

# 1 水稲

## 1 現在の気候変動影響と適応策

水稲の収量は、気温及びCO<sub>2</sub>濃度の上昇に伴い増加する傾向にあります。2061～2080年頃をピークに玄米の小粒化(千粒重が軽くなる)傾向により収量が減少に転じ、コメの品質の指標である整粒率は低下すると予想され、収量品質ともに気候変動の影響を受けることが予想されます。栃木県の水稲の年平均収量は1960年代から増加を続けていましたが、2004年以降は増加傾向が鈍っています。これは気候変動の影響も考えられますが、社会的な要因(食味重視など)も考えられます。

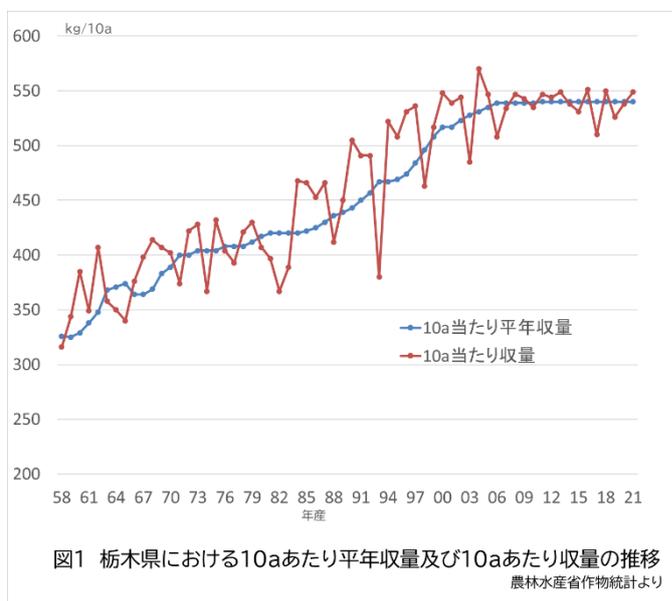


図1 栃木県における10aあたり年平均収量及び10aあたり収量の推移  
農林水産省作物統計より

また、水稲の品質について栃木県における1981年からの1等米比率(%)を示しました。過去、2001年に1等米比率が40%となったのが最低です。品質低下の要因を解析すると、2001年以前の品質低下の要因は、低温・日照不足、2002年以降は高温によるものと考察されました。近年は高温による品質低下が多いようですが、栃木県は概して品質が高位に維持されており、気候変動が米の品質に大きく影響しているとは言い切れません。

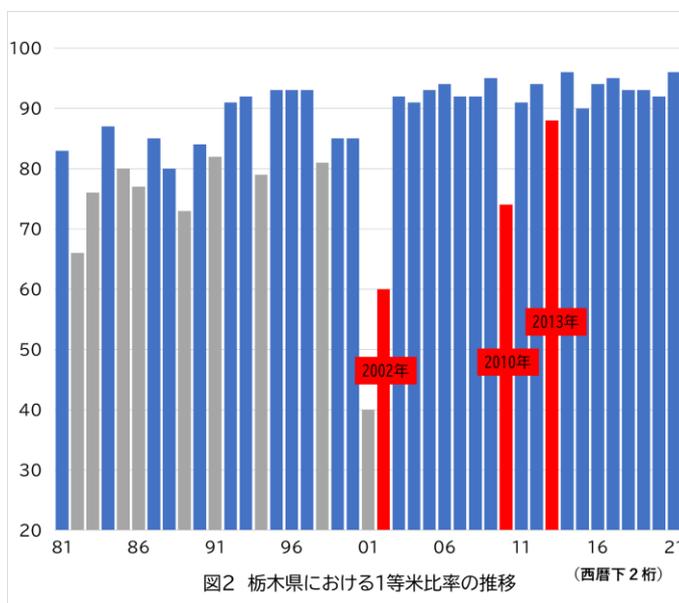


図2 栃木県における1等米比率の推移 (西暦下2桁)

それでも、2023年のように、稲の生育期間の高温は品質面への影響が大きく白未熟粒の発生、胴割米の発生、カメムシ類による着色米、不稔が増加すると予想されます。

## (1) 現在生じている気候変動影響

表1 現在生じている気候変動影響

影響を引き起こす気候	作物の症状	品質・収量等への影響	被害の大きさ ※1	被害の発生頻度 ※2
出穂・登熟期の高温	ア 白未熟粒の発生	品質低下	大	高
	イ 粒の充実不足	品質・収量低下	中	高
	ウ 胴割米の発生	品質・収量低下	大	高
出穂期以降の高温・多雨	エ 作期の前進	品質・収量低下	中	中
開花期の高温	オ 高温不稔	収量の低下	中	中
種子予措～育苗期の高温	カ 病害虫の発生	種子の生産量低下等	中	中

※1：生産量の減少程度で大、中、小、※2：一定年数中の発生年の割合で高、中、低

### ア 白未熟粒の発生

登熟初中期の高温（出穂期から20日間の平均気温が27℃以上、最高気温34℃以上、最低気温24℃以上のいずれかの日が5日以上続く等）によって、白未熟粒が多くなります。

高温に遭遇した時期によって発生部位が異なり、心白、腹白、背白、乳白粒等を総称して白未熟粒といわれており、胚乳細胞へのデンプン蓄積が阻害されて発生します。白く見えるのは、デンプン粒間に空隙が生じ、そこで光が乱反射するためです。穂の温度が高くなると、胚乳細胞でのデンプン蓄積が阻害され、デンプン粒の間に隙間が生じます。

また、①総粒数と稲体と比べて総粒数が過大になる、②フェーン現象や早期落水などによって水ストレスを受ける、③登熟期の日照が不足する、④稲の栄養が不足する等で発生が助長されることが知られています。

