# 報文集

令和5年度



# 報文集 第35号 目 次

青山ダムの洪水吐補修計画	• • • • • • • •	• • • • • •				• • • • •		• • • • •	1
	小	林	慶	範	•	東	野	成	哉
雄武丘陵地区 デジタル技術を活用した業務取組み事例			• • • • •					• • • • • •	10
	松	坂	佳	祐	•	八	木	敏	雄
農業用用排水施設の機能診断調査業務における新技術の活用…			• • • • • •					• • • • • •	18
						曽劧	戈部	浩	<u> </u>
令和4年8月豪雨災における河川横断施設の復旧設計			• • • • •			• • • • •		• • • • • •	26
						齊	藤		祟
国営総合農地防災事業「産士地区」における事業効果検証調査			• • • • • •						35
	冏	部	良	平	•	及	Ш	雄	生
FRPM板ライニングによる開水路補修工法の評価		• • • • • •	• • • • • •						45
						万	年	祥	仁
大原二期地区における大原調整池の改修計画検討事例									53
						林	保	慎	也
困難な状況下におけるほ場整備設計 -急傾斜地、ため池から	のポン	ノプ圧	E送-						61
						福	原	新	五
上川地域の農業用施設機能診断調査における取組みについて…									70
						多	田	友	
空知地域における水稲乾田直播栽培圃場の用水量と水管理の実	"能								79
王和尼·狄(-401) · 3 / 水间程 山色 田 秋石 画 / 3 / 小 八 里 C / 八 日 左 V 天	. NEX					野		菜	
神竜二期地区における事業計画検討事例									00
		• • • • • •	• • • • • •	• • • • •	••••			洋	

# 青山ダムの洪水吐補修計画

# 小林 慶範 • 東野 成哉

# 1. はじめに

篠津青山地区は、北海道の石狩郡当別町に位置し、一級河川石狩川水系当別川に沿って帯状に発展した3,169haの水田地帯である。本地区の主水源である青山ダムは、国営篠津地域泥炭地開発事業により、昭和31年度から昭和38年度にかけて当別町字青山に築造されたかんがい専用のダムである。

本ダムは、その後、国営篠津第2土地改良事業(昭和58年度~昭和60年度)及び国営当別土地改良事業(平成6年度~平成26年度)により改修が行われた。ダムの諸元を表-1、ダム全景を写真-1に示す。

平成29年度から青山ダムを含む国営かんがい排水 事業 篠津青山地区が実施されている。本事業では、

表一1 青	山ダムの諸元
-------	--------

	型式	傾斜コア型フィルダム
	堤高	35.50 m
	堤頂長	239.50 m
堤	天端幅	9.00 m
体	天端標高	EL. 146.50 m
	法面勾配	上流:1:2.5~3.0
	が田利印	下流:1:1.8~2.0~2.5
	築堤量	本堤 235,000 m <sup>3</sup>
洪	設計洪水流量	555 m³/sec
水水	型式	正面曲線越流型
吐	越流堰長	117.28 m
	洪水吐延長	173.53 m



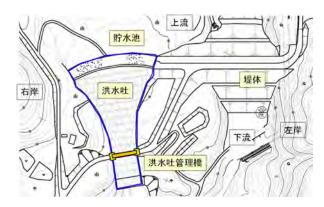
写真-1 青山ダム全景

施設の老朽化による取水塔調整ゲートの動作不良により自動運転が困難となっている現状を踏まえ、農業用水の安定供給に支障を来している取水放流施設の更新を主としたダム付帯施設の改修工事を実施中である。これらの改修のうち、本報では青山ダムの主要構成施設の一つである洪水吐の補修計画を報告する。

#### 2. 洪水吐及び洪水吐管理橋の現状

#### (1) 洪水吐の基本形状

青山ダムの洪水吐は、堤体右岸に位置し(図ー1)、正面曲線越流型、延長173.53mで、流入部、 導水部、水叩き部、取付け部に大きく区分される (図-2)。 洪水吐への流入水は、流入



図ー1 青山ダム平面図



写真-2 越流時洪水吐状況 (水叩き部と取付け部)

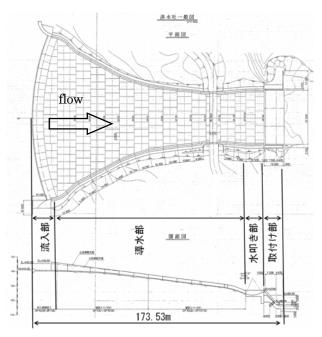


図-2 洪水吐平面・縦断図

部から導水部へと越流した後、導水部を流下し、バケット形状の水叩き部を経由して、取付け部(水路勾配=1:1)から高流速で下流の当別川(現河川)に放流される。本ダムの洪水吐では、水叩き部で発生する表面渦に加え、取付け部からの流水が河床岩盤に衝突・分散することで減勢効果を発揮させている(写真-2)。当別川の河床及び河岸は岩が露頭しており、高流速の流下水による洗掘に対して十分な強度を有している。

# (2) 洪水吐管理橋(橋台部)の基本形状

青山ダムの洪水吐管理橋は、洪水吐の導水部を 横断して設置されおり(図-1)、下部工は洪水 吐の一部となっている。上部工は単純非合成鈑桁 橋、下部工は逆丁字型橋台で、背面土を擁壁によ り押さえた構造となっている(写真-3、図-3)。



写真-3 洪水吐管理橋 全景

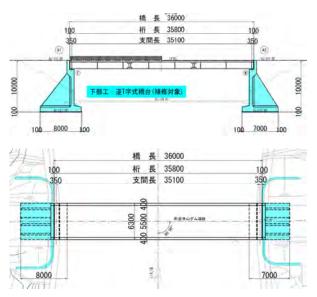


図-3 洪水吐管理橋

## (3) 機能診断調査結果

青山ダムは平成25年度に機能診断調査が実施されており、この診断結果を踏まえて平成28年に事業計画が策定されている。

洪水吐で確認された主たる変状は、取付け部の 粗骨材の剥離・剥落、鉄筋露出である(写真-4、 写真-5、表-2)。現地確認結果より、これら の変状の発生要因は経年的な流水(洪水吐流入水) による摩耗であると推定されている。



写真-4 洪水吐の変状① (取付け部底版)



写真-5 洪水吐の変状②(取付け部側壁)

表-2 青山ダム機能診断結果 (洪水吐 要対策箇所を着色)

施設名	豆八	部位	形式	標準耐	経過	機能診断		機能診断結果		健全度
肥政石	区勿	助加	形式	用年数	年数	実施年度	部位	変状	劣化要因	(建王)及
	土木	担休	ゾーン型	80	52	2013	ゾーン型			С
	エバ	处件	フィルダム	00	32	(H25)	フィルダム		_	
		洪水吐	鉄筋	40	52	"	流入部・導流部、	凍害によるひび割れ、細骨材露出(全体的)、粗骨材露出(部分的)、	摩耗	С
		六八元	コンクリート	40	32	_ ″	減勢工側壁部	周縁コンクリート欠損(局所的)、剥離・剥落(部分的)	/手 がし	
青		洪水吐	<i>"</i>	40	52	//	管理橋橋台部	凍害によるひび割れ、浮き(全体的)、剥離・剥落(全体的)	凍害	В
山山		洪水吐	<i>"</i>	40	52	//	取付け部	凍害によるひび割れ、剥離・剥落(全体的)、粗骨材剥落(全体的)、	凍害・	А
ダ		洪小吐	"	40	52	<i>"</i>	4X1년 (기 리)	鉄筋露出(部分的)	摩耗	A
<i>'</i>		取水塔	<i>"</i>	40	52	"	取水塔	凍害によるひび割れ、ひび割れ段差、剥離・剥落(部分的)、	凍害・	A
		以小店	"	40	52		以小店	鉄筋露出(部分的)、粗骨材剥落、粗骨材露出(全体的)、欠損	摩耗	
		放流トンネル	,,	40	52	"	放流トンネル	粗骨材露出、滲み出し、浮き(部分的)、剥離・剥落(部分的)、	凍害・	С
		以加トンネル	"	40	52	"		洗掘(1/3未満)	摩耗	
		下流取付水路	,,	40	52	"	下流側壁左	背面土の空洞化(局所的)	風化	С
		11/川4X11/小哈	"	40	52	//	岸側端部	月四上の上州で「何が町」	摩耗	

※健全度評価(土木) A:補強・更新必要 B:補修・補強必要 C:対策不要

また、洪水吐管理橋橋台部において、上下流の 擁壁を含む全面に、ひび割れ・剥離・剥落が確認 されている (表-2、写真-6)。 現地確認結果 より、これらの変状の発生要因は凍害によるもの と推定されている。



写真-6 洪水吐管理橋(変状)

# 3. 洪水吐取付け部の補修計画

# (1) 補修範囲の検討

機能診断結果及び現地確認結果より、摩耗によ る損傷が著しい範囲は、洪水吐流入水が高流速で 流下する取付け部であった。一方、洪水吐の他の

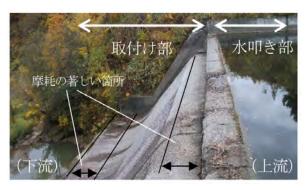
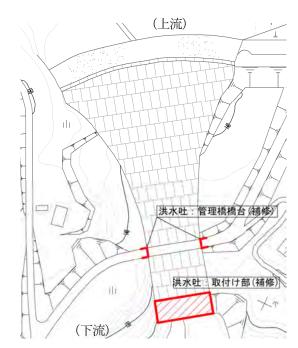


写真-7 洪水吐 取付け部

区間は、摩耗による損傷は比較的少なく、摩耗対 策の必要はないと判断された。これらのことから、 洪水吐の補修は取付け部を摩耗対策対象範囲に設 定した(写真-7、図-4)。



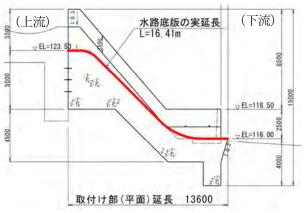


図-4 洪水吐補修対象範囲

# (2) 洪水吐取付け部の補修工法検討

#### 1)補修工法の検討

補修工法は、耐摩耗性の実績の多い頭首工エプロンの表面保護工法事例(表-3)を参考に選定した。

表一3 コンクリート表面保護工法の種類1)

①コンクリート表面に	②コンクリートに	③コンクリート品質
耐摩耗層を造る方法	耐摩耗材を混入する方法	を向上させる方法
・ 石張工法 ・ 鋼板張工法 ・ エポキシ 樹脂モルタル工法 ・ 弾性板工法 ・ 鋳鋼板工法 ・ 超高強度繊維補強 コンクリート	<ul><li>鉄粉コンクリート工法</li><li>スチールグリット工法</li></ul>	<ul><li>・ 真空コンクリート工法</li><li>・ グラノリシックコンクリート工法</li><li>・ 高強度コンクリート工法</li></ul>

摩耗対策には、①コンクリート表面に耐摩耗層を造る方法、②コンクリートに耐摩耗材を混入する方法、③コンクリート品質を向上させる方法がある。このうち、②及び③の方法は、新設時のコンクリート構造物に対してあらかじめ耐摩耗性能

を付与する工法であり、本ダム洪水吐のような既設構造物への対応はできない。一方、①の方法は、既設洪水吐の劣化部を取壊し・除去して新たにその表面に耐摩耗層を築造することが可能な工法であり、既設構造物にも対応して、耐摩耗性を向上させることができる。以上から、①コンクリート表面に耐摩耗層を造る方法を採用することにした。

# 2) 耐摩耗層の選定

①のコンクリート表面に耐摩耗層を造る方法では、表面保護材料により複数の工法が選択可能である。このうち、実施例の多い①弾性板工法、② 鋼板張工法、③超高強度繊維補強コンクリート板張工法について比較を行った。その結果、耐摩耗性等の性能に優れ施工の確実性も高く、経済性で最も有利となる③超高強度繊維補強コンクリート板張工法を採用することとした(表-4)。

表-4 耐摩耗層の比較一覧

項目	_				1		
<ul> <li>概 要 コンクリート表面に表り、耐摩耗性、耐衝撃性に優れる。 2アンカーの方法、機能1後の大きさきによう。 3届60度の鋼機維補強コンクリート級を敷き詰める。 3個板 1 後の大きさきによう 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1</li></ul>	項目	<u></u>	<u></u>	工法		②鋼板張工法	③超高強度繊維補強コンクリート板張工法
耐		概			コンクリート表面に張り付ける工法である。弾性力 に富んだ表面になり、耐摩耗性、耐衝撃性に優れ る。	して、周囲を溶接固定する方法である。鋼板の厚 さ、アンカーの方法、鋼板1枚の大きさ等は流下土 砂によって異なる。温度歪に対する対策が十分で なかったこととアンカー率が少なかったことのため	る工法である。高耐摩耗性、高耐衝撃性等の優
耐		耐	摩料	€ 性			に、セメントの水和反応とポゾラン反応によってさ らに緻密化、高強度化したもので、設計基準強度
施 工 性		耐	衝撃	<b>性</b>	滅できる。	鋼板自体の耐衝撃性は強いが、本体コンクリート	的な高強度コンクリートの圧縮強度は50N/mm <sup>2</sup> 程度)に達し、また、高強度の鋼繊維が混入していることで高い靭性を呈する。耐久性(ひび割れの生じ
施 工 性					©	Δ	©
経済性 158,000 (円/㎡) 211,000 (円/㎡) 77,900 (円/㎡) 77,900 (円/㎡) 77,900 (円/㎡) 77,900 (円/㎡) (1.00) ⑤ (1.00) ⑥ (1.00)		施	エ	性	ゲージ兼用のコンクリート型枠を使用して行うた		が、下地コンクリートとの接着には十分留意する
経済性 (2.03) △ (2.71) △ (1.00) ⑥ (1.00					©	Δ	0
経済性 (2.03) △ (2.71) △ (1.00) ⑥ (1.00					158 000 (円/㎡)	211 000(円/㎡)	77 900(円/㎡)
本施設		経	済	性	,	,,	,
<ul> <li>施設への適用</li> <li>施工の確実性</li> <li>本地区への適用性</li> <li>本地区への適用性</li> <li>高用性</li> <li>耐摩耗性: σ=450N/mm²</li> <li>財摩耗性: σ=450N/mm²</li> <li>東積あり、確実性に劣る</li> <li>支積あるが、確実性に劣る</li> <li>実積あり、確実性は高い</li> <li>人</li> <li>本機能補強コンクリート工法より大きく劣るため不採用とした。</li> <li>耐摩耗性等に優れ確実性も高いが、経済性で銀機維補強コンクリート工法より大きく劣るため不採用とした。</li> <li>耐摩耗性等に優れ確実性も高く、経済性でも有利であることから、本地区の耐摩耗工法として採用した。</li> </ul>	*	補			弾性板目体の耐摩耗性、耐衝撃性は愛れている。 補修時に重機や特殊機材を必要としないため、現	測が難しく、必要板厚の設定に苦労する。 鋼板であることから、夏期には温度による歪み (膨張・収縮)が生じるため、既設コンクリートへと	工事開始前に鋼繊維補強コンクリート板の割付計 画を詳細に検討することで、現地での作業が比較
施工の					耐摩耗性: σ=- (効果大)	耐摩耗性: $\sigma = 450 \text{N/mm}^2$	耐摩耗性: $\sigma = 180 \text{N/mm}^2$
適用					©	0	©
田					実績あり、確実性は高い	実績あるが、確実性に劣る	実績あり、確実性は高い
耐摩耗性等に優れ確実性も高いが、経済性で鋼 耐摩耗性等に優れるが、確実性、経済性で鋼繊 耐摩耗性等に優れ確実性も高く、経済性でも有利 本地区への 繊維補強コンクリート工法より大きく劣るため不採用 出とした。 耐摩耗性等に優れ確実性も高く、経済性でも有利 推補強コンクリート工法より大きく劣るため不採用 とした。			確	実性	0	Δ	0
Ο Δ Θ					繊維補強コンクリート工法より大きく劣るため不採	維補強コンクリート工法より大きく劣るため不採用	であることから、本地区の耐摩耗工法として採用
					O	Δ	0

# 3)補修計画の詳細検討

前述のとおり、青山ダム洪水吐取付け部の補修には鋼繊維補強コンクリート板を使用する超高強度繊維補強コンクリート板張工法を採用するが、本工法は一般的な補強工法である増厚工法(普通コンクリート打設(厚さ50cm)、型枠含27,300円/㎡)と比較して施工費は高額である(77,900円/㎡)。このため、鋼繊維補強コンクリート板は摩耗が特に進行しやすい水平区間(水叩き部から越流水が落下する上流部及び流速が最大となる下流部の2箇所)のみに設置し、勾配区間は底版部をコンクリート打設により50cm増厚する改良案とした(表-5)。鋼繊維補強コンクリート板と既設コンクリートの接着面は接着剤と接着系アンカーにより新旧の一体化を図ることとした。

ここで、青山ダム洪水吐の通水断面及び線形は 築造当時の水理模型実験で決定されていると想定 される。補修を目的に水路底版を単純に50cm増厚 すると、洪水吐通水断面及び縦断線形が変化し、 現況の流況が変化する懸念がある。このため、洪 水吐水路の形状はそのまま変えないで、洪水吐の 水理性能を確保することとした。具体的には全体 を下流に50cm移動させることで、その移動させた 分(50cm)、底版を増厚した。また、側壁及び取 付け部基礎は、この移動に伴い下流側へ50cm拡張 した。改良案にすることで施工に要する費用は約 半分で済むようになった。なお、鋼繊維補強コン クリート板の斜面部への設置は行わなくてよくな り、施工もしやすくなった。

表-5 鋼繊維補強コンクリート板補修計画比較表

工法項目	鋼繊維補強コンクリート板 (事業計画案)	銅繊維補強コンクリート板+増厚(改良案)
補強の概要	全面に銅繊維補強コンクリート板を設置することにより、部材強度を回復させる。	・流入部、流速の速い箇所には鋼繊維補強コンクリート板を設置する。 ・斜面部は50cmの増厚を行う。 ・側壁、基礎部を拡張することで、形状そのものはそのままにして、既設断面を全体的に下流へ50cm移動させる。
補強概要図	平面図	平面図  Tブロン部増厚  (下流側へ50cm)  編雑権補強コンクリート板  A=4.0×37.5=150[㎡]  縦断図  柳壁拡張 (下流側へ50cm)  (下流側へ50cm)  (下流側へ50cm)  (下流側へ50cm)  基礎拡張 (下流側へ50cm)  エブロン部増厚  t=50cm  が表現します。  が表現します。  は、では、では、では、では、では、では、では、では、では、では、では、では、では
耐摩耗性	既設施設より性能(圧縮強度)が高い材料を用いることで、耐摩耗性の向上が 期待できる。	既設施設より性能(圧縮強度)が高い材料を条件の厳しい箇所に用いることで、耐摩耗性の向上が期待できる。
	0	0
耐衝撃性	既設施設より性能(圧縮強度)が高い材料を用いることで、耐衝撃性の向上が 期待できる。	既設施設より性能(圧縮強度)が高い材料を条件の厳しい箇所に用いること で、耐衝撃性の向上が期待できる。
	O	O
付着性	既設コンクリートには、接着剤とアンカーで固定するため、付着性は高い。 	
	0	0
通水性能	既設断面を確保することができるため、問題ない。	既設断面を確保することができるため、問題ない。
	0	0
環境配慮	産業廃棄物は発生しない。	産業廃棄物は発生しない。
	0	0
施工費	銅繊維補強コンクリート板(A=615m²): 47, 908, 500 円合計 47, 908, 500 円	鋼繊維補強コンクリート板 (A=225m²): 17,527,500 円 斜面部増厚 : 3,099,000 円 側壁、基礎の拡張 : 1,750,000 円 仮囲い : 1,951,000 円 合計 24,327,500 円
	Δ (1.97)	O (1.00)

# 4. 洪水吐橋台部の補修計画

#### (1) 対策範囲の検討

凍害による変状(ひび割れ・剥離・剥落)が著 しい洪水吐橋台部及び上下流の擁壁を補修の対象 範囲に設定した。(図-5、写真-8)

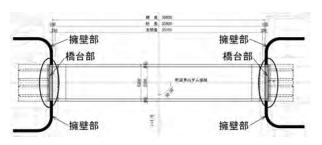


図-5 補修対象範囲 (洪水吐管理橋)



写真-8 洪水吐管理橋 下部工(橋台部) (上:左岸側、下:右岸側)

#### (2) 洪水吐管理橋 擁壁部補修工法の検討

# 1)補修工法の検討

洪水吐管理橋の右岸側、左岸側共に、上下流の 擁壁部は剥離・剥落及び浮きが全体的に広がって おり、剥落深さが40mm程度(写真-9)あり部材 厚が減少していることから、耐力(部材)の回復 が必要であると判断し、補強対策を行う計画とし た。一般的な補強の方法は、コンクリート部材の 交換、コンクリート断面の増加、補強材の追加で ある(表-6)。①コンクリート部材の交換(打 換え工法)は、耐荷性能が低下もしくは不足しているコンクリートの部材を取り換えることにより、所要の耐荷性能を回復する目的で使用される。②コンクリート断面の増加は、一般的には鉄筋等の補強材と協働して曲げやせん断耐力の増加と変形性能や剛性を向上する目的で使用される。③補強材の追加(コンクリート部材の表面に直接補強材を取り付ける工法)も曲げ・せん断耐力や変形性能を向上させる目的で使用される。本補修計画では、コンクリート部材の耐力の回復が目的であるため、①の打換え工法が適するが、背面土の影響と現場条件を考慮し、①打換え工法と②増厚工法を組み合わせて補強する計画とした。





写真 - 9 洪水吐管理橋 擁壁部 擁壁の剥落の状況及び深さ

表-6 補強対策の選定2)

補強の方法	〈土木分野〉	〈建築分野〉	
①コンクリート部材の交換	打換え工法	打換え工法	
②コンクリート断面の増加	増厚工法	増打ち工法	
2/コングリード側面の増加	コンクリート巻立て工法	コンクリート巻立て工法	
	鋼板接着工法	鋼板接着工法	
	連続繊維シート接着工法	連続繊維シート接着工法	
③補強材の追加	鋼板巻立て工法	鋼板巻立て工法	
	連続繊維シート巻立て工法	連続繊維シート巻立て工法	
	_	鉄筋接着工法	

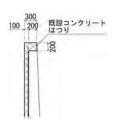
# 2)補修計画の詳細検討

上下流の擁壁部を復旧するにあたり、側壁天端の取壊し範囲および側壁部のはつり深さを検討した。擁壁背面の盛土への影響を考慮すると、天端取壊し範囲は最小限とする必要がある。また、工事中の既設擁壁の安定性を確保するためはつり深さは最小限とする必要がある。これらを考慮して、天端の取壊し範囲は $200\,\mathrm{mm}$ 、側壁のはつり深さは鉄筋の防錆処理を行うことから想定かぶり深さ程度( $=100\,\mathrm{mm}$ )とした( $\mathbb{Z}-6-a$ )。

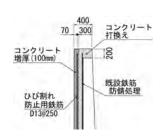
100mm程度の厚さを復旧する場合は一般的に断 面修復工法を採用するが、断面修復工法は使用す る材料が高価なため工事費が高くなる傾向がある。 本施工箇所は擁壁であり、水密性を必要としないこと、部材厚の変更が可能なことから増厚工法も可能である。このため、ひび割れ防止用鉄筋が配置できるように既設断面から100mm増厚して、側壁のはつり(100mm)後、複鉄筋の最小部材厚<sup>3)</sup>である200mmを打設する計画とした(図-6-b)。

表-7に断面修復工法によった場合と打換え+ 増厚工法(本補修計画で採用)によった場合の比較を示す。また、図-6-cに打換え+増厚工法(本補修計画で採用)の概要図を示す。

# a) はつり範囲



# b)打設範囲



c)概要図

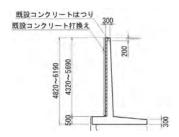


図-6 洪水吐管理橋 擁壁部部分打換え

表一7 洪水吐管理橋 擁壁補強工法比較表

		//// 工台空间 / 提至而这二次纪教徒	-
工法	断面修復工法	想定厚さ10cm)	打替+増厚工法(想定厚さ20cm)
分類	断面修復材	無収縮モルタル	コンクリート+膨張剤
材料名	RIS321エース	プレタスコンTYPE-LS500	デンカパワーCSA
	一般的なコテ塗・吹付け用ポリマーセメントモルタルである。特殊ファイバーが混入されており、ひび割れ抵抗性に優れる。プレミックスの材料をミキサーで混練し、コテ塗やポンプ等で圧送して吹き付けて仕上げる。	ントモルタルである。流動性が良く充填性に優れて	低添加型コンクリート用膨張剤で、生コン工場でベースコンクリートに添加して使用する。乾燥収縮・自己収縮によるひび割れを低減する効果を有する。生コン車で搬入し、ポンプ・クレーン等により型枠に流し込む。セメント置換(内割り)もしくはセメント外割り(通常は細骨材置換)して使用する。20kg/m³の配合を標準とする。
製品概要		原外制度 試験 (対態の月) プレタスコンTYPE-LS500 市販無収縮モルタル	冬期金床仕上げのコンクリートにも問題なく ご使用頂けます。 <b>運煙使用量</b> : 標準はセメントと関係 (内割) もしくは、セメント外割 (通常、細种材質機) で20ks/m/を使用して下さい。 参郷紙作画 (配) 合は物位よメト量や単位結合材量 (セメントと彫葉材を合わせた象) を考慮して決定します。 <b>用途</b> : 一般建築・土木構造物の体積変化によるひび割れの低減 ・乾燥収縮ひび割れの低減 ・自己収縮のび割れの低減 ・自己収縮のび割れの低減 ・自己収縮のであれの低減 ・自己収益のである。 ・   1
施工フロー	はつり→高圧洗浄→プライマー塗布→断面修復 (数層繰り返す)→養牛	はつり→高圧洗浄→プライマー塗布→型枠→モル タル充填→養生→型枠解体	はつり→高圧洗浄→型枠→コンクリート→養生→ 型枠解体
施工費	72,120円/m <sup>2</sup>	72,920円/㎡	40,990円/㎡
#B=#C	断面修復材は各メーカーにより多様な種類があり、適材適所で選定できるため便利である。しかし	無収縮モルタルも多様な製品があるが、LS500は	構造物の乾燥収縮・自己収縮を低減し、ひび割れ を抑制する効果が期待できる。コスト的にも安価で あり、本補修計画で採用する。
	Δ	Δ	©

# (3) 洪水吐管理橋 橋台部補修工法の検討

#### 1) 補修工法の検討

橋台部については、端部の剥離・剥落及び0.2mm 程度のひび割れが主な変状である。断面修復工法 及びひび割れ補修工法を組み合わせて、変状の進 行を抑制する計画とした。

# 2) 補修計画の詳細検討

橋台部の剥離・剥落箇所については、断面修復 工法で対策を行う計画とした。剥離・剥落箇所の ような不規則断面の補修を行う工法には左官工法、 吹付工法、充填工法があり、本補修計画では、施 工規模及び施工面積、施工条件から充填工法を採 用した(表-8)。また、補修材料には、セメン トモルタル、ポリマーセメントモルタル、ポリマー モルタルの3種類があるが、本補修計画では経済 性及びひび割れ抵抗性等からポリマーセメントモ ルタルを採用した(表-9、表-10、表-11)。

橋台部のひび割れ箇所については、断面修復工 法の施工範囲内は剥離・剥落対策の断面修復工法 で補修する計画とし、それ以外はひび割れ補修工 法で対策を行う計画とした(図-7)。

表-8 断面修復工法の選定

	左官工法	吹付工法	充填工法
施工規模	-	_	10m <sup>3</sup> 以上と 大規模な場合
			×
	小規模	中規模·大規模	中規模·大規模
施工面積	(10㎡以下)	(10㎡以上)	(10㎡以上)
	×	0	0
施工厚	10~30mm/層	~50mm/層	型枠を設置する ため、制限なし
	×	×	0
その他	_	型枠の設置が困 難な場所	型枠の設置が容 易な場所
		×	0

管理橋橋台の施工内容(施工規模: 7m³、施工面積: 70m²、 施工厚: 100mm、型枠設置: 可能)を考慮して、〇×を記載した。

表-9 断面修復工法の材料選定

名称	ポリマーセメント モルタル	セメントモルタル	ポリマーモルタル (エポキシ系)
材料費	3,920 円/㎡	4,170 円/㎡	22,500 円/㎡
経済性	1位	2位	3位

表-10 断面修復材料の期待される効果4)

		断面修復材の種類			
期待される主な効果	要求性能	セメント モルタル	ポリマー セメント モルタル	ポリマー モルタル	
劣化因子および劣化部の除去 および劣化・損傷断面の修復	①力学的性能	0	0	0	
	②ひび割れ抵抗性	Δ	0	Δ	
	①中性化抑制	0	0	0	
修復された断面における	②塩化物イオンの侵入抑制	Δ	Δ	0	
劣化因子の侵入抑制	③凍結融解抵抗性	0	0	0	
•防止効果	④科学的侵食抑制	Δ	Δ	0	
	⑤アルカリ骨材反応抑制 #1	Δ	Δ	0	
美観·景観	美観・景観に関する性能	Δ	Δ	0	
第三者影響度に関する性能	はく落抵抗性 #2	0	0	0	

注)・表中の〇は適用対象、△は適用する場合検討が必要(他の工法との併用など) ・#1のアルカリ骨材反応抑制は、標準的な適水性により判定した。#2は付着性を基本とした判定。

表-11 断面修復材料の特徴4)

セメント	・構造体コンクリートと同程度の強度、弾性係数、熱膨張係数を 得られる。
モルタル	・練混ぜ、施工性が容易で大断面の施工にも適している。
	・電気抵抗性が低い。
	・構造体コンクリートとの付着力が大きく乾燥収縮量が小さい。
ポリマー	・練混ぜ、施工性が容易で大断面の施工にも適している。
セメント	・乾燥収縮量が小さい。
モルタル	・曲げ及び引張強度が大きい。
	・劣化因子の侵入に対する抵抗性に優れる。
	・曲げ及び引張強度が高い、付着力が大きい。
ポリマー	・水密性に優れ、耐凍結融解性がある。
モルタル	・耐磨耗性、耐衝撃性、耐薬品性に優れる。
	・電気絶縁性がある(電気防食には不適)。

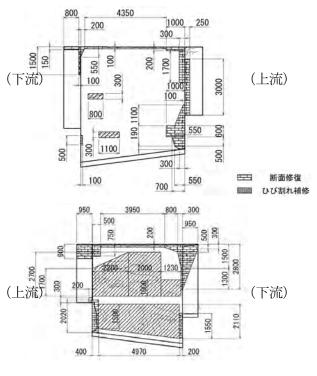


図-7 管理橋橋台部の補修計画図 (上:右岸、下:左岸)

ひび割れ補修工法には、ひび割れ被覆工法、注入工法、充てん工法の3種類がある。ひび割れ幅が0.20mm以下であることから、本補修計画では「ひび割れ被覆工法」を採用することとした(図-8)。

ひび割れ補修に使用する材料は、「有機系」と「無機系 (ポリマーセメント)」に大別される。洪水吐管理橋橋台部は、日射にさらされやすいという環境条件から紫外線に対する劣化耐性による違いを考慮し、「無機系 (ポリマーセメント)」の材料を採用することとした。

#### 5. おわりに

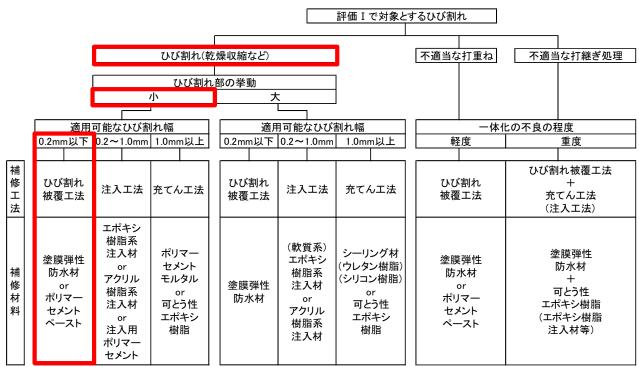
国営篠津青山地区における青山ダム洪水吐の補修計画について報告した。青山ダムは築造後60年以上が経過して今なお供用中のダムであるが、洪水吐変状区間の補修により健全な状態でさらに長く利用されることが期待される。

最後に、設計に際し、ご指導やご教示を承りました札幌開発建設部札幌北農業事務所の関係各位に対し、ここに深甚なる謝意を表します。

(㈱三祐コンサルタンツ札幌支店 技術部 技師) (㈱三祐コンサルタンツ札幌支店 技術部 課長(技術士))

# 【引用文献】

- 1)土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計 「頭首工」農林水産省農村振興局整備部設計課監 修(平成20年3月) p. 627
- 2) コンクリートのひび割れ調査・補修・補強指針 2022 (日本コンクリート工学会) p. 118
- 3)土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」農林水産省農村振興局整備部設計課監修(平成26年3月) p. 365
- 4)表面保護工法 設計施工指針(案)(コンクリート 委員会表面保護工法研究小委員会、H17) p. 198
- 5) コンクリートのひび割れ調査・補修・補強指針 2022 (日本コンクリート工学会) p. 114



※「評価 I で対象とするひび割れ」とは、乾燥収縮や水和熱によるひび割れなど、竣工から数年内には収束すると考えられるひび割れをさす。

図-8 ひび割れ補修工法の選定5)

# 雄武丘陵地区 デジタル技術を活用した業務取組み事例

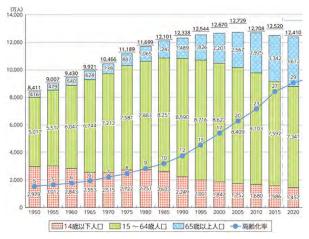
# 松坂 佳祐 · 八木 敏雄

#### 1. はじめに

総務省の公表では、我が国の総人口は2008年に1億2,800万人を記録して以降、人口減少傾向が続いており、2020年の段階ではピーク時より約400万人減の1億2,410万人を記録した(表-1は、5年毎の統計数値)。

一方、少子高齢化が進むなか年齢別人口比では、 65歳以上の高齢者が約30%弱を占めている(表-1)。

表-1 人口減少社会の到来 (総務省H28年版 情報通信白書より)



このような人口減少、少子高齢化が進むなか、 3 K (きつい・汚い・危険)の負のイメージが定着 してる建設業界の技術者確保では、継続的な入職者 の確保、在職者の離職防止の対策を余儀なくされて いる。また、入職後の技術継承についても、OJT にOFF—JTを組み合わせた教育システムや、暗 黙知を形式知化するナレッジマネジメントを導入す るなど、技術の共有により指導者不足を補いながら 人材育成が行われている。

今後は、人材の確保はもとより、技術者不足を補 うためのデジタル技術(建設 DX)を積極的に活用 し、作業の効率化を進め、近い将来に課題となるで あろう人員不足の解消について、組織的に取り組む 必要がある。

本稿では国営緊急農地再編整備事業の雄武丘陵地 区における草地の区画整理実施設計業務で試行した 作業の効率化の取組みについて紹介する。

# 2. 地区の概要

#### (1) 雄武丘陵地区

国営緊急農地再編整備事業「雄武丘陵地区」は、 北海道紋別郡雄武町に位置するオホーツク海沿岸 の酪農地帯である(図-1)。



図-1 雄武丘陵地区 位置図

地区内の農地は、ほ場を分断する耕地林や窪地が存在し、大型機械で作業を行うには区画が小さく、排水不良が生じ、非効率な土地利用による耕作放棄地の増加が懸念されている。そのため、土地利用を計画的に再編する区画の拡大及び排水不良の解消を行う基盤整備を実施し、担い手への農地の利用集積を進め、耕作放棄地の解消・発生防止による優良農地の確保を図ることが急務とされている(図-2)。

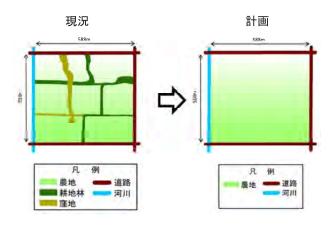


図-2 基盤整備のイメージ図(事業計画書より抜粋)

#### (2) 中雄武工区 (No. 2-6 ほ場)

本業務は地区の北部に位置する『中雄武工区』で、ほ場面積30.11haについて、整地工及び暗渠排水工の実施設計を行う内容である(図-3)。

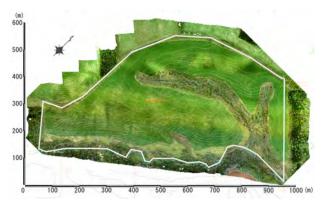


図-3 中雄武工区 (No. 2-6 ほ場)

本設計は、農地の利用拡大を目的とした既耕地の再編成を行うため、そのほ場の区画整形や起伏修正を行う「整地工」及び地中へ排水管を埋設する「暗渠排水工」が主要工種となる。業務の履行で、最も時間を要するのが測量作業と設計計画案の策定である。整備内容(工種)と範囲の設定は、農家への聞取りとそこでの合意形成により決定する。この作業は時間と労力を要するため、業務工程上でのボトルネックになっている。

そのため、整備内容と範囲の早期決定は後続作業へ大きく影響する重要なポイントとなる。

本稿では、作業の効率化を目的に実施した項目 のうち、地形情報を取得する手法として「UAV の活用」、プログラミング言語 Python (パイソン) を用いた「設計工程のデジタル化による効率化」の 2 項目について報告する。

#### 3. UAVの活用

## (1) 活用経緯

は場整備(畑)における整地工Ⅱは、農作業機械が走行する適正な畑面勾配を形成するため、基盤の切盛りにより起伏修正(表土の剥ぎ戻しを含む)を行う工事である。この一連作業を進める場合の測量は、メッシュ測量(縦横20m間隔で耕地面を実測)を実施しているが、対象工区のように耕地面積が広く、起伏が大きい場合、土量バランスとの調整が繰り返し必要となり、計画(測量)範囲を一度に決めることが難しい。

このため、前段に想定される区域より広い範囲で補足(標高単点)測量を行い、造成面の概略設計を策定する。次に農家との合意を得た計画案に沿って測量範囲を決定し、再度メッシュ測量を行う。従来は、このような調査範囲の決定に多くの時間と労力を費やし、設計作業の大きな負担となっていた。このような背景から、本地区では、早い段階からメッシュ測量に代わる新たな測量手法としてUAV写真点群測量を積極的に採用していた。※UAV写真点群測量とは、UAV(無人航空機)にカメラを搭載し、撮影された写真情報を基に、三角測量の原理で対象の点群データ

