

## 農業水利用時期の変化を考慮した水資源影響評価：信濃川流域を事例として Impact assessment of water resources considering changes in a period of agricultural water use: a case study in the Shinano River watershed

○高田亜沙里\* 吉田武郎\* 石郷岡康史\*\* 丸山篤志\*\*\* 工藤亮治\*\*\*\*

Asari Takada\*, Takeo Yoshida\*, Yasushi Ishigooka\*\*, Atsushi Maruyama\*\*\*, Ryoji Kudo\*\*\*\*

1. はじめに 農業は気候変動の影響を最も受けやすい産業の一つであり、気温の上昇、特に夏季の高温が農作物の品質に大きな影響を及ぼしている。近年の一等米比率の低下は白未熟粒の増加が主な要因であり、さらにその白未熟粒の発生には登熟期の高温が関与している。この知見を踏まえて Ishigooka et al. (2017) は、日本全国を対象に水稻生育収量予測モデルによる影響評価を行い、日本の多くの地域で移植時期を現在より遅らせることで、品質低下が抑えられることを明らかにした。日本の流域では、水田灌漑に用いる水の 90%が時間的に変動する河川水に依存しているため、水資源の制約が水稻栽培に及ぼす影響が大きい。これまでも水田の作付期および灌漑期は、利用可能な水資源の制約を受けながら変化してきたことを踏まえると、水資源の制約により品質低下リスクを避けるための適応策（移植日の変更）を実施できない可能性がある。そこで本研究は、これまで個別に扱われてきた水稻の品質と水資源を結合した評価を行い、水稻の品質に対する気候変動の適応策が水資源に及ぼす影響を分析した。

2. 対象流域 信濃川流域は、国営土地改良事業地区の農地約 14,700 ha に加えて、県営事業等で水利施設が整備された広大な水田地帯が展開されている。山間部には世界有数の豪雪地帯を抱えており、積雪が灌漑期（5月～9月）の水資源として見込まれている。近年は登熟期（8月）の高温により新潟県産米の一等級比率が低下する懸念があり、高温耐性品種の導入や移植時期の分散等のリスク低減が図られている。

3-(1). 水稻生育収量予測モデルによる品質の評価 水稻の品質に対する影響評価には、H/Hモデル（Hasegawa and Horie, 1997）を使用した。品種や移植日、肥料投入量等の栽培管理データ、気象データから、水稻の発育過程と玄米収量を予測可能なモデルである。品質に関しては、出穂後 20 日間の日平均気温が 26 °Cを超過した値の積算（ヒートドース値）が白未熟粒の発生に影響することが示されている。そこで、Ishigooka et al. (2017) の定義に基づき、H/Hモデルとヒートドース値を用いて高品質米（高温による品質低下リスクが低い米）の収量を算出し、これを品質の評価指標とした。

3-(2). 分布型水循環モデルによる水資源評価 水資源の評価には、吉田ら（2012）の分布型水循環モデルを用いた。自然的な流出過程に加えて、農業用水の取水・還元、ダムや頭首工などの水利施設群による人為的な流況制御の影響を考慮可能なモデルである。灌漑期の河川流量が、利水基準点の正常流量を下回る日数（渇水日数）と積算量（渇水量）を各年で算出し、これらを渇水の評価指標とした。

\*農研機構 農村工学研究部門／Institute for Rural Engineering, NARO \*\*農研機構 北海道農業研究センター／Hokkaido Agricultural Research Center, NARO \*\*\*農研機構 農業環境研究部門／Institute for Agro-Environmental Sciences, NARO \*\*\*\*岡山大学大学院環境生命科学研究科／Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University

キーワード：分布型水循環モデル、水稻生育収量予測モデル、渇水分析

4. 水稲生育収量予測モデルと分布型水循環モデルを結合した影響評価 信濃川流域に空間解像度 1 km で両モデルを適用し、利水基準点である小千谷地点、および小千谷地点から取水している信濃川左岸用水地区を対象に評価した。適応策の一つとして作期移動の効果を明らかにするため、各メッシュに割り当てられた移植日（現行移植日）を -70~+70 日の範囲で 7 日間毎に移動させ、それぞれの移植日パターンについて各年の品質と渇水の評価指標を計算した。なお、分布型水循環モデルでは、移植日の変更日数に併せて、灌漑地区の取水期間やダムの灌漑放流期間を移動させた。気象予測値として、HadGEM2-ES の 3 つの気候シナリオ（Historical/1981-2000 年、RCP 2.6/2031-2050 年、RCP 8.5/2031-2050 年）を準備した。

