

那須野ヶ原扇状地の灌漑初期の渇水に対する適応策の検証 Verification of adaptation measures to drought in the early stage of irrigation in the Nasunogahara Fan Area

○福元雄也*, 土原健雄*

○FUKUMOTO Yuya, TSUCHIHARA Takeo

1. はじめに

栃木県那須野ヶ原扇状地は農業用地下水利用の盛んな地域の一つである。一方で、この地域の地下水位には季節的な周期性があり、4月頃に最も低くなる(Tsuchihara et al. 2023)。この時期は代掻き等で農業用水需要が大きくなる時期とも重なり、水位低下が顕著な年や水位の回復が遅い年には必要な水を確保できず、育苗や田植えのやり直しを強いられるなど渇水リスクがある。本研究では那須野ヶ原扇状地を対象に構築した水収支モデルを用いて、灌漑初期の渇水に対する適応策として冬季湛水と番水を実施した場合の地下水位上昇効果を検証した。

2. 研究方法

2. 1. 対象地域

本研究で対象とする那須野ヶ原扇状地は栃木県北東部に位置し、北西側の山地から流れる那珂川と箒川によって北端と南端を囲まれた紡錘形の複合扇状地である。また、北西側の山地からは蛇尾川と熊川が流れ込み、両河川は通常上流域では伏流し、扇央部で地表に湧出して箒川へと合流する。扇央部から扇端部にかけては湧水池も点在しており、蛇尾川と熊川以外にも多くの小川が流れている。水田への水利用について、上流域では那須疎水を通じて那珂川の水が利用されている水田も多いが、中流域や下流域では土地改良区や個人所有の井戸より浅層地下水が多く利用されている。

2. 2. 水収支モデル

本研究で使用する水収支モデルは丘陵部などの地質状況を考慮して那須野ヶ原扇状地を複数のブロックに分割し、それぞれに設定したタンクモデルを連結した複合タンクモデルである(福元ら, 2024)。地表部では上流から下流へと流れ、那珂川と箒川へと流出する。地下部では隣接するタンク間の水位差に応じて水が移動し、那珂川と箒川は地下水位一定の境界条件として与えられる。水田への灌漑用水は1日あたりに必要な水量として粗用水量を設定し、ブロックごとに地表水灌漑と地下水灌漑の別に整理した水田面積に応じた用水量が計算される。

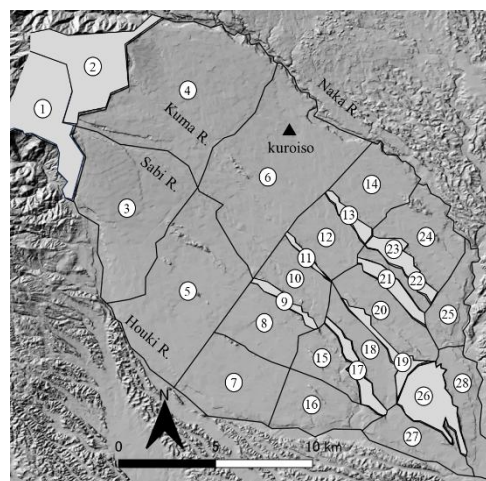


図1 モデル流域分割図。網掛は山地流域、▲はアメダス観測点を示す。

Fig1 Division of model basins

* 農研機構農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

キーワード：地下水，タンクモデル，渇水

2. 3. 適応策の検証

4月の渇水への適応策として1999年3月～2020年4月の黒磯のアメダスの気象データを用いて番水および冬季湛水を実施した場合の地下水位上昇効果を水収支モデルによって推定した。番水は地下水を利用する全ての水田で実施されたと仮定し、灌漑が始まる4月16日から7日間もしくは14日間実施した場合を想定した。また、灌漑用水供給率は67、50、33%の3通りとし、実施期間2通り×供給率3通りの計6通りで検証した。冬季湛水は地表水で灌漑されるすべての水田で実施されたと仮定し、4月以前に1～3か月間実施した場合を想定した。また、期間中の粗用水量を5mm、10mmの2通りとし、実施期間3通り、粗用水量2通りの計6通りで検証した。

