

高温下における高品質米生産のための土づくりと基本技術

秋田県立大学 生物資源科学部 金田吉弘

1. はじめに

かつて東北地方では、冷害による凶作が繰り返され、農家は冷害に勝つイネ作りを追求してきた。宮沢賢治の童話「グスコブドリの伝記」(筑摩書房「新修 宮沢賢治全集第13巻」)からは、「先生、気層のなかに炭酸瓦斯(ガス)が増えて来れば暖くなるのですか。」「それはなるだらう。地球ができてからいままでの気温は、大抵空気中の炭酸瓦斯の量できまってみたと云はれる位だからね。」と、二酸化炭素による温暖化を期待する場面が登場する。

しかし、1990年以降になると、東北地方でも夏が異常高温になる年が増え、イネの品質低下が問題になってきた。そのため、これまでの冷害に加えて高温に対する新たな対応が必要と

なっている。ここでは、高温によって生ずる品質低下を軽減するための土づくりを中心とした対策技術を紹介する。

2. 高温年におけるイネ生育の特徴

はじめに、これまでのデータをもとに高温年におけるイネの特徴を見てみたい。図-1に示すように、高温年では土壌窒素の発現が早まり生育前半に多く吸収されるため、6月以降の減少は平年に比べて早くなりやすい。

そのため、6月以降のイネの葉色は平年に比べて1~3ポイント低く経過している(図-2)。

このように高温年におけるイネは生育中期以降に凋落しやすい傾向になるのが特徴である。

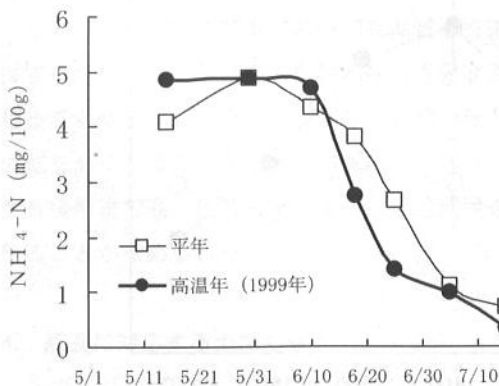


図-1 土壌窒素の推移

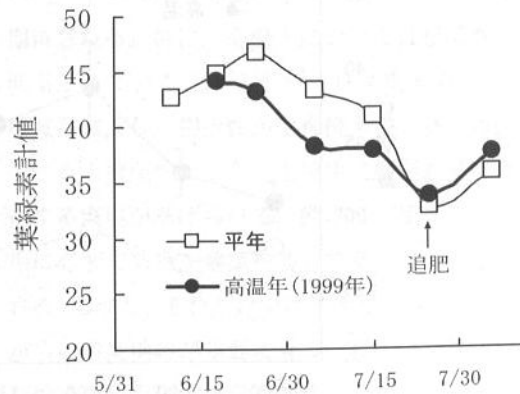


図-2 イネ葉色の推移

3. 高温下のイネは、なぜ外観品質が低下しやすいのか？

登熟期のイネにおよぼす高温の影響を検討するために、出穂期から成熟期にかけて高温（平均気温 26.2℃）と常温（平均気温 23.2℃）に設定した屋外型人工気象室でイネを栽培した。

