

報文集

令和2年度



報文集 第32号 目次

今金北地区における鈴岡揚水機場ポンプ設備設計の紹介.....	1
	木村 毅
茅室川西地区におけるファームポンドの設計事例報告.....	8
	石田 暢 士
既設構造物利用を考慮した合流工の設計事例.....	16
	辻 輝 樹
農業水利施設の改修工事に伴う環境配慮対策の検討.....	24
	曾我部 浩 二
牧草地域における区画整理設計.....	33
	大井 隆 宏
三次元設計データの施工への活用に向けて.....	43
	岩井 剛
農業用用水路（開水路）に対する無機系表面被覆工法・目地補修工法の適用性評価.....	51
	中 嶋 一 郎
泥炭地域における集落の構造変化と特徴について（美唄原野地域）.....	61
	及 川 雄 生・相 馬 彰 子

今金北地区における鈴岡揚水機場ポンプ設備設計の紹介

木村 毅

1. はじめに

鈴岡揚水機場は、国営北桧山右岸土地改良事業により、昭和61年に建設されたが、造成後30年以上が経過し、経年的な劣化によりポンプの送水能力が著しく低下する等、農業用水の安定供給に支障を来していることから、国営緊急農地再編整備事業今金北地区にてポンプ設備等の更新を実施している。

本稿は、改修する鈴岡揚水機場のポンプ設備・電気設備の更新整備における施設設計の検討について紹介する。

2. 地区の概要

国営緊急農地再編整備事業「今金北地区」は北海道瀬棚郡今金町に位置し（図-1）、一級河川後志利別川流域に広がる農業地帯である。本地区の農業は、水稻を主体にばれいしょ、大豆、小麦、野菜類等からなる農業経営が行われている。しかしながら、基盤整備の遅れにより、ほ場が小区画であるとともに、泥炭土壤に起因する排水不良などで効率的な農作業の妨げとなり、離農などで継承されない農地の耕作放棄地化の増加も懸念された。

このため、本地区は、区画整理と農業用排水を一体的に施行し、農地の土地利用を計画的に再編し、さらに、担い手の経営規模の拡大を進め、緊急的に生産性の向上と耕作放棄地の解消・発生防止により優良農地を確保し、農業の振興を図ることを目的に、平成27年度に事業着手した。

3. 施設概要

鈴岡揚水機場（以下「本揚水機場」という。）は、国営北桧山右岸土地改良事業（昭和42年度～平成元年度）により、かんがい面積510haの水田及び畑へ

配水する鈴岡ファームポンドへ送水する施設として昭和61年度に建設された揚水機場である（表-1）。取水は、同事業にて建設した神丘頭首工の左岸側に設けられた取水口より取り入れ、沈砂池を経て吸込水槽へ流入する施設構造となっている（図-2）。

また、本揚水機場の操作室及び電気室には、神丘頭首工への電力供給や各ゲートの操作、河川水位・取水量等を監視する電気及び監視操作制御設備（受変電盤・配電盤・非常用発電機・監視操作卓）が設置されている。



図-1 今金北地区の位置

表-1 現況の鈴岡揚水機場ポンプ諸元

ポンプ番号	No.1	No.2
台数	1台	1台
計画吐出量	0.263m ³ /s (15.8m ³ /min)	0.090m ³ /s (5.4m ³ /min)
ポンプ形式	横軸両吸込単段 渦巻ポンプ	横軸両吸込単段 渦巻ポンプ
口径	φ350mm	φ250mm
全揚程	71m	71m
原動機形式	巻線型 三相誘導電動機	巻線型 三相誘導電動機
原動機出力	3000V-260kW-6P	3000V-110kW-4P
操作方式	自動ON-OFF制御(水位幅一定制御)	

