

エコファーマーネットワーク通信

〈No.8〉



☆本格的な梅雨を迎えておりますが、24年の梅雨入りは昨年と比べ東北、九州地方を除けば半月程遅い梅雨入りとなっています。また、台風4号が6月では珍しく東日本を縦断し、東北地方では被災地の仮設住宅の被害も発生するなど広い範囲で被害がありました。皆様方の地方では如何だったでしょうか。被害を受けられた方々にお悔やみ申し上げます。

☆現在、23年度から開始された「環境保全型農業直接支払対策（以下、「環境直払」という。）」の検証が行われています。当対策は、平成19年度から開始された農地・水・環境保全向上対策の中で始まった環境保全型農業に対する支援（先進的な営農活動支援（化学合成肥料・農薬を5割以上低減する取組））を、幅広い作物へ広げ全国的に取組が拡大するように見直しが行われ、制度化されたものです。

○環境直払制度の概要を説明しますと、本制度は、農業者が化学合成肥料・農薬を原則5割以上低減する取組とセットで地球温暖化防止や生物多様性保全に効果の高い取組を行う場合に、支援（最高支援額8,000円/10a（国の支援額4,000円））を行うものです。

○検証の背景としては、23年11月に行われた行政刷新会議の提言型政策仕分けで、「本事業は環境保全を目的としているが、目的に沿った形で事業が実施されているか」、「その効果の検証とともに必要な見直しを実施する」との提言を踏まえて行われてい

るものです。

○検討会は、6月末までに3回開催されており、7月に第4回目が開催されとりまとめが行われる予定となっています。

第3回で提案された今後の対応方向は、

- ① 取組開始年数にかかわらず同額の支援を行う現行制度の仕組みを新たに取組者の増加に資するような方向で検討
- ② 取組内容に照らして支援水準が過大なものについては支援水準の精査
- ③ 支援対象取組について、全国的に推進すべき取組と地域の実情に応じて個別に取り組む内容に再整理
- ④ 地方公共団体の効率的な事務手続きが行えるようグループ申請の検討等となっています。

☆今年度のネットワーク活動については、前号で紹介しましたが、一般市民、消費者等の皆さんにご理解を頂くため、昨年度に引き続き農林水産省の「消費者の部屋」で平成24年10月29日（月）～11月2日（金）に特別展示を行うこととなりました。

☆今回の通信では前号に引き続き、平成23年12月13日に福井県福井市において、「売れる米づくりについて学ぶ」をテーマに開催しました全国エコファーマーネットワーク研究会（in福井）の中から、「最近の水田土壌の診断結果に見る問題と営農改善」と題した講演概要前半を掲載しましたのでご覧ください（後半は次号に掲載します）。

〈全国エコファーマーネットワーク事務局〉

最近の水田土壌の診断結果に みる問題と営農改善(1)