#### (2) UAVを活用した整地計画

を作成することである。

これまでの業務の進め方は、農家の要望を聞取り後、測量範囲を決定し計画案の策定を行っていた。対称的にUAVを活用した測量では、要望箇所を中心に一度のフライトで広範囲な地形データ、対象物を短時間で取得することが可能である。これにより、測量の作業時間短縮と周辺を含めた複数の設計計画案の提示が可能となった。

ここでは、UAVを活用した整地計画の提案事例について報告する。農家要望は、①区画拡大の支障となる沢地(2箇所)の埋め立て、②迂回を強いられていたほ場間(AとB)の移動を連絡する取付道路(横断工)を設置することであった。

従来、上記要望を踏まえた場合、図-4のように限られた測量範囲で設計計画を実施するため、 運土計画の切土範囲が限定され、単一的な計画案 となる。



図-4 農家要望に限られた設計計画

傾斜改良の要望が無い限り、沢地の埋め立て土は、隣接部より切土するのが一般的である。しかし、UAVによる地形データを広範囲に取得した場合、対象範囲全体を俯瞰的に確認することができるため、図-5のようにほ場面の急傾斜箇所(等高線が凸形状)を抽出することができる。

このことにより、抽出された凸部について傾斜 改良の実施を提案し、排出される土を沢地に転用 することで、ほ場間の横断的な整備も可能となる。



図-5 広範囲の地形データによる設計計画

このように、農家の要望に傾斜改良を加えた計 画案を経済性や営農効率を丁寧に説明・提示する ことで、整備内容の選択肢が増え、工事段階で手 戻りが発生することのないように、問題点を事前に解消しておくことが重要である。結果として UAVを活用した測量は、ほ場を設計する技術者 としての信頼獲得や農家との迅速かつ円滑な合意 形成に寄与し、優良農地が創出される一助を担う こととなる。

#### (3) 本地区におけるUAV測量の扱い

公共測量を行う際に遵守すべき規定としては、 国土地理院で制定されている「作業規程の準 則」<sup>1)</sup>(以下「作業規程」という)がある。

ここで、本地区にてUAVによる測量を行うに あたって、次のような課題への対応が求められた。

本地区は、過年度業務により地図情報レベル1000による地形測量を実施している。数値地形図データの精度は、作業規程第106条(表-2)に記載されている通りだが、7年以上経過しているので地形の経年変化が懸念される。

表-2 作業規定の準則第106条

地図情報レベル	水平位置の標準偏差	標高点の標準偏差	等高線の標準偏差
250	0.12m以内	0.25m以内	0.5m以内
500	0.25m以内	0.25m以内	0.5m以内
1000	0.70m以内	0.33m以内	0.5m以内
2500	1.75m以内	0.66m以内	1.0m以内
5000	3.50m以内	1.66m以内	2.5m以内
10000	7.00m以内	3.33m以内	5.0m以内

このため、今回の実施設計は、平面地形図(過年度業務)の補足測量を行う必要があり、UAV写真測量の精度管理を適用するとして、作業規程第133条により、地図情報レベル1000の数値地形図データを作成することとなった。但し、UAV写真測量にて地図情報レベル1000以上を作成する場合、作業規程第137条により地図情報レベル500の水平位置、標高(表-3)を適用することとなるため、当初地形図データの精度を満足し、問題ないとした。

表-3 作業規定の準則第137条

精度	水平位置	標高
地図情報レベル	(標準偏差)	(標準偏差)
250	0.1m以内	0.1m以内
500	0.1m以内	0.1m以内

次に、区画整理工事に必要となる数値データ (位置標高) は、設計計画において、三次元モデルにも使用できるUAV写真点群データの作業規程を準則することとした。この場合の地図情報レベルとしては、前述した地形図作成のレベル500を適用し、水平位置、標高の精度管理を作業規程第137条(表-3)の±0.1m以内とした。これについては、区画整理工事における畑面高の出来高管理基準(±300mm)以内であり、十分に適応できるとした。

また、草地として大半を占める本地区の測量は、 作業規程第409条で定められている『裸地での観 測』は難しいが、極力牧草収穫直後の観測を実施 し、検証点による測量精度を確保することでUAV 写真点群測量の適用を可能とした。

測量成果については、UAV測量をメッシュ測量の代替作業としておこなっているため、UAVで取得したグラウンドデータ(オリジナルからフィルタリング等を施したデータ)を20mメッシュ点に整理した標高を測量成果としている。また、後続作業の土工量算出についても同成果を採用しているが、大容量データとなるオリジナルデータ、グラウンドデータは成果として発注者に提出しておらず、必要に応じて提出することとしている。但し、途中経過の概略設計時にはグラウンドデータを利用し、造成計画ソフト(agri-3D)により、計画案を策定する等、作業の効率化及び省力化を図っている。

業務で行うUAV写真点群測量は、作業規程第409条「裸地での観測」に依ることができないため、発注者との協議による『地区の取り決め』として位置付けている。

#### (4) UAVの仕様

当社で所有するUAV (写真-1 左 Inspire2, 右 Phantom4 Pro) は、作業規程第143、144、145 条に対応した機種で、地形・地物等を撮影し、そ の数値写真を用いたオリジナルデータ等の三次元 点群データを作成する機能を有する。



写真-1 左)Inspire2 右)Phantom4 Pro

UAVの性能は、自律飛行機能及び異常時の自動帰還機能を装備し、機体に装着するカメラは、撮影時の振動や揺れを補正し、カメラの向きを安定させることが作業規程により義務付けられている。このため、気流が安定していなくとも、一様な撮影が可能となり、大きいほ場では必要な範囲の飛行ルートを設定することで自動飛行により連続撮影が可能となる。従って、機体が目視内の範囲であれば、必要範囲の飛行ルートと適正な飛行高度(規制高度と支障物の回避)を設定することで、熟練者に限らず初心者でも扱えることが特徴である。

# (5) UAV写真点群測量の撮影計画

UAV写真点群測量の撮影計画は、作業規程第420条に準拠する。草地の場合は撮影後の写真重複度を実際の写真で確認することが困難になるため、同一コース内の隣接数値写真との重複度を90%以上、隣接コースの写真との重複度は60%以上を確保するフライト設定とした(図-6)。



図-6 フライトコースとラップ率の設定画面

次に、標定点及び検証点の設置は、作業規程第414条(表-4)に準拠するとして、位置精度が0.10m以内では、「外側標定点間の距離を100m以内、内側標定点は400m以内」となる。

表-4 作業規定の準則第414条

位置精度	隣接する外側標定点 間の距離	任意の内側標定点とその点 を囲む各標定点との距離		
0.05m以内	100m以内	200m以内		
0.10m以内	100m以内	400m以内		
0.20m以内	200m以内	600m以内		

また、検証点についても作業規程414条に準拠して、標定点総数の半数以上設置している(図-7)。

# (6) 対空標識 (ターゲット板) の設置

今回のように対象ほ場の面積が30.11haと非常に大きい場合、設置するターゲット板も枚数が増え、設置や観測作業に労力を必要とする。特に現地におけるターゲット板の設置は、草地で目標となる目印が無いため、設置場所の特定に苦労する(図-7)。



図-7 標定点(○)と検証点(△)の配置図

このため、大区画の草地における作業手段として、ほ場内の移動は軽車両の4輪バギーを使用し、ターゲット板の設置予定個所をスマートフォン、またはPCタブレットに座標値を登録して探索することで、作業時間の短縮を図った(写真-2)。 【注意点】

- ①4輪バギーの乗り入れは、耕作者の承諾を必ず 得るとともに、極力牧草収穫直後に実施する。
- ②ターゲット板(標定点及び検証点)の設置は、

予め規定に沿った配点計画を図上に作成し、その座標値(シーマデータに変換)を端末機に登録したGoogle Earthや位置情報のソフトウェア等を事前に読み込ませておく。



写真-2 ターゲット板の設置及び観測 (ほ場内の移動状況)

③ターゲット板は、標定点と検証点が空測写真で 視認できるように分別する(写真-3)。





写真-3 左)対空標識(標定点用) 右)対空標識(検証点用)

# (7) 安全対策

UAVの飛行高度が150m以下に制限されるほか、地上にある障害物を的確に回避する飛行計画が求められる。雄武丘陵地区は、高低差が大きいほ場が多く、低位部を起点にUAVを操作した場合、高位部にある高い障害物に注意する必要がある。

このため、飛行エリアの障害物を確認するため、 国土地理院の空中写真・標高モデルを用い、樹木 や送電線等、飛行経路におけるフライト範囲内で 機体との離隔を検証し、事故のリスク低減に努め た。このように、事前に飛行シミュレーションを 実施することで、安全な飛行ルートの確保を行っ ている(図-8)。

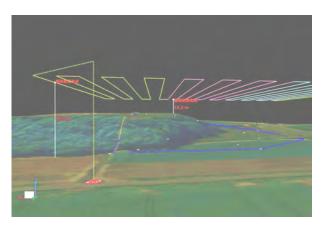


図-8 空中写真・標高モデルによる 飛行シミュレーション

#### 4. 設計過程のデジタル化による効率化

# (1) DX化(プログラミング言語)への取り組み

ここでは、DX化の一端として、成果品の一部をデジタル化するプログラミング言語 Python (パイソン)の有効活用について述べる。

※DXとは「デジタル技術を活用することで既存の業務フローを改善すること」の意。

Pythonとは近年、注目度が急激に高まっている プログラミング言語の1つで、最近のデジタル分 野におけるAI(人工知能)や機械学習等の開発 が可能であり、これらを扱ったライブラリ(関連 プログラムをひとまとめにしたもの)が豊富にあ ることで知られる。

図-9の上段に記載されているプログラム言語は、可読性に優れているため、初学者にも理解しやすく、普及拡大の一因となっており、中でも、インターネットによるPythonの検索数が、2021年



図-9 google trends (プログラミング言語比較)

ごろから急激に増加し、使用頻度も増加傾向が見られる(図-9)。

Pythonのみならず、多くのプログラミング言語には制御したいデータ形式に応じて、一連のプログラムをまとめた多種多様なライブラリが存在する。このため、使用者の目的に応じて様々なプログラムを作成することが可能となっている。ただし、建設業において取り扱うことが多いデータ形式は比較的限られており、①CADデータ、②excelデータ、③PDFデータ、④imageデータ、⑤textデータが代表的である(図-10)。

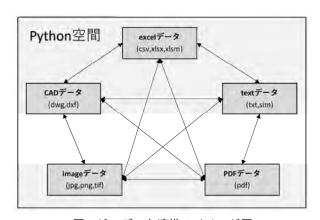


図-10 データ連携のイメージ図

次に、デジタル技術を活用し、設計から数量計算書作成までの手順をシームレス(一連作業)化することで、手入力ミスによる成果品の誤算出を低減する取り組みについての一部を紹介する。

#### (2) PDFの帳表をexcelデータに変換する

畑地帯の暗渠配線図は、地形勾配に合わせた配線計画を行うため、起伏の著しい場合、配線計画が複雑となり、暗渠工設計プログラムソフトを用いて、管径、勾配、延長、切深等を決定するのが一般的である。

このため、数量表は市販ソフトで設定された帳表 (pdfデータ)に出力され、その後、定められた様式の数量計算書 (excelデータ) へ転記することとなる。従って、10haを超えるような大区画のほ場では、入力作業に多くの時間を要すると同時に、人為的な転記ミス等の多くのリスクを抱

えることとなる。このようなリスクを解消するため、プログラムソフトから出力される pdf データをPythonによって条件整理し、指定されたexcelデータへ自動的に転記するデジタル化を行った(表-5)。

表-5 Pythonで入力した暗渠数量表

名称·:	К1	К2	КЗ	К4	К5	К6		
吸水渠	有孔管φ60	29	44	17		40		
掘削0.6~1.1m	有孔管φ80	_	_	_	_	_	_	
吸水渠	有孔管φ60				32		36	
掘削1.2~1.3m	有孔管φ80	_	_	_	_	_	_	

詳細としては、設計プログラムソフトから出力されるpdfデータに示された情報の配置に着目し、外部ライブラリを用いた際に何番目(何行目)を読み取り(入力)、数量表の様式に合わせて出力できるようPythonにてプログラムを作成した。これにより、10ha程度の広いほ場では、転記するのに半日以上を要した作業が、わずか数分までに短縮することが可能となった。

# (3) CADデータから暗渠部品を算出する

前述した暗渠工設計プログラムは、集水・吸水 渠及び土工のみが数量表に抽出されるが、暗渠排 水の部品(継手、エルボ、片落管等)については、 設計図からの積上げによる数量計上が必要となり、 暗渠工設計プログラムと同様に人手による数量の 抽出が必要となる。

ここでは、暗渠配線図(CADデータ)から、 暗渠部品毎の種類と個数が(txtデータ)に自 動で出力されるプログラムを作成することで、人 為的な数量計上のミスを未然に防ぐこととした。

手法としては、CAD上に描かれた暗渠配線図のデータ内において、部品毎にレイヤー・色・線種等の違いを定め、プログラムで読み取るentity(実体)を決定する。その後、部品毎に該当するentityのみを抽出し、その個数を数え処理する一連作業をプログラム化し、txtデータへ自動的に転写することで、設計図からの読み取り作業を省力化する(図-11)。

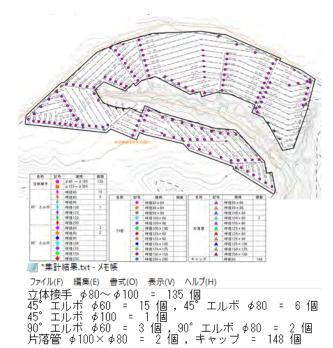


図-11 暗渠部品図と集計結果 txt

#### 5. おわりに

今回、紹介した事例は、デジタル技術を活用して 既存の業務フローを変革するもので、ほんの一部に 過ぎない。例えば、既存プログラムの『ラスベク変 換』が既に知られているが、ソフトを購入しなくと もPythonの仕組みが分れば、自作で変換することが 可能でコスト対策にも活用できる(図-12)。

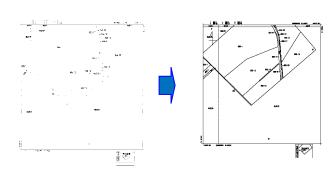


図-12 左) 公図の png データ 右) 地番線を 自動トレースした dx f データ

このように、DX (デジタルトランスフォーメーション) の最たる技術は、作業の効率化や品質確保、さらにはイニシャルコストの抑制など、働き方改革に根差したビジネスモデルの変革 (建設 インフラ DX) として建設業界からも広く取り上げられ、その技術改革は日を追うごとに増している。

昨今、新型コロナウィルス感染症の拡大を契機に、 テレワークやローテーション勤務、時差出勤といっ た勤務形態を余儀なくされていたが、今では働き方 改革の一環として現代社会に違和感なく取り入れら れている。

このように、既存の業務フローを変革するデジタル技術の取り組みも、いずれは常態化した作業プロセスとして定着していくと思われる。

従来、CADソフトメーカーは、多量な製品を比較的廉価で販売していた。しかし、時代とともに製品の仕様変更を展開するなど、販売戦略が価格上昇につながる営利第一主義へと変化してきている。その結果、メインユーザーであるコンサルタントでは、新たなソフトウェアの導入費用が増嵩し、その対応に苦慮している。

その対応のためには、それぞれの技術者が担う作業プロセスを改めて見つめ直し、簡易なものはPython等を活用し、少しでもデジタル化できる工程を一つ一つ積み重ねることを大切と考え、いずれ日常化され、私たちの働き方が改新する一助となることを願う。

謝辞:本業務を遂行するにあたり、北見農業事務所 をはじめ、地元関係機関の皆様には、地元調整の準 備や多くの助言を賜り、円滑に作業を進めることが できましたことに感謝いたします。

最後に、北見農業雄武分庁舎に在籍する事務所職 員の皆様には、報文作成にあたり多大なご助言、ご 協力を頂きましたことを御礼申し上げます。

> (㈱ドボク管理札幌支店 設計部) (㈱ドボク管理 取締役副社長(技術士))

# 引用文献

1)作業規定の準則 令和5年3月(一部改正)

# 農業用用排水施設の機能診断調査業務における 新技術の活用

曽我部 浩二

# 1. はじめに

農業・農村が持続的に発展し、食料の安定供給や 農村の多面的機能を発揮していくためには、適切な 農業用水を確保するとともに、速やかな排水を行う ことができる一連の農業水利システムが必要である。

農業農村整備の進展に伴い、農業水利施設のストックは膨大な量になっており、全国にはダム、頭首工及び用排水機場等の点的な基幹的施設は約7,000箇所、基幹的な農業用用排水路は約50,000kmが整備されてきた。

これらの施設の多くは戦後から高度成長期にかけて整備されてきたものが多く、老朽化が一斉に進むことが想定される。かつては、劣化の進行により施設性能が著しく低下した時点で全面更新することが一般的であったが、昨今、施設管理者である地方公共団体や土地改良区等の財政の逼迫等により、農業水利施設の補修・更新等が困難な状況が生じている。

このため、適切な機能保全調査を実施することにより、将来の施設状態を予測し適切な維持管理・補修補強等を行い、施設の長寿命化と将来の機能保全コストの最小化・平準化を図ることが重要である。また、近年では維持管理・点検に係わる技術員不足の面からも省力化・効率化が求められており、新技術に対する期待は大きい。

本報では、釧路・帯広開発建設部管内で実施した 農業水利施設の機能診断調査での新技術(水中UA V、LiDAR搭載UAV、水上UAV)の活用事 例について報告する。

# 2. 新技術を活用した対象施設

新技術を活用した機能診断調査の対象施設は、農業用用排水施設である。

[釧路開発建設部管内] (図-1)

・事業名:国営農地開発事業「トリトウシ地区」 第1号配水池、第2号配水池 · 事業名: 直轄明渠排水事業「拓北地区」 拓北幹線明渠排水路

・事業名:国営総合農地防災事業「鶴居第1地区」

1号排水路

[帯広開発建設部管内] (図-2)

・事業名:国営かんがい排水事業「札内川第二地区」 上更別ファームポンド



図-1 施設位置図(釧路開発建設部管内)



図-2 施設位置図(帯広開発建設部管内)

#### 3. 機能診断調査で活用した新技術

#### (1) 水中UAV

水中UAVは、国営農地開発事業「トリトウシ 地区」の第1号配水池、第2号配水池、国営かん がい排水事業「札内川第二地区」の上更別ファー ムポンドでの現地調査で使用した(写真-1、2)。



写真-1 トリトウシ地区 第2号配水池



写真-2 札内川第二地区 上更別ファームポンド

「トリトウシ地区」の配水池は、釧路町遠矢市 街地の東方に設置されており、工事完了後約20年 が経過している。また、国営かんがい排水事業 「札内川第二地区」の上更別ファームポンドは、 更別村更南地区に設置されており、工事完了後14 年が経過している。

当該施設では、問診調査の際に施設管理者から 「通年、受益者が水利用しているため、機能診断 調査の際に配水池の水を抜いて内部点検はできな い」「施設供用後に内部の点検及び清掃を実施し ていない」との回答があった。

このため、新技術である水中UAVを使用し、 落水することなく、動画撮影による映像から側壁、 底版、頂版、柱部の映像をもとにスケッチ図を作 成し、ひび割れ、摩耗、欠損等の変状を把握し、 健全度評価の精度向上を図った。

#### 1)水中UAVの特徴

本調査では、従来の自走式水中カメラには無かったソナー、レーザースケーラー、各種カメラを搭載し、動画撮影を行った。本機は、BlueRobotics社が開発販売するROV (Remotely Operated Vehicle:有線式水中UAV)をカスタマイズしたモデルである(図-3、写真-3)。

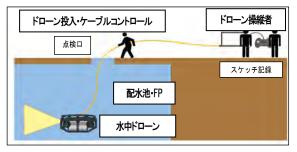


図-3 水中UAV調査状況図

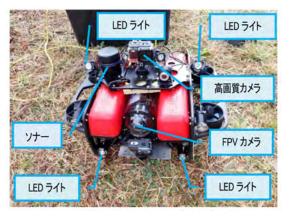


写真-3 水中UAV

- ② ソナー:音波によって機体と障害物・側壁との距離を測定し、機体位置を把握した(写真-4)。
- ③ レーザースケーラー:本調査では光線幅を15cm に設定し、変状範囲を把握した(写真-5)。

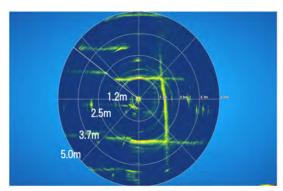


写真-4 ソナー映像 (円中心が機体、コの字は側壁を感知している)



写真-5 レーザースケーラー (光線幅15cm)

④ 各種カメラ:高画質カメラ (4k)、360度カメラを搭載し撮影した。また、操縦者はFPV (First Person View:搭載カメラの映像をディスプレイに映し出し操縦する)カメラにより、優れた操作性が得られた。

# 2)水中UAVに関する考察

① トリトウシ地区第2号配水池(B7.0m×L 14.5m×H3.9m×2槽)の場合、調査員3名で調査時間は準備・撤収1時間、撮影3.5時間程度であった。



写真 - 6 トリトウシ地区 第1号配水池 底版土砂堆積

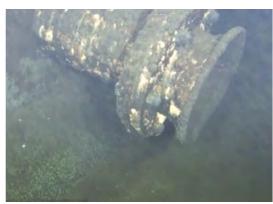


写真-7 トリトウシ地区 第1号配水池 連絡管発錆



写真-8 トリトウシ地区 第2号配水池 防水塗装膨れ



写真-9 トリトウシ地区 第2号配水池 配管エルボ発錆



写真-10 札内川第二地区 上更別 F P 頂版エフロ、クラック



写真-11 札内川第二地区 上更別 F P 発錆、錆こぶ

② 配水池やファームポンド内に水を張った状態 であっても、水中UAVを使用することにより、 水面下の側壁、底版の防水塗装の膨れ、汚れや 堆積物の有無、ひび割れ及び配管等金物類の発 錆状況が確認できた(写真-6、7、8、9、10、11、図 -4 、5 )。

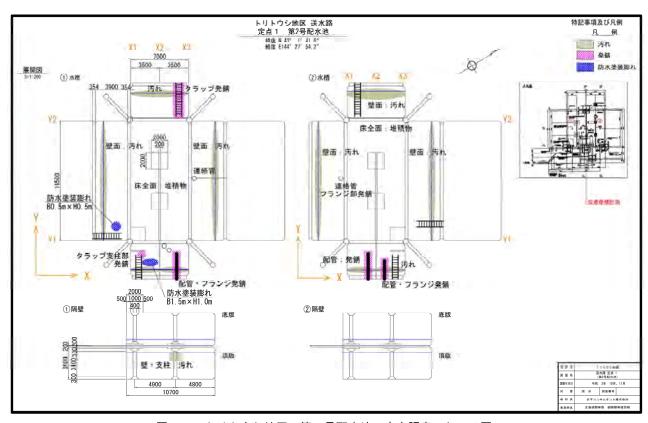


図-4 トリトウシ地区 第2号配水池 定点調査スケッチ図

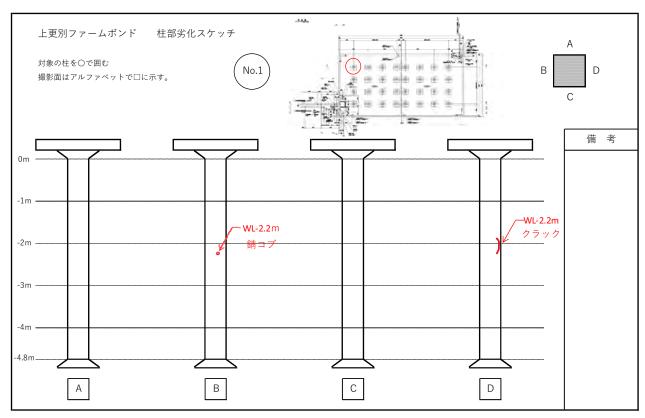


図-5 札内川第二地区 上更別ファームポンド 定点調査スケッチ図(柱部)

- ③ カスタマイズ装着したソナーやレーザースケーラーにより変状箇所の位置や範囲を把握することができた。
- ④ 水中UAVを使用することにより、受益者の 水利用を止めることなく、診断調査を実施でき た。
- ⑤ 高画質カメラ(4k)、360度カメラを搭載し 動画撮影を行うことにより、施設状態を鮮明な 映像で確認することができた。現場状況(水中 の閉鎖性空間等)に応じて、水中UAVの使用 は有効であると考える。

# (2) LiDAR搭載UAV

直轄明渠排水事業「拓北地区」により整備された拓北幹線明渠排水路は、弟子屈町の北西部に位置する釧路川支流勝美川流域の農業地帯を流下している。

対象施設は昭和54年〜昭和58年にかけて整備され、工事完了後37年が経過している。全施設延長は2,960m、護岸形式は連節ブロック護岸である(写真-12)。



写真-12 拓北地区 拓北幹線明渠排水路 (SP. 1600)

当該施設での作業内容は、事前調査(資料調査・問診調査)、現地踏査であり、施設状態の概要を把握することが目的であった。このため、徒歩による通常の現地踏査に加えて、LiDAR搭載UAVを活用し上空からの撮影・計測を試行し、排水路断面への土砂堆積や侵食状況、倒木の有無等を把握した。

# 1) L i DAR搭載UAVの特徴

① LiDAR (ライダー)とは、光による検知

- と測距のことであり、 原理はレーザー光を照 射し、物体に当たり跳ね返ってくるまでの時間 を計測し、物体までの距離や方向を測定するも のである。
- ② 国産産業用UAVであるACSL社のPF2 をカスタマイズし、Livox社のAvia (LiDAR)を搭載することにより、上空より高精度にレーザーを照射し、点群を取得できる機体を使用した(写真-13、14)。
- ③ UAV: PF2は飛行経路を設定することで 離陸から着陸までの完全自律飛行が可能である。
- ④ LiDAR: Livox社のAvia、計算 上は高度50mの飛行で、70m×80m程度の範囲 のスキャンが可能である。
- ⑤ 飛行中にLiDARの計測と合わせて、写真 撮影を行うので位置の把握が容易である。



写真-13 LiDAR搭載UAV



写真-14 LiDAR搭載UAV 下面

# 2) LiDAR搭載UAVに関する考察

- ① 撮影範囲は、1km区間であり、作業時間は外業(準備・計測等)が2名×1日、内業がデータ処理(点群データの間引き、断面図の作成等)に1名×3日間程度であった。
- ② UAV写真測量では、通常は多くの写真を撮影し3D化を行うソフトで写真を結合し点群化を行うが、LiDARではレーザー光で周辺をスキャンし点群データを直接取得することから、作業の省力化につながった(図-6、7)。
- ③ 本調査では、河畔林が少ない区間かつ、排水路法面の草本類が秋枯れした後に計測を実施したため、排水路断面の変状(法面への土砂堆積や侵食等)を概括的に把握することができた(図-8)。このことから、現場条件(上空からの計測に支障がない環境)や作業時期(排水路周辺の草本類が生育前の早春季あるいは秋枯れ後)に応じて、LiDAR搭載UAVの使用は有効であると考える。

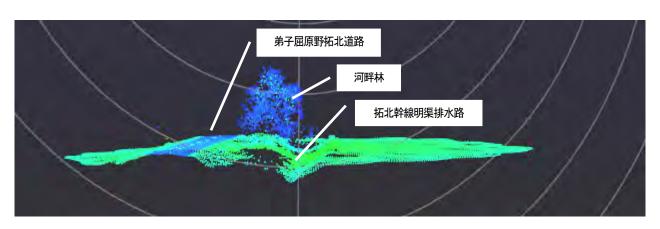


図-6 点群データ (拓北幹線明渠排水路 SP.1550~SP.1650) ※現地にて専用ソフト (Livox Viewer) で点群データを確認した。

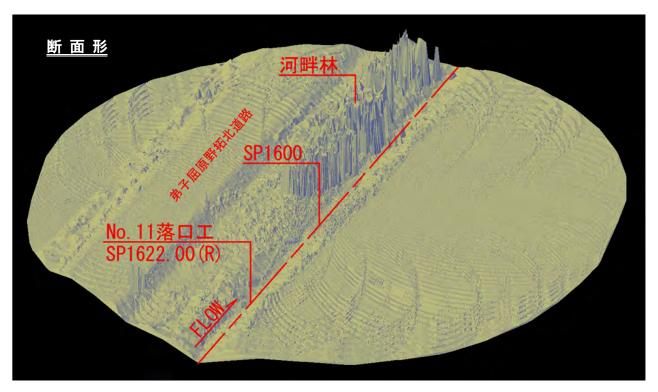


図-7 3次元データ (拓北幹線明渠排水路 SP. 1550~SP. 1650)

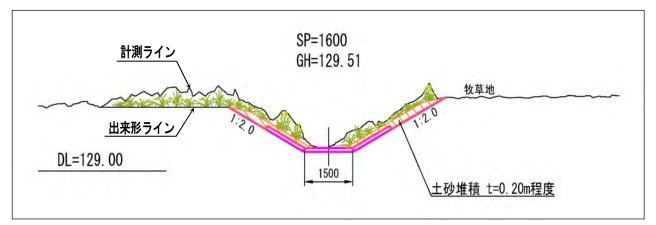


図-8 計測断面と出来形図の重ね合わせ(拓北幹線明渠排水路 SP. 1600)

# 3) 計測断面と出来形図の重ね合わせ

LiDAR搭載UAVで計測したデータと出来 形図を重ね合わせ、排水路断面の変状について確 認した(図-8)。

調査対象施設は、施工後37年が経過している区間であり、連節ブロック護岸が敷設されている。 断面図の重ね合わせでは、法面や河床への土砂堆積(土砂厚 t = 0.1~0.3m程度)、草本類の生育が確認された。堆積土砂厚の数値は現地踏査時の実測値とほぼ同じであり、排水路での機能診断調査で用いる精度としては問題ないと考える。

# (3) 水上UAV

国営総合農地防災事業「鶴居第1地区」により 整備された1号排水路は、鶴居村を流下する釧路 川支流久著呂川流域の農業地帯を流下している。

対象施設は平成16年~平成17年にかけて整備され、工事完了後15年が経過している。全施設延長は2,500m、護岸形式は土水路である。

1号排水路は流入先の久著呂川の水位が影響 (背水)している可能性が考えられ、常時水深は 1.0m前後と深い状態であった。また、水際には クサヨシやオオヨモギ等の高茎草本類が繁茂して いたことから、現地踏査時には排水路水際の浸食 あるいは堆積状況が確認し難い場面があった(写 真-15)。

このため、新技術である水上UAVを活用し、 排水路の水面からの撮影を試行した。

#### 1) 水上UAVの特徴

① 調査協力会社の㈱FINDi、㈱北王インフ



写真-15 鶴居第1地区 1号排水路(No.6+O)

ラサイエンスが共同開発したテスト機を使用した (写真-16)。

- ② 管渠、開渠の断面形式を問わず、また流れの 有無を問わず安定し自在に水面上を航行できる。
- ③ 左右側方に各2個、後ろに1個の推進モーター により、機体移動を制御する(水中にスクリュー が無いので、水草が多い水路でも走行できる)。
- ④ 機体にリールを繋げているので航行距離を把握することができる(写真-17)。
- ⑤ 搭載した360度カメラにより、一回の撮影で 全周(上下流及び右左岸)を撮影することがで きる。
- ⑥ 従来機体のような直進航行のみではなく、左 右移動が可能である。
- ⑦ 従来の機体には無かったジャイロ機能(機体の回転角度を測定し位置を補正する)を搭載しており、直進時の左右のブレ補正を行うことにより、操縦が容易である。



写真-16 水上UAV (テスト機)



写真-17 距離計 (船尾にリールひもを結び距離を測定)

# 2) 水上UAVに関する考察

- ① 撮影範囲は、約250m区間であり、作業時間は準備・撤収40分、撮影10分程度であった。
- ② 調査員が水辺に接近するのは、排水路に機体を運搬する時のみであり、常時水深が深い箇所での安全性を確保できる。
- ③ 360度カメラを使用することにより、1回の撮影で全周(上下流及び右左岸)の状況が把握できる。動画は任意の視点へ変更が可能であり、通常の写真と比較して周囲の状況を満遍なく確認できる(写真-18)。
- ④ 現場状況(水深が深く近づくのが危険、岸辺の草繁茂により水際状況が目視できない場合、管渠や函渠等の閉鎖空間等)に応じて水上UAVの使用は有効であると考える。









写真-18 360度カメラの映像 (360度カメラで全周を動画撮影し、静止画像で整理)

## 4. おわりに

新技術である水中UAVを活用することにより、水を張った状態の配水池・ファームポンドであっても、機能診断調査を実施することができた。また、LiDAR搭載UAV等の機器が開発され実用化されることに伴い、調査精度の向上、作業の効率化や安全性の確保等が期待される。近年はさまざまな分野で技術革新が進んでいるが、"新技術"が多用な社会インフラの点検・調査に普及することにより、たとえば人手不足の解消に寄与するなど、多様化する現代社会において大いに役立つものであると考える。(北王コンサルタント(株)技術部 部長(技術士))

# 令和4年8月豪雨災における河川横断施設の復旧設計

齊藤 崇

#### 1. はじめに

前線を伴った低気圧が、令和4 (2022) 年8月16日に北海道を通過した。これにより、15日~17日にかけ北海道地方の広い範囲で大雨(以下、令和4年8月豪雨と呼ぶ)となり、瀬棚郡今金町の今金観測所においても、15日~16日にかけての24時間降水量として「226.0mm」を記録し、1976年の統計開始以来、観測史上第1位の記録を更新した(図-1)。

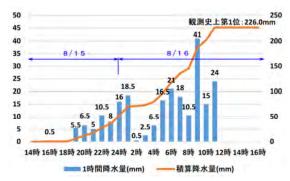


図-1 今金観測所の降水量グラフ

この大雨により、今金町市街地の一部が水没状態となり多くの床上・床下浸水が発生したほか、およそ394haの農地が水につかるなど、収穫期をむかえた特産物の「今金男しゃく」をはじめ、ハウス内のミニトマト・アスパラガスなど多くの農作物に被害が出るとともに、農業用水路やポンプ場などの農業施設が被災した(写真-1)。



写真-1 被害を受けたミニトマトハウス

本稿は、令和4年8月豪雨による異常出水により 被災した、今金町住吉地区へ農業用水を供給する 「第4幹線用水路」の災害復旧のうち、1級河川後 志利別川支流上ハカイマップ川を横断するコンクリー ト水路橋(以下、上ハカイマップ川水路橋と呼ぶ) の復旧計画について報告するものである。

#### 2. 地区の概要

今金町の総面積は568k㎡である。そのうち、農地は56k㎡と総面積の約10%に過ぎないが、北海道を代表する「今金米」、でんぷん質を多く含んだ馬鈴薯「今金男しゃく」などを中心に、高収益作物のだいこん、にんじん、ブロッコリー、ミニトマトをはじめとする野菜類が生産され販売金額の大きい農家数の増加に繋がってきている。

しかし、総農家戸数や農業従事者数の減少傾向は 今金町においても例外ではなく、それでも農地は維 持されていることから、農地の有効利用を図る上で 営農の効率化が求められている。

#### 3. 対象施設の概要

第4幹線用水路は、北海道から許可を得た水利使用規則に基づき、北住吉頭首工により、上ハカイマップ川から取水した農業用水(最大0.3165㎡/s)を下流の農地77.84haにかんがいするための用水路である。

その歴史は古く、戦後の食糧増産期である昭和28年に建設され、その後、部分的に改良が進められており、近年では「農地耕作条件改善事業」等によりプレキャスト製水路への整備が進められている。

上ハカイマップ川水路橋(以下、当該水路橋)は、河川の湾曲部に位置し(写真-2)河道に橋脚を1 基設けた2径間の水路橋である(写真-3)。



写真-2 水路橋周辺状況図



写真-3 上ハカイマップ川水路橋(被災前)

通水断面は幅1.00m、高さ0.75mで、橋長約25mの 現場打ちコンクリートである。なお、上部工である 開水路と、橋台、橋脚の下部工が一体化された鉄筋 コンクリート構造となっている。

また、当該水路橋は、一級河川水系の指定区間に 位置しているが、河川法令制定前に建設されたもの であり、その構造や余裕高(桁下高)等は現在の法 令に合ったものではない。

竣工後70年近く経過し、劣化が顕著化している状況である。日射の影響を受けやすい水路橋は、長期にわたり凍結と融解を繰り返して、コンクリート表面が凍害劣化し、スケーリングやひび割れが発生している状況であった。これまで、施設管理者である地元土地改良区の努力により、必要な機能を確保しながら用水の供給をおこなってきたが、令和4年8月豪雨により被災し、その機能を喪失した。

#### 4. 被災の状況

# (1) 降雨・河川水位の状況

降雨は図-1に示すとおり、8月15日19時頃から翌16日11時頃まで断続的に降り続け、24時間降水量226.0mmを観測した。

上ハカイマップ川の本流である、一級河川後志利別川にある今金観測所における水位は8月16日7時~20時の13時間が氾濫注意水位12.9mを超過、同日12時には避難判断水位15.2mを一時的に超過している状況であった(図-2)。

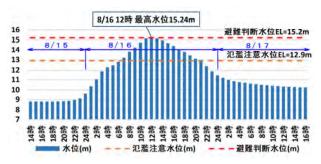


図-2 後志利別川今金観測所の水位グラフ

# (2) 被災のメカニズム

被災のメカニズムを図-3に示す。被災は豪雨による異常出水により、上ハカイマップ川の水位が上昇し、当該水路橋右岸橋台下部の前面土砂が洗掘され、それに加えて河川からの越水により橋台背面に水が流れ込み、土砂が流出したことにより橋台が転倒し、水路橋が落橋したと推測される。

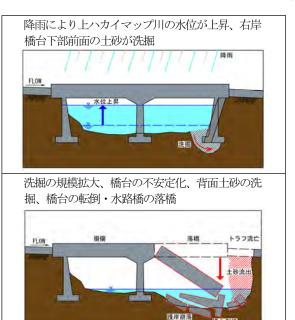


図-3 被災のメカニズム

#### (3) 水路橋の被災状況

当該水路橋の右岸橋台は、橋台下部・背面土の 洗掘により転倒・崩壊し下流域への流出、若しく は河川流域内の土砂に埋まっているものと推測さ れ、被災後の現地調査においても、その存在は確 認されなかった(写真-4)。