図-3は、9月上旬の止葉の気孔コンダクタンスの推移である。高温区の気孔コンダクタンスは常温区に比べて低く経過する傾向が見られた。

これは、高温区では葉からの蒸散量が抑制されていることを示している。

また、図-4には、気孔コンダクタンスを測定した葉身の葉温を測定した結果を示した。高温区の葉温は、常温区に比べて高く推移している。

以上のことから、高温下におけるイネの葉身は、気孔開度が減少し蒸散量が低下し、気孔からの気化熱の放出が抑制されるため葉温が上昇することが推察される（図-5）。

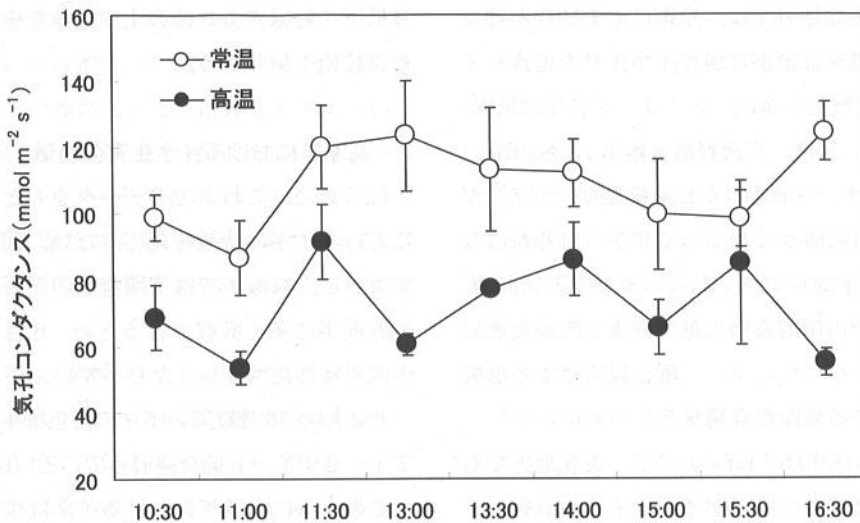


図-3 気象条件が葉の気孔コンダクタンスの日変化に及ぼす影響（2009年，金田ら）

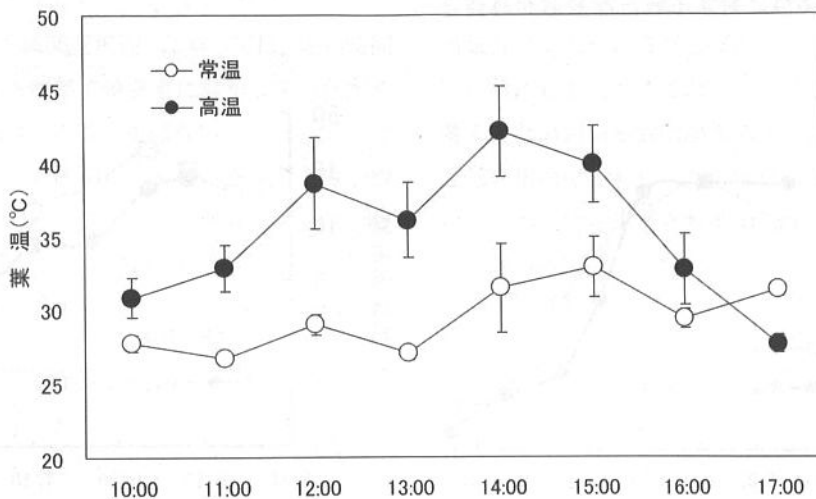


図-4 異なる気象条件下における葉温の日変化（2009年，金田ら）

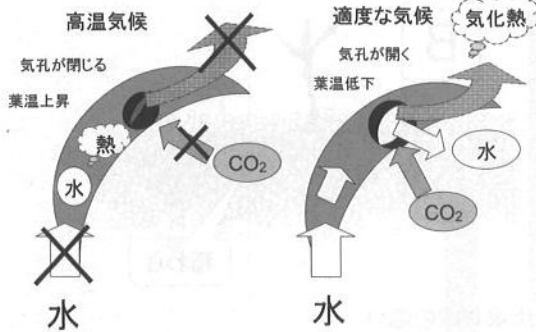


図-5 高温下のイネ葉身における水移動の特徴

気孔は二酸化炭素を取り入れる器官の一部でもあることから、高温下では二酸化炭素の取り込み量が減少すると考えられる。加えて、葉温の上昇や蒸散量低下にともなう水分吸収抑制などにより高温下では光合成能が低下することが予測される。

登熟の初期から中期にかけての高温により葉身の光合成能が低下したり、籾への糖の転流量が減少すると玄米中心部でのデンプン蓄積が不完全になることが知られている。デンプン蓄積が不完全な玄米中心部は、デンプン粒とデンプン粒の間に空気のすき間が多くなり、光線の乱反射により白色状に見える。その後、登熟後期にデンプンの転流・蓄積が回復すると周辺部は透明化し、中心部が乳白色になるのが乳白米であり、外観品質低下の要因となる。

