

印旛沼開発施設における予備排水の効果について

○坂本樹紀¹ ・ 本間昭宏² ・ 海野正哉³

¹元 独立行政法人水資源機構 千葉用水総合管理所 (〒276-0028 千葉県八千代市村上3097)

現 独立行政法人水資源機構 豊川用水総合事業部 豊橋支所 (〒441-3213 愛知県豊橋市西赤沢町字大坂993)

² 独立行政法人水資源機構 千葉用水総合管理所 (〒276-0028 千葉県八千代市村上3097)

³元 独立行政法人水資源機構 千葉用水総合管理所 (〒276-0028 千葉県八千代市村上3097)

現 独立行政法人水資源機構 豊川用水総合事業部 (〒440-0801 愛知県豊橋市今橋町8)

独立行政法人水資源機構千葉用水総合管理所が管理する印旛沼開発施設では、予測降雨量が一定量を超過する場合、降雨前に予め排水操作により沼水位を低下させることで水位のピークカットを行う対策（以下「予備排水」という。）を2014年6月より開始、2020年に見直しを行い、現在試行運用中である。

本稿は、今や印旛沼の降雨対応の要となった予備排水の効果を検証するとともに、8年にわたる運用で見えてきた課題について報告を行うものである。

キーワード：防災、予備排水、判断降雨量、目標水位、洪水

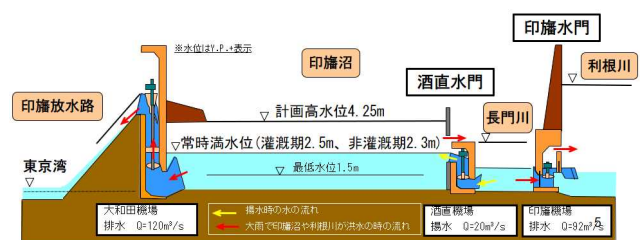
1. はじめに

かつて「あばれ沼」と呼ばれた印旛沼は、千葉県北部の利根川下流に位置し、印西市、佐倉市、成田市、八千代市及び栄町の4市1町に跨る県内最大の湖沼である。流域面積は541 km²と千葉県の面積の約10%に相当する。1946年に印旛沼干拓事業が現在の農林水産省により開始され1963年に当時の水資源開発公団へ印旛沼開発事業として承継、1968年3月に事業完了し現在の姿となった。これにより印旛沼は自然湖沼から調整池としての役割を得ることで、農業用水、工業用水、水道用水の利水容量を確保するとともに、印旛水門・機場からの利根川への排水及び大和田機場による東京湾への排水が可能となった。しかし、事業完了から50余年、現在では流域内の宅地化による流出率増加や異常気象により、数年に一回程度の割合で機場の排水能力を超える降雨が発生しているのが現状である。特に2013年の台風26号の被害は大きく、これを契機として「予備排水」が導入されることとなった。