一般財団法人 日本土壌協会 専務理事
猪股 敏郎

1 はじめに

近年、水稻については食味、品質の向上が重要な課題となっている。その中で特に①高温障害への対応、②土壌・施肥管理による食味向上への対応が重要な問題となっている。

高温障害問題の営農上の対応としては、品種、田植時期等とともに、土づくり関係では、①作土深、②ケイ酸不足が主なものとしてあげられる。

また、食味、生産安定の対応としては、地力窒素も含めた窒素のコントロール、養分バランスが主なものとして挙げられる。

こうした水稻の食味、品質に関連する土づくりに関する問題やその対応について以下紹介する。

2 水稻の高温障害と土づくり

1) 水稻の品質低下と温度条件

近年平均気温より高い気温の年が多くな

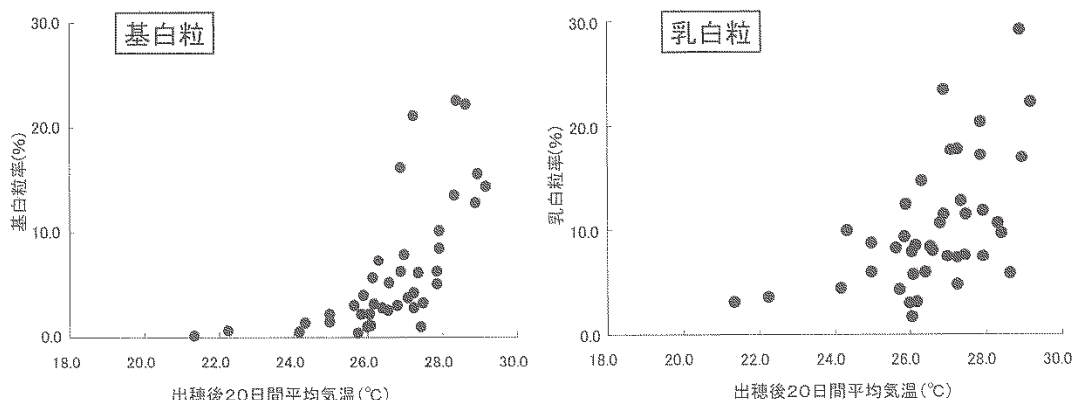


図1 登熟期（出穂後20日間）の平均気温と基乳白（左）と乳白粒（右）発生への影響
（（独）農研機構作物研究所 近藤）

り、水稻では白未熟粒や胴割粒等の多発をもたらす品質を大きく低下させる要因となっている。特に出穂前後2～3週間の高温（26～27℃以上）の影響が大きい（図1）。

また、米が2等米以下に格付けされる主な要因は、整粒不足、乳白粒、背白、胴割粒、斑点米などである（図2）。

粒厚が厚く、粒張りの良い米ほど完全粒率が増加する。不完全粒は完全粒と比較して米粒の全窒素含量（タンパク含量）を高め、食味の低下につながる（図3）。

2) 水稻の高温障害への営農対応

高温障害を軽減する対策としては、①適温時期に出穂開花するように作期移動する、②水稻の高温耐性を高めるように対応すること

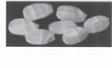
項 目		気象的要因	栽培的要因
白未熟粒	乳白 	出穂前後 2～3週間の 高温	稈数過多（→抑制） 乳白粒は登熟期全般が関与→特に2次枝梗など弱勢果に多い
	背白・基白 	出穂後 2～3週間の 高温	登熟期の稲体の活力 低下（→肥切れ防止） 背白・基白粒は登熟期後半が関与→肥切れが生じると発生しやすい
充実不足粒 			
胴割粒 		出穂後10日間 の高温	早期落水、刈り遅れ 急激な乾燥、過乾燥
着色粒（カメムシ類） 			畦畔雑草での増殖 適期防除の不徹底

図2 外観品質低下の主な要因
（滋賀県農業技術振興センター）

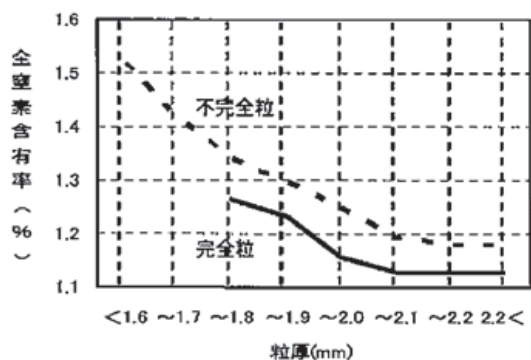


図3 完全粒・不完全粒における粒厚分布と全窒素含有率の関係（コシヒカリ）（富山県農試 1990）

が挙げられる。

また、水稻の高温耐性を高める対応としては、①籾数過多にならないようにする、②登熟期窒素不足にならないようにする、③深耕により根圏を拡大する、④土壌によってはケイ酸を供給し葉温を下げる事が挙げられる。

登熟期の窒素不足の問題は、近年、良食味米志向が高まって玄米タンパク質を低く抑えるため、過度に窒素施肥量を減らしているケースが多く見られるようになったことが窒素不足の背景にある。

近年、穂肥を施用せず省力化のため、肥効調節型肥料を利用した基肥一発施肥体系が普及している。施肥労力の面からは大変メリットが大きいですが、気温が変化してきている中で窒素成分溶出速度が変動し、登熟期の窒素供給が不安定にならないようにしていくことが大切である。