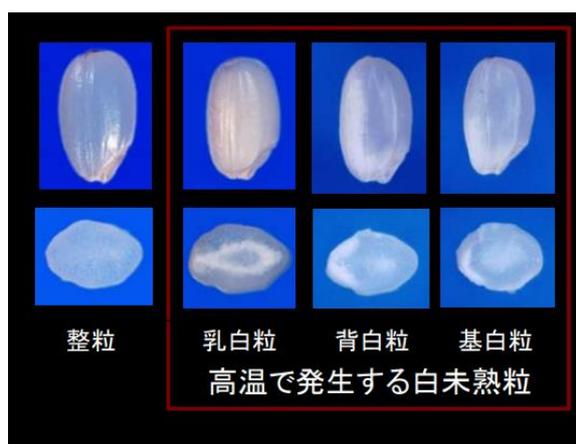


図3 白未熟粒の種類



図4 白未熟粒の発生過程

## イ 粒の充実不足

登熟期の平均気温が22～23℃付近を越えると玄米1粒重が低下します。最も玄米1粒重を低下させる時期は開花後10日目前後から16日目前後の登熟盛期です。

## ウ 胴割米の発生

登熟初期の高温の影響に加え登熟後期及び収穫後の玄米水分変化が指摘されています。籾が急激に成長し、そのことが籾の内部構造やデンプン蓄積に影響を及ぼして、胴割れしやすい米質になると考えられています。

また葉色が淡く登熟期の栄養が不足している場合や、早期落水や刈遅れにより籾の含水率が過度に低下する、作土が浅く籾含水率が過度に低下する、高水分籾を高温で乾燥する等により発生が助長されることが知られています。



図5 胴割米

## エ 作期の前進

発育段階が前進することは、移植から成熟までの発育期間の短縮、光合成によるバイオマス蓄積量の減少等につながり、この2つは減収の大きな要因とされています。

## オ 高温不稔

水稻は一般に午前から昼にかけての数時間に開花しますが、開花時に水稻の穂(穎花：えいか)が高温に曝されると、おしべの葯の裂開が阻害されたり、裂開しても葯から花粉がめしべの柱頭にこぼれなかったりして、受粉が阻害されて実らなくなります。

高温不稔の発生メカニズムは、未解明な部分も多いですが、石丸ら(2008)は館林市において出穂後5日間の最高気温が38℃に達すると不稔率が10%を超えるほ場が多いことを報告しています。また、長谷川ら(2008)は、つくば市の精密ほ場で発生した不稔について開花期の日最高気温34℃以上の積算値が不稔の発生率と関係していると報告しています。

## カ 病害虫の発生

### (ア) カメムシ類被害の増加

東北地方では 2000 年ごろからカスミカメ類による斑点米が全域的な問題となり、1999 年には斑点米の発生面積が 17.6%と急増した結果、多くの水稲に落等被害が起きました。また、2002 年には夏季の長雨と日照不足にも関わらず同様に斑点米被害が多くみられました。菊地ら(2004)は、東北地方における、カメムシ類の発生と被害実態、気象条件の関係を分析して、6~8 月の平均気温と斑点米被害との間に正の相関があること、降雨日数とカメムシ類の間に負の相関があることを明らかにしました。

特にカメムシ類の分布拡大については Kiritani(2007)が耕作放棄地の増加に伴う寄主植物の分布と気象要因を主要因として挙げています。大友(2013)は気象要因に着目して分析した結果、6~8 月の平均気温が平年値を上回る年が複数年続く場合に密度が高まる傾向にあることを示しました。

イネカメムシは、1950 年代頃まで水稲の斑点米被害の主要因でしたが、栽培時期の全面早期化や化学合成殺虫剤の普及により、全国的に発生が減少しました。ところが、2010 年代頃から全国各地で被害が報告されるようになり、2020 年代に入ると県内でも局所的な発生がみられました。近年のイネカメムシの増加には複数の要因が関与していると考えられていますが、その一つとして気温の上昇による世代数の増加が疑われています。

イネカメムシの被害は斑点米だけでなく、出穂期の加害により不稔となり、収量低下につながる大きな問題となります。本種は主に林の縁付近の落葉下で越冬しますが、越冬場所から出穂前後に水田へ直接飛来するため、出穂期に合わせた適期の殺虫剤散布が重要です。

さらに、令和 3 年には県南部でミナミアオカメムシの発生が初めて確認されました。本種は、水稲の斑点米カメムシとして重要な種の一つですが、大豆や野菜等の幅広い農作物も加害します。以前は、西日本の温暖な地域のみ分布していましたが、2025 年の調査では栃木県内でも越冬が確認されており、今後の動向に注意が必要です。



図6 栃木県内の主な斑点米カメムシ(出典:農業総合研究センター環境技術指導部)

表2 主な斑点米カメムシ類の発生活長と斑点米の被害

カメムシ名	大型カメムシ類		小型カメムシ類
	クモヘリカメムシ	イネカメムシ	アカスジカスミカメ
発生活長	年2回発生で 発生のピークは 越冬世代が7月頃 当年世代が8月頃	年2回発生で 発生のピークは 越冬世代が7月頃 当年世代が8月頃	年3～4回発生で 発生のピークは 越冬世代が5月頃 当年世代が6月頃
斑点米の被害	 <p>籾殻を突き破る様に口針を差し込み、頂部や鉤合部に斑点を生じさせる。</p>	 <p>籾の基部から口針を差し込むため、玄米基部に斑点を生じさせる。 <u>小穂や穂軸から吸汁するため不稔が発生する。</u></p>	 <p>内穎・外穎の縫合部や籾の先端のすき間から口針を差し込み、玄米の先端や玄米の中央に縦長の斑点を生じさせる。</p>

### (イ) いもち病の高温抑制

いもち病は低温（20～25℃）、多雨、日照不足などの条件下で発生しやすくなり、梅雨明けの30℃を超すような高温や多照によって停滞することが明らかになっています。この停滞減少を「高温抑制」と呼び、緯度が低くて標高の低い地域ほど起こりやすいとされています。気温上昇は、この高温抑制現象が起きる地域が拡大するため、今後の気候変動によっていもち病の発生地帯は縮小するとともに北上することが予想されます。