図一 1 印旛沼開発施設模式図

2. 印旛沼水位管理の概要



図一 2 印旛沼の水位管理



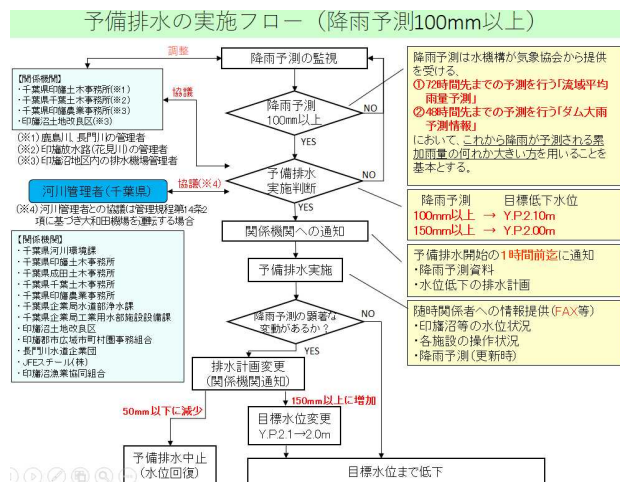
写真—1 印旛沼の利根川排水

印旛沼では、北沼に位置する①酒直機場（揚水）②酒直水門（排水）③印旛機場（排水）④印旛水門（排水・逆流防止）、西沼に位置する⑤大和田機場（排水）、⑥西沼、北沼をつなぐ捷水路（しょうすいろ）、⑦西沼、東京湾をつなぐ印旛放水路の施設があり、これら施設の運用により常時満水位 Y. P. +2. 30m（灌漑期 5月～8月 は Y. P. +2. 50m）を保っている。（図－1. 2）

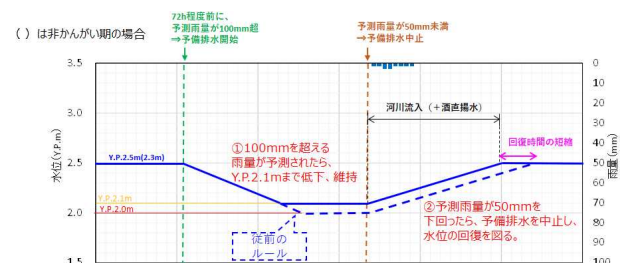
排水調節においては、まずは要の施設である酒直水門を操作することからスタートし、沼の水を北沼、長門川、印旛水門を通して利根川へ排水する。これは印旛沼と利根川の高低差を利用したものであるが、利根川上流域で多量の降雨があった場合、利根川水位の上昇により印旛沼側に逆流する場合がある。この場合、逆流を阻止するために印旛水門を閉塞し、印旛機場を運転する事で利根川へ排水を行う。(写真－１) また、沼への流入量が多く印旛水門・印旛機場での排水で排水能力が不足する場合には大和田機場を稼働し、印旛放水路を通じて東京湾へ排水を行う。(図－２)

印旛沼管理の現状について、印旛沼は1cm当たり約115,600 m³の標準容量を持つため、約2千万m³の洪水調節貯留容量(計画高水位 Y. P. +4.25m—常時満水位 Y. P. +2.50m)を持っている計算である。また、洪水時には計画最大流入量450m³/sに対して、貯留容量と機場からの排水(印旛機場92m³/s、大和田機場120m³/sの計212m³/s)にて流入量ピークである計画洪水位まで水位を上昇させる計画である。しかし、近年の降雨では計画を大きく上回る流入もある。実績として例を挙げると、平均水位歴代2位 Y. P. +4.17m を記録した2013年の台風26号では、流入量ピーク時に約850m³/sの流入があったと推定されており、適切な機場運転を実施していたとしても貯留容量を早期に使い切る可能性があるため、対応方法の検討が急がれていた。

3. 予備排水の概要



図—3 予備排水実施フロー



図—4 段階的水位低下のイメージ

予備排水とは、降雨予測に基づき降雨前に酒直水門からの自然排水を行い、あらかじめ沼水位を低下させる運用である。事前にポケットを作ることによって貯留容量が増えるため、ピーク水位を抑えることが可能となり、機場運転時間の短縮にも繋がる。結果、治水安全度や経済性が大きく向上することとなっている。

予備排水は先に述べた 2013 年の台風 26 号を受けて組織された「印旛沼に係る洪水被害軽減に向けた調整会議（以下、調整会議）」により導入され、以降は 72 時間先までの予測降雨量が 150mm を超える場合に水位を Y.P. +2.00m まで低下させる運用を行っていた。しかし、2019 年 10 月の豪雨には既存ルールでは対応仕切れなかった。線状降水帯により 24 時間未満という短期間で 200mm 以上を観測したこの豪雨では、事前の予測降雨量が予備排水開始基準である 150mm に満たない 101mm であったため予備排水は実施されず、機場排水能力を持ってしても沼の水位上昇を抑えられず、既往最高水位である Y.P. +4.28m を記録した。これは計画高水位を超える値であり、印旛沼からの直接の溢水はなかったものの、流入河川では背水の影響で浸水等の深刻な災害をもたらした。

