

国営かんがい排水事業「神竜二期地区」における排水路の設計・施工事例

札幌開発建設部 深川農業事務所 第2工事課 ○鈴木 沙彩
大口 正洋
古櫓山 雅之

国営かんがい排水事業神竜二期地区で改修予定の排水路は、直轄明渠排水事業納内地区（昭和41年～昭和49年度）で造成され、竣工から50年程度経過している。この間、降雨の変化により流出量が増加し、排水路の流下能力が不足して湛水被害が発生していることから、これら被害解消を図るため本地区にて改修する計画である。本報では、地区における排水計画策定の経緯と、事業着手後における設計及び施工の事例を報告する。

キーワード：排水路、湛水被害、管水路、土留、鋼矢板

1. 地区概要

国営かんがい排水事業「神竜二期地区」（以下、「本地区」という。）（図-1）は、北海道旭川市、深川市および雨竜郡秩父別町に位置する 2,934ha の水田地帯において、農業用水の安定供給、施設の維持管理の軽減および農地の湛水被害の解消を図るため、頭首工、揚水機場、用水路および排水路の整備を行うものである。

本地区では、水稻を主体として、小麦、そば、大豆、きゅうり、スターチス等を組み合わせた農業経営が展開されている。

本地区の主要工事計画を表-1に示す。用水施設については、施設の老朽化に対応した長寿命化対策を行うほか、神竜頭首工では、耐震化対策を実施する。また、排水路は近年の降雨に対応した流下能力の確保を目的とした改修を実施する。



図-1 国営かんがい排水事業神竜二期地区 位置図

表-1 神竜二期地区 主要工事計画

頭首工	1箇所	改修・耐震化対策
揚水機	2箇所	改修・新設（水車）
用水路	5条 L=11.1km	改修
排水路	5条 L=9.9km	改修・新設
水管理施設	1式	改修

2. 前歴事業における排水路整備

本地区の排水路は、前歴事業「直轄明渠排水事業納内地区（昭和41年度～昭和49年度）」（以下、「納内地区」という。）で整備された。事業実施以前において、排水量の増加や老朽化による機能低下により降雨時および融雪時には農地の湛水被害・過湿障害が生じていたため、納内地区において排水路の整備を行い、農業経営の安定を図ったものである。納内地区で整備した排水路の位置を図-2に示す。

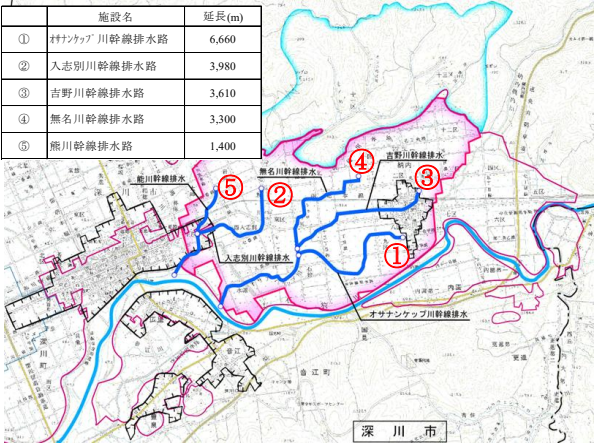


図-2 納内地区 整備路線位置図

3. 湛水被害の発生

納内地区実施後、排水路からの溢水による湛水被害が幾度か発生している。表-2 は、平成 23 年から令和 2 年までの 10 年における農地の湛水被害状況について、深川市及び JA きたそらちへの聞き取りによりまとめたものである。湛水被害は 10 年のうち 4 回発生し、合計で約 360ha の農地湛水被害が発生している。写真-1 は平成 23 年 9 月の大雨により吉野川幹線排水路が溢水し、隣接する農地が湛水した状況である。また、令和 6 年 7 月 23 日から 24 日にかけて 118mm/24hr の大雨が観測された。農地の大きな湛水被害は確認されなかったものの、吉野川幹線排水路が流下する納内市街地で溢水し、一般住宅の床下浸水被害が発生している（写真-2）。

表-2 農地湛水被害状況（H23～R2）

発生年月日	湛水面積 (ha)	降雨量 (mm/日)	被害量 (t)		
			小麦	大豆	そば
平成23年9月2日	114.6	150.5		13.9	5.6
平成26年7月27日	68.4	106.5		6.3	4.0
平成28年8月20日	63.9	110.5		12.9	3.3
平成30年7月2日	110.2	130.0	29.9	10.2	3.4
10カ年合計 (H23～R2)	357.1	497.5	29.9	43.3	16.3



写真-1 農地湛水被害状況 (H23.9)