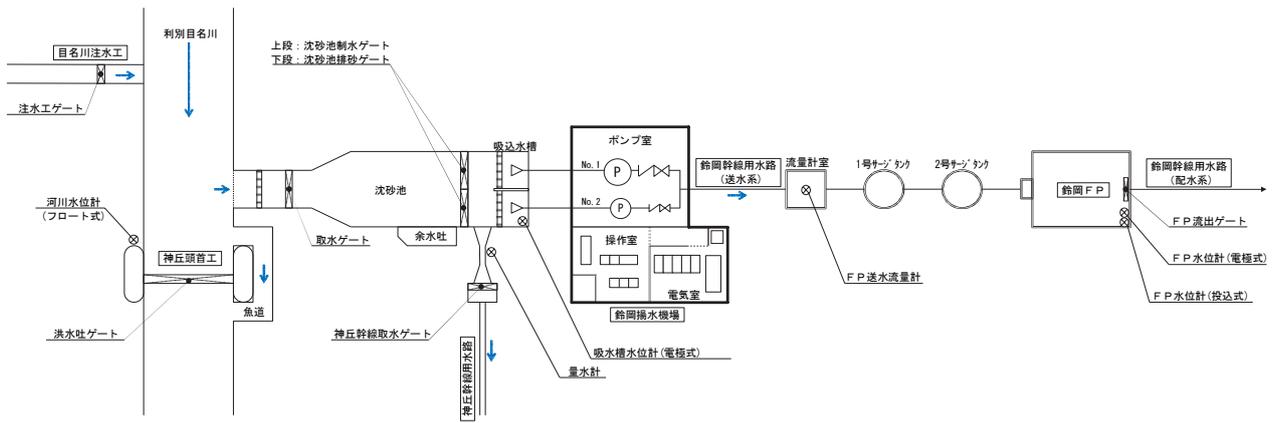


図-2 施設模式図

4. 整備計画

本揚水機場は建設後30年以上が経過し、施設の老朽化が確認されることから、劣化状況を把握するため機能診断調査を実施している。

機能診断調査の結果、土木施設（コンクリート構造物）については、流水による摩耗などの軽微な劣化が確認された程度であった。ポンプ設備・電気及び監視操作制御設備については、発錆、水漏れ、動作不良等が生じているだけでなく、耐用年数を超過しているため交換部品の製造中止（部品の陳腐化）が確認され、そのため突然の故障により重大な事故や設備全体の機能停止につながる状態である。特にポンプ設備は、老朽化の進行が著しく、ポンプ羽根車の摩耗によるポンプ吐出能力の低下、仕切弁の作動不良による漏水、用水の逆流によるポンプの緊急停止等の不具合が発生している状況であった（図-3）。

以上より、本事業では、土木施設については継続使用とし、ポンプ設備・電気及び監視操作制御設備については更新により機能を回復し施設の長寿命化を図る整備計画としている。



図-3 ポンプ設備の劣化状況一覧表

5. 基本事項の検討

(1) 最大揚水量

事業計画における本揚水機場掛かりのかんがい面積505.68haの計画用水量より最大揚水量は代播期の $Q=0.304\text{m}^3/\text{s}$ である（図-4）。

なお、本揚水機場のかんがい面積については、農地の公共転用等により、造成時の520haから505.68haに減少している。また、最大揚水量については、かんがい面積の減少と併せて営農計画の見直しに伴い $0.353\text{m}^3/\text{s}$ から $0.304\text{m}^3/\text{s}$ に減少している。

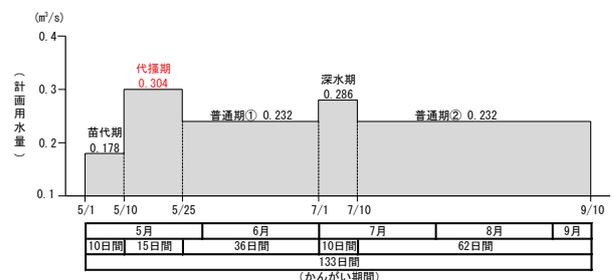


図-4 計画用水量
(今金北地区：鈴岡揚水機場掛かり)

(2) 計画吐出し量

ポンプの計画吐出し量は、期別用水量の変動に応じて効率的な運転となるよう吐出し量の組合せを決定する。吐出し量の組合せは、土木施設（吸込水槽・ポンプ室上屋）は既設利用することから、ポンプ台数は既設と同じ2台とし「①案：同一口径」と「②案：異口径」の両者について比較検討した。

なお、②案の吐出し量の組合せは、1台当たり

の吐出し量は効率的な運転となるよう吐出し量の組合せを決定することとし、最も頻度の高い普通期の揚水量（常時揚水量：雨有10カ年普通期最大の $Q=0.213\text{m}^3/\text{s}$ ）を1台目の吐出し量とし、最大揚水量から普通期の揚水量を差し引いたものを2台目の吐出し量とした（図-5）。