特にここでは、作土深とケイ酸の問題を紹介する。

(1) 作土深

水田の作土層が浅くなってきていることが、水稻の品質、生産力に影響している。

水田では、作土層が浅くなってきているとのいくつかの県からの報告ある。

福井県の最近の調査では、作土深が15cm未満の水田圃場が増えてきており、昭和49年以前は約3割程度であったものが、現在では6割以上に達している（図4）。

こうしたことは、機械化と乾田化によって耕盤が硬くなったことや、土壌管理の粗放化が要因として指摘されている。

水田作土の浅耕化は水稻の生産力、品質に影響を与えていると見られている。

富山県農試では有効土層が深い場合、胴割米の発生が少ないことを明らかにしている（図5）。

○作土深の変化

水田の作土深についての最近の調査結果はないが、昭和50年～52年の農林水産省の

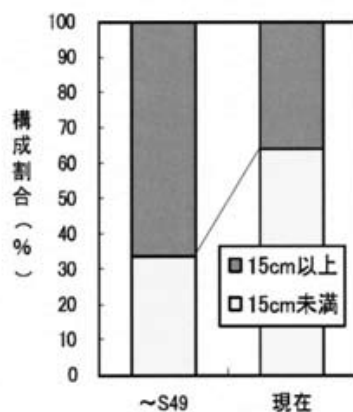


図4 福井県での水田作土深の変化

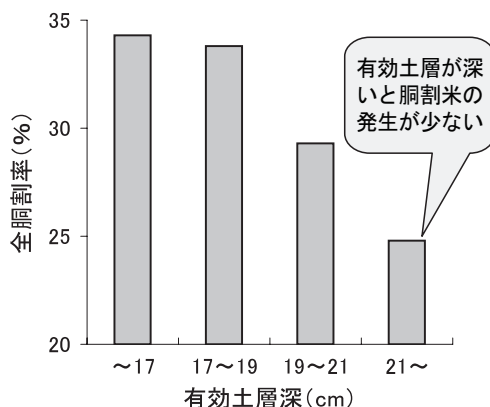


図5 有効土層深と胴割米の発生率（富山県農試）

全国調査（平均）では14.3cmとなっている。その後、4年連続冷害後の58年にいくつかの県で調査を行っているが、一層作土が浅くなっている傾向が見られ、浅い県では12cm台となっている。その後のデータはないが、事例的な報告などから作土の浅い状態が継続しているものと見られる。

この背景としては、労力的な問題から耕起作業の効率化が進んできたことが挙げられる。また、近年では農業機械の大型化、乾田化の進行の中で下層土のち密化が進んでいることが指摘されている。

○作土深と水稻の収量

水稻の収量、品質の向上を図るためには水田の作土は深ければ、深いほど良いというものではない。作土を深くしても増収しない例も多い。水稻多収穫日本一の圃場の作土深の平均は19cmであるが、分布幅は12～30cmと広く、作土が浅い場合には保肥力（CEC）が高い土壌であった（図6）。

収量に及ぼす土壌要因は作土の深さのみではなく、CECや土壌の透水性等がある。

しかし、一定の土壌条件のもとでは収量等との関係で適正な作土深がある。富山県農試が高岡市で行った水田の作土深と収量との関係調査では、地区全体の平均収量を超えるのは、作土層の厚さが約12cm～16cmの間であったと報告がある。

○作土深の改善効果

最近の浅耕化の見直しの中で富山県農試が

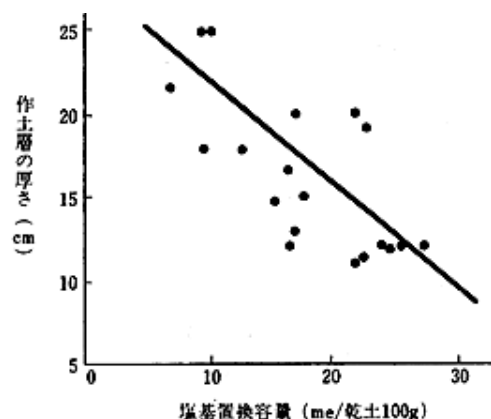


図6 多収穫田の作土の厚さと塩基置換容量（青峰1955）

作土と水稻収量の試験を行なっている。

これによると、作土深14cmの対照区に対し3cmの耕深増で8%、多肥（元肥1kg/10a増）との併用で10%の増収となっている（表1）。

根系の分布については、対照区が14cmの作土内にとどまっているのに対して、硬い耕盤層を耕起した17cmの深耕区では22cmに達している。また、根域は50%の増となり、養・水分の供給域を著しく拡大している。