写真-4 上ハカイマップ川水路橋(被災後)

右岸橋台の流亡により、当該水路橋上部工(以下、上部工)は不安定となり橋脚部より破断落橋し、破断箇所では鉄筋の露出、鉄筋引き抜きなどの被害が見受けられた(写真-5)。



写真-5 橋脚部(被災後)

また、河川管理者により整備された右岸橋台上下流の積ブロック護岸工も、右岸橋台と同様に土砂の洗掘により約40mに渡って被災を受けた(写真-6)。この区間は河川側が原形復旧を行う。



写真-6 右岸橋台部(被災後)

上部工の落橋により、被災後さらに河道の狭窄が進行している状況である。旧橋撤去前に豪雨が発生すると、流木が落橋した上部工に引っかかり、さらに多くの流木や漂流物が堆積することが想定され、通水断面のさらなる阻害や、洪水被害の助長が懸念されることから、被災した上部工の撤去が急務であるととともに、次年度の営農に向けた用水路機能の回復が必要であった。

# 5. 災害復旧と河川管理施設等構造令との整合

# (1) 災害復旧の定義 (農村振興局所管)

災害復旧事業は、「異常な天然現象によって災害を被った農地、農業用施設を原形に復旧することを目的とする工事」と定義されている。更に、原形復旧を目的とする工事として次の5項が定められている。

1)原形復旧、2)効用回復、3)原形復旧不可能な場合の復旧、4)原形に復旧することが著しく困難又は不適当な場合の復旧、5)施設を統合する復旧(各項の説明は、「災害復旧事業の解説」を参考にされたい)

# (2) 対象施設の取り扱い

被災を受けた左岸側径間の上部工は、落橋せず 通水機能を維持している状況であった。一方、落 橋し通水機能を喪失した右岸側径間の上部工と橋 脚は、前述のとおり一体構造の現場打ちコンクリー ト構造であり、落橋した右岸側の水路を原形に復 旧することは困難であるため前項の、4)原形に 復旧することが著しく困難又は不適当な場合の復 旧に該当するものと提言した。

# (3) 河川管理施設等構造令における災害復旧の取り 扱い

河川行政と土地改良事業との調整については、河川管理施設等構造令1)(以下、河川構造冷)に関する覚書(抄)に記載されている。この中で「災害により滅失した施設を築造し、及び被災した施設を原形に復旧することが不可能な場合において当該施設の効用を回復するために必要な施設を築造し、又は、原形に復旧することが著しく困難若しくは不適当な場合においてこれに代わるべき必要な施設を築造して行う災害復旧は令第74条及び附則第2項における「改築」に相当すること。ただし、災害により河床の状況が変化したため、従前河床が果たしていた機能に代わる施設を設ける場合等新たに施設を設ける場合はこの限りでない。」と示されている。

よって、原形復旧が困難である当施設において 全面復旧となる場合は、河川構造令の規定に準拠 した復旧計画を立案する必要があった。

#### 6. 復旧計画上の課題の整理

### (1) 河川協議

河川横断構造物である水路橋の災害復旧工事は、河川区域内の土地の占用(河川法第24条)及び工作物の新築・改築・除去(河川法第26条1項)が伴うことから河川管理者との協議および申請が必須である。

河川協議を進めるにあたり必要となる基本条件は、計画高水流量及び計画河川断面などが挙げられるが、本河川は整備計画が定められていないことから、過去の近傍における橋梁河川協議資料を参考に河川管理者との協議を行った。

水路橋の上流約400mに位置する道路橋の協議 資料によると、計画高水流量180㎡/s、河床幅14.2 mを想定している。これらの条件を、当該水路橋 河川横断地点にあてはめ、整合性を確認した上で この値を採用し協議を進めた。

#### (2) 施工時期の制約

河道内の工事を実施する場合は、原則、台風や 雪解けなどにより川が増水する恐れのある期間 (出水期)を避けなければならない。

北海道における非出水期は、通常11月から翌年3月とされ、本施設の工事もこの5ヵ月間に工事期間を設定する必要がある。加えて、当該箇所においては、河川管理者が実施する右岸積ブロック護岸工の災害復旧工事が令和5年11月~12月の1.5ヵ月間程度を予定されており、この期間と重複しないよう当該水路橋復旧工事の河道内の工事を12月~3月の3.5ヵ月間に限定することとした(表-1)。

 年月
 R4.11
 12
 R5.12
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 R6.1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 R6.1
 2
 3
 4
 8
 2
 3
 2
 3
 4
 8
 3
 3
 3
 4
 8
 3
 3
 4
 8
 3
 3
 4
 3
 3
 4
 8
 3
 3
 4
 8
 3
 4
 3
 8
 3
 4
 3
 8
 9
 10
 11
 12
 R6.1
 2
 3
 4
 4
 3
 4
 3
 4
 3
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 R6.1
 2
 3
 4
 4
 3
 4
 3
 6
 3
 4
 3
 4
 3
 6
 3
 4
 3
 4
 3
 4
 3
 6
 3
 4
 3
 6
 3
 4
 3
 4
 3
 4
 3
 4
 3
 4
 3
 4
 3
 4
 3
 4
 3
 4
 3
 <

表-1 工事期間の設定

また、公共工事における資材調達は、契約時点で設計図書に定められた資材を発注することになる。資材によっては納入までに数ヶ月を要することもあるため、施工上の制約に配慮し工事工程を設定する必要がある。

復旧計画における工法選定にあたって、納入日 数を要すると思われる資材および想定納期を表-2に整理する。

品目	想定納入期間				
ダクタイル鋳鉄管類	3. 5~4. 0ヵ月程度				
鉄筋コンクリート管類	1. 5~2. 0ヵ月程度				
コンクリート二次製品	3. 5ヵ月程度				
鋼製製品	6.0ヵ月程度				

表-2 資材の想定納期

# (3) かんがい用水の確保

今金町住吉地区のかんがい期間は、5月1日~8月31日の123日間である。幹線用水路の被災箇所は、北住吉頭首工から200m下流にあることから、用水の供給停止は、全受益面積に影響をおよ

ぼす。よって、かんがい期の用水供給機能の確保 は必要不可欠である。

#### 7. 復旧工法の検討

用水供給機能を回復するための工法検討にあたっては、前述の復旧計画上の課題を踏まえた上で行う必要がある。

最初に、既存施設と同様の水路橋(もしくは、水管橋)での復旧の可能性の検討を行い、困難な場合には工法を変更して逆サイフォン形式としての復旧の可能性を検討した(図-4、図-5)。

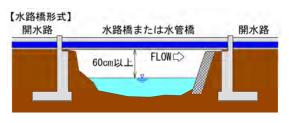




図-4 河川横断形式のイメージ図

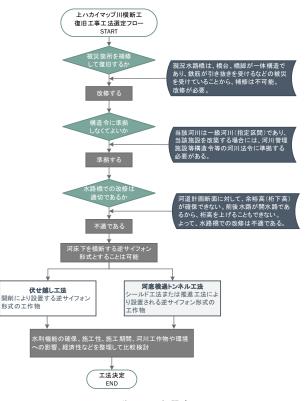


図-5 復旧工法選定フロー

前述のとおり、全面復旧となる場合には、河川構造令の規定に準拠しなければならない。しかし、当該水路橋は、計画高水流量180㎡/sにおける桁下余裕高(0.6m)が確保できていない状況にある。すなわち、水路橋形式で復旧する場合には桁下高を50cm程度上げる必要がある。

現水路橋の上下流は開水路となっていることから、 部分的に河川横断区間の敷高を上げると、水路橋の 上流側約200mの水路および取水ゲートまで敷高変 更の影響がおよぶものと想定された。

このことから、水路橋としての復旧は困難である と判断し、現況の水路橋形式から変更し、河床下を 横断する逆サイフォン形式として復旧の可能性を検 討した。

# 8. 逆サイフォン形式の工法検討

#### (1) 水理検討

これまでの河川横断形式である水路橋から、逆サイフォン形式に変更すると水路損失は増加する。したがって、逆サイフォン形式とした場合の水理検討を行い、計画用水量を流下させる水理機能を確保することができるかを確認した。

当該水路は常流であり、流れの変化は下流から上流におよぶことから、逆サイフォン下流水路を既知量とし、流れに逆らう上流方向で水路損失を考慮し不等流計算を行うこととした。水路規模は、河床下を横断する管水路  $\phi$  600mm、立坑は  $\phi$  1200mmと概定して検討した。なお、損失は摩擦損失に加えスクリーン損失、段による損失など、各種損失も考慮し検討を行った。

水理計算の結果、逆サイフォン上流水路(V600トラフ)の流況は、h=0.590m、v=0.691m/sとなり、確保できる余裕高(F b')は0.01mとなった。一方、用水路として必要な余裕高(F b)は0.153mであり、F b' < F b となり用水路としての水理機能を確保できないことが判明した。この解決策として、河床下を横断する管水路の規模を大きくし損失を抑える、あるいは下流水路の水位を下げて、上流水位の上昇を抑えることの2通りが考えられた。

前者は、管路口径が大きくなることで工事費が 大幅に上がることから現実的ではない。一方、後 者は河川横断工の約20m下流に落差工が設置され ていることから、その落差高を利用することで、 比較的安価に下流水位を下げることが可能となる。 以上のことから、水利機能の確保は下流水路 (落差高)を20cm下げて対応することとし、あらためて水理計算を行った結果、Fb'=0.202m  $\geq$  Fb=0.159m となり、用水路としての水理機能を確保できることが確認できた(図-6)。

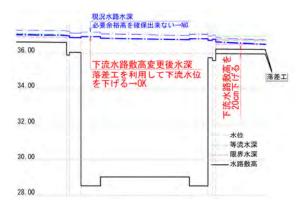


図-6 不等流水面形図

#### (2) 構造工法の検討

水理機能を満足することができた事から、逆サイフォンの形式について検討する。逆サイフォン 形式の工法としては、1)河底横過トンネル工法、 2)伏せ越し工法の2つの工法が考えられる。

「河底横過トンネル」とは、河底を横過する農業用水等のパイプラインをシールド工法及び推進工法(小口径管推進工法を含む)により設置するものである。一方、「伏せ越し」とは、逆サイフォン構造で河底を横過する工作物のうち、開削工法により設置するものをいう。

# 1) 河底横過トンネル工法の概要

河川横断部の管路については、上下水道や石油パイプライン等の圧力管路の場合には、管路が破損した時に堤防などの損傷、河川水の汚染を引き起こす可能性があるため外管と内管とが構造上分離した「二重鞘管構造」とするなどの対策を要する。しかし、当該施設は、河川横断部の上下流が開水路であることから、圧力管には該当しないものと判断した。さらに、掘込河道であり、管内の流水も上流で取水した河川水であることから汚染の心配はなく、二重鞘管構造は不要であると考えた。

こうしたことから配管材は、強度が大きく強靭性に富み腐食に強く水密性が高いダクタイル鋳鉄管の一重管構造とした。なお、口径が $\phi$ 600mmであることから、小口径管推進工法として検討した(図-7)。

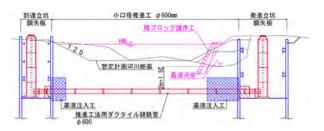


図-7 河底横過トンネル工法概略図

## 2) 伏せ越し工法の概要

伏せ越し形式は、河道の掘削を伴うことから非 出水期の工事になるとともに、施工時の河川流量 から鋼矢板による半川締切により、左右岸からの 2回に分けて施工することとなる。また、令和5 年11月から河川管理者が実施する予定の右岸積ブロック護岸工災害復旧工事の前に右岸側の工事を 終わらせ、左岸側は右岸積ブロック護岸工事完了 後に行うことで検討した。

配管材は、鉄筋コンクリート構造又はこれに準ずる構造のものでなければならない(構造令第47条(構造)第1項の規定を準用)ことから、コンクリート管鉄筋コンクリート全巻基礎構造として

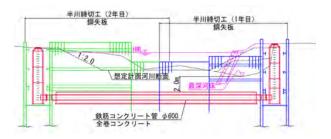


図-8 伏せ越し工法概略図

検討した (図-8)。

# 3) 両形式の比較結果

逆サイフォン形式の用水供給施設として要求される「1.水利機能の確保」、「2.施工性」、「3.施工期間」、「4.河川工作物や環境への影響」に、災害復旧事業において十分配慮する必要がある「5.経済性」を加えた5つの観点から検討を行い、表-3に整理した。

資材の準備期間や施工可能な工事期間の課題を整理した結果、両形式どちらを採用した場合においても、令和5年のかんがい期までに工事を完了できないことがわかった。このため、用水路を仮復旧した仮用水路を設置することとした。

河底横過トンネル工法を採用した場合、被災後においても通水機能を有している水路橋左岸側の径間を利用することが可能で、落橋した右岸側の径間約10mの仮用水路とすることができる。この場合、令和5年のかんがい期、約4ヵ月間の利用であることから比較的安価な構造とすることが可能である。

一方、伏せ越し工法を採用した場合には、水路橋左岸径間が利用できないため、20m以上の仮用水路が必要となり、更に令和6年のかんがい期にも対応する必要があることがわかった。このほか、水利機能確保や河川工作物や環境への影響などについても、河底横過トンネル工法の優位性が高いと考えられることから、今回の工事においては河底横過トンネル工法が最適であると判断した。

表-3 逆サイフォン形式の工法比較表

横断工形式	河底横過トンネル工法	適性 判定	伏せ越し工法	適性 判定
水利機能の確保	・農業用用水路の河川横断施設のため、かんがい期間中は用水路としての通水能力を確保する 必要がある。 ・横断工を設置する際に、河道を開削しないことから、被災した水路橋の左岸側部分を利用し て仮用水路を比較的安価に設置することが可能である。	0	<ul> <li>農業用用水路の河川横断施設のため、かんがい期間中は用水路としての通水能力を確保する 必要がある。</li> <li>大せ越し工を設置する際に、河道を開削することから、被災した水路橋は工事に合せて撤去 する。このため、仮用水路として30m程度の仮水管橋を新設する必要があり、仮施設にして は大規模となる。</li> </ul>	Δ
施工性	・河床から2m+1.5D (D=管径) 以深に機断管を設置する必要があり、立坑や圧入設備などが必要となる。このため、土間めが必須である。このため立坑は、約8m程の深さが必要であり、左岸・最深河床から2m+1.5D以深に設置する。このため立坑は、約8m程の深さが必要であり、左岸への工事車両のアクセスのため、仮橋を設置する。	0	・河床から2m以深に横断管を設置する。河道を開削することから、仮締切りによる水替えが必要となる。また掘削にあたっては、掘削漆さや土質条件によっては土質めが必要となる。 顕張記やマンホール部を規制方コンクリートとする場合、施工期間が長くなる。 ・最深即床から2mの位置に横断管を設置する必要があり、マンホールの減さは7m程度になり、 設置には土留失板が必要となる、本替えが必要なことから、左右岸の2回に分けて施工する。 左岸への工事車両のアクセスのため、仮橋を設置する。	0
施工期間	・立気設置や地盤改良の施工性にもよるが、比較的短い。また、非出水期(11月~3月)以外の時期においても施工が可能。 ・タクタイル鋳鉄管の人手には4ヵ月かかるが、出水期においても施工が可能なため、河川管理者が実施する右岸領ケブロック護陸工事に影響を与えず実施できる。 現況水路橋の撤去は、令和5年度の非出水期に実施する。	0	・仮設工法にもよるが、仮締切、土留めが必要な場合は長くなる。河道内の工事のため、非出 水期(11月~3月))に施工する必要があり、施工時期が限られる。 施工期間が度られるため、工事短縮のためにマンホール部に既製品を採用しても、令和4年度 は右岸部の工事のみとなり、左岸部の工事は来期の非出水期に実施する。しかし、令和5年度 の非出水期は、河川管理者が実施する右岸積みブロック護岸の復旧工事も実施されるなど、 不確定要素が多い。	×
	・護岸の新設は必要ない。逆サイフォンエの河道の掘削が無いため、影響は限定的。 ・現況水路橋撤去のための河道掘削は実施する必要がある。既設護岸への影響は少ない。	0	-何川護岸(鹿点護岸)が必要。また河道の掘削量が大きいため、影響が大きい。 -今年度内の非出水期における工事が完了できないと、右岸積みブロック護岸工への影響が生 しる。	Δ
経済性	- 土質条件や施工深さ、施工管径により高くなる。 - 管体設度地盤が砂礫であることから、ダクタイル铸鉄管を採用する。 左岸へのアクセス方法が ないため、仮稿が必要になるなど、工事費は高額となる。 河底機過トンネルエ 66,000千円 仮設工 30,000千円 概算工事費 96,000千円		- 本体工事は比較的安価であるが、重点護岸や仮設工法により高くなることもある。 - 同東から約4m、 両岸の地盤高からは約7mの掘削、土質が砂礫であることから、仮設失板を 設置する必要があり、仮構の設置も必要。 伏せ越しエ 72,000千円 仮設工 58,000千円 (仮修工: 21,000,仮設道路: 2,000,仮用水路工: 35,000千円) 概算工事費 130,000千円	
本工事での 留意点	機断管は、水密性や強度に優れるダクタイル鋳鉄管を採用する。ダクタイル鋳鉄管の入手には4ヵ月 かかるため、令和5年5月からのかんがい開始までに工事が終了できない。このため、仮用水路を設 厳して、かんがい用水の確保を図る。仮用水路工(旧境広岸側含む)は、河底横過トンネル完成後 の撤去となるとから、用水路機能の安全度が高い。 以上により、本工事は河底横過トンネル工として施工することが最適である。		単年での非出水期での対応は困難である。このため、コンクリート全巻を採用して2ヵ年工事とすることにより、伏せ越しによる施工が可能と考えられる。この場合、 <u>用水機能の安全度を確保するための仮水管値が必須</u> である。仮水管値は高額となり、 <u>総工事情が高額</u> となる。また、2ヵ年目の非出水期には川門管理者側の工事も計画されており、 <u>不確定要素が多い</u> ことからリスクが高い。以上により、 <u>本案を採用することを難しい</u>	刊止

# 9. 河底横過トンネル工法の検討

#### (1) 土質条件

上ハカイマップ川の河道内には多くの礫が露出し、地質調査においても河床から10m程度以深まで礫層の分布が確認された。施工の可否は、推進管径と礫径および礫率との関係により判断されることから、礫径・礫率は工法選定に重要な項目となる。

地質調査において最大  $\phi$  40mm程度の礫が確認されているが、礫の多くは球体ではなく偏平で寝るような形に堆積していることが多く、ボーリング調査から礫径は短径を示している可能性がある(図-9)。



図-9 ボーリングと礫径

このため、礫層における推進工の検討に用いる 礫径は、経験則としてボーリング調査で確認され た礫径の3倍程度とすることが多く、本検討にお いても安全側となるよう、確認された最大礫径の 3倍の120mmと設定した。なお礫率は、室内土質 試験結果より64%を採用した。

# (2) 推進方式の分類

推進工法は、呼び径800~3000までを「中大口径管推進工法」、呼び径150~700までを「小口径管推進工法」として分類される。当該箇所は、本管径600mmであるため「小口径管推進工法」に該当する。

小口径推進工法は高耐荷力方式、低耐荷力方式 および鋼製さや管方式の3方式に区分されるが、 当該箇所においては配管材にダクタイル鋳鉄管を 採用したことより、高耐荷力方式として工法の選 定を行う。

#### (3) 工法の選定

高耐荷力方式の中でも、掘削方法・排土方法・ 推進工程等により多種多様の工法が存在する。

それらの多くの工法より土質条件を踏まえ、 「土質条件と地下水位の関係から補助工法を含め た適用判定表」<sup>2)</sup>を用いて採用可能な工法として、泥土圧方式の先導体駆動、圧送排土、吸引排土方式の3工法を抽出した(表-4)。このうち吸引排土方式は長距離推進に適用されることが多く当該推進延長26.5mでは高額となることから除外し、他の2工法において詳細検討を行うこととした。

表一4 適用判定表(高耐荷力方式)

		土質性状		高耐荷力方式								
土質分類	最大粒径	圧入 方式	オーガ 方式	泥水	方式	泥土圧方式						
	(kN/m²)	※呼び径 に対する 比率	礫混入率 (%)	二工程式	ーエ 程式	ーエ 程式	二工程式	立坑内 駆動 方式	先導体 駆動 方式	圧送 排土 方式	吸引 排土 方式	
	≦10	≦1/10	≦60	×	0	0	0	0	0	0	0	
	≦10	≦1/10	>60	×	×	×	×	×	0	0	0	
	≦10	≦1/3	≦60	×	Δ	0	0	0	0	0	0	
	≦10	≦1/3	>60	×	×	×	×	×	0	0	0	
	≦10	>1/3	≦60	×	×	Δ	×	0	0	0	0	
砂礫	≦10	>1/3	>60	×	×	Δ	×	×	0	0	0	
炒保	10<	≦1/10	≦60	×	Δ	0	0	0	0	0	0	
粗石	10<	≦1/10	≦60	×	×	Δ	Δ	Δ	0	0	Δ	
玉石	10<	≦1/10	>60	×	×	Δ	Δ	×	Δ	Δ	Δ	
五石	10<	≦1/3	≦60	×	Δ	0	0	0	0	0	0	
	10<	≦1/3	≦60	×	×	Δ	Δ	Δ	0	0	Δ	
	10<	≦1/3	>60	×	×	Δ	Δ	×	Δ	Δ	Δ	
	10<	>1/3	≦60	×	×	Δ	×	0	0	0	0	
	10<	>1/3	≦60	×	×	Δ	×	Δ	0	0	Δ	
	10<	>1/3	>60	×	×	Δ	×	×	Δ	Δ	Δ	

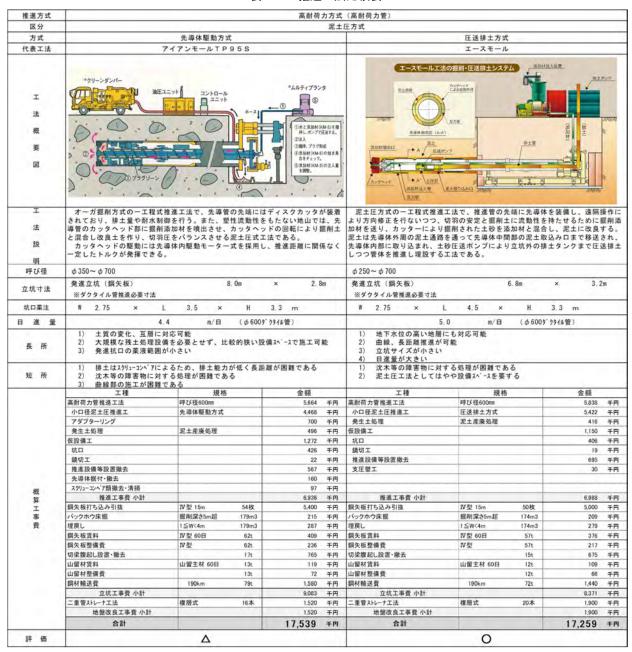
- 泥土圧方式(先導体駆動方式)・・・・・690万円
- 泥土圧方式(圧送排土方式) · · · · · · 700万円
- 泥土圧方式(吸引排土方式)・・・・・・1400万円 ※上記の概算工事費は推進工事費用のみである。

先導体駆動方式および圧送排土方式にはそれぞれメリット・デメリットはあるが、これまで北海道内における類似条件での施工実績も多くあり、当該箇所における施工は可能であると判断した。両工法の推進工事費の差はわずかであることから、立坑費および抗口部の地盤改良費も加えて経済比較を行った。

先導体駆動方式は、圧送排土方式に比べ発進立 坑の平面形状が大きくなるものの、先導体長が短 いことから坑口部の地盤改良範囲が小さくなる。 一方、後者の立坑形状は前者よりも小さくなるが、 先導体が長く形状も特殊であるため、先導体を安 定させ初期推進を確実に行う必要があることから、 坑口地盤改良範囲が大きくなる。これらの条件を 踏まえ概算工事費を算定し表-5に整理した。

先導体駆動方式は約1,750万円、圧送排土方式は約1,730万円(両者ともに配管費用含まず)と、わずかに圧送排土方式が安価なことから採用し、施工断面図を図-10に示す。

表-5 推進工法比較表



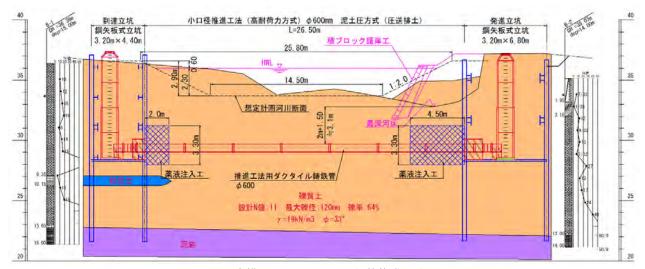


図-10 河底横過トンネル(小口径管推進工法)断面図

# (4) 推進工事の積算

推進工事の積算にあたっては、(公社)日本推進 技術協会:推進工法用設計積算要領、推進工事用 機械器具等損料参考資料、建設物価調査会および 積算資料:推進工事用機械器具等基礎価格表等を 用いて積算する。

当該推進工事においては、推進工法用設計積算要領の泥土圧式圧送排土方式タイプⅢの歩掛を使用した。なお、推進機器の機械損料を計上する必要があることから、代表工法であるエースモール工法の機械基礎価格を用いて機械損料を算定し概算工事積算に反映させた。

# 10. 附帯設備

河床横過トンネルにおける逆サイフォン立坑マンホールは、矩形とし現場打ち鉄筋コンクリート構造とすることが一般的である。その場合、最小部材厚は35cm以上としている。さらに、管路の折損事故などが発生した場合においても、流水が河川外に流出することがないよう、ゲートまたはバルブを設置するものと規定されている。

当該箇所においては、上ハカイマップ川が掘り込み河道であり、計画高水位よりも堤内地地盤が高いことから、万が一河底横過トンネルの河床下の部分などで、破損等の事故が発生した時においても、河川の流水が河底横過トンネルを通じて堤内地に流出することがない。そのため、ゲート設備が不要であることから、円形マンホール等の採用も可能であると判断し、構造強度や止水性等が確保されていることを確認して、河川管理者との協議を進め了解を得た上でプレキャスト製マンホール(コンクリートニ次製品)を採用した。

プレキャスト製マンホールを利用することで以下 のメリットがあるものと考える。

- 二次製品を採用することで、現場作業の省力化を図り、緊急性の高い災害復旧工事という観点からも工期短縮に繋がり早期の復旧が見込まれる。
- マンホール深が9m程度となり、現場打ち鉄筋 コンクリート構造とした場合、足場工の設置が 必要になる。プレキャスト製マンホールを採用 した場合は、足場工が不要であるため、立坑形 状を小さくすることが可能で仮設費用の軽減に 繋がる。

- 工場で製造管理されているため、製品にバラツ キがなく、安定した製品を納入可能である。
- 日本下水道協会規格(JSWAS)で制定されている「下水道用鉄筋コンクリート製組立マンホール(A-11)に準拠した製品を採用することで、組み立て接合部の水密性も0.10MPaまで確保することが可能である。

#### 11. おわりに

本稿は、令和4年8月に発生した豪雨により被災した、上ハカイマップ川水路橋の復旧計画を取りまとめたものである。水路橋の工法検討に対しての課題を把握・抽出し、それに対しての遵守すべき基準、河川法など様々な観点から検討を行い工法決定に至った。

災害復旧業務対応はスピードが求められる。災害 発生から災害査定まで約3ヶ月という短い時間と、 通常業務と並行して遂行するという制約はあったが、 適切な作業計画と人員配置により災害査定に関する 申請図書を取りまとめることができた。

豪雨災害など被害をもたらす自然災害が、毎年のように発生している。地球温暖化に伴う気候変動により、さらなる頻発化が懸念され、北海道においても例外なく発生することが今後も予想されるが、災害が発生しないことを願うとともに、被害を最小限に食い止めるための対策も講ずる必要があるものと考える。

最後に、災害査定申請図書の作成に際して、ご指導ご協力を賜った狩場利別土地改良区、北海道農政部農村振興局農村整備課および関係各位に厚くお礼を申し上げます。

(内外エンジニアリング北海道㈱ 技術部 プロジェクトリーダー (技術士))

#### 参考資料

- 1)(社)日本河川協会:改定 解説・河川管理施設等 構造令、2000.1
- 2)(公社)日本下水道協会:下水道推進工法の指針と 解説、2010.10

# 国営総合農地防災事業「産士地区」における 事業効果検証調査

阿部 良平 · 及川 雄生

## 1. はじめに

国営総合農地防災事業実施要綱<sup>1)</sup>によると「国営総合農地防災事業は、自然的、社会的状況の変化等に起因して、農用地、農業用用排水施設等の機能が低下しこれにより排水不良、農作物の生育不良等の被害が発生している地域において、その機能を回復し、被害を防止することにより、農業生産の維持及び農業経営の安定を図り、もって国土の保全に資することを目的とする。」と記されている。とくに北海道においては、泥炭土に起因する地盤沈下により機能低下した農用地、農業用排水施設の機能回復に取り組まれている。

本事業を含む土地改良事業の実施にあたっては、 その効率性や事業実施過程の透明性の一層の向上を 図るため、事業の事前、期中、完了後に評価・検証 が行われている。このうち、とくに期中(事業期間 中)の調査では、事業の進捗に応じた効果の発現状 況を把握・検証し、その結果を受益者や地元関係機 関と共有して理解を得ることにより、円滑な事業推 進に寄与することも重要な役割の一つと考える。

本報は、国営総合農地防災事業「産士地区」で実施されている"事業期間中"における事業効果検証を目的とした調査について、その内容と特徴を紹介する。

#### 2. 産士地区の概要

本地区は、北海道の北部に位置する天塩郡天塩町に広がる酪農地帯である。一級河川天塩川下流の左岸低平地に位置し、冷涼な気候から、農用地は牧草地として利用されており、土質は広く泥炭土が分布する特徴を有する。

本地域では、昭和27年から平成8年にかけて国営 土地改良事業が実施され、草地開発や農業用排水路 等が整備されてきた。しかし、事業完了から年数が 経過するとともに、泥炭土に起因する地盤沈下の進 行や、農業用排水路等の機能が低下したことで農用 地の過湿被害等を生じ、牧草の生産量及び、機械作 業効率の低下を招く状況となっていた。

本地区は、このように機能低下した農用地の機能 回復を図るため、国営総合農地防災事業の採択を受 けて、平成27年度に事業着手し、農地防災事業とし て排水路12条( $L=15.7 \, {\rm km}$ )の改修、農地保全事業 として農用地の暗渠排水や不陸整正等が実施されて いる(表-1、図-1)。

事業完了は、令和7年度を予定しており、令和4年度時点で概ね7割の工事が完了している。

表-1 産士地区の事業内容

			農地防災工		
区分	暗渠排水 (ha)	不陸整正 (ha)	障害物除去 (ha)	置土 (ha)	排水路 (km)
牧草地	2, 289	345	101	19	15. 7 (12条)

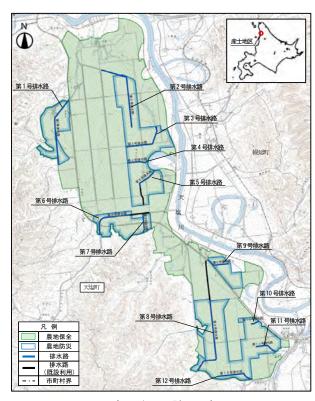


図-1 産士地区 計画一般平面図

## 3. 事業効果検証調査の基本条件

#### (1) 事業の目的と目標とする効果

本事業は、経年や自然条件に起因して機能低下 した農業用排水路及び農用地について、その機能 を回復し、農業生産性の維持及び農業経営の安定 を図るととともに、国土の保全に資することを目 的としている。

当該目的の達成を確認するための効果項目は、 ①食料の安定供給の確保に関する効果、②農業の 持続的発展に関する効果、③農業の振興に関する 効果の3項目である。それぞれの具体的な効果指 標は、表-2のとおりである。

表-2 産士地区の事業効果

		対	象						
効果項目	効果の要因	農用地	排水 施設						
①食料の安定供給(	①食料の安定供給の確保に関する効果								
作物生産効果	農用地及び排水施設の整備を実施した場合と実施しなかった場合での作物生産量が増減する効果	0	0						
営農経費節減効果	農用地及び排水施設の整備を実施した場合と実施しなかった場合での営農経費が増減する効果	0	0						
維持管理費節減効果	排水施設の整備を実施した場合 と実施しなかった場合での施設 の維持管理費が増減する効果		0						
②農業の持続的発展	展に関する効果								
災害防止効果 (農業関係資産)	排水施設の整備を実施した場合 と実施しなかった場合での災害 による農業関係資産に係る被害 額が軽減する効果		0						
③農業の振興に関	する効果								
災害防止効果 (一般資産)	排水施設の整備を実施した場合 と実施しなかった場合での災害 による一般資産に係る被害額が 軽減する効果		0						

本報では、農用地を対象とした「作物生産効果」 と「営農経費節減効果」の事業効果検証調査について紹介する。

#### (2) 事業効果検証調査の調査項目

具体的な調査項目は、効果発現の要因とその物理的事象を踏まえて設定するとともに、定量的な

評価が可能なものとしている (表-3)。

#### 1)作物生産効果の検証における調査項目

作物生産効果は、事業の実施により、ほ場の立 地条件が好転することで、生産量が増加する効果 である<sup>2)</sup>

本地区では、暗渠排水の整備が該当し、下記の順にほ場に物理的な変化が生じることで効果が発現する。

- ① 排水機能の回復
- ② 牧草の生産量の増加

それら物理的事象を定量的に検証・評価するための指標は、それぞれ、下記が有効である。

- ① 排水機能の回復:地下水位
- ② 牧草の生産量の増加:収量

以上の調査項目設定の考え方を体系図に示す (図-2)。

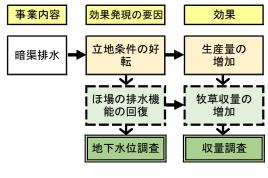


図-2 作物生産効果の検証体系図

#### 2) 営農経費節減効果の検証における調査項目

営農経費節減効果は、事業の実施により、営農 条件が改善することで、労働費や機械経費等が軽 減される効果である<sup>3)</sup>。本地区では、暗渠排水、 不陸整正及び、障害物除去の工種が該当する。

表-3 事業効果検証のための調査項目整理表(農用地)

	効果	効果発現の要因	整備内容	物理的事象	検証内容	調査項目	
1)	作物生産	立地条件の好転	暗渠排水	ほ場の排水機能の回復に	①ほ場の排水機能の回復	地下水位調査	
	効果(乾畑化) 暗条排水 よ		より、生産量が増加する	②生産量の増加	収量調査		
				ほ場条件の改善により労	①ほ場の排水機能の回復	地下水位調査	
2)	営農経費	労働費・機械経	坩柴排水、   木味敕工	働時間が短縮され、人件	②地耐力の回復	地耐力調査	
	節減効果	費の節減	障害物除去	費が軽減される	③労働時間の短縮 (営農経費の削減)	労働時間調査	

暗渠排水の整備では、下記の順にほ場に物理的な変化が生じることで効果が発現する。

- ① 排水機能の回復
- ② 地耐力の回復
- ③ 作業効率の向上による労働時間の短縮
- ④ 労働費·機械経費節減

それら物理的事象を定量的に検証・評価するための指標は、それぞれ、下記が有効である。

- ① 排水機能の回復:地下水位
- ② 地耐力の回復:地耐力
- ③ 労働時間の短縮:労働時間
- ④ 労働費·機械経費節減:節減額

以上の調査項目設定の考え方を体系図に示す (図-3)。

不陸整正及び、障害物除去では、下記の順にほ 場に物理的な変化が生じることで効果が発現する。

- ① ほ場の均一化
- ② 作業効率の向上による労働時間の短縮
- ③ 労働費・機械経費節減
- ①については、施工完了時に確認されており、
- ②~③は、暗渠排水と同じ内容である。

## (3) 効果の検証方法

事業効果の検証は、現地調査で得られた数値データに基づく定量評価を基本とし、下記の検証を行うものとした。

- ① 事業計画(計画値)との比較検証
- ② 整備ほ場と未整備ほ場の比較検証

## 1) 事業計画(計画値)と実測値の比較

整備ほ場における効果の定量評価は、各調査項目について整備ほ場の現地調査結果(実測値)と事業計画(計画値)を比較して行った。各調査項目の計画値を表-4に示す。なお、地耐力については、事業計画において計画値を定めていないため、土地改良事業設計基準及び運用・解説計画「暗渠排水」4)を基に本調査に用いる基準値を設定した。

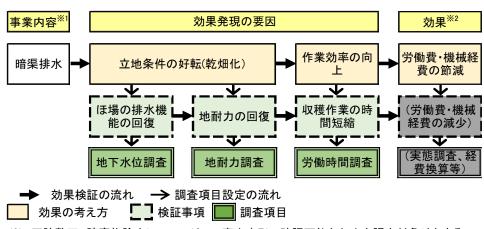
表-4 事業効果検証のための計画値(基準値)

調査項目	計画値(基準値)	根拠
地下水位	降雨後7日目以降の地下水位GL-0.6m	事業計画
収量	4, 269kg/10a	事業計画
地耐力	降雨後7日以降における地表面下15cm までのコーン指数≧ 0.39N/mm <sup>2</sup>	基準値※
労働時間	収穫84min/ha:刈り取り33min/ha、 予乾・集草18min/ha、梱包33min/ha	事業計画

※土地改良事業設計基準及び運用·解説計画「暗渠排水」

#### 2) 整備ほ場と未整備ほ場の比較

地下水位、収量等の実測値は、気象条件(降水量、日照時間等)の影響を受ける。例えば、収量調査では、過湿とは逆に極端な渇水となった場合にも収量が計画値を満足しないことがある。また、この際の地下水位の変動は、排水整備の効果と渇水の影響を明確に区分することが難しくなる。この場合でも効果検証の精度を確保する工夫として、気象条件が等しい同一年に地区内の未整備ほ場で同様の調査を行い、整備ほ場と比較する方法をとった。