この豪雨により、2020年2月の第10回調整会議において開始基準を予測降雨量 100mm へ引き下げる案が検討された。引き下げにより、水位低下頻度の上昇による漁業への影響等が懸念されたが、目標低下水位を予測 100mm 以上で Y.P.+2.1m、150mm 以上で Y.P.+2.0m という「段階的水位低下」(図-4)を導入し、水位を低下させたものの降雨が少量で水位が常時満水位まで自然回復しない「空振り」となるリスクを軽減することで関係者間での合意がなされ、続く5月の第11回調整会議にて了承、6月より試行運用を開始した。また、空振りを避けるためのルールとして予測降雨量が 50mm を下回った場合には予備排水を中止するルールを取り決めている。空振りの際、自然降雨により常時満水位まで回復しない見込みの場合には、図-2 ①の酒直機場を運転し、利根川の水を印旛沼へ汲み入れることで水位を回復させる操作を行う。

4. 運用状況について

表-1 予備排水実績一覧

年	月	気象	予測降雨量 (mm)	実績降雨量 (mm)	最低水位 (Y.P.+ m)	最高水位 (Y.P.+ m)	備考
2014	6月	前線	289	247	2.28	3.13	
	10月	台風19号	158	17	2.04	2.13 (2.13)	※揚水
2017	9月	台風18号	276	51	2.06	2.37	
	10月	低気圧・前線	174	54	2.11	2.36	
2018	8月	台風13号	219	26	2.16	2.31 (2.50)	※揚水
	9月	台風15号	173.1	110.4	2.26	3.06	
2019	10月	台風19号	164	111.5	2.03	2.74	
	11月	低気圧・前線	156.4	130	2.3	2.94	
2020	8月	—	(開始時)120.9 (最大)444.1	8.6	2.49	2.5	
	9月	台風12号	(開始時)101.7 (最大)222.9	46	2.02	2.37	
2021	10月	台風14号	(開始時)106.6 (最大)180.9	120	2.05	2.46	
	6月	前線	(開始時)102.0 (最大)151.1	269.7	2.25	3.35	
2021	8月	台風19号	(開始時)106.1 (最大)201.8	104.2	2.00	2.82	
	8月	前線	(開始時)106.1 (最大)106.2	164.6	2.39	3.20	
2021	9月	台風14号	(開始時)106.9 (最大)163.6	34.6	2.11	2.33	
	9月	台風16号	(開始時)111.5 (最大)114.7	35.4	2.09	2.47	
2022	12月	前線	(開始時)107.7 (最大)114.9	77.7	2.18	2.77	
	7月	前線	(開始時)101.9 (最大)144.7	58.2	2.13	2.44	
2022	5月	前線	(開始時)101.9 (最大)102.0	68.3	2.10	2.56	
	7月	前線	(開始時)101.9 (最大)102.0	0.6	2.24	2.42	※揚水

2014年の導入以降、2023年2月までに予備排水は計20回実施されている(表-1)。内訳は以下Ⅰ～Ⅳのとおりであった。なお、図-5の●は基準見直し前、■は見直し後、▲は揚水実績をそれぞれ示している。

Ⅰ. 実績 100mm 以上の降雨を観測したケースは8回

Ⅱ. 実績降雨量が 50mm 以上 100 未満のケースは5回

Ⅲ. 実績降雨量が 50mm 未満のケースは7回

Ⅳ. 50mm 未満のケースの内、空振りによる酒直機場からの揚水を行ったケースは3回(図中▲)

特筆すべきは■1で示した降雨であり、予測 108.6mm、実績 269mm の記録的なものであった。この降雨において仮に予備排水が未実施の場合、沼水位は常時満水位を 1.16m 上回る Y.P.+3.66m まで上昇し、氾濫注意水位を超えていたと推定される事からも、見直し効果が大きく現れた実績となっている。

