

土地利用型作物の土壌診断と 改善対策の実際

(一財) 日本土壌協会 専門委員

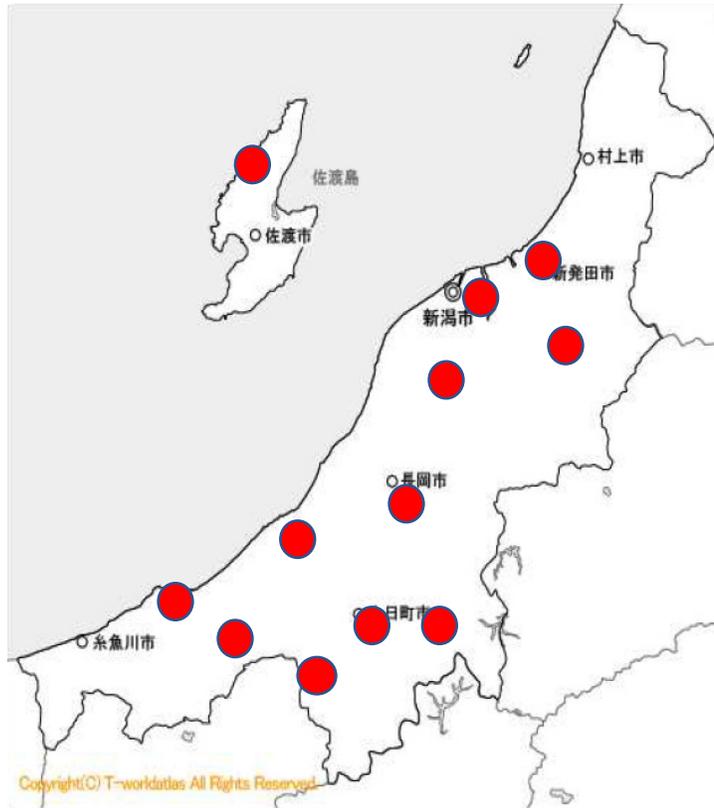
長谷川雅義

水稲の初期生育不良の原因と土壌 改良・改善対策について

～新潟県全域の事例をもとに各地域の対策・指導を考える～

データ駆動型土づくり推進事業における新潟県の調査実績

(2020～2023)



品目	調査件数	品目	調査件数
水稲	763	ジャガイモ	3
ソバ	75	ニンジン	7
ダイズ	3	サツマイモ	2
エダマメ	322	ソラマメ	2
アスパラガス	25	ナス	2
タマネギ	15	ニラ	1
ゴーヤ	9	カキ(柿)	15
ハウレンソウ	9	洋梨	4
トマト(施設)	6	和梨	2
アスパラ菜	6	ブドウ	3
ネギ	5	ウメ	2
トウモロコシ	5	合計	1,289
食用菊	3		

新潟県における水田土壌(化学性)の実態

- 2015年度新潟県農業総合研究所研究成果より (県内約100圃場)

pH不足約65%

有効態リン酸不足約35%

可給態ケイ酸不足約98%

遊離酸化鉄不足約40%

- 2020年度データ駆動型土づくり推進事業結果 (県内202圃場)

pH不足62.9%



横ばい

有効態リン酸不足 55.0%



増加?

可給態ケイ酸不足 43.6%



軽減?

遊離酸化鉄不足約32.7%



ほぼ横ばい

水稲：新潟県内で問題になる事項

1 従来からの問題点

- ・可給態ケイ酸不足 → 品質低下、秋落ち
- ・遊離酸化鉄不足 → 根腐れ、秋落ち、品質収量低下
- ・易還元性マンガン不足 → 秋落ち、ごま葉枯病、赤枯れ
- ・その他 → 低pH、低塩基飽和度

2 最近問題となっている事項

・土壌の異常還元による障害

初期生育停滞 → 収量、品質低下、除草剤薬害

・硫黄欠乏 初期生育停滞 → 収量、品質低下

※ 有効態リン酸は、特に生育・収量への影響事例なし

硫黄欠乏症状の水稲



葉が黄化し、生育が抑制されている

下葉が黄化している

圃場の強還元状態による硫黄欠乏症



冬季湛水圃場（6月下旬）



冬季湛水圃場における硫黄欠乏症状

硫黄欠乏関連症状(赤枯れ)の様子



下葉の赤枯れ（黄化と褐色斑点）



赤枯れと初期生育抑制



赤枯れ圃場のワキ多発生状況

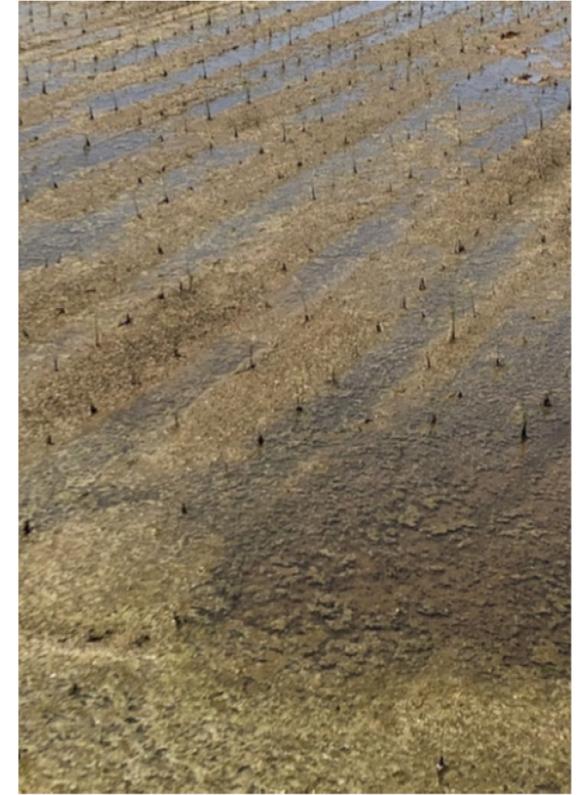
土壤の異常還元による障害



異常還元による生育停滞の状況。硫黄欠乏による下葉の黄化もみられる。



初期生育停滞



除草剤薬害(枯死)

水稲における硫黄欠乏の発生要因

- 水田土壌中の硫黄は、硫酸イオン、有機態、無機鉍物態の形で存在しているが、水稲は硫黄を硫酸イオンの形でしか吸収できない。
- 硫黄欠乏発生要因として新潟県内では、
 - ①水稲が吸収可能な硫黄（可給態硫黄＝硫酸イオン）の絶量不足(2023年に分析した水稲157圃場の内、26%が該当)
 - ②湛水状態での有機物分解により強還元状態になることで硫黄が吸収できない形態に変化することによる不可給化(2023年に分析した水稲圃場の59%が潜在的リスク有)の2種類が硫黄欠乏を引き起こす要因と考えられる。

新潟県内化学分析結果(①タイプ)

No.	市町村名	風乾土当たり											
		土性	pH	CEC	腐植	遊離酸化鉄	加里飽和度	石灰飽和度	苦土飽和度	塩基飽和度	有効態ケイ酸	還元性マンガ	可給態硫黄
				meq/100g		%				mg/100g	mg/kg		
1	A	壤土	5.5	9.7	1.8	0.8	2.1	68.3	7.3	77.7	24.9	10.1	14.3
2	A	砂壤土	5.7	10.1	3.0	1.3	2.1	56.9	8.8	67.8	26.9	14.2	9.8
3	B	壤土	5.4	16.5	3.4	1.4	3.2	32.1	9.6	44.9	12.2	12.9	10.0
4	C	壤土	5.5	11.5	1.7	0.8	2.7	47.1	14.4	64.2	9.9	13.2	8.3
5	C	壤土	5.5	11.9	3.6	0.3	4.8	49.8	13.3	67.9	13.1	8.0	21.1
6	C	砂壤土	5.8	8.9	3.4	0.3	1.8	42.6	12.9	57.4	4.1	4.8	4.0
7	D	砂壤土	5.7	9.4	3.9	0.5	1.6	42.6	11.1	55.3	9.4	12.4	11.0

令和4年度データ駆動型土づくり推進事業データより

※ 可給態硫黄の欠乏評価：①20mg/kg未満は硫黄欠乏のリスクが高い。
 ②異常還元水田や金属イオンが多い水田は20～50mg/kgでも硫黄欠乏になる。

新潟県内化学分析結果 (②タイプ)

圃場生育タイプ	pH(H ₂ O)	有効態リン酸 (mg/100g)	有効態ケイ酸 (mg/100g)	遊離酸化鉄 (%)	可給態硫黄 (mg/kg)
通常生育圃場 (24圃場)	5.11	3.6	21	3.7	32.0
初期生育不良圃場 (17圃場)	5.11	4.1	23	4.5	31.3
全体平均(41圃場)	5.11	3.8	22	4.0	31.7

※ 可給態硫黄は圃場生育タイプ別におこなった代表3圃場の分析値の平均

令和3年度データ駆動型土づくり推進事業詳細調査結果より

銀メッキ板を用いた硫化水素濃度の測定

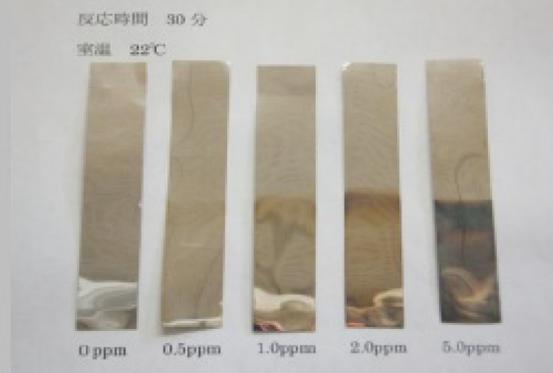
農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業(H25~27)

硫化水素検知装置及び水田における硫化水素の発生状況確認方法

(特願2015-218346) 新潟県、(公財)自然農法国際研究センター



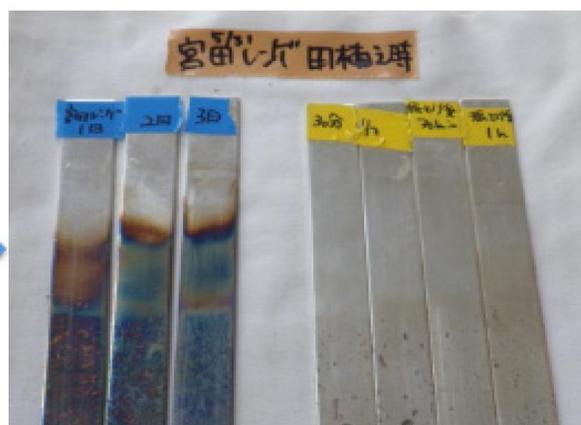
硫黄などをいぶして、銀などの金属製品の表面をくすませる「いぶし銀仕上げ」を応用！