最大揚水量	0.304 m^3/s	①計画最大揚水量(雨無基準年最大)
1台目	0.213 m^3/s	②常時揚水量(雨有10カ年普通期最大)
2台目	0.091 m^3/s	①-②

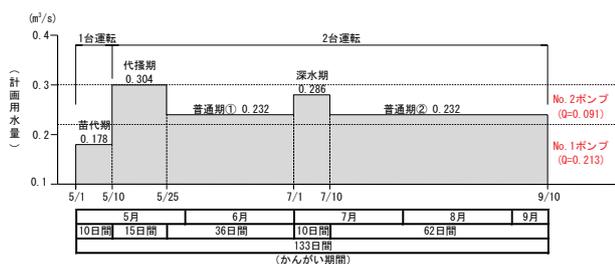


図-5 計画用水量と運転台数
(計画吐出し量の組合せ)

前述より、ポンプの計画吐出し量の組合せについて経済比較した結果、経済的に優位な「②案：異口径」を採用した（表-2）。

表-2 計画吐出し量の組合せと機器費用の比較

①案:同一口径		
ポンプ番号 (吐出し量)	機器仕様	価格(千円)
No.1ポンプ (0.152 m^3/s)	ϕ 300mm両吸込渦巻ポンプ	12,000
	160kW 巻線形4P 6000V	22,000
No.2ポンプ (0.152 m^3/s)	ϕ 300mm両吸込渦巻ポンプ	12,000
	160kW 巻線形4P 6000V	22,000
合計		68,000

②案:異口径		
ポンプ番号 (吐出し量)	機器仕様	価格(千円)
No.1ポンプ (0.213 m^3/s)	ϕ 350mm両吸込渦巻ポンプ	13,000
	220kW 巻線形4P 6000V	27,000
No.2ポンプ (0.091 m^3/s)	ϕ 250mm両吸込渦巻ポンプ	8,500
	110kW 巻線形4P 6000V	16,000
合計		64,500

以上より、各ポンプの計画吐出し量は、次のとおりとする。

- ・ No.1 ポンプ：0.213 m^3/s (12.78 m^3/min)
- ・ No.2 ポンプ：0.091 m^3/s (5.46 m^3/min)

(3) 主ポンプ形式

主ポンプの形式は、軸形式・機種形式・据付形式の組合せで表され、この組合せの中から立地条件や全揚程・吸込性能・信頼性・維持管理性及び経済性等について総合的に評価し形式を選定する。

1) 軸形式

軸形式は横軸形・立軸形・斜軸形に分類され、一般的に揚水機場では横軸形と立軸形が多い。本揚水機場の場合、立軸形と斜軸形では、既設利用する吸込水槽の改修が必要になることから、既設と同じ「横軸形」を選定した。

2) 機種形式

機種形式は、設計基準ポンプ場より全揚程と軸形式によって異なる。本揚水機場は、全揚程が70m（高揚程）であること、軸形式が横軸形であることから機種形式は「渦巻ポンプ」を選定した（図-6）。

表-5、19(b)-参 高揚程ポンプの概略全揚程

機種形式 \ 軸形式	横軸ポンプ	立軸ポンプ
	斜流ポンプ	—
渦巻ポンプ	15m以上	15m以上

注) 表の数値は、概略の設計点 (=計画点) 全揚程を示す。

図-6 軸形式と機種形式
(設計基準ポンプ場より抜粋)

3) ポンプ口径及び形式の決定

ポンプ口径とポンプ形式は、軸形式が横軸形式としたことを踏まえ、計画吐出し量の組合せ結果と後述する計画全揚程（70m）より、設計基準ポンプ場の高揚程渦巻ポンプ適用線図から選定する（図-7）。

選定の結果、No.1 ポンプ形式は「横軸両吸込単段」となる。No.2 ポンプ形式は「横軸片吸込多段」の範囲ではあるが、次の理由より「C横軸両吸込単段」を選定した。

