

水需給を考慮したポンプ制御と再生可能エネルギー導入による 灌漑システムのエネルギー効率向上に関する検討

Study of enhancing energy efficiency of irrigation system by introducing pump control system and renewable energy source considering both water supply and water demand

○中矢哲郎* 人見 忠良* 吉永 育生* 向井 章恵* 河野 賢*

NAKAYA Tetsuo HITOMI Tadayoshi YOSHINAGA Ikuo MUKAI Akie KONO Satoshi

1. はじめに

農業水利システムにおけるカーボンニュートラル（以下 CN）の達成には、地域に賦存する再生可能エネルギーの導入拡大や水利施設の効率的な利用が有効である。しかし、生産される再生可能エネルギーは、ほとんどが FIT 売電され、地域内での使用は限られている。一方で ICT による効率的な水管理の進展や節電化の取り組みにより、ポンプ場において省エネルギー化が進んでいる。これらの省エネルギー化された施設に太陽電池（以下 PV）や小水力等を連結することで、CN のための再エネ生産と水利用調整を並立した管理体系が構築できる。本発表では、ポンプで揚水を行っている灌漑地区を対象とし、水需給に応じたインバータを利用した効率的なポンプ運転による省エネと、太陽光発電や小水力等の再エネの自家消費または地域内消費の実施により、地域内の用水と再エネ発電量の需給状況を調整する揚水灌漑システムの検討状況について報告する。

2. 揚水灌漑における水需給と再生可能エネルギー導入を考慮したシステムの概要

図 1 に対象とする揚水灌漑システムの構成を示す。愛知県豊川用水における水田灌漑地区と畑地灌漑地区における揚水機場を対象とした。水田灌漑地区では小型の配水槽を有するポンプ場を対象とし、水田農家の水需要と管理者の水供給を考慮した配水量をインバータにより調整し、消費電力を低減した上で太陽光発電利用システム（以下 PV システム）を導入する。畑地灌漑地区では配水槽を有するポンプ場を対象とし、水需要と PV システム、小水力等の再エネ発電量の需給バランスを考慮し、インバータにより効率的に揚水を行うシステムを構築する。また、PV システムにおける余剰電力は地区内の揚水機場に送電網を利用して供給することで地産地消型の再生可能エネルギー利用システムを構築する。

3. 畑地灌漑地区を対象とした揚水灌漑システムの検討状況

対象とした揚水機場は、キク、トマトを主とした畑地を受益地区としている。末端で水が利用されると配水槽の水位が減少し、下限水位に達するとポンプが稼働し揚水される。配水槽からの送水量の日変化を調査したところ、7時～8時および夕方の方の16時～17時にピークがあり、夜間の送水量は比較的少ない。このため、発電する日中に極力ポンプを稼働させ、夜間はポンプの稼働を抑制する効率的な PV システムの利用を行う。

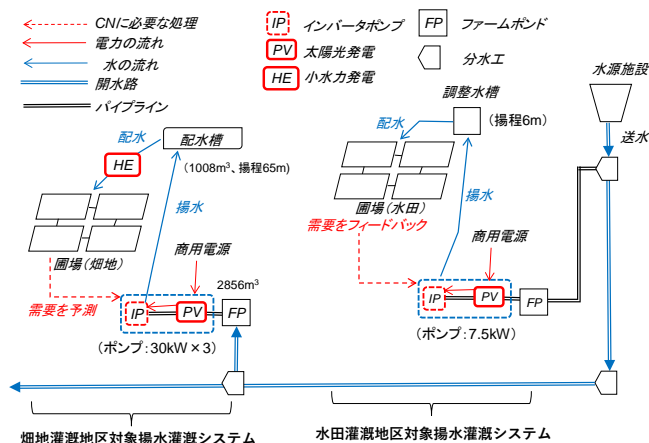


図 1 対象とした揚水灌漑システムの概要
Overview of the studied irrigation system

*農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 National institute for rural engineering, NARO
キーワード：カーボンニュートラル，再生可能エネルギー，揚水灌漑