硫化水素の濃度に応じて黒変化、硫化水素の見える化を実現！！



田んぼに挿して置くだけ



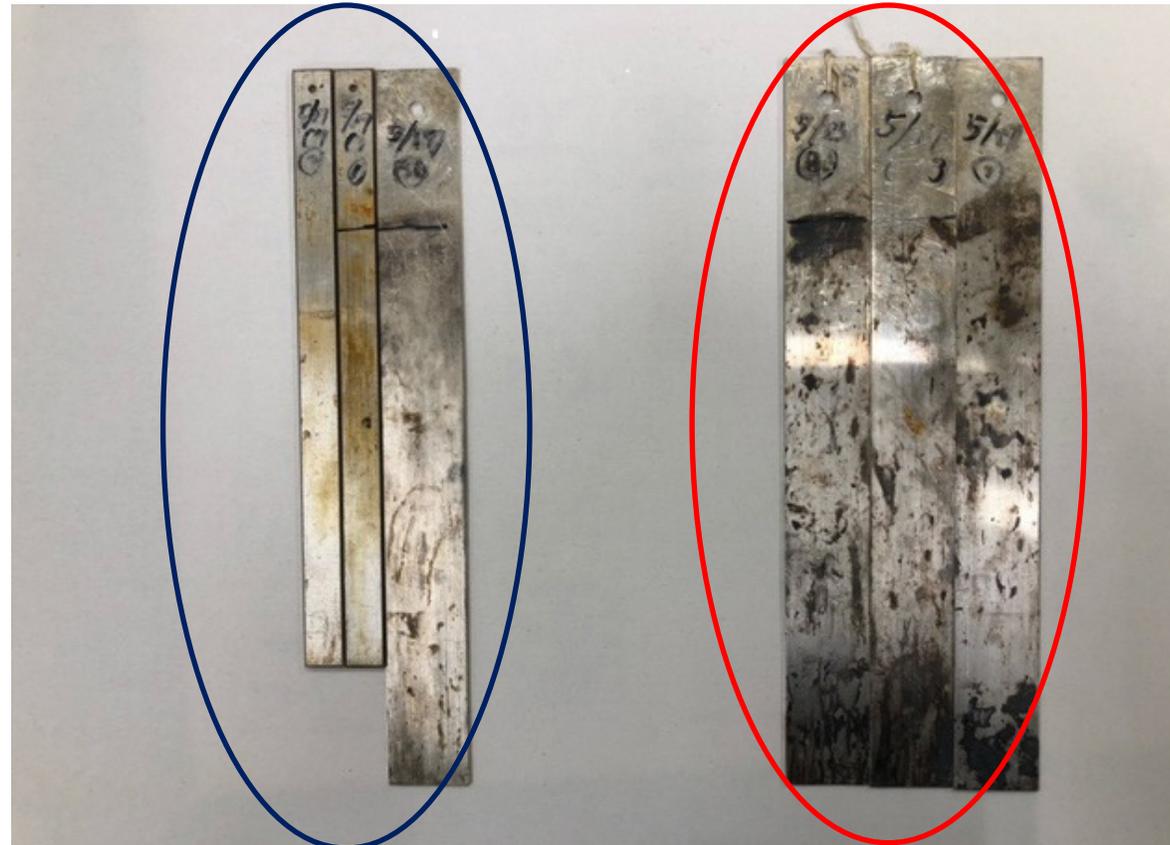
硫化水素による黒変化が見られたら



- 一時落水や田面水の更新で根腐れを防止
- 含鉄資材等による土づくり

異常還元, 遊離酸化鉄高含量ほ場での銀メッキ板の変化

土壌中に硫黄があり、硫化水素が発生すると銀メッキと反応し硫化銀となって黒くなる。

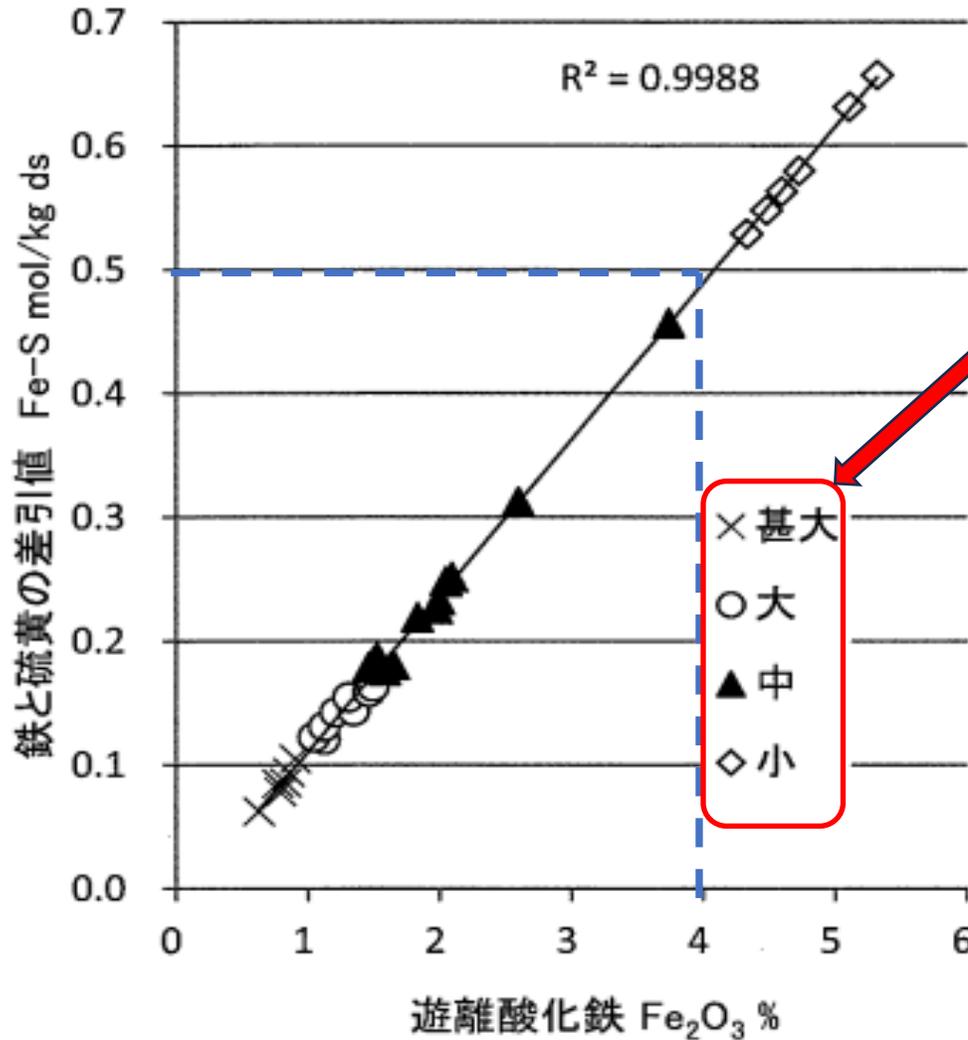


左：反応がほとんど無い

右：硫安1kg/10a施用後の
反応

※ 銀メッキ板の反応が無く、ワキが発生しても臭いがしない圃場が増えている。

遊離酸化鉄と硫黄の関係

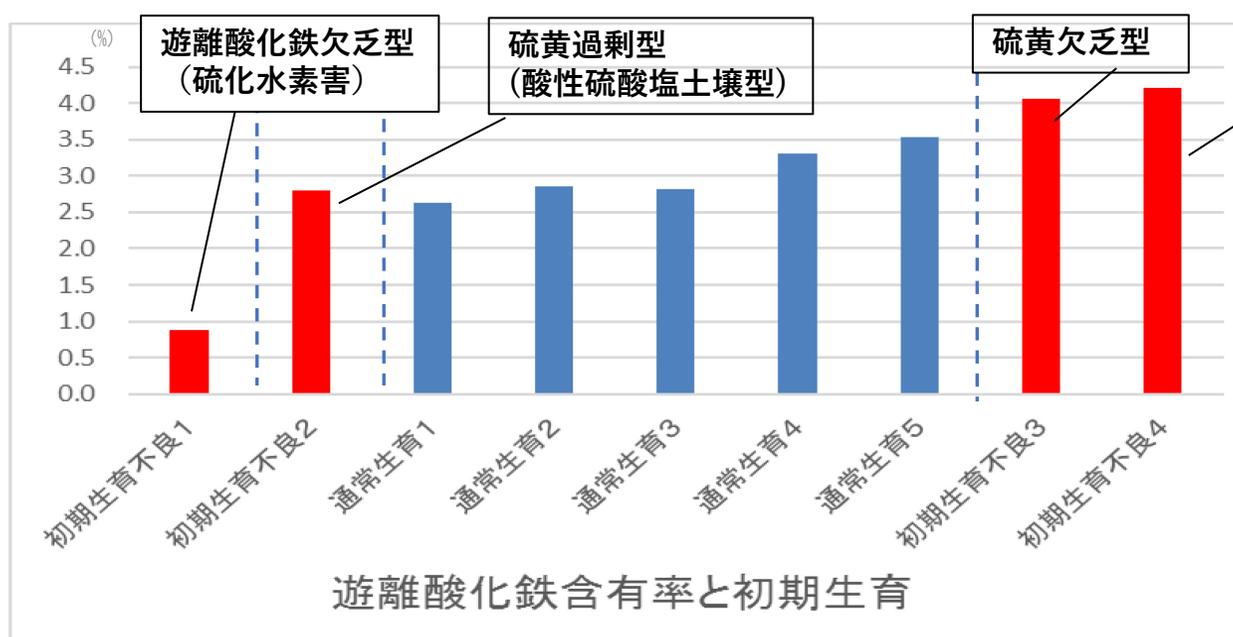


銀メッキ板の黒色変化（大きいほど可給態硫黄含量多）

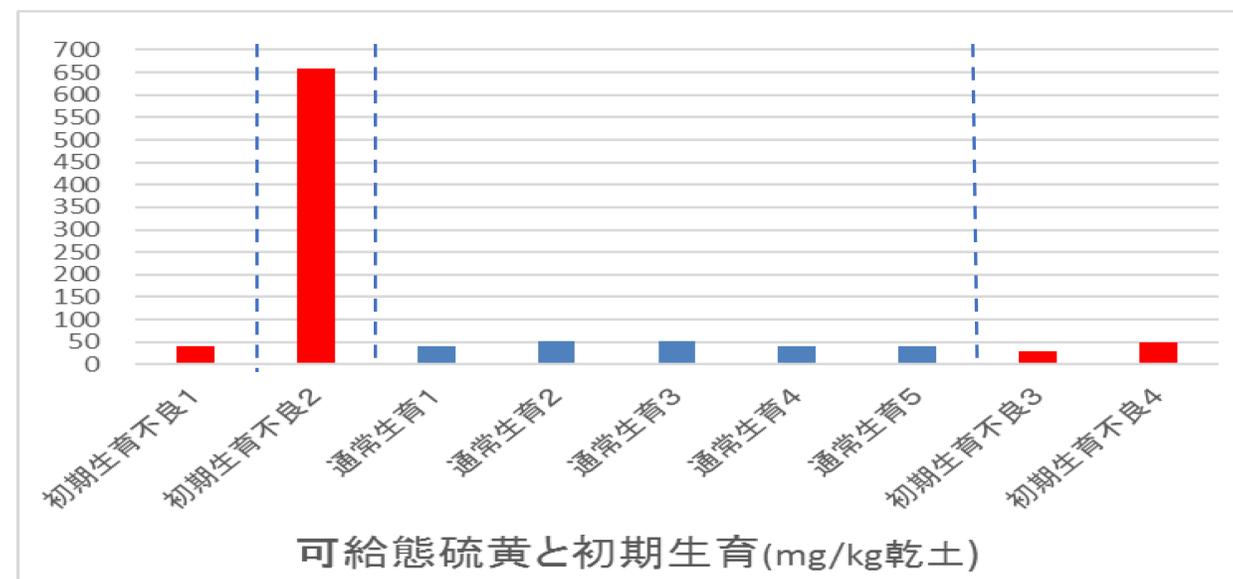
- ・遊離酸化鉄含量が増え、可給態硫黄との差が大きくなるほど、銀メッキ板の反応が小さくなり、水稻が吸収可能な可給態硫黄が少なくなる。
- ・遊離酸化鉄含量が4.0%を超えると、硫黄欠乏症が発生するリスクが高まる。

図 銀めっき板の変色程度、遊離酸化鉄および遊離酸化鉄と可酸化性硫黄の質量モル濃度の差との関係

新潟県内で見られる初期生育阻害の要因



※遊離酸化鉄等金属イオンが多い水田ほど硫黄欠乏が起こりやすい。
遊離酸化鉄が4.0%を超えると硫黄欠乏を起こす可能性がある(データ駆動型暫定値)。



※ 強還元による硫黄欠乏(遊離酸化鉄過剰型含む)は、単に硫黄を施用しても効果は少ない場合も多く、根本的に異常還元状態を改善する必要がある。

硫黄欠乏の原因と対策

原因1: 水稻が吸収可能な硫黄(可給態硫黄=硫酸イオン)の絶対量不足

対策: 硫黄の施用、遊離酸化鉄やマンガン等施用による秋落ち
`対策`

原因2: 湛水状態での有機物分解により強還元状態になることで硫黄が吸収できない形態に変化することによる不可給化

対策: 硫黄の施用、強還元状態の改善

※可給態硫黄の増加は、カドミウム等重金属汚染対策になる。

硫酸カルシウム(石膏)の本田施用効果

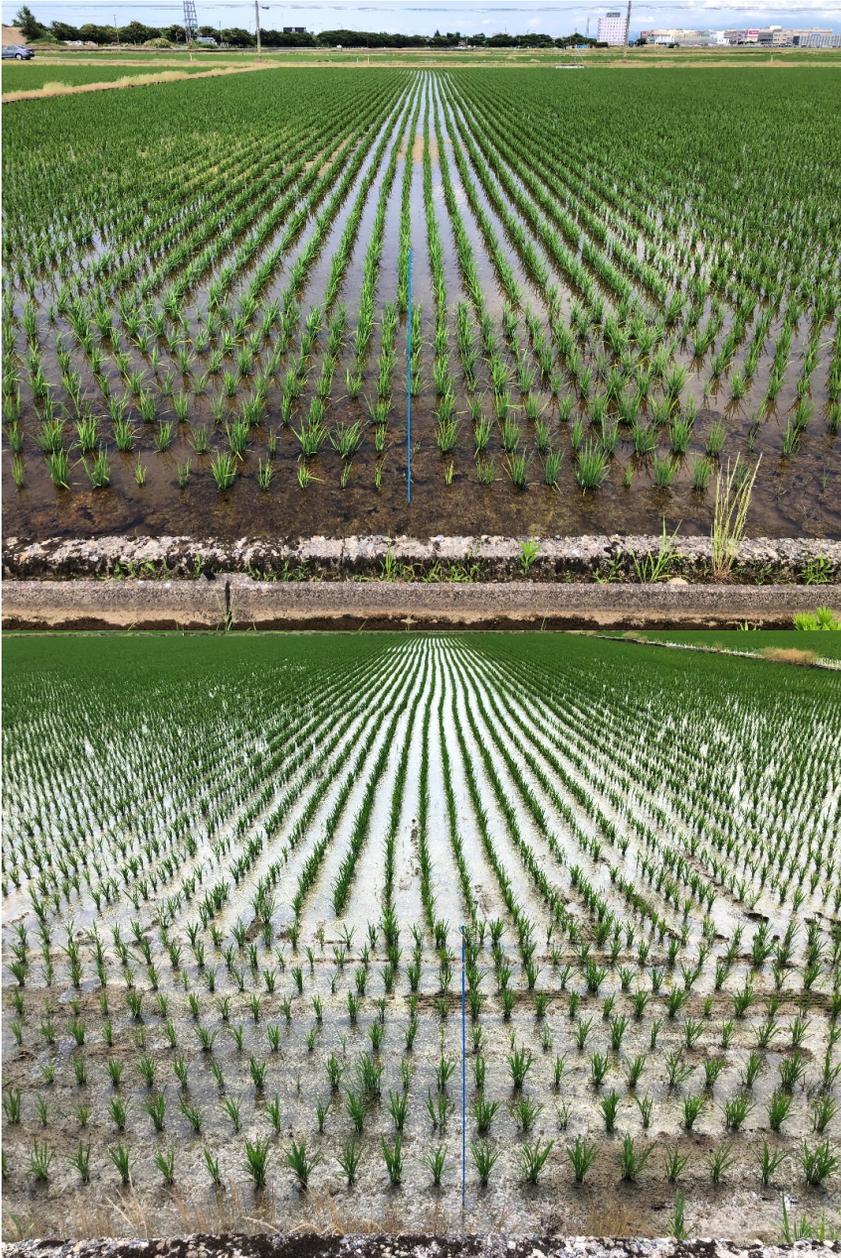


A市水田のイネ 2023年6月28日(田植え37日目)の様子
左:石膏60kg/10a施用、右:施用なし



左:石膏60kg/10a施用、右:施用なし

硫酸カルシウム箱施用の効果



N市水田の様子
2024年6月11日
(田植え39日後)
上段: 石膏箱施用
250g/箱施用
下段: 施用無



S市水田のイネ 2024年6月19日(田植え40日目)の様子
左: 石膏箱施用 250g/箱施用、右: 施用なし

N市水稻硫酸カルシウム箱施用の効果

生育調査結果（品種：五百万石）

区名	茎数 [本/㎡]		穂数 [本/㎡]	稈長 [cm]	穂長 [cm]
	6月11日	6月27日	8月20日	8月20日	8月20日
箱施用区	283	469	393	90.2	21.6
無処理区	152	396	317	92.7	20.9

※生育初期から茎数が確保でき、収穫時の穂数も箱施用区が優れる。

※初期から茎数が確保できることで、良質茎が確保でき、稈長は短く、穂長は長く、収量性が優れる稲姿となった。

収量調査結果（品種：五百万石）

区名	精玄米重 [kg/10a]	くず米重 [kg/10a]	千粒重 [g/千粒]	登熟歩合 [%]
箱施用区	530.2	35.1	25.1	66.5
無処理区	425.1	43.2	24.4	67.5

※精玄米重は1.85mmふるい上

※箱施用区は精玄米収量が優れ、粒張りも大きい傾向であった。

どの形態の硫黄を施用すべきか

主な硫酸根肥料：硫酸カルシウム（石膏）、硫酸マグネシウム（硫マグ）、硫酸アンモニウム（硫安）

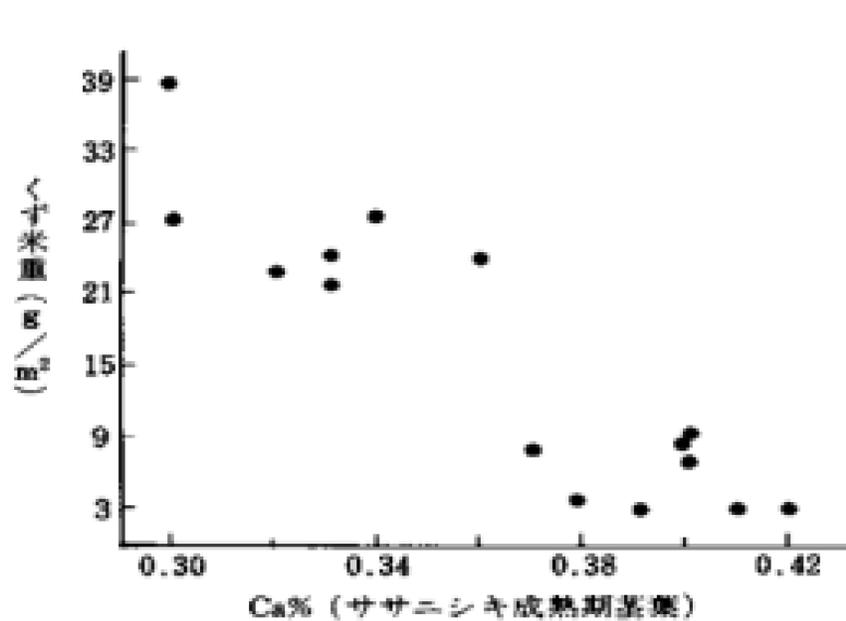
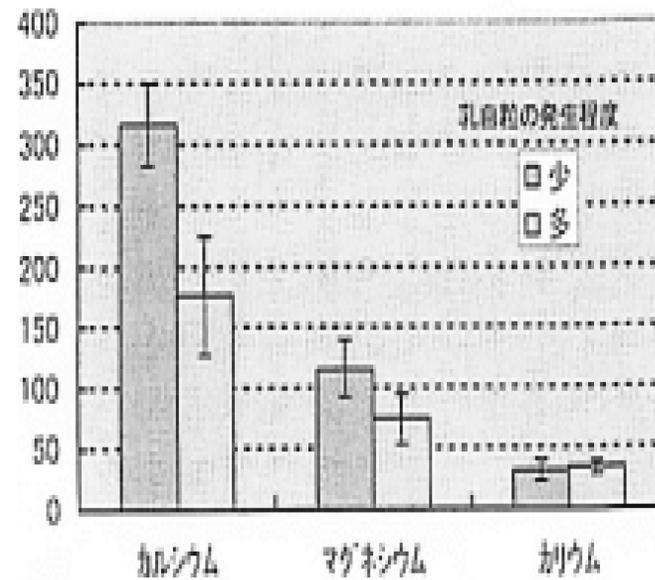
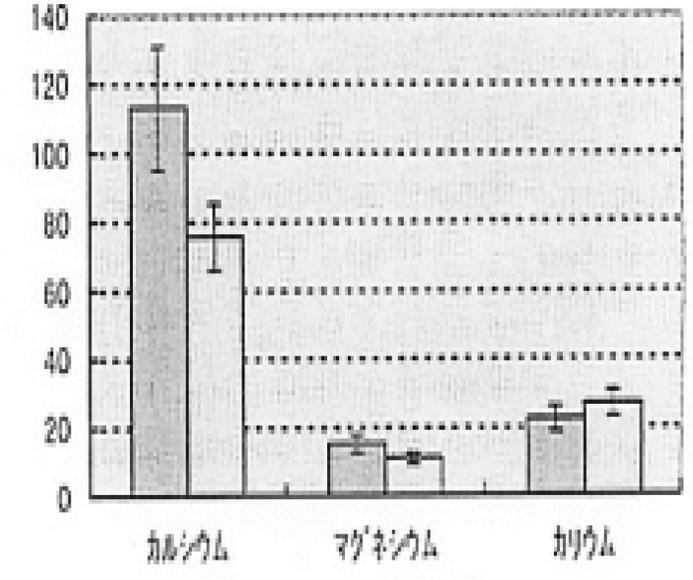


図1 カルシウム含量と屑米重との関係（東北農試）



出雲地域(n=10)



浜田地域(n=5)

図2 作土の塩基類含量と乳白米粒との関係（島根県農試）

表 マグネシウム施用と食味関連要素（弘前大学）

処理	タンパク質 (%)	水分 (%)	アミロース (%)
Cont	7.22 (0.87)	11.76 (0.17)	22.49 (0.59)
Mg	6.83 (0.66)	11.78 (0.18)	21.89 (0.52)
有意差			*

※ 5%水準で有意差あり

品質・食味を考えた硫黄欠乏、赤枯れ対策指導

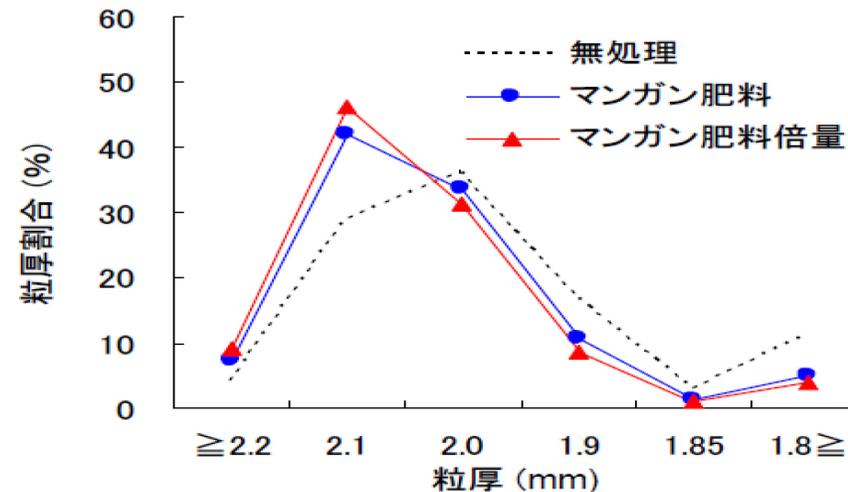
- ・**硫酸カルシウム(石膏)**:育苗箱や耕耘時施用可能、未熟粒や白未熟粒等の品質に関係(水溶性Caの効果)、ただし過リン酸石灰はコストがやや高いので、土壌中のリン酸含量の状況を見極めて施用を決める。
- ・**硫酸マグネシウム(硫マグ)**:溶解度が高いため、追肥向き。育苗箱に施用すると濃度障害が出る可能性があるので注意。粘り等食味に関係。
- ・**硫酸アンモニウム(硫安)**:窒素肥料のため、生育に影響することから、多量に施用できない。窒素の中間追肥が施用できる場合に限られる。

- ・赤枯れが発生する圃場は、異常還元、硫黄欠乏の状態の他に、老朽化水田（秋落ち水田）では遊離酸化鉄や易還元性マンガン、有効態ケイ酸が不足している場合が多い。
- ・老朽化水田で、赤枯れが発生する場合は、硫黄施用の他に堆肥や遊離酸化鉄、マンガンやケイ酸等土づくり資材の施用により、不足する成分を補っていく必要がある。

老朽化水田でのマンガン施用による秋落ちの抑制

	精玄米重 kg 10a ⁻¹	同左比 %	精玄米重歩合 %	精玄米千粒重 g
無処理	499	(100)	88.7	22.2
マンガン肥料	621	124	95.0	22.5
マンガン肥料倍量	616	123	96.0	22.7

- 精玄米重歩合、千粒重が増加して玄米収量が増加。
玄米粒厚分布



- 玄米の粒厚はマンガン施用によって増加。

老朽化水田における秋落ちの抑制には鉄、ケイ酸だけではなくマンガンの施用が効果的。

稲わら処理方法別の還元状態

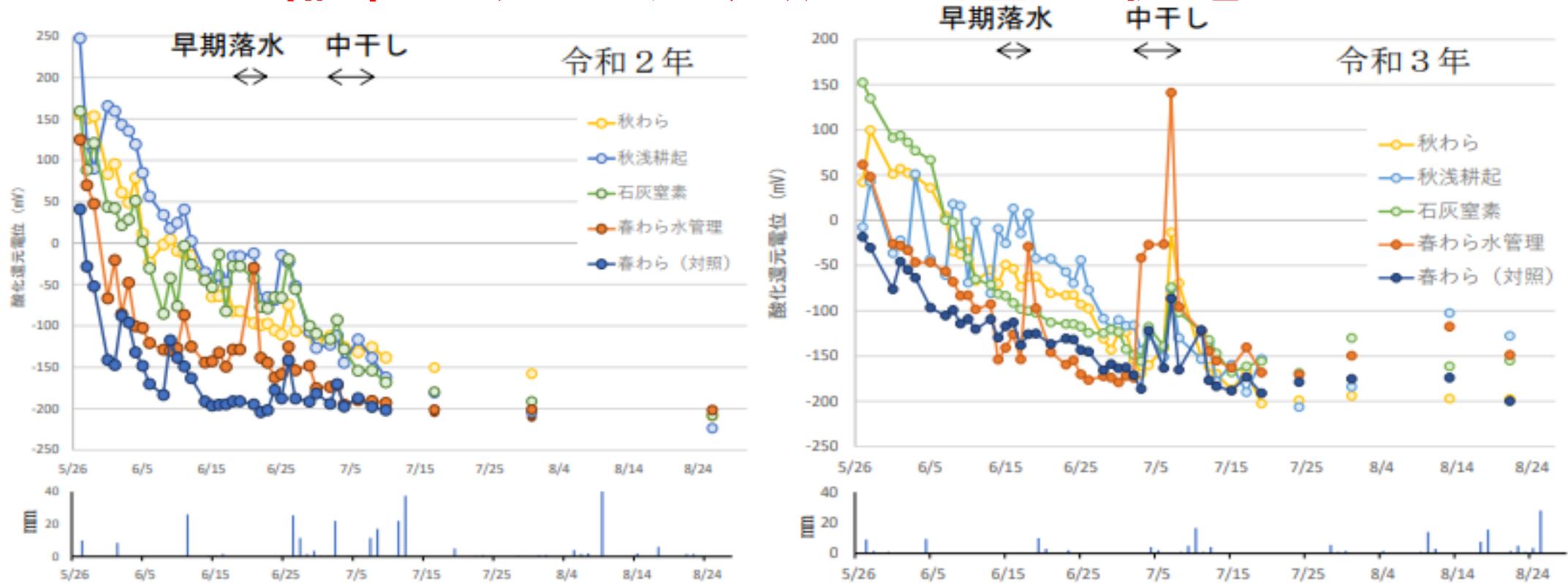


図 酸化還元電位の推移

青森県農林総合研究所(2020~2021)

