

第Ⅱ部門

ダム補給に依存する稲作灌漑域の水利用リスク評価

京都大学工学部 学生員 ○井上 湧太
京都大学防災研究所 正会員 堀 智晴

1. 序論

少雨による渇水は稲作と密接な関係にある。現在日本の水資源の大半は稲作のための水田灌漑用水として利用されており、渇水は米の生産に大きな影響を及ぼす。このため、稲作灌漑域では農業用ダムやパイプラインを整備するなど渇水対策を講じてきた。他方、将来気候では地球温暖化に伴い降水回数は減少する一方で、一度の降雨における降水量は増加すると予測されている。降水形態の変化は、ダム補給を用いた灌漑作業にも影響を及ぼしうる。そこで、数値作物モデルを用いて気象条件に対応した灌漑必要水量を求め、ダム補給計算を行い、気候変動を考慮した将来の水利用リスクを評価する。

2. 作物成長—ダム補給モデル

灌漑必要水量の算定には、国際連合食糧農業機関(FAO)が開発した数値作物成長モデル AquaCrop をベースとしたモデルを用いる。AquaCrop は作物生育における環境やマネジメントが作物生産に及ぼす影響を評価することを目的に開発され、特に利用可能な水資源量の変動による作物成長への影響表現に特化している。AquaCrop が必要とする入力データは、大気データ・作物データ・土壌データの三種類であり、大気データから算出される有効温度の積算値(有効積算温度)により作物の生育段階が決定される。第*i*日の有効温度 $GDD_i[^\circ\text{C}]$ は以下の式(1)で表される。

$$GDD_i = T_{avg,i} - T_{base} \quad (1)$$

ここで、 $T_{avg,i}[^\circ\text{C}]$ は第*i*日の日平均気温、 $T_{base}[^\circ\text{C}]$ は作物の基底温度である。また、渇水や高温・低温といった生育に影響を及ぼす事象は、モデル内ではストレスとして表現されている。ダムからの放流を表現するモデルは、以下の式(2)で表される。

$$R = \max \left[\frac{S_e}{T}, \min \left\{ D, \frac{S_a}{T} \right\} \right] \quad (2)$$

ここで、 $R[\text{m}^3/\text{s}]$ は各日のダムからの放流量、 $S_e[\text{m}^3]$ は最大有効貯水量を超えた水量、 $D[\text{m}^3/\text{s}]$ は灌漑及び河

川維持に必要な流量、 $S_a[\text{m}^3]$ は利用可能な水量、 $T[\text{s}]$ は一日に相当する時間(=86,400s)である。なお、本モデルは作物成長期以外についても適用が可能であり、非灌漑期について D は河川維持流量となる。そして、後述の研究対象地域ではパイプラインを用いた灌漑補給が行われているため、ダムから供給される農業用水はロスなく各圃場に配水されると仮定してモデルを構築した。

3. 中勢用水地区における現在気候下での灌漑シミュレーション

本研究では、三重県の津市・亀山市に広がる中勢用水地区を対象とした。中勢用水地区内には 2,469ha の水田が存在しており、二級河川である安濃川が地区中心部を横断している。安濃川上流では中勢用水事業に基づき建設された安濃ダムが運用されている。安濃ダムは農業用の重力式コンクリートダムであり、運用開始当時における総貯水量は 1,050 万 m^3 、最大有効貯水量は 980 万 m^3 である。中勢用水地区では安濃ダム、安濃川、ため池の 3 つの水源から取水することで稲作を行っており、このうち安濃ダムは全灌漑需要量のうち 46%を供給する計画となっている。また、地区内ではパイプラインを用いた水路網が使用されており、ダムから供給される水を用いて効率的な灌漑作業を行っている。

中勢用水地区において 2010 年から 2019 年までの実際の降水量や流入量のデータなどをもとにシミュレーションを行った。ここでは、田植日におけるダムの貯水率を実際の貯水率と一致させたうえで、計画通り全灌漑需要量の 46%をダムから供給する場合のシミュレーション結果と実際の貯水率を比較した。図 1 に 2012 年における実貯水率とシミュレーションで算出される貯水率を示す。実験から得られる貯水量は実際の貯水率よりもやや過大に推定されたものの、貯水率の比較的大きな増減は概ね再現することができた。

4. 中勢用水地区における 150 年シームレス予測に基づくシミュレーション

中勢用水地区において 1950 年から 2099 年までの 150 年間について、RCP8.5 シナリオをベースとした急速な地球温暖化に伴い、ダム貯水量の傾向にどのような変化があるかについて分析した。実験における入力値は、統合的気候モデル高度化研究プログラムにおいて算出された気象予測値と、Hydro-BEAM により推定されたダム流入量を使用した。そして、田植日の変更を気候変動への適応策として想定し、田植日を現行の 4 月 25 日からその 10 日前、20 日前、30 日前、そして 10 日後に変更することで、水利用リスクを軽減できるか検討した。なお、ダムからは有効貯水量すべてを配水できると仮定し、ダム堆砂の影響や渇水時の取水制限ルールなどは考慮していない。

