	20.03	20.03	5.43	7.01	7.01
収支 (in-out)	+1.27	+0.34	-5.21	+1.09	+0.24	-1.71

(関矢: 1987年資料を基に作成)

用途が異なる栽培水田のカリ・ケイ酸収支

	K ₂ O (kg/10a)			SiO ₂ (kg/10a)		
	食用米 550 kg	飼料用米 700 kg	稲WCS 700 kg	食用米 550 kg	飼料用米 700 kg	稲WCS 700 kg
インプット						
灌漑水	2.79	2.79	2.79	30.5	30.5	30.5
肥料	5.00	5.00	5.00	—	—	—
稲わら	11.71	14.07	×	70	77	×
雨水	0.34	0.34	0.34	—	—	—
計	19.84	22.20	8.13	100.5	107.5	30.5
アウトプット						
田面水	0.44	0.44	0.44	—	—	—
浸透水	3.75	3.75	3.75	30	30	30
稲体(籾+わら)	13.74	16.65	16.65	100	110	110
計	17.93	20.84	20.84	130	140	140
収支(in-out)	+1.91	+1.36	-12.71	-29.5	-32.5	-109.5

(関矢:1987年資料を基に作成)

土壌の可給態ケイ酸量の変化

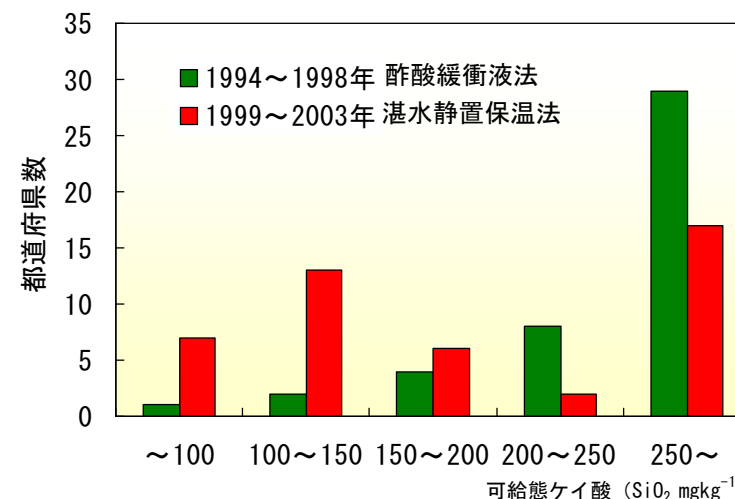


図 都道府県別可給態ケイ酸の分布

(農林水産省2008. 土壌保全調査事業成績書より作図)

可給態ケイ酸が減少する背景 ケイ酸質肥料・資材の施用量が減少している

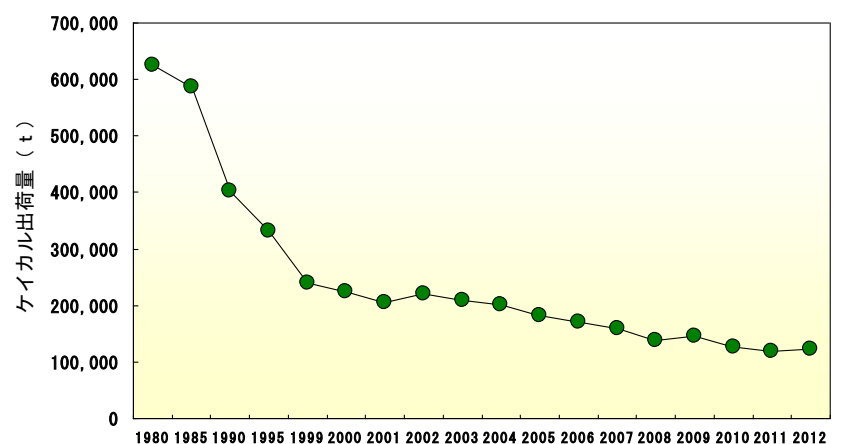


図 ケイカル出荷量の推移

(ケイカル協会資料より引用)