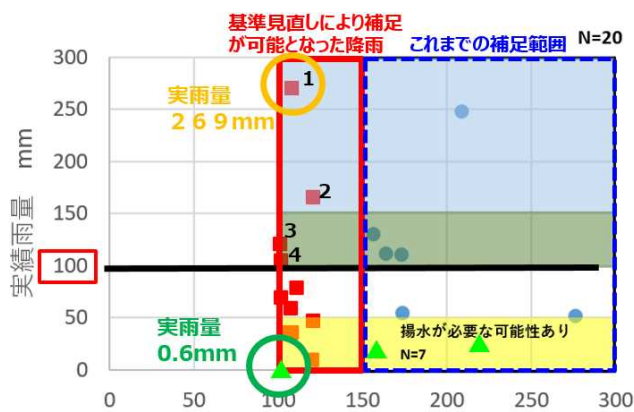


図-5 予備排水実績図

5. 予備排水の効果と課題の考察

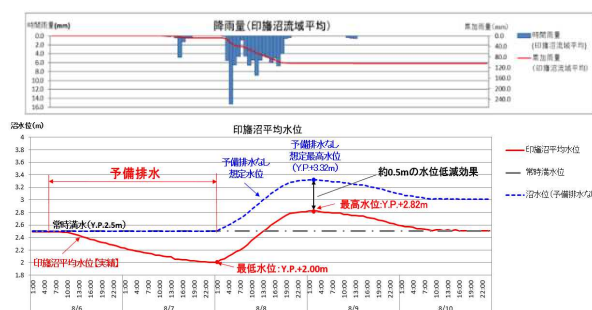


図-6 2021年8月6～10日の予備排水実績

基準が引き下げられたことで実施機会が増加しており、効果を実感する機会が多い一方で課題と感ずる部分も生じている。

予備排水の効果としては以下の2点が挙げられる。

①治水安全度の向上

予備排水が効果的に働いた事例として、2021年8月6日の実績を挙げる。グラフでは実線が実水位、破線が予備排水を実施しなかった場合の想定水位である。その水位差は約 50cm であり、仮に予備排水を実施していなかった場合には氾濫注意水位に近い Y.P.+3.32m まで到達していたと想定される。

予備排水の最も重要な効果が先に述べた貯留容量の増加である。通常 Y.P.+2.50m で約 2 千万 m^3 のところ、予備排水により 3 割増の約 2.6 千万 m^3 を確保することが出来、貯留能力を大幅に増加させられる。

②ポンプ運転費用の節減

洪水時、酒直水門からの排水で流入分を吐き出しきれない場合、機場を運転しポンプによる強制排水を行う事になる。しかし予備排水を実施する場合には、ポンプ運転と比較して極めて省動力な酒直水門操作により自然排水で水位を低下させることが出来るため、水位低下に要する動力費を削減できる。

これを 2021 年 8 月 6 日の酒直水門操作による予備

排水のみで対応できた洪水例で試算した。結果、実施しなかった場合では印旛機場を約 9 時間フル運転する必要が生じていたと想定され、ディーゼルエンジン・電動機合わせて約 100 万円弱のコスト縮減効果があったと考えられる。大和田機場も併せてフル運転する機会も加味すると、年間 1 千万円程度のコスト縮減が見込まれる。