【各区の稲わら処理】「秋わら」:秋期に稲わら(600kg/10a、以下全区同量)を施用・耕起(耕起深 15~20cm)「秋わら浅耕起」:秋期に稲わらを施用し耕起深 5~7cm で浅耕「春わら石灰窒素」:秋期に石灰窒素(20kg/10a)を散布し、春期に耕起(耕起深 15~20cm)「春わら水管理」:春期に稲わらを施用・耕起し、R2 年は 6/16~21、R3 年は 6/15~18日に落水処理(耕起深 15~20cm)「春わら(対照)」:春期に稲わらを施用・耕起(耕起深 15~20cm)

※強い還元状態になり、硫化水素や水素ガス、メタンガスが発生するという水田のEhは-150mVから-250mV位

有機物分解による酸化還元電位低下と有機酸生成

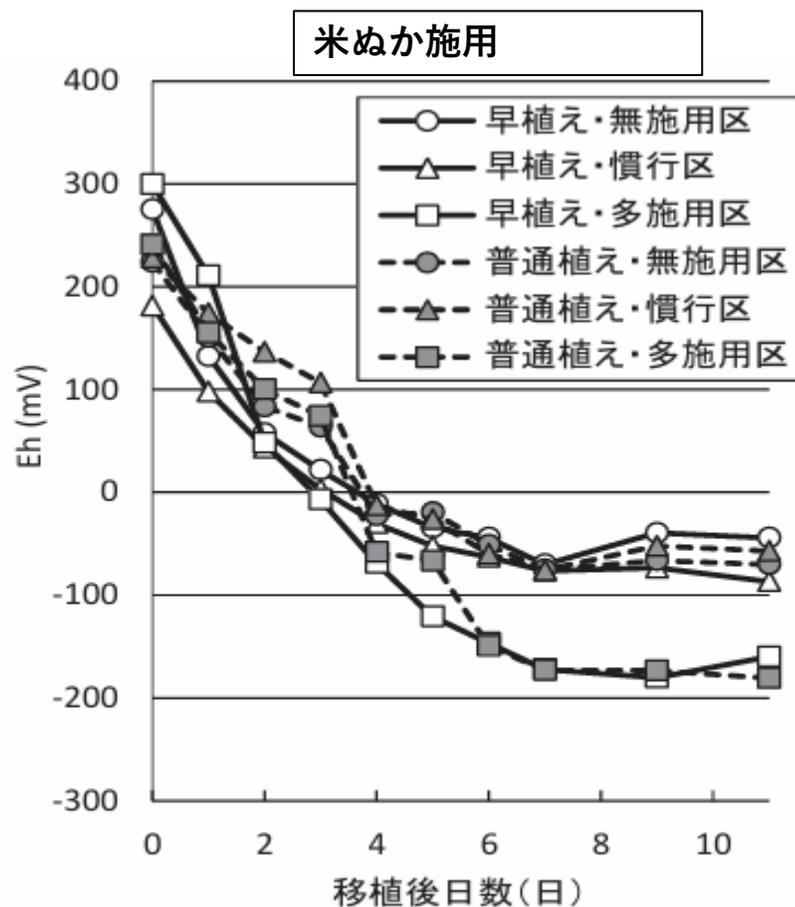


図1 土壌中の酸化還元電位の推移

無施用区；米ぬか無施用、慣行区：米ぬか100kg/10a
 施用、多量区500kg/10a施用

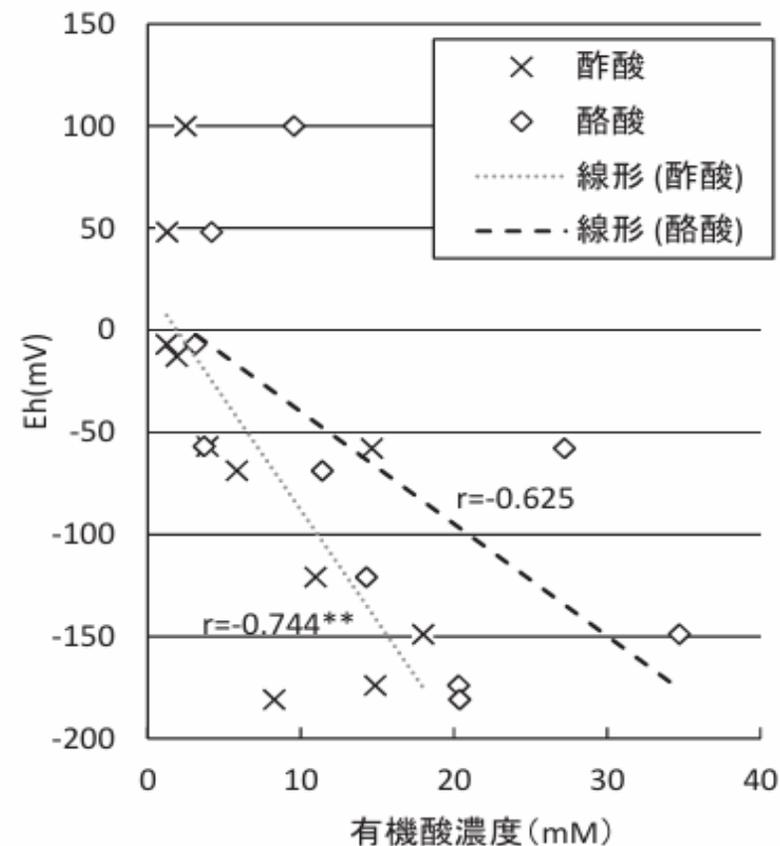


図2 土壌中の酸化還元電位と有機酸の関係

大阪府立大学 作物研究 65号(2020)より

※ 還元状態で有機物が分解すると多量の有機酸が生成され、稲の生育に害を与える

還元状態がもたらす生育への影響

表1 初発分けつ迄日数

試験区			初発分けつ迄日数
移植時期	苗齢	米ぬか施用量	(日)
早植え	稚苗	無施用	10±0.5 a
		慣行	12±1.1 a
		多施用	18±0.6 b
	中苗	無施用	9±0.2 a
		慣行	9±0.0 a
		多施用	15±1.2 b
普通植え	稚苗	無施用	14±0.4 a
		慣行	14±0.5 a
		多施用	16±0.4 b
	中苗	無施用	14±0.4 a
		慣行	14±0.5 a
		多施用	17±0.4 b

表2 茎数の推移

試験区			茎数 (本/ポット)				
移植時期	苗齢	米ぬか施用量	9日後	17日後	27日後	36日後	
早植え	稚苗	無施用	4±0.3	9±0.4 a	18±1.7 a	35±1.7 a	
		慣行	3±0.2	8±0.9 a	16±1.1 ab	29±2.5 ab	
		多施用	3±0.0	3±0.2 b	11±0.4 b	21±0.2 b	
				n. s.	**	**	**
	中苗	無施用	5±0.5 a	11±0.2 a	24±1.1 a	40±1.4 a	
		慣行	4±0.2 ab	10±0.4 a	21±0.9 a	36±1.0 a	
		多施用	3±0.3 b	4±0.6 b	13±1.0 b	25±1.7 b	
				**	**	**	**
	普通植え	稚苗	無施用	3±0.0	8±1.1 ab	17±1.7 ab	41±1.7
			慣行	3±0.0	10±0.7 a	20±1.4 a	43±0.6
			多施用	3±0.0	6±0.7 b	14±1.0 b	39±1.5
					n. s.	**	*
中苗		無施用	3±0.0	9±0.5 a	19±0.9 a	39±1.9	
		慣行	3±0.0	10±0.3 a	22±1.5 a	43±1.5	
		多施用	3±0.0	5±0.3 b	13±0.8 b	39±1.1	
			n. s.	**	**	n. s.	

異常還元ほ場対策

1 収穫後の対策

- 稲わら秋すき込み(浅打ち) → 10月中旬までに実施(不可能な地域多、遅いと逆に異常還元を助長することがある効果)
- 適期にすき込みができない場合は、腐熟促進材や石灰窒素の活用
- 異常還元ほ場では稲わらの持ち出しも考慮する(畜産農家と連携)
- 排水対策 → そもそも土壌中の酸素不足の大きな要因
- 遊離酸化鉄不足の解消 → 含鉄資材の長期投入

目標値 温暖地：0.8%以上、積雪・寒冷地：1.5%以上

北海道推奨：2.0%以上

※4.0%を超えると硫黄欠乏を起こす可能性があるので注意

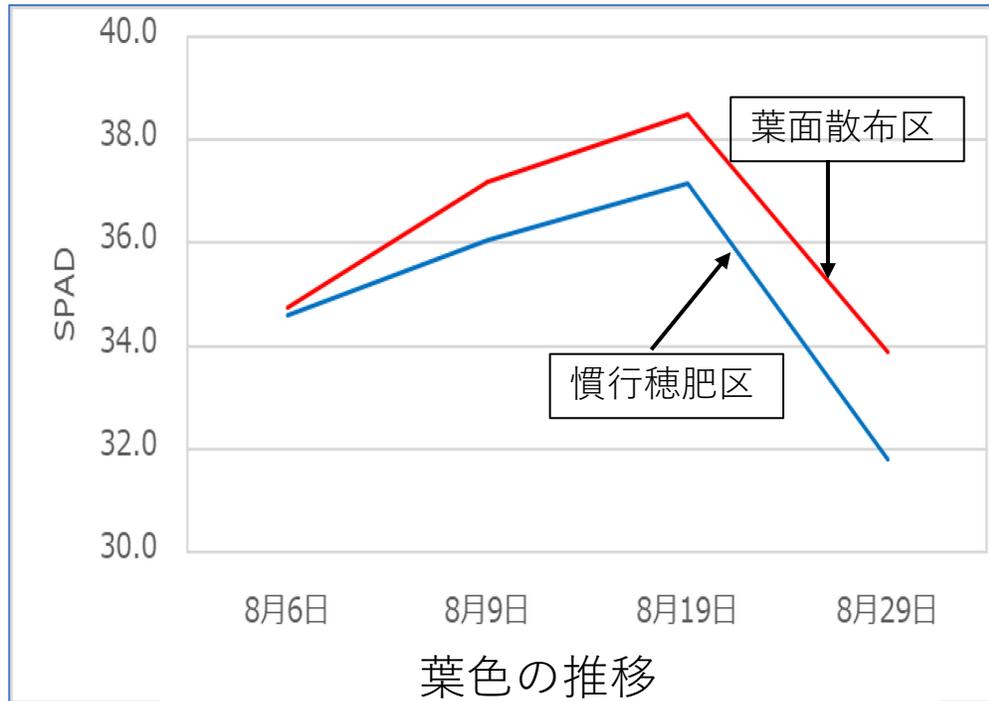
異常還元圃場対策(2)

2 本田準備～栽培期間中の対策

- できるだけ田おこしと代かき実施日の間を空ける(春すき込みの場合は特に重要)
- 表層代かき(極力浅く代かきをして、還元層を少なくする)
- 適切な飽水管理(異常還元圃場は間断灌水が良い)
- 一時落水(夜間orワキが強い場合は数日)
- 早期中干し(早めに土壌を酸化状態にする)
- 硫酸カルシウム、硫酸マグネシウム施用(硫黄欠乏対策)
- 穂肥の葉面散布(葉から吸収するので、異常還元で弱った根からの吸収より効率が良い)

強還元圃場における葉面散布の効果

区名	使用肥料	施用量 [kg/10a]	N施用量 [kg-N/10a]	備考
葉面散布区	液肥	1.28	0.34	散布日 試験区：8月4日 慣行区：8月1日
慣行穂肥区	粒状肥料	8.0	0.96	



収量及び品質

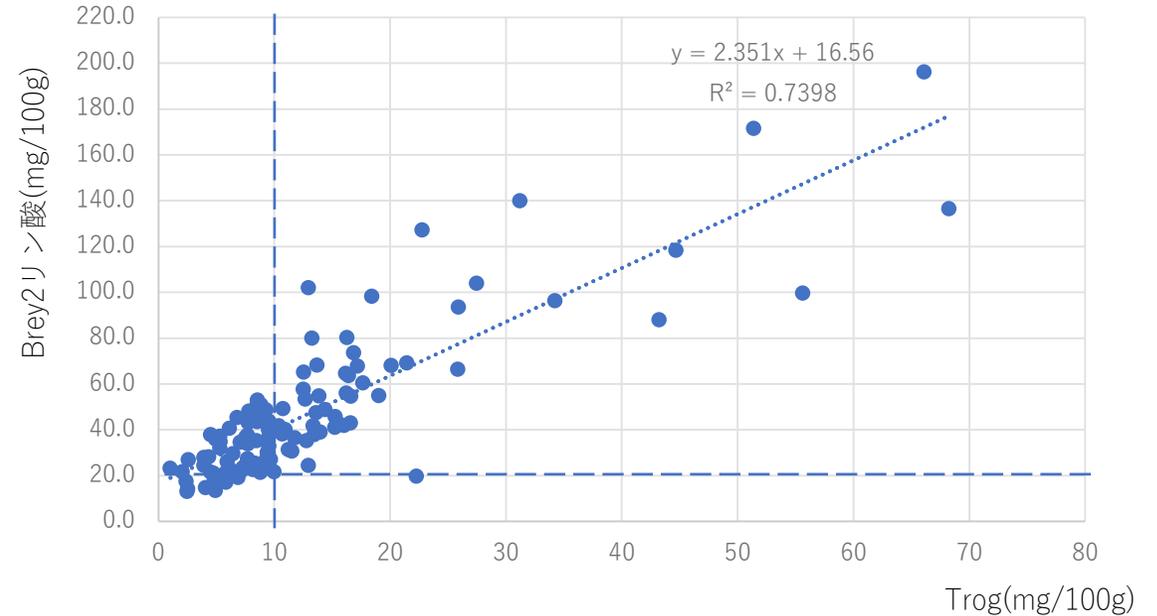
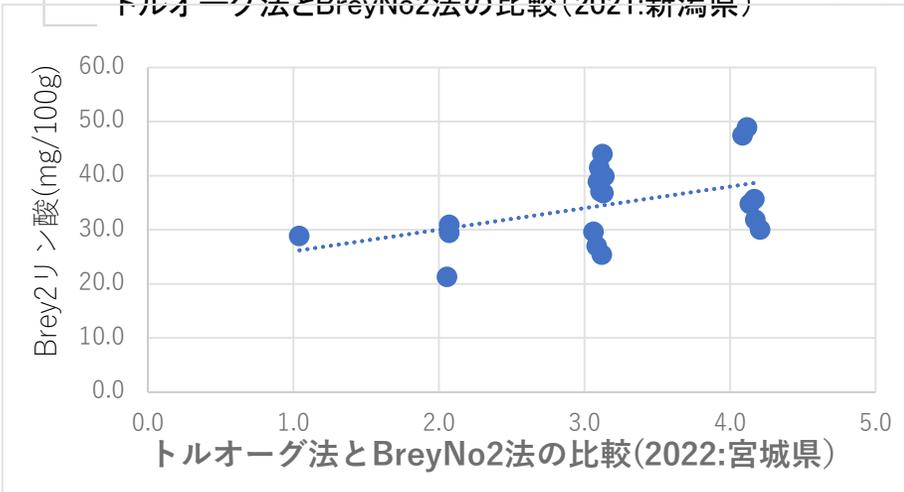
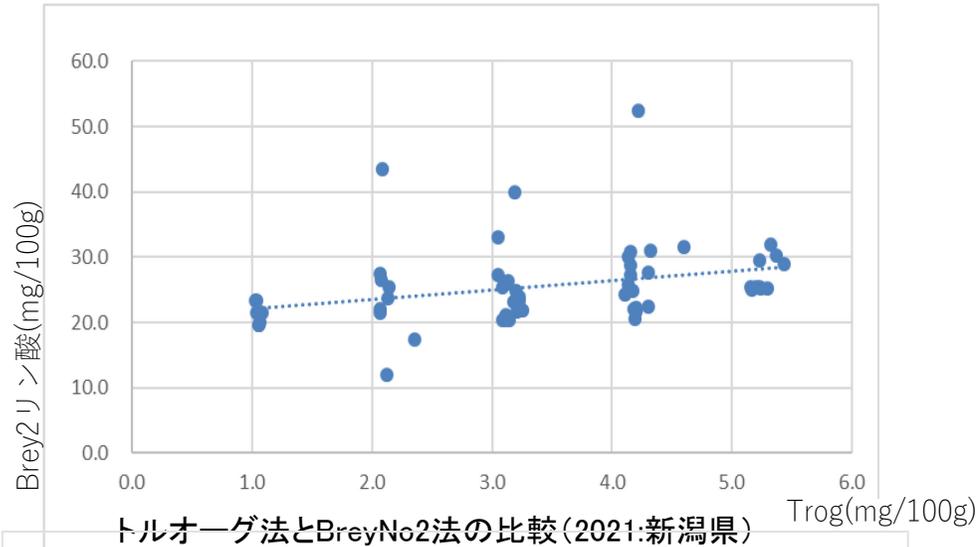
区名	坪刈り収量 (kg/10a)	千粒重 (g)	1穂当り収量 (g/穂)
葉面散布区	615	23.0	1.63
慣行穂肥区	632	23.2	1.63

区名	整粒歩合 (%)	玄米蛋白 含有率 (%)	食味値 (KETT)
葉面散布区	79.0	5.9	76
慣行穂肥区	77.0	5.9	76

※ 窒素の葉面散布が赤枯れ症や排水不良田の水稻に効果があることは、過去に千葉県農試の試験報告があるが、改めて効果が高いことが確認できた。新潟県内では、葉面散布に対する注目が高まっている。