河川のケイ酸濃度は減少傾向にある

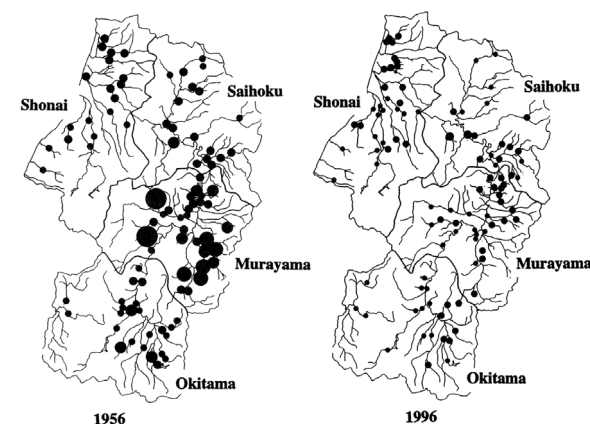


Fig. 1. SiO₂ concentration of irrigation water in 1956 and 1996.

●: 0～9.9 ●: 10～19.9 ●: 20～29.9
●: 30～39.9 ●: 40～49.9 ●: 50～ (SiO₂ mgL⁻¹)

国際ケイ酸シンポ Kumagaiら (2002) より

イネ茎葉のケイ酸含有率の変化

(山形県の調査)

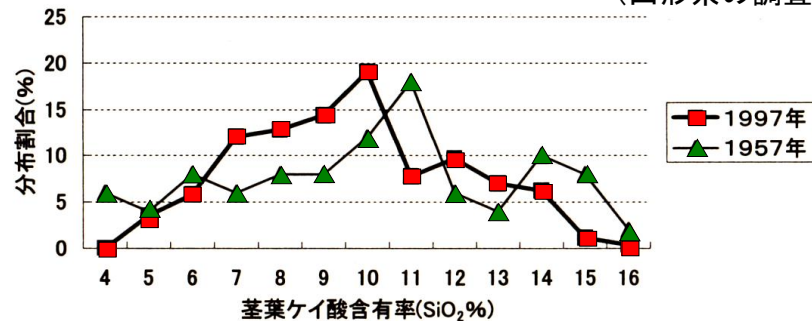


図1 1997年と1957年における茎葉ケイ酸含有率分布の違い

(熊谷、2005 より引用)

近年における水田土壌の変化

- 1) 圃場整備や大型機械作業による土壌物理性悪化
作土の浅層化と硬い耕盤層の拡大
土壌中の酸素が不足し、根腐れと初期生育不良
- 2) 田畑輪換の継続による可給態窒素の減少
有機物を施用しない田畑輪換圃場の増加
- 3) 多様な水稻栽培に伴う養分収支の変化
土壌の可給態ケイ酸減少
ケイ酸質肥料・資材施用量の減少
河川水のケイ酸濃度低下

3. 多様な栽培と 気象変動への対応

- 1) 多収栽培における稲わら分解促進
- 2) 高温気象下での品質向上対策
 - 根圏環境の改善効果
 - ケイ酸の効果

多収田の多量稲わらの影響は？

かつての多収田は堆肥還元、
しかし 現代は多量の稲わらの直接還元



稲わらの散布状況

異常還元による生育不良

稲わら多量水田での対応

稲わらの分解を促進させる技術(窒素施用)

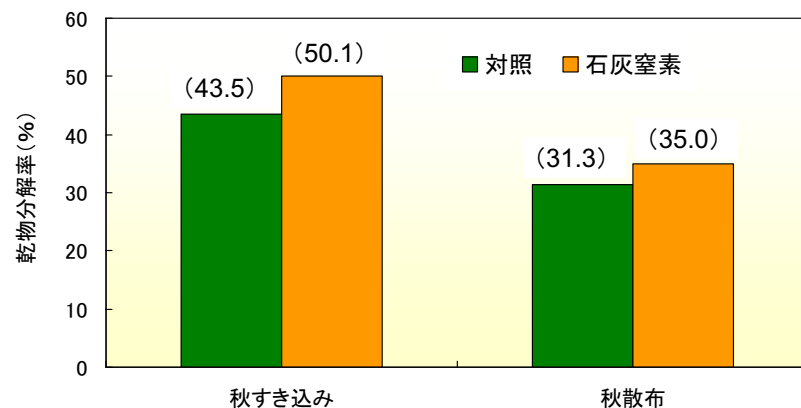


図 石灰窒素による稲ワラ分解率

(千葉ら: 1980のデータから作図)

