

制御方式に着目した農業用ポンプの省エネルギー化の効果

Effect of Saving Energy for Agricultural Pumps with a focus on control methods

田中 卓二*
(TANAKA Takuji)

菊田 恭輔**
(KIKUTA Kyosuke)

戸田 貴幸*
(TODA Takayuki)

亀井 明日佳*
(KAMEI Asuka)

1 背景と目的

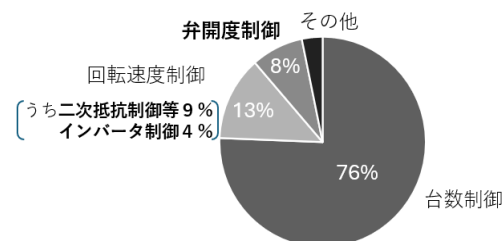
近年の電気料金の高騰等に伴い、農業水利施設の維持管理費が大幅に増加しており、農業水利施設の省エネルギー化が喫緊の課題となっている。令和5年度、筆者らは、全国の施設管理者とメーカーに省エネルギー化に関するアンケート調査を行うとともにインバータ制御の導入前後の省エネルギー化の効果についてモデル地区を選定して検証した。

一方、農業用ポンプについて、現状がどのような制御方式の場合にインバータ制御を導入すれば省エネルギー効果が見込めるのか分析した報告は少ない。このため、①二次抵抗制御、②弁開度制御の2つの制御方式に着目して分析対象施設を選定し、各制御方式からインバータ制御に変更した場合の省エネルギー化の効果を試算することとした。

2 農業用ポンプの制御方式

農業用ポンプの制御方式は、主に、台数制御、回転速度制御（二次抵抗制御、インバータ制御等）、弁開度制御がある。一般的に、インバータ制御、二次抵抗制御、弁開度制御の順番に省エネルギー化の効果が高い。なお、台数制御は、ポンプのオン・オフ運転により、ポンプの運転時間を短くできる場合に、省エネルギー化効果が最も高い方式となることがある。

農業水利ストック情報データベース（以下、「ストックDB」という）により全国の国営造成施設の農業用ポンプの制御方式を集計した結果を図-1に示す。台数制御は76%を占めているが、他の制御方式と併用されることが多いため、その内数に弁開度制御等も含んでいると考えられる。なお、農業用ポンプのインバータ制御の割合は4%と低いが、我が国の産業用モータのインバータ制御の装着率は25%に達していることからみても、農業用ポンプにおける省エネルギー化推進の観点から、インバータ制御へのシフトを検討すべきである。



注) ストックDBで、全国の国営造成施設の用水施設、排水施設、用排水兼用施設の農業用機場ポンプを抽出。ディーゼルエンジン、真空ポンプ等を排除し電動機のみをポンプ（約2,500台）を選定したうえで、欠損値や制御方式が不明な機場を排除して計算した（令和5年10月）。

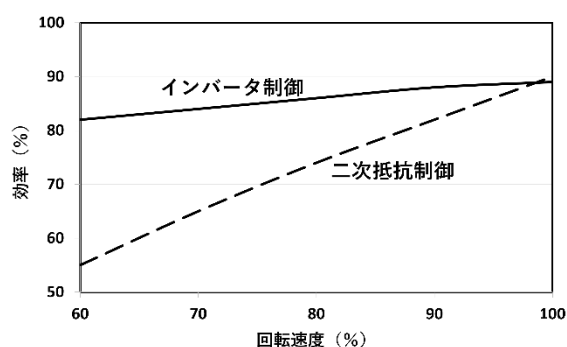
図-1 農業用ポンプの制御方式割合
Fig-1 Ratio of control method for agricultural pumps

3 二次抵抗制御施設における分析

二次抵抗制御を採用している農業用ポンプ機場について、図-2の4つのパターンの送水形態別に分類したうえで、分析対象施設をそれぞれ1機場選定し、二次抵抗制御からインバータ制御に変更した場合の電力節減率を求めた。A、B機場は北海道、C機場は茨城県、D機場は滋賀県に位置している。二次抵抗制御からインバータ制御に変更する場合の節減率は、図-3のインバータ制御と二次抵抗制御の総合効率の差と、各機場の回転速度(%)の実績から求めた。