## (2) 現在実施されている適応策（5年後の営農を見据えて取り組める事項）

表3 現在実施されている適応策

作物の症状	現在実施されている適応策	適応策の 効果※	留意事項
白未熟粒の発生	ア 水管理の徹底	A	用水の総量が決まっているため、急に湛水を指導してもタイミングによっては実施が困難な地域があります。同様の理由から、かけ流しの指導も困難です。
	イ 土壌改良	B	
	ウ 品種転換	A	
	エ 適正な肥培管理	A	
胴割米の発生	オ 早期落水防止	A	中生の晩～晩生品種の作付割合が増加しており、9月以降の用水の必要量が増加していますが、送水量が決まっているため、通水時期を延ばすなどの対応が求められています。
	カ 刈遅れ防止	A	担い手の規模拡大に伴い、天候によっては適期内に刈り終わらない事例がみられます。
病害虫の発生	キ カメムシ類防除	A	畦畔の草刈り時期によっては、カメムシ類を本田に追い込むことになり、被害を拡大させます。 イネカメムシは出穂期の加害によって稲に不稔を発生させます

※A：優れた効果がある、B：効果がある、C：やや効果がある

高温登熟障害の対策技術は、登熟期に高温に当てないようにする高温回避型と、高温に耐える力を強化する高温耐性型があります。また、技術のタイミングによって、登熟期が高温になるかどうかわからない段階で施す予防型と、登熟期が高温になってから、あるいは高温のリスクが高まってから施す治療型があります。

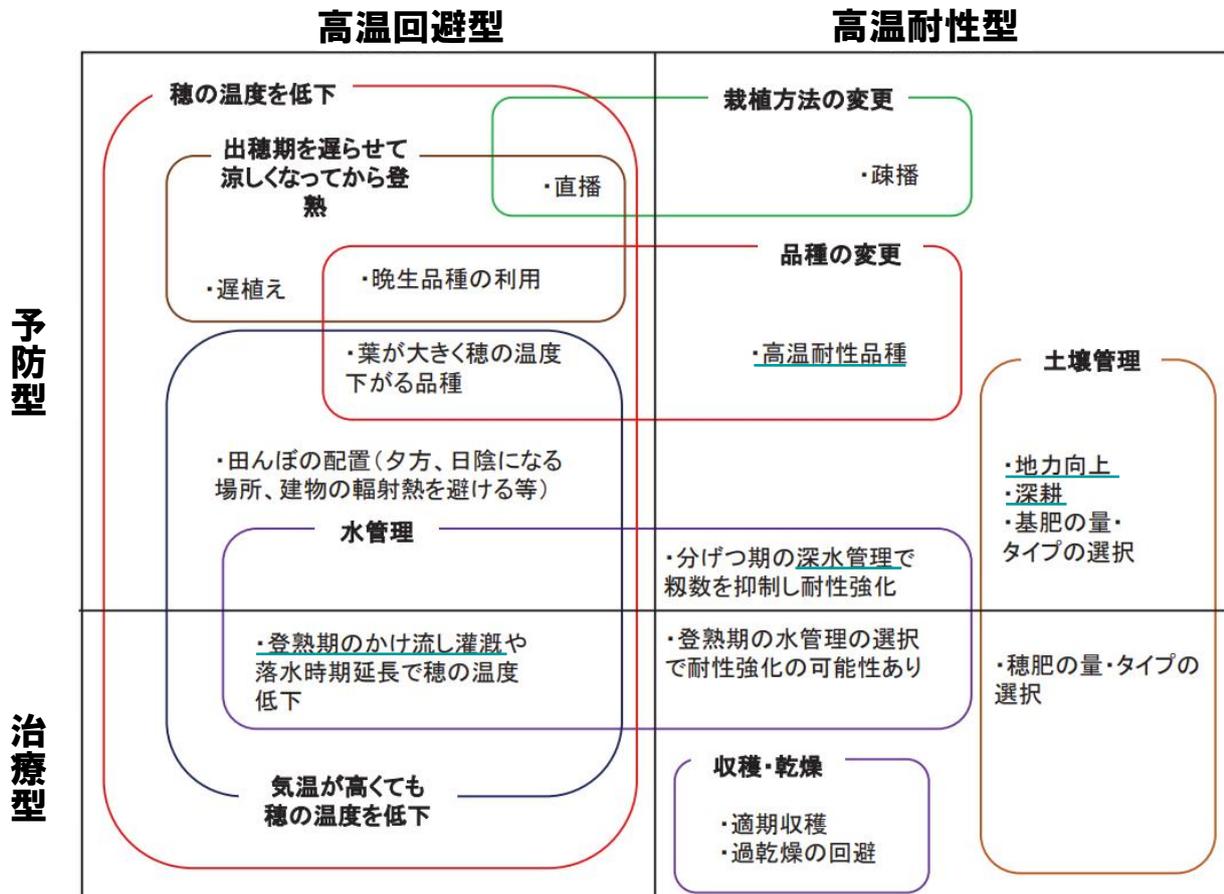


図7 水稻の高温登熟障害の適応策例(九州沖縄農業研究センターより作成)

## ア 水管理の徹底

### (ア) 深水管理

分けつ期には、無効分けつの発生を抑えるため、ほ場内を深水になるよう管理します。こうすることで、白未熟粒を引き起こしやすい籾数過剰になることを防ぎます。

表4 水管理が茎次位別の白未熟粒の発生割合に及ぼす影響(農研機構 2013 より作成)

水管理	茎の次位	白未熟粒割合 (%)	
		2007年	2008年
慣行	主茎	8.87 a	6.08 ab
	最上位1次分けつ	4.76 b	7.95 a
深水	主茎	3.65 b	1.68 c
	最上位1次分けつ	3.97 b	2.95 c

## (イ) 中干し

中干しは、重粘土壌では強めに行い、砂質土壌では軽く済ませるなど、土壌の質によって調整します。それによって葉色を濃く保ち、背白粒や基部未熟粒の発生を防ぎます。

## (ウ) 間断かん水

出穂期から 20 日間の平均気温が 27℃以上、最高気温 34℃以上、最低気温 24℃以上のいずれかの日が 5 日以上続くと品質低下が大きくなります。昼間は自然落水させて夕方以降入水する「間断かん水」を継続し、ほ場内の地温・水温を低く保たせます。

表5 夜間かんがいの実施有無による品質の発生比率(%)

夜間かんがい	ほ場	乳白	背白	死米	腹白	白未熟	被害米
実施	1	1.2	0.0	5.0	1.0	1.2	1.2
	2	1.5	2.0	2.6	1.7	1.5	1.2
未実施	3	4.2	0.0	4.0	1.9	4.2	2.6