各シナリオにおける高品質米の 20 年平均収量を比較すると（図 1）、適応策を実施しない場合（移植日の変更日数 0）には、RCP 2.6 と RCP 8.5 とともに Historical の 0.32 倍まで減収する結果が得られた。そして、両シナリオとも移植日を後ろにするほど品質が向上することが示され、RCP 2.6 では移植日を+70 日、RCP 8.5 では+63 日の場合に高品質米の収量が最大となった。適応策を実施しない場合の 20 年最大渇水量は、RCP 2.6 では Historical の 5.99 倍に増加し（図 2）、33 日の渇水が発生した。RCP 8.5 では移植日を+21 日以降にずらすほど最大渇水量が増加することが示された。RCP 2.6 では移植日を前にずらすほど最大渇水量が減少、後ろにずらすほど増加することが示された。

RCP 2.6 と RCP 8.5 のそれぞれで水稲の品質を最大化する移植日パターン（+70 日、+63 日）を適用した場合、現況で適応策を実施しない場合の最大渇水年（Historical/1900 年/0 日）と比較して、最大渇水量と渇水日数はそれぞれ 7.5 倍と 25 日（RCP2.6/2045 年/+70 日）、7.3 倍と 33 日（RCP8.5/2035 年/+63 日）増加する結果が得られた。

5. おわりに 信濃川流域では、気候変動が水稲生育と水資源の両方に影響を及ぼす。両者の変化を結合した影響予測を行うことで、仮に水稲の品質を向上させる適応シナリオを取ると、適応策無しの場合より水資源リスクが高まり、両者が競合することが示唆された。

謝辞 本研究は、環境研究総合推進費（S-18）の支援で実施された。記して感謝の意を表す。

参考文献 Hasegawa and Horie, *Applications of Systems Approaches at the Field Level*, 243-257, 1997. ; Ishigooka et al., *J. Agric. Meteorol.*, 73(4), 156-173, 2017. ; 吉田ら, 農土論集, 277, 9-19, 2012.

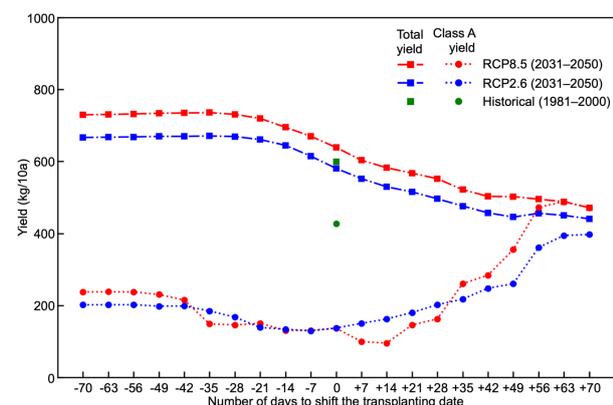


図 1 各移植日パターンにおける総収量と高品質米収量の 20 年平均値

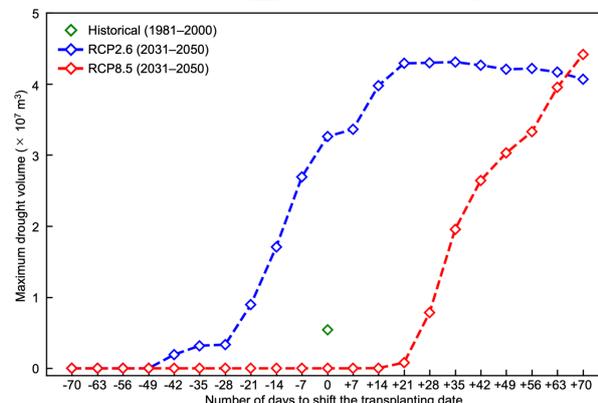


図 2 各移植日パターンにおける 20 年最大渇水量