有効態リン酸の実態

トルオーグ法とBray No2法の比較

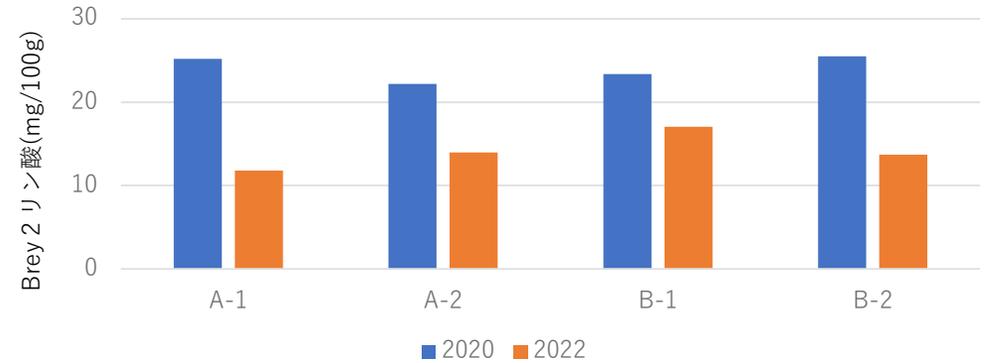
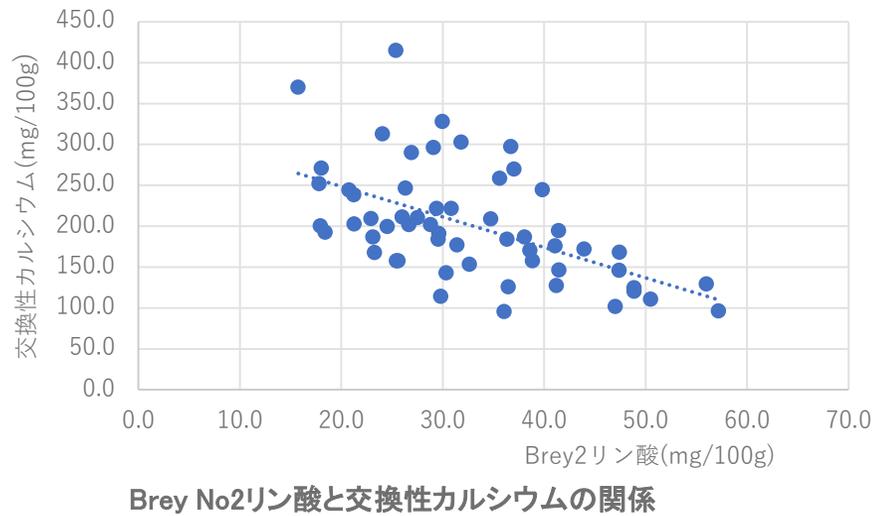
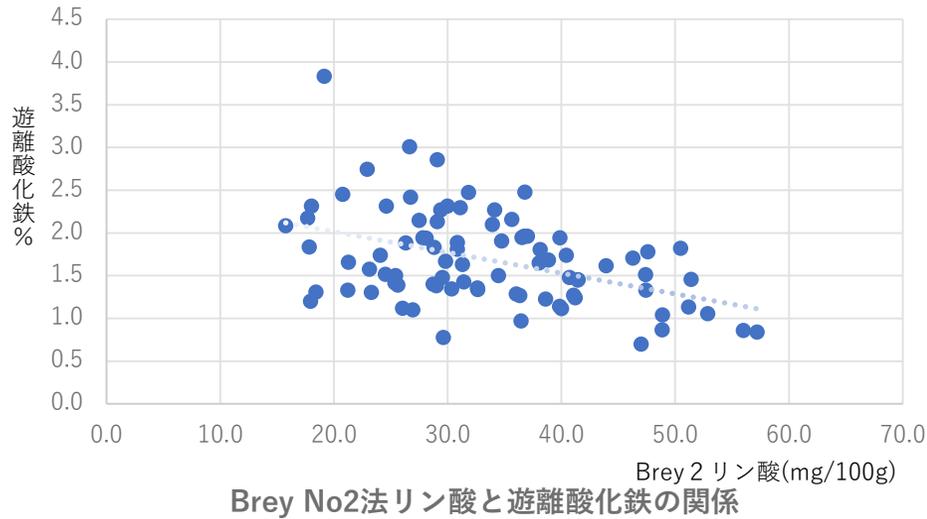


トルオーグ法とBrayNo2法の比較(2023:新潟県)

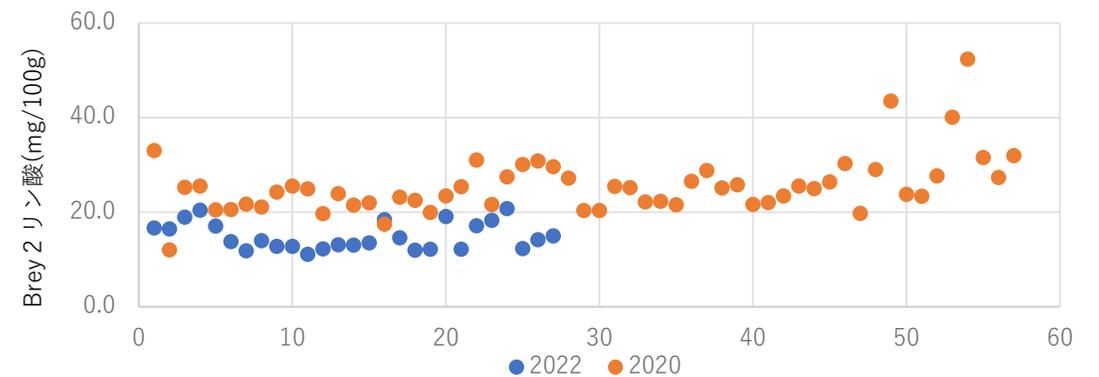
令和3~5年度データ駆動型土づくり推進事業詳細調査結果

※ Bray No2リン酸はトルオーグリン酸に比べ、おおよそ20mg以上高い。従って、有効態リン酸不足による生育・収量への影響は、ほとんどないと考えられる。

有効態リン酸の実態(2)



同一圃場における2020年及び2022年Brey No2リン酸含量の比較 (1)



トルオーグリン酸5mg/100g未満ほ場の2020年及び2022年のBrey No2 リン酸の比較

※ 土壌中の遊離酸化鉄やカルシウムが多いと収穫後の土壌採取では、有効態リン酸量が低く出る傾向。土壌採取時の土壌水分状態やサンプルの乾燥方法等により、有効態リン酸量に差が出る可能性あり。

有効態リン酸の実態(3)

- ・水田では、トルオーグリン酸が目標値以下でも、Bray No2リン酸が23mg前後あれば欠乏は生じないと考えられる(暫定値)。
- ・リン酸欠乏の影響が見られない水田で有効態リン酸含量が低い場合は、Bray No2法により再測定を実施した方が良いと考えられる。
- ・土壌中の遊離酸化鉄やカルシウムが多いと、Bray No2法による分析値が低くなることから、遊離酸化鉄含量を勘案した診断が必要である。また、Bray No2法による分析値は採取時期、土壌水分等採取時の状態やサンプルの乾燥方法、乾燥時間等により年次間差が大きくなる可能性があるため留意する(アスコルビン酸還元Bray No2法による測定も考慮)。

可給態ケイ酸の実態

- 2015年と2020年では、可給態ケイ酸の不足圃場割合が、大きく低下しているが、現地のケイ酸施用状況等（追肥用の水溶性ケイ酸等の施用が多い）を考えると大きく改善する要素が少ないと思われた。
- そのため、2015年と2020年の分析法を調べたところ2015年は湛水静置抽出法、2020年はpH4-1M酢酸緩衝液抽出法であり、抽出方法が異なっていた。特に酢酸緩衝液抽出法は、ケイ酸質資材を施用した圃場では測定値が高く出る傾向があり、その後の県の調査では、可給態ケイ酸は2015年の調査と変わらない結果との情報を得たことから、2015年と2020年の差は、抽出法の差と考えられた。
- 分析数値を比較する上で、理解し難い数値や数値差があった場合は分析方法を調べて判断することも必要である。

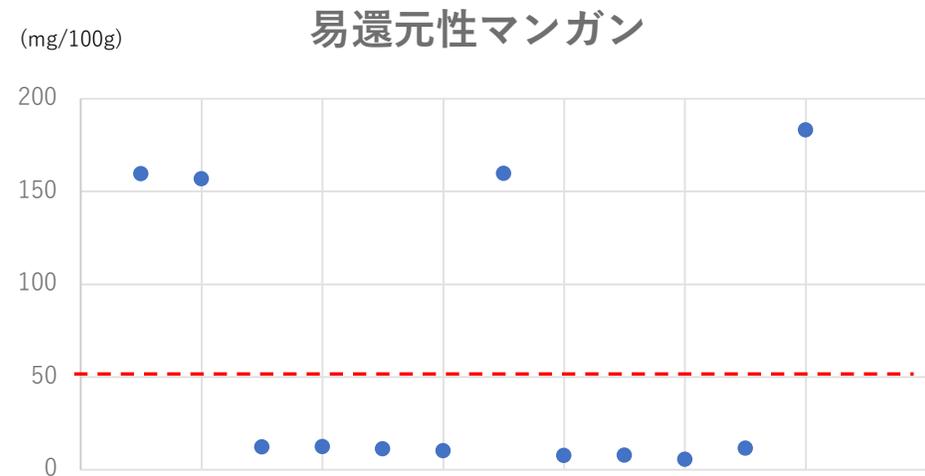
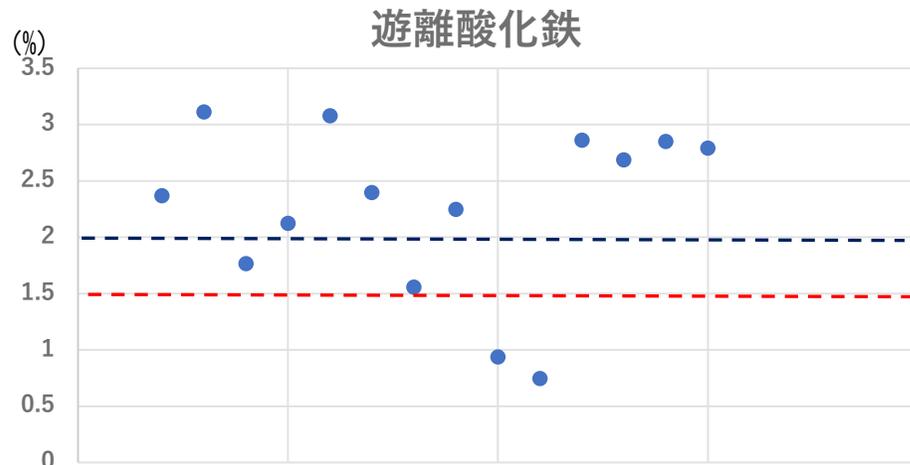
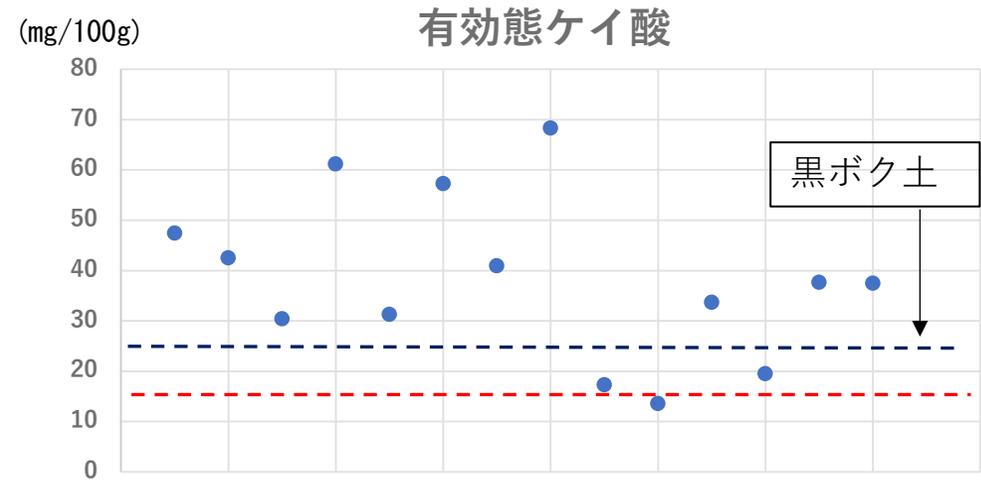
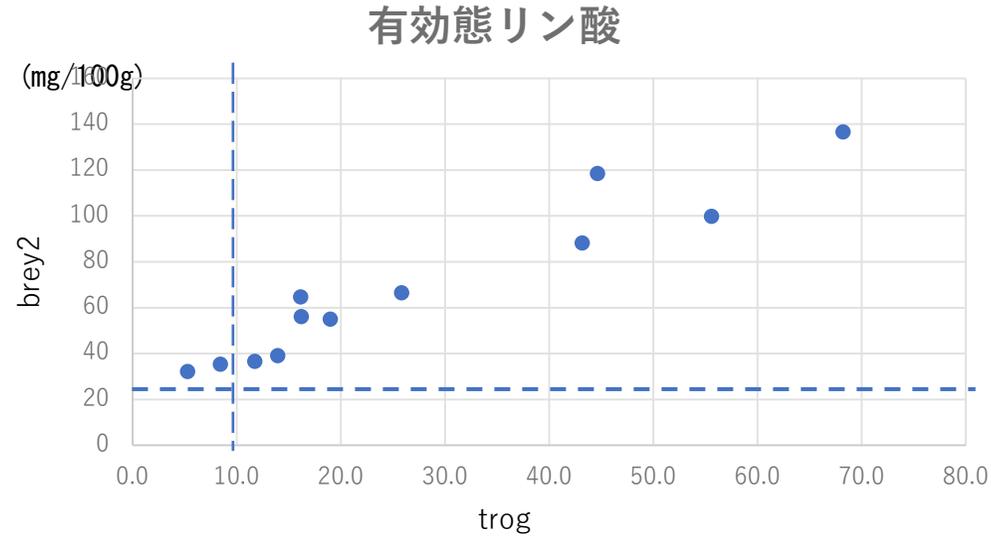
良質米生産に向けた土壌改善について



TU地区水田の現状と課題

- ・中山間地が多く、収量は他の地域に比べ少ない。
- ・玄米品質は、県内でも高い地区である。
- ・食味の評価は同一上場地域内の他産地と比べ、品質の評価ほど高くはない。
- ・自治体挙げて農産物の振興、ブランド化を推進している。
- ・そのような中、自治体挙げて食味コンクールに力を入れており、TU地区産米の全国コンクール上位入賞者を複数出すことが求められていた。

有効態リン酸、ケイ酸、遊離酸化鉄、易還元性マンガン

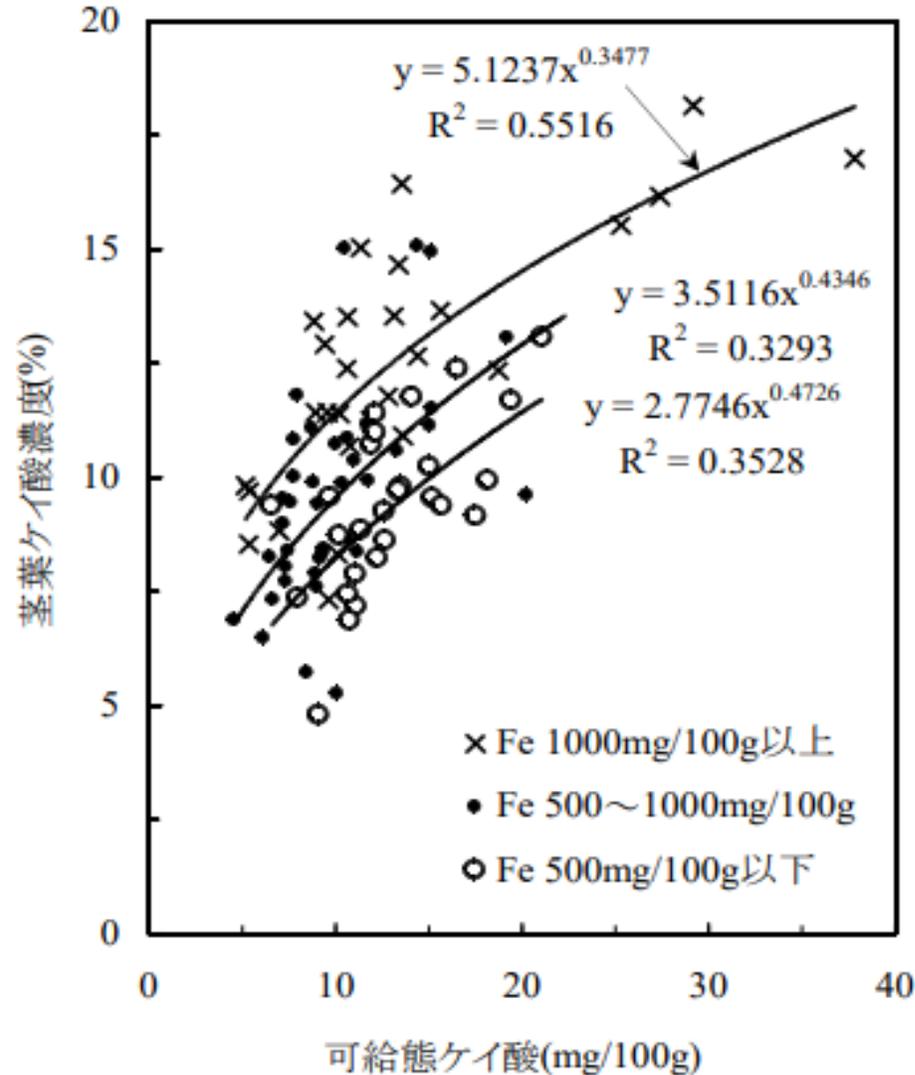


※ 易還元性マンガンの不足が目立つ。その他の項目で目標値以下の圃場は少ないが、黒ボク土の基準では、ケイ酸、遊離酸化鉄で不足している圃場がある。有効態リン酸は鉄型リン酸が多くあると思われるため不足の心配はない。

収量との関係

	地域との収 量比較80～ 100	地域との収 量比較100	地域との収 量比較100～ 120	平均実収量 (kg/10a)
有効態ケイ 酸不足	3	0	0	490
有効態ケイ 酸充分	6	0	0	460
遊離酸化鉄 不足	3	0	0	455
遊離酸化鉄 充分	5	1	0	474
下層礫あり	5	0	0	453
下層礫なし	4	0	0	486

