

揚水水車を用いた揚水灌漑の費用及び環境負荷の評価 ～倉敷市祐安地区で利用される揚水水車 18 基を対象に～

Cost and environmental impact assessment on pump irrigation using NORIA

○廣瀬 裕一* 後藤 眞宏* 上田 達己*

Yuichi HIROSE, Masahiro GOTO, Tatsuki UEDA

1.背景と研究目的 揚水水車は、水路に賦存する流水のエネルギーを利用するため、電気代等の運用費が不要でCO₂排出量等の環境負荷も発動機付きポンプと比較して小さいと考えられる。本研究は、倉敷市祐安地区の18地点（2014年度）において灌漑目的で利用される揚水水車を対象に、揚水水車が電動ポンプもしくはガソリンポンプに置き換えられた場合の費用とCO₂排出量の違いを、LCAの一つであるLCI分析を通して明らかにする。

2.研究方法 LCI分析は、LCA（ISO14040）における「目的と調査範囲の設置」と「インベントリ分析」を行った。インベントリ分析は、3EID（南齊ら、2012）を用いた産業連関法に基づいた。LCI分析の目的は、祐安地区の揚水灌漑の費用とCO₂排出量の評価を行うことである。祐安地区で利用される揚水水車は、主に木製で直径が1.7～2.1mで水車幅が0.9～1.1mである。ここでは、揚水性能を把握するために行った水理模型実験で用いた水車（直径2.0m、水車幅0.8m）から、水車を構成する材料を設定した。解析では、木製及び木製と同様の寸法で構成されるステンレス製の2種類を対象とする。

揚水水車の揚水量は、筒の容積に筒の個数と回転数を乗じた値に、水理模型実験から得られた漏水等のロスを見込んだ揚水効率80%を乗じた値を利用する。

システム境界は図1のように設定した。機能単位は、揚水水車が水田に揚水をしている揚水量とした。評価対象は、a) 木製水車、b) ステンレス製水車、c) 電動ポンプ、d) ガソリンポンプ、の4つの揚水方法である。それぞれの製作時等の初期段階と揚水時の運用段階別に費用とCO₂排出量を算定した（表1）。耐用年数は、揚水水車は聞き取りから決定し、発動機付きポンプは農業用機械の法定耐用年数を用いた。

比較対象としたポンプの諸元は、表2のとおりである。祐安地区で使用される揚水水車の揚水量は、81.98～359.34 m³/dである。比較対象とする電動ポンプとガソリンポンプとも、1基で揚水水車の揚水量を代替できる性能を持つ。

3.費用及びCO₂排出量 灌漑期間を6月1日から9月30日までの122日間とし、その間は毎日揚水を実施した場合の年平均の費用とCO₂排出量を表3に示す。ステンレス製水車は、木製水車より耐用年数が長いので、初期段階では費用やCO₂排出量が木製水車より多いものの、1年あたりでは、費用は安くCO₂排出量も大きな差が見られなかった。電動ポンプは費用では揚水水車と大差なく、CO₂排出量は揚水水車の2倍程度であった。ガソリンポンプは費用、CO₂排出量とも他の揚水方法より多かった。

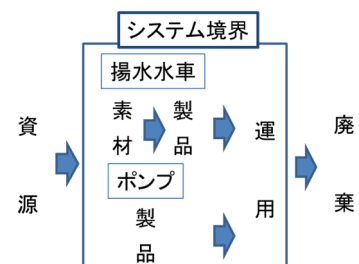


図1 本研究のシステム境界

System boundary in this study

*農研機構農村工学研究所（National Institute for Rural Engineering）

キーワード：再生可能エネルギー、揚水量、伝統的農業水利施設

各種ポンプと揚水水車間の費用差（図 2）を見ると、電動ポンプは木製水車より安価でステンレス製水車とほぼ同等であることが明らかになった。ガソリンポンプは、揚水量が増すほど費用が増し、359.34m³/d では木製水車の約 4.75 倍になった。

CO₂ 排出量の差（図 3）を見ると、電動ポンプは揚水量が約 100m³/d 以上の地点で、ガソリンポンプは全ての地点で CO₂ 排出量が揚水水車より多いことが明らかになった。

4.まとめ 揚水水車と比較して、ガソリンポンプでは全ての地点で費用は高く CO₂ 排出量も増えるが、電動ポンプでは CO₂ 排出量は揚水量が多い地点ほど揚水水車より多くなるが、費用は全地点で木製水車より安く、ステンレス製水車と同程度になることが明らかになった。

表 1 揚水方法ごとの費用と CO₂ 排出量

揚水方法	耐用年数	費用		CO ₂ 排出量	
		初期	運用*	初期	運用*
木製水車	3 年	94,238 円**	0	321.04 kg	0
ステンレス製水車	10 年	137,895 円**	0	1,209.7 6 kg	0
電動ポンプ***	7 年	80,160 円	10.58 円 /kWh****	309.47 kg	0.672 kg/kWh
ガソリンポンプ	7 年	106,460 円	136.4 円/L	406.78 kg	2.322 kg/L

*運用は修理を考慮しない。

**製造等に係る人件費等 60,000 円含む。

*** 初期段階での電気工事費等は考慮しない。

****他に毎月の基本料金が必要。（農事用電力を使用）

表 2 解析に用いたポンプの諸元

Element of pump using analysis		
種類	吐出量 (m ³ /d)	備考
電動ポンプ	1,008.0	出力：0.4kW
ガソリンポンプ	1,382.4	燃料消費：3.8L/3h

表 3 年平均の費用と CO₂ 排出量

Average cost and CO ₂ emission per year		
揚水方法	費用 (円/年)	CO ₂ 排出量 (kg/年)
木製水車	30,905	107.01
ステンレス製水車	13,637	120.98
電動ポンプ	17,113	211.77
ガソリンポンプ	93,738	1,394.96

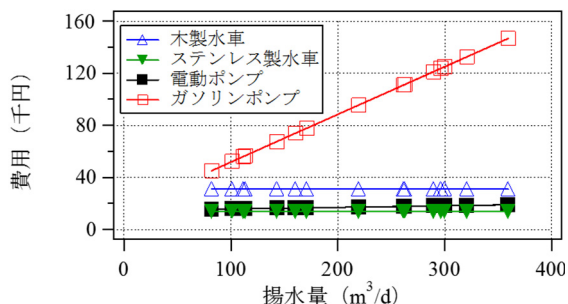


図 2 地点ごとの年間の揚水量と費用の関係
Relationship between pump discharge and cost per year

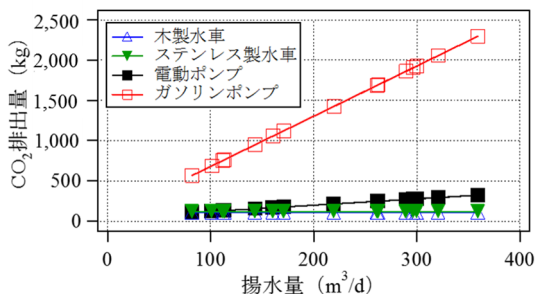


図 3 地点ごとの年間の揚水量と CO₂ 排出量の関係
Relationship between pump discharge and CO₂ emission per year

南齊規介, 森口祐一 (2012) 産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID): 2005 年表, 独立行政法人国立環境研究所, <http://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/index-j.html>