稲わら分解に施用した肥料由来窒素の行方

前年秋に稲わら600g/m²に¹⁵N標識窒素(硫安、石灰窒素各N4kg/m²)を混和、翌年水稻移植(基肥に無標識N、P₂O₅、K₂O各5g/m²)

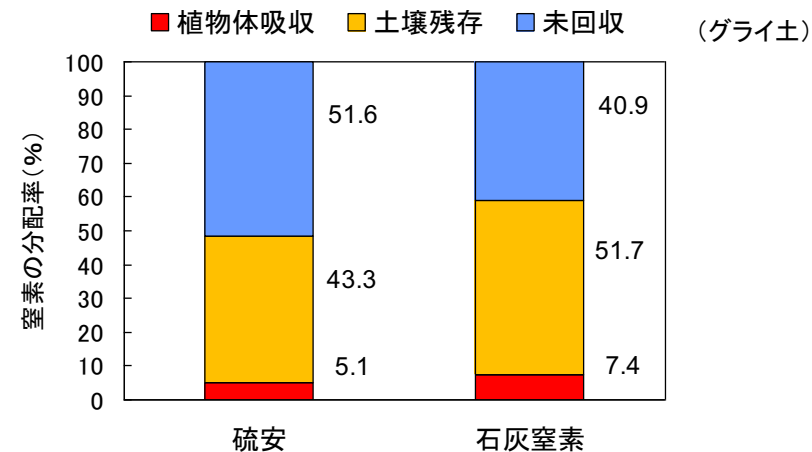
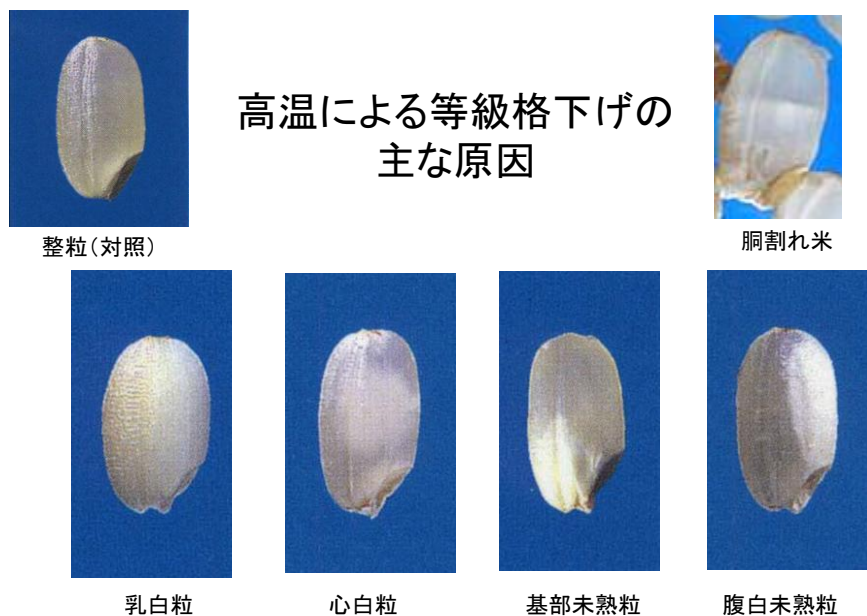


図 硫安と石灰窒素由来窒素の分配

(Takakai, et al. 2018)

