

更新事業における水利システム改善の 効果検証について

奥山 悠大¹・前野 恭成²

¹近畿農政局 加古川水系広域農業水利施設総合管理所 (〒673-0515兵庫県三木市志染町三津田1525)

²近畿農政局 加古川水系広域農業水利施設総合管理所 (〒673-0515兵庫県三木市志染町三津田1525) .

農林水産省では、兵庫県加古川水系において過去に築造したダムなど基幹的農業水利施設群を対象に施設管理や利水管理等の直轄管理事業を行っている。そのうち、受益農地側の期別必要水量の変化に対し、長大な導水路途中で分水する揚水機場のポンプ運転形態が原因と考えられる水資源の圧迫という課題が生じていたことから、2013年度～2021年度に実施した更新事業において、流量制御システムの導入や調整池の新設といった水利システムへの改善対策を行っている。今回、管理事業の中で整理している導水路の送水量やポンプ揚水量、運転状況等のデータを引用し対策前後の状況を比較することで、対策の効果検証を試みたものである。

キーワード 利水管理, 水資源の圧迫, 更新事業, 流量制御, 効果検証

1. はじめに

直轄管理事業加古川水系地区（以下、「本地区」という。）は、兵庫県南東部に位置し、一級河川加古川の水系内において過去に実施した国営土地改良事業3地区（東条川地区、加古川西部地区及び東播用水地区）で築造された施設のうち、基幹的な農業水利施設（ダム5箇所、頭首工4箇所、揚水機場4箇所及び幹線水路等約70km）を対象に、1990年度から農林水産省が一元的かつ総合的に管理を行っているものである。

本地区における利水管理の課題の一つに、東播用水地区の水資源の圧迫、具体的には大川瀬ダムにおける用水不足傾向があった。大川瀬ダムは東播用水地区において、図-1の大川瀬導水路模式図のとおり、川代ダムと呑吐ダムの間に位置し、下流の約23kmに及ぶ長大水路である大川瀬導水路により、大川瀬ダム掛かり及び南部の淡山疏水掛かりの受益地約7,300haへの安定的な農業用水の供給や、県上水道の水がめにもなっている呑吐ダムへの確実な送水という重要な役割を担う施設となっている。

本稿は、直轄管理事業を実施している中で整理している導水路の送水量やポンプ揚水量、運転状況等のデータを用いて、2013年度～2021年度に実施された東播用水二期土地改良事業（以下、「更新事業」という。）における上記課題に対する対策の効果検証を試みたものである。

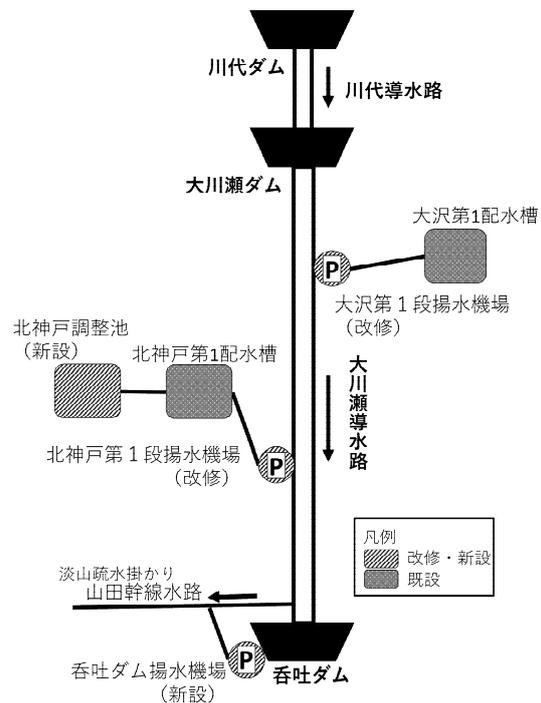


図-1 大川瀬導水路模式図

2. 要因と更新事業での対策

大川瀬ダム掛かりの受益地では、水稻の中でもより多くの水を必要とする、全国的にも有名な酒造好適米「山田錦」を中心とした営農が展開されており、その作付け面積は当初事業時と比べ増加している。その受益地への大川瀬導水路からの分水方法は、主に大沢及び北神戸の2箇所の揚水機場における直接取水であり、大川瀬ダムから各揚水機場のポンプ揚水量に応じた配水（送水）管理を行わなければならない実情にあった。

