

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

概要：

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。）を平成26年6月より実施している。

その契機は、平成25年10月の台風26号豪雨により、適切な排水操作を実施したものの沼最高水位が管理開始以降最高となるY.P.+4.17m（計画高水位：Y.P.+4.25m）を記録したことにある。この際には、沼からの大規模な溢水は発生しなかったが、流入河川への背水の影響もあり、沼流域では甚大な浸水被害が発生した。また、近年の異常気象による豪雨の頻発化や、印旛沼周辺の都市化進展により、沼への流出率増加や到達時間の短縮など流出形態が大きく変化していることが、印旛沼の水位管理に関する議論に拍車をかけた。

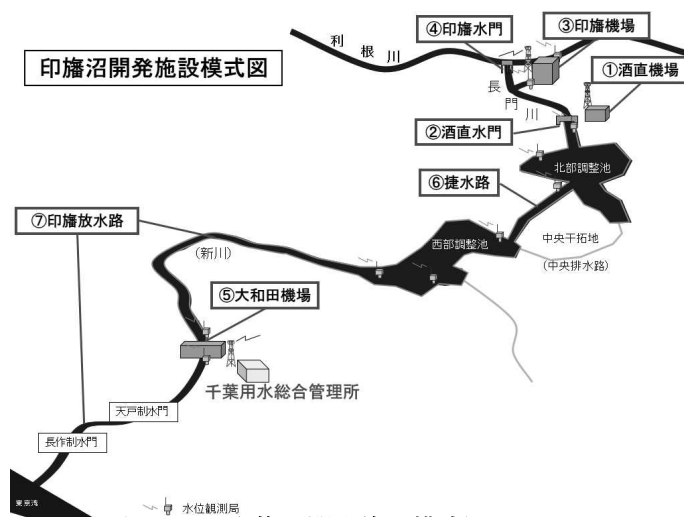
これらを背景に、平成25年11月より、河川管理者（千葉県）、流域市町、関係利水者及び漁業者、水資源機構などで構成される「印旛沼に係る浸水被害軽減に向けた調整会議」が設立され、同会議において予備排水をルール化し、実際に運用してきた。このような中、令和元年10月の豪雨により発生した沼流域での再度の浸水被害を受け、同会議内で予備排水操作開始判断となる予測降雨量（総雨量）の見直し（150mm/72H⇒100mm/72H）が行われ、翌年6月より出水期における印旛沼の洪水排水対応のなかで試行運用を重ねている。

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町に跨る千葉県内最大の湖沼である。流域面積は541km²と千葉県の面積の約10%に相当する。昭和21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昭和38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され、昭和44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。特に平成25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

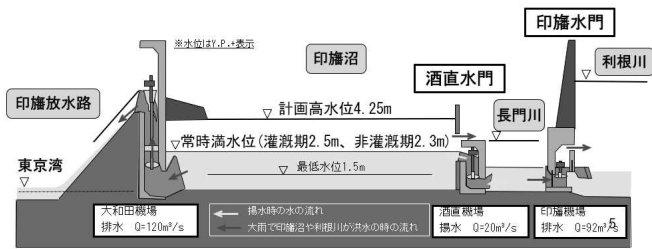
2. 印旛沼水位管理の概要

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（しょうすいり）、⑦西沼、大和

1, 2. 千葉用水総合管理所 管理課

3. 千葉用水総合管理所 管理課長

田機場、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）



図－2 印旛沼の水位管理



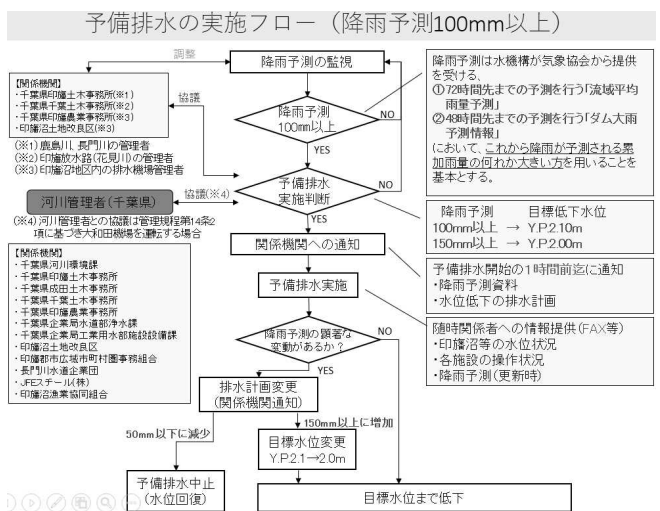
写真－1 印旛沼の利根川排水

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。利根川からの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り、実績として例を挙げると、平均水位歴代 2 位 Y. P. +4.17m を記録した平成 25 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