※1 不陸整正、障害物除去については、工事出来形で確認可能なため本調査対象外とする。 ※2 労働費・機械経費の削減額は、今後の実態調査、経費換算等を想定

図-3 営農経費節減効果の検証体系図

また、効果の持続性を検証するため、同一整備ほ場で継続的に調査を行うものとした。

## (4) 事業効果検証調査の経緯

事業効果の検証は、平成30年度から実施されて おり、収量調査、労働時間調査を先行して行った。 令和2年度以降は、地下水位調査と地耐力調査を 加え、整備ほ場と未整備ほ場の比較検証を実施し ている(表-5、図-4)。

表-5 事業効果検証調査経緯

内容	H28 ~H29	H30	R1	R2	R3	R4	R5 ∼R7
地下水位調査							
収量調査							•
労働時間調査							
地耐力調査							
聞取り調査							

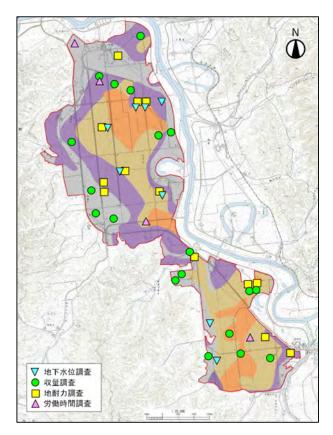


図-4 調査位置図

## 4. 作物生産効果の検証

## (1) 地下水位調査

整備ほ場では、排水機能の回復により、牧草の収量が増加したことを検証するため、整備ほ場と

未整備ほ場において、地下水位調査を実施した (写真-1)。

#### 1)調查方法

下記の方法により、ほ場の地下水位を観測した。

- ・塩ビ製有孔管を保護管として、深度1.5mに自 記式水位計を設置し、毎時観測した。
- ・調査期間は、5月から10月頃まで(融雪後~凍結・積雪前)とした。
- ・中間点検時(8月)、撤去時に手計り調査を行い、当該値を基に自記式水位計の観測値を地下水位(地表面から水面までの距離)に換算・較正した。
- ・降水量と併せてグラフ化し、経時変化の特徴や 異常値の有無を確認した。



写真-1 地下水位計設置状況

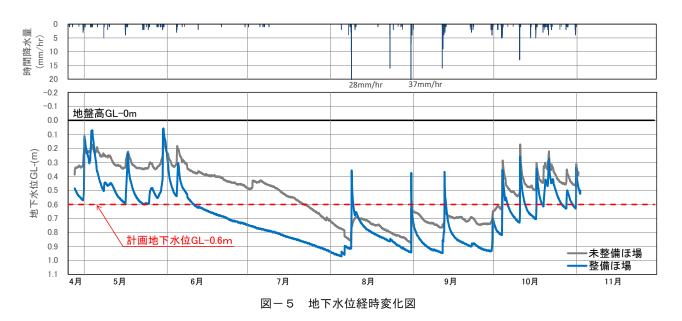
## 2) 地下水位変動の特徴 (経時変化図の分析)

ここでは、整備ほ場と未整備ほ場の地下水位変動の特徴の違いがよくわかる令和3年度の調査結果を紹介する。

令和3年5月~10月の時間降水量(留萌開発建設部天塩川円山観測所)と代表ほ場における地下水位観測結果(整備ほ場・未整備ほ場、いずれも高位泥炭地)の経時変化図を図-5に示す。

降水量(直近30か年と比較)は、5月は平年に 比して多かったものの、6、7、9月は少なく、 8、10月は平年並みであった。とくに6、7月の 合計降水量は26mmで、直近30か年中で最も少なく、 道内全域で記録的な少雨・渇水に見舞われた年で あった。

各時期の地下水位変動は、降雨の影響を受け、 以下の特徴を示した。



- ・5月は、整備ほ場では降雨時に、一時的に地表面近くまで地下水位は上昇するが、降雨後は計画地下水位(GL-0.6m)程度まで低下する。 一方、未整備ほ場では、降雨時の地下水位上昇は整備ほ場と同程度まで上昇するものの、降雨後の地下水位低下はGL-0.3m程度までであり、整備ほ場に比して地下水位の逓減は緩やかである。
- ・6月中旬頃から7月は、少雨の影響により、整備ほ場・未整備ほ場ともに地下水位は低下傾向を示すが、相対的に未整備ほ場が高い。
- ・8月から9月は、降雨による一時的な上昇はあるものの、降雨後は整備ほ場、未整備ほ場ともに計画地下水位より低い位置まで低下しており、 少雨の影響が継続した。
- ・10月は、8月から9月に比して、降雨間隔が短くなり、整備ほ場・未整備ほ場ともに地下水位の基底高は徐々に上昇し、整備ほ場では計画地下水位付近、未整備ほ場では計画地下水位より0.1~0.15m高い位置で推移した。

## 3)計画値と実測値の比較

整備ほ場と未整備ほ場の地下水位変動の違いが 顕著であった5月において、降雨後7日目まで極 力次の降雨のない一連降雨と、対応する地下水位 変動を抽出し、整備ほ場と未整備ほ場を比較した。

図-6は、5月16日~17日の一連降雨(19mm/ 23hr)と対応する地下水位変動である。 整備ほ場の地下水位は、降雨前は計画地下水位のGL-0.6mであり、降雨によりGL-0.27mまで上昇した。降雨終了後は、3日後にはGL-0.5mまで低下し、降雨後6.2日間(149時間)で計画地下水位GL-0.6mまで低下した。

一方、未整備ほ場の地下水位は、降雨前はGL-0.35mであり、降雨によりGL-0.28mまで上昇した。降雨終了後は、3日後にはGL-0.33mまで低下し、4日後に降雨前のGL-0.35m程度となり、それ以降低下することはなかった。

同一降雨条件下において、地下水位は整備ほ場では計画値(GL-0.6m)を満足し、未整備ほ場は満足しなかったことから、暗渠排水の整備により排水機能が回復したものと判断した。

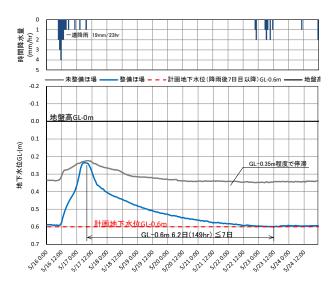


図-6 地下水位経時変化図(5月16日降雨)

#### 4) 地下水位の深度別出現頻度の比較

受益者や地元関係機関に対し、暗渠排水の整備による地下水位の変化(効果)をより明瞭に説明するための工夫として、地下水位データの深度別出現頻度<sup>5)</sup>を整理した(図-7)。深度別出現頻度は、地下水位の時間データを深度0.1mごとの出現回数として集計し、下式により算定したものである。

## 深度 x の出現頻度 (%)

= x の出現回数 n x / 総データ数 n × 100%

少雨の影響がなかった 5 月の最多頻度は、未整備ほ場では、計画地下水位(G L -0.6m)より 0.3m高いG L -0.3~-0.4mであった。一方、整備ほ場では、5 月の最多頻度は、計画地下水位付近のG L -0.5~-0.6mであった。

このように、未整備ほ場に比して、整備ほ場の 地下水位がより多く計画地下水位付近の位置を維 持していることを明瞭に示すことができた。

地下水位範囲	5	月
GL-(m)	未整備ほ場	整備ほ場
0.00≦x (m) <0.10		3
0. 10≦x (m) <0. 20	6	8
0. 20≦x (m) <0. 30	43	10
0. 30≦x (m) <0. 40	51	6
0. 40≦x (m) <0. 50		30
$0.50 \le x \text{ (m)} < 0.60$		44
0. 60≦x (m) <0. 70		
合計	100	100
データ数n(時間)	744	744

図-7 地下水位の深度別出現頻度分布図(整備-未整備)

#### (2) 収量調査

#### 1)調査方法

収量調査は、下記の方法により、牧草の重量を 計測し、収量(kg/10a)を算出した。

- ・本地区の営農形態から1番草と2番草を対象とした。
- ・生育が中庸な3箇所で $1 \text{ m}^2 (1 \text{ m} \times 1 \text{ m})$  の範囲で坪刈り(写真-2)を行い、現地で計量した。
- ・収量は、3箇所の平均値を算定した。



写真-2 坪刈り実施状況

#### 2) 収量 (1番草+2番草)

収量調査を開始した平成30年度からの収量調査 結果を図-8に示す。未整備ほ場の調査は、令和 2年度から実施している。

令和2年度以降の平均収量の年変動は、整備ほ場と未整備ほ場で同様の傾向を示すが、整備ほ場では、3,900~5,000kg/10aであり、平成30年、令和3年を除き、計画値(4,269kg/10a)以上となっている。

一方、未整備ほ場では、 $1,700\sim2,500 kg/10 a$ であり、全ての年度において、整備ほ場に比して 2,000 kg/10 a程度低く、現況値(事業計画2,538 kg/10 a)程度であった。



図-8 年度別平均収量比較図 (整備·未整備)

このように、整備ほ場と未整備ほ場の両者を調査することで、整備ほ場では、年毎の気象の影響を同様に受けながらも、未整備ほ場に比して高い収量を確保していることを示すことができた。

## (3) 作物生産効果

地下水位調査及び、収量調査の結果より、整備 ほ場では、地下水位は計画値を満足し、収量は計 画値を満足しない年もあったが総じて未整備ほ場 を上回った。一方、未整備ほ場では、整備ほ場と 同一気象条件下において、地下水位、収量ともに 計画値を満足しなかった。

このように、暗渠排水の整備により、排水機能 が回復し、牧草の生産量の増加につながったこと が確認されたことから、作物生産効果が発現して いるものと判断した。

#### 5. 営農経費節減効果の検証

## (1) 地下水位調査

地下水位調査の結果は、前述のとおり、暗渠排 水整備により排水機能が回復していることを確認 した。

## (2) 地耐力調査

## 1)調査方法

下記の方法により、コーン貫入抵抗値  $(kN/m^2)$  を測定した (写真 -3)。

- ・試験方法は、コーンペネトロメータ試験(JGS 1431)とした。
- ・計測範囲は、0.1m間隔で深度0.5mまでとした。
- ・試験値は、1ほ場当たり3回の平均値を採用した。
- ・降雨後7日目の地耐力の回復を把握するため、 降雨後7日目まで極力降雨のない日を選んで試 験を行った。



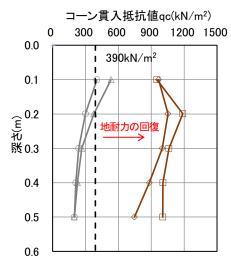
写真-3 コーンペネトロメータ試験状況

## 2) コーン貫入抵抗値

代表ほ場における整備ほ場(本調査)と未整備 ほ場(地区調査時)の降雨後7日目のコーン貫入 抵抗値(各2回)を図-9に示す。

整備ほ場では、降雨後7日目に全ての深度 (GL-0.6mまで)で基準値(390kN/m³)を満足 した。一方、地区調査時(平成22年)に実施された未整備ほ場の調査結果では、降雨後7日目に深度0.2m以下では基準値を満足していなかった。

以上より、整備ほ場では、地下水位の低下により地耐力が回復していることが確認でき、労働時間の短縮が期待できるものと判断した。



― 降雨後7日目(整備ほ場:R4・2回)― 降雨後7日目(未整備ほ場:H22・2回)

図-9 降雨後7日目のコーン貫入抵抗値

## (3) 労働時間調査

本調査では、従来行われてきた現地計測に対し、GPS記録装置を用いた調査の効率化と精度の向上を試みた。労働時間の調査結果とともに、本調査方法について、従来調査方法との比較結果を紹介する。

#### 1)調査方法

#### a) 従来の調査方法

従来の調査は、受益農家の協力を得て、刈取り、予乾・集草、梱包の作業の間、現地に滞在し、直接時間を計測し、作業状況を確認していた。この場合、天候の影響や他のほ場の収穫作業との兼ね合いもあり、日程調整が難しいことや現地張り付きの労務費も嵩んだ。天候による予乾日数の延長など、作業予定が変わることもあり、1ほ場あたり2~3日現地に滞在する必要があった。

#### b) 本調査方法

本調査では、受益農家にGPS記録装置(以下、「簡易GPS」と呼ぶ)を作業時に携帯する協力を依頼し、5分間隔の位置データを記録する方法を試みた。その際使用した簡易GPS(写真-4)は、誤操作を防止するためON、OFFのみの単純操作で使用可能なものを使用した。また、GPSデータの作業内容を確認するため、作業日時の記録も依頼した(写真-5)。これらの情報を基に、GPSデータをGIS上に図化し、トラクターの走行軌跡を把握した。また、GPSデータの位置と時間データから走

## 2)調査結果

#### a) 収穫作業時間の短縮

行速度を算出した。

整備ほ場における収穫作業時間の計測結果について、事業計画における計画値、現況値(地区内 6 ほ場(面積約  $2 \sim 9$  ha)の平均)と比較した(図-10)。

整備ほ場の収穫作業時間は、刈取り24min/ha、予乾・集草17min/ha、梱包25min/haの合計66min/haであった。作業時間の合計は、計画値84min/haを満足し、作業ごとの労働時間もそれぞれ計画値以下であった。現況値125min/haからは、59min/ha短縮となった。

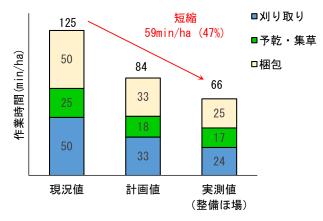


図-10 収穫に係る作業時間比較図

## b) 調査精度

図-11にGPSデータに基づく整備ほ場の予 乾作業時(1回目)のトラクター軌跡図を示す。 また、図-12にトラクター走行速度の経時変化 図を示す。

走行軌跡から、予乾作業では、まず外周を一周し、その後、長辺方向にジグザクに走行している。走行軌跡の間隔は概ね一定であり、蛇行や迂回などはみられない。

走行速度は、旋回時に 5 km/hr前後に減速するが、それ以外は  $6 \sim 7 \text{ km/hr}$ で安定しており、全体の平均速度は6.1 km/hrであることが確認できた。



写真-4 簡易GPS



写真-5 予乾作業状況



図-11 収穫に係る作業時間比較図

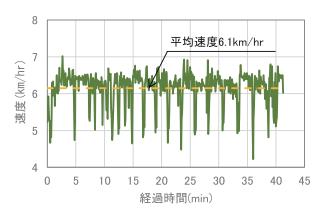


図-12 トラクター走行速度図(予乾:1回目)

#### 3) 簡易GPSの利用による調査方法の改善

本調査では、労働時間調査において簡易GPS を用いた。この効果として、表 - 6に示すように 調査の効率化と取得データの質的改善があった。 具体的な効果は次のとおりである。

#### a) 作業時間の計測

従来調査の現地計測では、1ほ場当たり2~3日を要していた。

本調査では、簡易GPSを活用することで、 現地作業時間を10分程度(簡易GPSと記録野 帳の引き渡し・回収)と大幅に短縮したうえで、 従来の現地計測と同等の精度を確保できた。

#### b) 作業状況の確認

従来調査では、トラクターの走行状況などの作業状況は、目視による調査者の主観に頼った 定性的な評価であった。

これに対し、本調査では、GPSデータの記録により、トラクターの走行軌跡や速度を客観的にかつ定量的に把握でき、作業状況をより詳細に評価することができた。

## (4) 営農経費節減効果

現時点の調査では、地下水位調査、地耐力調査、 労働時間調査の結果より、整備ほ場では、それぞれ計画値(基準値)を満足した。一方、未整備ほ場では、同一気象条件下において、計画値を満足しなかった。暗渠排水の整備により、排水機能の回復、地耐力の回復、労働時間の短縮が確認されたことから、営農経費節減効果が発現しているものと判断した。なお、節減額等の実態把握については、今後のアンケート調査等による検証も行って算定することを想定している。

表一6 労働時間調査方法比較表(従来調査-本調査)

=⊞	木石口	調査	方法
詞	]査項目	従来調査	本調査
調	]査方法	目視によるの現地計測	GPSによる5分間隔の測位と作業日時の 記録(協力農家に依頼)
調査時間		1ほ場当たり2~3日間 (天候や協力農家の作業に左右される)	1ほ場当たり10分程度 (調査野帳と簡易GPSの引渡しと回収)
⊞太	作業時間	現地計測により高精度	野帳(聞き取り)とGPSデータにより、現地 計測と同等の高精度を確保
調査 精度	作業状況	目視による大まかな状況(トラクター走行 軌跡、過湿等による迂回、低速運転など の有無)	GPSデータの解析により、トラクタ一走行 軌跡・速度(数値データ)を算出
検証	作業時間	定量的な評価	定量的な評価
精度	作業状況	定性的な評価	定量的な評価

#### 6. まとめ

#### (1) 事業効果の検証

本調査では、農用地の整備による「作物生産効果」と「営農経費節減効果」について、それぞれ計画所期の効果が発現していることが確認できた。

調査項目は、整備内容と効果発現に関わる物理 的事象を踏まえた指標を体系図に整理したうえで 合理的に選定した。

事業効果の検証では、数値データによる定量的な評価により、計画値と実測値の比較、整備と未整備の比較により、事業の効果を評価した。

## (2) 調査方法

調査方法については、とくに「地下水位調査」 及び「労働時間調査」について、評価の定量化、 より分かりやすい表現、作業の効率化等に着目し た調査・分析の工夫を試みた。

地下水位調査では、整備ほ場と未整備ほ場の比較により、渇水等の特殊な気象条件においても事業効果の検証を可能とした。また、労働時間調査では、作業時間の短縮と検証精度の向上を両立する調査方法として、GPSを利用したトラクターの走行軌跡の図化、走行速度の解析を試み、従来方法に比して作業の効率化と定量評価を可能とした。

#### (3) 今後の課題

本地区における今後の課題としては、現行調査を継続し、効果の持続性を定量的に確認するとともに、受益者へのアンケート調査による事業効果の定性的な評価も有効と考える。受益者の実感としての事業の効果や課題を把握し、受益者や地元関係機関と共有することで、事業の円滑な推進と今後の適切な維持管理に寄与するものと考える。

また、ICTを活用した調査技術の高度化を推進し、作業の効率化と精度向上を図るため、ドローン(空撮画像解析)、GPS(WEB管理システム)等の各種調査への適用などが考えられる。

## 7. おわりに

昨今の酪農経営は、高齢化や担い手不足に加え、 感染症パンデミックや地域紛争など国際情勢の不安 定化に伴う燃料や飼料の高騰等の影響から、極めて 厳しい状況が続いている。そのような中、農産物の 生産性や品質の向上、並びに営農経費節減に寄与す る土地改良事業の役割は大きい。本調査の実績が、 今後の同種事業推進の一助となれば幸いである。

最後に、本報は、北海道開発局留萌開発建設部よりご発注いただいた国営総合農地防災事業産士地区の事業効果検証等業務の内容の一部を紹介したものです。本業務の遂行にあたり、多くのご指導、ご教授を賜りました留萌開発建設部天塩地域農業開発事業所の関係各位、並びに調査にご協力いただきました天塩町役場の関係各位には、ここに記して感謝申し上げます。また、本稿発表の機会をくださいました北海道土地改良設計技術協会に感謝申し上げます。(㈱アルファ技研 資源計画グループ長代理(技術士))(㈱アルファ技研 資源計画グループ長代理(技術士))

## 参考文献

- 1)国営総合農地防災事業実施要綱、令和5年4月1 日付け4農振第3484号
- 2) 農林水産省農村振興局整備部監修: [改訂版] 新たな土地改良の効果算定マニュアル、p. 82-83 (2007)
- 3) 農林水産省農村振興局整備部監修: [改訂版] 新たな土地改良の効果算定マニュアル、p. 191 (2007)
- 4) (公社) 農業農村工学会、土地改良事業設計基準及 び運用・解説 計画「暗渠排水」基準、基準の運 用、基準及び運用の解説、技術書、p. 23 (2021)
- 5) 井上京: 泥炭地の地下水位変動による水文環境評価 に関する研究、北海道大学学位論文、p. 43 (1996)

## FRPM板ライニングによる開水路補修工法の評価

## 万年 祥仁

#### 1. はじめに

積雪寒冷地における農業用コンクリート開水路は、 凍害や摩耗による表面劣化に伴う鉄筋腐食の進行、 剥離・剥落の発生が進行しており、低下した水理機 能及び構造機能を回復するため、経済的かつ合理的 な開水路の補修工法を選定することが重要となって いる。コンクリート開水路の主な補修工法として多 数の工法があるが、積雪寒冷地における有効な対策 工法は確立されていないため、寒冷な条件下でのコ ンクリート開水路の補修工法の耐久性を検証する目 的とした試験施工が各地区で行われている。

本報文では、昭和47年度に国営開墾建設事業によって建設された供用開始後48年経過した現場打ちフルーム水路の試験施工(平成29年)後に、モニタリング調査(令和4年まで4回)を実施した「美瑛地区」高台幹線用水路を対象に、開水路補修工法の評価をまとめたものである。

## 2. 対象施設の概要

#### (1) 地区の概要

国営開墾建設事業「美瑛地区」(図-1)は、 北海道上川総合振興局管内の中部に位置する美瑛 町の南部丘陵地の開拓地に広がる水田及び畑地帯 を受益としている。

地区の基幹水利施設である高台幹線用水路は、



図-1 対象地区の位置図

昭和45年から昭和49年にかけて築造され、昭和50年の供用開始以降、元来無水地帯であった開拓地の旭川空港に隣接する一部の533haに対して水田用水と畑地用水を送水し、現在まで利用されてきた。

(2) 平成29年試験施工(SP7,200付近、L=57.0m) 当施設(図-2)は、平成29年11月にストック マネジメント技術高度化事業によりFRPM板ラ イニング型水路による試験施工を実施し、6年目を 迎える施設である。本施設の諸元を表-1に示す。



図-2 高台幹線用水路位置図

表-1 高台幹線用水路の諸元

前歴事業	国営開墾建設事業美瑛地区
名 称	高台幹線用水路
構造・形式	現場打ち擁壁型フルーム
<b>博坦•形式</b>	(直接基礎)
規模	$B=1.35m \times H=1.05m$
築造年	昭和47年(1972年)
架坦牛	※試験施工区間
供用年	昭和50年(1975年)
経 過	50 年 (2022 年時点)、試験施工
在	後5年(2022年時点)
試験施工区間	SP7, 200 付近 L=57.0m

## (3) 気象条件

試験施工区間の水路構造は、鉄筋コンクリート現場打ちフルーム水路(内空底 B1.35m×内空 H1.05m)となっている。地形条件は、右岸から左岸方向に傾斜し(図-3)、左岸側には管理用道路、右岸側には温溜が隣接している。また、その周辺は畑作農地に囲まれ直接的に日射を受やすく、「南」や「南南東」といった左岸側方向から吹き付ける風が多く左岸側に雪庇が発達しやすい環境にある(図-4)。



図一3 対象施設 断面図

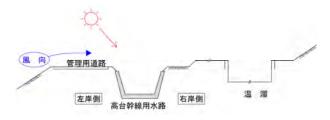


図-4 対象施設の周辺状況

#### 3. 対象施設の劣化状況

高台幹線用水路は、温度環境による凍結融解作用によってコンクリートの劣化が進行している。特に補修工事を対象としたSP7,200付近においては、ひび割れ、鉄筋腐食、部分的な剥離や剥落が進行しており、施設健全度はS-2評価であることから構造機能への影響が懸念される(写真-1、写真-2)。

劣化過程は補強・補修等の対策が必要な進展期~ 劣化期(鋼材腐食が発生し始め、コンクリートの耐 荷力の低下が発生する時期)の段階であった。

#### 4. 試験施工(補修工法)の概要

## (1) 対策工法(補修工法)の選定

高台幹線用水路は、躯体コンクリート表層部の



写真-1 ひび割れ、部分的な剥落の発生



写真-2 摩耗による鉄筋の露出と腐食の発生

劣化が進行しているが、現時点では構造安全性を 確保するための力学的な対策が必要な劣化期には 至っていない。従って、コンクリート表層部の劣 化の進行防止のため表面被覆工法によって長寿命 化を図る。補修工法は大別するとセメント系、樹 脂系、パネル系の3種類がある(表-2)。

表-2 各補修工法の特徴

工法	メリット	デメリット
セメント 系	・対候性が良い ・作業工程が少ない	・ひび割れが起き やすい
樹脂系	<ul><li>・ひび割れしにくい</li><li>・柔軟性が大きい</li></ul>	・通常の断面修復 工法より作業工 程が多い
パネル系	・品質が均一である・耐摩耗性に優れる	・接合目地が多い ため管理頻度が 高い

従来の表面被覆工法は温暖な他府県での実績を 踏まえて種々の工法が適用されてきているものの、 プライマーや表面被覆材が排水抑制層となるため に背面から供給される浸透水を側壁内部に滞留さ せて、逆に凍害因子を助長することが多いなど、 北海道のような積雪寒冷地への適用が困難な工法が多い。特に高台幹線用水路のように傾斜地に位置して浸透水の供給を受けやすい水路においては、表面被覆工法の選定に際して注意が必要である。

以上から、今回のストックマネジメント技術高度化事業での試験施工を兼ねた補修工事では、工場で製作した二次製品(FRPM板)を既設水路内面に設置し、既設水路とFRPM板との間隙に透水性及び断熱性に優れた中込材としてポーラスコンクリートを使用する合成構造によって水路を表面被覆する新たなFRPM板ライニング工法を改良した更生工法を採用している(図-5)。

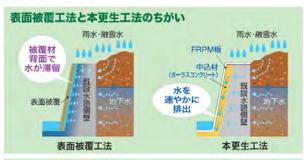




図-5 水路更生工法の概要1)

#### (2) 対策工法(補修工法)の概要

「FRPM板のライニングによる補修工法」 (図-6)は、既設水路の内面にFRPM板をアンカーボルトで固定後、既設水路とFRPM板の間隙にポーラスコンクリートを打設し、板同士の継目部に目地材をシーリングするだけの簡便な工法である。アンカーボルトでFRPM板を固定することが可能であれば水路の形状は問わず、老朽化した既設コンクリート水路を取り壊すことなく更生が可能となる。

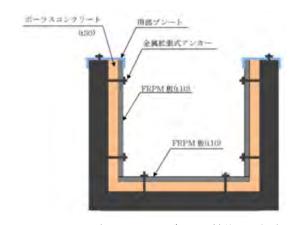
#### (3) 対策工法の特徴

FRPM板のライニングによる補修工法の特長は、以下のとおりである。

・中込材に排水性に優れたポーラスセメントを使用することで、浸透水を適宜排水することができ、凍結融解抵抗性にも優れている。

- ・FRPM板は軽量のため人力で運搬でき、湿潤 状況下での施工も可能であり、切断や穴開け等 の加工も容易なために、工期短縮によるコスト 縮減が図られる。
- ・表面が平滑で粗度係数が小さく水理的に優れ、 施工後に断面縮小しても通水量の確保が可能と なる。
- ・FRPM板とポーラスコンクリートとの補強効果により、劣化した水路の強度を20%程度回復することが可能となる。
- ・FRPM板を容易に脱着できるため、施工後の 既設水路の内部状況及び追加施工した材料の経 時変化を長期的にモニタリングすることが可能 となる。
- ・モニタリング結果から被覆部に劣化が確認された場合は、FRPM板及び透水性材料を撤去することで、既設水路の同一断面での更生工法の再度の実施が可能となる。

高台幹線用水路の断面図を図-7に示す。



図ー6 FRPM板のライニングによる補修工法概念図<sup>2)</sup>

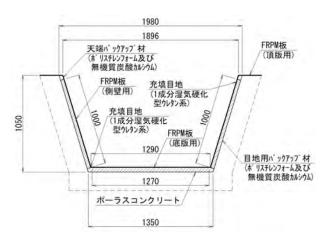


図-7 高台幹線用水路におけるFRPM板のライニング

## (4) 施工状況写真



写真-3 ポーラスコンクリート左官仕上げ状況



写真-4 底版パネル取付状況

## 5. 対策工法のモニタリング調査結果の概要

モニタリング調査(表-3)は、施工年の平成29年を初期値として、令和4年までの5年間に計4回実施している。

## (1) 近接目視

近接目視調査は、ひび割れ(長さ、深さ)、浮 き等の劣化、変形、歪み、欠損、目地等の変状に

表一3 モニタリング調査の項目(年度別)

			在	度別実施項	i B	
	項目	H29年 (施工年)	H30年	R1年	R2年	R4年
	近接目視	0	0	0	0	0
	コンクリート強度推定調査 ※リバウンドハンマー法	0	-	-	-	-
	ひび割れ、剥離、空洞化調査 ※機械インピーダンス	0	-	-	-	-
	超音波伝播速度測定(表面走査法)	0	_	_	-	-
調	超音波伝播速度測定(透過法)	0	_	-	_	0
杏	現地確認調査及び簡易計測 ※通水時、落水時	0	0	0	0	0
_	目地硬度試験	0	-	0	0	0
	鉄筋探査	0	_	_	0	0
	コンクリート供試体採取・採取部埋戻し	0	_	-	0	0
	採取コア目視スケッチ	0	-	-	0	0
	雪庇状況確認 ※12月~3月	0	0	0	0	0
室	圧縮強度試験	0	_	_	0	0
内	中性化深さ試験	0	_	-	0	0
試験	細孔径分布測定 ※現地採取5試料、作製3試料	_	_	_	0	0

ついて、簡易な器具(クラックスケール、コンベックス等)により定量測定や目視、触診、打診等を行い記録し、変状を把握した。

調査結果: FRPM板表面の白色斑(写真-5) が、前回(令和元年、2年)と同様に側壁全体に 確認された。

FRPM板表面は、新たな損傷はなく平滑でありアンカーボルトの緩みはなかった。側壁天端の目地に開き(割れ)が確認された(写真-6)。

考察:側壁部全体に見られる白色斑は令和元年の分析により、原因はコンクリート成分や土壌等の成分が付着し、発生したものでトップコートの光沢低下とされている。分析結果では、塗膜自体の付着性は良好でFRPM板の性能に問題はなく、FRPM板の光沢は若干低下傾向が見られるが、製作メーカーの見解は「問題なし」であった。

FRPM板表面は、損傷もなく平滑であり、アンカーボルトの緩みもない。側壁天端に設置しているFRPM板材は薄く、目地材との接点が少ないため目地離れがしやすいと考えられる。側壁天端の目地の開きは水路構造に影響を及ぼすものではないことから問題がないと判断した。



写真-5 側壁の白色斑



写真-6 目地の開き(側壁端部)

## (2) 現地確認調査・簡易計測

相対的な変化(沈下やたわみ等)を継続的に把握するため、補修後1年目、2年目、3年目、5年目の(1)落水前、(2)落水後の計4回における水路上幅と左右法面の斜度計測を各バレルの上流端から1.0mの位置で実施した(写真-7、図-8)。 調査結果:モニタリング期間中の落水後の断面寸法(表-4)を比較すると、(-)2.0mm-(+)5.0mm、側壁傾斜(表-5)については(-)0.9°-(+)1.3°であり、各スパン共に大きな数値の変化は見られない。

考察:コンクリート供試体の採取に当たりFRP M板を取り外した箇所(側壁6箇所、底版3箇所)で母材コンクリートを確認した結果、側壁、底版コンクリートにひび割れはなかったことから、水

路の断面寸法、側壁の傾斜角の初期値からの変動 に対しては問題ないと判断され、現況施設におけ る通水の有無による相対的な変状は発生していな いものと考えられる。

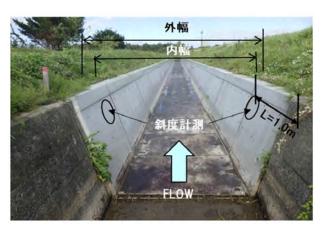


写真-7 簡易計測位置

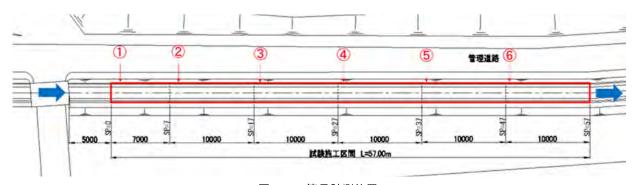


図-8 簡易計測位置

** .			内 幅(mm	)		外 幅(mm)						
バレル NO	2017 (初期)	2018 (1年目)	2019 (2年目)	2020 (3年目)	2022 (5年目)	2017 (初期)	2018 (1年目)	2019 (2年目)	2020 (3年目)	2022 (5年目)		
1	1,883	1,888 (+5.00)	1,885 (+2.00)	1,883 (+0.00)	1,884 (+1.00)	2,286	2,285 (-1.00)	2,286 (+0.00)	2,286 (+0.00)	2,286 (+0.00)		
2	1,873	1,873 (+0.00)	1,874 (+1.00)	1,874 (+1.00)	1,876 (+3.00)	2,276	2,275 (-1.00)	2,276 (+0.00)	2,277 (+1.00)	2,277 (+1.00)		
3	1,900	1,900 (+0.00)	1,900 (+0.00)	1,901 (+1.00)	1,901 (+1.00)	2,303	2,303 (+0.00)	2,302 (-1.00)	2,304 (+1.00)	2,307 (+4.00)		
4	1,905	1,906 (+1.00)	1,905 (+0.00)	1,907 (+2.00)	1,905 (+0.00)	2,308	2,306 (-2.00)	2,307 (-1.00)	2,308 (+0.00)	2,307 (-1.00)		
5	1,909	1,910 (+1.00)	1,910 (+1.00)	1,911 (+2.00)	1,910 (+1.00)	2,311	2,313 (+2.00)	2,311 (+0.00)	2,311 (+0.00)	2,309 (-2.00)		
6	1,903	1,907 (+4.00)	1,907 (+4.00)	1,902 (-1.00)	1,906 (+3.00)	2,308	2,308 (+0.00)	2,308 (+0.00)	2,308 (+0.00)	2,308 (+0.00)		

表-4 断面寸法の比較

※( )内の値は初期値との差であり(-)は狭く、(+)は広がったものである

表-5 側壁傾斜角の比較

		傾斜(度)																
バレル	左岸									右岸								
NO	2017 (初期)		018 F目)		019 年目)		020 手目)				2017     2018       (初期)     (1年目)		2019 (2年目)		2020 (3年目)		2022 (5年目)	
1	73.5	73.1	(-0.40)	73.5	(+0.00)	74.2	(+0.70)	74.1	(+0.60)	73.6	73.7	(+0.10)	73.9	(+0.30)	74.3	(+0.70)	74.6	(+1.00)
2	73.7	73.8	(+0.10)	73.9	(+0.20)	74.6	(+0.85)	74.4	(+0.70)	73.9	73.7	(-0.20)	73.9	(+0.20)	74.6	(+0.65)	74.5	(+0.60)
3	73.1	73.8	(+0.70)	74.0	(+0.90)	74.5	(+1.35)	74.4	(+1.25)	73.6	73.3	(-0.30)	73.6	(+0.00)	73.8	(+0.15)	73.8	(+0.20)
4	73.8	72.9	(-0.90)	73.6	(-0.20)	74.0	(+0.20)	74.5	(+0.65)	73.7	73.2	(-0.50)	73.5	(-0.20)	73.9	(+0.20)	74.2	(+0.50)
5	73.3	72.6	(-0.70)	72.9	(-0.40)	73.2	(-0.15)	73.4	(+0.10)	72.7	73.0	(+0.30)	73.3	(+0.60)	73.7	(+1.00)	74.0	(+1.30)
6	74.1	73.8	(-0.30)	73.9	(-0.20)	74.1	(+0.00)	74.7	(+0.55)	71.8	72.2	(+0.40)	72.5	(+0.70)	72.8	(+0.95)	73.0	(+1.20)

※( )内の値は初期値との差であり(-)は急、(+)は緩である

## (3) ゴム目地硬度

試験施工で採用したゴム目地材2種(EPDM ゴム、CRゴム)の将来的な劣化を把握するため、左右側壁(気中部、水中部)、底版においてゴム 硬度を測定、記録し過年度調査と対比することで 劣化進行状況を確認した。また、将来的な試験の可能性を考慮し2種類のゴム目地を右岸側壁(気中部・水中部)に曝露試験体(写真-8)として設置し、その試験体についてもゴム硬度を計測した。ゴム目地詳細図を図-9に示す。

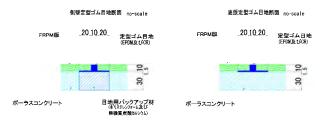


図-9 ゴム目地詳細図

調査結果: EPDMゴム (エチレンプロピレンジゴム) は側壁の気中部と水中部、底版のいずれでも硬度の差は小さかった、また、初期値からの大きな硬度の変化はなかった (表-6)。

CRゴム (クロロプレンゴム) は側壁の気中部 と水中部、底版いずれでも硬度の差は小さかった。 なお、経年的な高度の上昇が認められた (表-7)。

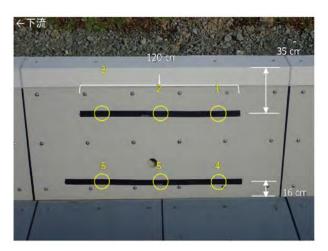


写真-8 曝露試験体と計測位置

曝露試験体のEPDMゴムは、気中部と水中部ともに初期値からの大きな硬度の変化はなかった。また、曝露試験体のCRゴムは、気中部と水中部の硬度の差は小さいが、気中部と水中部ともに経年的な硬度の上昇が認められた(表-8)。

**考察**: ゴム目地の硬度は、物性試験成績表より EPDMゴム71A±5、CRゴム硬度70A±5で ある。

ゲート設備に使用されている水密ゴムは硬度が 25%増加した場合に伸び率は50%低下するとされ ており、水密性確保の限界値(取り替え目安)を 参考に劣化指標を設定した。