まず、図 2 に田植日を現行通りに設定した場合について、30 年間ごとのダムが空である年平均日数を示す。図 2 によれば、1980 年以降ダムが空である年平均日数は増加し続けており、2070 年から 2099 年までのダムが空である年平均日数は 1980 年から 2009 年までの年平均日数の約 1.8 倍に増加した。これは、気候変動に伴い降水日数が減少することに起因すると推察される。続いて、図 3 に 2050 年から 2099 年までの 50 年間の将来気候について、ダムが空である年平均日数を示す。図 3 によれば、現行の田植日から 10 日早い 4 月 15 日に田植を行った場合に、ダムが空である年平均日数が最も小さくなることがわかる。このことから、田植日を早めることは将来気候において渇水リスクを低減させることができると考えられる。

5. 結論

本研究では、AquaCrop をベースとした利水システムモデルを用いて、ダム補給に依存する稲作灌漑域において、気候変動に伴い生じうる水資源リスクを評価した。この結果、ダムが空である日数は年を経るごとに増加する傾向にあることが示された一方で、田植日を早めることは渇水リスクを低減しうることを示された。今後の課題としては、生産されるコメの品質や収量にも焦点を当て、総合的にリスクを評価することがあげられる。

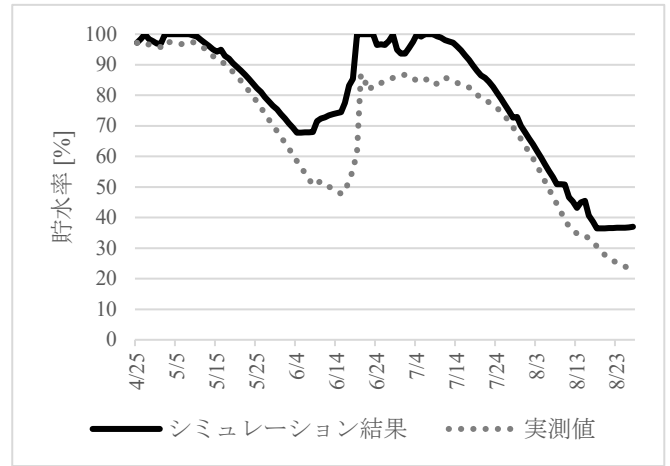


図 1 2012 年における貯水率の推移

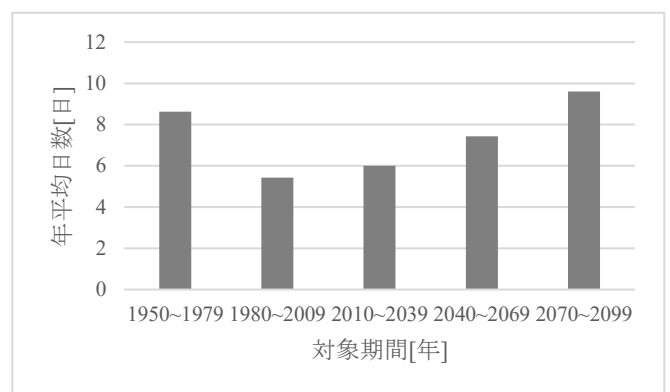


図 2 田植日が 4 月 25 日である場合について 30 年ごとのダムが空である年平均日数

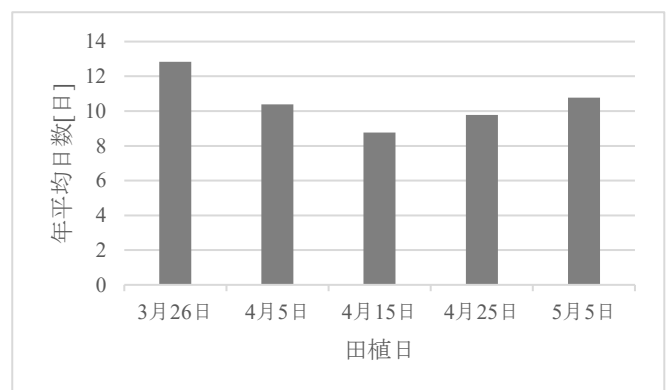


図 3 各田植日に対する 2050 年から 2099 年までのダムが空である年平均日数

謝 辞

本研究にあたり、愛媛大学農学部佐藤嘉展准教授から各種データをご提供いただいた。この場を借りて深くお礼申し上げます。