このことから、高温下において高品質米を確保するためには、蓄積炭水化物の転流を促進させることや養水分吸収を持続させ登熟期の光合成能を高くすることが重要であり、根の活性を生育後半まで高く維持できるような土壌環境を作ることが求められる。

4. 高温に対応する土づくり

土づくりの目的は、土壌の物理性、化学性、生物性を総合的に改善しながら、イネの生育に適

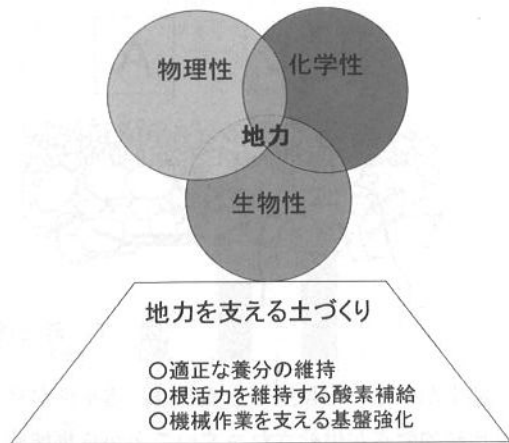


図-6 地力を支える土づくりの要素

した土壌環境を作ることである。図-6には、地力を支える土づくりの要素を示した。

ここでは、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、根の活力を維持するための酸素補給、機械作業を支える土壌基盤の強化などを含む総合管理であることを強調したい。それらを実現することで、土壌が持つ物理性、化学性、生物性が統合されたいわゆる地力効果が発揮されることになる。

5. 根の活力を持続する土壌環境

土づくりには、イネに対する適正な養分供給の他、根系の拡大や根活性の向上などの効果が期待される。特に、高温下においては根活性が低下しやすいことから土づくりは重要である。根域が拡大し、根活性が生育後半まで高く持続できる土壌条件として、土壌中に酸素が多く存在する環境があげられる。酸素は、根の呼吸作用に必要であり、茎葉を通じて空中から供給される。しかし、それだけでは不十分であり、土壌からの酸素供給が重要になる。根が深く伸張し活性を高く保つ土壌環境を作る方策の一つに耕起方法の工夫がある。

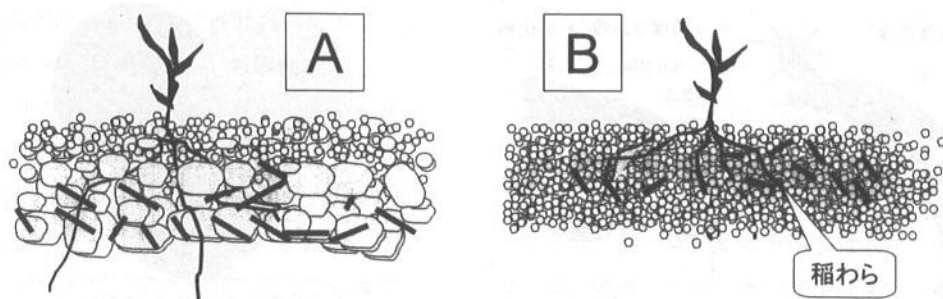


図-7 碎土後の土壌状態の違い

粘土が少なく粗粒質の土壌では、透水性が良く比較的酸素が供給されやすいことから根域確保を優先する必要がある、作土深15cmを目標とした耕起が必要になる。一方、粘土が多い圃場は透水性が低く酸素の供給が少ないことから、過剰な代かきによる土壌還元を避けることが重要である。

例えば、粘土が多い土壌において作土(15cm)を水田プラウで反転し、作土の上層(5cm)のみを碎土した後に代かきをせずに移植したA圃場と慣行の耕起、代かきを行ったB圃場でイネの生育を比較してみた(図-7)。

A圃場は作土下部に大きな土塊が存在し、深

さ5cm程度の上部だけが細かに碎土されている。一方、B圃場は代かきにより作土全体が泥状である。土壌の酸化還元電位を調べてみると、A圃場はB圃場に比べて酸化的に推移しており、土壌中に酸素が多く含まれていた。