また、窒素の吸収経過からみると、深耕によって早期生育は抑制済み、籾数増、多肥区では登熟性の良化を通じて増収したと推定されている。

○下層土と養分吸収

水稻多収穫水田（600～700kg/10a）の根系は、15～20cm層では分枝根形成密度が他の水田の約2倍と高いとともに、根毛の発生密度も著しく高い特徴があるという調査結果がある。

表1 深耕による土壌改良試験（富山県農試（新村1985年）一部改変）

	窒素吸収量(g/m ²)					収量(kg/10a)	
	6/6	6/18	7/2	出穂期	成熟期	玄米重	収量比
対照(耕深 14 cm)	2.3	3.1	4.1	10.5	11.9	517	100
耕深 17 cm	1.8	3.1	4.7	12.3	12.6	557	108
耕深 17 cm多肥	1.8	3.5	4.9	9.9	13.4	570	110
耕深 17 cm多肥密植	2.0	3.6	4.9	12.9	13.5	583	113

注：土壌は灰色低地土 14～18cm、ち密度は 20 mm

また、作土の下層から養分吸収している割合が2割から3割と大きく、多収穫の観点から下層土へ根が伸長できる土壤環境づくりが重視されてきている。

北海道農試の試験結果では、下層の窒素肥沃度の高い泥炭土壌では3分の1以上が、また、下層がやせている火山灰土壌でも4分の1程度は下層から窒素が供給されているとしている。

下層を含めた根域の拡大は養分供給だけでなく、干ばつや落水時の水分供給の上でも重要な意味をもっている。特に近年、収穫機械を導入しやすくするため落水を早める傾向にあり、登熟期の水分供給の上からも注目する必要がある。

こうした試験結果から、作土深については、最も多く分布しているCEC15～20程度の灰色低地土水田で17～19cm程度の作土深が望まれるとしている県もある。

○作土深等と米粒品質

近年、水稻登熟期の高温により乳白粒等白未熟粒の発生が大きな問題となっている。この発生要因としては気象要因だけでなく、栽培要因も大きく関わっている。

高温下では葉の光合成機能が低下するとともに、光合成産物の穂や根への転流が阻害される。このため、玄米へのデンプンへの蓄積が不完全となったり粒形成が異常となることから、白未熟粒や胴割れ粒が発生すると考えられている。対応としては、登熟期の窒素の適切な供給、分けつ過剰による過剰籾数の抑制（深水管理）等とともに、根の活性を生育後半まで維持し、養・水分吸収を持続させ登熟期の光合成能を高くするような土壤環境をつくるのが重要である。

作土深と整粒との関係を（独）中央農業総合センター北陸研究センターで調査した結果

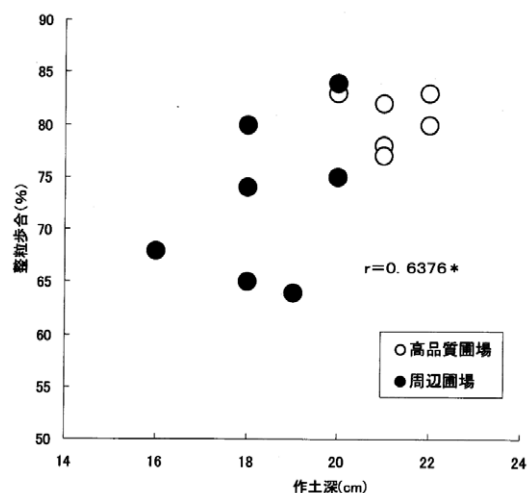


図7 圃場作土深と整粒歩合（コシヒカリ）

注：作土深は貫入抵抗計の抵抗値が急変するまでの深さ

によれば、作土深の深い農家圃場ほど水稻の整粒歩合が高いという結果が得られている。これは新潟県の農家で自作地は深耕をするが借地はしないという生産者を選び出し調査したもので、施肥条件、品種（コシヒカリ）は同一である（図7）。