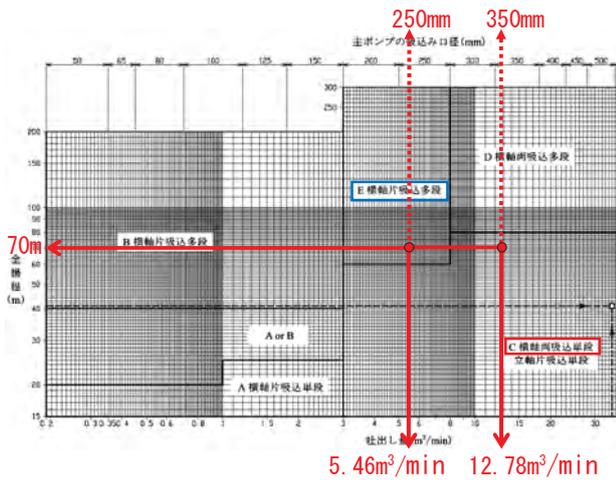


図-7 高揚程渦巻ポンプ適用線図：50Hz（抜粋）

① 片吸込と両吸込

- 両吸込形は、羽根車の片側に入る流量が1/2となる分、吸込性能（キャビテーション）が片吸込形より優れる（図-8）。
 - 片吸込形は、ポンプで発生した圧力水頭が羽根車を軸方向に動かそうとするスラスト荷重が発生するが、両吸込は左右が対称となっているので相殺され理論的には発生しない。スラスト荷重は、片吸込形>両吸込形により、スラスト荷重を受ける軸受や、スラスト荷重を低減するバランスー等の構造が両吸込形の方が簡略化される。
- 以上より、両吸込の方が性能及び耐久性に有利である。

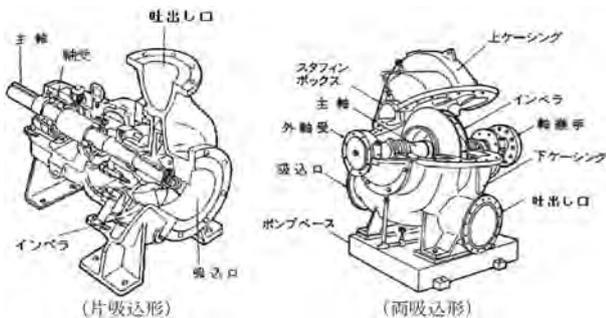


図-8 片吸込形と両吸込形の構造

② 多段と単段

- 多段ポンプ（図-9）は、高い全揚程に対し

てインペラの枚数を増やした構造であるため、ケーシング内部の流路形状が複雑になる分、ケーシング内部での流れ損失が生じ、単段に比べてポンプ効率が低くなる。

- 多段の方が、構造や部品構成が複雑となる分、メンテナンス性が単段より劣る。
- 以上より、単段の方がポンプ効率がよく、構造が簡単で維持管理に有利である。



(片吸込多段ポンプ) (両吸込単段ポンプ)

図-9 多段ポンプと単段ポンプの外観

③ 経済性

本揚水機場の流量及び揚程の場合、両吸込単段の方が価格は安い。

- 片吸込形多段ポンプ：13,700千円
- 両吸込単段ポンプ：9,400千円

以上より、各ポンプ口径と形式は次のとおりとした。

- No.1 ポンプ：φ350mm横軸両吸込単段渦巻ポンプ
- No.2 ポンプ：φ250mm横軸両吸込単段渦巻ポンプ

6. 詳細事項の検討

(1) 主ポンプの設計

1) 計画吸込水位及び計画吐出し水位

計画吸込水位は、取水地点の堰上げ水位から吸込水槽までの導水諸損失水頭を差し引いた値とする。計画吐出し水位は、鈴岡ファームポンドの越流壁に越流水深を加えた水位とする。

- 計画吸込水位：WL 55.78m
- 計画吐出し水位：WL 122.30m

2) 計画全揚程

計画全揚程は、計画実揚程に主ポンプまわりの配管と機場から鈴岡ファームポンドまでの送水管路の各損失水頭を加えた値とする。なお、ポンプ吐出し量の異なるポンプを並列する場合は、一方が吐出し量不足とならないよう計画全揚程は大きい方にあわせる。

$$\begin{aligned} \text{計画実揚程} &= \text{計画吐出し水位} - \text{計画吸込水位} \\ &= 122.30 - 55.78 \\ &= 66.52\text{m} \end{aligned}$$