(出典:竹下ら(2013):「山田錦」における高温障害抑制のための掛流し灌漑試験、農業農村工学会誌、No81(4))を参考に作成

## (I) 通水

登熟期から収穫間際までできるだけ通水を続け、稲を冷やします。特に登熟初期は、かけ流しかんがいにして高温になるのを防ぎます。

胴割米防止対策として、出穂後の落水時期について早期落水とならないよう注意することも必要です。近年は品種が中生の晩～晩生品種の作付割合が増加しており、9月以降の用水の必要量が増加していますが、土地改良区などとの取決めにより送水量が決まっている場合があるため、通水時期を延ばすなどの対策を講じる必要があります。

## イ 土壌改良

登熟が良いほど、白未熟粒の割合が低下することが知られています。水稻にとって好適な栄養状態を保ち、根張りを良くして登熟後期まで根の活力を維持させ、登熟の向上を図ることが重要です。

## (ア) 作土深の確保

耕起時の耕深は15～20 cmを確保します。作土が浅いと、肥料養分が表層部に多いので根張りが浅くなり、初期に過繁茂になります。そのため、秋落ち的生育となり、倒伏しやすく、登熟が低下し、収量も不安定になります。さらに、登熟後期に枯れ上がりしやすく、胴割米が多くなるので、品質・食味低下の原因にもなります。また、風害や冷害等の災害も受けやすくなります。

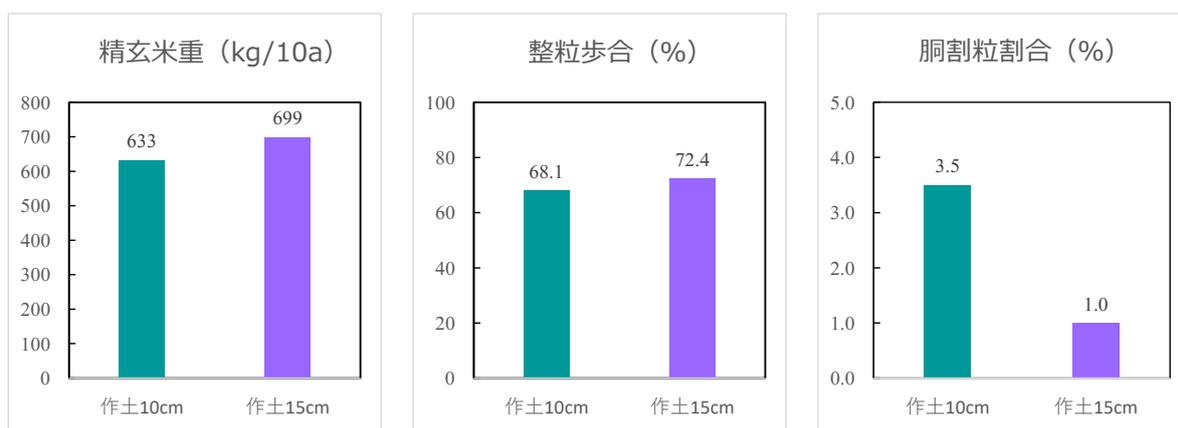


図8 作土深が精玄米重、整粒歩合および胴割米粒率に及ぼす影響(新潟県より作成)

## (イ) 有機物の施用

水稻が吸収する窒素の6～7割は地力窒素に依存し、この地力窒素は堆肥の連用により安定的に蓄積されます。また、そのほかに多くの養分を供給し、保肥力を高め、緩衝作用があるので作柄の安定や食味向上も期待できます。なお、未熟堆肥の投入は窒素飢餓や強還元による“根痛み”など初期生育の遅れを発生させたり、雑草種子がほ場へ持ち込まれたりする原因となることがあるので注意しましょう。また、堆肥の過剰施用は、倒伏や窒素分の過剰施用や根圏での強還元状態を引き起こす場合があるので、土壌診断に基づき適正な量を施用しましょう。

## (ウ) 土づくり肥料等資材の施用

土壌中のミネラル分を適性に保つため、土壌診断に基づき、目標値になるよう土づくり肥料を施用します。土づくり肥料により塩基、りん酸、けい酸等が充分供給されると、風害(台風時の青枯れ症や白穂等)や冷害等の気象災害に対する抵抗性が高まります。さらに、稲体の生理的活性を高めるばかりでなく、根張りが良くなるため登熟が向上し、収量安定・品質・食味向上につながります。また、有機物の分解促進にも役立ちます。

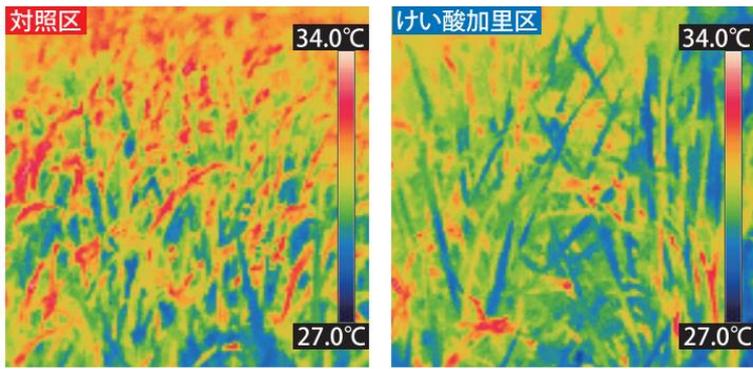


図9 稲の赤外線写真比較(全農)

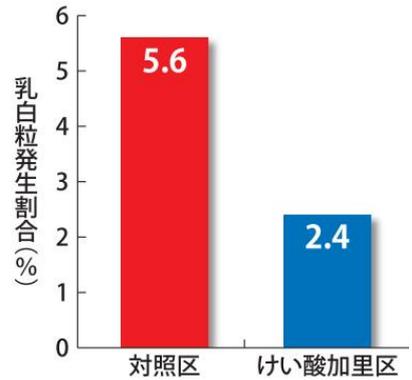


図 10 乳白粒発生割合におよぼすけい酸質肥料の影響(全農)