写真-2 床下浸水被害状況 (R6.7)

4. 事業計画への位置づけ

前章で述べたとおり大雨に起因した農地被害に加え、家屋の被害も発生しており、地元からは被害解消を望む声が上がっていた。神竜二期地区は、令和 4 年度の事業着工を目指して平成 31 年度より地区調査に着手しており、事業計画に排水改良を位置づけるため、各種検討を行った。なお、納内地区で整備した 5 条の排水路のうち、入志別川幹線排水路および熊川幹線排水路については、河川整備事業による改修が予定されていることから、検討対象路線から除外した。

(1) 湛水被害要因と改修路線の選定

湛水被害発生の主な要因は、流域評価によるものと排水施設評価によるものの 2 点に大別される^り。前者は土地利用状況・降雨・計画外水位等に起因する流出量の変化、後者は排水施設の劣化や排水能力が該当する。これらを踏まえ、各種解析や現地調査結果等から整理した本地区の湛水被害要因について分析した。

a) 流域評価

前歴事業計画時からの流出量の変化について、それぞれの変化要因に対する単位排水量を算出し、表-3 に整理した。この表からもわかるように、計画基準雨量が 101.7mm/d から 111.0mm/d へ約 9%増加している。また、降雨波形のうち降雨時間が 24hr から 15hr に短縮している。このことから、従前より短時間で強い雨が降る傾向に変化してきておりそれが単位排水量の増加要因となっていることが伺える。一方、土地利用条件や計画外水位の変化による単位排水量への影響は大きくないとの結果になった。これら降雨条件の変化を踏まえて算出した本地区の単位排水量は 2.01m³/s/km² となり、前歴事業計画の単位排水量 1.49m³/s/km² から約 35%増加したことから、これが湛水被害要因であると考えられる。

表-3 各要因別の単位排水量

前歴・要因・計画	絶対条件		計画基準雨量		計画基準雨量		計画外水位		計画最低地盤高		計画排水量		排水被害要因適用
	前歴計画	計画基準雨量	計画基準雨量	計画基準雨量	計画基準雨量	計画基準雨量	計画外水位	計画外水位	計画最低地盤高	計画最低地盤高	計画排水量	計画排水量	
排水被害要因	前歴計画	101.7 mm/d	降雨時間 24hr 後方山型	53.38 m	53 m	1.49 m ³ /s/km ²							
	土地利用の変化	101.7 mm/d	降雨時間 24hr 後方山型	53.38 m	53 m	1.48 m ³ /s/km ²							
	計画基準雨量の変化	111.0 mm/d	降雨時間 24hr 後方山型	53.38 m	53 m	1.67 m ³ /s/km ²	●						
	計画降雨波形の変化	101.7 mm/d	降雨時間 15hr 後方山型	53.38 m	53 m	1.66 m ³ /s/km ²	●						
	計画外水位の変化	101.7 mm/d	降雨時間 24hr 後方山型	52.53 m	53 m	1.49 m ³ /s/km ²							
	計画最低地盤高の変化	101.7 mm/d	降雨時間 24hr 後方山型	53.38 m	52.62 m	1.49 m ³ /s/km ²							
本事業		111.0 mm/d	降雨時間 15hr 後方山型	52.53 m	52.62 m	2.01 m ³ /s/km ²							

b) 排水施設評価

検討対象路線に本地区の単位排水量 (2.01m³/s/km²) を適用した場合において、200m 区間毎の流下能力を検証した。検証結果を表-4 に示す。各路線ともほぼ全区間において流下能力不足と判定された。切深については全路線で必要深さが確保されていた。なお、検討対象路線

における排水施設の劣化状況について令和2年度に機能診断調査を行っており、各路線とも健全度評価 S4であることを確認している。

表-4 流下能力検証結果

No.	排水路	路線延長(m)	要整備延長(m)	流下能力(m)	切深不足(m)	施設劣化(m)
1	オサナンケップ川幹線排水路	6,672	6,400	6,400	-	-
2	吉野川幹線排水路	3,980	3,980	3,980	-	-
3	無名川幹線排水路	3,300	3,300	3,300	-	-

c) 湛水被害要因

a)および b)の評価を踏まえ、本地区における湛水被害要因を表-5に整理した。

表-5 湛水被害要因

項目	排水被害要因適用	概要
土地利用	×	土地利用による影響はない
排水条件	●	近年の降雨形態の変化に伴い、単位排水量の増加(35%の増)
劣化状況	×	施設の劣化による影響はない
流下能力	●	全体の8割以上の延長で流下能力不足が発生