遊離酸化鉄と可給態ケイ酸



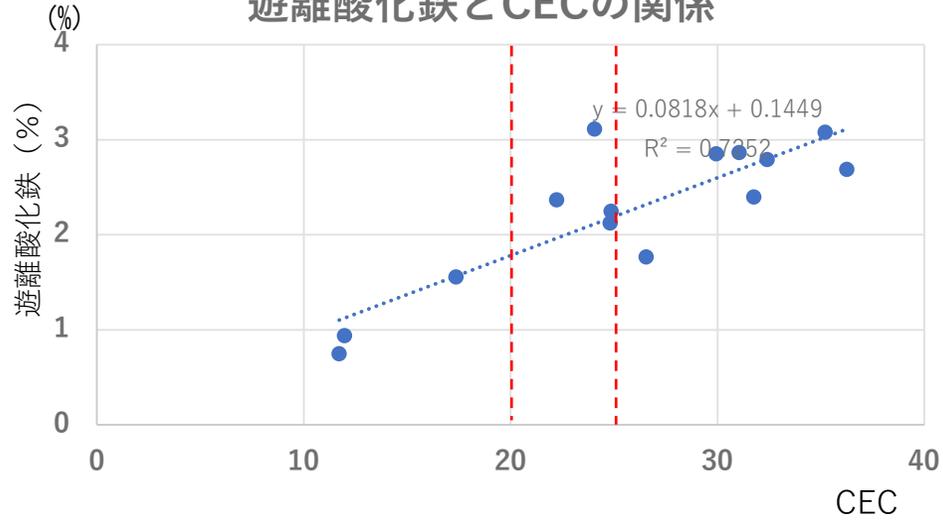
※土壤中のケイ酸含量が同じでも、遊離酸化鉄含量が多い方が、ケイ酸の吸収率が上がる。

そのため遊離酸化鉄含量の多い土壤ほどケイ酸の施用効果が高くなり、少ない土壤ほど施用効果が劣る。

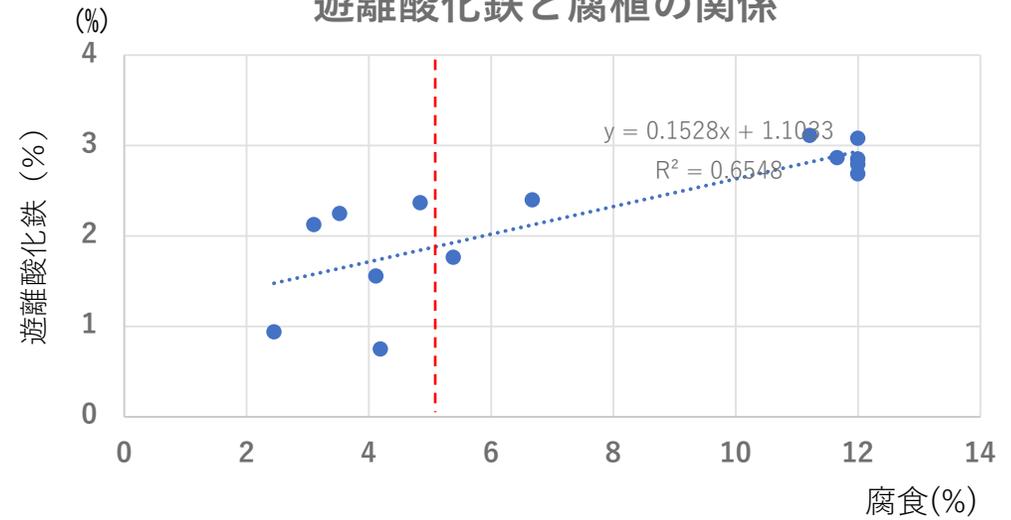
遊離酸化鉄含量別の可給態ケイ酸と 2 茎葉ケイ酸濃度の関係 (秋田県農業試験場研究時報 2007年)

化学性分析結果の関係

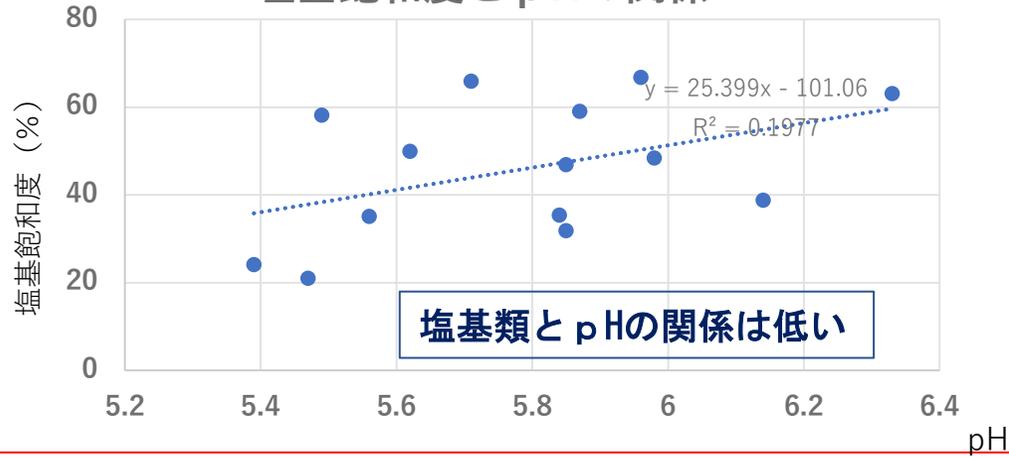
遊離酸化鉄とCECの関係



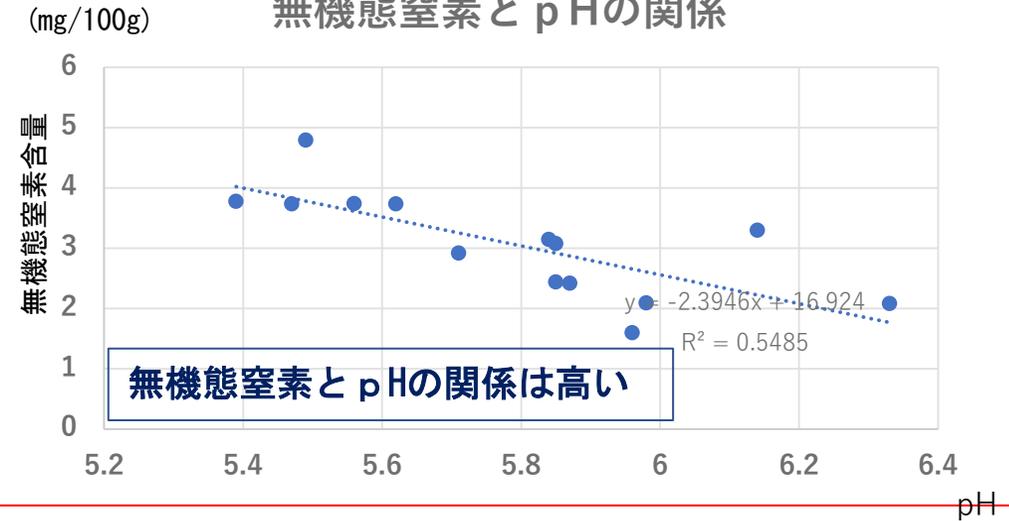
遊離酸化鉄と腐植の関係



塩基飽和度とpHの関係



無機態窒素とpHの関係



※ 遊離酸化鉄を安定的に土壤中に保持するにはCECが20~25、腐植が5%以上あるとよい。

参考：食味と化学分析値

表 14 非黒ボク土水田無機態窒素含量別の米食味値

無機態窒素含量区分 (mg/100g)	食味値平均	収量平均 (kg/10a)	(参考) 圃場点数
1未満	77	450	4
1.0~1.4	81	467	8
1.5~2.0	81	483	13
2.0~3.0	80	487	11
3.0以上	80	490	2

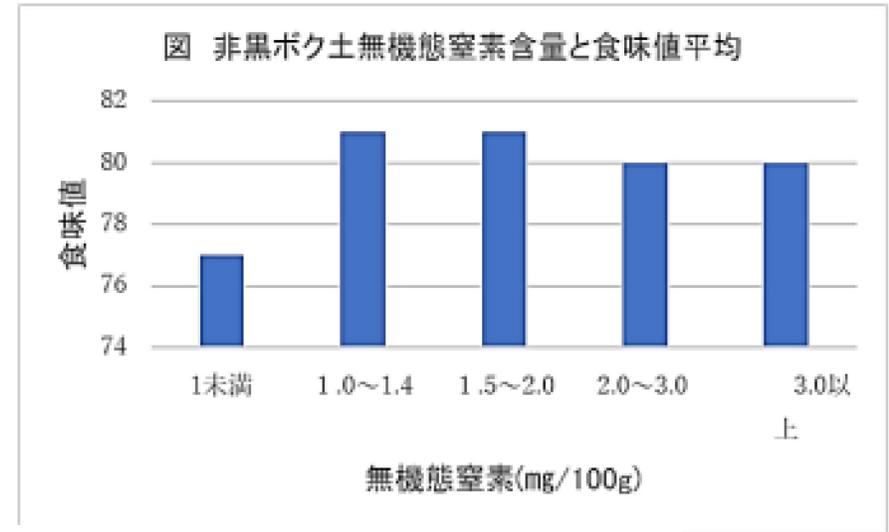


表 12 食味値ランク別土壌分析結果

区分	圃場数	陽イオン 交換容量	腐植	pH	アンモ ニア態	硝酸態	無機態 窒素	有効態リ ン酸	交換性 加里	塩基飽 和度	有効態 ケイ酸	遊離酸 化鉄
食味値 85~87	5	31	3.5	5.7	0.58	0.60	1.18	8	27	59	42	3.4
82~84	19	29	2.7	5.8	0.76	0.88	1.64	11	27	63	43	2.6
81	14	28	2.5	5.8	0.53	0.36	0.89	10	25	71	50	3.0
80	13	30	2.7	5.9	0.85	0.55	1.40	10	21	65	43	2.8
79	9	29	2.5	5.9	0.73	0.51	1.24	9	25	64	46	2.5
73~78	10	31	3.0	5.8	0.72	0.38	1.10	8	31	64	57	2.7
水稻の診断指標				5.5~ 6.5				10~20	15~30		25以上	1.5~4.0

参考：食味と化学分析値(2)

表 8 IM 氏 24 対象水田 (白未熟粒発生水田比率 79%)の化学性(平均)

区分(水田数)	10a 当 り収量	食味値	陽イオン 交換容量	腐植	pH	アンモニア 態窒素	硝酸態 窒素	無機態 窒素	塩基飽 和度	有効態 ケイ酸	遊離酸化 鉄
白未熟粒発生(19)	497	81	31	2.9	5.8	1.0	0.8	1.8	65	48	2.8
白未熟粒発生無し(5)	491	81	29	2.8	6.0	0.7	0.7	1.4	70	41	3.3

表 9 IK 氏 18 対象水田 (白未熟粒発生水田比率 72%)の化学性(平均)

区分(水田数)	10a 当 り収量	食味値	陽イオン 交換容量	腐植	pH	アンモニア 態窒素	硝酸態 窒素	無機態 窒素	塩基飽 和度	有効態 ケイ酸	遊離酸 化鉄
白未熟粒発生(13)	498	79	32	2.6	5.8	0.6	0.35	0.95	63	53	2.6
白未熟粒発生無し(5)	490	80	26	2.2	6.0	0.4	0.5	0.94	82	33	3.4

表 10 IH 氏 5 対象水田 (白未熟粒発生水田比率 20%)の化学性(平均)

区分(水田数)	10a 当 り収量	食味値	陽イオン交 換容量	腐植	pH	アンモニア 態窒素	硝酸態 窒素	無機態 窒素	塩基飽 和度	有効態 ケイ酸	遊離酸 化鉄
白未熟粒発生(1)	500	80	22	1.8	5.6	0.7	0.9	1.6	60	-	-
白未熟粒発生無し(4)	500	81	21	1.9	6.1	0.4	0.5	0.9	71	-	-

令和 4 年度データ駆動型土づくり推進事業詳細調査結果 (猪股氏) より

※収穫後土壌にもアンモニア態窒素が多く存在することは、排水不良で、強還元になりやすい土壌と想定される。そのため、生育や登熟に影響し、収量、品質、食味に差が出ると考えられる。

食味(コンクール受賞)と化学分析値(2022)

pH	アンモニア態窒素	硝酸態窒素	無機態窒素	有効態リン酸	交換性加里	交換性石灰	交換性苦土	有効態ケイ酸	リン酸吸収係数	CEC	腐植	遊離酸化鉄	加里飽和度	石灰飽和度	苦土飽和度	塩基飽和度
6.3	1.2	0.9	2.1	17.9	13.7	295.8	64.1	47.4	1850	22.2	4.8	2.4	1.3	47.4	14.3	63.0
6.1	1.3	2.0	3.3	9.0	31.8	193.5	35.5	42.5	2330	24.1	11.2	3.1	2.8	28.7	7.3	38.8
5.5	1.6	2.1	<u>3.7</u>	24.5	40.1	<u>101.7</u>	<u>21.7</u>	30.4	2240	26.6	5.4	1.8	3.2	<u>13.7</u>	<u>4.1</u>	<u>20.9</u>
5.5	2.5	2.3	4.8	22.5	47.7	298.3	56.2	61.2	1560	24.8	3.1	2.1	4.1	42.9	11.2	58.2
5.4	1.8	2.0	3.8	16.1	27.3	156.6	46.4	31.3	2350	35.2	12以上	3.1	1.6	15.9	6.5	24.1
5.9	2.1	0.3	2.4	34.0	36.4	381.5	88.0	57.3	2210	31.8	6.7	2.4	2.4	42.8	13.7	59.0
6.0	1.2	0.4	<u>1.6</u>	13.3	24.5	<u>234.5</u>	<u>54.7</u>	40.9	1370	17.4	4.1	1.6	3.0	<u>48.1</u>	<u>15.6</u>	<u>66.7</u>
6.0	1.8	0.3	2.1	19.8	27.2	257.5	45.8	68.3	2050	24.9	3.5	2.2	2.3	36.9	9.1	48.4
5.7	1.0	1.9	2.9	17.5	15.9	166.6	32.5	17.3	970	12.0	2.4	0.9	2.8	49.6	13.5	65.9
5.6	2.0	1.8	3.7	32.2	20.6	120.3	22.6	13.6	740	11.7	4.2	0.7	3.7	36.6	9.6	49.9
5.9	1.6	0.9	2.4	37.1	53.0	305.1	51.5	33.7	2360	31.1	11.7	2.9	3.6	35.0	8.2	46.9
5.6	1.7	2.0	3.7	51.6	26.0	281.0	43.3	19.5	2530	36.3	12以上	2.7	1.5	27.6	5.9	35.1
5.8	1.3	1.8	3.1	8.5	35.0	212.0	45.9	37.7	2460	30.0	12以上	2.8	2.5	25.2	7.6	35.3
5.9	1.4	1.6	3.1	8.5	19.6	235.1	30.4	37.5	2240	32.4	12以上	2.8	1.3	25.9	4.7	31.8

※青色セルの圃場は、全国食味コンクール複数年金賞受賞圃場。赤色セルの圃場は、受賞歴なし、低評価ほ場

令和4年度データ駆動型土づくり推進事業詳細調査結果より

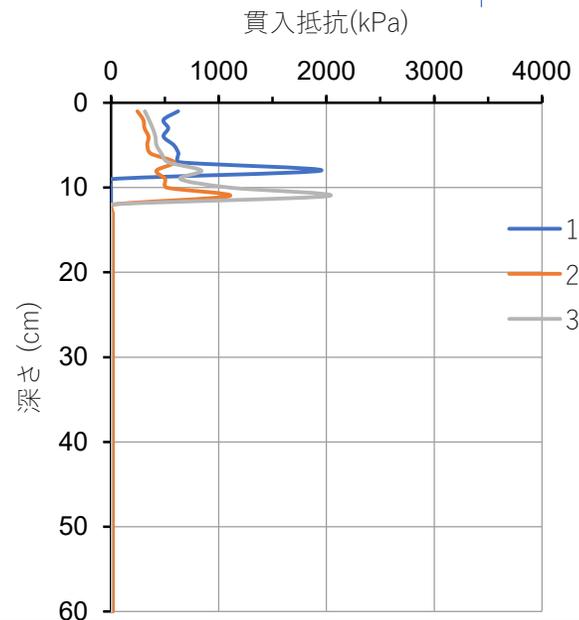
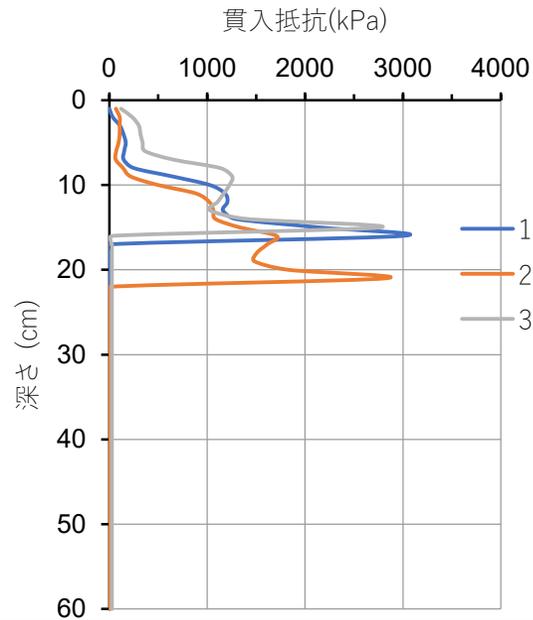
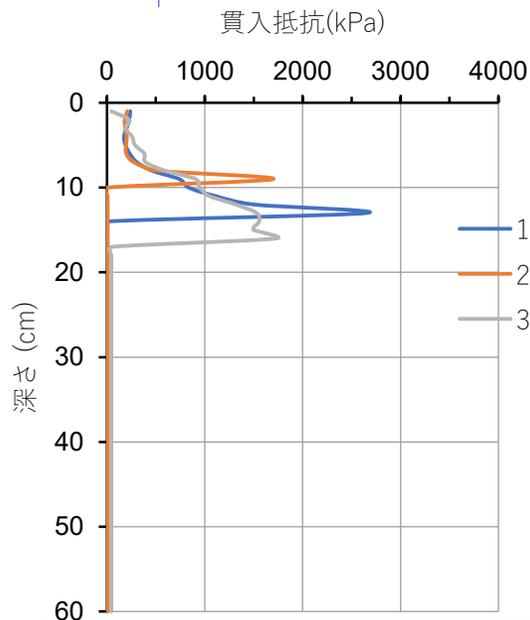
化学性の現状と問題点

1 TU地域の水田土壌の特徴

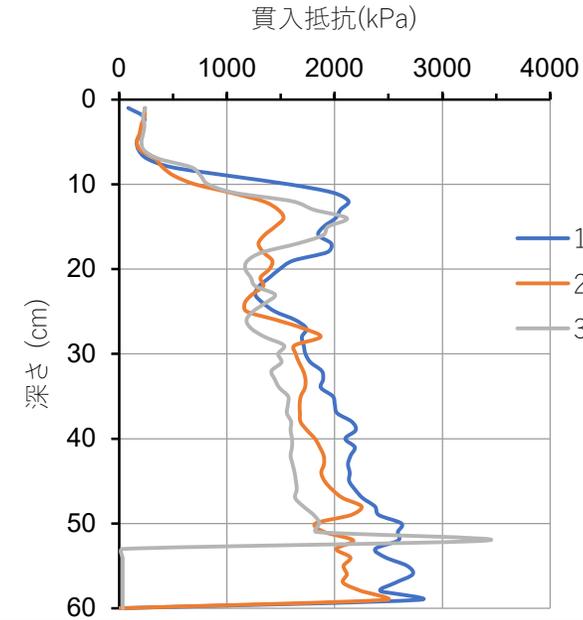
- ・有効態リン酸 不足なく問題なし。
- ・有効態ケイ酸 黒ボク土壌で見ると不足している圃場あり。品質、食味に影響する。
- ・遊離酸化鉄 不足している圃場あり。収量、品質に影響する。
遊離酸化鉄含量が多いほどケイ酸の効果が高い。
- ・交換性苦土 不足している圃場あり。食味・食感(粘り)に影響。
- ・無機態窒素 大半が過剰な圃場。食味に影響する。
- ・CEC 大きすぎる圃場が多い(黒ボク土が多いため)。窒素過剰の圃場になる

T地域に多い土壌タイプ

れき層タイプ



硬盤・下層土が硬いタイプ



T地域は10~20cmにれき層があると思われるタイプの圃場が多い。水持ちや保肥力が弱いため、作土層の土づくりや施肥管理が重要。収量は確保しにくいですが、作土層の土づくりをしっかりとやることで収量確保が可能になるとともに、良食味になる傾向がある。

排水不良の粘土質圃場は、異常還元による生育抑制や硫黄欠乏に注

対応策

1 対応策

収量と関係が深いのは、
地力窒素の他に遊離酸化鉄

→ 目標: 遊離酸化鉄2%、CEC 20~25
非黒ボク土の腐植含量5%

食味と関連が深いのは、
苦土と無機態窒素(石灰?)

