

気候変動による稲の高温障害の発生と対応策

農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業総合研究センター

丸 山 篤 志

1. はじめに

気候変動に関するこれまでの研究から、20世紀後半から地球全体の平均気温が上昇傾向にあることが知られています。一方で最近、国内では西南暖地を中心に稲の玄米品質低下が続いており、地球温暖化の影響が指摘されています。夏季の気温上昇は稲の登熟に影響を与えるだけでなく、出穂の時期（タイミング）も早めることから、登熟期がシフトするなど様々な形で品質に影響を与えていると考えられます。また、将来的には、さらなる気温上昇によって高温不稔の発生による収量の低下も懸念されます。ここでは、近年の玄米品質低下の原因となっている登熟期の温度環境の変化と、高温障害の対応策について、研究の取り組みを紹介します。

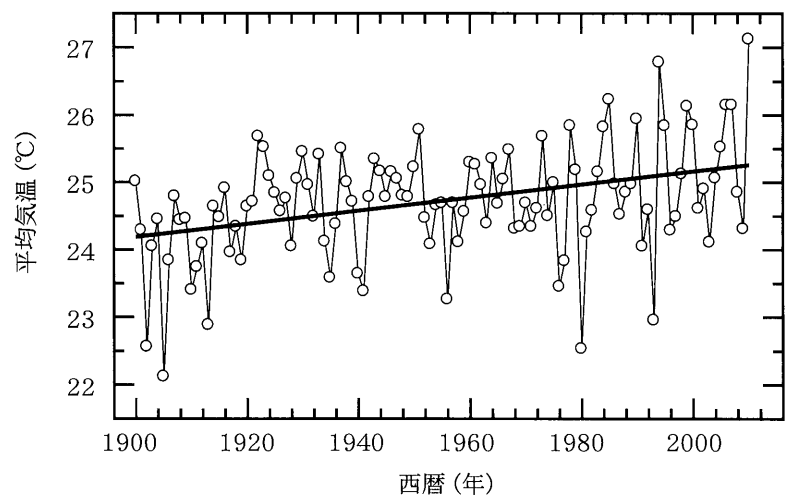
2. 気候変動による夏季気温の変化

近年発生している稲の高温障害の要因として、気候変動による稲作期間中の気温の上昇が挙げられます。稲作期間のうち、普通期水稻の出穂期～登熟期に相当する8月に着目すると、日本の8月の平均気温は20世紀の初め（1900年）から2010年にかけて1.1℃（10年あたり0.1℃）上昇しています（図1）。特に、1980年代から平均気温が26℃を超える年が出現するようになり、九州・四国など西南暖地において玄米の品質低下が顕著になった時期と一致していることが分かります。

また、大都市や中都市の気象観測点では、このような気候変動に加えて、都市化の影響によると考えられる長期間の気温上昇が確認されています。そのため、市街地にある水田、あるいは都市に隣接する水田では、都市化による気温上昇が稲の品質に影響を与えている可能性もあります。

3. 稲作の時期の変化

近年の高温障害発生のもうひとつの要因として、出穂の早期化によって従来よりも暑い時期に登熟を迎えていることが指摘されています。例えば九州の稲作の時期は、登熟初期における台風遭遇の回避、あるいは晩生品種から中生品種への品種の変化により、これまで徐々に早期化がすすんできました（図1）。九州での平均的な田植えの



※気象庁の気候監視に利用されている17地点の平均値

図1. 近年における日本の8月の平均気温の変化

時期（田植期）は、1950年代には6月末から7月初めであったのが1990年代以降は6月中旬と、

2週間ほど早期化しています。他の地域でも同様に田植期は早期化していて、例えば関東では1950年代には6月前半であったのが現在は5月上旬と、1ヵ月以上も早くなっています。

田植期と同時に、穂が出て登熟を開始する時期（出穂期）も早まっています（図2）。例えば、九州の平均的な出穂期は、1950年代には9月10日頃であったのが現在では8月25日頃と、2週間ほど早期化しています。北海道や関東など他の地域でもやはり同様に出現期が早期化しています。さらに、これまでの稲の温度反応による実験では、気温