(2) 排水整備計画の検討

前項において流下能力不足と判定された排水路の整備計画について、図-3に示す2案について比較検討した。
①案は現況排水系統を踏襲し、原位置で排水能力を増強

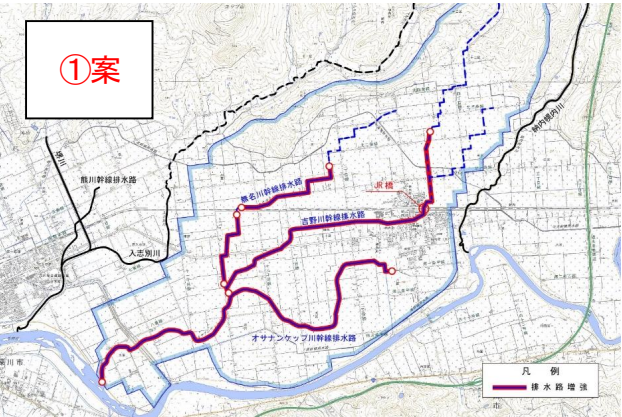


図-3 排水路整備計画（上：①案 下：②案）

SUZUKI Saaya, OOKUCHI Masahiro, KOHIYAMA Masayuki

する案であり、②案は吉野川幹線排水路上流部に放水路を新設する案である。両案とも湛水被害の解消を図る手段として有効であるが、①案は JR 横断部及び納内市街地での拡幅施工が必須となり、経済的に不利となる。このため、②案に示す吉野川幹線排水路の上流部の支線排水路から、納内幌内川への放水路を新設する計画とした。

新設する放水路は市道納内四丁目線沿いに納内幌内川と吉野川第2支線を直線で結ぶ線形とした。放水路からの排水は既設流下能力を上回る洪水時のみとし、既設排水路横断点に分水工を設ける。これにより洪水時における吉野川幹線排水路への流量をカットして JR 横断部および納内市街地の拡幅を回避した（図-4）。

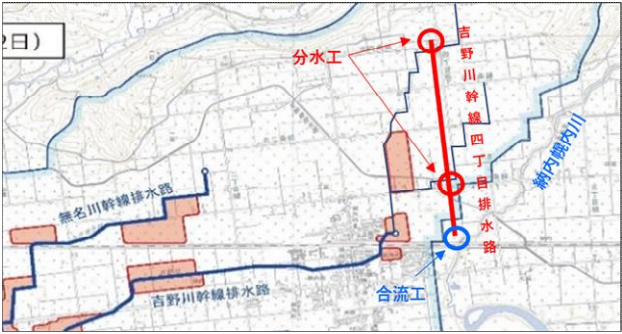


図-4 吉野川幹線四丁目排水路の路線計画

(3) 事業計画への位置づけ

以上のことから、本地区の事業計画において、表-6に示す4条の排水路を改修・新設路線として選定し、本地区の事業計画に位置づけた。

表-6 改修・新設路線一覧

改修路線一覧表			
排水路	延長(km)	受益面積(ha)	排水量(m ³ /s)
オサナンケップ川幹線排水路	4.5	1,393	39.396
吉野川幹線排水路	1.0	774	24.965
無名川幹線排水路	2.6	378	11.317
新設路線一覧表			
排水路	延長(km)	受益面積(ha)	排水量(m ³ /s)
吉野川幹線四丁目排水路	1.8	1,393	4.000

5. 排水路新設区間の実施設計

本地区は令和4年度に事業着手しており、湛水被害の早期解消を目指し、排水施設の実施設計を進めている。
令和4年度は、洪水時の放水路として位置づけた吉野川幹線四丁目排水路の実施設計（ΣL=1,820m）を実施した。ここでは、吉野川幹線四丁目排水路の実施設計内容について簡潔に述べる。

(1) 水路型式の選定

水路型式について、管水路と開水路による比較検討を行った。新設排水路となる吉野川幹線四丁目排水路は、

従前に湛水被害が発生していない区域を通るため、想定以上の降雨に対しても流下する排水量を確実に制限する必要がある。地下埋設型とすることで、水路沿いからの表面水流入を防ぐことが出来る。また、開水路型式で整備した場合、敷地確保のため隣接農地を買収する必要性が生じるほか、道路横断工等の整備費用が高み、経済性に劣る。以上のことから、水路タイプを地下埋設型の管水路型式とした。

(2) 管種・規格選定

管種・規格は、水理的に必要な断面積（口径）と、埋設深さ（土被り）と活荷重等の荷重条件をもとに、経済比較によって決定する。

水理条件と荷重条件の両方を満たす、3種類の管材（遠心力鉄筋コンクリート管、強化プラスチック複合管、ダクトイル鋳鉄管）の経済比較により、遠心力鉄筋コンクリート管を採用する。管径は水理計算結果より、上流区間（吉野川第2支線～吉野川第1支線）をφ1200mm、下流区間（吉野川第1支線～納内幌内川）をφ1650mmとした（表-7）。