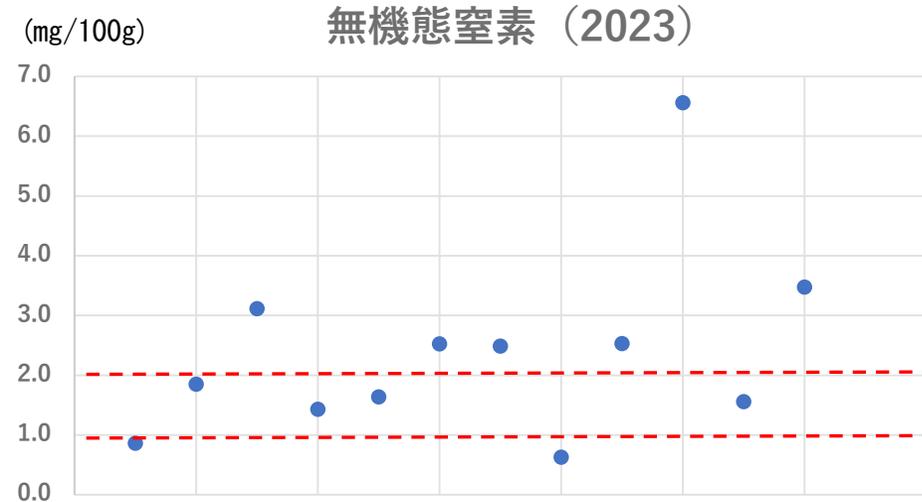
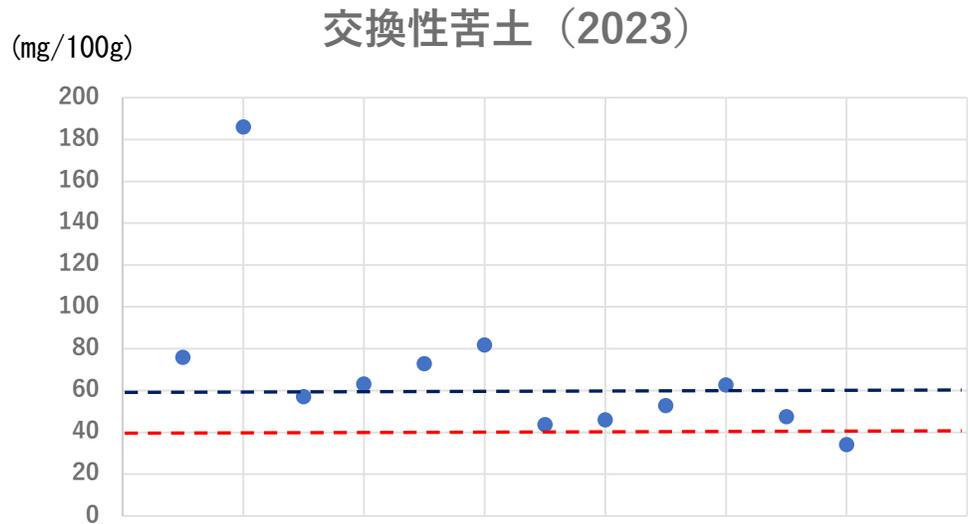
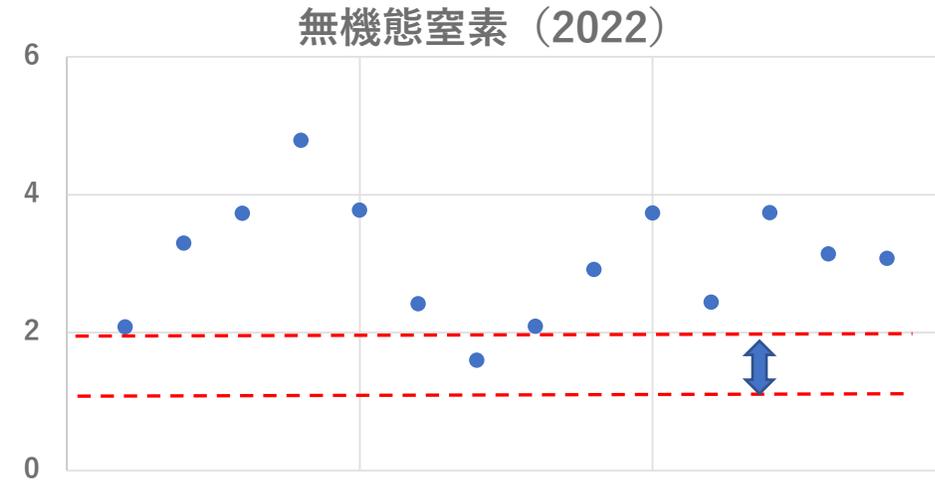
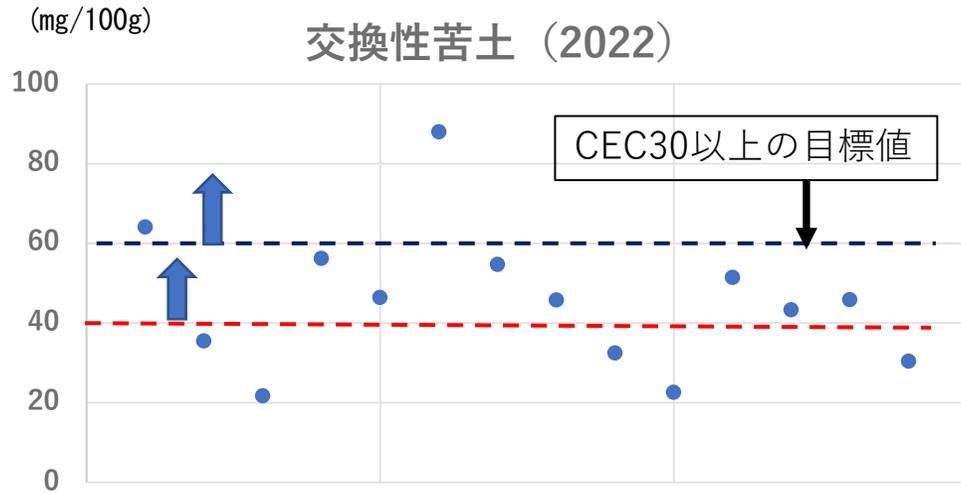
→ 目標: 交換性苦土:40mg/100g以上、
CEC30以上の圃場は60mg/100g以上

- ・ CECは20~25の範囲に(黒ボク土以外) → 有機物投入量の調整
- ・ 無機態窒素は1~2%の範囲に → 施肥体系、穂肥量の見直し
- ・ 石灰飽和度 → 40%以上、光合成産物の転流に影響

2 土壌硬度

- ・ 下層に礫がある圃場多い → 作土層の土づくり、こまめな施肥管理
- ・ 硬盤による排水不良 → サブソイラ、プラウ、排水溝等、異常還元の場合は一時落水、下葉黄化の場合は石膏or硫酸苦土施用

交換性苦土、無機態窒素



※ 交換性苦土と無機態窒素含量は、改善傾向にある。

令和5年度米・食味分析鑑定コンクール国際大会結果



令和5年度出品数：5029点
うち最高金賞：18点
うち新潟県内：3点
うちT地域：2点
(令和4年度1点)

T地域最終審査
進出(入賞)数：3点
(過去2点が最高)

良食味、高品質エダマメ生産の安定化に向けた土壌改善について

T地区エダマメ栽培の現状と課題

- 耕作放棄地や水田転換畑の作付けがあり、収量が安定化しない。
- 黒ボク土壌が多く、リン酸吸収係数が高い圃場が多い。
- 中山間地がほとんどで、収量レベルが他の産地と比べ低い。
- 機械化による大規模栽培が進んでおり（約80ha）個々の圃場の特性を理解したきめ細かな栽培管理ができない。
- 土づくりのための堆肥が不足気味である。
- 緑肥作物も中山間地で豪雪地帯のため、適した作物が少ない。

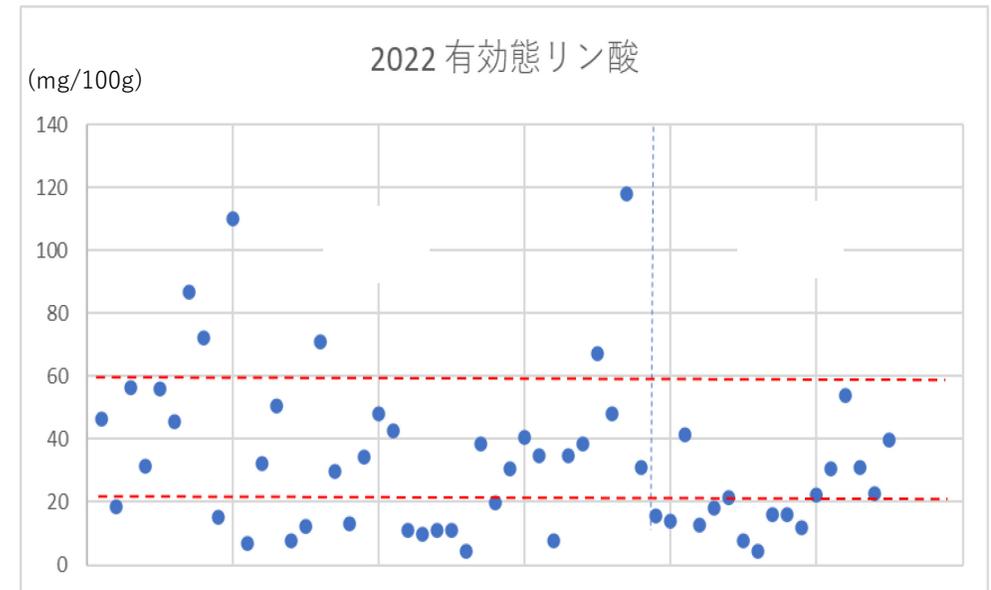
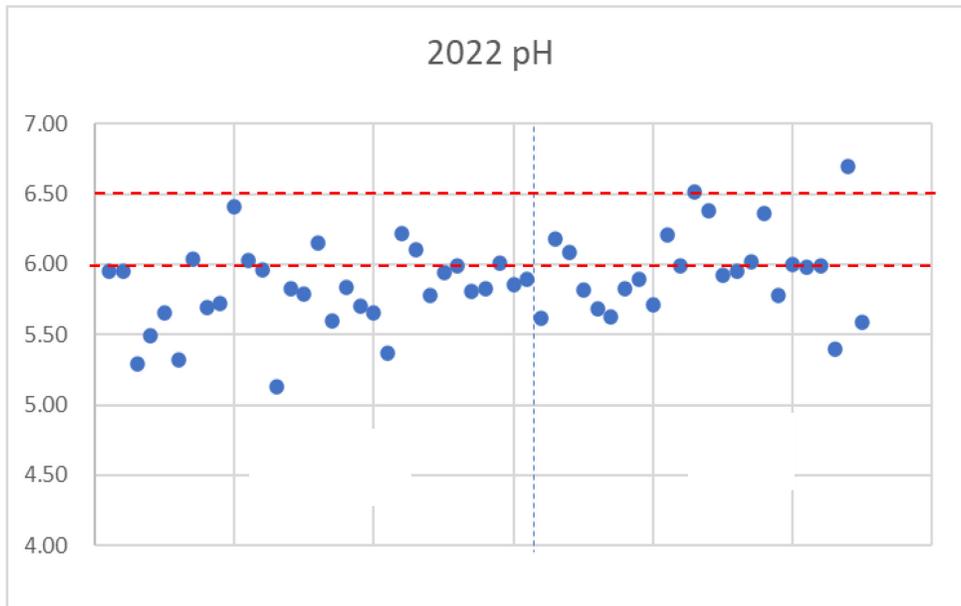
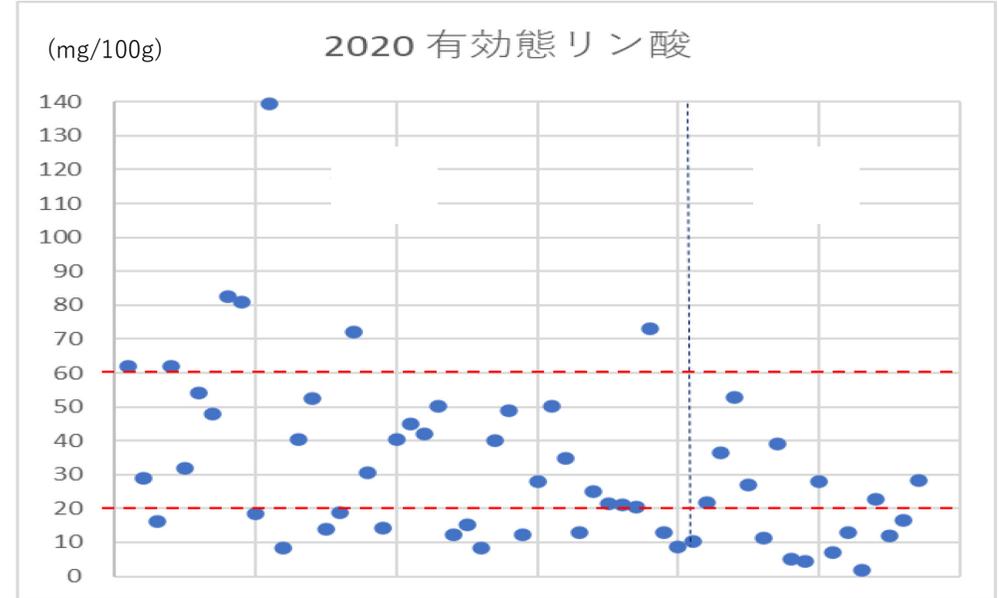
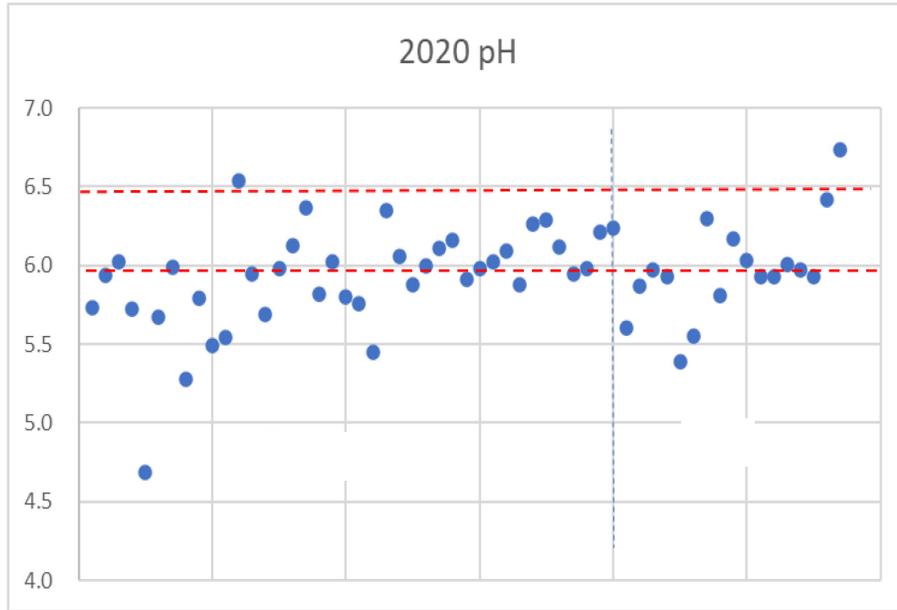
T地区エダマメ圃場の土壌化学性の実態

	2020年	2022年	2023年
・ <u>pH不適合率</u>	63.6%	→ 70.9%	→ 44.6%
・ <u>有効態リン酸不適合率</u> (基準不足率)	41.8% (36.5%)	→ 50.0% (37.5%)	→ 53.6% (39.3%)
・ <u>交換性苦土不適合率</u> (基準不足率)	65.4% (50.0%)	→ 39.6% (27.1%)	→ 42.3% (17.3%)
・ <u>水溶性ホウ素不適合率</u>	-	48.4%	→ 25.0%

