

低平地の大規模かんがい事業における送水方式によるエネルギー効率の比較 ～配水槽方式とポンプのインバータ制御直送方式を中心として～

Comparison of difference in energy efficiency between plans of irrigation water distribution systems designed for national irrigation project in lowland region

吉田 修一郎

Shuichiro YOSHIDA

1. はじめに

低平地においては、ポンプによる揚排水が不可欠であるため、電力価格の高騰は、土地改良施設の管理に大きな影響を及ぼす。低平地における国営灌漑排水事業では、国営揚水機場からパイプラインを用いた一括送水システムに改良された地区が多い。このような改良は、無数の機場の管理労力や用水の需要主導性の確保、無効放流量の削減などを実現したが、一方で電力投入が、従前より増大した地区もあり、電力料金負担の軽減や低炭素化の取り組みの観点からみると改善の余地が大きい。本研究では、低平地の大規模加圧管路送水システムについて、実地区の水路諸元を前提とし、揚水施設の改修方法を高架配水槽方式と配水槽を用いない直接加圧方式の二つのシナリオを設定して、エネルギー効率の違いを比較した。

2. 方 法

用水システムの大幅な改修が計画されている S 地区内の C 用水ブロックを対象とした。両ブロックとも、現況は国営揚水機場を起点とする幹線から末端まで完全管路システムとなっており、用水は一部が国営機場からの直送であるが、大半は県営機場での再加圧となっている。この用水ブロックに関する二つの改修方法案でのエネルギー効率の差を分析した。

第 1 案は、高架配水槽を建設して、そこに一旦ポンプで揚水し、その自然圧で末端まで配水するシステムである。送水量は、ポンプのオン・オフと運転台数変更（1 台/2 台）のみにより調整し、ポンプは常に最高効率の設計流量（1 台で $1.23 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ）で運転されることを仮定した。配水槽の管理水位は、水理的最遠点における圧力水頭が、最大需要時において 6m となるような値とし、灌漑期間中は需要によらず一定値 ($\Delta H=22.6 \text{ m}$) とした。電力量は、ポンプの日運転時間（複数台運転運転の場合には、運転時間の和）と設計点での消費電力の積により計算される。ポンプの日運転時間は、日送水量をポンプ一台の設計用水量で除して求めた。

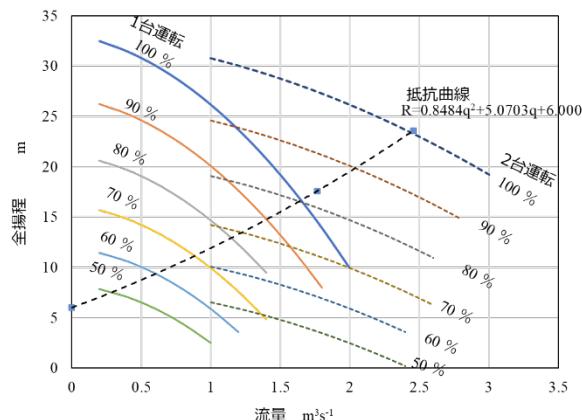


図 1 想定したポンプの性能曲線と水路系の抵抗曲線

東京大学大学院農学生命科学研究科 The Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

キーワード 灌漑用水、電力、省エネ、インバータ、配水槽

第2案は、配水槽を用いず、インバータによるポンプの回転数制御と運転台数変更により圃場まで直送する場合である。需要に応じた流量の調整方法は、複数の方法が考えられるが、本試算では、受益地区間や各地区内の需要に大きな偏りがなく、水理的最遠点までの水頭損失に基づくシステムの抵抗曲線に従って、流量と揚程が逐一制御されることを仮定した（図1の各性能曲線と抵抗曲線の交点）。末端の圧力水頭は、一つ目と同様6m以上を確保する。