予備排水とは、酒直水門を操作して、雨量予測に基づいて降雨前に自然排水を行い、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沼の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。

予備排水の導入は先に述べた平成 25 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」により決定され、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、令和元年 10 月の豪雨は、線状降水帯により 24 時間未満という短期間で 200mm 以上の降雨を観測したが、事前の予測降雨量は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、令和 2 年 2 月の第 10 回調整会議において予備排水開始基準を予測降雨量 150mm から 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。

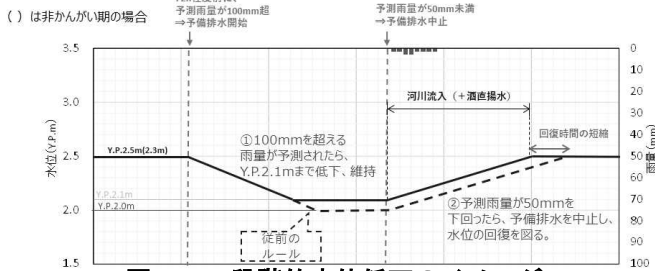


図-4 段階的水位低下のイメージ

平成25年以降の実績から、空振り時を除くケースで常時満水位まで回復するのにかかった時間を調べたところ、前後の天候なども影響するが、常時満水位到達までに10時間～50時間（平均約25時間）、降雨量は25mm～80mm（平均約50mm）を必要とすることが分かった。回復時間はばらつきがあったものの、必要降雨量は概ね50mm近辺にまとまっており、予備排水停止基準の設定に問題はないと考えられる。

4. 運用状況について

表-1 予備排水実績一覧

年	月	気象	予測雨量 (mm)	実績雨量 (mm)
H26	6月	前線	209	247
	10月	台風19号	158	17
H29	9月	台風18号	276	51
	10月	低気圧・前線	174	54
H30	8月	台風13号	219	26
R1	9月	台風15号	173.1	110.4
	10月	台風19号	164	111.5
	11月	低気圧・前線	156.4	130
R2	8月	-	120.6	8.6
	9月	台風12号	(開始時)120.8 (最大)444.1	46
	10月	台風14号	(開始時)101.7 (最大)272.3	120
R3	6月	前線	(開始時)108.6 (最大)180.9	269.7
	8月	台風10号	(開始時)102.0 (最大)157.1	104.2
	8月	前線	(開始時)120.8 (最大)201.8	164.6
	8月	前線	(開始時)108.1 (最大)108.2	34.6
	9月	台風14号	(開始時)106.3 (最大)163.6	35.4
	9月	台風16号	(開始時)111.5 (最大)114.7	77.7
	12月	前線	(開始時)107.7 (最大)114.9	58.2

平成26年の導入以降、予備排水は計18回実施されている（表-1）。18回の内訳は以下Ⅰ～Ⅳのとおりであった。なお、図-5中の■は基準見直し後、●及び▲はそれ以前の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

（上記Ⅰ.のうち、150mm以上の降雨は3回）

Ⅱ. 実績降雨量が50mm以上100未満のケースは4回

Ⅲ. 実績降雨量が50mm未満のケースは6回

Ⅳ. Ⅲの内、水位回復のため酒直機場による利根川から

の揚水を行ったケースは2回（図中▲）

また、図-5中左側の四角で囲んだ部分は、基準見直しによって新たに予備排水開始基準を満たした実績であり、中でも■1で示した降雨は予測108.6mm、実績269mm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まで上昇していたと推定され、この年の最高水位をさらに30cm更新していたと考えられる事からも、見直し効果が大きく現れた実績となっている。