### (I) 透排水性改善

水田の日減水深は、20 mm程度が適切です。日減水深(1日あたりにほ場の水位が減る量)が小さいと、強還元状態になるので、根の生理的機能が低下しやすく、有機物の分解が遅れ、土壌改良資材の投入効果も低下しやすいことが知られています。一方で、日減水深が大きすぎると、肥料が流亡しやすく、除草剤も薬害が発生しやすくなるので注意が必要です。

### ウ 品種転換

品種によって、白未熟が生じる温度に違いがあることが知られています。栃木県で広く栽培されている品種の中では「とちぎの星」が高温登熟性に優れ外観が良い品種ですので「とちぎの星」を利用しましょう。

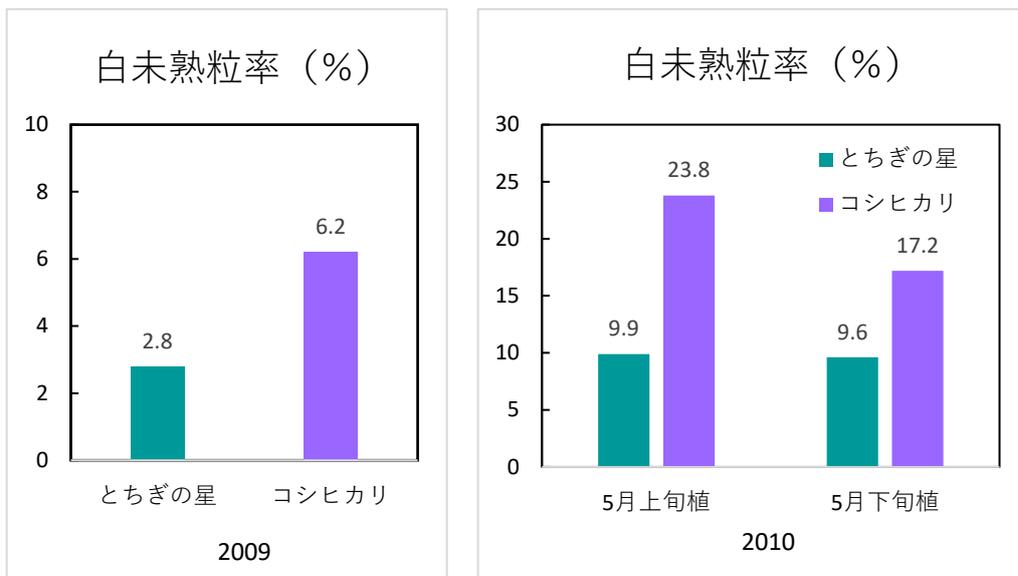


図 11 とちぎの星とコシヒカリの白未熟粒発生割合(栃木農試より作成)

## 工 適正な肥培管理

食味計による食味評価では、玄米のタンパク含有量が少ない方が高く評価される傾向にあるため、食味を重視する栽培では窒素施肥量を控える傾向にあります。窒素施肥量が少なく出穂期前後の葉色が淡すぎると、白未熟粒の発生が増加する傾向があります。高温時には、出穂期前後の葉色診断を行い適正な葉色で栽培することが求められています。

## オ 早期落水防止

水稻の登熟は出穂後約 40～45 日程度（帯緑色籾率 10%）の期間を要しますが、出穂後 20 日程度で落水すると、白未熟粒が増加する傾向があります。また、玄米が充実しないため収量減になることが多いことから、落水は出穂後 35 日以降に実施することが必要です。

## カ 刈遅れ防止

刈取り適期は、帯緑色籾率と登熟積算気温（出穂後の日平均気温の積算で 1,000～1,100℃）で判断します。出穂期から 1 か月が過ぎたら、ほ場で穂の基の方に残っている黄緑色の籾（帯緑色籾）の割合を確認します。帯緑色籾率が 10% になったら刈り始め、3% になるまでに終わらせます。

## キ カメムシ類防除

水田内外のイネ科雑草が穂をつけるとカメムシ類が増殖しますので、出穂期の 10～15 日前に発生源を除草すると、カメムシ類個体数を抑圧できます。一斉に、広域で除草すると、さらに効果が高くなります。ただし、出穂期以降に除草すると餌場を失ったカメムシ類を逆に水田内に呼び込むことになりかねないので、注意が必要です。

耕種的管理でカメムシ類を十分に抑圧できなかった場合は、本田での農薬散布が必要になります。有機リン系、合成ピレスロイド系、ネオニコチノイド系、フェニルピラゾール系等の薬剤が登録されています。イネカメムシ以外のカメムシ類の防除は、侵入ピークの穂揃い期と、発生程度によって、その 7～10 日後に追加防除が必要です。

化学的防除を行っても斑点米率が高い場合には、色彩選別機を利用する方法もあります。ポストハーベスト的な処理なので、水田への環境負荷がないという利点があります。ただ、選別機に 1 回かけると通常でも歩留まりは約 3% 程度低下します。

イネカメムシの防除は、①不稔防止を目的とした「出穂期防除」、②斑点米発生防止を目的とした「出穂後 7～10 日後防除」を基本とします。さらに発生状況により②の 7～10 日後に防除を行います。

イネカメムシによる不稔被害が懸念される地域では、地域ぐるみで面的に防除を行うことが重要です。また、出穂期に合わせて殺虫剤を散布する必要があるため、無人ヘリなどの散布計画を見直す必要があります。出穂期に合わせた共同防除が困難な場合には、ドローンを活用した適期防除や、出穂期前の予防的な粒剤の散布によって、一定の不稔抑制効果が確認されています。



図 12 これからの斑点米カメムシ類防除の防除  
 (出典:農業総合研究センター環境技術指導部)

## 2 20年後を見据えて準備しておく事項

今後、温暖化が進展すると水稻の収量・品質に大きな影響が現れてきます。特に出穂から成熟期にかけて高温に遭遇すると、白未熟粒を中心に品質低下することが試算されており、高温耐性品種である「とちぎの星」を用いても県南の一部においては、品質低下する可能性があります。

右のグラフは SSP5-8.5 シナリオで 2091-2100 年を予測し「コシヒカリ」と高温耐性品種の「とちぎの星」を作付けした場合、白未熟粒が発生する地域を示したものです。20 年後においても同様な傾向が発生することが予想されます。