*農林水産省(MAFF), ** (一社)農業土木機械化協会(JACEM)

キーワード 省エネルギー化, 低炭素化, インバータ制御, 二次抵抗制御, 弁開度制御



注) ポンプ設備研究会「実務家のための最新ポンプ設備工学ハンドブック[改訂版]」図-9.50・図 9.53 (P379, 380) (2007) の特性曲線を引用し、負荷率 65% の場合の「インバータ制御」と「二次抵抗制御」の総合効率の相違を比較してグラフ化 (総合効率には電動機と回転速度制御装置の効率を含む)。

図-3 インバータ制御と二次抵抗制御の効率比較

Fig-3 Comparison between inverter and rotor resistance control

4 弁開度制御施設における分析

弁開度制御からインバータ制御に変更する場合の分析対象施設は、宮城県に位置する E 機場を選定した。節減率試算は、ポンプ特性曲線等を用いて、ある時点の流量における弁開度制御と回転速度制御の場合の軸動力の差等を用いて計算した。

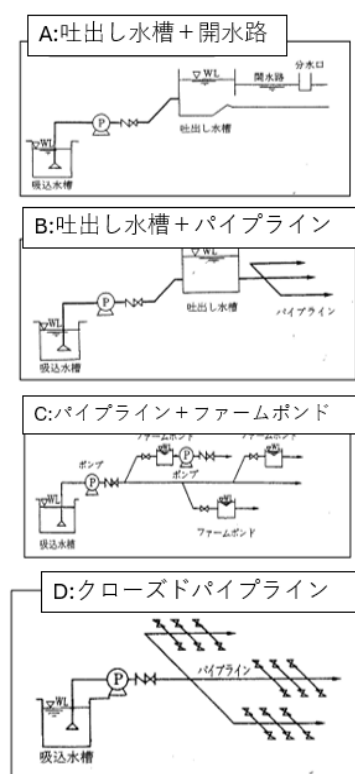


図-2 二次抵抗制御施設の送水形態の種類

Fig-2 Water control patterns of rotor resistance control

5 結果および考察

分析結果を表-1 に示す。

二次抵抗制御からインバータ制御に変更した場合 (A～D 機場) の節減率試算値は、A 機場が 14%、B、C 機場は 8～9%、D 機場は 6% の順となった。A 機場は、吐出し先が開水路と直結しており、現状では、機側操作により回転速度制御が行われていて精緻な流量や圧力管理ができないこと、また、流量制御が段階的にしかできない金属抵抗器を採用していることがエネルギー損失の大きさに関係している。一方、B、C、D 機場はパイプライン化されており、B、C 機場では途中で自由水面があるのに比べて D 機場では末端の圧力により回転数が制御されている結果、現状において、D 機場のエネルギー損失は相対的に小さくなっていると考えられる。

弁開度制御からインバータ制御に変更した場合 (E 機場) の節減率試算値は 39% となった。これは、同じ送水形態の A 機場 (二次抵抗制御) の約 3 倍の試算値である。

A～D 機場と E 機場では、制御方式のほか計算方法やデータのとり方の違いもあるため安易な比較はできないが、二次抵抗制御が回転速度制御を通じて電力量節減効果を発揮する一方、弁開度制御ではバルブによる流量制御の過程で大きなエネルギーの損失があり、インバータ制御に変更した場合の省エネルギー効果が高い可能性を示唆している。

表-1 分析対象施設 (A～E 機場) の節減率試算結果※

Tabel-1 Examination for energy saving

	A 機場	B 機場	C 機場	D 機場	E 機場
1 制御方式 (現状)	二次抵抗				弁開度
2 節減率 (%)	14	8	9	6	39
3 節減電力量 (MWh) / 年	98	80	107	202	527
4 節減電気料金 (千円)	2,321	1,851	2,195	3,475	12,933
5 単価 (円/kWh)	24	23	21	17	25

※A～D 機場は令和元年～5 年 (C 機場のみ平成 30 年～令和 4 年)、E 機場は令和 5 年の数値で試算。A～E 機場の電気料金単価は令和 5 年 (C 機場のみ令和 4 年)。