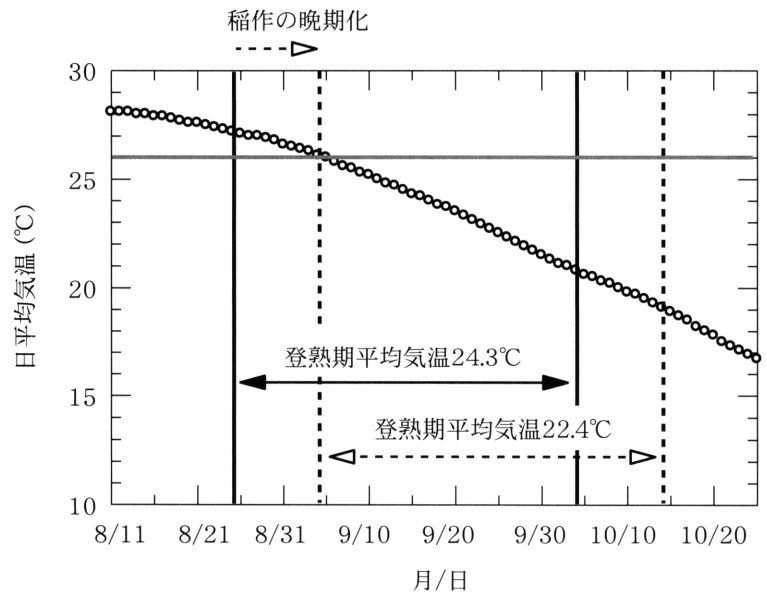
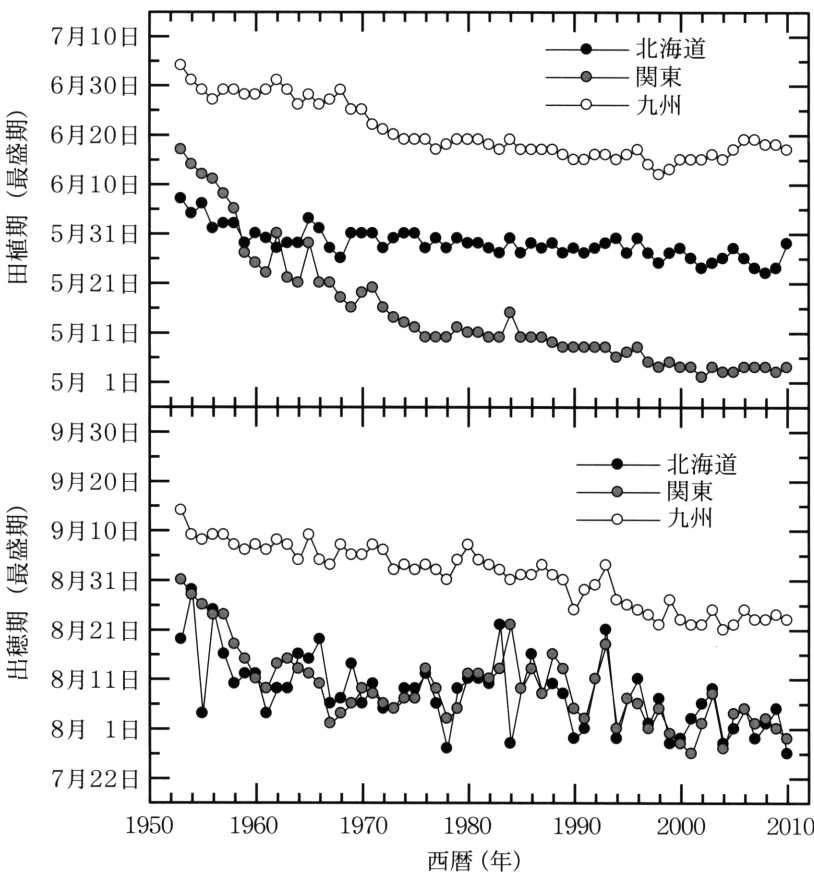