A圃場における根の分布を見るとB圃場に比べて下層まで多く分布し、根活性も高かった。

また、登熟期の高温条件下における品質を調査すると、乳白粒の発生率はA圃場がB圃場に比べて低かった(図-8)。

このことは、根活性が高く維持されている圃場では、高温下でも品質低下が軽減されることを示している。以上は、粘土の多い土壌の事例である

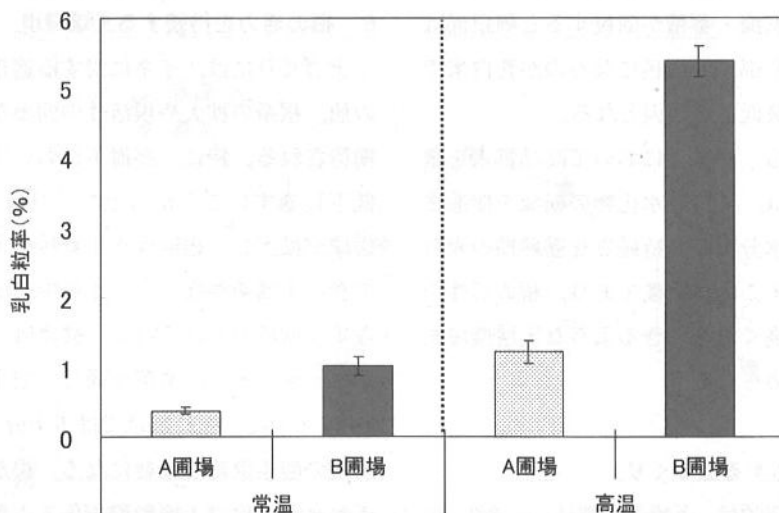


図-8 気温条件と玄米の外観品質 (2010年, 金田ら)

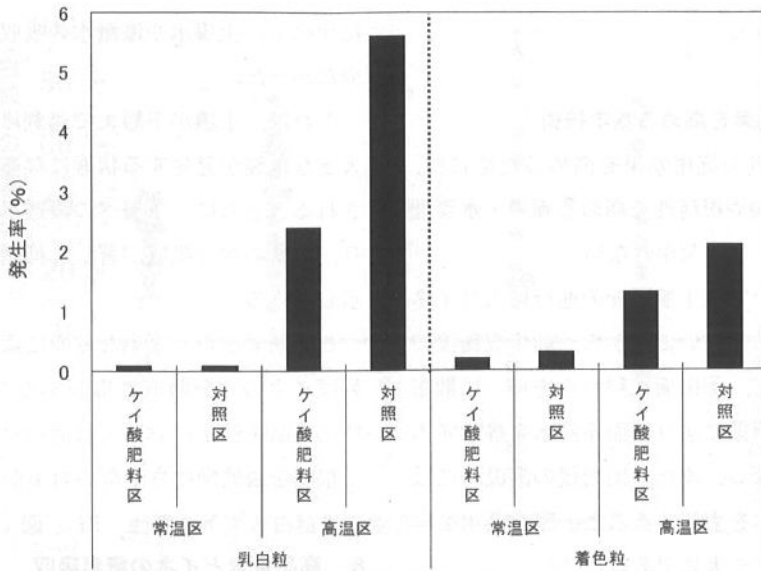


図-9 高温登熟条件下の玄米外観品質に及ぼすケイ酸の効果 (2009年, 金田ら)