また、島根県農試では作土層と次層の土壤硬度と乳白粒発生との関係を調査している。

この調査結果によると、作土の次の層の土が硬い水田では乳白粒の発生が多くなる傾向が見られている（表2）。

作土深の不足や作土次層の土の硬さは、根の伸長を妨げ、土壤養水分の供給力の低下をもたらすため、登熟が不良となり乳白粒の発生を多くする。

こうしたことから、多くの県では、作土深を15cm程度確保することを指導指針としている。

表2 土壤硬度と乳白粒の発生の関係（島根県農試）

	乳白粒の発生程度	土壤硬度	
		作土	次層
出雲地域	少	9	13
	多	9	16
浜田地域	少	11	20
	多	10	22

(2) ケイ酸

○ケイ酸と米の品質

水稻はケイ酸を多量に吸収し、窒素の約10倍量吸収すると言われている。水稻はケイ酸を好む作物で次のようなメカニズムで、高温障害による品質低下を抑制するとともに、食味の向上にも役立っている。

水稻がケイ酸を吸収することにより、茎や葉の表面にケイ化細胞が形成され、葉が直立し、下葉の枯れ上りが少なくなる。また、受光態勢が改善され光合成が盛んになり、デンプンで米粒が充実し、タンパク含量も低下し、食味の面でもプラスとなる(図8、図9)。さらに根にも炭水化物を補給し根の活力も維持できる。

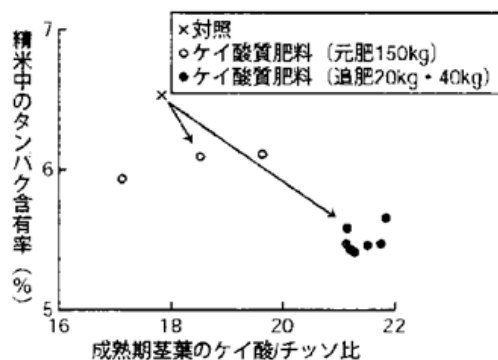


図8 ケイ酸質肥料の施用と米のタンパク質
(北海道立上川農試)

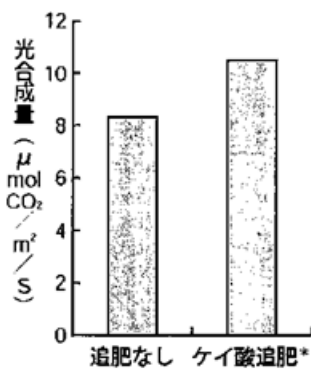


図9 ケイ酸追肥が葉身光合成量に及ぼす影響
(北海道立上川農試)

注：幼穂形成期1週間後にシリカゲル（ケイ酸）を2株に15g施用

こうしたケイ酸の働きにより次のような品質面の効果が確認されている。

ア) 心白粒等が減少

ケイ酸がイネ茎葉中に多く含まれると心白粒が軽減される。また、乳白粒等が減少することが確認されている(図10、図11)。

イ) 水稻の葉温が低下

気孔の開閉がスムーズとなり、葉の蒸散作用が活発化し、稲の葉温が下がる。

秋田県立大の研究では、最大8℃葉温が低下したという結果を得ている(図12)。

ウ) ケイ酸の供給源と施肥

ケイ酸は稲わら、灌漑水より約6割供給されており、不足分をケイ酸肥料で補ってきた。しかし、近年は灌漑水からの供給は減少

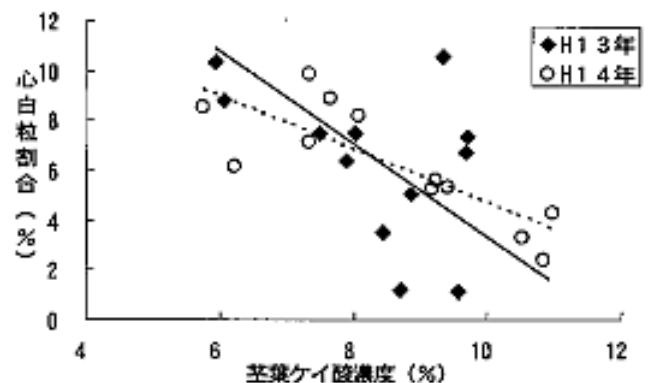


図10 成熟期茎葉ケイ酸濃度と心白粒割合
(富山県農業技術センター (2003))