高温耐性品種については、より能力の高い品種が開発されてくると考えられますが、品種導入だけではなく品質低下防止技術の組み合わせにより品質低下を回避することが大切です。

また、気候変動期には、夏季の高温だけではなく、水稻の減数分裂期（出穂前 10～12 日頃、幼穂長 8cm 前後）の低温による障害型冷害で不稔が発生する可能性も高まります。品種の選定では高温耐性だけではなく、耐冷性などの特性も確認して品種選定をする必要があります。

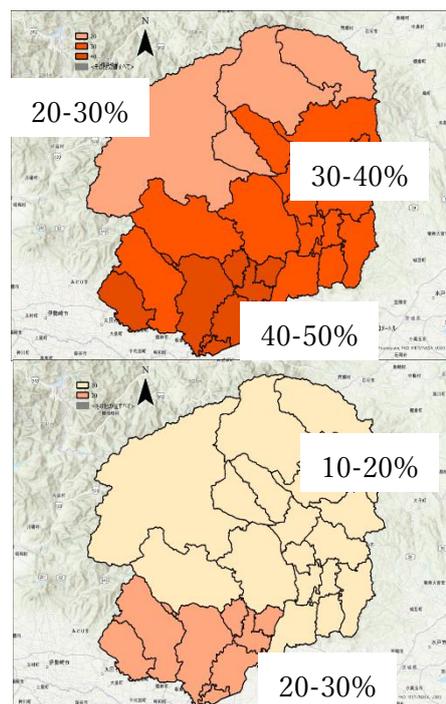


図13 SSP5-8.5 で試算した 2091-2100 年の白未熟粒の発生率(県気候変動対策課資料から)  
(上段:コシヒカリ、下段:とちぎの星)

## (1) 将来懸念される気候変動影響

表6 将来懸念される気候変動影響

影響を引き起こす気候	作物の症状	品質・収量等への影響	被害の大きさ		被害の発生頻度	
			※1	※2	現在	将来
			現在	将来	現在	将来
生育期間の低温	ア 遅延型冷害	生育が遅延して、成熟に至らず、収量が低下します。	小	↗	中	↗
	イ 障害型冷害	減数分裂期の低温により受精が妨げられ収量が低下します。	中	↗	中	↗
	ウ 複合型冷害	遅延型、障害型が複合的に起きます。また、低温によるいもち病が多発することで、収量が低下します。	大	↗	大	↗
生育期間の高温	エ 白未熟粒による品質低下	出穂期～登熟前期の高温により白未熟粒が発生し、品質が低下します。	中	↗	中	↗
	オ 胴割米の発生による品質低下	登熟前期の高温により胴割米が発生しやすい玄米構造になります。	大	↗	中	↗
	カ カメムシ類の発生密度が高くなり吸汁害による品質低下が拡大	カメムシ類が大量発生し斑点米の発生が増加します。	中	↗	中	↗
	キ 雑草生育の早期化	ノビエなどの雑草生育が早くなり、雑草害を受けやすくなります。	大	↗	中	↗

※1：現在は生産量の減少程度で大、中、小、将来は現在と比べて増加が↗、変化なしが→、減少が↘

※2：現在は一定年数中の発生年の割合で高、中、低、将来は現在と比べて増加が↗、変化なしが→、減少が↘

### ア 遅延型冷害

温暖化による気候変動については、極端な気象現象が現れやすくなることから、高温だけではなく、低温のリスクも増加することになります。水稻の生育前期（幼穂形成期前）に継続的な低温になると、生育が遅延し、出穂が遅れることにより成熟期に至らなくなることがあります。これを遅延型冷害と呼びます。特に、経営規模が拡大し移植時期が遅い場合、被害は拡大します。

### イ 障害型冷害

水稻の減数分裂期～花粉形成期（出穂前 10～15 日頃、幼穂長 8 cm 前後）に平均気温 18℃（平均最低気温 16℃）以下の低温に遭遇すると、花粉形成が妨げられるため、不稔が発生し、収量が低下します。

## ウ 複合型冷害

水稻の生育期間が低温で経過するため、遅延型・障害型の冷害が複合的に作用する冷害のタイプです。また、冷涼な夏はいもち病菌の生育適温となることが多く、冷害の症状にいもち病が複合的に発生する場合があります。

## エ 白未熟粒による品質低下

今後、温暖化が進展すると白未熟粒発生と密接な関係がある出穂期から出穂後 20 日間は高温となることが常態化すると考えられ、高温に耐性のない品種（「コシヒカリ」など）は、品質低下のため作付けできなくなることが予想されます。

## オ 胴割米の発生による品質低下

登熟前後の最高気温が高くなると予想されることから、玄米構造が脆弱になることで同割粒の発生増加が懸念されます。ほ場での胴割米（立毛胴割れ）が発生してしまうと適期刈取が実施されても、玄米の品質低下が避けられないと予想されます。

## カ カメムシ類の発生密度が高くなり吸汁害による品質低下が拡大

斑点米を発生させるカメムシ類が高温により現在より多く世代を繰り返す可能性があり、稲の生育期間中の虫数増加が懸念されます。また、冬期間の温暖化により、虫の越冬密度も高くなる可能性があり、より被害が増える可能性があります。

## キ 草生育の早期化

気温が高くなると、雑草の発芽、葉齢進展が早くなり除草剤等を施用する適期が狭くなることが想定されます。また、温暖地で問題となっている雑草（ナガエツルノゲイトウ等）が北上する可能性があります。