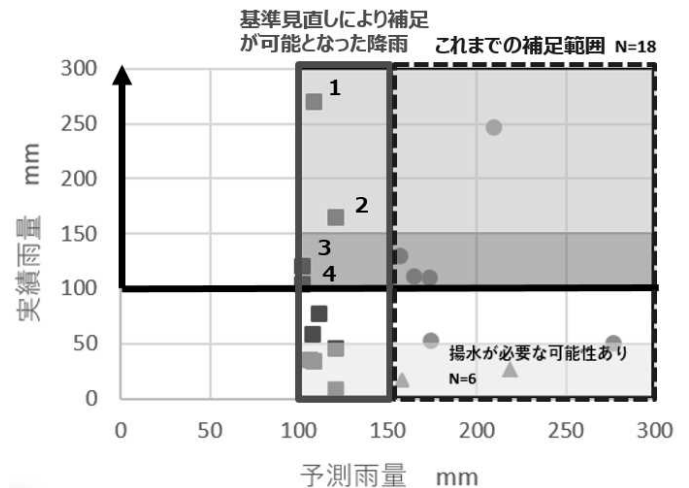


図-5 予備排水実績図

5. 予備排水の効果と課題の考察

令和2年から実施基準を見直したことにより、予備排水が印旛沼の排水計画に本格的に位置付けられたと感じている。基準が150mmから100mmに引き下げられたことで、予備排水を実施する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じ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

(1) 予備排水が効果的に働いた実例として、令和3年8月6日の実績を挙げる。グラフでは赤線が実水位、青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。

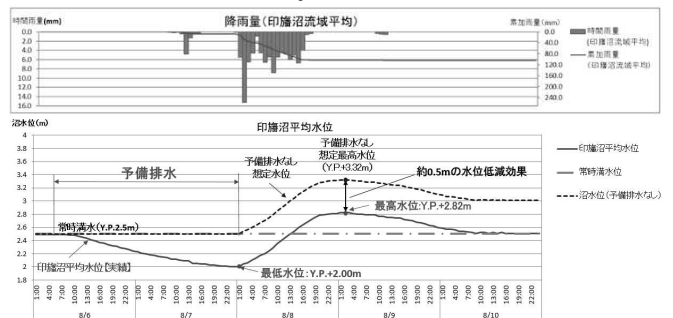


図-6 令和3年8月6～10日の予備排水実績

(2) (1)の実例に表されるように、予備排水の最も重要な

効果が先に述べた貯留容量である。印旛沼の場合は最大流入量に対する最大排水能力のギャップが大きいことから、洪水時の貯留容量を可能な限り確保しておくためにも、予備排水は有効な方策であると考えられる。容量については、Y.P.+2.50mで約2千万 m^3 のところ、予備排水を実施する場合3割増の約2.6千万 m^3 を確保することが出来、流入水の貯留能力を大幅に増加させられる。

また、段階的水位低下によって、仮に実績降雨が少量となった場合でも必要水位回復量が少なく済み、従来と比較してより安全性高く備えることができる。

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。

これを令和3年8月6日の予備排水で試算した場合、実際には予備排水による酒直水門操作のみで対応できていたが、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、沼自流だけでは梅雨時期や出水期のように沼水位の回復が期待できず、酒直機場による揚水運転に頼らざるを得ないため、酒直機場運転経費増嵩のおそれが生じることになる。沼水位を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の経過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において基準見直し後の実績■に着目すると、

- I. 実績100mm以上の降雨を観測したケースが4回
(上記I.のうち、150mm以上の降雨は2回)
- II. 実績降雨量が50mm以上100未満のケースは2回
- III. 実績降雨量が50mm未満のケースは4回
- IV. IIIの内、実績雨量が少量だったことにより水位回復のための揚水を行ったケースは0回であった。

基準見直し前を含めた空振り率は6/18(33%)であるのに対し、見直し後のみでは4/10(40%)に上昇してお

り、50mmを下回るケースの増加が読み取れる。令和3年度までの結果で言えば揚水こそ必要なかったものの、基準見直しにより補足降雨が増加することで空振り率が高まる傾向にあることには注意する必要がある。

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2.1m(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、関係者の理解を深めていただくよう漁業関係者との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はいるが、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2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回答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 m^3/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たい。

引用文献

- 1) 第11・13回印旛沼に係る浸水被害軽減に向けた調整会議 千葉県資料