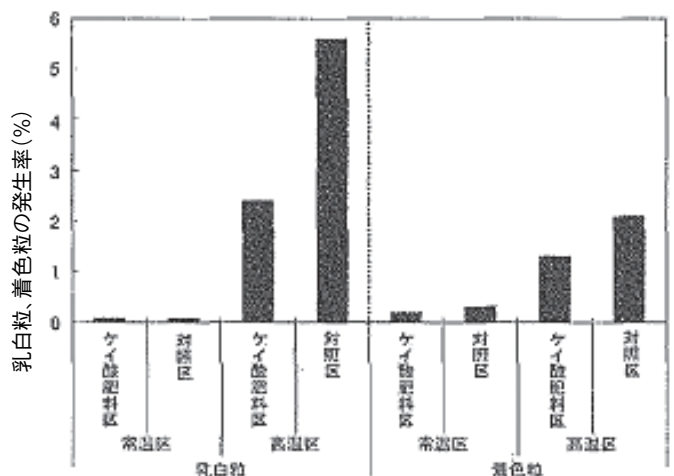


図11 高温登熟条件化の玄米概観品質に及ぼすケイ酸肥料の効果(秋田県立大学 金田)

してきている。山形県農試の調査によると、この40年の間で半分以上に供給が低下してきているという調査結果を発表している（図13）。

過去40年間で農業用水のケイ酸が大幅に低下した理由としては、酸性河川の改良、ダムやコンクリート水路の増加等が影響していると推察される。

有効態ケイ酸の土壌診断基準は15mg/100g以上となっている。土壌診断でこの値を下回るようであれば、ケイ酸施肥を行うことが望ましい。

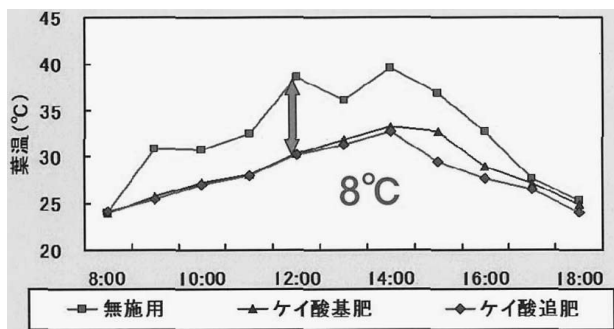


図12 ケイ酸質肥料施用の稲の葉温低下
(秋田県立大学 金田ら)

3 水田の養分バランス、地力と 水稻の収量・品質

近年、水田においては稲わらの鋤き込みがやや増加し、堆肥の施用量が減少している。また、ケイ酸石灰、熔リン等の土づくり資材の施用も減少してきている。

こうした中で特別栽培、有機栽培の取組が増加し、こうした地域では有機物の施用が進められている。特別栽培等を行っている地域の土壌診断を行ってみて、水稻の収量・品質に関係することとして、①養分バランスが崩れているほ場や、②堆肥の施用が適切でなく収量・品質低下を招いている圃場がみられた。