バレルNo	年度	右岸側壁			底版							左岸側壁				
/\D/\DINO.	平皮		D(気)	C	(水)		3				5	Œ	)(気)	⑦(水)		備考
	H29(初期値)	65	_	62	_	60	_	60	_	62	_	65	_	67	_	
	H30(1年目)	65	$(\pm 0.0)$	60	(-2.0)	65	(+5.0)	60	$(\pm 0.0)$	61	(-1.0)	64	(-1.0)	68	(+1.0)	
1	R01(2年目)	64	(-1.0)	60	(-2.0)	-	-	-	-	-	-	63	(-2.0)	66	(-1.0)	
	R02(3年目)	63	(-2.0)	61	(-1.0)	-	-	58	(-2.0)	-	-	64	(-1.0)	66	(-1.0)	
	R04(5年目)	65	$(\pm 0.0)$	61	(-1.0)	-	-	60	$(\pm 0.0)$	-	-	63	(-2.0)	66	(-1.0)	
	H29(初期値)	63	_	60	_	60	_	58	_	61	-	63	_	66	_	
	H30(1年目)	65	(+2.0)	62	(+2.0)	62	(+2.0)	55	(-3.0)	61	$(\pm 0.0)$	63	$(\pm 0.0)$	67	(+1.0)	
2	R01(2年目)	61	(-2.0)	61	(+1.0)	-	-	56	(-2.0)	-	-	63	$(\pm 0.0)$	65	(-1.0)	
	R02(3年目)	62	(-1.0)	61	(+1.0)	-	-	57	(-1.0)	-	-	63	$(\pm 0.0)$	65	(-1.0)	
	R04(5年目)	61	(-2.0)	60	$(\pm 0.0)$	-	-	58	$(\pm 0.0)$	-	-	63	$(\pm 0.0)$	66	$(\pm 0.0)$	
	H29(初期値)	63	-	63	_	62	_	60	-	65	-	65	_	60	_	
	H30(1年目)	63	$(\pm 0.0)$	64	(+1.0)	60	(-2.0)	58	(-2.0)	62	(-3.0)	63	(-2.0)	57	(-3.0)	
3	R01(2年目)	62	(-1.0)	60	(-3.0)	-	-	58	(-2.0)	-	-	62	(-3.0)	59	(-1.0)	
	R02(3年目)	62	(-1.0)	60	(-3.0)	-	-	59	(-1.0)	-	-	63	(-2.0)	59	(-1.0)	
	R04(5年目)	61	(-2.0)	59	(-4.0)	-	-	58	(-2.0)	-	-  期値に対して	64	(-1.0)	58	(-2.0)	

表一6 EPDMゴム硬度

表-7 CRゴム硬度

クロロプレン	ゴム(CR)															
バレルNo	年度		右岸	側壁					底版				左岸	側壁		備考
/ \ \ / \ / \ / \ / \ / \ / \ / \ / \ /	平及		D(気)	(	②(水)		3		4		5	(	③(気)	(	⑦(水)	湘石
	H29(初期値)	73	-	68	_	71	_	71	_	70	_	68	_	72	_	
	H30(1年目)	71	(-2.0)	69	(+1.0)	72	(+1.0)	70	(-1.0)	71	(+1.0)	71	(+3.0)	72	(±0.0)	
4	R01(2年目)	75	(+4.0)	72	(+4.0)	-	-	71	(±0.0)	-	-	74	(+6.0)	77	(+5.0)	
	R02(3年目)	76	(+3.0)	72	(+4.0)	-	-	72	(+1.0)	-	-	74	(+6.0)	77	(+5.0)	
	R04(5年目)	74	(+1.0)	73	(+5.0)	-	-	74	(+3.0)	-	-	75	(+7.0)	78	(+6.0)	
	H29(初期値)	72	_	67	_	67	_	66	_	70	_	67	_	72	_	
	H30(1年目)	71	(-1.0)	73	(+6.0)	72	(+5.0)	67	(+1.0)	71	(+1.0)	73	(+6.0)	74	(+2.0)	
5	R01(2年目)	73	(+1.0)	77	(+10.0)	-	-	70	(+4.0)	-	-	75	(+8.0)	78	(+6.0)	
	R02(3年目)	73	(+1.0)	78	(+11.0)	-	-	70	(+4.0)	-	-	75	(+8.0)	78	(+6.0)	
	R04(5年目)	76	(+4.0)	79	(+12.0)	-	-	70	(+4.0)	-	-	76	(+9.0)	77	(+5.0)	
	H29(初期値)	70	_	68	_	70	_	68	_	70	_	72	_	72	_	
	H30(1年目)	71	(+1.0)	71	(+3.0)	71	(+1.0)	71	(+3.0)	72	(+2.0)	75	(+3.0)	72	$(\pm 0.0)$	
6	R01(2年目)	76	(+6.0)	75	(+7.0)	-	-	72	(+4.0)	-	-	78	(+6.0)	76	(+4.0)	1
1	R02(3年目)	76	(+6.0)	75	(+7.0)	-	-	72	(+4.0)	-	-	78	(+6.0)	76	(+4.0)	
	R04(5年目)	75	(+5.0)	76	(+8.0)	-	-	74	(+6.0)	-	-	79	(+7.0)	77	(+5.0)	

※()内の数値は、初期値に対しての増減(-:軟化、+:硬化)を示す ※判定指標は、75Aの+25%の93Aを上限とする

表-8 曝露試験体ゴム硬度

曝露試験体														
位置	年度			É	記中部					7	k中部			備考
117. Jul.	十段		1		2		3		4		5	6		NH -5
	H29(初期値)	69	-	68	-	65	_	67	-	68	_	70	_	
	H30(1年目)	73	(+4.0)	70	(+2.0)	70	(+5.0)	70	(+3.0)	70	(+2.0)	70	$(\pm 0.0)$	
EDPM	R01(2年目)	66	(-3.0)	67	(-1.0)	66	(+1.0)	67	$(\pm 0.0)$	68	$(\pm 0.0)$	68	(-2.0)	
	R02(3年目)	66	(-3.0)	67	(-1.0)	66	(+1.0)	67	$(\pm 0.0)$	68	$(\pm 0.0)$	68	(-2.0)	
	R04(5年目)	67	(-2.0)	65	(-3.0)	64	(-1.0)	65	(-2.0)	68	$(\pm 0.0)$	67	(-3.0)	
	H29(初期値)	73	_	68	_	71	_	71	_	70	_	68	_	
	H30(1年目)	71	(-2.0)	69	(+1.0)	72	(+1.0)	70	(-1.0)	71	(+1.0)	71	(+3.0)	
CR	R01(2年目)	78	(+5.0)	80	(+12.0)	77	(+6.0)	81	(+10.0)	79	(+9.0)	81	(+13.0)	
	R02(3年目)	78	(+5.0)	80	(+12.0)	77	(+6.0)	81	(+10.0)	79	(+9.0)	81	(+13.0)	
	R04(5年目)	79	(+6.0)	79	(+11.0)	78	(+7.0)	82	(+11.0)	77	(+7.0)	80	(+12.0)	

※( )内の数値は、初期値に対しての増減(-: 軟化、+: 硬化)を示す ※判定指標は、EPDM: 95A、CR: 93Aを上限とする

硬度が物性試験成績値の25%(EPDMゴム: 95A、CRゴム:93A)を上回ることはなく、現時 点では問題ないと考えられる。また、EPDMゴム

よりCRゴムの方が劣化の進行が早いとされており、CRゴムの硬度の上昇は妥当な結果と考える。

## (4) 圧縮強度試験・中性化深さ試験

現場で採取した母材コンクリートのコアを用いて、圧縮強度試験(JISA1107)と中性化深さ試験(JISA1152)を実施し、母材コンクリートの強度低下と中性化残り深さを求め、健全性を確認した(表-9、表-10)。

調査結果は、圧縮強度試験の平成29年平均は 30.0N/mm (最大39.1N/mm、最小23.2N/mm)、令和 4年平均は36.9N/mm (最大47.7N/mm、最小30.6N/

表-9 圧縮強度試験結果

	試験位置	圧縮強	度試験結果fc(!	$N/mm^2$ )
バレル	位 置	H29	R2	R4
	左岸側壁 気中部	37.7	33.8	41.8
	左岸側壁 水中部	39.1	36.7	47.7
1	底版	27.7	30.9	32.0
	右岸側壁 気中部	28.2	34.6	45.6
	右岸側壁 水中部	34.0	36.1	37.0
	左岸側壁 気中部	25.3	30.3	32.3
	左岸側壁 水中部	27.3	27.6	35.3
4	底版	28.0		_
	右岸側壁 気中部	ı	35.2	32.0
	右岸側壁 水中部	26.9	35.7	35.3
5	底版	28.0	36.7	35.6
	左岸側壁 気中部	29.7	33.0	41.2
	左岸側壁 水中部	35.0	36.0	38.2
6	底版	23.2	31.7	30.6
	右岸側壁 気中部	31.1	31.0	36.1
	右岸側壁 水中部	28.9	33.6	33.1
	平均	30.0	33.5	36.9

表-10 中性化深さ結果

	試験位置	平	均中性化深さ(m	m)
バレル	位 置	H29	R2	R4
	左岸側壁 気中部	4.3	3.8	6.1
	左岸側壁 水中部	3.2	2.1	1.6
1	底版	7.6	7.1	1.6
	右岸側壁 気中部	1.3	8.1	1.5
	右岸側壁 水中部	5.9	3.6	7.2
	左岸側壁 気中部	9.1	10.9	8.2
	左岸側壁 水中部	1.9	5.4	4.0
4	底版	7.6	_	_
	右岸側壁 気中部	2.1	5.6	2.4
	右岸側壁 水中部	8.0	8.5	9.9
5	底版	ı	10.3	4.4
	左岸側壁 気中部	4.8	4.4	3.8
	左岸側壁 水中部	4.9	7.8	2.4
6	底版	8.1	9.7	4.0
	右岸側壁 気中部	3.4	14.8	1.4
	右岸側壁 水中部	3.7	2.6	7.2
	平均	5.1	7.0	4.4

mm)であり、圧縮強度の低下は見られなかった。

中性化深さは計測地点が異なるため値はバラツ キがあるが誤差の範囲と考えられる。また、母材 表面にパネルを張っていることから、劣化要因を 遮断する効果が期待でき、今後も中性化が大きく 進行していく可能性は低いと考えられる。

考察:圧縮強度は全ての試験体において設計基準 強度21N/mm以上であり健全な状態である。中性化 残り深さは、平均39.1mm(最小深さ33.6mm)で≧ 10mmであることから問題ないと判断した。

右岸側と左岸側についても明確な判断はできないが、若干右岸側の方が中性化の進行傾向が見られ、右岸側壁面が南西向きであり日射の影響に起因していると考えられる。

## (5) 自動観測データ取りまとめ

対策工法の劣化の進行程度との関連性を把握するため、寒地土木研究所で計測している自動観測 データ (躯体内温度、水分抵抗値)を取りまとめ 整理した。

また、観測データと気象庁で公表されている施設近傍の東神楽観測所の気象条件(気温、降水量、降雪量、積雪量)を照合し、冬期環境が及ぼす当該水路への影響を考察した。

#### 《底版部》

- ・躯体部については、水分抵抗値にも変動がない ことから凍結の影響を受けていないと推察され る。
- ・ポーラスコンクリート部は、空隙構造となって いるため水分の供給を受けやすく、外気に近い 位置のためコンクリート温度が低下しやすいこ とから内部凍結の影響を受けているものと推察 される。

#### 《側壁部》

・躯体部もポーラスコンクリート部も水分抵抗値に変動がなかった。側壁部は底版部と異なり積雪の影響を受けづらいため気温変動も大きいが、2月の平均気温が例年より高く、凍結の影響はないものと推察される。

表-11 調査結果

調査・試験名	細目・試験方法等	H29 (初期値)	H30 (1年目)	R1 (2年目)	R2 (3年目)	R4 (5年目)
近接目視調査	※施設機能に影響ないが 左右側壁気中部に白色斑 が見られる。	変状なし	変状なし	変状なし※	変状なし ※	変状なし ※
72 (d. 74 20 20 4	水路内幅(mm) 上段:計測値 下段:初期値との差	1896. 0	1897. 0 (+1. 00)	1897. 0 (+1. 00)	1896. 0 (+0. 00)	1897. 0 (+1. 00)
現地確認調査及び簡易計測	側壁傾斜(°) 上段:計測値 下段:初期値との差	73. 4	73.3	73.5	74. 0	74. 1
中性化深さ 調査	平均値(mm)	5. 1	(-0, 10 )	7.0	(+0, 60)	(+0, 70) 4. 4
圧縮強度試験	試験値(N/mm²)	30.0			33. 4	36. 9
ゴム目地硬度 試験	エチレンプロピレンジゴ ム(EPDM) 上段:計測値 下段:初期値との差	68. 0	71 (+2, 7)	67 (-0.8)	67 (-0.8 )	66 (-1.8)
八颗	クロロプレンゴム (CR) 上段:計測値 下段:初期値との差	70. 2	71 (+0.5)	79 (+9. 2)	79 (+9. 2)	79 (+9. 0)

## 6. まとめ

当施設は、平成29年11月の冬にストックマネジメント技術高度化事業により、試験施工され、令和4年時点で4期の通水と5年目を迎えた。寒暖差が大きく冬期の期間が長い気候条件の中で適用された、FRPM板とポーラスコンクリートから構成される水路更生工法のモニタリング調査ではポーラスコンクリートの排水効果により、水路更生後の凍害を抑制されたことが確認された。

凍結融解作用によりひび割れや剥離・剥落等の変 状が進行したコンクリート開水路に対し、取り壊す ことなく水路性能の回復・向上が図られていること から当更生工法は、用水路の補修工法として有効な 工法と考える。

今後も経年的な劣化程度の把握と耐用年数の確認を行うとともに、診断手法についても調査を継続実施し、調査結果の有効性を確認することが必要である(表-11)。

(NTCコンサルタンツ㈱北海道支社 技術部 主幹)

#### <引用文献>

- 1) A R I C情報 官民連携新技術研究開発事業の成 果紹介 (H29. 1 P-40)
- 2) 寒冷地におけるコンクリート開水路の更生工法 (H27農業農村工学会大会講演会講演要旨集 P-1)

## 大原二期地区における大原調整池の改修計画検討事例

林保 慎也

#### 1. はじめに

大原調整池(以下、調整池と記す)は、国営かんがい排水事業大原地区により、洞爺湖町、豊浦町の畑地かんがい用水の貯留を目的とする二級水系大原川に建設された基幹的農業水利施設である。調整池は、平成4年から4ヵ年かけて建設され、平成8年に供用開始された施設で、造成後26年経過している。現在は、経年的な劣化等により施設の維持管理に多大な費用と労力を要しているため、国営かんがい排水事業大原二期地区にて施設の改修工事を実施する計画<sup>1)2)</sup>である。

本稿では、調整池における改修計画検討のうち、 多大な費用と労力を要している維持管理の軽減のた めに行った対策工について報告する。

## 2. 地区の概要

本地区は、図-1に示した北海道虻田郡豊浦町及 び同郡洞爺湖町に位置する2,034haの畑作地帯であ り、てんさい及び豆類に、スイートコーン、ながい も、にんじん、ブロッコリー、レタス等を組み合わ せた農業経営が展開されている。地区内の農業用水 は、国営大原土地改良事業(昭和62年度~平成8年 度) で造成された用水施設により配水されているが、 近年の営農状況の変化に伴い水需要が変化している とともに、地区内の一部では、用水施設が未整備で あるため、農業用水は主に降雨に依存しており、農 業生産性が低く、営農上の支障となっている。また、 調整池、用水路等の用水施設は、経年的な劣化等に より施設の維持管理に多大な費用と労力を要してい る。このため、本事業は水需要の変化に対応した用 水再編を行い、新たに畑地かんがい用水を確保する とともに、調整池、用水路等の整備を行い、併せて 関連事業においてこれらに接続する用水路を整備す ることで、農業用水の安定供給と維持管理の軽減を 図り、農業生産性の向上及び農業経営の安定に資す るものである。



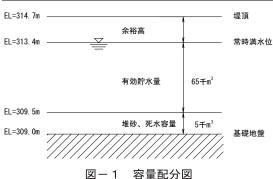
図-1 位置図

#### 3. 施設の概要

以下に施設の概要として表-1に調整池の施設諸元、図-2に容量配分図を示す。

表-1 大原調整池の施設諸元

名	称		大原調整池		
	形	式	掘込式(RC 構造)		
	構	诰	側壁:RC 擁壁		
	1冊	坦	底面:加硫ゴムシート		
	流域面	i積	36.5km <sup>2</sup> (間接集水面積)		
堤 体	堤頂×坩	是幅	243m×70m		
	×堤i	高	×5.7~5.2m		
	基礎地	1盤	火山灰		
	貯水	旦.	総 貯 水 量:70 千 m³		
	東丁 / <b>八</b>	里	有効貯水量:65 千 m³		
シオチ⇒ルऽп┸	形	式	越流型		
洪水吐	洪 水	量	4m³/s		
取 水	形	式	越流型		
施 設	取 水	量	0.583m³/s		
放 流	形	式	吐出弁		
施設	放 流	量	1.64m³/s		



## 4. 改修計画の検討

## (1) 対策概要

過年度の機能診断調査結果、及び本改修計画検 討において実施した現地踏査、現地調査の結果か ら機能低下が確認された施設の対策工法を検討し た。表-2に劣化内容と対策工法を、図-3に対 策位置図を示す。 維持管理費は、用水施設の劣化に伴い整備補修 費が増加傾向にある。そのうち、調整池に堆積し た塵芥物撤去に要する経費が5割を占めている。 本稿では、維持管理費の5割を占める調整池に堆 積した塵芥物撤去の軽減を図るため、施設の劣化 に対する対策工法の内、進入路の設置とコンクリー ト床版への構造変更について示す。

表 - 2	少 化 内	変レる	计策工法

	工 種	劣化内容	対策工法
		防水目地材の剥離・剥落	防水目地材の再施工
		隔壁目地の漏水	漏水箇所の止水処理
		鉄筋露出	表面被覆工
	調整池本体	コンクリートの浮き	劣化部の断面修復
		散水用バルブの発錆	バルブの撤去
土木施設		遮水シートの劣化	進入路の設置
工作施設			コンクリート床版へ構造変更
	流入工注水工	防水目地材の剥離・剥落	防水目地材の再施工
	分水工	水抜きバルブの発錆	バルブの更新
	洪水吐工	防水目地材の剥離・剥落	防水目地材の再施工
	防護柵	塗装の剥離・剥落	防護柵の更新
	河道変更工	河床洗掘、法面変状	吸出し防止材+ブロック布設替え
	左池取入ゲート	塗装、水密ゴム劣化	塗装塗替え、水密ゴム更新
	放流ゲート(左右池)	塗装、水密ゴム劣化	塗装塗替え、水密ゴム更新
	連通ゲート(左右池)	塗装、水密ゴム劣化	塗装塗替え、水密ゴム更新
ゲート設備	取水ゲート(左右池)	塗装、水密ゴム劣化	塗装塗替え、水密ゴム更新
	取水バルブ	取付ボルト発錆	分解整備、バルブコントローラ更新
	取水堰ゲート	塗装、水密ゴム劣化	開閉器塗装塗替え、水密ゴム更新
	放流堰ゲート	塗装、水密ゴム劣化	開閉器塗装塗替え、水密ゴム更新
	電気設備	耐用年数超過	更新
水管	<b>管理制御設備</b>	耐用年数超過	更新

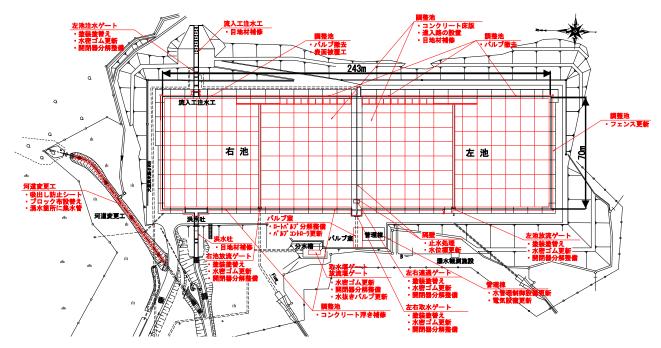


図-3 対策工位置図

## (2) 対策内容

毎春に行う調整池内に堆積した塵芥物撤去作業 が、調整池の維持管理費用の中で最も大きな割合 を占める。調整池は、大原川内に設置された河道 内施設であること、水源となる大原頭首工、三の 原頭首工の取水形式が渓流取水工方式であること、 更に、調整池がオープンであることから、塵芥物 が混入しやすい構造となっている。この塵芥物の 除去は、調整池の底面がゴムシートでライニング されているため、機械による作業が困難で、人力 により行われており、施設の維持管理に苦慮して いた (写真-1)。また、末端の小口径管路区間 に塵芥物が流下し、通水を妨げる障害が発生して いることに加え、グローバルギャップ(GGAP) の取得(継続)のためには水質規制にも配慮が必 要であり、対策が必要な状況であった。そこで、 塵芥物の除去作業を軽減するため、調整池内に普



写真-1 人力による塵芥物撤去作業状況

通自動車等の作業車の乗り入れが可能となる進入 路の設置と、調整池内を車両が走行できる床版構 造への変更について検討を行った。

#### 1) 進入路の設置

調整池内へ進入路を設置するにあたり、有効貯水容量との関係から制約条件として、進入路設置に伴う貯水量の減水量を1,500㎡以下にする必要があった。

#### a) 進入路の設置位置

調整池の基礎地盤には、崖錐層及び火山灰層が 分布している。N値は、崖錐層が20以上、崖錐層 の一部と火山灰層が20以下であった。N値20以上 の部分は山側と中央部(幅約25m)に分布し、擁 壁総延長(約790m)のおよそ45%を占めている。

擁壁基礎の形式は、基礎底面付近のN値が

- ・N値20以上の場合:直接基礎
- ・N値20以下の場合: 杭基礎

で、計画されており、山側と調整池中央が直接基礎による支持形態であるが、平地側と調整池の両端は杭基礎による支持を採用している<sup>3)</sup>。このため、進入路の設置位置は、直接基礎で支持力が得られること、既設の杭支持擁壁に影響を与えないこと、構造物の基礎にかかるコストが縮減できることから、N値20以上である山側の中央部に計画した。図-4に擁壁基礎工の配置図を示す。

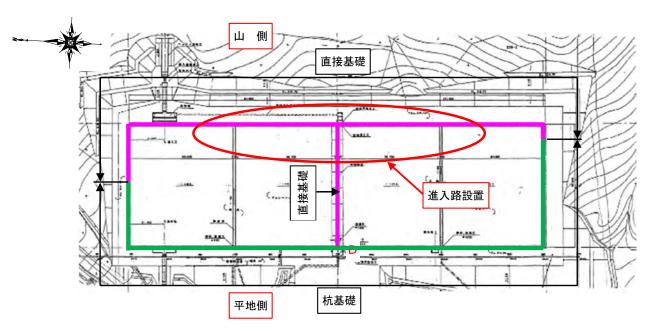


図-4 擁壁基礎工配置図

## b) 平面縱断計画

## ① 設計車両

調整池内の塵芥物撤去作業に使用する車両は、 管理者から維持管理に係る構想を聞取り、ホイー ルローダー (0.4 m³) とした。また、設計速度は 安全性を考慮し20km/hとした。

#### ② 車両幅員

進入路の車道幅員は、車両幅3.0mに路肩0.5m ×2を加えた4.0mとした。

## ③ 平面線形

進入路は、管理用道路と並行に設置されるため、 進入路に水平部を設け進入する構造とした(図ー 5)。

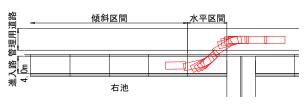


図-5 進入路平面図

## ④ 縦断線形

進入路の縦断勾配は、設計速度20km/hの最大縦 断勾配より9%とした(図-6)。

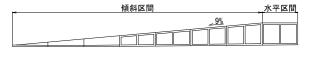


図-6 進入路縦断図

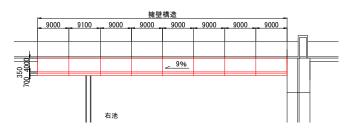
#### c) 進入路の構造形式

進入路の構造形式は、擁壁構造、橋梁構造、ボックス構造の3案について検討を行った。

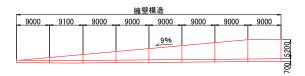
## ① 擁壁構造

逆丁擁壁を設置して、作業車両が走行できる進 入路を設置する(図-7)。

## 右池平面図



#### 右池縦断図



#### 断 面 図

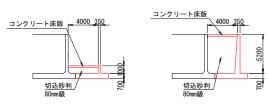


図-7 擁壁構造

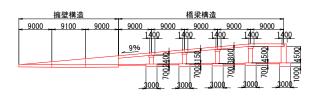
## ② 橋梁構造

橋梁工を設置して、作業車両が走行できる進入路を設置する。ただし、桁下が2m以下になる区間は、人力による塵芥物撤去作業が困難であるため、擁壁構造とし、塵芥物が堆積しない構造とした(図-8)。

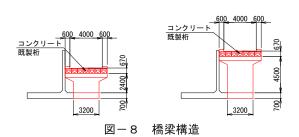
## 右池平面図



右池縦断図



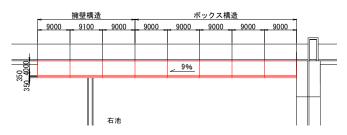
断 面 図



③ ボックス構造

ボックスを設置して、作業車両が走行できる進 入路を設置する。ただし、内空高が2m以下にな る区間は、人力による塵芥物撤去作業が困難であ るため、擁壁構造とし、塵芥物が堆積しない構造 とする。ボックスの向きは、車両の進行方向に対 し、直角案(図-9)と並行案(図-10)の2種 類考えられるが、開口部が広いため塵芥物搬出作 業の効率が良く、ボックス内が明るいこと、並行 方向に比べ側壁の面積が小さく経済性に有利なこ とから直角案(図-9)を採用した。

#### 右池平面図



## 【車両進行方向に対し直角案】

## 右池縦断図

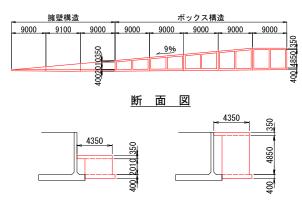


図-9 ボックス構造(直角案)

## 【車両進行方向に対し並行案】

#### 右池縦断図

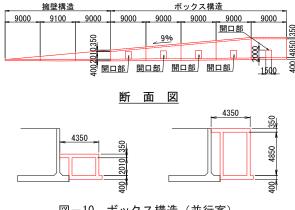


図-10 ボックス構造(並行案)

以上、3案で進入路の構造比較を行った結果、 有効貯水量の減水量が最も少なく、維持管理が容 易で、最も安価となったボックス構造を採用した。

#### 2) 床版の構造検討

床版部に求められる機能は、遮水性の確保と塵 芥物除去作業軽減のため、作業車の乗り入れが可 能な構造である。ただし、進入路の設置条件と同 様に、有効貯水量の減水量を1,500m3以下にする 必要があった。

#### a) 床版部に用いる工法

課題を解決する工法は、大別するとシートの上 を作業車が走行可能とする構造と、コンクリート で底版を建設する2つの工法が考えられる。この うち、シートの上を作業車が走行可能な構造にす るためには、シートの上に覆土を行い、シートに 作業車の荷重が直接載荷しないようにしなければ ならない。この時、既設ゴムシートの上に覆土を 行うには、シートの保護のため、50cm以上の覆土 厚が必要であり、減水量が1,500㎡以上となるた め採用不可である。

よって、底版部は、既設ゴムシートを撤去し、 新たに作業車が走行可能な遮水構造の選定が必要 である。ただし、シートによる遮水工とした場合 には、塵芥物除去作業のため、アスファルト舗装 も行う。

#### b) 工法選定

比較検討は以下の6案について行った。

- ①:コンクリート床版(現場打ち)
- ②:コンクリート床版(プレキャスト)
- ③:ゴムシート+覆土+アスファルト舗装
- ④: 高密度ポリエチレンシート+覆土+アスファルト舗装
- ⑤:アスファルトシート+覆土+アスファルト舗装
- ⑥:ベントナイトシート+覆土+アスファルト舗装 比較内容は、遮水性、施工性、耐久性、維持管 理性、経済性について行い総合的に評価した。表一 3に遮水工比較一覧表を示す。

#### c) 工法の決定

比較検討の結果、遮水性が高く、漏水が確認さ れた場合でも、場所の特定、補修が容易で維持管 理がしやすく経済的な現場打ちコンクリート床版 を採用した。

表一3 遮水工比較一覧表

®ペントナイトシート ®アメファルトシート	をジオテキスタイル 強靭で熱安定性の極めて高いボリエ 前)で保護したタイプ ステル不識布を芯材として、これに 新度成まりエナレンシー 画久柱・粘導性・温度特性などの等 ドレイトを張り付け 解を備えた特殊投資アスファルトを 5. いずれも難遊水柱 合設・途布した収形シートである。 特別な施工技術を必 特別な施工技術を必 4. 銀行合むむ	75。   9接合部に   既設権職と  する。   注意を	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	0	ペントナイトシートの接続は重ね合 敷設上の問題はないが、重ね合わせもせるだけでよく、特別な接着等は 間は、パーナーによる 熱落者 とな 必要ない ないました あいる あっぱ 工時 別が 冬期 間だと、アス 解雨 写により 含水 し 世間 かん が	夏遊 ○ 夏遊 ○	冬期 ○ 冬期 △	展ペントナイトは自然鉱物で劣化がな、商温になるとアスファルトが軟化すいり。 ペントナイトの特徴である目ころが、水中にある場合は、温度上外にしている機能により、小さな切り傷や刺があや動がしにくし、傷などの損傷が起きても自己修復い。 質通したひび割れが発生した場する。 下組地繋が平洋でない場合、 合、補修するまで溜水する。 ある。下組の途水緩敷が高いとペントナイトが流出する。	×	20cm以上 30cm以上	整土の上をアスファルトで保護する   撥土の上をアスファルトで保護する ため、車両の通行は可能   ため、車両の通行は可能	0	<ul> <li>★</li> <li>目然鉱物のため器年劣化の心配がな 端水エとしての信頼性は高いが、構トナイトが流出してしまうため、下 がったが流出してしまうため、下 シートが襲上されているため、漏水る、ト・が覆土されているため、漏水 酸所の棒定のため瀬水検知シートを 簡所の棒定のため瀬水検知シートを 特管理撃が到途必要。</li> <li>お水検知シートの維持管理が必要で、瀬水検知シートの維持管理が必要で、瀬水検知シートを 特管理撃が到途必要。</li> </ul>
<ul><li>・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・</li></ul>	エチレンを重合した熱可塑性の遊水 ベントナイトをジオテキスタイルシートである。重ね合わせ部分につ (離布、不離布)で保護したタイプいては熱落者となるので特殊技能をと、10DPE (高密度ボリエチレンンツ要する。接着村工法の適用範囲は高でト)に粒状ベントナイトを張り付け以上である。 以手がも 海水 付である。 は知ら施工技術を必要とせずに数段できる。 重ね合わせ部は、重ね代職150~300mm重ね合わせるだけでよい。	/る。 )接合部に する。	○ 二次製品を使用するため品質の確保 二次製品を使用 中容易である		# 数設上の問題はないが、重ね合わせ、ベントナイトン等 解は、熟落者となる。施工時期が多わせるだけでよ 類 関西だと、経工時期の通度が上がら必要ない。		冬期 △	高密度ボリエチレンシートは、引張 ベントナイトは自然 強 その標準品性、簡単を開業品件、優別でいい。 ベントナイトの る。引張には強いが、亀裂が入った 修復機能により、小場合、相修するまで端水する。 する。下地地艦が平場合、補修するまで端水する。 する。下地地艦が平原なり着からのある。下地の遠水らのある。下地の遠水らのある。下地の遠水らのある。下地の遠水らのある。下地の遠水らの	0	30cm以上 30cm以上 30cm以上 30cm以上 30cm以上 30cm以上 30cm以上 30cm以上 30cm以上 30cm以上 30cm以上 30cm以上 30cm以上 30cm以上 30cm以上 30cm以上 30cm以上 30cm 30cm 30cm 30cm 30cm 30cm 30cm 30cm	覆土の上をアスファルトで保護する 優土の上をアス ため、車両の通行は可能 ため、車両の通	0	本 進水エとしての信頼性は高いが、構 自然鉱物のため語年 造物との核合師の止水に注意が必いが、下地の遠水係 要。 シートが軽土されているため、漏水 トナイトが揺出して ・ドナイトが揺れている 簡所の特定のため漏水検知シートを る。 設置が必要で、漏水検知シートの離シートが提土されて 設置が必要で、漏水検知シートの離シートが提土されて 数階が必要で、温水検知シートの離シートが提上されて 数階が必要で、海水
<ul><li>● インシムト</li><li>● (<ul><li>● (<ul><l><ul><li>● (<ul><li>● (<ul><l><ul><li>● (<ul><li>● (<ul><l><ul><li>● (<ul><li>● (<ul><l><ul><li>● (<ul><li>● (<ul><l><ul><li>● (<ul><li>● (<ul><l><ul><li>● (<ul><li>● (<ul><l><ul><li>● (<ul><li>● (<ul><l><ul><li>● (<ul><li>● (<ul><l><ul><li>● (<ul><li>● (<ul><li< td=""><td>「合成ゴムEPMを主原幹とした加藤ゴエチレンスムシートである。重ね合わせ部は、シートで接着材工法と繋離者工法がある。接いては業権力工法の適用範囲は5℃以上でも要する。する。</td><td>\る。 )接合部に する。</td><td>○ 二次製品を使用するため品質の確保 二次製品できたまたま</td><td>_</td><td>設上の問題はないが、重ね合わっ は、気温 5 で以下になると熱機 法での接着になる。 高時は接合而に雨、記等が付う 、端水の原因になる。 工時に重機でシートに傷が付かが よう留意が必要</td><td>夏期〇</td><td>冬期 △</td><td>ムシートは、紫外線により劣化すが、木中におる場合に、紫外線が、水中におる場合に、紫外線が、移当たらず、長期品質が保存され、シートに亀裂が入った場合、補・するまで瀟水する。</td><td>0</td><td>50cm以上</td><td>覆土の上をアスファルトで保護する 覆土の上 ため、車両の通行は可能 ため、車</td><td>abla</td><td>△シンートの上を重機が走行することを考慮すると選士厚は50cm以上必である。 ・大としての信頼社は高いが、構物との接合部の止水に注意が必 ・トが選士されているため、編水所の特定のため編水検知シートを 所の特定のため編水検知シートを 所の特定のため編水検知シートを 所の特定のため編水検知シートを 解が必要で、編水検知シートを</td></li<></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></l></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></l></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></l></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></l></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></l></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></l></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></l></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></l></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></l></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul></li></ul>	「合成ゴムEPMを主原幹とした加藤ゴエチレンスムシートである。重ね合わせ部は、シートで接着材工法と繋離者工法がある。接いては業権力工法の適用範囲は5℃以上でも要する。する。	\る。 )接合部に する。	○ 二次製品を使用するため品質の確保 二次製品できたまたま	_	設上の問題はないが、重ね合わっ は、気温 5 で以下になると熱機 法での接着になる。 高時は接合而に雨、記等が付う 、端水の原因になる。 工時に重機でシートに傷が付かが よう留意が必要	夏期〇	冬期 △	ムシートは、紫外線により劣化すが、木中におる場合に、紫外線が、水中におる場合に、紫外線が、移当たらず、長期品質が保存され、シートに亀裂が入った場合、補・するまで瀟水する。	0	50cm以上	覆土の上をアスファルトで保護する 覆土の上 ため、車両の通行は可能 ため、車	abla	△シンートの上を重機が走行することを考慮すると選士厚は50cm以上必である。 ・大としての信頼社は高いが、構物との接合部の止水に注意が必 ・トが選士されているため、編水所の特定のため編水検知シートを 所の特定のため編水検知シートを 所の特定のため編水検知シートを 所の特定のため編水検知シートを 解が必要で、編水検知シートを
③コンクリート (プレキャスト)	プレキャストコンクリート採版に、 り遮水する。 目地部は止水板を挿 し止水性を確保する。	優れている。 既設権職との接合部に 注意を有する。	○ 二次製品を使用するため品質の確保 11分裂である		遊は単純であるため、施工は容易 あるが、通機のため、プレキャス の大きさが小さく、目地延長が長 収場打ちの時間。プレキャスト 設置は早いが、目地設置に日数が かり、現場打ちと工類の遊はもま ない。	夏期 △	冬期 △	ンクリートの耐久性は高く、水中 ある場合は、凍結機能、中柱化の 職を受けにくく、長期局質が保持 れる。目地損傷が発生した場合、 修するまで漏水する。	0	なし	コンクリートのため、車両の通行は 可能	×	△ンソリート床版のため重機が走行とことに問題ない。日地の延長が になりに問題ない。日地の延長が になりを出り間は現場打ちともいったがある。 の特定は比較的簡単で、補係も である。
□コンクリート (現場打ち)	現場打ちコンクリート床版により遊水する。目地部は止水板を挿入し止水柱を確保する。	優れている。 既設権艦との接合部に 注意を有する。	コンクリートの品質確保は容易である		構造は単純であるため、施工は容易 構であるが、型棒、鉄筋、重線仮用 でいる が、選件等があり施工日数が長くない、 養生等があり 施工日数が長くない る	夏期〇	冬期 △	コンクリートの耐火性は高く、水中 にある場のに、液粧物等、中柱化の 影響を受けてく、地類曲質が疾特 される。質道ひび踏れや、日地強筋 が が発生した場合、補修するまで瀬木 補 する。	0	なた	コンクリートのため、車両の通行は 可能	©	○ コンクリート床版のため重機が走行コンクリート床版のため重機が走行日本でとた旧関ない、都工時期が条 中 期間になると、雪寒仮囲いが必要と 倍なり、作業柱が落ちる。 猫水密度 り 味 瀬 水倒 所の特定は比較的簡単 所で、補修も容易である。
村	工法概要	遮水性		材料及び施工時の品質管理	施工性			耐久性		覆土厚	維持管理性	経済性	脚計

## d) コンクリート床版の設計

床版は、遮水性及び、不同沈下防止のため、防 水目地材、止水板、ダウエルバーを設置する。

#### ① 床版厚の検討

床版厚は、「北海道開発局道路設計要領 第1 集道路」 $^4$ )より、設計曲げ強度から決定した。床版は、水密性が必要なため、コンクリートはRC-aを採用した。RC-aの設計基準強度は $^2$ 1N/ $^2$ m㎡で、設計基準曲げ強度はおよそ $^4$ .2 $^2$ 2.6MPaであるため、床版厚は $^2$ 5cmを採用した。(表 $^4$ )

表-4 コンクリート版の版厚等(普通コンクリート舗装)

	Admittal services H.	コン	クリート版の	り設計	収縮目地	タイパー.	
交通量区分	舗装計画交通量 (台/日・方向)	設計基準 曲げ強度	版厚	鉄 網	間 隔	ダウエルバー	
N 4	100≦T<250	4, 4MPa (3, 9MPa)	20cm (25cm)		・8m ・鉄網を使用し	原則として	
-	280 d 8 0 0 0 0 0 0		20.0	原則として	ない場合5m		
$N_5$	250≦T<1,000	4. 4MPa	25cm	使用する。		使用する。	
N 6	1,000≦T< 3,000	4.4MPa	28cm	3kg/m <sup>2</sup>	10m	使用する。	
N <sub>7</sub>	3,000≦T	4. 4MPa	30cm				
使用寸 2. 250	の版厚の欄においる場合の値である ≦Tの場合で鉄網を つるとよい。	5.					