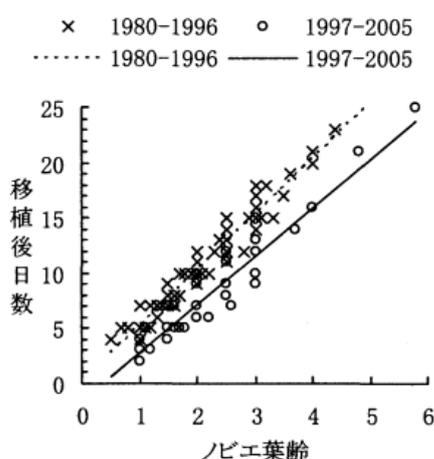


図 14 年次別ノビエ葉齢と移植後日数  
島根県農業技術センター

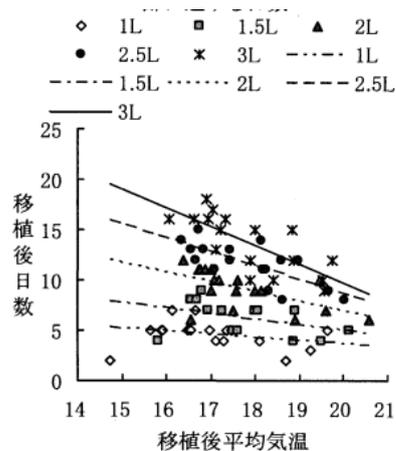


図 15 移植後の平均気温とノビエ各  
葉齢に達する日数  
島根県農業技術センター

## (2) 準備が必要な具体的な事項

表7 準備が必要な具体的な事項

具体的な実施内容	導入によって見込まれる効果	課題
ア ドローンによる生育診断に基づく適切な施肥	登熟期の高温回避が図られる可能性があります。	マルチスペクトルカメラの精度向上。
イ 地域の話合いによる適正な水資源の配分	地域の話合いにより、計画的・適正な水資源の配分が行われます。  広域水管理システム（iDAS）により地域として効率的な水資源の配分が可能になります。	適正な水管理を行うための、話し合いの場の設定が必要です。  土地改良区等が管理するシステムを制御するため、施設費がかかります。地域の同意が必要です。
ウ 5月上旬～下旬への移植時期分散	登熟期の高温回避が図られる可能性があります。	移植を分散しないと収穫作業が集中し労働力が不足する可能性があります。
エ 雑草対策	雑草の発生時期の前進化、生育速度早まりに対する、適用範囲の広い除草剤の使用により除草効果が高まります。	成分数の増加などに伴い価格が上昇する可能性があります。
オ カメムシ類対策	精密な発生予察情報の利用やスマート農業機器を用いた畦畔雑草管理などで、カメムシ類の発生密度の低下が図れます。	ロボット草刈機の導入などに経費を要します。予察情報の精緻化が必要です。
カ 高温耐性品種の利用	現在作付けている品種より高温登熟性の強い品種の選定により一等米比率が向上します。	とちぎの星、なすひかり、コシヒカリ、あさひの夢以外の品種は系統で扱うまでに数年かかります。

## ア ドローンによる生育診断に基づく適切な施肥

水管理は高温登熟障害への適応策として効果の高い技術の一つですが、ほ場ごとの管理となると時間のかかる作業であり、また夏期の高温期に作業することから作業への負担も大きくなり、ほ場数が多くなればなるほど適切な管理が困難になります。水管理システムをほ場ごとに設置することにより、詳細な水管理が可能となり高温登熟障害を減少させることが期待できます。

窒素を適期に追肥すると、収量が増加するほか、登熟期の気温が高い場合に発生する基部未熟粒や背白粒が減少します。ドローンを利用した生育診断と施肥は、追肥適期の年次変動や同一ほ場内での地力のばらつきへの対応といった労力のかかる作業を大幅に軽減できることから、気候変動への対応もスムーズに実行できます。

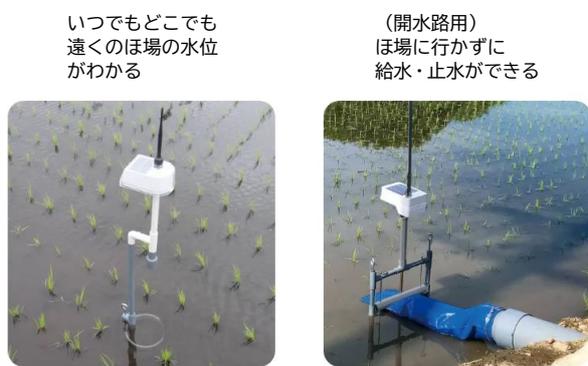


図 16 水管理システム



図 17 ドローンによる生育診断

## イ 地域の話合いによる適正な水管理

高温障害を回避するうえで、出穂前後の水管理はとても重要です。この時期に用水量が不足すると、品質のみではなく、収量まで影響します。高温時は利用できる水資源も不足しがちですので、地域で話合いにより効率的に用水を利用する必要があります。日頃から、水不足時の番水方法などについて話合いを行うことが大切です。

＜広域水管理システム（iDAS）により地域的な水資源の適正配分＞

個人での水管理システムだけでは、地域として供給される水が確保されなければ対応することは困難であるため、地域として水資源をコントロールするシステムを国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（以下、農研機構）で開発しました。

現在 ICT・IoT を活用した自動給水栓の導入など、ほ場の水管理の省力化に向けた取組みが進んでいますが、土地改良区が管理するポンプ場等の水利施設は、主に手で管理されており、管理労力や節水・節電の観点からも水管理の効率化・自動化が求められています。農研機構が開発した iDAS は、ほ場の水利用に応じた効率的な配水が自動的に行えるようになり、

施設管理者の省力化とポンプの節電・節水効果が期待されます。また、別に開発されている自動給水栓等と連携することにより、農家の水管理の省力化に加えて水配分状況の把握による計画的なかんがいが可能となります。

