

形状特性指標による末端パイプラインシステムの送水エネルギー効率の分析 Analysis of energy efficiency of pipelined irrigation system using shape property index

吉田修一郎

YOSHIDA Shuichiro

1. はじめに

電力価格の上昇により、土地改良区や農家の省電力化への関心が高まっている。また、温室効果ガスの排出削減の観点からも、灌漑システムにおけるエネルギー効率の向上は喫緊の課題である。灌漑排水システムの省エネルギー化については、既存のシステムを前提とした小規模な対策と、改修事業による抜本的な改良の二つが考えられる。前者については、「農業水利施設の省エネルギー化対策手引き（農林水産省, 2016）」などで紹介されているが、後者については、多角的な整理が十分に行われているとは言えない。本報告では、既存の管路化された用水システムにおけるエネルギー効率の違いを比較する方法を提案するとともに、事業実施時に追加可能な電力投入削減方法の事例を提示する。

2. 方法

(1) 対象地区

茨城県の新利根川沿岸地区を分析の対象とした。本地域では、国営事業（S56～H4）により、揚水機場が再編され、末端までパイプラインによる灌漑が行われている。このうち、新利根川左岸の太田ブロックと大須賀ブロックは、配水槽へ一旦汲み上げた後に自然圧で配水するシステムが採用されており、機場の間断運転などにより相対的にエネルギー効率の良い送水が行われている。一方、右岸の金江津ブロックと十余島ブロックは、一部直送地区を含むが、多くは二段加圧機場を経由する配水システムである。分析では、後者の2段加圧地区を対象に、機場の日別運転時間および電力使用量のデータおよび受益地（用水団地と呼ぶ）のGISデータを用いて、各用水団地での送水用エネルギー効率を比較した。

(2) 用水団地の地理的条件を考慮したエネルギー効率の比較指標

一つの揚水機場にぶら下がる完全に管路化された用水団地を考える（図2）。揚水機場から団地内の水理的最遠点までの道のりを L_{max} (km) とし、揚水機場が灌漑する面積を A_{irri} (km^2) としたとき、

$$P = L_{max} \times A_{irri} \quad (1)$$

を必要電力量を規定する受益地の形状特性指標 (km^3) として定義する。なお、 L_{max} は、揚水機場から最遠点までの緯距 (ΔX) と経距 (ΔY) の絶対値の和（用水路の経路長の標準的な値）とする。 P が必要電力量を規定する指標となり得るのは、ポンプの揚程を決めるのが、主に最遠点までの距離 L_{max} であり、送水量を決めるのは受益地の面積 A_{irri} であることから、送水に必要なエネルギーがこれらの積に対応して増加すると考えられるためである。なお、この地区では標高差は1 mに満たないため、無視することとした。

東京大学大学院農学生命科学研究科 The University of Tokyo

キーワード：地球温暖化対策、電力料金、灌漑システム、パイプライン、

3. 結果および考察

国営金江津ブロックの各用水団地と十余島ブロックの結佐六角および本新については、これらの関係が一つの曲線の近傍に分布している（図2）。この曲線（破線）が上に凸となるのは、距離の増大や面積の増大により、機場近傍の配管径が大きくなり、送水量当たりのエネルギー損失が低下することを反映している。一方、十余島の3つの用水団地については、この曲線より下に分布しており、送水用電力量が、団地の形状特性指標 P に対応する標準的な電力量より小さくなっている。この原因は、2段目の機場を経由しないバイパス送水によるものであることが、機場の運転記録から明らかになった（図3）。バイパス送水を行うか、揚水機場を運転するかは、分土工での動水圧と水需要から各機場の管理者が経験的に判断して行っているようである。前事業において、佐原組新田と手賀八千石は、国営機場からの直接送水が検討されていた経緯もあり、取り出し圧が高いことを特徴としている。そのため、直送ではピーク時の需要に応えられないが、通常時は、機場から末端区間の抵抗が低下するため、分土工での動水圧で十分末端まで灌漑できる状況が生まれる。

電力投入量を受益面積当たりで比較すると（表）、配水槽を有する大須賀ブロックでは、1.8MWh/haであるのに対し、十余島ブロックでは、1.7MWh/haと、遜色ない効率となっていた。需要が増大するときだけ不足する動水圧を2段加圧により補うようなポンプ直送システムの効率性は、配水槽を用いた一括送水システムの普及が進む中でも検討に値する。

謝辞 本研究は、関東農政局「大学レンケイ調査」として新利根川土地改良区の協力のもと実施した。

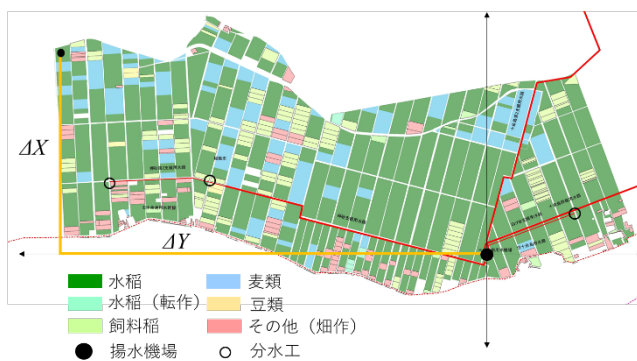


図1 用水団地の形状特性指標の算出方法

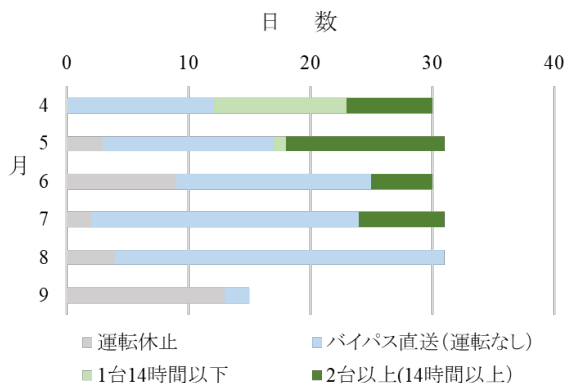


図3 二段目の（県営）揚水機場の運転状況
（手賀八千石揚水機場、十余島ブロック 2017）

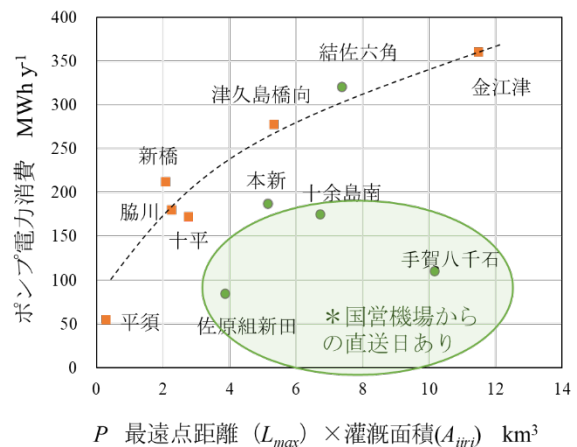


図2 P と実際の電力消費量（2017年度）の関係

表 各用水ブロックの単位電力投入

| 用水ブロック | 年間投入電力 | |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|
| | 面積当たり MWh ha ⁻¹ | 送水量当たり kWh m ⁻³ |
| 金江津 直送 | 2.3 | 0.207 |
| 十余島 直送 | 1.7 | 0.154 |
| 太田 配水槽 | 2.1 | 0.134 |
| 大須賀 配水槽 | 1.8 | 0.141 |