図2にPV導入を想定したポンプ制御の検討状況を示す。現状のポンプの運用は、配水槽の水位が下限まで低下するとポンプが起動し、上昇した水位が上限に達するとポンプが停止する。その後需要の発生により水槽水位が低下する。PVの利用効率の向上には日中のポンプ稼働を増やす必要があるため、①配水槽の水位制御幅を拡大すること、②太陽光発電が終了する夕方に極力配水槽の水位を最大化すること、が制御方針として考えられる。また、PVの発電量は日変化や年変化が生じることに加えて、天候による不規則な変化も生じるためPVのデータをリアルタイムで収集し発電予測値に応じ稼働時間を変化させる手法も有効である。

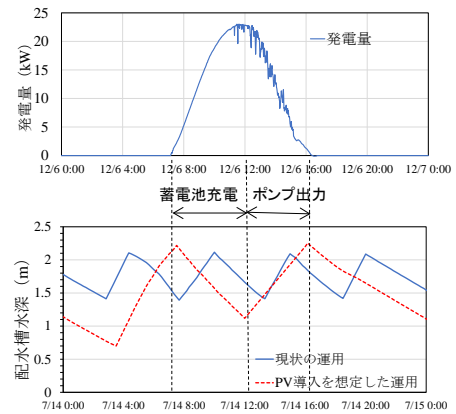


図2 PV導入を想定した配水槽水位制御の検討例
Simulation of water tank level in the case of PV introduction

4. 水田灌漑地区を対象とした揚水灌漑システムの検討状況

対象とした揚水機場は、小型の配水槽を通じパイプラインにより水田に配水している。以前はポンプを常時最大出力で稼働し配水槽で余水を生じるよう必要水頭を確保する運用を行っていた。現在は配水槽に設置されている水位計のデータを基にインバータでポンプ出力を調整する制御に変更し、かつ供給側から渇水時等の運転制御を行うことで大幅な省エネと節水を実現している。図3に示すように、配水槽水位の変化に応じて、周波数が制御され出力が減少し、大幅な省エネを実現している。インバータ導入後は灌漑期間を通し平均7.5kWhから1.6kWhに低減された。このようにポンプの消費電力を抑制することで、PV導入時に太陽光パネルの枚数やPCS (Power Conditioning System) 及び蓄電池の容量等の施設規模を小さくすることが可能となる。写真1に示す揚水機場のPVシステムは、太陽光パネル:出力5.4kW、蓄電池:20kWh、PCS:10kW、ポンプ出力:7.5kWで構成されている。日中は太陽光で発電し、PCSを介しポンプに給電し、余剰分を蓄電池に貯める。発電が不安定な時、および夜間は蓄電池からポンプに給電し、さらに不足すると系統電源に切り替える。よって通常は再エネのみによる揚水機場の運転が可能で、余剰の発電分は送電網を通じ他施設に供給することも期待できる。今後は本システムの稼働を通じて、CO₂排出削減効果を検証する。

【謝辞】本研究は、環境省地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル技術開発実証事業(CN事業)のうち、課題名称「農業水利システムにおける再エネを導入した揚水灌漑・余剰水力利用によるCNの実証」の助成を受けた。本研究にあたりご尽力いただいた関係各位に感謝の意を表する。

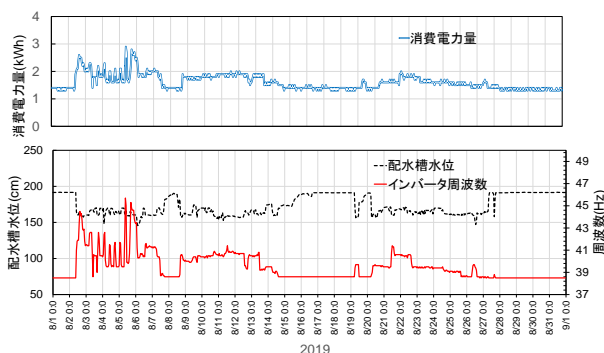


図3 インバータを導入したポンプ場の稼働状況
Electricity consumption and water tank level of the inverter installed pumping station



写真1 揚水機場へのPVシステムの導入状況
PV system at pumping station