図3. 作期移動による登熟期気温の変化（佐賀）

上昇によって稲の生育が早まり、移植から出穂までの日数が短縮することが分かっています。すなわち、稲作の時期が早期化したことに加えて、出穂までの日数が短縮したことで、8月の暑い時期に登熟を迎えていることが、稲の高温障害を助長する要因となっています。

4. 作期移動や水管理による高温障害の対策

稲の高温障害の有効な対策として、稲作の時期をずらすことで高温を回避することが各地で試みられています。例えば、佐賀における平年の気候条件では、出穂期が現在の8月下旬（ここでは25日とする）よりも10日遅れることで、登熟期（ここでは40日間とする）の平均気温は24.3°Cから22.4°Cへと約2°C低下します（図3）。同時に、高温による品質低下が著しくなる目安の気温26°Cを超える期



※作物統計を元に作成。関東は茨城県、栃木県、千葉県、九州は福岡県、佐賀県、熊本県の最盛期の平均値。

図2. 近年における田植期と移植期の推移

間も短くなることが期待されます。

また、これまでの研究から、稲の高温障害の発生は稲体そのものの温度（植物体温）、特に穂の温度に大きく左右されることが分かってきました

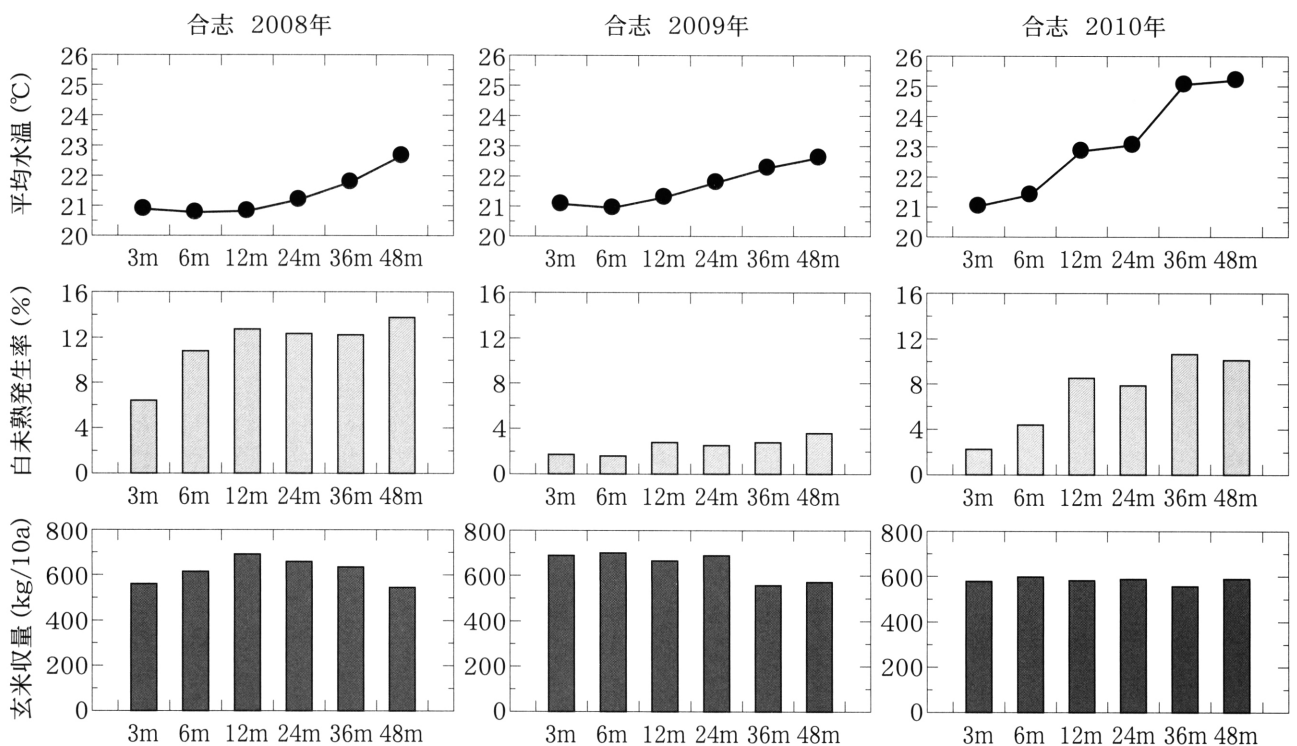
た。そのため、気温が高い場合でも水田の熱環境を改善することで、被害を軽減できることが期待されます。現在、水管理による熱環境の改善によって稲の玄米品質がどのように変化するのか、研究に取り組んでいます（写真1、図4）。実験からは、気温が同じでも、登熟期の平均水温が低いほど、品質の高いことが分かってきました。