「北海道開発局道路設計要領 第1集道路」4)より引用

## ② 基礎の検討

竣工後20年以上が経過し、基礎は砂質土が主体となることから、水重による荷重の増加に伴う沈下はほぼ収束していると判断できる。また、基本計画時点のN値10を下回るN値7において許容支持力度が最大地盤反力度を上回る結果となったため、コンクリート床版において直接基礎の採用が可能であると判断した。

#### ③ 浮上の検討

現況施設には、擁壁背面に切込砂利による排水 処理対策が施されている。

地下水は、これら砂利等を経て集水管(φ300)に集められ、西側の下位部排水路へ排水されている。排水処理工には点検工が設置されており、調整池の排水を行う場合は、観測孔内の水位を計測し、地下水位が上昇していないことを確認してから排水作業を行うことで浮上を防止する。

#### 5. 施工計画の検討

調整池の工事内容は、進入路の造成、床版整備、 補修工事(調整池内)である。

施工年度は、施工量から単年での完成は難しい。

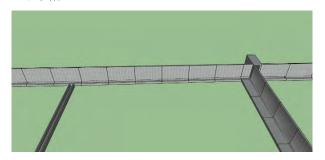
よって、進入路と床版を分けて整備する計画とした。

施工を複数年で行うことにすると、左右池の進入 路造成を初年度に行い、次年度以降に、造成した進 入路を工事用の進入路として利用し、床版整備と補 修工事(調整池内)を行うことが可能となる。

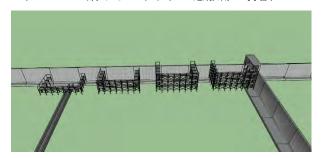
各施工ステップは以下のとおり。

#### (1) 進入路の施工順序

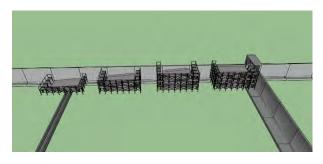
#### 1) 準備工



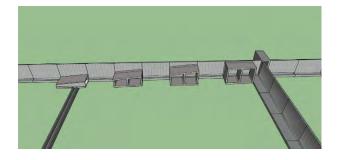
## 2) 1スパン飛ばしでボックス底版部の打設



#### 3) 側壁、頂版部の打設



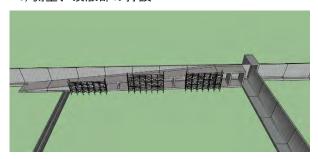
## 4) 打設完了



## 5) 中間スパンの底版部の打設



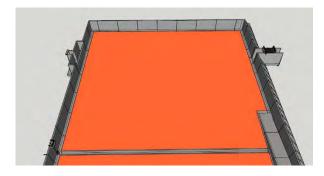
6) 側壁、頂版部の打設



7) 打設完了



(2) 床版コンクリートの施工順序 1)調整池内落水、土砂上げ完了



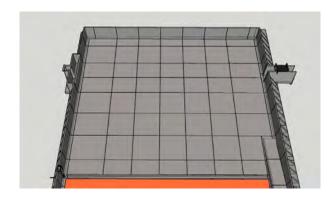
2) シート撤去完了、底版砕石撤去、不陸整正



## 3) 均しコンクリート打設完了



4) 鉄筋組立、型枠工、ダウエルバー、養生工、 打設完了



## 6. おわりに

本稿では、国営かんがい排水事業大原二期地区の 調整池における改修計画検討のうち、進入路の設置 と床版構造への変更についての設計事例を紹介した。 本改修工事により、施設維持管理の労力軽減が図

本改修工事により、施設維持管理の労力軽減か区 られることを期待する。

最後に、本稿をまとめるにあたり、室蘭開発建設 部胆振農業事務所の皆様、関係各位の皆様には、多 大なご指導・ご協力をいただきました。ここに記し て感謝の意を表します。

(㈱フロンティア技研 技術部 課長(技術士補))

## 【引用文献】

- 1) 北海道開発局:国営大原二期地区土地改良事業計画書
- 2) 北海道開発局: 大原二期地区 事業計画補足検討 業務報告書 (2019)
- 3) 北海道開発局:大原地区 大原調整池地質調査外 一連業務報告書 基礎工設計編Ⅲ — Ⅱ (1989)
- 4) 北海道開発局:道路工事設計要領 第1集道路 (2023)

## 困難な現況下におけるほ場整備設計

## -急傾斜地、ため池からのポンプ圧送-

福原 新五

#### 1. はじめに

本稿は、国営緊急農地再編整備事業「今金北地区」における「区画整理設計業務」の事例報告である。 対象農区では、農地が高低差のある棚田で変形、かつ水源である「ため池」が低位地であるためポンプ 圧送が必要な現状であり、平坦な殖民区画及び自然 圧送が可能な用水施設の設計に比べて多くの課題が あった事例について報告をするものである。

#### 2. 地区概要

今金北地区は、北海道南西部の瀬棚郡今金町に位置し(図-1)、一級河川後志利別川沿いに広がる水稲を主体とした農業地帯である。ばれいしょ、大豆、小麦、野菜類等も導入した複合経営が行われており、特に「今金男しゃく」は、品質の高さから高い評価を得ている(写真-1)。

しかし、地区の農地は小区画で、土壌や排水不良 もあいまって農作業の障害となっており、耕作放棄 地が急増するおそれがある。また、用水施設は、国 営北桧山右岸土地改良事業(昭和43年度~平成元年 度)や国営利別川土地改良事業(平成7年度~平成 18年度)により整備されたが、造成後20年以上が経 過した一部の施設では、経年劣化による用水の安定 供給に支障をきたしており、維持管理にも多大な費 用と労力を要している。

そこで、本事業において区画整理1,136haと農業 用用排水864haを一体的に施工することにより、土 地利用の計画的再編、担い手への農地利用集積、農 業用水の安定供給確保を図り、地域の農業振興と活 性化を目指している<sup>1)</sup>。

## 3. 業務内容

対象となる業務は、水田と畑からなるA農区 (12.6ha) と水田のみのB農区 (6.2ha) の「区画整理設計業務」である (図-2)。両農区とも、低位

置の「ため池」を水源とする農区ではあるが、本稿では用水水掛りの課題や高田差のため区画割に制約がある等、より設計課題が多いA農区を対象として報告をする。



図-1 今金北地区 位置図



写真-1 今金男しゃく (提供:農林水産省4)

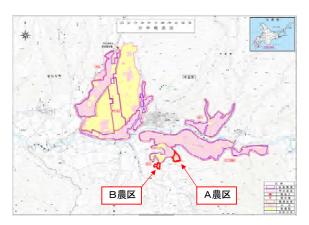


図-2 対象業務の位置図

## 4. 対象農区の現状と課題

## (1) 農区の現状

対象農区は、町道と山林および無名川に挟まれ、 水田区域と畑区域に分かれている。南北方向に傾 斜にしており、南側へ向かって広がる変形な形状 である。また、水田区域は、棚田状の狭小区画で ある(写真-2)。

用水供給は、低位部の「ため池」からのポンプ 圧送が必要で、一部の畑地では雨水で賄っている。 また、排水施設については未整備である。

## (2) 農区の課題

## 1)急峻な地形

南北方向の傾斜地で、現況田面は南側の最高標高点EL=52.68m、北側の最低標高点EL=32.90m、標高差 $\Delta$ H=19.78m、I=1/30勾配の急峻な地形である(写真-3)。また、南西側の畑区域は、東側の水田区域より低位置にあり、湿害や大雨時の冠水被害を受けている(写真-4)。



写真-4 高位部における水田・畑地間



写真-2 農区UAV空撮写真

#### 2)棚田状の水田

水田区域は、東西方向を長辺とした 1 枚当り面積0.16 $\sim$ 0.51haの狭小ほ場が棚田状に19枚連続しており、これらの中で最大の田差は $\Delta$  H=2.63mと大きい。また、これらの田差部の法面では崩壊が起きており、部分的に土留め等による補修が行われている(写真 -5)。

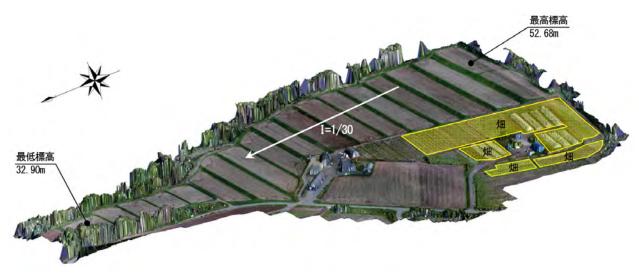


写真-3 農区3Dモデル



写真-5 大きな田差法面

## 3) ポンプ圧送が必要

水田区域への給水は、北東側の低位部の「ため 池」からポンプ圧送式パイプラインで給水するの と併せて、高位部の水田から低位部へ田落しを行 うこととで賄っている(写真-6、7、8)。た め池の貯水量は、自然条件による影響を受けやす く、低位部からのポンプ圧送のため水頭も不十分 な状況である。また、畑区域では、雨水を貯水利 用しており用水確保に苦慮している。



写真一6 ため池



写真-7 既設ポンプ



写真-8 用水の田落し

## 4) 貧弱な排水施設

排水は、一部水路がトラフ装工されているが、 多くが土水路となっている(写真-9)。水田の 表面排水は田落しにより低位部ほ場へ集水し、た め池、生活排水路や町道側溝(写真-10)に落水 させている状況で、大雨時には、畑区域への冠水 被害発生や町道側溝からの逆流などが発生してそ の管理に苦慮している。



写真-9 生活排水路(トラフ装工)



写真-10 町道側溝

## 5. 設計の内容

設計にあたっては、事業計画を基本に施工性や経済性を考慮し、農区の課題を踏まえた上での区画および用排水施設の設計とした。

#### (1) 区画設計

区画計画は大区画化を目的に、耕区面積が地区標準面積(1.1ha)を確保することを目標として、各耕区面積と田面差、最高位の田面標高、経済性等を考慮した3案を作成し、受益者説明会において意向確認を行った。事前の要望聞取りの結果から、区画割位置は現況区画割(畦畔)位置とすることを基本とした。なお、畑区域については畑寄せ等の計画は行わず、工事区域外とした。

受益者打合せの結果、営農性および用水の有効 水頭確保を優先して、第1案で設計を進めること とした。

第1案:中央部から北側は、整備後も狭小・変形 耕区となることから、面積を大きく確保 するよう現況9枚から2枚へ、最高位ほ 場田面高を低く設定するため南側から現 況4枚を1枚へ、残りの現況6枚を3枚 への区画割とした案(図-3)。

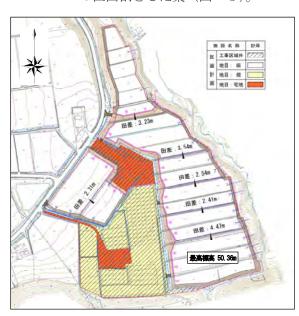


図-3 区画割図(第1案)

第2案:中央部から北側は、整備後も第1案と同様とし、現況9枚から2枚へ、残りの現況10枚を各ほ場間の田差が小さくなる4枚への区画割とした案(図-4)。

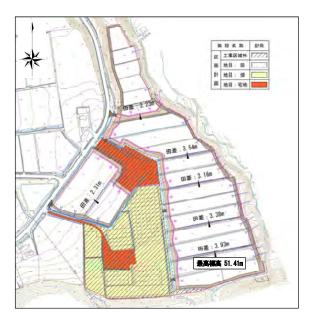


図-4 区画割図(第2案)

第3案:現況19枚を各ほ場間の田差が小さくなる 6枚への区画割で、最も運土が少ない案 (図-5)。

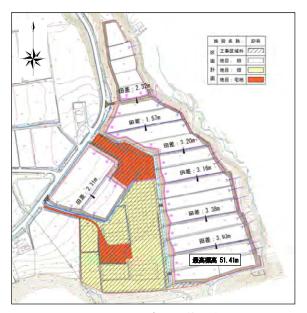


図-5 区画割図(第3案)

## (2) 用水施設設計

新設用水施設として「ため池」を取水源としたポンプ圧送式パイプラインを採用することは、既存の用水施設同様に水理条件的において不安定な要素が多いことから、本設計では、対象農区の用水を「T揚水機」の用水掛りとして計画することを検討した。また、揚水機場から各農区まで連絡する支線用水路は、同年時の関連業務において実施設計を行っている。

本設計において、対象農区の農地標高条件等を 含めた上での施設規模の再検討を提案した。その 結果、必要となるポンプ規格が想定よりも大幅な 高揚程が必要となり、事業費が大幅に増加するこ とが判明した。

このことから、設計協議の上で、対象農区を「T揚水機」の用水掛りとすることを断念し、既存の「ため池」から取水する設計とした。

なお、業務の初期段階から「T揚水機」用水掛りの課題を想定して受益者へは説明済であり、円滑に打合せを進めることができた。

## 1) 水理計画

「ため池」からの取水方法については、受益者が所有する既設ポンプを利用したパイプライン形式とする設計とした。

#### a) 設計流量

設計流量は、地区の基本事項に則り、代掻期 最大流量(ローテーション流量)により算出す るが、既設ポンプ(メーカー品番照会)の標準 吐出し量Q=0.0233㎡/s、全揚程H=38m(表-1)を最大通水量として設計した。

表-1 既設多段渦巻ポンプ性能表

口径	段 数	出力	吐出し量	全揚程	吐出し量	全揚程	吐出し量	全揚程
mm		kW	m³/sec	m	m³/sec	m	m³/sec	m
125	2	15	0.0186	44	0.0233	38	0.0266	33

#### b) 水位条件

水位条件はポンプ圧送式(ポンプ直送式)であることから、ポンプ押込水位を静水位とし(図-6)、以下の算出式によりHWL=60.05

 $m とした^{2}$ 。

#### 算出式

静水位=ため池水位-吸込口深さ+全揚程 -ポンプ損失水頭 =25.05m-0.50m+38m-2.5m=60.05m

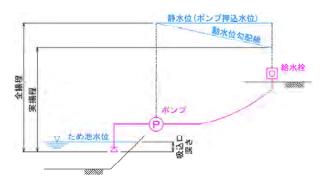


図-6 ポンプ圧送式 水理イメージ

ポンプ損失水頭については、使用ポンプが昭和50年代製で、吸込配管についても既設利用となることから、経年的な損失も考慮すると、詳細なポンプ損失水頭を算出することは困難であると判断した。このことから、『土地改良事業計画基準 設計「ポンプ場」技術書』3°に示された「仮全揚程決定のための損失水頭」(表ー2)より、「用途:高揚程、軸形式:横軸」の条件から、ポンプ損失水頭(吸込管含む)を2.5 mとした。

管路損失水頭については、摩擦損失水頭と各種損失水頭の合計となるが、各種損失水頭は口径300mm以下かつ、設計水圧1.0MPa以下であり、摩擦損失水頭に比べて小さいことから、摩擦損失水頭の10%を計上した<sup>2)</sup>。

用途	軸形式	吸込水槽形式	計画実揚程に加算する仮損失水頭								
			吐出し管形式タイプ1			吐出し管形式タイプ 2			吐出し管形式タイプ3		
			吸込側 損失水頭	吐出し側 損失水頭	損失 水頭 合計	吸込側 損失水頭	吐出し側 損失水頭	損失 水頭 合計	吸込側 損失水頭	吐出し側 損失水頭	損失 水頭 合計
高揚	横軸	標準流速			主ポン	プ廻り損失	·水頭(2.5)	m)+送オ	<b>、管損失水</b> 頭	Í.	
物程	立軸	オープン形	主ポンプ廻り損失水頭 (1.5m)+送水管損失水頭								
低	横軸	標準流速・高流速 オープン形	0, 1m	0. 5m	0. 6m	0. lm	0. 9m	1. 0m	0. Im	0. 9m	1. 0n
揚程	\$7. #4.	標準流速・高流速 オープン形	/	0.5m	0. 5m	/	0. 9m	0. 9m	/	0. 9m	0. 9n
93	軸										

表-2 仮全揚程決定のための損失水頭

#### c) 有効水頭

本地区では、給水栓の分岐点における有効水 頭を田面高からH=1.10m以上としている。な お、本設計では、全ての給水栓で確保できた。

#### d) 既設ポンプ利用上の制約

本地区における施設計画では、1日当り代掻面積2.2haとして設定し必要流量を算定している。しかし、対象農区では既設ポンプを利用するため、その能力に合わせて通水量をQ=0.0233㎡/sと設定した。これにより、面積が2.2ha未満であっても、代掻期に管理用水を取水しながらの別耕区での代掻用水の取水が不可能である。また、最大面積耕区(1.477ha)においては、1耕区のみで取水した場合でも代掻期の取水日数が1.2日掛かる計算となったことから、受益者へは各耕区に必要な代掻期取水日数を明示し、説明を行った。

#### 算出式 (A農区最大面積耕区)

ポンプ吐出量: 0.0233 m3/s … ①

粗単位用水量: 0.0187757 m3/s/ha … ②

耕区面積:1.477 ha … ③ 必要取水日数=②×③÷①

 $=0.0187757 \times 1.477 \div 0.0233$ 

=1.19≒1.2日

## e) 水理計算

施設規模の計画にあたっては、ローテーション流量(必要流量)を算出し、既設ポンプ能力の $Q=0.0233\,\text{m}^3/\text{s}$ 以上となる区間については、ポンプ能力の通水量とした(表-3)。

また、接続する既設配管の口径は125mmであるが、より有効水頭を高く確保できるよう、最小口径を150mmに拡大する計画とし、流速等の諸条件を満足した。

## f)用水路線形

平面線形については、当初の受益者要望では、 給水栓管理がしやすい耕区西側の短辺方向の配置(図-7)としていたが、路線延長が長くな ること及び曲点が多くなることから、協議の上、 最短距離となる耕区東側の短辺方向へ変更し、 曲点配置についても90°曲点を減らす配置へ変 更した(図-8)。

表-3 必要流量と施設計画流量

路線・給水栓名	測点	必要流量	施設計画流量	
<b>始称</b> "和小柱石	測 尽	(m <sup>3</sup> /s)		
第A-1号用水路				
BP	0.00	0. 0507	0. 0233	
第A−2号分岐	16.60	0. 0507	0. 0233	
NO. 1	78. 40	0. 0488	0. 0233	
NO. 2	125.00	0. 0478	0. 0233	
NO. 3	175.80	0.0467	0. 0233	
NO. 4	204. 30	0.0460	0. 0233	
第A-3号分岐	232. 34	0. 0453	0. 0233	
NO. 5	247. 80	0.0427	0. 0233	
NO. 6	269.50	0. 0421	0. 0233	
NO. 7	299. 30	0. 0415	0. 0233	
NO. 8	325. 10	0. 0352	0. 0233	
NO. 9	364.60	0. 0277	0. 0233	
NO. 10	390. 30	0. 0185	0. 0185	
EP NO. 11	416.40	0.0092	0. 0092	

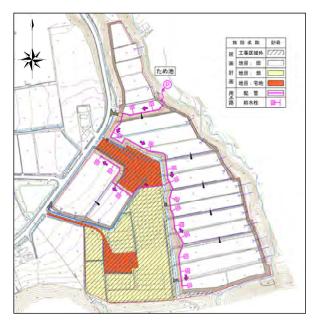


図-7 用水路 計画平面線形(当初案)

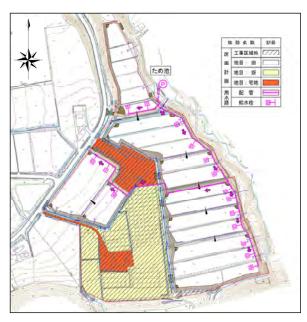


図-8 用水路 計画平面線形(決定案)

## (3) 排水施設設計

#### 1) 受益者の要望

排水施設における受益者要望は、表面排水のため池への還元と排水施設敷地による作付面積減少を極力避けることであった。また、東側耕区の排水は、東側の沢地(受益者所有地)への直接排水、西側耕区の排水は町道側溝への排水とし、東側耕区と既畑の間には境界排水を設置することを要望していた。

#### 2) 排水施設の配置

しかし、東側耕区と既畑との高低差が2m以上 となる場所もあり、事前聞き取りでの湿害や大雨 時の越水被害を想定した場合、表面排水の落水口

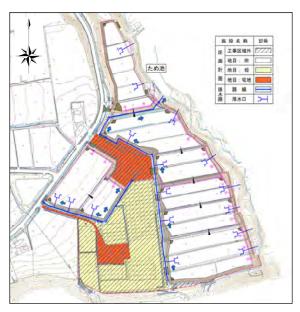


図-9 排水路 計画平面線形 (決定案)

をほ場両短辺へ分散し、東側耕区と既畑の間に排水路を整備することが望ましいと判断した。このことから、重要課題であるため池への表面排水の還元は、排水流末をため池とする線形とすることで対応し、施設用地も極力少なくなるよう計画した(図-9)。この際、潰れ地については線形の設定上、境界排水(土水路)の場合とほぼ変わらないことを図面にて示し、受益者へ説明を行った(図-10)。

## 6. 受益者説明時の対応

#### (1) 事前説明と細やかな対応

本業務においては、受益者説明会を対面形式にて3回実施した。前項で述べた通り、対象農区は 用水掛りが不確定な状況や、傾斜地における区画 割や施設配置の決定等、課題が多い農区であった。 そこで、受益者説明会で挙げられた課題や要望を 整理し、想定事案についての各方面への事前説明 を行い、次回の説明会では、事前説明に整合した 設計計画を提案するようにこころがけた。これに より、受益者も各事案に合わせた要望や疑問等を 次回の説明会までに用意できて円滑な業務実施と なった。

また、計画案の提案については、受益者が選択し易いように複数の案を示し、各案のメリット・デメリットを含めた説明を行うことや、受益者の要望が対応不可の場合における説明を根拠に基づき行い、対案の提案を行うなど丁寧な対応に努め

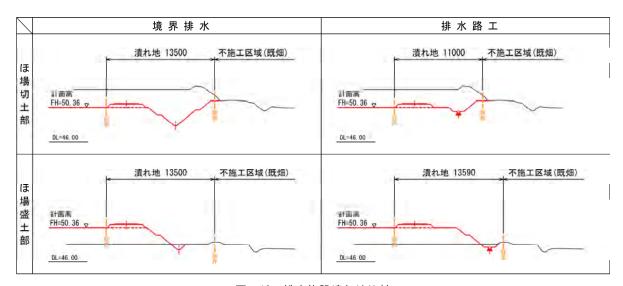


図-10 排水施設潰れ地比較

ることにより、スムーズな業務進行を行うことができた(写真-11)。



写真-11 受益者説明状況

## (2) 3 Dモデルの活用

農区は各耕区の高低差が大きいため、耕区間、

排水路及び農道等に発生する法面が耕区形状に影響し、施設用地面積が大きくなるとともに、水張り面積確保のためには農道平面線形が複雑となる。しかし、2Dによる計画平面図や横断図だけでは、受益者には伝わらず理解を得ることが難しい。

このことから、計画農区の3Dモデル(図-11)を作成し受益者説明に使用することとした。3Dモデルでは農区全体の配置状況を確認できるだけでなく、局所の拡大(図-12)により詳細部の状況も確認が可能なため、受益者の理解向上とつながり、より具体的な説明を行うことができた。

また、受益者自身が整備後農区での営農をイメージしやすいこともあり、積極的な意見や改善要望があったほか、視覚的に感じた営農作業時の留意すべき点の書き出しを行うなど、有意義なものとなった。

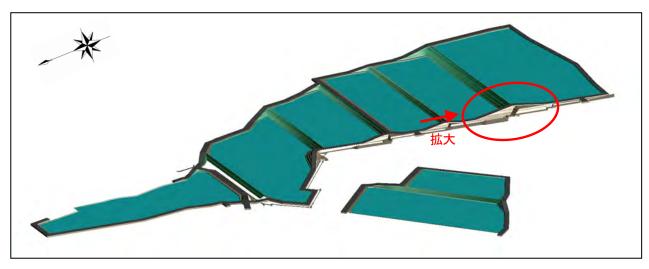


図-11 農区 計画3 Dモデル

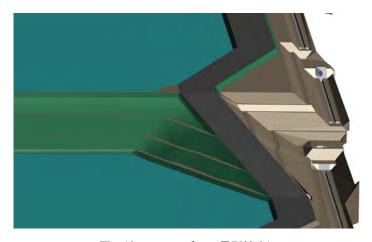


図-12 3 Dモデル (局所拡大)

#### 7. おわりに

本稿では、国営緊急農地再編整備事業「今金北地区」における設計事例を紹介した。

対象農区において、「ため池」を取水源とするポンプ圧送パイプラインの設計とすることは、最良の選択ではなかったことは否めない。しかし、限られた条件下において、受益者が納得できる機能を有した施設設計行うことができたことは、良かったと考えている。

今後も土地改良事業の設計において、多くの課題 に直面した時に、今回の経験を生かすとともに研鑽 に努め、対応していきたい。

最後に、本稿を作成するにあたり、ご指導・ご協力いただきました函館開発建設部 函館農業事務所の関係各位、ならびに本稿の発表機会を与えてくだいました北海道土地改良設計技術協会に心より感謝申し上げます。

(㈱三幸ランドプランニング 技術部主任技師(技術士))

#### 引用文献

- 1) 北海道開発局:国営今金北地区土地改良事業計画 書
- 2) 農林水産省:土地改良事業計画設計基準及び運用・ 解説 設計「パイプライン」
- 3) 農林水産省:土地改良事業計画設計基準及び運用・ 解説 設計「ポンプ場」
- 4) 農林水産省HP:輸出・国際/地理的(GI)保護制度/登録産品一覧/登録番号第61号~90号/登録の公示(登録番号第86号)(https://www.maff.go.jp/j/shokusan/gi\_act/register/86.html)

# 上川地域の農業用施設機能診断調査における 取組みについて

多田 友和

#### 1. はじめに

上川地域は北海道のほぼ中央に位置し、地形は南北に約220km、東西に約97kmで中核都市である旭川市を中心に南北に細長い形状をしている(図-1)。



本地域の耕地面積は、

図-1 上川地域位置

約47%を水田が占め、北海道の他の地域に比べ水稲作付割合が高く令和3年度の収穫量はおよそ17.2万tで北海道全体の約30%を占めている。また、本地域には5つの酒蔵があり、酒造好適米も作付けされており、水稲栽培は地域の重要な役割を担っている10。

これら地域の特色を背景に、国営土地改良事業等によりダム、頭首工、揚排水機場や幹線用排水路等が造成され農業生産性の向上が図られてきた。

しかし、これらの施設は造成後50年以上経過する 施設もあることから、施設の機能診断調査を行うと ともに、施設機能の保全に必要な対策方法等を定め た機能保全計画の策定が求められている。

本稿では、用水路の機能診断調査結果と合わせて、 現地調査 (定点調査) における近接目視の補完調査 として、変形や損傷を正確に把握するため、地上レー ザスキャナを活用した事例を報告する。

## 2. 業務の概要

## (1) 対象施設

令和4年度の上川地域農業用施設機能診断調査 検討業務では、士別市および名寄市に位置する国 営かんがい排水事業天塩川上流地区により造成さ れた施設が対象であった(図-2)。

表-1に対象施設の概要を示す。対象施設はいずれも用水路で、開水路・暗渠が44.4km、管水路が5.4kmである。

開水路の構造は、擁壁型フルーム水路(L型ブロック水路)および鉄筋コンクリート二次製品水路(RCフルーム水路)のほか箱型暗渠、落差工・急流工であり、管水路は遠心力鉄筋コンクリート管、コア式プレストレストコンクリート管、円形コンクリート二次製品サイホンのいずれかの構造であった(表-2)。



図-2 対象施設位置

表一1 対象施設概要

施設名称	施設規模・延長				
旭议石怀	構造物の規模	調査数量(km)			
東士別幹線用水路	総延長2,844m、計画最大通水量:1.744㎡/s 【開水路、暗渠】 B(上) 6.00m~2.10m×B(下) 6.00m~1.50m ×H 3.99m~1.10m 【管水路】 ø 1,000mm	開水路·暗渠 2.70 管水路 0.20			
士別川幹線用水路	総延長16,000m、計画最大通水量:7.666㎡/s 【開水路、暗渠】 B(上)5.93m~3.03m×B(下)5.00m~2.25m ×H 1.55m~1.30m	開水路・暗渠 16.00			
天塩川第1 幹線用水路	総延長19,213m、計画最大通水量:8.936㎡/s 【開水路、暗栗】 B(上)6.26m~2.60m×B(下)5.30m~2.40m ×H2.50m~1.10m	開水路・暗渠 19.30			
天塩川第1 支線用水路	総延長3,573m、計画最大通水量:2.348㎡/s 【開水路、暗渠】 B(上)2.51m~2.36m×B(下)1.85m~1.70m ×H1.50m~1.10m 【管水路】 φ1,200mm~1,100mm	開水路·暗渠 0.30 管水路 3.40			
下士別幹線用水路	総延長1,508m、計画最大通水量:2.599㎡/s 【開水路、暗渠】 B(上)4.86m~3.15m×B(下)4.20m~3.15m ×H 1.50m~1.10m 【管水路】 φ1,500mm	開水路・暗渠 1.40 管水路 0.20			
天塩川第2 幹線用水路	総延長6,255m、計画最大通水量:4.047㎡/s 【開水路、暗栗】 B(上)3.87m~3.60m×B(下)3.60m~3.10m ×H 1.55m 【管水路】 6.1,500mm~1,350mm	開水路·暗渠 4.70 管水路 1.60			

なお、RCフルーム水路の一部は、平成14~17 年度と平成18~21年度に実施された国営造成土地 改良施設整備事業により改修されている。

本地域では、平成23、24年度に1回目、平成29 年度に2回目の機能診断調査が実施されている。

表-2 対象施設の構造

施設名称	調査対象	備考
東士別幹線用水路	開水路 暗渠	・(擁壁型)フルーム水路 ・(擁壁型)鉄筋コンクリート二次製品水路 ・落差工・急流工
	管水路	・(円形)コンクリート二次製品サイホン
士別川幹線用水路	開水路 暗渠	・(擁壁型)フルーム水路 ・(擁壁型)鉄筋コンクリート二次製品水路
天塩川第1 幹線用水路	開水路 暗渠	<ul><li>・(擁壁型)フルーム水路</li><li>・(擁壁型)鉄筋コンクリート二次製品水路</li><li>・(箱形・方形)現場打ち鉄筋コンクリート暗きょ</li></ul>
天塩川第 1 支線用水路	開水路暗渠	(擁壁型)フルーム水路     (擁壁型)鉄筋コンクリート二次製品水路     (箱形・方形)現場打ち鉄筋コンクリート暗きよ     ・落差エ・急流エ
	管水路	・(円形)コンクリート二次製品サイホン
下士別幹線用水路	開水路 暗渠	・(擁壁型)フルーム水路 ・(擁壁型)鉄筋コンクリート二次製品水路
1. 工剂轮水用水屑	管水路	・(円形)コンクリート二次製品サイホン
天塩川第2	開水路 暗渠	・(擁壁型)フルーム水路 ・(擁壁型)鉄筋コンクリート二次製品水路
幹線用水路	管水路	<ul><li>・遠心力鉄筋コンクリート管</li><li>・コア式プレストレストコンクリート管</li></ul>

# (2) 調査内容

表-3に調査内容を示す。機能診断調査の内容は、開水路・暗渠、管水路のいずれも①現地踏査、現地調査(定点調査)及び試験、②機能診断(事前調査、施設機能の検討、性能低下要因の推定、現地調査(定点調査)計画の作成、健全度評価、性能低下予測、機能保全対策の検討、機能保全コストの算定、機能保全計画の策定、農業水利ストック情報データベースの入力及び登録)であり、機能診断調査業務における一般的な内容である。

表一3 調査内容

項目	内 容	備考
現地踏査、 現地調査 (定点調査) 及び試験	<ul><li>・現地踏査</li><li>・現地調査(定点調査)及び試験</li></ul>	開水路・暗渠:44.4km 管水路:5.4km 近接目視 コンクリート強度推定調査 中性化深さ調査等
②機能診断	・事前調査 ・施設機能の検討 ・性能低下要因の推定 ・現地調査(定点調査)計画の作成 ・健全度評価 ・性能低下予測 ・機能保全対策の検討 ・機能保全コストの算定 ・機能保全計画の策定 ・農業水利ストンク情報DBの入力及び登録	開水路・暗渠: 44. 4km 管水路: 5. 4km

#### (3) 調査結果概要

調査は、各種手引き2)3)4)に基づき行った。

#### 1) 事前調査

事前調査は、資料調査および問診調査からなる。 資料調査は、施設完成時の設計図書及び施設管理 記録、地域特性に係る資料等を収集整理し、診断 評価の基礎資料とした。問診調査は、施設管理者 であるてしおがわ土地改良区から日常利用状況、 操作等の不具合・変状箇所・事故履歴・補修履歴 等について聞取り調査を行った。

問診調査の結果、用水路の摩耗(粗骨材露出)、 ひび割れ、変形及び目地部の欠損等の構造上の課題を把握した。なお、水利用や水管理上の課題は 特になかった。

#### 2) 施設機能の検討での着目点

施設機能の検討で重要なことについて、開水路 および管水路に分けて表-4に示すように整理し た。開水路は、ひび割れや変形等の外形的な構造 状態に着目した性能管理が重要で、管水路は、地 中埋設物であるため開水路のような構造状態に着 目した性能管理は技術的・経済的に困難な場合が 多いことから、漏水量等の水利用機能、水圧・流 量等の水理機能に着目した性能管理が重要である。

表-4 施設機能の検討内容

施設内訳	施設機能の検討内容
開水路	ひび割れや変形等の外形的な構造状態に着目した性能管理が重要
管水路	漏水量等の水利用機能、流量等の水理機能に着目した性能管理が重要

# 3)性能低下要因の推定

開水路は、劣化要因推定表を用いて主たる劣化 要因を推定した。その結果、内部要因 (コンクリートの劣化) は凍害・摩耗が、外部要因 (断面形状) は凍上圧・転石衝突等が主たる要因と推定された。 管水路は、漏水可能性判定表による推定の結果、 漏水発生の可能性が高い要因として過剰水圧、荷 重増大、地盤のゆるみが推定された。

# 4) 現地踏査

現地踏査は、水路に沿って徒歩巡回し、前回の機能診断結果及び問診調査結果を踏まえ、施設及び周辺地盤の状態を遠隔目視により把握した。

# a) 開水路

L型ブロックは、摩耗や凍害による粗骨材露 出や凍上による側壁の傾倒や水平方向のひび割 れが見られた。RCフルームは摩耗や凍害によ る細骨材または粗骨材の露出、欠損が見られた。 また、笠コンクリートは、欠損、鉄筋露出等が 見られた。目地部は、目地モルタルや目地周縁



写真-1 L型ブロックの側壁傾倒



写真-2 RCフルームの劣化状況



写真-3 目地部の劣化状況

の欠損が見られた。分水工等の操作台には欠損、 鉄筋露出が見られた(写真-1、2、3、4)。



写真-4 操作台の劣化状況

# b) 管水路

附帯施設のうち、弁類は発錆が見られ、弁室 はひび割れや凍害による欠損が見られた(写真-5、6)。



写真-5 管水路附帯施設(弁類)の劣化状況



写真-6 管水路附帯施設(弁室)の劣化状況

# 5) 現地調査 (定点調査) 計画の作成

事前調査、現地踏査および施設の重要度を勘案 し、現地調査(定点調査)の地点を検討した。

事前調査および現地踏査の結果、前回の機能診 断調査時(H29)と比較して劣化状態に大きな変 化は見られなかったことから、前回と同じ調査箇 所を基本に継続調査することとした。また、天塩 川第2幹線用水路、天塩川第1支線用水路の管水 路区間にある附帯施設を調査箇所として追加した (表-5)。

施設名	調査地点 内訳			施設名	調	查地	点 内訳
東士別	5 箇所	開	5 箇所	天塩川第1	4 箇所	開	1 箇所
幹線用水路	各 <sup>5                                   </sup>	支線用水路	4 固別	管	3 箇所		
士別川	22 箇所	開	22 箇所	下士別	4 箇所	開	4 箇所
幹線用水路	44 固川	管	_	幹線用水路	4 画別	管	_
天塩川第1	7 箇所	開	7 箇所	天塩川第2	5 箇所	開	2 箇所
幹線用水路	固別	A2A1		幹線用水路	り固別	Anto	0 44: =1:

表-5 現地調査(定点調査)箇所数

# 6) 現地調査 (定点調査) 及び試験

用水の落水後に現地調査(定点調査)を実施した。

# a) 近接目視

開水路は、摩耗および凍害による粗骨材露出 が顕著に見られた。L型ブロックでは、水平方 向のひび割れ、側壁傾倒、側壁下部の圧壊(側 壁傾倒が進行した結果と推察)、鉄筋露出、錆 汁が確認され、RCフルームではひび割れや欠 損、析出物(エフロレッセンス)、錆汁が見ら れた。

また、一部の調査地点では、側壁背面土の沈 下が見られた(写真-7、8、9、10、11)。



写真-7 粗骨材露出、析出物、錆汁状況



写真-8 水平方向のひび割れ状況



写真-9 側壁傾倒状況



写真-10 側壁下部の圧壊状況



写真-11 側壁背面土の沈下

# b) コンクリート強度推定調査

シュミットハンマーによりコンクリート表面を打撃し、反発度を測定することで圧縮強度を推定した(写真-12)。推定の結果、士別川幹線用水路および東士別幹線用水路の各1地点で設計基準強度21(N/m㎡)を下回ったが、その他の地点はいずれも基準を満たした。