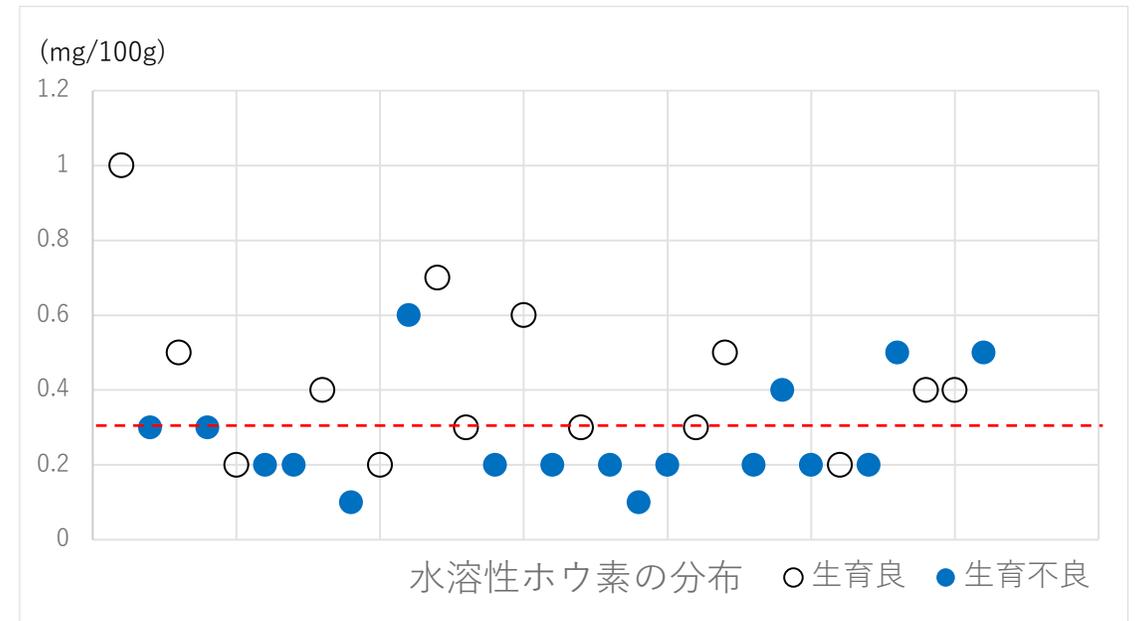
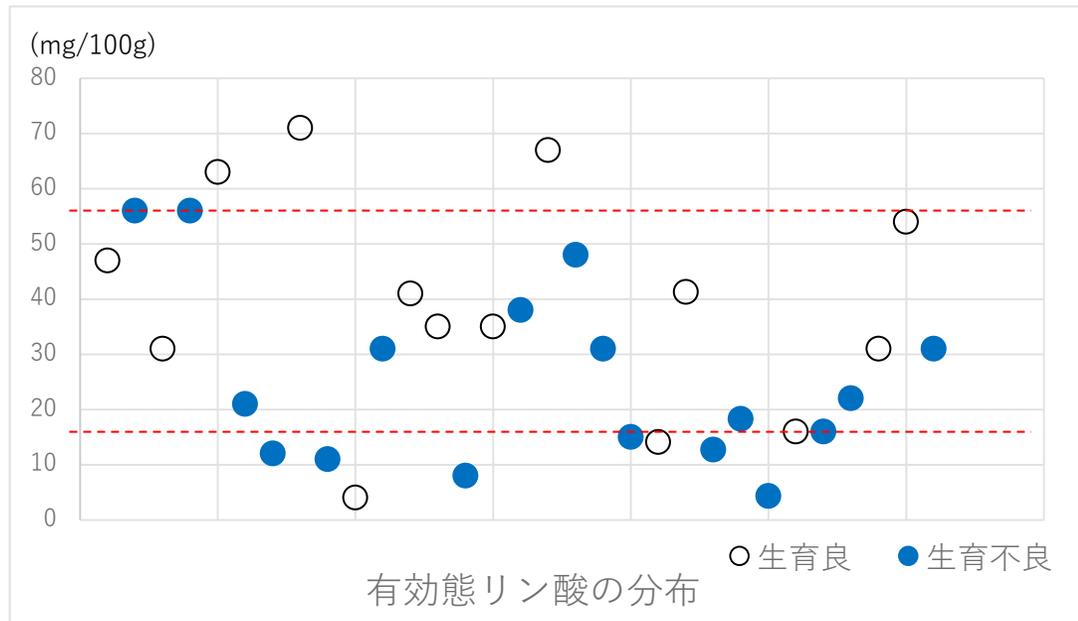
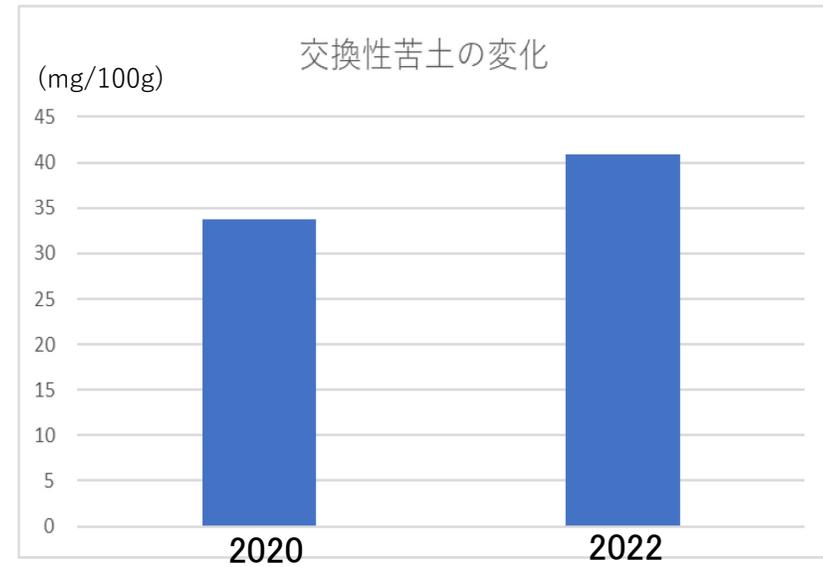
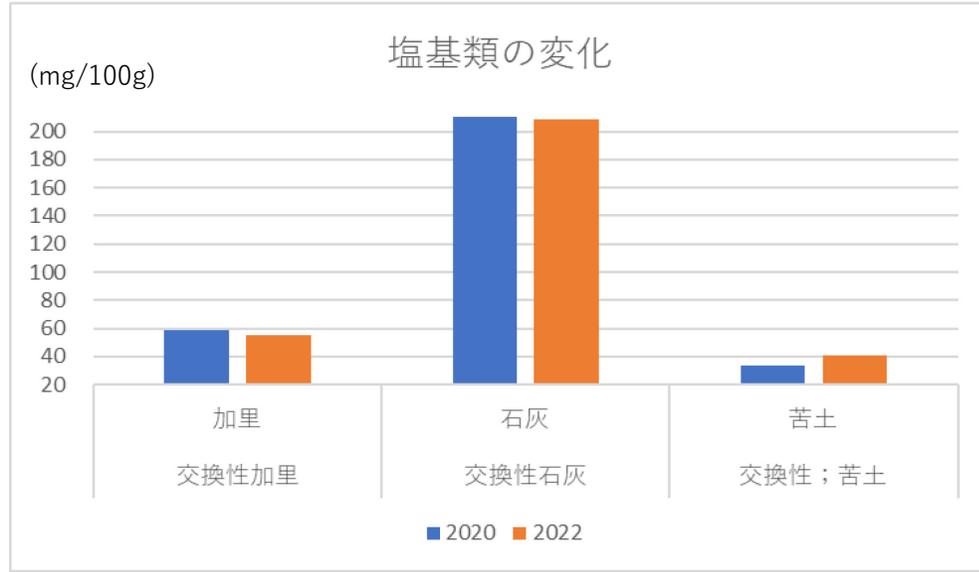
※ その他圃場カルテから、一部圃場で排水不良、硬盤形成による生育不良やセンチウ害？が問題点として浮上

・5年前からリン酸資材、苦土石灰を施用して収量性は高まったものの、最近は収量の伸び悩みが問題。

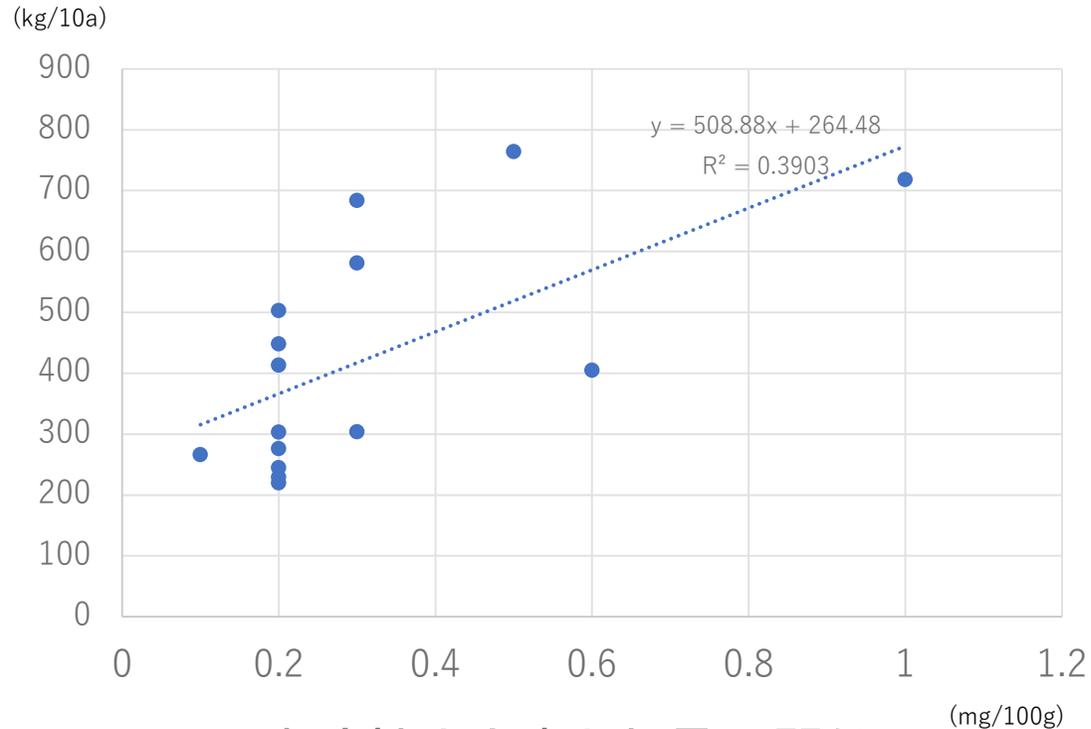
化学性の変化



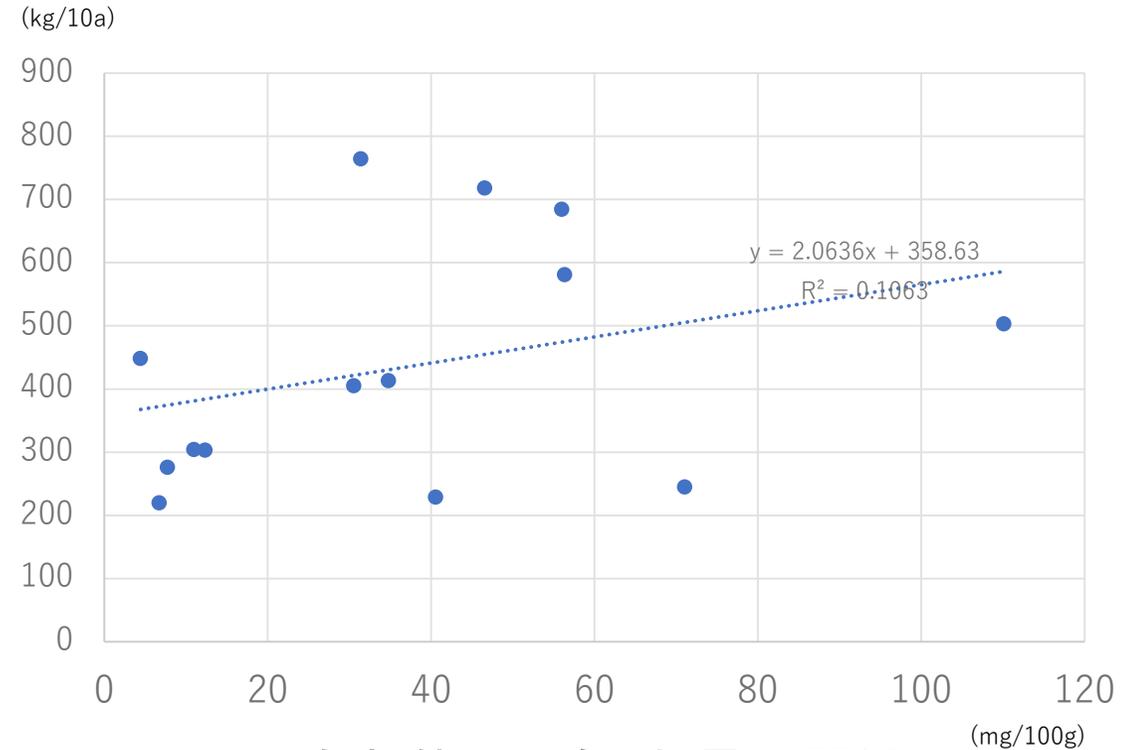
化学性の変化(2)



収量とホウ素・リン酸の関係



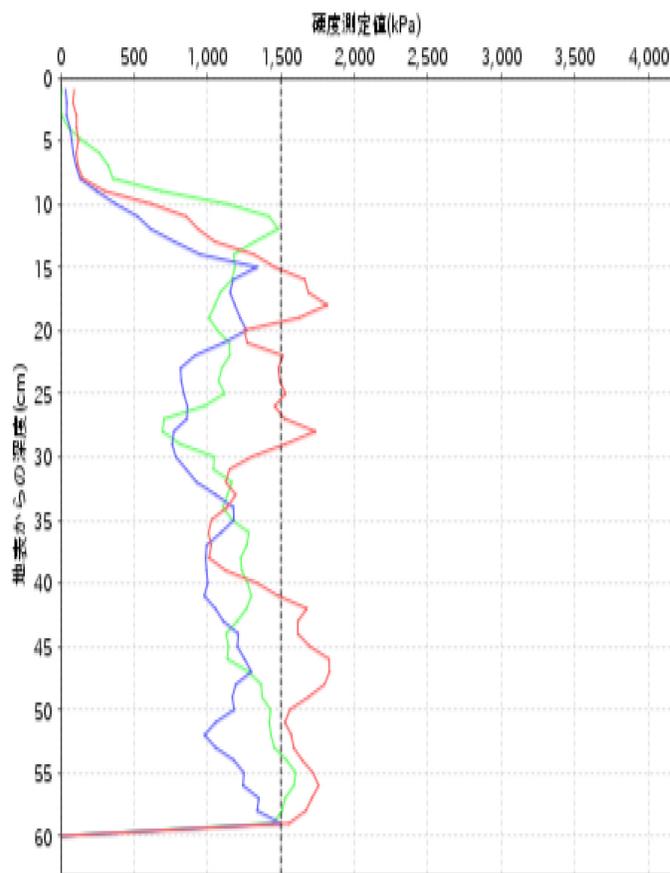
水溶性ホウ素と収量の関係



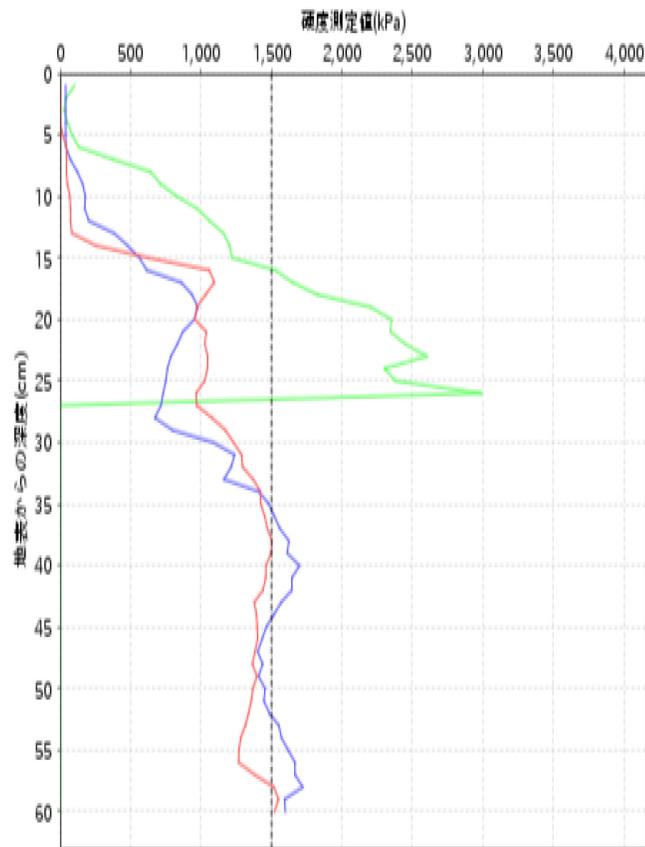
有効態リン酸と収量の関係

※ エダマメや大豆において、落花が多い、莢付きが悪い、粒の充実が悪いなどにより、収量が低くなる場合は、ホウ素欠乏を疑って分析した方が良い。

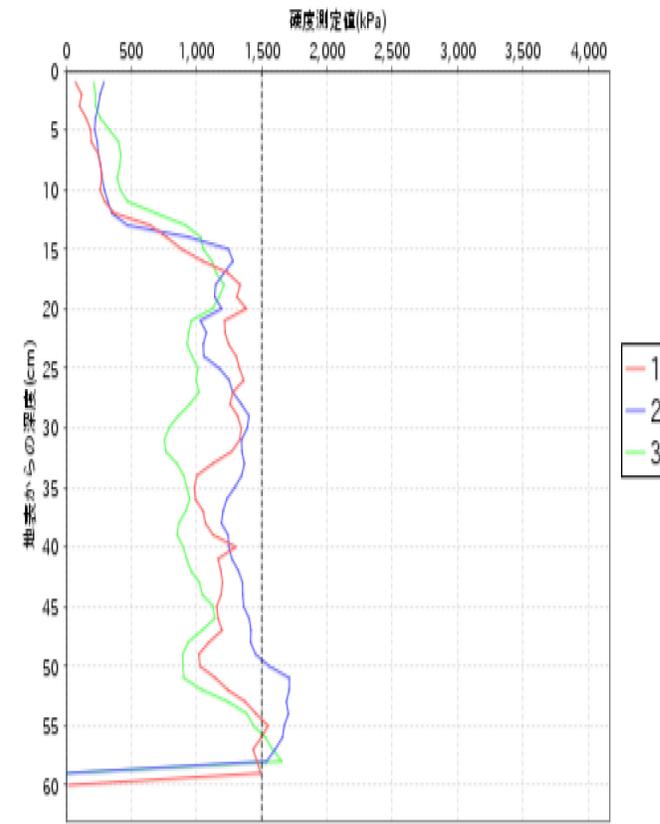
土壤物理性(土壤緻密度)



生育不良



生育不良、一部湿害



生育良

※ 作土が10~20cmと浅く、直下に耕盤があるため硬盤破碎が必要。元水田の圃場では、一部排水不良となっている。生育の良い圃場は、作土層直下の耕盤の緻密度は小さいが作土層が浅い状況は変わらない。全体的に深耕が必要。

対応策

1 土壤化学性の改善

堆肥等有機物の施用

リン酸資材の施用

石灰、苦土の施用 (Mgとホウ素は相乗効果)、塩基飽和度の改善

ホウ素の施用

2 ダイズシストセンチュウ対策(一部圃場)

輪作、緑肥作物(クロタラリア、地域の輪作体系等)

石灰窒素の施用(圃場条件に応じて)

3 土壤物理性

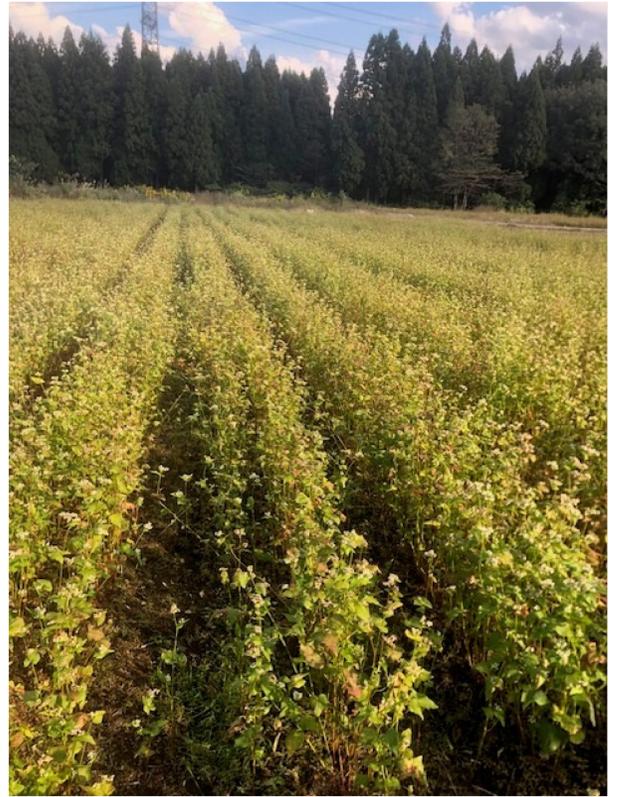
作土層確保のための深耕

作土層直下の硬盤破碎 サブソイラ、パラソイラ、プラウ等

排水不良圃場には排水溝、畝立播種等実施



土壤診断による中山間地ソバの 安定多収栽培について



過去の指導

- 耕作放棄地及び水田転換畑での作付けで生育・収量が悪い(特に耕作放棄地)と相談あり。
- 過去の着蕾期追肥の成果を基に豚糞堆肥の施用を提案。
- 収量が140%以上になった圃場もあり一定の成果があった。
- その後、堆肥が不足するようになり施用が進まなくなる。