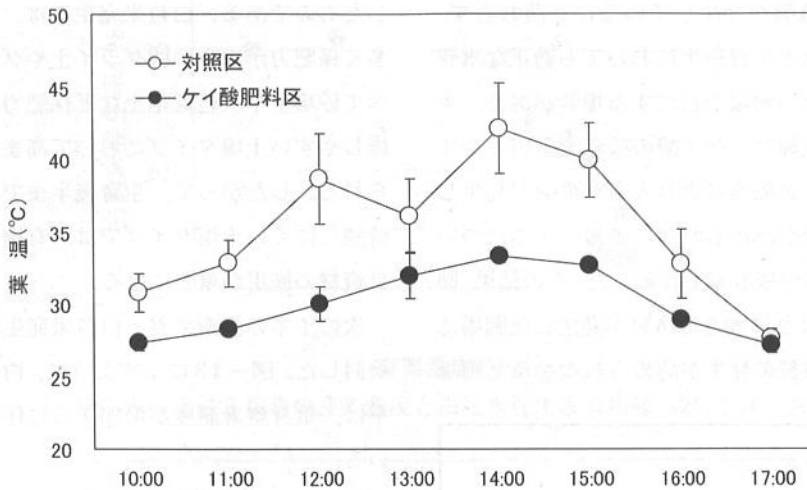


図-10 ケイ酸施用が高温下における葉温の日変化に及ぼす影響 (2009年, 金田ら)

が、土壌タイプに対応しながら耕起方法や代かき方法を工夫することによって根活性を高く維持できる土壌環境を作ることは可能である。そのため、それぞれの土壌の実態を十分に把握しながら耕耘方法の改善や排水対策を考える必要がある。

6. 品質向上に及ぼすケイ酸の効果

ケイ酸は、これまで冷害年などで効果が高い

ことが知られているが高温気候下においても品質向上効果が期待できる。登熟期を高温にしたケイ酸質肥料区の乳白粒や着色粒の発生率は対照区に比べて低下した (図-9)。

高温区における葉温の推移を比較すると、ケイ酸質肥料区では対照区に比べて低く推移している (図-10)。ケイ酸質肥料区では高温下でも水分吸収が旺盛であることが品質向上に有効な

一因と推察できる。

7. ケイ酸の効果をもつ基本技術

ケイ酸質肥料の施用効果をもつるためには、イネ根域の拡大や根活性をもつる圃場・水管理と機械作業の工夫が欠かせない。

高温下においては土壌還元の進行によりイネ根活性が低下しやすいことから、前年収穫後の圃場管理として、①田面に稲わらを均一に散布する。②浅い明渠により田面停滞水を排除することが重要になる。また、出穂後の高温時にはかけ流しや湛水を実施すること、完全落水を早めないことなども大切である。

近年は、担い手不足などの影響で、高温条件下で大きな亀裂が発生しているにも関わらず、湛水しないなど生育後半においても適正な水管理が行われぬ圃場を目にする場合がある。生育後半の過乾燥は、ケイ酸の吸収を阻害しやすい。そこで、過乾燥により大きな亀裂が発生した圃場と亀裂が認められぬ圃場のイネについて登熟期の水分吸収量を比較した。その結果、図-11に示すように大きな亀裂が発生した圃場においては、亀裂の発生が認められぬ圃場

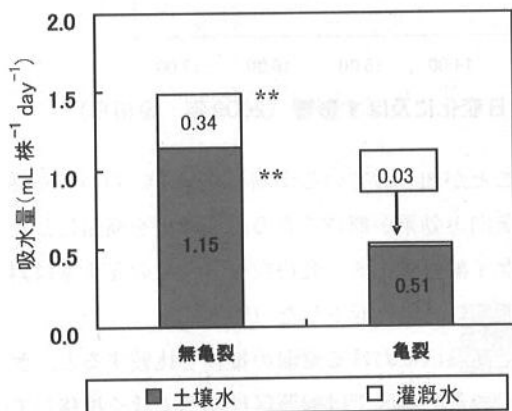


図-11 亀裂の有無がイネの水分吸収に及ぼす影響 (2008年, 金田ら)

に比べて、土壌水や灌漑水の吸収量は明らかに少なかった。

これは、土壌が下層まで過剰に乾燥しすぎて大きな亀裂が発生する状態になると上根が切断されるとともに、下層への浸透水量が過剰になり、イネの水分吸収が著しく抑制されることを示している。

この結果から、過剰な乾燥により生ずる大亀裂はイネの水分吸収を抑制することがわかり、特に高温条件下においては適切な水管理によって根圏を過乾燥にさせない対策が重要になる。