そのなかで、受益地側での期別の水需要の変化や揚水機場の配水槽容量に起因するポンプの頻繁な中断運転により導水路内流況では脈動の発生とともに、ポンプ運転停止時には無効放流（送水ロス）が生じていた。また、大川瀬導水路の最末端に位置する淡山疏水掛かり（山田幹線水路）への安定した分水対応等のため必要量以上の用水を大川瀬ダムから送水している傾向にもあった。これらの要因によって大川瀬ダムでの用水不足（貯水量の減少が早い状況）が引き起こされると考えられた。なお、大川瀬ダムの貯水容量（ $V=8,150$ 千 m^3 ）が吞吐ダムの貯水容量（ $V=17,800$ 千 m^3 ）の1/2以下であることも、よりその傾向を大きくしていたと推察できた。

更新事業では、当初事業後の経年変化によるダムや用水路等の施設の老朽化や機能低下に対する改修や耐震化対策、営農上の水需要の変化に対する用水再編対策、小水力発電施設の整備等が実施された。また、今回の課題に対しても、受益地側での水需要の変化や大川瀬ダムからの送水量に対応したポンプ揚水が出来るよう、揚水機場のポンプ運転方式を台数制御からインバーター制御による流量制御システムへ見直すとともに、写真-1の北神戸調整池を新設し調整容量を増やすことでポンプの中断運転の頻度を軽減させる対策を行った。



写真-1 新設された北神戸調整池

さらに、大川瀬ダム掛かりと比べるとダム必要水量に若干の余裕が生じた吞吐ダムから、ポンプ運転停止時に

無効放流となり注水される水も含め、山田幹線水路の用水が不足する場合に補給するための吞吐ダム揚水機場を新設するなど、大川瀬ダムと吞吐ダム間での合理的な用水管理、地区の利水運用面の安全度向上に繋げるための対策も図られた。

今回、2021年度の更新事業完了後において上述の対策に対する効果の検証は行われていなかったため、管理事業に従事している中で、実際に無効放流量がどの程度減少しているか、ポンプの中断運転がどの程度改善しているかについて検証方法を考えるとともに、管理データを用いて整理、確認することで、対策の効果検証を試みたものである。

3. 検証方法

(1) 無効放流量の比較

無効放流量については、大川瀬ダムからの送水量のうち、無効放流量が全量吞吐ダムに注水されると仮定し、対策前後3年間のかんがい期（6月～9月）における吞吐ダム注水量がどの程度変化しているのか比較を行った。

比較対象とした年は、対策前3年間の2014年～2016年及び対策後の2021年～2023年とし、かんがい期間の累計注水量及び平均日注水量の比較を行った。対策前後の平均日注水量の比較においては検定を用いて検討した。また、各年の日注水量についてグラフ化し、日注水量変化の傾向について比較を行った。

なお、比較対象年の気象（特に雨量）状況や吞吐ダム流入量の違いにより、大川瀬導水路掛かりの農業用水必要量に差が生じたり、吞吐ダムへの注水には水道用水が含まれることになるが、水道用水については毎年概ね同量程度が注水されると考え、農業用水についても、受益農地の必要用水量を管理している土地改良区からの日々の送水要請に応じた量で大川瀬ダムから大川瀬導水路に送水していることから、前述のとおり、「大川瀬ダムから大川瀬導水路への送水量のうち、無効放流量が全量吞吐ダムに注水される。」と仮定することとした。

(2) ポンプ運転状況の比較

ポンプの運転状況は、計画揚水量の大きい北神戸第1段揚水機場（大ポンプ2台、小ポンプ1台）の運転状況を例にとって比較を行った。

かんがい期初期の6月12日から6月15日におけるポンプの吐出量をもとにポンプの運転状況をグラフ化し、対策前後で運転時間の比較を行った。

比較対象の年は、対策前は「平成27年度東播用水二期事業北神戸幹線水路等管理施設実施設計業務」において運転状況を確認することができた2014年とし、対策後は、2021年と2022年のデータを用いて比較を行うこととした。

4. 検証結果

(1) 無効放流量の比較

対策前後3年間のかんがい期（6月～9月）における吞吐ダム累計注水量及び平均日注水量を整理すると表-1のとおりとなった。

表-1 対策前後における吞吐ダム
累計注水量及び平均日注水量

	対策前		
	2014	2015	2016
累計注水量 (千m ³)	5,638	8,746	11,228
平均日注水量 (千m ³)	46.2	71.7	92.0
	対策後		
	2021	2022	2023
累計注水量 (千m ³)	4,467	12,111	3,878
平均日注水量 (千m ³)	36.6	99.3	31.8