- 各損失水頭：表-3より、
No.1 ポンプ=3.20m
No.2 ポンプ=3.26m→[採用値]

表-3 各損失水頭の計算

損失の種類	No.1ポンプ	No.2ポンプ	備考
場内配管	流入	0.07m	0.05m
	湾曲	0.13m	0.09m
	摩擦	0.53m	0.61m
	弁類	0.26m	0.21m
	漸拡	0.07m	0.16m
	急拡	0.11m	0.12m
	合流	0.05m	0.04m
屈折	0.03m	0.03m	
送水管路	1.95m	同左	機場～鈴岡F P
合計	3.20m	3.26m	

$$\begin{aligned} \text{計画全揚程} &= \text{計画実揚程} + \text{各損失水頭} \\ &= 66.52 + 3.26 \\ &= 69.78 \\ &\approx 70\text{m (決定値)} \end{aligned}$$

(2) 主ポンプ駆動用原動機的设计

1) 原動機形式の種類

原動機は電動機と内燃機関に大別され、揚水機場の場合は運転時間が長く平常時は決められたパターンで運転されるため、電源の安定供給が受けやすい場合は操作が簡単で経済的な電動機が一般的である。電動機の種類は、交流電動機と直流電動機に分類され、構造が簡単であること、取り扱

いが容易であること、価格が安価等の利点から三相誘導電動機が最も多く用いられている（図-10）。

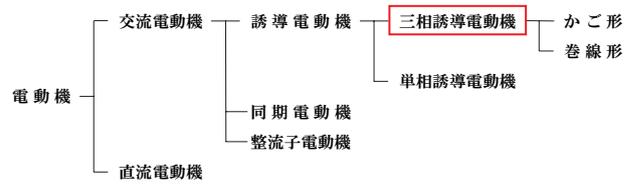


図-10 電動機の種類

三相誘導電動機の中にはかご形電動機と巻線形電動機がある（図-11）。かご形電動機は小容量から大容量まで広く適用されているが、始動電流が大きい（定格電流の5～7倍）ことから、電力会社の送電線路の事情によるが、大容量になると、電圧降下やフリッカ現象を引き起こすため対策が必要となる。一方、巻線型はかご形に比べて構造が複雑で価格も高いが、始動電流が小さい（定格電流の1～1.5倍）ことから、大容量の場合に採用されることが多い。

解説表 5.6 回転子構造による分類(参考)

項目	かご形	巻線形
構造	簡単	やや複雑
保安	簡単	やや複雑
始動電流	大(定格電流の500～700%)	小(定格電流の100%)
始動トルク	25～100% (ただし、始動電流による電圧降下でトルクも低下)	100%
始動方式	直入始動又は減電圧始動	二次抵抗始動
許容始動頻度	(電動機で発生する熱は電動機内部に蓄積されるため、許容頻度が少ない)	(外部の二次抵抗器で放熱されるため、許容頻度が多い)
寸法・重量	電動機本体は、巻線形のほうがかご形に比べ若干大となる。	

注：かご形の始動電流は直入始動の場合（トップランナーモータを含まず）。

図-11 かご形電動機と巻線形電動機の特質比較

2) 電動機形式の決定

電動機の形式は、既設と同じ巻線形電動機（金属抵抗による二次抵抗始動方式）と、巻線形よりも電動機本体の価格が比較的低価なかご形電動機の両者について比較検討する。なお、かご形電動機の始動方式については、電力会社へ送電線路の事情を確認した結果、電圧降下対策としてリアクトルやコンドルファといった減電圧方式では対策として十分な効果がないことから、インバータ始動方式（VVVF始動）とした。

比較検討の結果、かご形よりも経済的な巻線形電動機を採用した（表-4）。

表－4 電動機形式の比較検討

型式	工事費	判定
巻線形電動機	① No.1巻線形電動機(220kW) = 24,100 千円	○ (採用)
	② 同上始動用金属抵抗器 = 13,000 千円	
	③ No.2巻線形電動機(110kW) = 14,000 千円	
	④ 同上始動用金属抵抗器 = 6,000 千円	
	⑤ 高圧受電盤:1面 = 10,000 千円	
	⑥ 主ポンプ動力盤:2面 = 18,000 千円	
	計 85,100 千円	
かご形電動機	① No.1かご形電動機(220kW) = 17,100 千円	
	② 同上高圧インバータ盤 = 67,000 千円	
	③ No.2かご形電動機(110kW) = 7,100 千円	
	④ 同上高圧インバータ盤 = 51,000 千円	
	⑤ 高圧受電盤:1面 = 10,000 千円	
	⑥ 主ポンプ動力盤:2面 = 24,000 千円	
	計 176,200 千円	