表-7 管種選定表

		遠心力鉄筋 コンクリート管	強化プラスチック 複合管	ダクトイル 鋳鉄管
下流区間	管径	φ1650	φ1650	φ1650
	規格	外圧管2種	下水用1種管	4種管
	単価	1.00	1.29	1.48
	評価	○採用	△	△
上流区間	管径	φ1200	φ1100	φ1200
	規格	外圧管2種	下水用1種管	4種管
	単価	1.00	1.13	1.89
	評価	○採用	△	△

(3) 基礎材

管路設置区間の基礎地盤は、地質調査の結果から上流区間はN値3程度の粘性土で軟弱地盤、下流区間はN値15以上の礫質土で普通地盤に該当する。このため、基床厚は上流区間は50cm、下流区間は30cmとした。また地形勾配が $I=1/120\sim 1/350$ と比較的急勾配であり、路線の両側は水田地帯で地下水の上下変動が激しいことから、基礎材の流出を考慮して本区間には切込砂利40mm級を用いることとした²⁾。

(4) 合流工

起点合流工を設置する納内幌内川は北海道管理の河川であるため、河川管理者との協議に基づく構造とし、北海道建設部の「河川事業設計要領」に準拠した設計計画とした（図-5）。合流工の形式は、樋門工および排水工に大別されるが、堤内地盤高が排水本川の計画高水位以上となることから排水工とした。また、吉野川幹線四丁目排水路と納内幌内川は約66度の角度を呈していることから、市道敷地側に呑口枡を設け、暗渠構造にて河川

流下方向に対して直角配置とした。暗渠管は水理計算より口径φ2200mmのS型ダクトイル鋳鉄管を採用した。

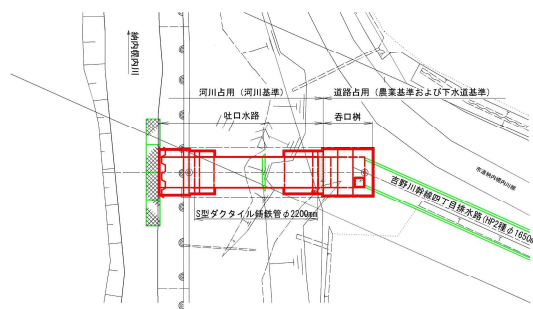


図-5 合流工平面図

(5) 分水工

吉野川幹線四丁目排水路に放水する吉野川第1支線および第2支線排水路との接続点に分水工を設置する。各支線からの最大分水量は1/10確率相当の流量とし、第1支線からの最大分水量が2.01m³/s、第2支線からの最大分水量が1.99m³/s、合計4.00m³/sを吉野川幹線四丁目排水路へ放水する施設設計とした。当該箇所における水模式図を図-6に示す。

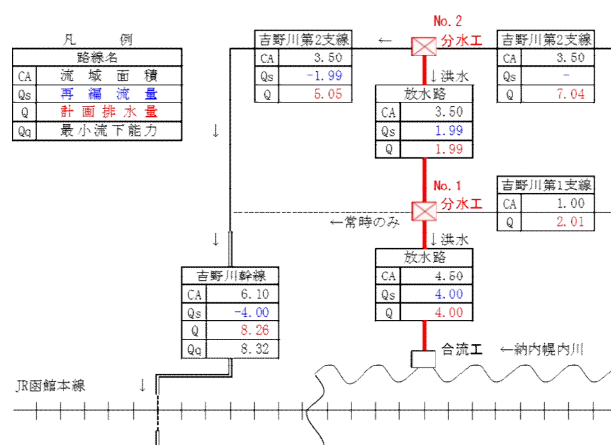


図-6 吉野川幹線四丁目排水路水模式図

(6) 仮設計画

令和4年度に実施した地質調査の結果（図-7）から掘削断面の検討を行ったところ、下流区間の主体土層は、Ac1層の粘性土であり、掘削床はAg1層の砂礫層であることが確認された。Ac1層は粘性土であるが、薄層で砂や泥炭を挟んでいる。このような土層で地下水位が高い場合には、掘削法面の自立が保たれない場合がある。なお、周辺には営農用水として使用されている井戸が3箇所あり、井戸の滞水層は砂礫層と推定され、掘削床付近では大きな湧水は無いと思われるが、前述のとおり周辺は水田であることから、湧水量が多くなる場合には施工中に対策が必要となる可能性もある。