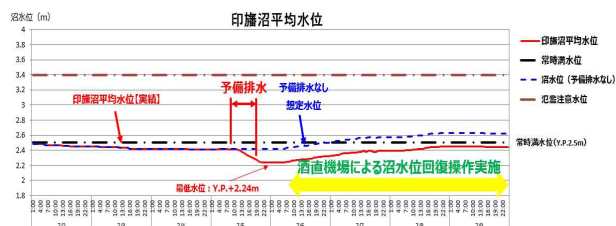
一方、課題としては以下の 3 点があげられる。

①空振りリスクの増加

予備排水最大のリスクは空振りである。非出水期等で空振りとなった場合、沼自流だけでは水位回復が期待できず、揚水運転に頼らざるを得ないため、運転経費増嵩のおそれが生じることになる。Y. P. +2. 00m→Y. P. +2. 50mまで回復させる場合、河川水位にもよるが概ね 500～800 千円が必要となる。また、予備排水の基準となる降雨予測は時間により大きく変動すること、前線性降雨は台風と比較して動きの予測が難しいことなどにより、予備排水は常に空振りのリスクを抱えている。図－5 を見ても、基準見直し後の実績■が 100mm 以下となっているケースが多い。基準見直しにより補足降雨が増加することで空振りの可能性が高まる傾向にあることには注意する必要がある。

実際に空振りにより揚水運転を行った事例として、2022 年 7 月 5 日の実績を挙げる。これは図－5 に示す実績雨量 0. 6mm の例であり、予備排水低下分が自然降雨では回復せず、酒直機場運転による水位回復操作を行った。これは基準見直し以降初めての空振り対応であり、予備排水操作開始水位前までの回復に必要な揚水費用は約 500 千円の試算である。

印旛沼の機能確保として、農上工の利水、航路、漁業等の印旛沼に係るすべての関係者の利益を確保する必要がある。そのためには空振りした場合における水位回復操作の措置を明確にし、揚水運転の活用も含めて速やかな水位回復が大前提となることを関係者間で再確認する必要がある。さらに小雨傾向時の予備排水では、空振り時の回復操作が難しいことも鑑み、気象庁の情報や予測（今後の雨・雨雲の動き）や



図－7 2022 年 7 月 5～9 日の予備排水実績

TV による気象情報も勘案しつつ、予備排水操作を最小放流量まで減量して、数時間ほど降雨予測の動向を確認しながら弾力的な操作判断を行うことも必要である。

②舟運への影響

水位低下時に漁業関係者より、漁船等の航行に支障が出るとの苦情が寄せられることがある。予備排水ルールを確立させる調整会議においても懸念されていたが、航行への影響も懸念して目標低下水位 (Y. P. +2. 1m→Y. P. +2. 0m) を試行的に決定している。治水上の対応で水位低下が必要ということは理解していただいても、水位低下を行うのは降雨前であることから感覚的な面で納得しにくいいため、漁業関係者の理解を深めていただくようコミュニケーションを深めることが必要である。

③予備排水実施に関する労力の増加

ルールの見直しや降雨状況の変化により実施回数は着実に増加しており、職員の負担は決して軽いとは言えない。また予測雨量 100mm を超えた場合には自動でメール配信がなされる仕組みが整備されているが、常にメールを確認する必要があること、実施時には休日夜間を問わず関係機関、関係部署への協議・通知を行う必要があることから職員の参集が必須である。予備排水に係る実務には、省力化に向けた検討の余地がある。

6. おわりに

新基準運用開始から約 3 年が経過し、今後はさらなる柔軟な運用、例えば基準ギリギリの降雨予測への対応、職員の負担軽減など、実績を蓄積してきた中で見えた課題に対する解決策を模索する時期にあると考える。また、平行してそれらソフト対策に加え、計画最大流入量を上回る大規模な豪雨への対処の検討が必要であると感じている。現在の印旛沼開発施設は、他の同様な湖沼の施設と比較して、流域面積に対する排水能力が低いため、機場・水門等の施設の機能増強、更なる河川改修などが望まれる。近隣の手賀沼では、排水機場の能力増強 (62 m³/s ポンプ新設) 等の施設整備に係る事業が始まっている。

本稿では、ソフト対策の取り組みとして実施している予備排水について報告をしたが、関係自治体との間で構築されたホットラインの活用等を含め、より確実な防災対応に向けた取り組みを行っていききたい。