3) 電動機定格出力の決定

電動機の定格出力は、「土地改良設計基準 ポンプ場」 p 254で求めた値から、JISに示す推奨値より決定する (図-12)。

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{60 \times 1,000 \cdot \eta_p \cdot \eta_g} \cdot (1+R) = \frac{0.163 \cdot Q \cdot H}{\eta_p \cdot \eta_g} \cdot (1+R)$$

ここに、 P : 主原動機の出力 (kW)
 ρ : 密度 (水の単位体積当り質量、常温清水の場合は 1,000 (kg/m³))
 g : 重力の加速度 (9.8m/s²)
 Q : 主ポンプの吐出量 (m³/min)
 H : 主ポンプの全揚程 (m)
 η_p : 主ポンプの効率 (表-6.11~表-6.20 による)
 η_g : 減速機伝達効率 (表-6.21 による)
 R : 主原動機の余裕係数 (%) $\times \frac{1}{100}$

解説表5.11 定格出力の推奨値(JIS C 4213:2014より抜粋)

定格出力(kW)
15, 18.5, 22, 30, 37, 45, 55, 75, 90, 110, 132, 150, 160, 185, 200, 220, 250

図-12 電動機出力算定式と定格出力推奨値

以上より、各電動機の形式と定格出力は次のとおりとした。

- No.1 巻線形電動機：定格出力 220kW (203.6kW)
 - No.2 巻線形電動機：定格出力 110kW (94.0kW)
- ここに、() は計算値を示す。

4) 電源電圧の決定

電動機の電源電圧は、一般的に定格出力が大きくなるほど高くなる。定格出力と電源電圧の関係から製作可能な範囲は下図のとおりである (図-13)。本農場の場合、電動機の定格出力は220kWと110kW

であるが、電源電圧3,000Vと6,000Vのいずれも製作できる範囲にあてはまることから、変電設備(変圧器)との組合せによる経済比較より、電源電圧は6,000Vを採用した(表-5)。

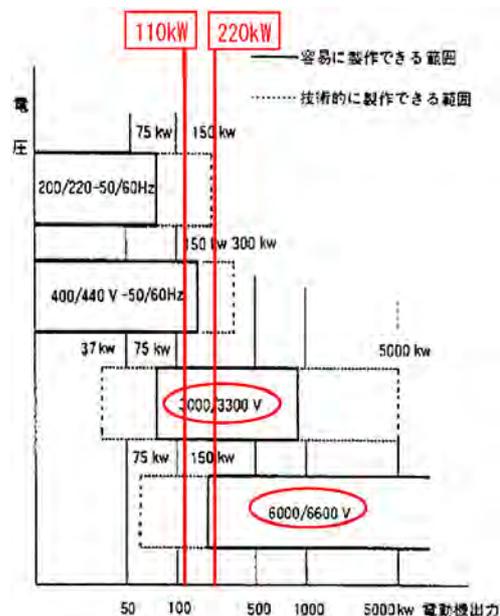


図-13 電動機出力と電源電圧の関係図

表-5 変圧器との組合せによる経済比較

電圧	工事費	判定
3000V	No.1 電動機：220kW(3kV/50Hz) = 18,200 千円	
	No.2 電動機：110kW(3kV/50Hz) = 12,000 千円	
	変圧器：6kV/3kV = 15,000 千円	
	45,200 千円	
6000V	No.1 電動機：220kW(6kV/50Hz) = 22,900 千円	○ (採用)
	No.2 電動機：110kW(6kV/50Hz) = 16,500 千円	
	39,400 千円	

7. まとめ

今回の設計検討での大きな変更点は計画吐出し量、電動機の定格出力及び電源電圧である。それぞれの変更理由について簡単にまとめる(表-6)。

- 計画吐出し量の減少については営農計画の見直しにより、必要水量が減少したためである。
- 電動機の定格出力の減少については、No.1ポンプの計画吐出し量の減少に伴うものである。
- 原動機の電源電圧は電力会社から供給される高圧受電の標準電圧が6,000Vのみであり、3,000V