8. 高品質米とイネの窒素吸収

図-12は、土壌タイプ別の白粒米発生率を示したものである。白粒米発生率は、粘土含量が多く保肥力が大きい強グライ土やグライ土に比べて砂壤土や灰色低地土など保肥力が小さく乾燥しやすい土壌タイプにおいて高まる傾向が見られる。したがって、生育後半まで養分供給が持続しにくい土壌タイプでは、有機物や土壌改良資材の施用が重要になる。

次にイネの窒素栄養と白粒米発生率の関係を検討した。図-13に示すように、白粒米の発生率は、葉身窒素濃度が増加するに伴い減少している。

また、図-14には、白粒米の発生率が異なる圃場におけるイネの生育時期別窒素吸収量を示した。白粒米発生率が低いイネは、発生率が高いイネに比べて生育後半の窒素吸収量が多いことがわかる。これは、白粒米の発生を防ぐには、生育後半の稲体窒素栄養を適正に維持することが重要であることを示している。

9. 高温に対応する総合管理

これまで、土づくりを中心に高温に対する対

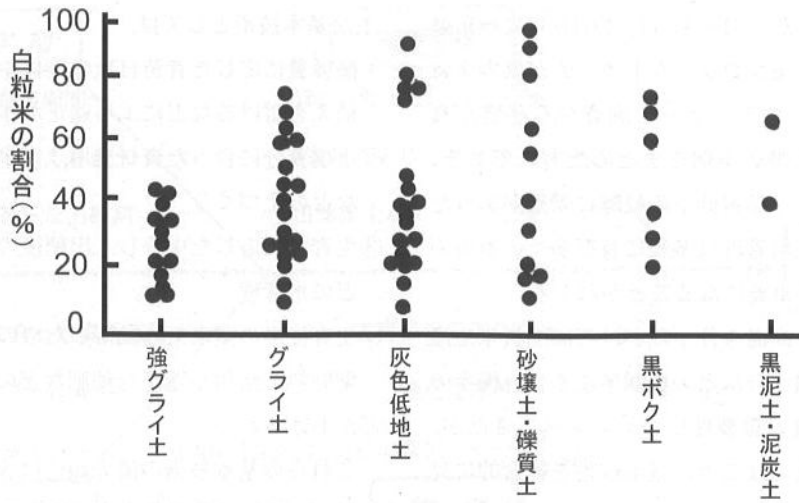


図-12 土壤タイプと白粒米の割合 (1994年, ササニシキ; 児玉ら)

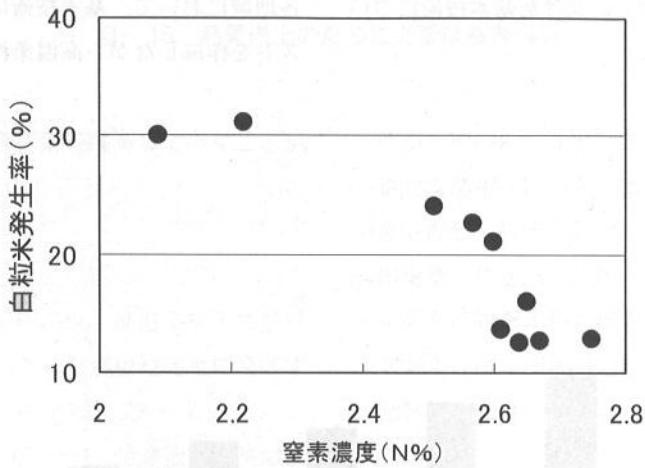


図-13 穂揃期の上位3葉身の窒素濃度と白粒米発生率の関係 (2000年, 金田ら)