高温による等級格下げの 主な原因

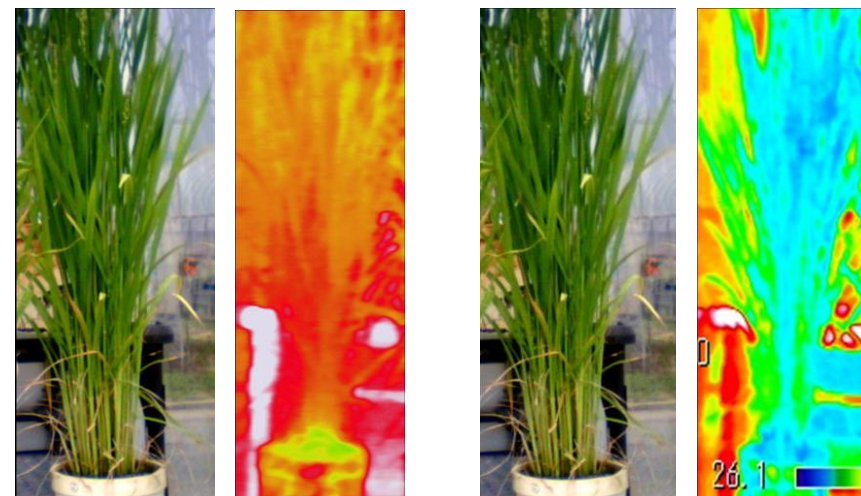


農林水産省「高温による水稻作への影響と今後の技術対策に関する資料集」より

高温条件下におけるイネの体温

高温(32/24℃)

常温(28/20℃)



(2011年金田ら)

高温下における気孔コンダクタンス

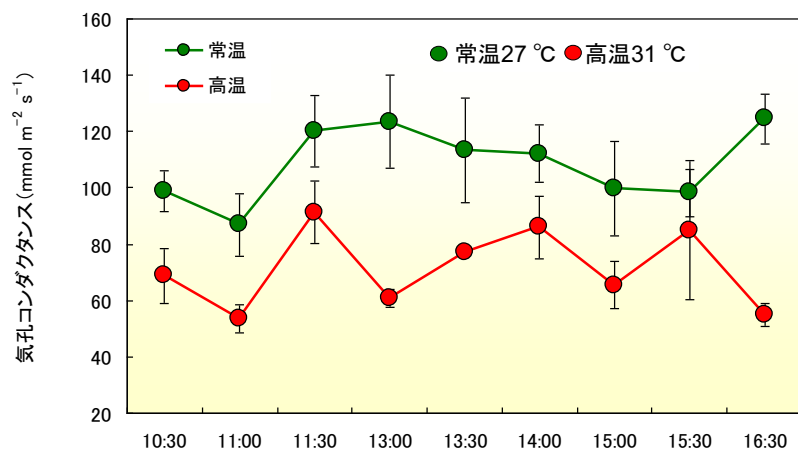
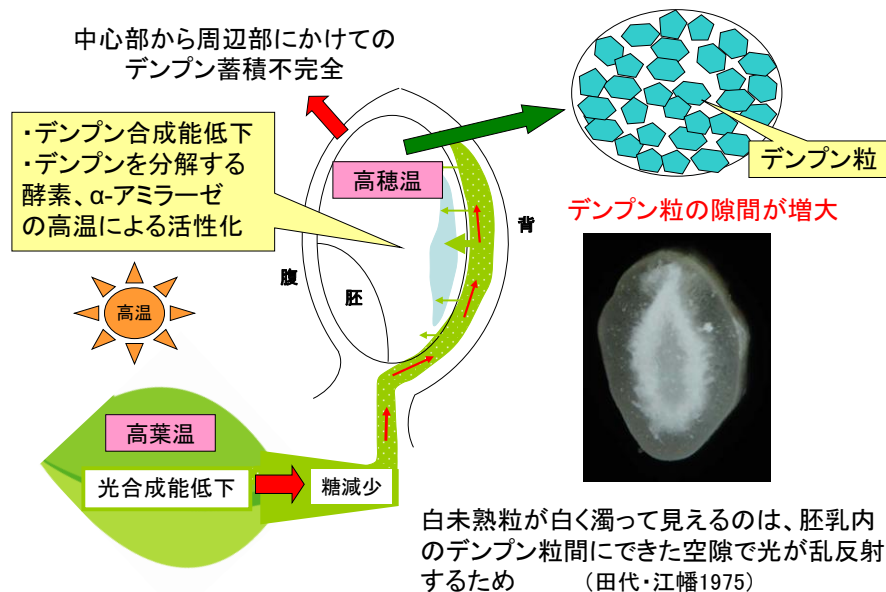