1) 水田の養分バランスと水稻の収量・品質

(1) 東北の水田地帯での調査結果

東北の稲作地帯の有機水稻グループの灰色低地土水田において土壌分析を行い、収量、食味の格差要因と養分バランスの関係の調査を行った。

○有効態リン酸と水稻収量

土壌分析結果で特に問題となったのが、有効態リン酸の不足であった。県の水田に

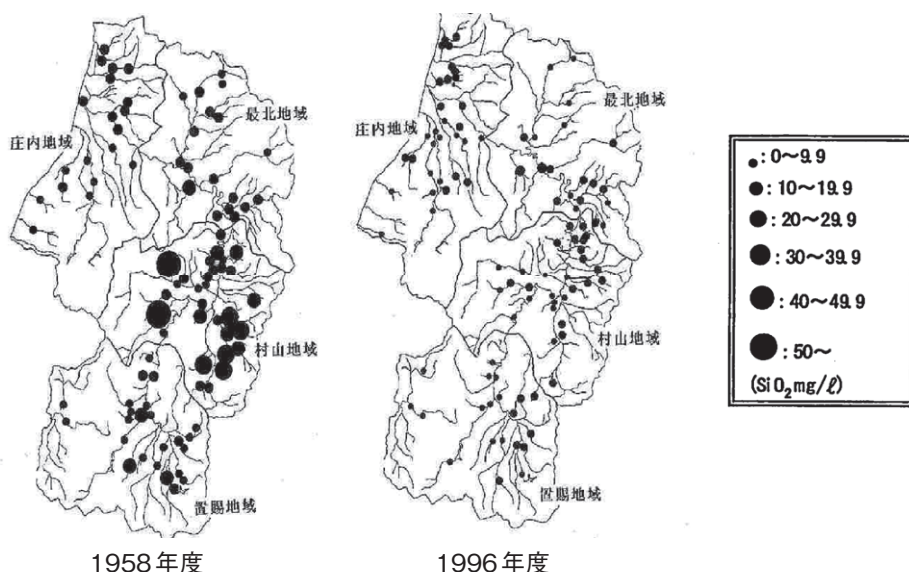


図13 山形県における農業用水の有効態ケイ酸濃度（山形県農試 1997）

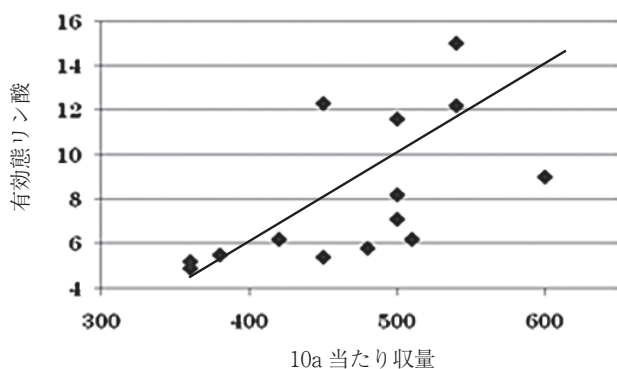


図14 有機水稻ほ場における有効態リン酸と収量
(H21年) ((財)日本土壤協会)

における有効態リン酸の土壌診断基準は10～50mg/乾土100gとなっている。調査した15圃場の中で10mg以下の水田が10圃場と2/3あった。

有効態リン酸が10mg以下になると、収量が低下するという試験データがあるので、有効態リン酸と10a当たり収量の関係を見てみた（有機水稻の場合、雑草抑草が収量に大きく影響するが、この地域ではほぼ問題のない水準に抑草されている）。

その結果、有効態リン酸含量の低い圃場ほど収量が低い傾向があることが明らかとなった（図14）。リン酸資材としてグアノを施用している農家が多いが、施用量が少ない。また、除草目的で米糠を施用している農家も多く意外な結果となっている。グアノ肥料も米糠もリン酸の有効化率は低く、その結果、土壌中の有効態リン酸含量が低くなっていると

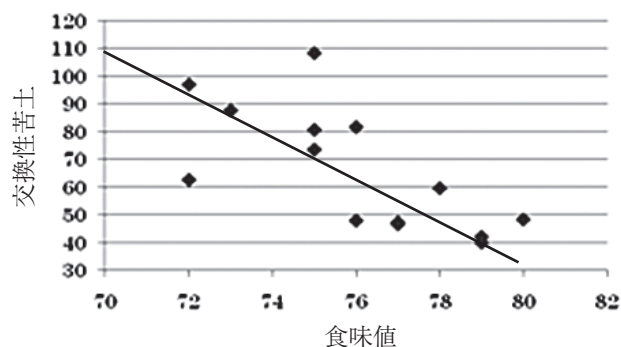


図15 有機水稻ほ場における交換性苦土含量と食味値(H21年) ((財)日本土壤協会)

考えられた。

○交換性マグネシウムと水稻食味値

マグネシウムについては、食味値向上の目的でマグネシウム資材を多投する傾向がある。この結果、交換性苦土については、有効態リン酸とは逆に過剰となっている圃場が多かった。宮城県の水田の土づくりの目標値では交換性マグネシウムの目標値は40～60mgとなっているが、土壌分析の結果ではそれを上回っている圃場が多かった。

交換性マグネシウムと収量との関係については、有効態リン酸のような相関関係はなかったが、食味値との関係については逆相関となっており、交換性マグネシウムの過剰な水田の食味値は低い傾向が見られた（図15）。

— 次号に続く —