3. 結果と考察

番水および冬季湛水について、実施条件とそれに対する灌漑水量および水位上昇量の変化をそれぞれ表1と表2に示す。番水を実施した場合、地下水揚水量は16～59百万m³の範囲で減少し、4月後半の扇央部の平均地下水位は0.40～1.12mの範囲で上昇した(表1)。冬季湛水を実施した場合、地表水による灌漑水量は11～49百万m³の範囲で増加し、地下水位は0.16～0.39mの範囲で上昇した(表2)。番水の方が冬季湛水よりもより少ない灌漑用水量の変化で高い水位上昇効果を得ることができた。番水は渇水リスクの高い4月の地下水位に直接的に影響する適応策であるのに対して、灌漑期前に実施される冬季湛水は使用した水の一部が蒸発や系外への流出として損なわれるため効果は限定的になると考えられる。したがって、番水の方が効果的という結果は妥当であると考ええる。一方で、冬季湛水でも3月のみ粗用水量15mmで実施した場合には16百万m³の灌漑用水の増加で0.26mの水位上昇効果が得られており、これは番水を14日間、供給率67%で実施した場合とほぼ同程度の効果率であり、冬季の用水を確保する必要があるが、条件次第では冬季湛水でも番水と同程度の地下水位上昇効果が得られる可能性も示唆された。

引用文献 Tsuchihara et al., EES, 82:473, 2023; 福元ら, 2024年度(第73回)農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 539-540, 2024

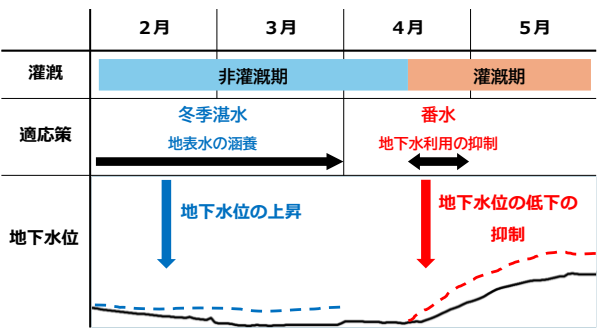


図2 適応策の実施時期と期待される効果の概念図
Fig2 Timing and expected benefits of adaptations

表1 番水の条件と地下水位の上昇量
Table1 Water use restriction setting and groundwater level rise

番水期間	供給（供給率）	揚水量（変化量） （百万m ³ ）	水位上昇 ^(※) （m）
なし	現状通り	287 (0)	—
7日間	3日のうち2日（67%）	271 (-16)	0.40
7日間	2日のうち1日（50%）	263 (-24)	0.60
7日間	3日のうち1日（33%）	255 (-32)	0.81
14日間	3日のうち2日（67%）	257 (-30)	0.55
14日間	2日のうち1日（50%）	243 (-44)	0.83
14日間	3日のうち1日（33%）	228 (-59)	1.12

※冬季湛水なしに対する4月後半の扇央部の平均地下水位の上昇量

表2 冬季湛水の条件と地下水位の上昇量
Table2 Winter flooding settings and groundwater level rise

湛水期間	疎用水量	灌漑水量（変化量） （百万m ³ ）	水位上昇 ^(※) （m）
なし	0mm	100 (0)	—
3月	10mm	111 (+11)	0.16
2～3月	10mm	121 (+21)	0.19
1～3月	10mm	132 (+32)	0.21
3月	15mm	116 (+16)	0.26
2～3月	15mm	132 (+32)	0.33
1～3月	15mm	149 (+49)	0.39

※冬季湛水なしに対する4月後半の平均地下水位の上昇量