図 気候条件が葉の気孔コンダクタンスの日変化に及ぼす影響

(2010年金田ら)

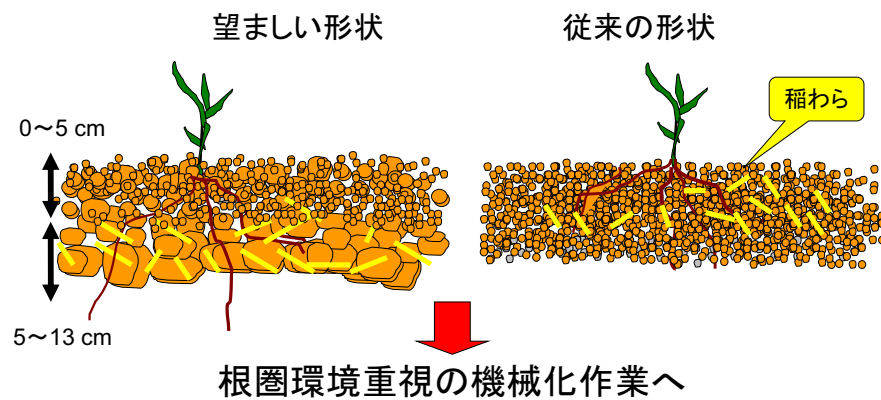
高温下において乳白米が増える理由



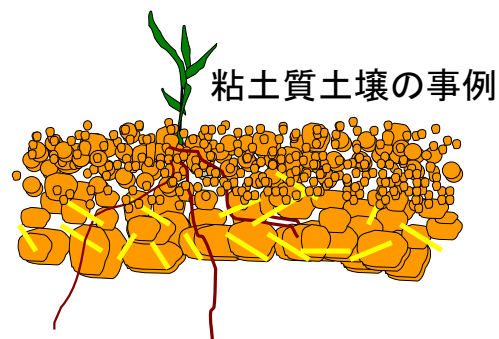
高温気象下における根圏環境の改善効果

イネに有効な根圏を作る作土

ただ、深く耕せば良いのか？



新たな耕起方法の導入による有効土層の拡大



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)

水稻根と生育の比較



止葉の気孔コンダクタンスと穂温

代かき 高温区

無代かき 高温区

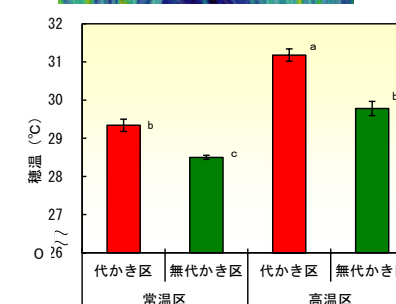
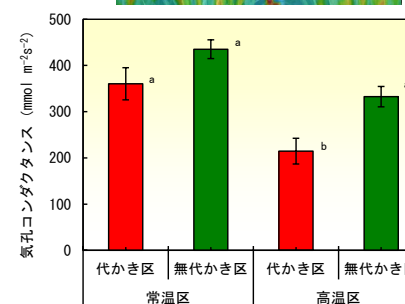
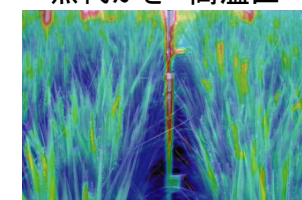
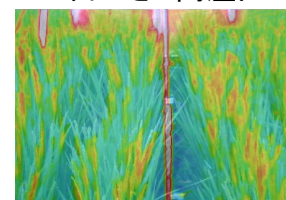


図 止葉の気孔コンダクタンスと穂温(2011年8月14日, 11:00)