の原動機を設置する場合には変圧器が必要となる。原動機本体の工事費は6,000Vより3,000Vの方が安価となるが、変圧器を考慮した工事費の経済比較から6,000Vが安価となったため、今回の更新では6,000Vとした。

- ・他の検討事項は、土木施設を既設利用すること、経済性等の理由から、現況のポンプ施設との大きな変更点はなかった。

【参考文献】

- 1) 国営土地改良事業今金北地区事業計画書
(北海道開発局)
- 2) 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説
設計「ポンプ場」平成18年3月
(農林水産省農村振興局整備部設計課監修)

表-6 計画ポンプ諸元

ポンプ番号	No.1	No.2
台数	1台	1台
計画吐出量	0.213m ³ /s (12.78m ³ /min)	0.091m ³ /s (5.46m ³ /min)
ポンプ形式	横軸両吸込単段 渦巻ポンプ	横軸両吸込単段 渦巻ポンプ
口径	φ350mm	φ250mm
全揚程	70m	70m
原動機形式	巻線型 三相誘導電動機	巻線型 三相誘導電動機
原動機出力	6000V-220kW-4P	6000V-110kW-4P
操作方式	自動ON-OFF制御(水位幅一定制御)	

8. おわりに

今後、道内において、これまで設置された数多くの既設ポンプ場が老朽化し更新時期を向かえることになるが、その時点で様々な課題が発生し、その解決策が求められることになる。今回の設計例を活用するとともに、今後開発される新技術等により、想定される問題に対して、より合理的に解決が図られていくことを期待する。

9. 謝辞

本稿は、函館開発建設部函館農業事務所よりご発注いただきました業務成果から報告したものです。

本稿をまとめるにあたり、ご協力いただいた函館開発建設部函館農業事務所の関係各位に心よりお礼申し上げます。

最後に、本稿提出の機会を与えて下さった北海道土地改良設計技術協会に感謝申し上げます。

(サンスイコンサルタント(株) 北海道支社
技術第3グループ 上級技師)

芽室川西地区におけるファームポンドの設計事例報告

石田 暢士

1. はじめに

本地区は、帯広市及び芽室町に位置する20,623haの農業地帯において、かんがい施設を整備する事業である。近年の水需要の変化に対応した用水再編により新たに帯広区域の畑地かんがい用水を確保し、施設整備を図るとともに、前歴芽室地区で整備された用水路や美生ダムの管理施設等の整備を行うものである。本報告では、新たに整備される帯広区域のかんがい施設のうち、配水系管路の起点に設けられる調整施設（ファームポンド）の設計事例を報告する。

2. 地区の概要

帯広区域（受益面積A=8,839ha）は、地区内の受益標高、ブロック面積、農事組合エリアなどを踏まえ、図-1に示す4つのかんがいブロックに分割されており、それぞれに調整施設であるファームポ

ンドの設置が計画されている。

かんがいブロックは、南西区域から北東区域の順に南かわにし、西かわにし、東かわにし、北かわにしブロックと称し、ここでは本地区内で最も標高の高い受益地を有する南かわにしブロックに設置される“南かわにしファームポンド”の設計事例を主とし、一部の項目で“北かわにしファームポンド”の事例を補足として掲載する。

南かわにしファームポンドは、帯広区域内で最初に設計される調整施設であり、帯広区域内のかんがいブロックにおいて、唯一“末端加圧エリア”が設定されているブロックである。

2. ファームポンドの設計内容

畑地かんがい用のファームポンドには、地区の末端かんがい施設に対する圧力確保の必要性から設置標高が最も重要となり、選定場所の地形条件などから施設構造条件を選定する必要がある。

(1) 施設の役割

1) ファームポンドの機能

パイプラインの調整施設には、取水量、通水量、需要量調節を図ることを目的とした“調整池”と、供給と需要の時間差を調整することを主目的とした“ファームポンド”がある。

畑地かんがい地区に設置されるファームポンドは、調整池の調整容量のうち、「需要供給量差の時間差調整を行う容量」を基本機能として計画されている場合が多く、本地区も同様に送配分離を原則とし、送水系と配水系の接点に送配時間差調整を行う機能を持たせたファームポンドを設置した。