日流量の頻度分布としては、現況の需要曲線を用いた。日内変動については情報がないため、定流量（=日流量[m³/d]÷86,400 s）が24時間続くと仮定し、その流量をポンプのオン・オフ（第1案）あるいは、回転数制御（第2案）により実現するとした。回転数制御に関しては、性能曲線と抵抗曲線（図1）から算定した流量と消費電力の関係を用いて電力投入量を算定した。

3. 結果および考察

配水槽方式への変更は、インバータを用いない機械送水システムよりエネルギー効率を大幅に高められる（図2）が、インバータによる流量制御を導入して末端まで直送すれば、配水槽方式より低流量での送水時の無駄な水頭が削減できることでさらに節電を図れる（図2）。その結果、年間の電力消費は、理論的には（最大で）配水槽方式の64%まで抑制できる（図3）と試算された。省エネルギーの観点から、このような大規模な管路システムにおいて、需要に応じた安定した送水を、配水槽を用いないポンプ直送により実現するためのインバータを用いたポンプの運転制御技術の確立が必要である。

注) 本研究は、国営土地改良事業地区調査における検討業務内の情報を含んでいるため、具体的な地区名の記述等は控えた。

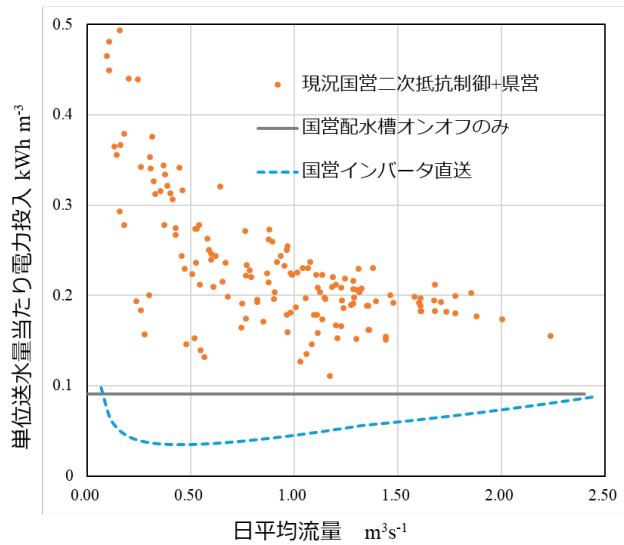


図2 配水方式による単位送水量当たりの消費電力量の試算結果

Estimated power consumption for delivery of unit volume of water

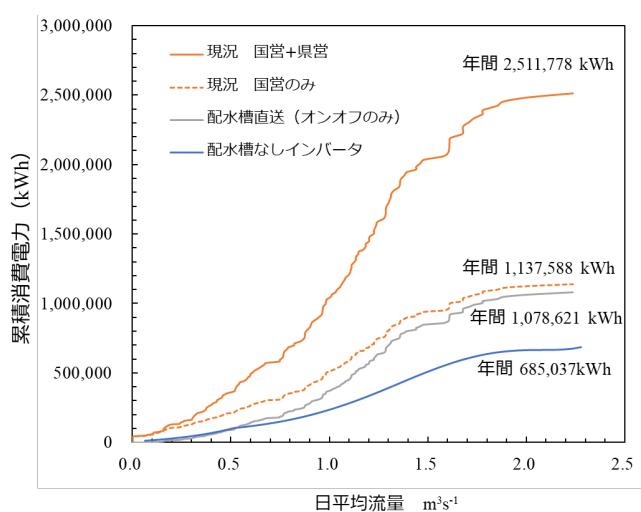


図3 流量の積算頻度と対応する積算消費電力量の関係（右端が年間での積算値）

Relationship between cumulative discharge and cumulative power in a year

このように、省エネルギーの観点から、このような大規模な管路システムにおいて、需要に応じた安定した送水を、配水槽を用いないポンプ直送により実現するためのインバータを用いたポンプの運転制御技術の確立が必要である。