(2012年金田ら)

乳白米およびその他白未熟米の発生率

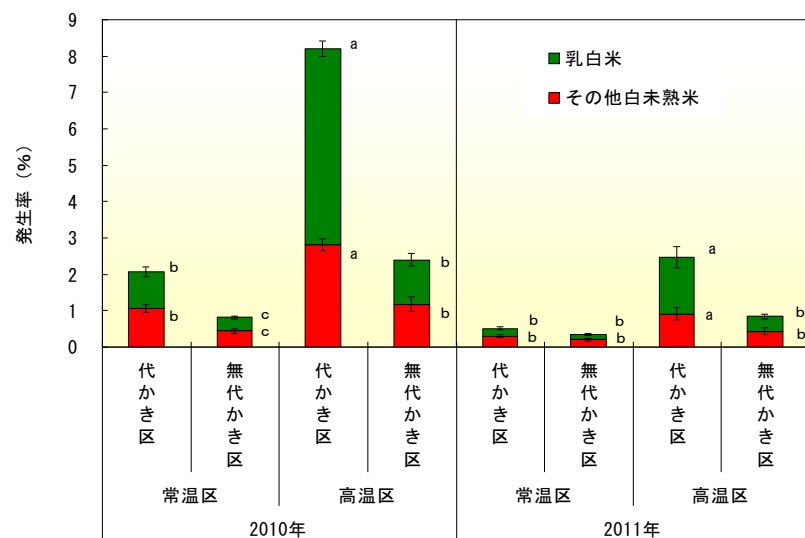


図 乳白米およびその他白未熟米の発生率

(2012年金田ら)

高温気象下における ケイ酸の効果

温度条件を変えた人工気象室試験

出穂期～成熟期

常温 8:00-18:00 26℃ 18:00-8:00 19℃
高温 8:00-18:00 32℃ 18:00-8:00 24℃



ケイ酸施用により高温下の穂温は低下する

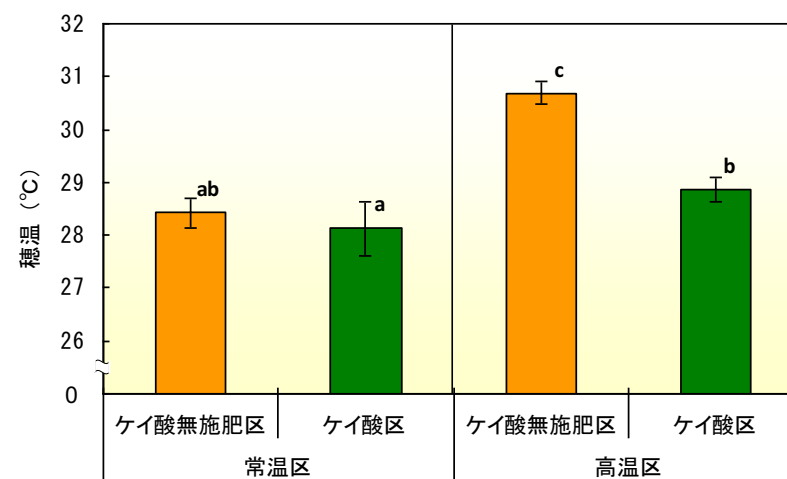


図 ケイ酸施用が穂温に及ぼす影響

(2011年金田ら)

ケイ酸施用と高温下の葉身光合成

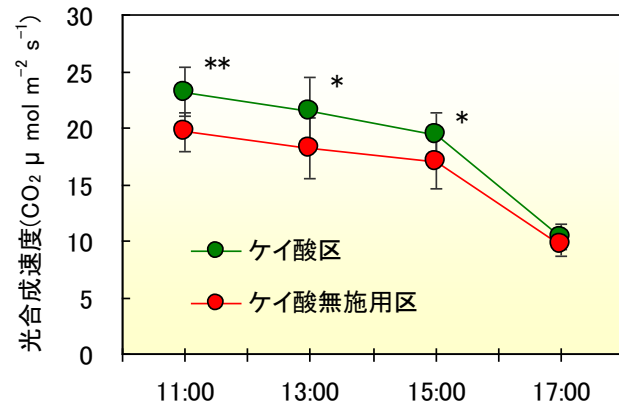


図 止葉の気孔コンダクタンスおよび光合成速度(8/25)