表-1において、対策前の2016年及び対策後の2022年の注水量が多い傾向にあるが、その理由としては、表-2の吞吐ダム流域月降水量に示す通り、梅雨時期の6月～7月中旬及び夏場の用水が必要な7月～8月において、吞吐ダム流域の雨量が平年と比べて少雨であり、低下したダム貯水率を回復させる目的で川代ダム（大川瀬ダム経由）からの補給注水を他年に比べて増加させていたことによるものである。

表-2 吞吐ダム流域月降水量

(単位: mm)

月	年	2014	2015	2016	2021	2022	2023
6		72	130	254	80	73	189
7		74	488	89	213	206	107
8		428	206	85	443	98	329
9		86	164	235	217	148	48
累計		660	988	663	953	525	673

よって今回は、川代ダムからの補給注水の影響が少なく、注水量の変動も比較的安定している2014年、2015年と2021年、2023年を比較することとした。

吞吐ダム累計注水量を比較すると、対策後の累計注水量は減少しており、対策前の2014年及び2015年に比べ、対策後の2021年及び2023年は概ね80%～45%程度に減少している結果となった。

平均日注水量については、対策前の2014年、2015年と対策後の2021年、2023年の間にはともに有意差がみられ（検定 $p < 0.05$ ）、対策後の平均日注水量の方が少ない結果となった。

また、日注水量についてのグラフは図-2に示すとおりとなった。

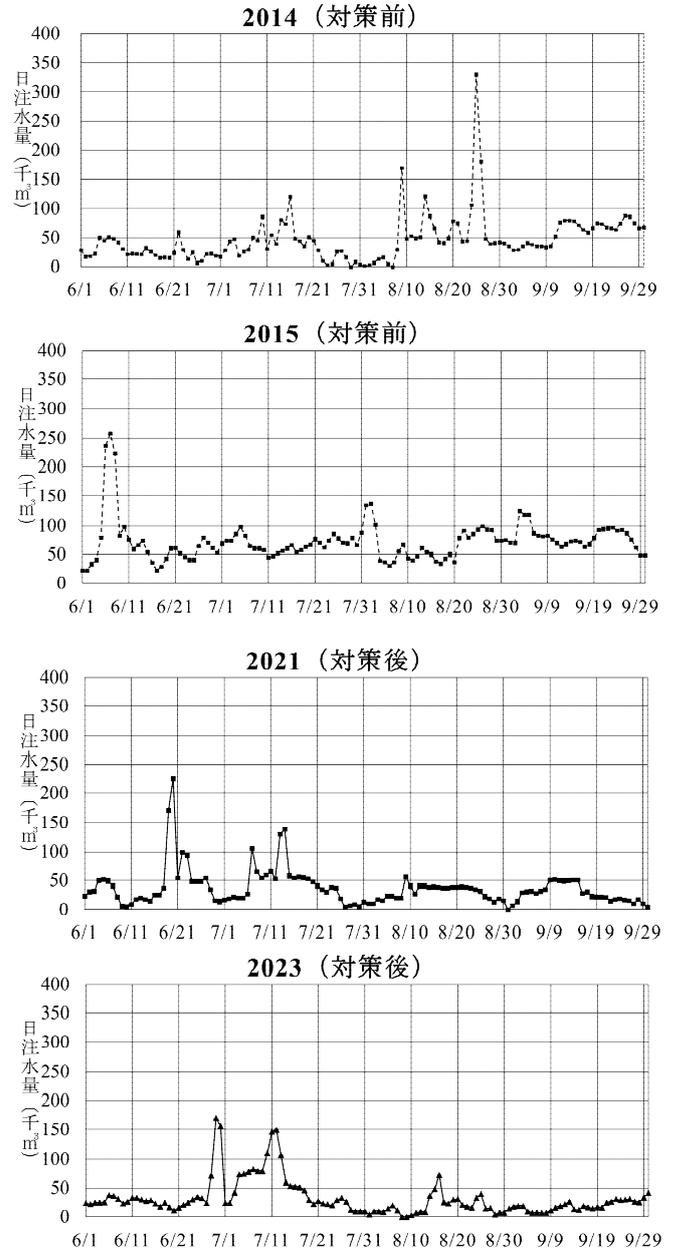


図-1 各年における日注水量グラフ

日注水量のグラフを対策前後で比較すると、対策前よりも対策後の日注水量の方が増減する回数減少している傾向がみられた。また、日注水量の増減の幅についても対策後の方が小さく、急激な日注水量の増減が減少している傾向がみられた。