5. 開花期の高温による不稔の発生

熱帯・亜熱帯地域では、稲の開花期の高温によって受精が阻害される高温不稔が度々発生していて、減収の大きな要因となっています。高温不稔の発生温度は品種や栽培条件によっても異なりますが、開花日の日最高気温がおおむね36℃以上になると、正常に稔実する籾の割合（稔実率）が低下します（図5）。2～3℃の温度の違いによって稔実率が

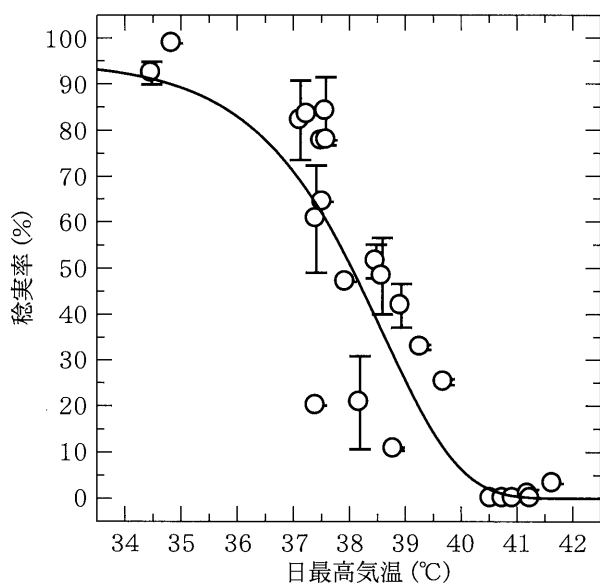


写真1. 水管理による高温障害対策試験の様子



※冷水灌漑時の水口からの距離による品質の違いについて、宮坂ら（2011）に水温データを追加して作成

図4. 登熟期の水温（出穂後20日間の平均値）による玄米品質の違い



※丸山ら (2013) のコシヒカリのデータを用いて作成

図5. 稲の開花期の温度と不稈発生の関係

急激に変化するのが特徴で、将来のさらなる気温上昇によって国内でも収量低下の要因となることが懸念されます。また、高温不稈は、気温だけでなく大気湿度あるいは二酸化炭素濃度によって

も被害が異なります。例えば、気温が同じでも湿度が低い場合は、一般には蒸散が活発で稲体の温度が低くなるため、不稈の発生が比較的少ないことが分かっています。そのため、玄米品質低下の対策と同様に、高温を回避するあるいは水田の熱環境を改善することで、被害をある程度軽減できることが期待されます。

6. おわりに

国内で比較的気温の高い西南暖地における稲の品質・収量の変動には、高温の直接的な影響以外にも、大規模な病虫害の発生あるいは台風にもともなう強風害・潮風害の発生など、突発的な出来事による被害のリスクが無視できません。将来の気候変動にともない、国内の害虫の生態・地域分布や台風など極端現象の発生頻度が変化する可能性も指摘されています。そのため、気候変動に対応して安定的な稲作を行うには、高温対策と同時に、各地域で稀に発生するような被害の変化も加味した上で、総合的なリスクの管理に基づいた対応を模索していく必要があります。