

能力の異なるポンプとインバータ制御の組合せによる
ポンプの省エネ・節電効果の向上に関する検討
Examination on improving energy and power saving effects of pumps
by combining pumps with different capacities and inverter control

○人見忠良・中矢哲郎

HITOMI Tadayoshi, NAKAYA Tetsuo

1. はじめに

ポンプ灌漑システムにおいては、運転時における省エネや節電対策が必須となっており、その効果的な方法として末端圃場の必要水量に応じたポンプ制御があげられる。近年、自動給水栓の普及により、末端の圃場における給水の開始や停止を遠隔で監視・制御できる環境が整いつつあるため、一筆での必要水量の自動給水が可能になってきている。また、1機場掛りにおいて、大規模農家等が管理する圃場が大きな割合を占めるようになる場合、ローテーション灌漑および、中干しや間断灌漑、落水等の給水停止作業に伴う必要水量の大きな変動に応じて、ポンプ側で配水量を制御できれば効果的な節水やエネルギー対策につながる。必要水量に応じたポンプ制御手法として、台数制御やインバータ制御があげられるが、本報では、能力の異なるポンプとインバータ制御を組合せることで、より節電効果の増進を図る手法について検討する。

2. ポンプ制御の考え方

1台のポンプのインバータ制御では図1に示すように、必要水量が少なく最低周波数で稼働する期間は、これ以上ポンプ制御で流量を少なくできないため無駄なエネルギーを消費する。小流量時の消費エネルギーの削減を図るためには、小流量時の流量に応じて出力を変化させる必要がある。

そこで、本報では、大小2つの能力を有するポンプを設置し、それぞれのポンプにインバータによる回転速度制御(可変速制御)を組み合わせる方法(以降、ポンプ選択制御と呼称する)について検討する。図2に示すように、ポンプ選択制御では、流量に応じて大小の能力を有するポンプを適切に選択するとともに、回転速度制御を行うことで、より広範囲の流量の変化に追従したポンプ出力の制御が可能となることを期待できる。

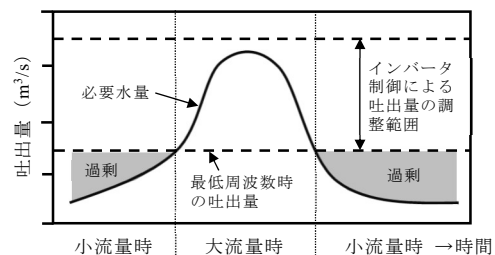


図1 1台のポンプのインバータ制御
Inverter control of one pump

ポンプ性能曲線 (--- 大流量時) (----- 小流量時)
目標圧力曲線 (— 大流量時) (----- 小流量時)

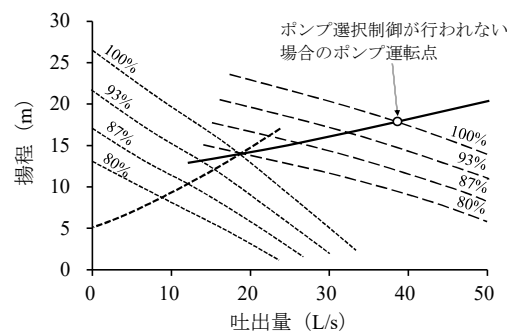


図2 ポンプ選択制御のポンプ性能曲線と
目標圧力曲線

Pump performance curves and target pressure
curves on pump selection control

3. 検討方法

ポンプ選択制御の適用を検討するポンプ灌漑システムとして図3に示す茨城県に位置するA揚水機場の水田灌漑ブロックを選定する。A揚水機場の受益面積は17haであり、機場からはポンプ直送方式によりパイプラインを通して54箇所の給水栓に配水される。本機場ではポンプ1台が稼働しており、インバータによる推定末端圧力一定制御が導入されている。推定末端圧力一定制御は、実揚程と末端の必要圧力にパイプラインの配管抵抗分を加味した目標圧力曲線上（図2の実線上）に運転点を移動させ消費電力を低減させる。本地区での末端圧力点はポンプからの水理学的最遠点であるA点に設定している。A点が閉じており、水理学的に距離の近いB点のみ開いている小流量時では、小流量ポンプのみ稼働することで更なるエネルギーの削減が可能である。

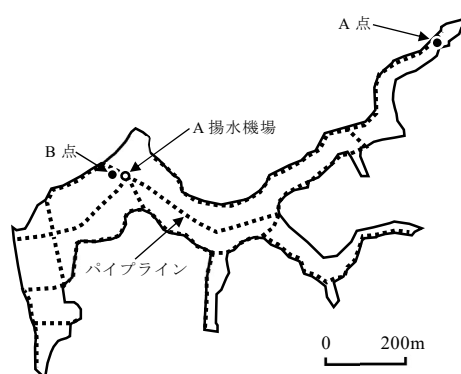


図3 ポンプ選択制御の検討地区
Study area of pump selection control

そこで、水理学的最近傍点（B点）の給水栓のみが開いている場合の最小流量時は、小流量ポンプが稼働すると仮定し、小流量ポンプ稼働時の揚程（ H ）を定常パイプライン解析により推定する。次に、推定された H と、A揚水機場で記録された推定末端圧力一定制御適用時の H とから次式で計算される水動力を比較することで、小流量ポンプの追加による節電効果について検討する。

$$P_u = \rho g Q H / 1,000$$

P_u ：水動力（kW）、 ρ ：水の密度（ kg/m^3 ）、 g ：重力加速度（ m/s^2 ）、 Q ：吐出量（ m^3/s ）、 H ：揚程（m）

4. 検討結果

図4に、灌漑期間の4月26日における吐出量と、この変化に応じて回転速度制御が行われたことによる水動力の削減状況を示す。9:40までは使用水量が少なく、周波数はポンプの最低周波数である30Hzで運転しており大きな節電効果が得られている。使用水量のピークが生じる16時頃においては周波数が45Hzで運転しておりエネルギー使用量が日最大となっている。

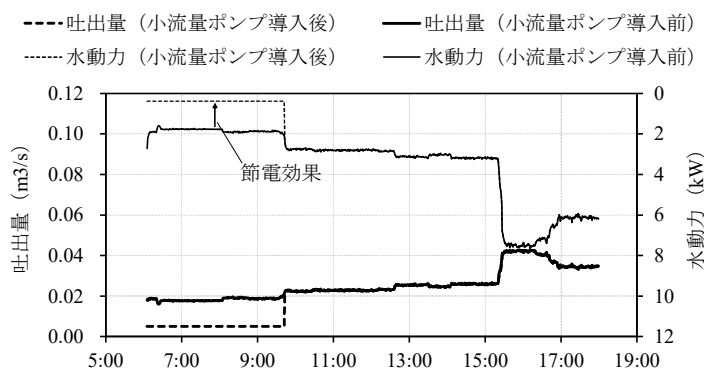


図4 吐出量と水動力の時間変化
Time changes of discharge volume and pump output

ここで、最低周波数で運転している期間では、水理学的最近傍点の給水栓のみ開いていると仮定し、小流量ポンプのみ稼働する場合の状況を図4中の点線で示す。図から、水動力が1.5kW程度削減できる。また、小流量ポンプのみ稼働した場合は、水頭で2.4m程度管圧が低減されると算定されたため、配管の低圧力化による安全性の向上効果も期待できる。また、一般的に小規模のポンプのインバータ化は低コストで導入が可能であるが、導入による経済効果については今後検討が必要である。