写真-12 シュミットハンマーによる測定状況

#### c) 中性化深さ調査 (ドリル法)

コンクリートドリルにより削孔し、中性化深 さを測定した結果、全調査箇所で中性化残りに 問題はなかった(写真-13)。



写真-13 中性化深さ測定状況

#### d) 管内調査

管水路の状況調査として、サイホン呑口より 360°カメラによる目視確認を行った結果、管



写真-14 管内状況

体に異常は見られず、継手部からの漏水も確認 されなかった(写真-14)。

# 7) 健全度評価

現地調査 (定点調査) 結果をもとに、施設状態 評価表を用いて健全度評価を行った (表-6)。 健全度は、 $\lceil S-5 \rfloor \sim \lceil S-2 \rfloor$  に評価され、前回の機能診断で健全度  $\lceil S-4 \rfloor$  だった箇所は、全て健全度  $\lceil S-3 \rfloor$  と評価された。

ただし、前回の健全度評価が「S-2」だった 箇所は、変わらず健全度「S-2」となった。

表一6 健全度評価一覧

+le⇒n, b	定点	and .H	経過年数	Into A solici	過年度診断結果		
施設名	番号	測点	栓迴平数	健全度	経過年数	健全度	
	1	SP=202.00	43年	S-2	38年	S-2	
	2	SP=495.00	22年	S-3	17年	S-4	
	3	SP=515.00	43年	S-3	38年	S-4	
	4	SP=2560.00	22年	S-3	17年	S-4	
	5	SP=3359.00	43年	S-3	38年	S-3	
	6	SP=3638.40	22年	S-3	17年	S-4	
	7	SP=4715.00	43年	S-2	38年	S-2	
	8	SP=5361.00	43年	S-3	38年	S-3	
	9	SP=5645.00	43年	S-3	38年	S-3	
	10	SP=5923.00	43年	S-2	38年	S-2	
士別川幹線	11	SP=6097.30	43年	S-2	38年	S-2	
用水路	12	SP=6839.00	43年	S-3	38年	S-3	
	13	SP=7465.00	43年	S-3	38年	S-3	
	14	SP=7900. 60	43年	S-2	38年	S-2	
	15	SP=9080.60	43年	S-2	38年	S-2	
	16	SP=9639.00	43年	S-2	38年	S-2	
	17	SP=11185. 20	43年	S-2	38年	S-2	
	18	SP=11748.00	43年	S-3	38年	S-3	
	19	SP=12905.00	43年	S-2	38年	S-2	
	20	SP=14582.10	43年	S-2	38年	S-2	
	21	SP=15084.80	43年	S-2	38年	S-2	
	22	SP=15930.00	43年	S-3	38年	S-3	
	1	SP=498.00	44年	S-2	39年	S-2	
	2	SP=1332.00	44年	S-2	39年	S-2	
天塩川第1	3	SP=7553. 00	44年	S-3	39年	_	
幹線用水路	4	SP=8395. 60	44年	S-3	39年	_	
	5	SP=9940.00	44年	S-2	39年	S-2	
	6	SP=12600.00	44年	S-3	39年		
	7	SP=17598. 40	19年	S-3	14年	S-3	
	1	SP=1208. 00	43年	S-3	38年	S-3	
天塩川第2	2	SP=3290. 00	43年	S-2	38年	S-2	
幹線用水路	3	SP=5240.00	43年	S-5	38年	_	
	4	SP=5812. 95	43年	S-3	38年	_	
	5 1	SP=6093.00 SP=230.50	43年 55年	S-4 S-2	38年 50年	S-2	
	2	SP=816. 00	55年	S-3	50年		
東士別幹線	3	SP=1390. 00	55年	S-3	50年	S-3 S-3	
用水路	4	SP=1407. 00	55年	S-3	50年	S-3	
	5	SP=2029, 00	55年	S-3	50年	S-3	
	1	SP=338. 00	40年	S-3	35年		
下十別於綽	2	SP=456. 50	40年	S-2	35年	S-2	
用水路	3	SP=681. 70	40年	S-2	35年	S-2	
下士別幹線 用水路	4	SP=778, 95	40年	S-2	35年	S-2	
	1	SP=14.00	53年	S-3	48年	S-3	
天塩川第1	2	SP=2483. 00	53年	S-3	48年		
支線用水路						_	
	4	SP=3458, 62	53年	S-3	48年	_	
支線用水路	3 4	SP=3106. 30 SP=3458. 62	53年 53年	S-4 <b>S-3</b>	48年 48年	_	

#### 8) 性能低下予測

健全度評価結果等をもとに、施設の構造、経過 年数、主な劣化要因および健全度が類似する区間 を施設群として分類し、施設群ごとに性能低下予 測を行った。

予測手法は、前回の機能診断結果と整合を図るため、前回と同じ単一劣化曲線を使用した(表-7)。なお、経過年数が短い場合は、曲線が急降下することになるが、同じ施設の他施設群の予測結果が標準劣化曲線に近似していることから、同様の劣化傾向を示すと考え、標準劣化曲線に補正した(図-3、4)。

施設名	ク° ルーフ°	経過	健全度	性能低了	予測(上	段:経過	年,下段	: 西曆)	備考
旭政石	(Gr.)	年数	評価	S-5	S-4	S-3	S-2	S-1	加与
	1,6	38 年	S-2	_	_	_	38年	44 年 2028 年	
	2,5	38 年	S-3	-	-	38 年	47 年	54 年	
士別川 幹線用水路	2, 5	36 4	3-3	-	-	_	2031 年	_	
平十月水 / 日 / 八 町日	3	16 年	S-3	_	_	33 年 2039 年	40 年 2046 年	47年 2053年	国造事業(H14-H17) 標準劣化曲線で補正
	4	12 年	S-3	_	_	33 年 2043 年	40 年 2050 年	47年 2057年	国造事業(H18-H21) 標準劣化曲線で補正
	1, 4, 5	39 年	S-3	-	-	39 年	48 年	56 年	
	1, 1, 0	00		-	-	2022 年	2031 年	2039 年	
	2	39 年	S-2					2029 年	
天塩川第1	3	12 年	S-4		24 年 2034 年	33年2043年	40 年 2050 年	47年 2057年	国造事業 標準劣化曲線で補正
幹線用水路	6	30 年	S-3	-	-	30 年	37 年	43 年	災害復旧
	_	00		_	39年	2022 年	2029 年	2035 年 78 年	X II K III
	7	39 年	S-4	-	2022 年		2051 年		
	8	7 年	S-5	1 1	24 年 2039 年	33年2048年	40 年 2055 年	47 年 2062 年	災害復旧 標準劣化曲線を使用
	1	38 年	S-3	-	-	38 年	47 年	54 年	
				_	_	2022 年	2031 年	2038 年	
天塩川第2	2	38 年	S-2	-	-	_		2028 年	
幹線用水路	3	13 年	S-4	_	24 年 2033 年	33年2042年	40年2049年	47年2056年	国造事業 標準劣化曲線で補正
	4	38 年	S-4	-	38 年	54 年	66 年	76 年	
				-	2022 年	2038 年	2050 年	71 年	
東士別 幹線用水路	1,3	50 年	S-3	-	_	2022 年	2034 年	_	
4H/WK/TI/N JEH	2	50 年	S-2		-	-	50年 2022年	58年 2030年	
	1,3	35 年	S-2	_	_	_	35年	41 年 2028 年	
下士別	2,4	35 年	S-3	-	-	35 年	43 年	50 年	
幹線用水路				-	35 年	2022 年	2030 年	2037年	
	5	35 年	S-4	_	2022 年	2037 年 48 年	2048年	2057年	
	1	48 年	S-3	_	_		59 年	,	
天塩川第1 支線用水路	2	48 年	S-2		_	_	48年2022年	56年 2030年	
	3	48 年	S-4	-	48 年	68 年	84 年	96 年	
		'		_	2022 年	2042 年	2058 年	2070 年	

表-7 性能低下予測一覧表

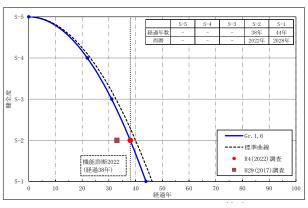


図-3 性能低下予測図の例(士別川幹線)

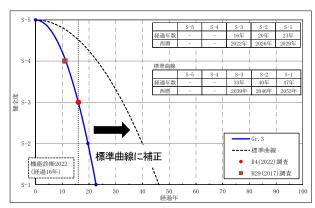


図-4 性能低下予測図の補正例(士別川幹線)

# 9)機能保全対策の検討

# a)管理水準

管理水準は、前回の機能診断において「健全度S-2」と設定さている。

# b) 対策シナリオの設定

対策シナリオの設定は、管理水準「健全度 S-2」に対して、施設の健全度に合わせた劣化状態を想定し、補修工法 (S-3 評価)、補強工法 (S-2 評価)、全面改築 (S-2 評価)を検討した。

対策工法の選定は、構造や劣化状態に適合する対策工法を選定し、対策費を整理した。表-8にシナリオ別対策工法として士別川幹線用水路を例に示す。

表-8 シナリオ別対策工法一覧(士別川幹線用水路)

			S-3:補修	S-	-2:補強	S-2:更新	
Gr	施設の状態	対策 No.	対策工法	対策 No.	対策工法	対策 No.	対策工法
1	粗骨材露出(摩耗) 鉄筋露出 変形・歪み(傾倒) ひび割れ(初期)					6	全面改築
2	粗骨材露出(摩耗) 鉄筋露出 ひび割れ(初期) 目地劣化	1	ひび割れ補修 (注入工法) 断面修復工法 (吹付け工法) 防錆処理, 目地補修			6	全面改築
3	粗骨材露出(摩耗) ひび割れ(初期) 目地劣化	2	ひび割れ補修 (注入工法) 断面修復工法 (吹付け工法) 目地補修	5	打換工法	6	全面改築
4	粗骨材露出(摩耗) 目地劣化	3	断面修復工法 (吹付け工法) 目地補修	5	打換工法	6	全面改築
5	粗骨材露出(摩耗) 目地劣化	4	断面修復工法 (吹付け工法) 目地補修	5	打換工法	6	全面改築
6	粗骨材筋露出(摩耗) 鉄筋露出 変形・歪み(傾倒) 錆汁					6	全面改築

# 10)機能保全コストの算定

整理した対策工法に対し、今後40年における機能保全コストを算定した。既に対策時期に達している場合は、地元調整、実施設計等の期間を考慮し、対策時期を機能診断から3年後とした。

なお、対策工法の耐用年数は、以下のとおりと した。図-5に例として、士別川幹線用水路の機 能保全コストを示す。

- ・シナリオ1:補修対策は、基本的にひび割れ補 修、断面補修及び表面被覆が主で あり、耐用年数は10年と設定する。 なお、既に健全度S-2の区間は、 全面改修として耐用年数は40年と する。
- ・シナリオ2:RCフルーム水路は部分打ち換え 工法、管水路(サイホン)区間は 製管工法とし、耐用年数は40年と 設定する。L型ブロック水路は、 部材厚や劣化状況を考慮し補強対 策の検討は行わない。
- ・シナリオ3:全面改築であり、耐用年数は40年 とする。



図-5 機能保全コスト算出例

# 11)施設監視計画

劣化の進行状況を見極め、最適と判断される時 点に対策工事を実施できるよう一定期間ごとに施 設管理者であるてしおがわ土地改良区が現地調査 地点を目視調査する監視計画を策定した。

監視方法は、現地調査(定点調査)結果図との 比較から、劣化(摩耗、凍害、ひび割れ、側壁傾 倒、目地劣化等)の進行程度や新たな劣化の有無 を確認し、写真撮影等により記録することとした。

監視頻度は、日常管理として通水前、落水後に 目視点検を行っていることを踏まえ、年1回以上 と設定した。ただし、明らかに劣化の進行が認め られる場合には、監視頻度を増やす等の対応を検 討することとした。

# 3. 地上レーザスキャナを活用した調査の補完

# (1) 地上レーザスキャナの活用方法

現地調査(定点調査)における近接目視では、 ひび割れ幅・長さ、ずれ、傾き及び摩耗範囲等を 簡易計測するが、特にずれや傾きは、計測場所で の結果を使用して評価するため、計測箇所数が増 えると精度は上がるが、作業効率は下がる側面が ある。

北海道における用排水路等の農業用施設では、 凍害 (凍結融解や凍上等)、地盤の不同沈下および地震等の要因により、コンクリート構造物の変形、損傷が見られるため、点的、面的の両面で施設状態を把握することができれば精度及び効率の高い機能診断調査が可能となる。

そこで、落水後の施設において、地上レーザス キャナにより現地調査(定点調査)範囲のデータ を取得し、近接目視の補完資料とした。

#### 1) データ取得方法

写真-15にデータ取得状況を示す。観測は、測定点となる用水路の底面に地上レーザスキャナを据え付け、鉛直方向に縦回転しながらレーザ光を照射するとともに、機器本体が横回転することにより周囲の側壁や地形までの方向と距離を面的に観測し、3次元点群データを取得した。計測諸元は表-9のとおりである $^{50}$ 。



写真-15 データ取得状況

表-9 計測諸元概要

解像度	6.3mm@/10m			
地図情報レベル	500			
標定点の精度	水平位置、標高ともに 標準偏差0.1m以内			

なお、写真-15に示した標定点は、点群に公共 座標を与えるための指標となるものである。

#### 2) 3 次元点群モデル

#### a) 3次元点群モデルの作成

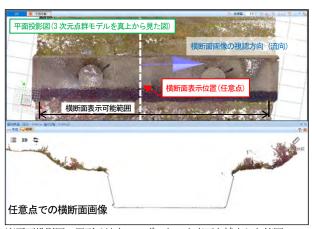
取得した3次元点群データを基に、3次元点群モデルを作成した(図-6)。



図-6 3次元点群モデルの表示例

#### b) 断面画像の作成

3次元点群モデルは、水平方向、鉛直方向等の断面を表示することが可能であり、表示位置を移動することで連続して断面画像を確認することができる。そのため、地上レーザスキャナを活用して広範囲の点群データを取得することで、調査範囲の水路横断面を連続して表示し、変形状況等を把握できるようになった(図-7)。また、1回の作業で広範囲のデータ取得が可能で、作業効率および安全性の向上が図られた。



※平面投影図の円形は地上レーザスキャナ直下を補完した範囲

図-7 横断面表示位置と横断面画像

# (2) 地上レーザスキャナ活用結果

# 1) 現地調査 (定点調査) 結果との比較

現地調査での近接目視による簡易計測結果と前

述の3次元点群データから作成した3次元点群モデルによる傾倒状況(角度)は、ほぼ一致した(図-8)。

さらに、現地調査(定点調査)結果を3次元点 群モデルに表現することで、関係機関等に対して 分かり易い資料の作成が可能となった。



図-8 現地調査結果と3次元点群モデルの重ね図

#### 2) 水路沈下の確認

3次元点群モデルによる横断面画像を連続で確認した結果、現地調査(定点調査)時には明確でなかった水路全体が右岸に傾倒していると思われる断面が確認された(図-9)。



図-9 右岸に傾倒している横断面(東士別幹線用水路)

そこで、3次元点群モデルからこの横断面の断面図を作成し、これを現況断面として造成時の断面と重ねた結果、右岸側が沈下していることを確認した(図-10)。

このように、近接目視では判別できなかった水路の沈下を明確にすることが可能となり、健全度評価の根拠とすることができた。

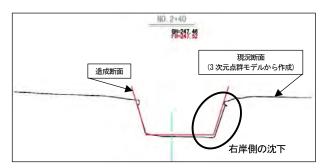


図-10 現況断面と造成断面の重ね図 (東士別幹線用水路)

# 4. まとめと今後の展開

冒頭で記載した通り本地域の農業生産にとって、 農業用水路等の施設は重要な役割を担っているが、 造成後年数が経過しているため機能低下も顕著であ る。さらに、施設数も膨大なことから、順次、機能 診断を実施し施設の長寿命化を図ることが重要であ る。また、機能診断を実施する人材不足も顕在化し てきていることから効率的かつ安全に調査を実施す る必要がある。

今回、試みた地上レーザスキャナを活用した現地 調査の補完は、一度に広範囲のデータを取得するこ とが可能で、変形状況(傾倒、ずれ)や不明確な沈 下を明確に示すことができた。また、関係機関等に 対しても理解を得やすい資料として活用できること がわかった。

今後は、どのような場所で優先的に活用するかなどを明確にし、より効率的な機能診断手法として整理し、他地域を含め展開するよう努めたい。

# 謝辞

本稿をまとめるにあたり、多大なご協力を頂いた 北海道開発局 旭川開発建設部 土地改良情報対策 官並びに関係各位に厚くお礼申し上げます。

最後に、本稿提出の機会を与えてくださいました (一社)北海道土地改良設計技術協会に感謝申し上げ ます。

(㈱ズコーシャ 技術部 課長)

#### 引用文献

- 1)上川地域概況2022(北海道開発局旭川開発建設部)
- 2) 農業水利施設の機能保全の手引き

(H27.5 農林水産省農村振興局整備部)

3) 農業水利施設の機能保全の手引き「開水路」

(H28.8 農林水産省農村振興局整備部)

(H28.8 農林水産省農村振興局整備部)

5) 地上レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル (案) (H30.3 国土地理院)

4) 農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」

# 空知地域における水稲乾田直播栽培圃場の 用水量と水管理の実態

野原 菜穂

#### 1. はじめに

北海道空知地域では水田転作が進んでいるが、転作田で作付けされる麦や大豆の連作障害による減収が課題となっていた。その解決策として、輪作体系に水稲乾田直播栽培を取り入れた「空知型輪作体系」が提案され、普及が進んでいる。この「空知型輪作」は4年4作を基本とし、小麦、大豆に加えて、露地野菜・なたね・デントコーン等と水稲乾田直播栽培を組み込んだ輪作体系である¹)。代かきが不要な乾田直播栽培を組み込むことで、畑作物の栽培にも対応可能な土壌の団粒構造を壊さず、田畑輪換が可能となる。また、数年サイクルで圃場に水を入れることで、栽培環境の変化により麦・大豆等の連作障害を回避し、収量の増大を図ることが期待される。

近年、農業従事者の高齢化や担い手の減少によって農家の経営規模拡大が進んでいることを背景に、営農作業の効率化を図るために国営農地再編整備事業等により圃場の大区画化が進められている。一方で、水稲の移植栽培においては、経営規模拡大によって育苗作業の負担増大や、春の育苗・田植期と秋の収穫期に作業が集中することが、規模拡大の制限要因となっている。本地域のみならず、特に大規模経営体が増加している水田地帯においては、移植栽培に代わる営農体系として、作業の省力化を図ることができると期待される水稲直播栽培の普及が進みつつある。

一般に、乾田直播栽培では代かきを行わないことで耕盤層のち密性が低くなることに加え、畑利用時に土壌が乾燥と亀裂の発生により透水性が良好になるため、水田利用時は降下浸透量が大きくなることで用水量も増大するとされる。さらに、移植栽培と乾田直播栽培で生育ステージのずれや栽培管理の相違が生じ、それぞれに合わせた水管理が行われるため、乾田直播栽培が普及することで地域の用水管理に変化が生じる可能性がある。本調査では、R1~

R4年の4か年で、「空知型輪作」を実施する圃場を対象に、水稲乾田直播栽培の用水量調査を実施した。本稿では用水量調査結果を報告するとともに、 用水利用に関する今後の課題を検討した。

# 2. 調査圃場の概要

調査対象は岩見沢市に位置する水田とした(図-1)。本地域は石狩川左岸に広がる水田地帯で、地形は平坦である。土壌表層には客土材が分布しているが、下層は泥炭土が占めている。数年連続で移植栽培が行われている圃場を対照区、「空知型輪作体系」に則り乾田直播栽培を行う圃場を試験区とし、R1~R3年は各年対照区と試験区1圃場ずつを調査対象とした。R4年は、乾田直播栽培圃場2圃場を調査対象とした。調査圃場の概要を表-1及び図-2に示す。

各圃場の面積は1.0~1.5haであり、いずれの圃場も地下水位制御システムが整備されている。暗渠管は9~10m間隔で埋設されており、最小埋設深は70cm、疎水材は砂利である。圃場への取水は地表取水口2か所と地下取水口(集中管理孔)1か所または2か所、排水は地表排水口2か所、地下排水口(水位調整型水閘)2か所から行えるように整備されている。かんがい用水は、A圃場、B-R1圃場、B-

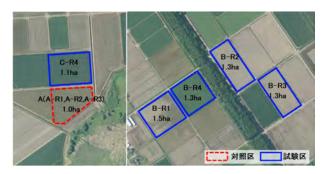


図-1 調査圃場位置図

R4圃場及びC-R4圃場にはパイプライン、B-R2圃場及びB-R3圃場には開水路で配水されている。各調査圃場の畦畔を挟んだ隣接圃場の作付けは、対照区のA圃場が水稲移植栽培、試験区は水稲乾田直播栽培または畑作物であった。

表一	1	調査圃場の概要
10		門中凹物の腕叉

	対照区	試験区						
	A (調査年毎にA-R1 A-R2A-R3とする)	B-R1	B-R2	B-R3	B-R4	C-R4		
栽培様式	移植栽培	乾田直播栽培(田畑輪換)						
栽培品種	きらら397(R1,R2) ななつぼし(R3)	ほしまる	ほしまる	えみまる	えみまる	そらゆたか		
調査年	R1~R3	R1	R2	R3	R4	R4		
隣接圃場	水稲(移植)	白菜	水稲(乾田)	水稲(乾田)	小麦	水稲(乾田)		
前3か年の 作付	水稲(移植) 水稲(移植) 水稲(移植)	大豆 水稲(乾直) 小麦	大豆 ビート デントコーン	ビート 小麦 なたね	水稲(乾直) デントコーン なたね	大豆 大豆 小麦		



※国土地理院撮影の空中写真(2017年撮影)を加工して作成

図-2 調査圃場概要図

# 3. 方法

#### (1) 調査方法

各圃場の水収支を把握するために、降水量、地表取水量、地下取水量、地表排水量、地下排水量、湛水深、地下水位を観測した。降水量は、各圃場の近傍に転倒マス式雨量計を設置して観測した。地表取水量、地下取水量及び地下排水量は電磁流量計により流量を観測した(写真-1)。地表排水量は、各地表落口工の出口に三角堰を設置して流量を観測した(写真-2)。湛水深は、圃場の用水路側及び排水路側の2~4か所に静電容量式または絶対圧式水位計を設置して観測した。地下水位は、圃場中央部の渠間(暗渠管から5 m)及び暗渠直上(暗渠管から0.5 m)の各測線上で、用水路付近、中央部、排水路付近の計6か所に絶対圧式水位計を埋設して観測した。いずれも観測期間は5月から9月までである。さらに、各圃場

の減水深を把握するために、かんがい期間中に2~5回、N型減水深計を用いて減水深を計測した。また、収穫後にA圃場、B-R1圃場及びB-R2圃場の各1地点において土壌断面調査を実施するとともに、かく乱試料及び不かく乱試料を採取し、土壌物理性試験を行った。調査農家には、圃場管理について聞き取りを行った。



写真-1 電磁流量計(地表取水量観測)



写真-2 三角堰(地表排水量観測)

#### (2) 分析方法

各圃場の入水開始から落水までの水管理状況によって、代かき期(移植栽培の入水開始から移植直前まで)、初期かん水期(乾田直播栽培の入水開始から苗立ち後の湛水に向けた取水開始前まで)、普通期、深水期に区分した。深水期は各圃場で深水管理が実施された期間とした。期別の用水利用状況や水収支を対照区と試験区で比較し、乾田直播栽培の用水利用の特徴を整理した。調査結果の分析と考察に当たって用いた用語の定義及び算出方法を記す。

# 1) 縱浸透量, 横浸透量

浸透量は、水田圃場において、浸透によって水稲の根群域外へ失われる水量であり、下方へ浸透する縦浸透と畦畔等から隣接する排水路や水田へ浸出する横浸透から構成される。縦浸透は土壌条件や水理条件の影響を強く受ける一方で、横浸透量は畦畔からの浸透や周辺圃場の湛水状況等の栽培管理以外の圃場条件による影響を受けやすい。本調査では、浸透量が変化する要因を明らかにするために、縦浸透量と横浸透量を分離して評価した。

N型減水深、一筆減水深と浸透量の関係を図-3に示す。縦浸透量は、N型減水深計で実測した減水深から蒸発散量を差し引くことで求められる(①式)。横浸透量は、一筆減水深の値からN型減水深測定器による減水深を差し引くことで求めることができる<sup>2)</sup>(②式)。

縦浸透量=N型減水深-蒸発散量 ①

横浸透量=一筆減水深-N型減水深 ②

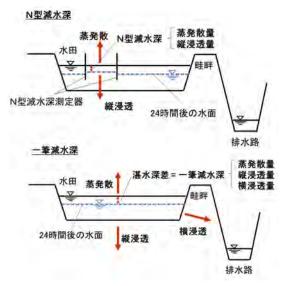


図-3 N型減水深・一筆減水深と浸透量の関係

#### 2) 総浸透量

水田圃場の水収支は図-4のように考えることができる。本調査では、ある期間における田面を基準とした浸透量(浸透量と地下の貯留量変化の和に相当)を総浸透量とし、水収支から③式により算出した。

総浸透量=流入量-流出量-湛水深の変化量③

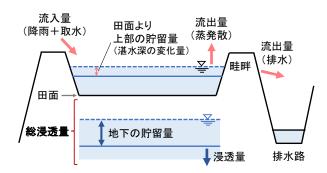


図-4 水田圃場における水収支のイメージ図

#### 3) 有効雨量

水田の用水計画においては、日降雨量の下限を5mm、上限を80mmとし、その範囲内の雨量の80%を有効雨量として算出することとされている³)。しかしながら、実際に圃場で用水と一体となって利用される水量は、降雨パターン、水稲生育時期、圃場条件(土壌、排水路等)、水管理条件(湛水、取水、落水管理等)等によって異なる。本調査では、「取水優先利用の考え方⁴)」に基づいて有効雨量を算出した。この考え方では、水田では取水された水から優先的に利用されていて、落水口からは降雨から選択的に排水されているとする。すなわち、本調査での有効雨量は、「降雨のうち落水口から流去せずに水田内に貯留された量」と定義し、④式により算出した。

[降水量>地表排水量の場合]有効雨量=降水量-地表排水量無効雨量=地表排水量[降水量≤地表排水量の場合]有効雨量=0

#### 4) 供給水量及び消費水量

無効雨量=降水量

供給水量の構成は、地表取水量、地下取水量、 有効雨量とした。消費水量の構成は、ペンマン式 により求めた蒸発散量と圃場の水収支から算出し た総浸透量とした。蒸発散量は、圃場が全面湛水 状態にある期間のみを計上した。

# 5) 栽培管理用水量

栽培管理用水量は、水田における様々な栽培管理上の水管理を可能とするために必要となる水量とされ、蒸発散と浸透量で消費される作物生育に

必要な水分を補給する以外に用いられる水量であ る。水稲栽培において、低・高温障害の防止、生 産性の増大、品質の保持等を目的として、深水、 中干し、かけ流しといった水管理が行われる。こ のような水管理により、強制的な落水または表面 流去の形で圃場外へ流出する水量が、栽培管理用 水量である。本調査では、「地表排水量は、栽培 管理用水量と無効雨量から構成される5)」という 考え方に基づき、栽培管理用水量を算出した。こ の考え方では、落水量は地表排水量を前提として おり、地下排水量については考慮されていない。 しかしながら、本調査対象圃場では、湛水深を低 下させることを目的として意図的に地下排水を行っ たことを耕作者から聞き取った。そこで、本調査 では栽培管理用水量に地下排水量も含めることと し、⑤式により栽培管理用水量を算出した。なお、 栽培管理用水量は日ごとに算出した。

栽培管理用水量=

地表排水量+地下排水量-無効雨量 ⑤

#### 4. 結果と考察

#### (1) 土壌調査

各圃場の土壌層位と土壌硬度を図-5に示す。各圃場とも、表層20~30cmの作土層は通気性、排水性、保水力の小さい軽埴土であった。作土層以深は、ヨシ、ハンノキ、ヌマガヤ等で構成される低位泥炭土であった。各圃場の土壌硬度は5~20mmの間で、B-R2の第1~3層の土壌硬度は15~20mmとややち密であった。いずれの圃場も作土層の土壌硬度は10~20mmの範囲にあり、作物の根張りには適当である。代かきを行ったA圃場においても土壌硬度の最大値は15mmであり、水田土壌の物理性の診断基準(すき床層のち密度)<sup>6)</sup>を満たしていた。下層土は泥炭土であることから、いずれの圃場においても下層土の土壌硬度は小さかった。

次に、圃場の層位ごとの飽和透水係数を表-2に示す。北海道施肥ガイド $2020^6$ の土壌診断基準では、水田土壌の飽和透水係数は $10^{-3}\sim10^{-4}$ cm/sが基準値であり、難透水層でも $10^{-5}$ cm/s以上が望ましいと示されている。圃場の下層土は泥炭層であるため飽和透水係数にはばらつきはあるものの、概ね $10^{-3}\sim10^{-4}$ cm/sであった。一方で、A-R1

及びB-R 1では作土層で10<sup>-7</sup>~10<sup>-6</sup> cm/sと小さい飽和透水係数を示した。A-R 1は代かき、B-R 1は播種前後の鎮圧作業の影響により難透水層が形成された可能性が考えられる。これら難透水層の存在が、圃場の浸透量にも影響を与えている可能性がある。試験区は畑利用後の乾田直播栽培であることから透水性が良好になることが予想されたが、対照区と比較しても土壌物理性には差がなく、土壌の透水性は同程度であるといえる。以上の結果から、水田利用後の土壌は対照区と試験区で大きな違いはなく、試験区においては田畑輪換による土壌物理性の改善効果は現れていなかった。

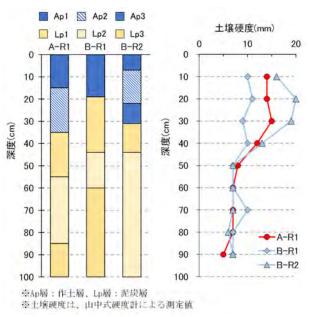


図-5 土壌層位と土壌硬度

表-2 調査圃場の飽和透水係数

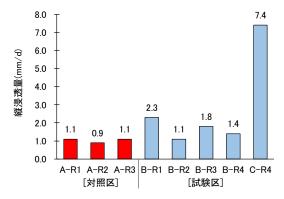
圃場	層:	名	飽和透水係数(cm/s)
	第1層	Ap1	$4.17 \times 10^{-4} \sim 1.21 \times 10^{-1}$
	第2層	Ap2	$4.93 \times 10^{-7} \sim 1.34 \times 10^{-6}$
A-R1	第3層	Lp1	$1.77 \times 10^{-5} \sim 4.48 \times 10^{-4}$
	第4層	Lp2	$1.07 \times 10^{-5} \sim 3.49 \times 10^{-3}$
	第5層	Lp3	$7.22 \times 10^{-4} \sim 3.54 \times 10^{-3}$
	第1層	Ap1	$6.58 \times 10^{-7} \sim 4.40 \times 10^{-6}$
   B-R1	第2層	Lp1	$1.95 \times 10^{-5} \sim 8.29 \times 10^{-5}$
D-K1	第3層	Lp2	$9.88 \times 10^{-6} \sim 1.18 \times 10^{-3}$
	第4層	Lp3	$1.65 \times 10^{-3} \sim 5.53 \times 10^{-3}$
	第1層	Ap1	$1.53 \times 10^{-5} \sim 1.21 \times 10^{-1}$
	第2層	Ap2	$4.77 \times 10^{-5} \sim 2.61 \times 10^{-3}$
B-R2	第3層	Ap3	$8.86 \times 10^{-7} \sim 5.01 \times 10^{-4}$
	第4層	Lp1	$2.97 \times 10^{-4} \sim 2.15 \times 10^{-2}$
	第5層	Lp2	$4.91 \times 10^{-6} \sim 1.10 \times 10^{-2}$

# (2) 圃場の浸透量

調査圃場ごとに縦浸透量及び横浸透量を算出し、対照区と試験区で比較した。結果を表-3に示す。また、各圃場の縦浸透量と横浸透量の平均値を図ー6及び図ー7に示す。縦浸透量の平均値は対照区で1.0mm/d、試験区で2.7mm/dと総じて小さかった。これは、本地域の土壌が泥炭土で、湛水後の地下水位が高いことによると考えられる。横浸透量はどの圃場でも正の値と負の値をとる場合があり、隣接圃場との水の行き来があると考えられるが、測定日間で流入出の変化があり一定の傾向はみられなかった。横浸透量の平均値は対照区で-0.3 mm/d、試験区で1.6mm/dと、縦浸透量と同様に小さい値であった。このことから、いずれの調査圃場も隣接圃場からの水の流入出や排水路への流出(漏水)は小さい圃場であったと判断できる。

表-3 対照区と試験区の縦浸透量と横浸透量

区分		サンプル数	最大値 (mm/d)	最小値 (mm/d)	標準偏差 (mm/d)	平均 (mm/d)
縦浸透量	対照区	13	3.4	-1.4	1.5	1.0
	試験区	16	10.0	0.0	2.6	2.7
横浸透量	対照区	13	1.0	-4.0	1.3	-0.3
<b>使</b> 浸透重	試験区	16	13.0	-3.3	4.3	1.6



図ー6 圃場ごとの縦浸透量平均値

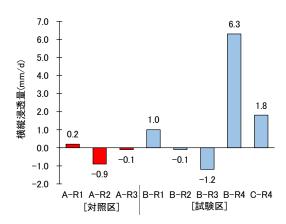


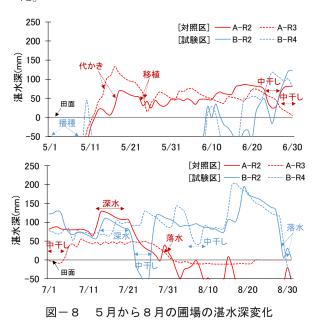
図-7 圃場ごとの横浸透量平均値

一方で、試験区では圃場間で縦浸透量及び横浸 透量にばらつきがみられた。圃場ごとの縦浸透量 の平均値を見ると、C-R4を除く7圃場は大き な差はないものの、C-R4は7.4mm/dと、ほかの 圃場と比較して大きかった。C-R4圃場は調査 実施前の7年間は畑として利用され、調査年に復 田された。長年の畑利用による亀裂の増大や耕盤 層の破壊により、縦浸透量が大きくなったと考え られる。横浸透量は、B-R4が他の圃場と比較 して大きかった。B-R4圃場の周辺は小麦、デ ントコーン、大豆等の畑作物が作付けされており、 横浸透により畑地へと流出していた可能性が考え られる。これらの圃場で生じた差異は、圃場の作 付履歴や隣接圃場の作付けが要因であると考えら れる。以上のことから、試験区のように輪換田で 行われる水稲作では、圃場条件が多様となり、圃 場によって縦浸透量や横浸透量が変化する可能性 が示唆された。

#### (3) 圃場の湛水管理

5月から8月までの各圃場の日平均湛水深を整 理し、対照区(A-R2、A-R3)と試験区(B-R2、B-R4)を比較した(図-8)。 湛水深は、 各圃場の田面を0とした水深で示した。移植栽培 の対照区では代かきのために5月中旬から湛水さ れた。代かき後は田植えに向けて落水し湛水深を 下げ、田植え後は苗を保護するために5cm程度で 湛水深管理が行われた。乾田直播栽培の試験区で は、播種後の5月中旬に一度かん水が行われた。 草丈が10cm(4葉期)程度になるまでは湛水は行 わず、6月上旬になると浅水管理として、入水と 排水を繰り返す水管理が行われた。6月下旬頃か ら常時湛水となった。対照区では6月下旬~7月 上旬に中干しが行われたが、移植栽培と乾田直播 栽培では生育ステージがずれることから、試験区 では7月下旬~8月上旬に中干しが行われた。耕 作者によると、中干しは生育状況や気象条件を考 慮して、水の入れ替え程度とする場合と田面に亀 裂が生じる程度まで乾かす場合がある。深水管理 はA-R2及びB-R2で実施された。どちらも7 月中旬に行われたが、一般的には乾田直播栽培の 生育は移植栽培よりも1~2週間程度遅れるため、

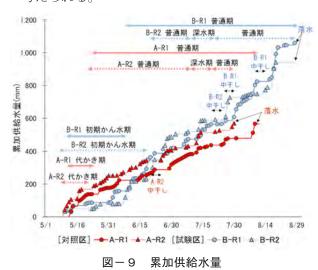
深水かんがいの時期も遅くなるとされている。対 照区ではA-R2とA-R3ともに落水は7月末と、 地域の標準的な落水時期よりも10日程度早かった。 耕作者によると、収穫時にぬかるんだ状態にならないように、A圃場では経験的に早めに落水するとのことであった。一方で、乾田直播栽培は移植栽培よりも生育が遅く登熟期間が長いため、9月以降の生育に備えて、かんがい期終了前の8月中~下旬に大量に取水し圃場に水を確保する湛水管理が行われた。落水は8月末であった。このように、対照区と試験区では栽培様式が異なることから、栽培管理や生育ステージが異なり、かんがい期間を通じて異なる圃場の湛水管理が行われていた。



#### (4) 供給水量

対照区と試験区の1日ごとの供給水量を累計し、各圃場の入水から落水までの累加供給水量を整理した。R1年及びR2年の調査結果(A-R1、A-R2、B-R1、B-R2)を図-9に示す。また、4か年8圃場の期別の供給水量を図-10に示す。栽培様式の違いにより栽培管理や生育期間が異なることから、対照区と試験区では用水需要時期及び供給水量が異なっていた。対照区では、5月中~下旬の代かき時期の用水供給が多かった。試験区では播種直後の入水後、6月上旬の初期かん水期終了までは供給水量が少なく、その供給水量は対照区の代かき期の供給水量と同程度であっ

た。初期かん水期終了後の6月中~下旬に対照区の累加供給水量を上回り、落水までの総供給水量は、対照区よりも試験区の方が大きかった。乾田直播栽培の生育は移植栽培よりも遅れることから、試験区では対照区の落水後も用水が必要であり、8月末まで取水が続けられた。さらに、かんがい期終了前の8月下旬に、その後の生育に備えて大量に取水が行われた。また、水の入れ替えや中干しの回数は対照区よりも試験区の方が多い傾向にあり、これが試験区の用水量増大の一因であると考えられる。