1)CO₂濃度:400 ppm 温度:35.5℃

2)光量子量(μmol/s/m²):13:00 1500, 15:00 900, 17:00 200

(2016年金田ら 未発表)

ケイ酸施用による高温下での品質低下抑制

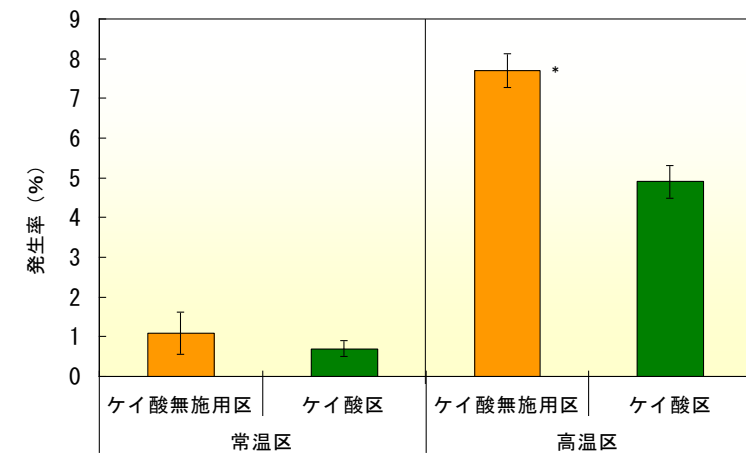
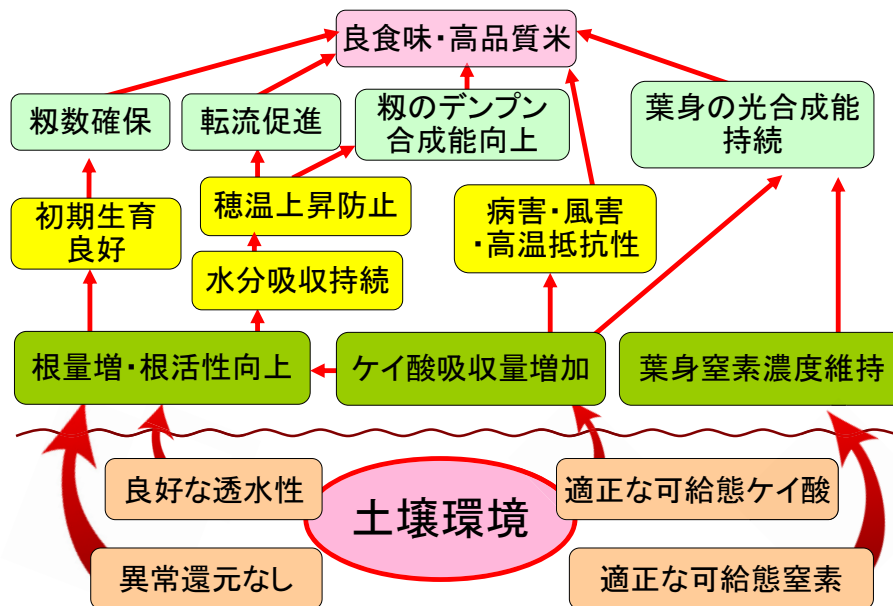


図 ケイ酸施用が乳白粒の発生率に及ぼす影響 (2011年, ポット試験)

(2011年金田ら)

良食味・高品質米生産を可能にする土壌要因



提 案

- ・有機物や土づくり肥料にコストをかけることで経営的にどの程度効果が得られるのか農家とともに評価
- ・土づくりは、単に土壌改良資材や土づくり肥料の施用に限定されたものではなく、根圏環境改善を目的とした機械作業も含む総合管理
- ・土壌肥料分野－作物分野(病虫含む)－機械分野のさらなる連携