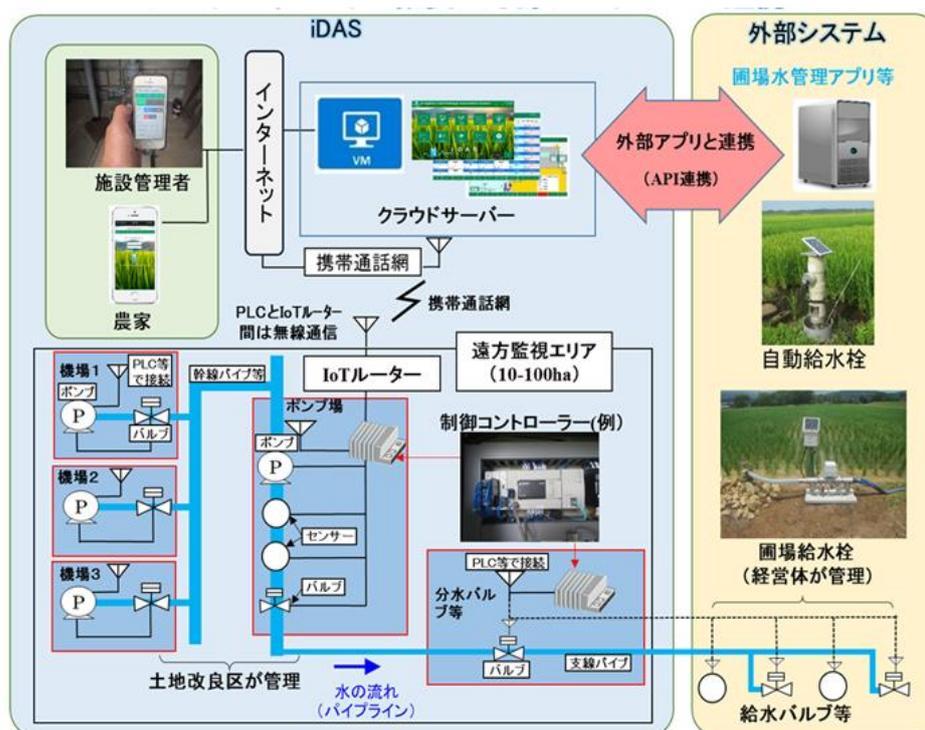


図18 システム(iDAS)の概要と外部システムとの連携

(参考文献：ICT を活用した圃場-水利施設連携による効率的な配水管理制御システムを開発

[https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/press/laboratory/nire/119976.html](https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nire/119976.html))

## ウ 5月上旬～下旬への移植時期分散

特定の時期に生育ステージが集中すると高温に遭遇する可能性が高まるので、移植時期を分散します。または移植時期を拡大することによってリスク分散を図ることも有効です。具体的には、①移植時期は5月上旬から下旬までに分散させる、②登熟初中期に高温を迎える可能性が高い4月移植は行わない、③移植時期の分散の程度は水利条件などの地域の実情を考慮し設定する、などで移植時期を検討しましょう。

## エ 雑草対策

除草剤の散布適期は、主にノビエの葉齢を基準にして決めている除草剤が多いことから、除草剤の使用時期が遅くならないように注意しましょう。また、散布適期幅が広い除草剤を選択することも有効です。

さらに、温暖地で問題となっているナガエツルノゲイトウ等雑草が北上する危険性もあるので、草種の鑑別や適応できる除草成分などの情報収集に努めることも大切です。



図 19 ナガエツルノゲイトウ

## オ カメムシ類対策

高温によりカメムシ類の数が増えることが想定させることから、畦畔除草などで、カメムシ類の数を制御しながら管理することが重要です。草刈りなどは、猛暑の中での作業になることから、RC草刈機やトラクターに装着できるハンマーナイフモアなど軽労化しながら畦畔管理できる技術の導入が必要となります。



図 20 トラクターアタッチ草刈機



図 21 ラジコン(RC)草刈機

## カ 高温耐性品種の利用

農研機構では、現在高温登熟性が問題となっていない北海道を除く全国の主要な水稻既存品種の高温登熟性を調査分類しています。これらを参考に将来を見据えて新たな品種の導入計画を立てることにより対策できます。

表8 高温登熟性標準品種(農研機構)

地域区分	生態型	3	4	5	6	7
		弱	やや弱	中	やや強	強
寒冷地北部・中部	極早生・早生	駒の舞 初星		むつほまれ あきたこまち	ふ系227号 里のうた こころまち	ふさおとめ
	中生	ササニシキ		ひとめぼれ はえぬき	みねはるか	
	晩生・極晩生			コシヒカリ	つや姫	笑みの絆
寒冷地南部	極早生・早生	初星		あきたこまち ひとめぼれ	ハナエチゼン	
	中生	ともほなみ	コシヒカリ			笑みの絆
	晩生・極晩生	祭り晴		日本晴 みずほの輝き	あきさかり	
温暖地東部※	極早生・早生	初星 あかね空		あきたこまち コシヒカリ	とちぎの星	ふさおとめ 笑みの絆
	中生	彩のかがやき さとじまん		日本晴	なつほのか	
	晩生・極晩生	葵の風 ヒノヒカリ		シンレイ	コガネマサリ	
温暖地西部	極早生・早生		キヌヒカリ	あきたこまち ひとめぼれ コシヒカリ	ハナエチゼン つや姫	ふさおとめ
	中生	祭り晴		日本晴		
	晩生・極晩生	葵の風 ヒノヒカリ			コガネマサリ	
暖地	極早生・早生	初星 祭り晴	黄金晴	日本晴	みねはるか	なつほのか
	中生	ヒノヒカリ	シンレイ	にごまる	コガネマサリ	おてんとそだち
	極早生・早生	あきさやか	たちはるか		ニシヒカリ	

※栃木県は温暖地東部に該当

## ◇農業保険の活用

### ・収入保険(青色申告している方)

気象災害による収入減少だけでなく、価格低下なども含めた収入減少を補償する収入保険があります（農作物共済との併用はできません）。

### ・農作物共済（収入保険との併用はできません）

自然災害等による、収量減少を補償する加入方式（半相殺方式・全相殺方式・地域インデックス方式）と収量減少または品質低下による生産金額の減少を補償する加入方式（水稻品質方式）の4つの加入方式から個々の農家が選択できます。全相殺方式と水稻品質方式には加入条件があります。

全相殺方式：全量をJA等で乾燥調整している方

青色・白色申告書類で収穫量が確認できる方

水稻品質方式：全量をJA等へ出荷し、品種ごと、等級ごとの収量が把握できる方

### ・園芸施設共済

自然災害等（春先の突風、大雪、台風等）による水稻育苗ハウス損害への備えとして園芸施設共済があります。

### ・保管中農産物補償共済（収入保険との併用はできません）

農作物共済（水稻）の加入者が対象です。収穫後、納屋・倉庫に保管中及び集荷施設・出荷先への輸送中の米を実損額（1口当たり100万円）で補償します。