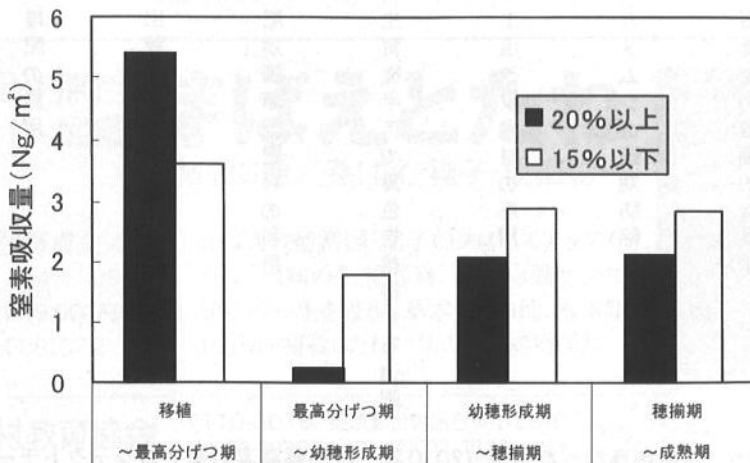


図-14 白粒米発生率別の期間窒素吸収量 (2000年, 金田ら)

策を述べてきた。図-15は、2010年に秋田県イネ作高温対策プロジェクトチームが県内JAに対して行ったアンケート調査から品質が良かった栽培管理の事例をまとめたものである。これを見ると、品質低下の軽減に効果があったと思われる栽培管理は多岐に及び多くの対策の組み合わせが重要になることがわかる。

これまで、高温条件下における高品質米生産における土壌水分などの根圏環境や生育後半の稲体窒素栄養の重要性について述べてきたが、やはり最も大切なことは基本技術を総合的に見直し、それを徹底することである。

図-16は、品質向上に向けた基本技術についてまとめたものである。

主な基本技術としては、

- ①播種量に応じた育苗日数の確保や無理な早植えを避けるなどによる適正な作期の維持
- ②土壌養分に合った資材施用、排水性向上対策などの土づくり
- ③生育量に応じた中干し、出穂後の水分供給などの水管理
- ④生育後半の窒素栄養維持のための肥効調節型肥料の活用や適正な穂肥などの施肥管理などがあげられる。

これらの基本技術の優先順位は各地域や土壌タイプによって異なると考えられる。そのため、各地域において、基本技術に関するチェックリストを作成しながら高温条件下における高品質