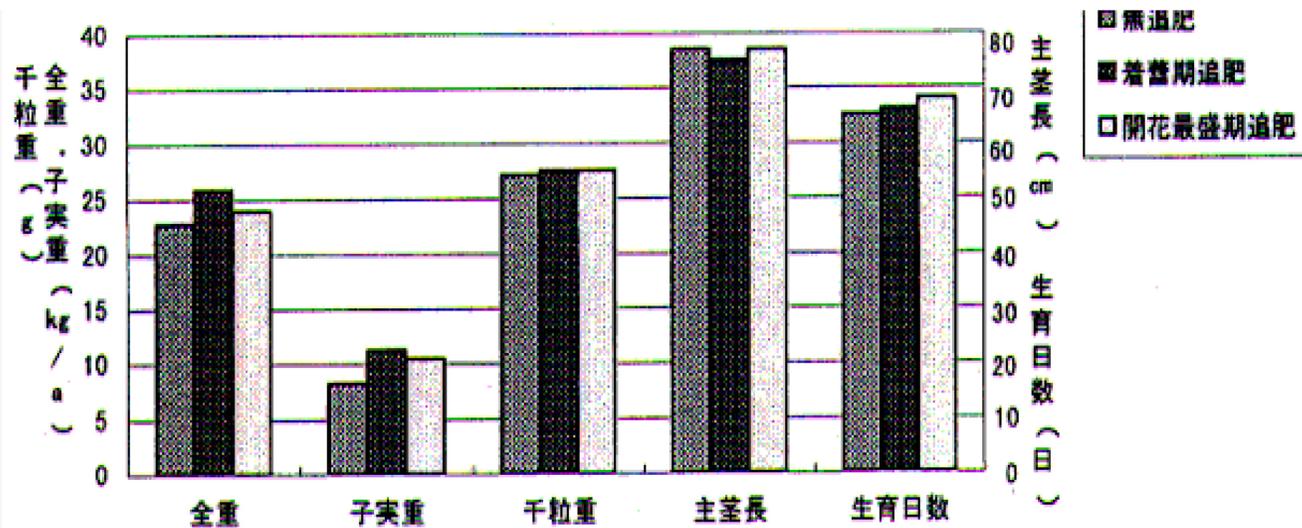


図1 窒素追肥(0.2kg/a)時期と収量・生育の関係

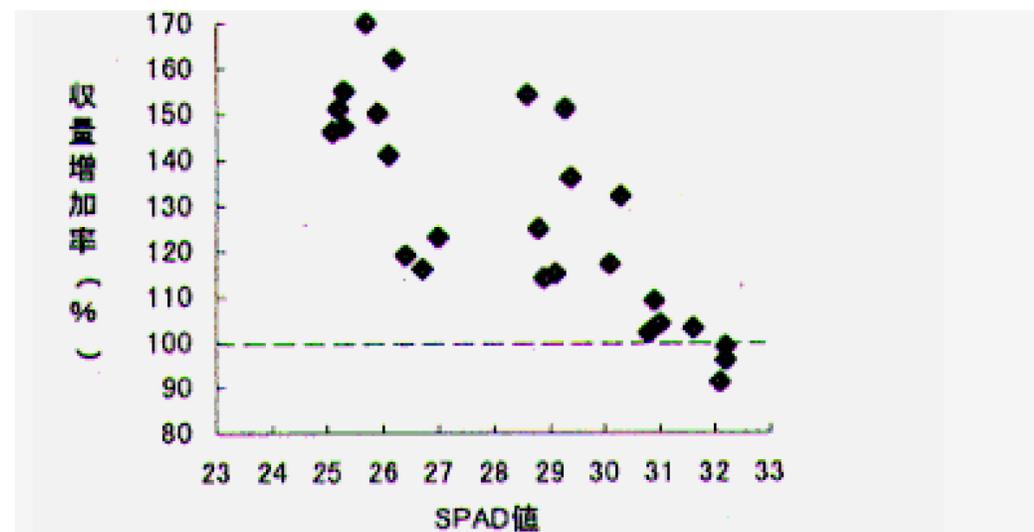
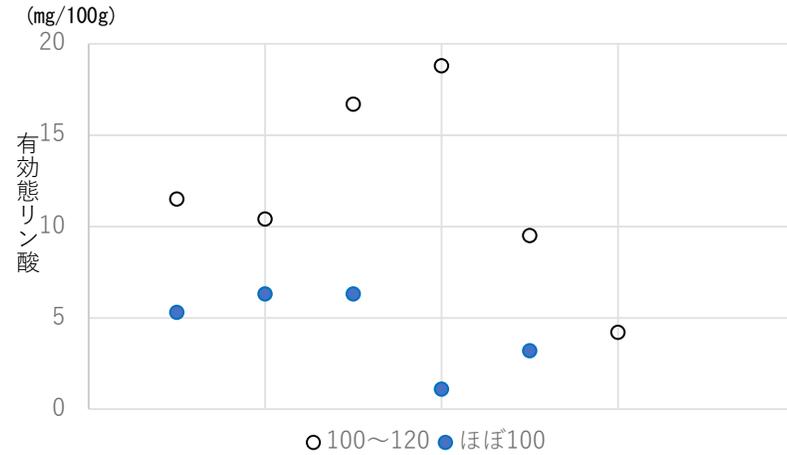


図2 着蕾期葉色値と窒素追肥(0.2kg/a)による収量増加率の関係

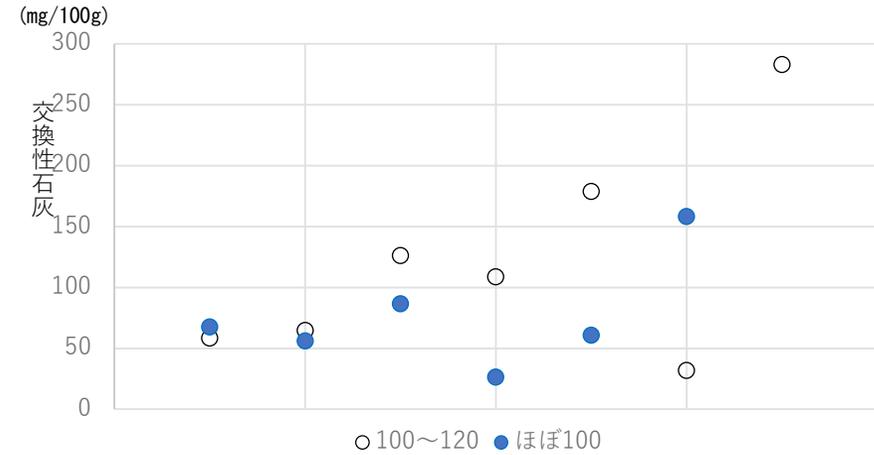
B地区ソバ圃場の化学性

pH	アンモニア	硝酸態	無機態	有効態リン酸	交換性	交換性	交換性	可給態	リン酸吸収係数	CEC	腐植	加里	石灰	苦土	塩基	石灰/	苦土/	堆肥施用状況	地域平均比収量(%)
	態窒素	窒素	窒素	トルオーグ法	加里	石灰	苦土	窒素				飽和度	飽和度	飽和度	飽和度	苦土	加里		
mg/100g									meq/100g	%				当量比					
5.5	0.6	0.1	0.7	11.5	25.6	58.3	13.4	2.3	1270	16.1	2.6	3.4	12.9	4.1	20.4	3.1	1.2	0.8t/隔年	100~120
5.3	0.6	0.1	0.7	10.4	29.5	64.6	16.9	3.1	1350	16.6	3.3	3.8	13.9	5.1	22.7	2.8	1.3	0.8t/隔年	100~120
5.4	0.5	0.1	0.6	16.7	32.5	126.1	21.9	2.9	1020	17.0	3.3	4.1	26.5	6.4	36.9	4.1	1.6	0.8t/隔年	100~120
5.4	0.6	0.1	0.7	18.8	45.2	108.6	24.5	5.0	1200	18.4	4.3	5.2	21.1	6.6	32.9	3.2	1.3	0.8t/隔年	100~120
5.6	0.6	0.1	0.7	5.3	44.9	67.4	21.6	4.5	1660	20.3	4.9	4.7	11.8	5.3	21.8	2.2	1.1	無施用	ほぼ100
5.4	0.7	0.1	0.8	6.3	40.9	55.9	18.4	5.1	1800	21.7	8.0	4.0	9.2	4.2	17.4	2.2	1.1	無施用	ほぼ100
5.5	0.7	0.1	0.8	6.3	65.6	86.6	23.3	5.7	1700	22.3	6.0	6.2	13.9	5.2	25.3	2.7	0.8	無施用	ほぼ100
5.7	0.7	0.1	0.8	9.5	82.1	178.8	33.6	3.5	1530	19.2	2.2	9.1	33.1	8.7	50.8	3.8	1.0	0.8t/隔年	100~120
5.1	0.8	0.1	1.0	4.2	34.1	31.8	6.5	2.1	1920	19.6	3.0	3.7	5.8	1.6	11.1	3.5	0.4	無施用	100~120
5.3	0.8	0.1	1.0	1.1	29.9	26.4	7.0	1.0	1840	19.7	3.9	3.2	4.8	1.8	9.8	2.7	0.5	0.8t/4年おき	ほぼ100
5.2	0.8	0.1	1.0	3.2	33.8	60.6	8.1	2.6	2070	24.2	8.8	3.0	8.9	1.7	13.5	5.4	0.6	無施用	ほぼ100
5.4	0.8	0.1	1.0	133.8	47.4	158.3	22.2	5.5	1400	28.7	8.5	3.5	19.7	3.8	27.0	5.1	1.1	0.8t/4年おき	ほぼ100
5.9	0.7	0.1	0.8	88.0	86.2	283.1	56.1	5.9	1300	26.8	5.7	6.8	37.6	10.4	54.8	3.6	1.5	0.8t/4年おき	100~120

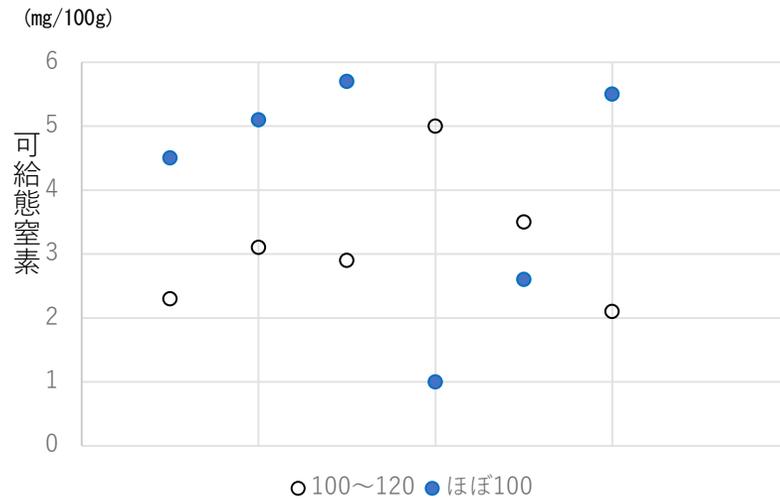
各成分と収量性の関係



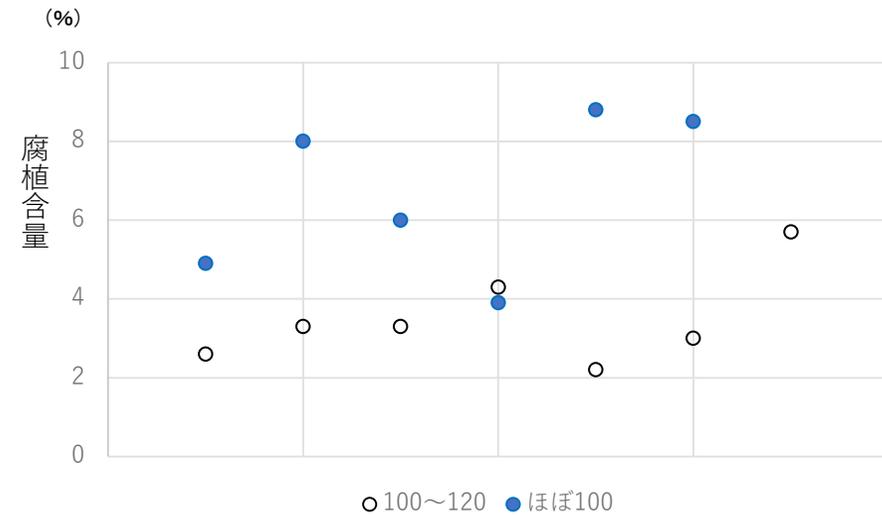
有効態リン酸と収量



交換性石灰と収量

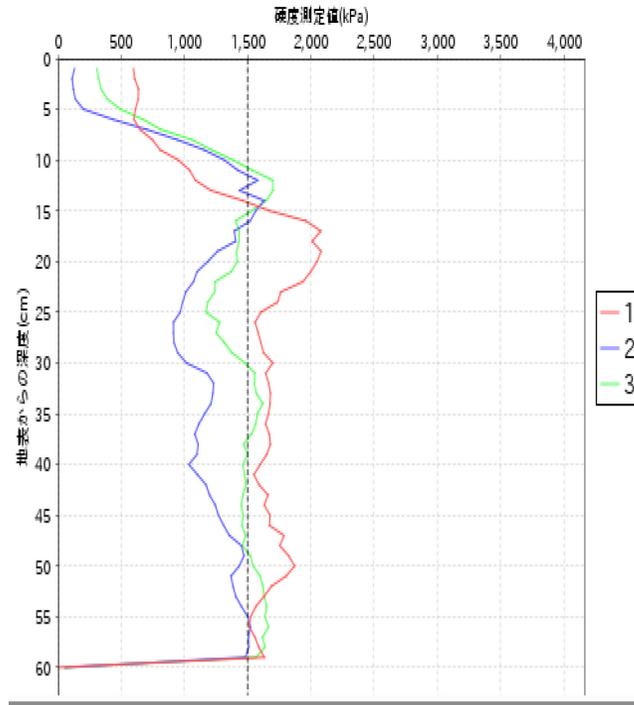


可給態窒素と収量

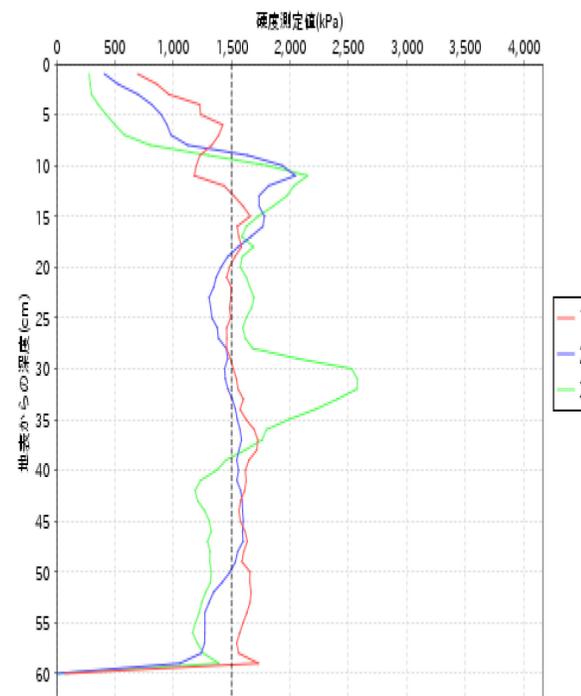


腐植含量と収量

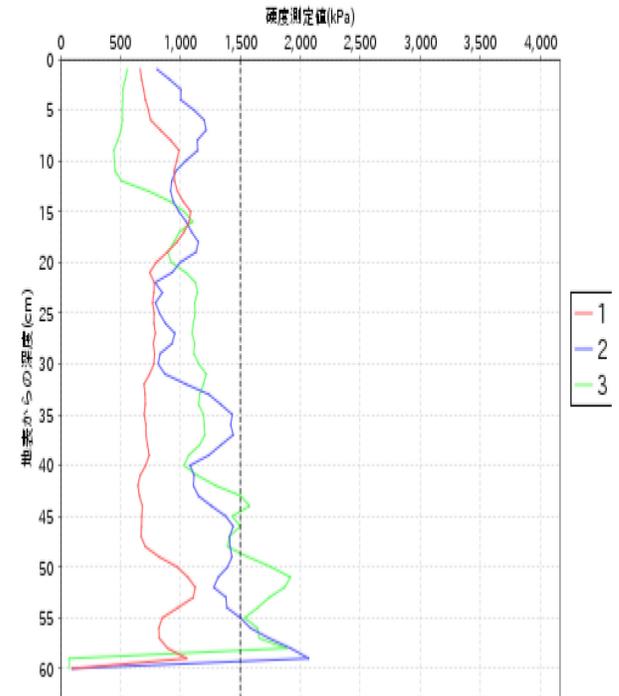
土壤物理性(土壤緻密度)



生育不良



生育不良



生育良

- ※ 生育不良の圃場は、作土層が浅く、地表下10~15cmのところに耕盤があり、根域が制限されている。
また、さらに下層に耕盤があり排水性の悪い圃場もある。

収量性の高いソバ圃場の条件と対応策

- ・排水性 → 悪い場合：深耕による作土層確保、作土直下の耕盤破砕、サブソイラ、プラウ等、排水不良圃場には排水溝、畝立播種等
- ・有効態リン酸 → 少ない場合：堆肥等有機物やリン酸資材の施用
- ・石灰飽和度 → 低い場合：石灰の施用、堆肥の散布
- ・堆肥を施用している圃場 → 堆肥散布システムの構築等重要

表 ソバに対する亜リン酸入り混合堆肥複合肥料の施用効果 (窒素施用量は両区とも2.9kg/10a)

区名	主茎長 (cm)	一次分枝数 (本/株)	容積重 (g/L)	精子実重 (kg/10a)	千粒重(g)	備考
亜リン酸区	121	3.1	509	208	31.5	亜リン酸(2%)、豚ふん堆肥(30%)入複合肥料
慣行区	125	3.1	446	199	29.3	化成肥料(14-14-14)

まとめ

- 土壌診断、処方箋作成、改善策提案に至るまでの間で生産者とのコミュニケーションが重要。分析値でわからないことも生産者からの聞き取りでわかることがある。
- 生産者との信頼が重要。話したくない情報も話してもらえる。
- 分析値で疑問に思ったり、違和感を持ったことは、放っておかず原因究明をする(関係者との連携も必要)。
- 化学性だけでなく、物理性や生物性及び栽培方法も生育・収量に影響してくるので圃場カルテをつくり丁寧に聞き取る。
- 土づくり・施肥改善に、これで良いという終わりはない。作物の状態を注視し、常に土壌状態のバランスを考えながら改善を重ねる。

ご清聴ありがとうございました