なお、対策後の2021年及び2023年のかんがい期（6月～9月）において、山田幹線水路への必要水量補給のために吞吐ダム揚水機場が稼働しているのは、水量にして416千m³（2021年）及び714千m³（2023年）となっており、この量についても無効放流として整理した累計注水量の

抑制に寄与しているのではないかと考えられる。

(2) ポンプ運転状況の比較

北神戸第一段揚水機場におけるポンプの運転状況は、以下の図-3のとおりとなった。

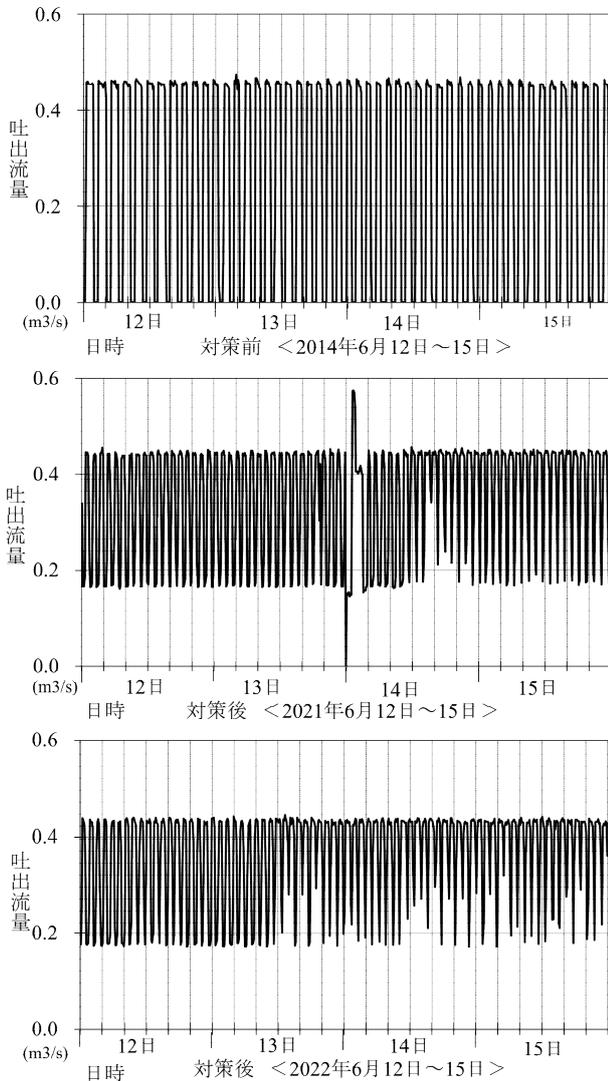


図-3 ポンプ運転状況

対策前後でポンプの運転状況を比較すると対策前の2014年の運転状況に比べ、対策後の2021年及び2022年の運転状況は、ポンプ吐出流量の増減はあるものの、間断運転がほとんど生じなくなっていることが確認された。

この結果も無効放流量の減少に寄与しているものと考えられる。

5. 考察

対策前後の無効放流量とポンプの運転状況の変化について、無効放流量においては、吞吐ダムへの注水量を比較した結果、それぞれの日注水量に有意差がみられ、対策後の日注水量が減少していることが確認された。一方、ポンプの運転状況においては、更新事業において揚水機場のポンプ運転方式を台数制御から流量制御システムへの見直し、調整池の新設により調整容量を増大する対策を行ったことで、ポンプの頻繁な間断運転が大幅に減少し、急激な日注水量の増減回数も減少している傾向が確認できた。

これらのことから、揚水機場のポンプ運転制御方式の見直しや調整池の新設による調整効果によって無効放流量が減少していると考えられ、更新事業における改善対策の効果が表れていると考えられる。

6. まとめ

今回の検証により、更新事業における対策によってポンプの運転状況が改善されるとともに、無効放流量も減少していると考えられ、対策の効果が発現していることを確認できた。

また、インバーター制御による流量制御システムへの見直しについては、無効放流の減少や導水路内の流況安定による利水安全度の向上への効果はもちろん、管理している立場としては、近年の電気代高騰に対する節電効果についても今後長期的に効果検証を進めていきたいと考えている。

実際に管理事業に携わる担当者として、雨の少ない兵庫県南東部の受益農地や水道利用者に安全かつ確実に用水を届けられるよう、管理業務の中で感じた疑問点や改善の可能性について常に検証や改良を行う気持ちを持ちながら引き続き適切な管理を行うことで、加古川水系における限りある水資源の有効かつ効果的な運用に努めていきたい。