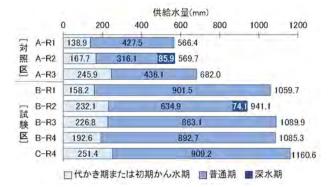


図-10 期別の供給水量

# (5) 消費水量

入水から落水までの消費水量を対照区と試験区で比較した(図-11)。蒸発散量は、試験区よりも対照区の方が大きい傾向にあった。これは、かんがい期間を通じて対照区の方が湛水状態にある期間が長く、蒸発散量を計上した日数が多いためである。総浸透量は対照区よりも試験区の方が大きかった。この要因は、対照区よりも試験区の方

が入水開始から落水までの期間が20~30日長いことや中干し回数の違いが挙げられる。また、減水深調査結果を用いて算出した縦浸透量及び横浸透量は、B-R 4 及びC-R 4 を除き、対照区と試験区で差がなかったことから、両者の違いは湛水期間中以外に生じていると考えられ、かんがい初期の地下水位や土壌間隙といった土壌の状態や、栽培管理方法の違いが影響していることが推測される。

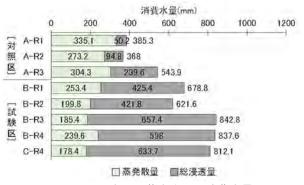


図-11 入水から落水までの消費水量

#### (6) かんがい初期の地下水位と浸透量

田畑輪換圃場では、土壌の乾燥による浸透量の増大といった畑利用時の影響は、かんがい初期に大きく表れると考えられる。このため、かんがい期開始前の地下水位や浸透量に着目して調査結果を整理した。地下水位は、圃場への入水前の5月1~5日の5日間における、各圃場の田面を基準とした6地点の水深の平均値として示した(図-12)。また、入水開始後の数日間における各圃場の総浸透量とその時の地下水位変化量から、地下水位を1cm上昇させるのに要した水量を算出し、圃場ごとに比較した(図-13)。なお、各圃場の地下水位が概ね-40cmから田面に到達するまでの期間を分析の対象とした。

試験区は還元田であることに起因して、かんがい期開始前の地下水位は対照区より約15~20cm低い傾向にあった。さらに、かんがい初期における同等の地下水位上昇量に対して必要となる水量は、対照区よりも多かった。試験区では、畑利用時の土壌の乾燥に伴う亀裂の発生や、畑作利用時に排水性を良くするための排水強化(心土破砕、額縁明渠等)により、地下への貯留量が対照区よりも大きくなっていたと考えらえる。このことが試験区の用水量を増大させる一因であると考えられる。

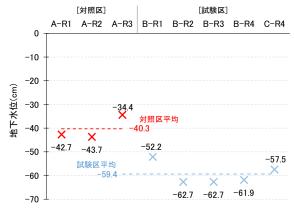


図-12 かんがい初期の圃場の地下水位

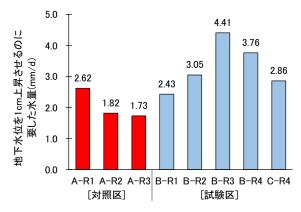


図-13 地下水位上昇 1 cmに対する必要水量

# (7) 栽培管理用水量

入水から落水までの栽培管理用水量を期別に整理した(図-14)。地下排水により発生した栽培管理用水量は、図中に斜線で示した。栽培管理用水量は、かけ流しまたは強制落水により発生するが、強制落水により発生した特徴的な栽培管理用水を、移植前の水位調整のための強制落水、中干しのための強制落水、深水終了後の落水、湛水終了時の強制落水に分類した。これらを目的別の栽培管理用水量として図-15に整理した。

入水から落水までの栽培管理用水量は対照区よりも試験区の方が多かった。特徴的な栽培管理用水として、対照区では代かき期の移植前の落水時に約20~50mmの栽培管理用水が発生した。試験区では、播種後や浅水管理の期間(初期かん水期~普通期前半)に水位調整のために落水を行うことから、対照区と比較して落水回数が多く栽培管理用水量も多くなっている。また、試験区ではかんがい期終了前に多量に取水し、湛水深が特に大きい状態から落水したため、湛水終了時の栽培管理

用水量は対照区よりも大きい傾向にあった。これらの乾田直播栽培特有の栽培管理により、試験区では対照区よりも栽培管理用水量が多くなっていた。

C-R 4を除く7圃場では主に地表排水による 栽培管理が行われたが、C-R 4ではかんがい期間を通じて地下排水による栽培管理が行われた。 また、C-R 4の初期かん水期の栽培管理用水量は、ほかの圃場と比較して多かった。C-R 4の初期かん水期には、降雨と同時に地下排水が行われた。本調査で参考とした「取水優先利用の考え方」では、地表排水による栽培管理を前提としていることから、「無効雨量=地表排水量」となっており、無効雨量は地表排水時にしか発生しない。今回の事例では、地下排水時にも無効雨量が発生している可能性があり、これに伴い栽培管理用水量を過大評価している可能性がある。

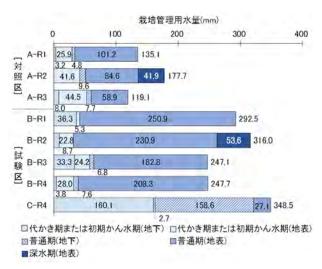


図-14 期別の栽培管理用水量

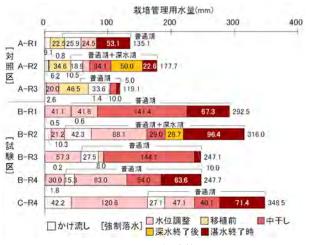


図-15 目的別の栽培管理用水量

# (8) 水利用パターンのシミュレーション

現行の用水計画は、移植栽培の水管理及び水需要を前提としている。このため、乾田直播栽培の作付面積の拡大が進むと、用水の需要時期及び需要量と用水計画の前提条件に相違が生じる可能性がある。本地域のように、直播栽培等の多様な栽培様式の面積が増加する地域において用水計画を策定するに当たり、水利用パターンがどのように変化するかを想定する必要がある。

ここでは、土地改良事業計画基準 計画「農業 用水(水田)」の技術書に記載の「水稲の直播栽培面積が増加する場合の水利用パターンの変化 (北海道の事例)」の方法に準じて、本地域における移植栽培及び乾田直播栽培を中心とした水利用パターンを想定した。将来の作付比率を「移植:乾田直播=5:5」とした場合の水利用パターンを、従来の移植栽培のみ作付けした場合と比較した(図-16)。

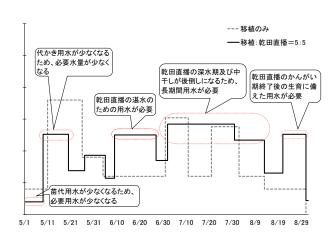


図-16 乾田直播栽培が普及した場合の水利用パターン

従来の移植栽培では、代かき期に用水需要のピークが出現している。乾田直播の作付面積が拡大し移植栽培の作付面積が減少することで、代かき用水が少なくなり、代かき期のピーク用水量は小さくなることが予測される。また、乾田直播栽培では湛水を開始する6月中~下旬にまとまった用水が必要となることや、かんがい期終了後の生育に備えて8月下旬に用水を確保する必要があることから、従来とは異なる時期に用水需要が発生することが示唆された。ただし、かんがい期間の延長が可能となれば、8月下旬の用水需要のピークを分散できる可能性がある。移植栽培と乾田直播栽

培では生育時期にずれが生じることから、深水用水や中干し後の再湛水の用水需要の集中は分散されるが、これらの用水が長期にわたり必要となると考えられる。また、本シミュレーションでは、移植栽培のみの場合のかんがい期間中の総用水量を1とすると、移植栽培と乾田直播栽培の作付割合が5:5になった場合の総用水量は1.2となり、用水量は増大することが示唆された。以上のことから、乾田直播栽培が普及することでピーク用水量は小さくなると予想されるものの、かんがい期間全体の用水需要量は増加する可能性がある。

# 5. まとめ

# (1) 空知地域における水稲乾田直播栽培の用水量

本調査では、空知地域の移植栽培水田と乾田直 播栽培水田(輪換田)で用水量調査を行い、その 調査結果から見られた水稲乾田直播栽培の水使い の特徴を整理した。

調査

雨場の土性の特徴から、

湛水後の

縦浸透量 や横浸透量は圃場間で大きな違いがなく、総じて 小さい値であった。ただし、試験区では圃場条件 の違いから、縦浸透量や横浸透量がほかよりも大 きな値を示す圃場もあった。栽培様式の違いから、 対照区と試験区では用水需要時期及び需要量が異 なっていた。乾田直播栽培は移植栽培よりも生育 期間が長いことや田畑輪換に伴う土壌の乾燥によっ てかんがい初期の浸透量が移植栽培よりも大きく なることにより、対照区よりも試験区の方が供給 水量は多くなる傾向にあった。さらに、当初想定 された土壌物理性の要因のみならず、浅水管理や かんがい期終了前に圃場に水を確保する乾田直播 栽培特有の栽培管理も試験区の供給水量を増大さ せる要素となっていた。乾田直播栽培が地域に普 及した場合の水利用パターンのシミュレーション を行ったところ、従来とは異なる時期に用水需要 が発生する一方で、ピーク用水量は小さくなるこ とが示唆された。本地域では今後も乾田直播栽培 の作付面積の増加が見込まれる。乾田直播栽培の 作付面積がさらに拡大することで、現行の移植栽 培を前提とした用水計画と地域の用水利用の実態 に差異が生じてくる可能性がある。

#### (2) 課題

調査結果を踏まえて考えられた用水利用に関する課題を整理した。

# 1)計画用水量の算出にあたっての留意点

水田の汎用化が進んでいる地域において、圃場 の作付履歴や周辺圃場の利用形態は、従来の移植 栽培を行う単作水田地帯と比較して多様化してい る。圃場の減水深や浸透量は、こういった圃場条 件の影響を受けやすいことから、地域で大規模に 乾田直播栽培を導入する場合には、用水計画上十 分な配慮が必要である。また、地下かんがい施設 の整備に伴い、効率的な給水が可能になったほか、 排水方法も多様化している。本調査では、地下排 水による栽培管理を行う事例が見られた。従来の 栽培管理では、地表排水を前提とする場合がほと んどであることから、地下排水により地下を経由 して発生する栽培管理用水量が用水需要にどのよ うな影響を与えるか、その知見は十分ではない。 したがって、今後も用水量調査や営農者からの聞 き取りを継続し、地下排水による栽培管理の実態 に関する知見を深め、考え方や算定方法を再整理 することが望ましい。

# 2) 用水計画のあり方の検討

本地域のように、農業経営の規模拡大や水田の 高度利用を背景に、水田転作の拡大や水稲栽培様 式の多様化が進んでいる地域では、地域の農業用 水の確保のあり方は変化している一方で、依然と して従来の移植栽培を基本とした水田利用のため の用水確保が行われているのが現状である。

昨今、水田活用の直接支払交付金については、現行ルールの見直しが行われ、これまで水田として扱われていた農地で、R4~R8年の5年間に一度も水張りが行われない水田は交付対象水田としない方針が示されている。これに伴い、転作作物が固定化している地目が水田でも、新たに水稲作を始める経営体が増えることが予想される。乾田直播栽培では、転作作物で使用する農機の汎用利用が可能であり、設備投資を抑えられることから、このような農地及び経営体では乾田直播栽培が導入される可能性が高い。合理的かつ効率的な

営農及び水資源の活用のためには、地域の実態に 即した用水計画の策定が必要であるが、従来の移 植栽培とは用水需要時期や必要水量が異なる乾田 直播栽培の急速な増加が想定されることからも、 用水計画のあり方の検討が必要となると考えられ る。

謝辞:本調査の実施及び本稿の執筆にあたりご協力いただいた北海道開発局農業水産部農業振興課並びに関係各位に深く感謝申し上げます。

(㈱環境保全サイエンス 農村地域振興室 技師補(技術士補))

# 引用文献

- 1)空知農業改良普及センター:空知型輪作体系の確立を目指す普及活動,平成24年農業新技術発表会要旨,pp. 21-22 (2012)
- 2)中川:水田用水量調査計画法(その5), 農土誌3 4 (10), pp. 571-577 (1966)
- 3) 農林水産省農村振興局:土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「農業用水(水田)」
- 4)渡辺,丸山:栽培管理用水の発生とその水量,農 土誌52 (11), pp. 1007-1012 (1984)
- 5)渡辺ら:水田圃場における栽培管理用水量の発生 形態,農業土木学会論文集 (124), pp.11-18 (1986)
- 6) 北海道農政部:北海道施肥ガイド2020, p.18 (2020)

# 神竜二期地区における事業計画検討事例

和田 洋之

#### 1. はじめに

国営かんがい排水事業「神竜二期地区」<sup>1)</sup>(以下、本地区と示す)は、平成31年度に地区調査が開始され、令和4年度に着工した地区である。弊社では、地区の事業計画策定にあたり、営農計画検討、用排水計画及び施設計画、環境配慮計画、経済効果算定等の一連の検討に携わる機会を得た。本稿では、この事業計画検討事例を紹介する。

#### 2. 地区の概要

#### (1) 事業の概要

本地区は、北海道の中央に位置する受益面積 2,934haの水田地帯において、農業用水の安定供 給、農地の湛水被害の解消、農業用用排水施設の 維持管理の費用と労力の軽減及び耐震化を図り、 農業生産性の向上及び農業経営の安定に資するた め、頭首工、揚水機場、用水路及び排水路の整備 を行うものである(図-1)。

# (2) 地区の現状と事業の必要性

本地区では、水稲を中心に、小麦、大豆、小豆、

そば、かぼちゃ、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おり、北海道有数 の高品質米の生産と合わせて、高収益作物の生産 拡大等による産地収益力の向上を目標としている。

地区内の農業用水は、国営北空知土地改良事業(昭和52年度~平成17年度)において造成された用水施設により配水されているが、近年の水稲栽培技術や営農状況の変化に伴い水需要が変化している。また、一部の周辺地域では河川流況が不安定な渓流河川取水を利用した水利形態である。さらに、頭首工や用水路等の用水施設は、経年的な劣化等が進行しており、施設の維持管理に多大な費用と労力を要している。

また、地区内の排水施設は国営納内土地改良事業(昭和41年度~昭和49年度)により造成されたが、近年の降雨形態の変化に伴う流出量の増加によって排水能力が不足しているため、排水路からの溢水による湛水被害が発生している。

こうした状況から、水需要の変化や水管理の合理化に対応した用水再編を行うとともに、用排水施設の一体的な整備が要望されている状況である。



図-1 神竜二期地区 計画一般平面図

#### 3. 営農計画

事業計画検討にあたり、まず地区の営農状況や特徴を把握したうえで、営農計画の策定を行った。

#### (1) 作付計画の策定

#### 1) 導入作物選定 · 現況作付面積設定

導入作物の選定にあたっては、地区内に作付実 績があり、輪作体系上必要な作物であるとともに、 地域の各種農業振興計画において振興作物として 位置づけられている9品目(表-1)に決定した。 現況作物別作付面積は、地区内の直近5ヵ年 (H28年~R2年)の作付実績を基に設定した。

				,,,,,,		1 3 111 170		
	地	Ħ			F	El .		
区分			現況		計画		増△減	
表・裏	作物名		作物面積	作付率	作物面積	作付率	作物面積	増減率
衣、袋		TF物泊	ha	%	ha	%	ha	%
	水稲		2, 094	76	2,068	75	△ 26	99
		主食用	2, 093	76	2,042	74	△ 51	98
		輸出用	1	0	26	1	25	2,600
表	小麦	•	246	9	246	9	-	100
	大豆		141	5	141	5	-	100
	小豆		16	1	28	2	12	175
	そば		243	9	243	9	-	100
	かぼちゃ		4	0	9	0	5	225
	きゅ	うり	5	0	8	0	3	160
	観賞月	かぼちゃ	3	0	6	0	3	200
	スタ・	ーチス	4	0	6	0	2	150
計		2, 756	100	2, 755	100	△ 1	$\overline{}$	
	7	かん水	2, 267	82	2, 266	82	△ 1	100
	栽培管	・ 理用(小麦)	246	9	246	9	-	100
	無かん	ん水(そば)	243	9	243	9	-	100

表一1 現況・計画作付面積

#### 2) 計画作付面積設定

作付計画の策定にあたっては、地域の農業振興 方向を踏まえ、収益力確保の観点から高収益作物 の作付拡大を図る計画とした。

#### a) 作付増の作物

- ・水稲 (輸出用):地域として輸出に取組んで おり、今後も輸出量を増加させる意向。
- ・小豆、かぼちゃ、きゅうり、観賞用かぼちゃ、スターチス:収益性確保のため地域として作付増加の意向。水稲の密苗導入(※)に伴い4月~5月の作業ピークが解消され、作付増加が可能。

#### (※)水稲の密苗導入

「密苗」を導入することで従前より育苗期間が短縮されるほか、近年の気候の変化により移植時期が早まっており、代かき期が前倒しとなる。また、育苗・移植作業が軽減されることで、この時期に生じる作業ピークが抑えられることから、野菜、花き等の生産に労力を割くことが可能となる。

#### b) 作付減の作物

・水稲(主食用):主食用米の国内需要減少の 見通し及び高収益作物の増加意向を考慮し作 付減。

# c) 現状維持の作物

・小麦、大豆、そば:輪作体系上必要十分な面 積が作付けされていることから、現状維持。

# (2) かんがい期間の設定

本地区のかんがい期間は、受益農家代表及び地域の農業関係機関により構成される営農検討会に て確認を受け、地域営農の反映した設定とした。

#### 1) 現同意からの変更の無い作物

水 稲:  $4/21 \sim 8/31$ 大豆・小豆:  $5/16 \sim 7/20$ かぼちゃ:  $5/26 \sim 8/25$ きゅうり:  $6/6 \sim 8/31$ スターチス:  $5/16 \sim 8/31$ 

そ ば:無かん水

#### 2) 小麦 (肥効促進用水の導入)

小麦の収量や品質向上のため、起生期から止棄期に至る時期に3回程度の追肥が必要となる。この際に肥料成分を効果的に土壌浸透させ、根群域へ浸透させるためには降雨や人工的な散水が必要となる。本地区では、幼穂形成期(平年5/上)・止葉期(平年5/下)に「肥効促進用水」として少量のかんがいを行う計画とした。

【現同意】無かん水 ⇒【変更】 $5/1 \sim 5/10$ 、 $5/21 \sim 5/31$ 

# 3) 観賞用かぼちゃ(本地区より新たに導入)

食用かぼちゃと同一の生育ステージ・栽培管理であることから、食用かぼちゃと同一の期間とした。 観賞用かぼちゃ: 5/26~8/25

注:きゅうり及びスターチスの作付面積は、ハウス建ペい率82%を考慮した実作付面積であり、これにより計画作物面積計は、現況作物面積計に比べ減少する。

#### 4. 用水計画

前項で決定した営農計画を踏まえ、本地区の用水 課題に対応した用水計画の策定を行った。

#### (1) 水利現況と用水再編計画

本地区は前歴事業「北空知地区」において用水 手当がなされており、大半の受益地は一級河川石 狩川に築造された神竜頭首工から取水が行われて いる。

一方、地区の北側には、普通河川吉野川から取水を行う吉野川第1幹線取水堰がある。当該施設は、神竜頭首工の掛り区域に隣接した約6haの受益地へ配水する施設であるが、吉野川の流況が不安定であり、渇水時の堰上げ対応や大雨後の土砂撤去など、施設管理に苦慮する状況であった。このため、本地区の関連事業により用水施設の整備を行い、神竜頭首工への統廃合による用水再編を行うものとした(図-2)。

#### (2) 営農計画を踏まえた用水計画

本地区の用水計画は、現況用水系統の踏襲を基本とし、神竜頭首工からの取水により配水する計画とする。また深水期(7/1~7/10)の水管理は、地元営農指導を基に、現況の15cmから5cm増した20cmの水深を確保するものとした。営農計画及び用水再編を踏まえ、必要水量を求めた結果、水稲における代かき期間の前倒しにより5/1~5/5で現同意から増量になるとともに、深水期で微増するものの、その他の期間は現同意必要水

量から微減することとなった。

また、最大必要水量は現同意に比べて減量となり、現況施設規模での通水が可能である(図-3)。

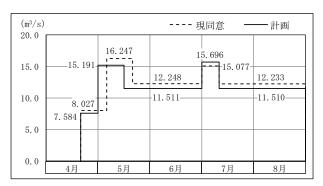


図-3 神竜頭首工掛り必要水量の比較

# (3) 取水の検証

本地区の計画取水に対する取水の安定性は、神 竜頭首工到達流量(10ヶ年: H21~H30)から利 用可能量を求めて評価した。この結果、代かき期 間の前倒し及び深水水深の増量を見込んだ計画必 要水量に対しても安定的な取水が可能であること を確認した(図-4)。

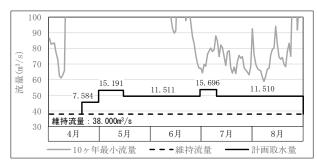


図-4 神竜頭首工 到達流量(H21~H30最小)と取水量

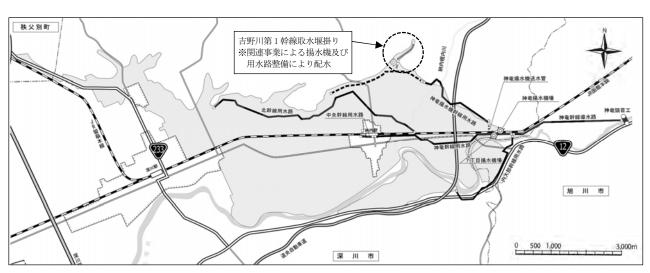


図-2 神竜(二期)地区 用水系統概要図

# 5. 用水施設計画

#### (1) 施設整備の目的

本地区の施設は、昭和52年度から平成17年度に かけて整備された後、大規模な更新は行っておら ず、適宜補修・補強を繰り返して現在に至ってい る。

近年では補修範囲・規模の増加が顕著となって おり、これに伴う維持管理費の増嵩が施設管理上 の支障となっている状況であった。そのため、本 地区において施設の機能診断調査を実施し、劣化 状況に合わせた適切な整備計画を策定した。

# (2) 既存施設の機能診断調査 (劣化状況)

地区内の用水施設の劣化状況を把握するため、 平成27年度に神竜頭首工、揚水機場2ヶ所及び幹 線用水路5条全線について機能診断調査を実施し た。

調査の結果、頭首工では護岸擁壁を中心にエフロレッセンスを含むひび割れや傾倒が確認され、 用水路では摩耗による骨材露出や凍害による剥離、



写真-1 神竜頭首工護岸擁壁の劣化状況



写真-2 神竜幹線用水路の劣化状況

沈下による部分的な湛水などが確認した(写真-1、写真-2)。

各施設の機能診断調査結果を表-2に示す。頭首工及び揚水機場では、部分的な劣化の進行が認められ健全度S-3(要補修)と判定された。さらに、幹線用水路では、全体的にひび割れ等の劣化の進行が認められ、健全度S-2(要補強)及びS-3と判定され、対策工を必要とする区間の延長は、11.1km(総延長20.2kmの55%)となった。

表-2 機能診断結果(健全度)

施設名	健全度	劣化要因	対策数量 ( )内は総延長
神竜頭首工	S-3	経年劣化、凍害	1ヶ所
7丁目揚水機場	S-3	経年劣化、耐用年超過	1ヶ所
神竜揚水機場	S-3	経年劣化、耐用年超過	1ヶ所
神竜幹線導水路	S2~3	ひび割れ、摩耗等	2.7km (3.6km)
神竜幹線用水路	S2~3	ひび割れ、摩耗等	1.7km (4.2km)
神竜揚水機幹線用水路	S2~3	ひび割れ、摩耗等	1.3km (3.3km)
北幹線用水路	S2~3	ひび割れ、摩耗等	4.6km (8.1km)
中央幹線用水路	S2~3	ひび割れ、摩耗等	0.8km (1.0km)

# (3) 施設整備計画

本地区の施設整備計画として、機能診断調査結果を踏まえ、劣化要因ごとに、対象工種の対策範囲や規模に応じて対策工法を選定した(表-3)。

対策工は、短いスパンで補修を繰り返すシナリオと長いスパンで補強を繰り返すシナリオとの比較検討により、各施設に適した対策工法を決定した。

表-3 整備対策内容

主な劣化要因	対象工種	採用対策工法
ひび割れ	トンネル、開水路、管水路	ひび割れ補修
凍害,剥離,欠損	トンネル、開水路	断面修復
空洞化	トンネル	裏込め注入
摩耗	トンネル、開水路、管水路	表面被覆
目地劣化	トンネル、開水路、管水路	目地補修
継手劣化	菅水路 (φ1350)	継手補修
浮上	開水路	水抜き孔設置

また、地区の基幹取水施設である神竜頭首工について、必要な耐震性能を有していないことが明らかとなったため、本地区において耐震補強整備を行う計画とした。なお、神竜頭首工の改修計画の詳細については別途調査が行われているため、別稿を参照されたい<sup>2)</sup>。

# 6. 排水計画

本地区において近年発生している降雨による湛水被害を解消するため、排水計画の検討を行った。

#### (1) 計画降雨

本地区の計画降雨は、地区近傍の深川地域気象 観測所における直近30ヵ年の降雨観測記録をもと に検討を行い、降雨日数を「1日降雨」、降雨型 を「後方山型」、計画基準雨量を「R=111mm/日」 と決定した。さらに、降雨量・降雨強度・降雨時間・降雨波形の4項目を評価指標として過去の実 績降雨波形を評価し、「平成11年7月28日降雨」 を計画降雨波形の基降雨に決定した。決定した計 画基準雨量を計画降雨波形の時間降雨量の配分割 合で配分し、計画基準降雨を決定した。

# (2) 計画排水量

地区内の土地利用等の流出条件は前歴事業当時から大きく変化していないことから、計画排水量の 流出解析は、前歴事業で採用実績のある単位図法 を用いるものとした。

地区中央を流下する吉野川幹線排水路において 流量観測を行い、単位図法に必要な流出諸元(到 達時間、逓減係数等)を整理し、計画降雨発生時 の流出解析により、単位排水量を決定した(図-5)。

#### (3) 計画排水方式

地区内排水路の排水先である石狩川及び納内幌

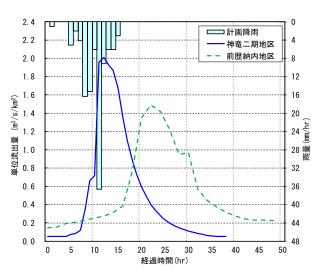


図-5 単位排水量ハイドログラフ

内川について、各河川の水位観測記録や河川縦断 勾配を基に、計画外水位(1/10確率水位)を算 定した。また、水田の汎用化(畑利用)に対応可 能となるよう「無湛水」を排水計画の基準に設定 のうえ、計画基準内水位と計画外水位の大小比較 により、計画排水方式を「自然排水」と決定した。

#### (4) 改修を要する施設の選定

改修施設の選定にあたっては、全ての排水路で機能診断を実施すると共に、計画排水量に対する流下能力判定を行い、両者の結果を基に改修施設を選定した。

# 1) 施設機能診断結果

地区内の排水路・区間について機能診断調査を 実施した結果、全ての排水路で「S-4」評価と なり、老朽化による改修が必要な施設は無いもの と判断した。

#### 2) 流下能力評価

地区の全ての排水路(国営及び道営施設)について、200m間隔で断面測量を行い、各断面の流下能力を算定し、計画排水量に対する流下能力の過不足を判定した。判定の結果、4条L=14.6km(総延長の28.9kmの約50%)の排水路及び区間延長について改修を要する排水路と選定した(図ー6)。

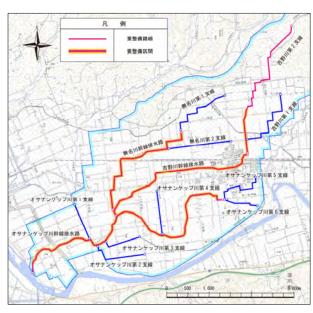


図-6 改修を要する排水路(現況排水系統)

# 7. 排水施設計画

# (1) 排水整備構想

改修を要する施設が市街地区間や鉄道横断部を 含んでいることを踏まえ、排水整備構想について は下記2案の比較検討を行い、排水系統を再編す る構想案を採用した(表-4)。

- ①整備構想A案 (現況排水系統案) 現排水路位置において能力増強を行う案。
- ②整備構想 B 案 (排水系統再編案) 鉄道横断上流部に放水路を新設し、洪水時には 支流河川である納内幌内川に排水する案。

# (2) 排水施設計画

# 1) 既設改修路線

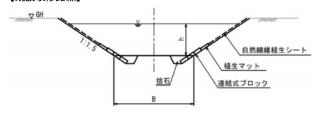
既設改修路線は、現況水路と同様の法勾配1: 1.5の堀込み河道単断面水路を採用した。縦断線 形も現況を踏襲し、計画排水量を流下させるため に必要な水路幅まで拡幅する計画とした。

#### 2) 新設排水路

新設排水路となる吉野川幹線四丁目排水路は、

湛水被害が発生していない区域に新設することとなる。整備予定位置の地権者感情を考慮し、計画以上の降雨に対しても排水量を確実に制御可能なことを施設計画の必要条件とし、水路沿いからの表面流出が流入しない地下埋設型の管水路形式を採用した(図-7)。

#### 【既設改修路線】



#### 【新設排水路】

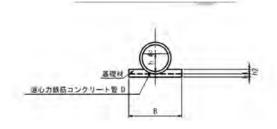


図-7 排水路標準断面図

表一4 排水整備構想比較表

	A 案(現況排水系統案)	B 案(排水系統再編案)				
概要図	東京村田田木店 (東京村田田本店 ) (東京村田田本居市 ) (東京村田田本居 ) (東京村田本居 ) (東京村田田本居 ) (東京村田田田本居 ) (東京村田田本田田田 ) (東京村田田本田田田 ) (東京村田田市田田田 ) (東京村田田市田田田 ) (東京村田田田田田田田田田 ) (東京村田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田	表別の経過水路 の表別を選択する 3 mg (				
整備内容	既設排水路改修 4条 L=14.6km	既設排水路改修 3条 L=10.7km 放水路新設整備 1条 L= 1.8km				
排水性	・流下能力不足区間は計画確率規模相当に増強される ・JR 横断がサイホン工になるため、 目詰まり等による流水阻害が懸念される	<ul><li>・流下能力不足区間は計画確率規模相当に増強される</li><li>・支障物件が多く施工の困難な市街地区間及び鉄道 横断部の増強整備が不要である</li></ul>				
経済性	概算工事費:59.8 億円 推持管理費: 1.4 億円 合計:61.2 億円	概算工事費: 44.2 億円 維持管理費: 1.3 億円 合計: 45.5 億円				
評価	排水性・経済性に劣る【採用しない】	排水被害の確実解消が可能、経済的に優れる【採用】				

#### 8. 環境配慮計画

事業計画検討に際しては、用排水施設の整備内容、環境特性、及び地域意向を踏まえ、本地区に必要な環境配慮計画の検討を行った。

#### (1) 環境調査

環境調査は、地域における既往調査結果を整理した上で、未調査若しくは調査時期が不足している項目を対象として、環境改変影響が想定される整備予定排水路の代表地点にて実施した。調査項目、方法、及び時期を表-5に示すとともに、調査位置を図-8に示す。

表-5 環境調査一覧

項目	調査方法	調査時期	
魚類	採捕調査	6, 8, 9 月	
底生動物	定性採集法	6,8月	
植物植物相調査		5, 7, 9 月	
水質	cc 海庄	6~7,9~10月の	
小負	SS, 濁度	各平水時、増水時	



図-8 環境調査位置図

調査の結果、魚類は計5科8種、底生動物は37 科56種、植物は61科219種を確認した。確認種の うち、 希少種(環境省レッドデータリスト等の 掲載種)は、魚類は4科4種、底生動物は3科3 種、植物は2科3種を確認した。

水質については、平水時はSSが最大10 (mg/1)、 濁度が4.4度、増水時はSSが最大91 (mg/1)、濁 度が56.0度であった。

以上の現地調査により、整備対象施設周辺において希少種を含む多様な動植物が生育・生息していることを把握した。

#### (2) 環境配慮計画

地域では、自然生態系及び自然浄化力の維持に

配慮した河川や農業用用排水路の改修を目指して おり、本地区においても上記の環境調査結果及び 地域意向を踏まえ、以下の環境配慮対策を行うこ ととした。

# 1) 水系のネットワークに配慮した排水路整備

海域と河川を移動する回遊魚が生息しているため、現状において魚類の遡上が不可能な既設落差工を多段式に改修し、水面落差を低減することで水系ネットワークの連続性を確保する。

#### 2) 動植物の生育・生息環境に配慮した排水路整備

排水路には底生魚が生息しているため、排水路 構造を土水路河床にすることにより、底生魚類の 生息環境を保全する。また、法留め工に自然繊維 シートを用いることで飛来種子の捕捉と定着を促 し在来植物の早期回復を図る。

#### 3) 頭首工改修時及び排水路改修時の濁水対策

排水路や排水本川の石狩川には希少な魚類が生息しているため、工事の実施に当たっては、沈殿・ ろ過等の濁水処理施設を設置し、濁水流出を防止 する。

#### 9. 事業費及び効用

前項までに決定した営農計画、用排水施設計画を 踏まえ、事業費の整理及び事業効果の算定を行った。

#### (1) 事業費の整理

本地区の事業費は、当該事業及び関連事業それぞれについて整理した。

#### 1) 当該事業

用水施設:頭首工(1ヵ所)、揚水機場(2ヵ所)

用水路(5条L=11.1km)

排水施設:排水路(3条L=9.9km)

(事業費) 16,000百万円

#### 2) 関連事業

用水施設:揚水機場(1ヵ所)

用水路(3条L=1.3km)

排水施設:排水路(2条L=2.6km)

(事業費) 1,352百万円

# (2) 総費用総便益比の算定

本事業の整備内容より評価対象となる9項目を 設定し、効果(便益)額の算定を行った(表-6)。

主な評価項目としては、既存の用排水施設の担う「機能の維持」にかかる効果の他、本事業は排水施設の機能向上を図る計画であることから、作物生産効果において「湛水被害解消に伴う減産防止」、災害防止効果において、農業関係資産・一般資産・公共資産の被害防止・軽減について計上した。

営農経費節減効果では、地区の特徴である水稲の密苗導入を踏まえ「育苗・定植にかかる経費減少」を計上した。また、神竜頭首工を対象とした耐震補強対策は、「災害時の復旧対策費軽減効果」として計上した。

算定した年総効果(便益)額、評価期間55年間 を踏まえた総便益、総費用、総費用総便益比を表-7に示す。

# 10. おわりに

国営かんがい排水事業「神竜二期地区」は、令和4年度より着工し、用排水施設の整備に向けた調査が進められている。本地区事業が竣工した暁には、農業生産性の向上及び農業経営の安定に大いに貢献できるものと考えている。

最後に、事業計画検討に際し、ご指導ご協力を賜った札幌開発建設部農業計画課及び関係者各位に厚くお礼を申し上げます。

(㈱ドーコン 農業部 次長(技術士))

# <引用文献>

- 1)国営神竜二期土地改良事業事業計画書,北海道開発局
- 2) 坂本健三郎,神竜二期地区における神竜頭首工の 改修 計画検討事例,報文集 令和4年度 第34 号,一般社団法人 北海道土地改良設計技術協会, p. 47~

		,
区分   効果項目	年総効果(便益)額 (百万円)	評価項目
食料の安定供給の確保に関する効果	2, 706	
作物生産効果	1, 371	(機能向上) 湛水被害解消に伴う滅産防止、作付面積の増減 (機能維持) 既存の用排水施設が担っていた作物生産量の維持
品質向上効果	967	(機能向上) 該当なし (機能維持) 既存の用水施設が担っていた作物品質(価格)の維持
営農経費節減効果	408	(機能向上) 密苗導入による育苗・定権に係る経費減少 (機能維持) 用水機能が喪失した状態を想定し、作物の水管理(湿潤かんがい)作業が不要、病害虫防除 用水の運搬作業増加に掛かる営農経費の増減。既存排水施設の機能喪失の状態を想定し、現況と比較し てほ場での機械作業時間が変化。
維持管理費節減効果	△ 40	(機能向上)施設整備による現況と計画の維持管理費の差 (機能維持)地区内施設の現況と事業なかりせば(安全管理等に最低限必要な管理費)の維持管理費の差
農業の持続的発展に関する効果	3	
災害防止効果(農業関係資産)	3	(機能向上)施設の改修による農業資産の被害防止・軽減 (機能維持)既存の排水施設が担っている農業資産の被害防止・軽減
農村の振興に関する効果	202	
災害防止効果 (一般資産)	202	(機能向上)施設の改修による一般資産の被害防止・軽減 (機能維持)既存の排水施設が担っている一般資産の被害防止・軽減
多面的機能の発揮に関する効果	120	
災害防止効果(公共資産)	120	(機能向上)施設の改修による公共資産の被害防止・軽減 (機能維持)既存の排水施設が担っている公共資産の被害防止・軽減
その他効果	178	
災害時の復旧対策費軽減効果	1	(機能向上) 頭首工の耐震対策による施設損譲の被害防止又は軽減 (機能維持) 該当なし
国産農産物安定供給効果	177	(機能向上)(機能維持) 国産農産物の安定供給が維持・向上されることに対する安心感
습 計	3, 209	

表一6 年総効果(便益)額·評価項目

表-7 総費用総便益比の算定

区分		算定式	数 値	備考
総費用 (現在価値化)		1=2+3	57,241 百万円	
	当該事業による費用	2	11,609 百万円	当該事業費16,000百万円
	その他費用	3	45,632 百万円	
評価期間(当該事業の工事期間+40年)		4	55 年	工事期間 令和4~18年度
総便益額 (現在価値化)		5	69,762 百万円	
総費用総便益比		6=5÷1	1. 21	

# 報文集第35号

令和5年9月29日

編 集 (一社)北海道土地改良設計技術協会

広報委員会 山岡 敏彦・高橋 雅一・辻 雅範・福山 正弘 羽原 信也・高野 尚・横川 仁伸・川口 宏 會澤 義徳・岡本 久志・園生 光義・中村 泰弘 山本 正人

発 刊 (一社)北海道土地改良設計技術協会

〒060-0807 札幌市北区北7条西6丁目2番地5号NDビル8階 電 話 (011)726-6038 FAX (011)717-6111



# ●表紙写真●

第37回「豊かな農村づくり」写真展 北の農村フォトコンテスト応募作品

# 『造形美』

-上富良野町にて撮影-佐々木 敦子 氏 作品

# AECA

Agricultural Engineering Consultants Association