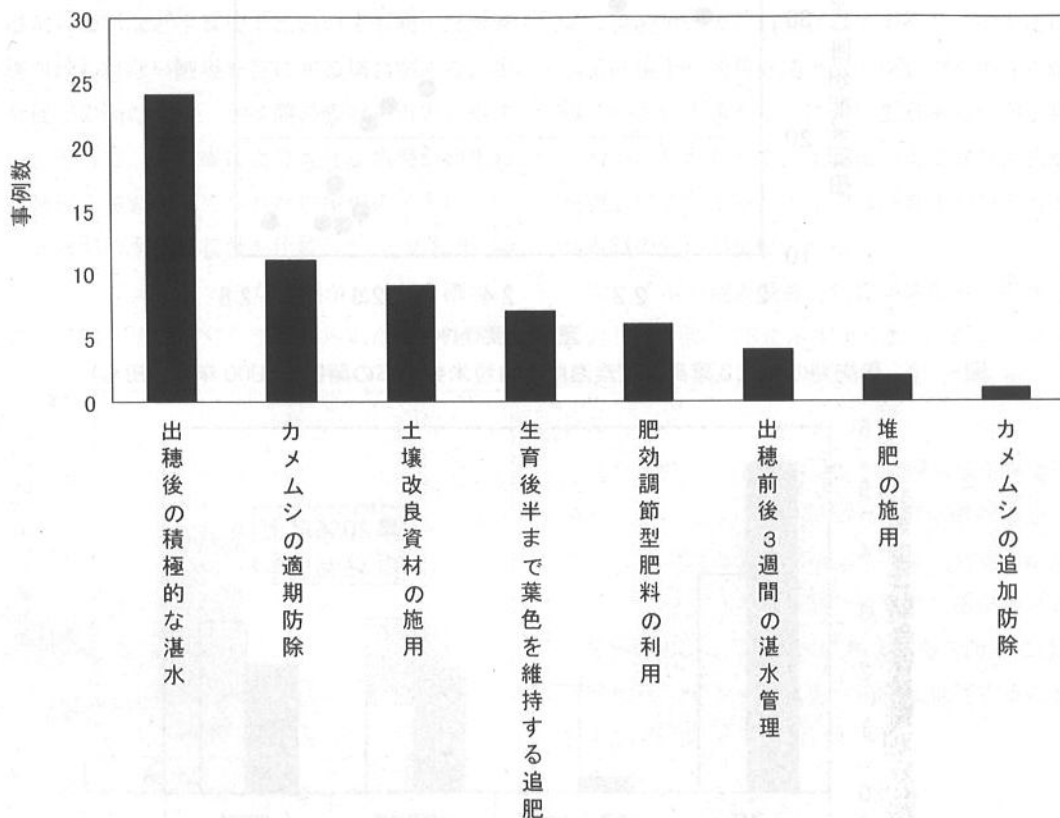


図-15 品質が良かった事例 (2010年, 秋田県高温対策プロジェクトチーム)

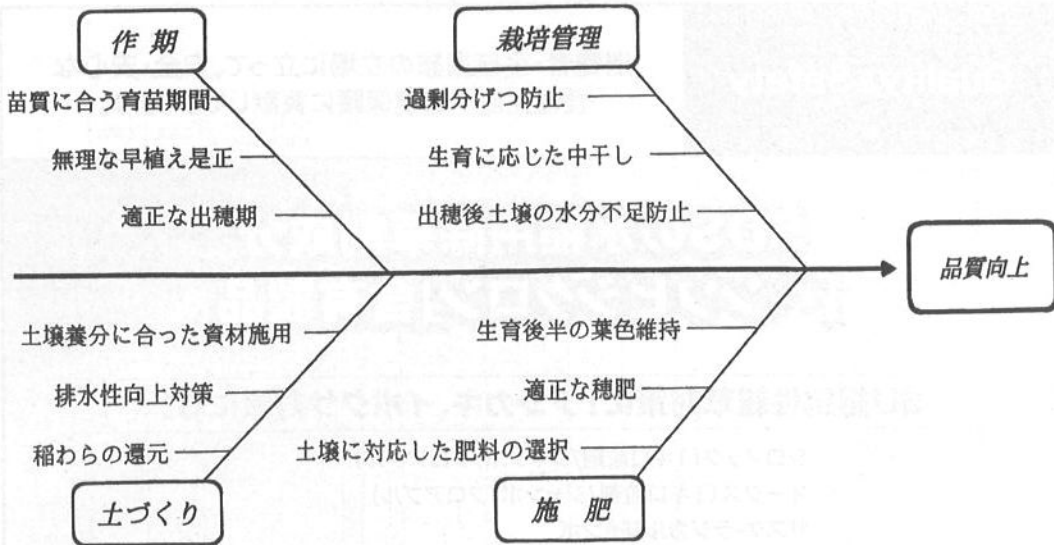


図-16 品質向上のために必要な基本技術

米のための安定栽培技術を構築していくことが期待される。

参考文献

- 1)金田吉弘・進藤勇人2000. 高温条件下における水稲窒素吸収パターンが白粒発生に及ぼす影響. 日作東北支部報 43 : 73 - 75.
- 2)金田吉弘・武蔵重満2001. 生育後半の高温条

件が水稲の肥料窒素吸収に及ぼす影響. 日作東北支部報 44 : 85 - 86.

- 3)金田吉弘・高橋大悟・坂口春菜・金和裕・高階史章・佐藤孝2010. ケイ酸質肥料が登熟期の高温処理水稲の葉温・気孔コンダクタンスおよびケイ酸吸収に及ぼす影響. 日本土壤肥科学雑誌 81 : 504 - 507.

新装版

原色図鑑 芽ばえとたね

—植物3態／芽ばえ・種子・成植物—

浅野貞夫／著
A4判 280頁
定価：9,000円＋税
ISBN978-4-88137-115-2

芽ばえの細密図・種子のクローズアップ写真・成植物の生態写真、これら3態セットで植物の一生を表現。草本類480種、木本類160種を掲載した他に類のない植物図鑑。



全国農村教育協会

〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6
TEL.03-3839-9160 FAX.03-3833-1665

<http://www.zennokyo.co.jp>