以上より本区間は、止水性の高い仮設土留鋼矢板により施工する計画とした。

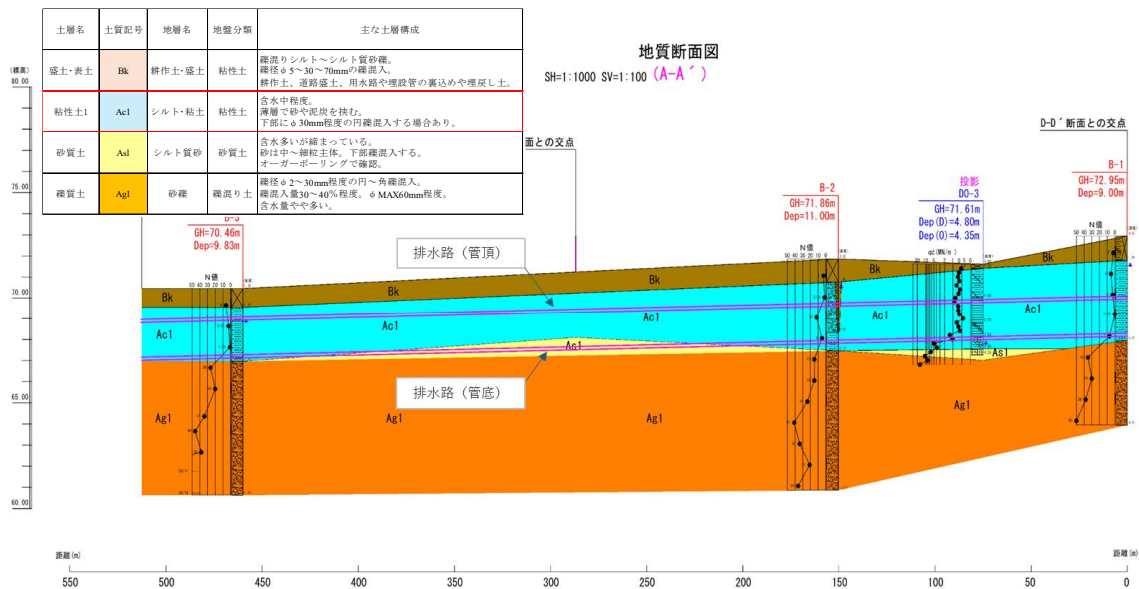


図-7 地質断面図（下流区間）

6. 工事施工

令和6年度より吉野川幹線四丁目排水路の施工を開始した。工事は鋼矢板打設による土留工法により開削し、遠心力鉄筋コンクリート管 φ1650mm を埋設した（写真-3）

当初設計における仮設工鋼矢板打設において、令和4年度に実施した標準貫入試験によるN値（N=30）と打込長（15m以下）から、電動バイブロハンマ単独と油圧バイブロハンマ単独のどちらかの選択となったため、経済比較により60kw電動バイブロハンマ単独を採用していた。しかし、60kw電動バイブロハンマで施工したところ、深度5～6m付近で打込効率が落ち、長時間連続運転による電動機の焼損が懸念されたため、60kw電動バイブロハンマでの施工を取りやめとした。打込効率が落ちた理由として、打込途中で引き抜いた鋼矢板に粘性土が付着していたことから、当初設計では想定していなかったスポット的に存在する粘性土の影響が考えられた。同じN値でも砂質土と粘性土では土粒子の結合強さが異なるため、小さな振動では粘性土の流動化が容易ではなく、鋼矢板の貫入が困難になる³⁾。また、電動バイブロハンマは同じ出力であっても土質の違いにより適用N値が異なることが確認されている。

このことから、90kw電動バイブロハンマに機能アップしたとしても、さらに強度の高い粘性土に到達した場合、長時間連続運転による電動機の焼損の可能性が考えられるため、90kw電動バイブロハンマよりも安価、かつ長時間連続運転が可能である油圧バイブロハンマによる打込に変更した。変更後は問題なく打込が完了した。



写真-3 令和6年度工事施工状況

7. おわりに

吉野川幹線四丁目排水路について、今年度以降も順次施工を進めていく予定である。既設排水路3条の改修と合わせて、施設の維持管理の軽減及び農地の湛水被害の解消を図り、農業生産性の向上及び農業経営の安定を図っていく。

参考文献

- 1) 農林水産省：土地改良事業計画設計基準・計画「排水」、pp. 171-177、2025。
- 2) 農林水産省：土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」、pp. 278-284、2021。
- 3) バイブロハンマ工法研究会 HP：<https://www.vibrohammer.jp/>