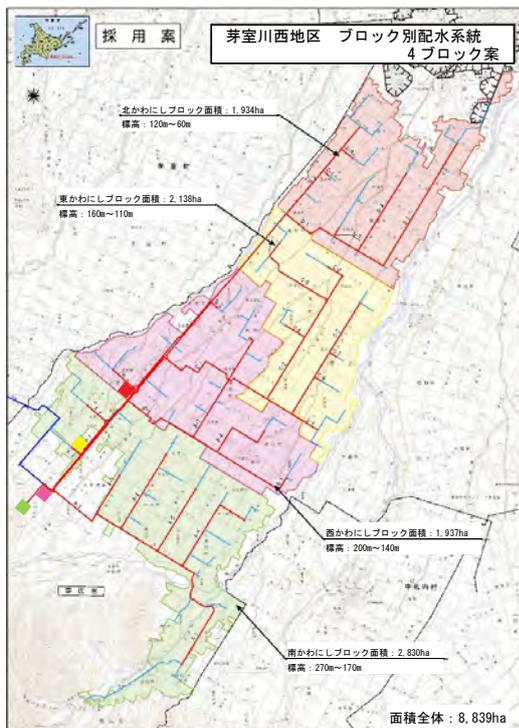


図-1 かんがいブロックの分割

2) ファームポンドの役割

本地区の送水系用水路には、水理的な安定性と管路の安全性の確保から、セミクローズドタイプのパイプライン形式を採用（下流調圧施設におけるゲート操作による通水量の調整を実施）した供給主導の水管理（送配分離）が行われ、需要主導となる配水系用水路との接点には、時間差調整を図る施設が必要となる。

また、それ以外に、“ほ場レベルにおける水利利用の自由度の確保、多目的利用の用水量の確保、用水の管理損失の軽減を図る”ための役割を持たせる場合もあるが、本地区の水利計画から、特定の時間帯に水需要が集中する恐れがないこと、加圧エリアが小さくポンプ運転などの水位変動に対する制御機能を有する必要がないことなどから、それらの役割を持たせていない。

(2) ファームポンドの設置位置

1) ファームポンドの必要水位

ファームポンドで確保する水位は、地区の末端かんがい施設で必要な水頭を確保できる高さとしなければならない。

本地区の末端かんがい施設は、多孔管を利用した散水かんがい施設の導入が計画されており、一部では近隣地域で使用している自走式散水かんがいも行えるよう、配水系管路の損失を踏まえ、分岐位置における必要圧力を $6.3\text{kg}/\text{cm}^2$ （概ね 0.62MPa ）確保することとなっている。

2) 設置候補地の選定と設置位置

南かわにしファームポンドは、 $GL=270\sim 170\text{m}$ の受益地標高の農地を受持つ施設であり、最も高い標高の分水栓計画位置においても有効圧が確保できるよう、配水系水力計算の試算を行って $LWL=302.50\text{m}$ （施設設置の目標基礎標高は、 $GL=302\text{m}$ ）を確保した。

ファームポンドの設置位置は、目標基礎標高に施設の安定性を考慮して2m程度の根入れを見込

み、 $GL=304\text{m}$ 以上が確保できる位置（図に示す赤線）を地域の地形図から選定した。その結果を図-2に示す。

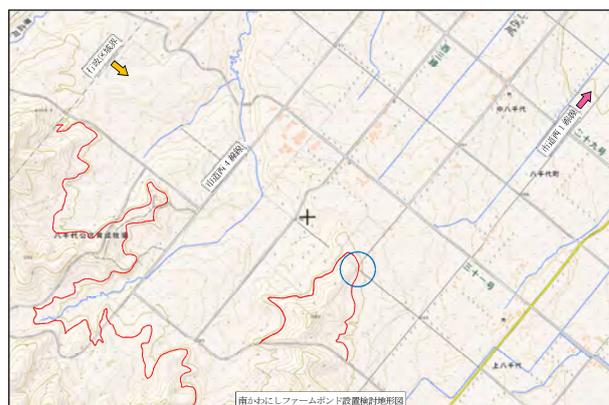


図-2 設置候補地

① 事業計画の妥当性

配水する配水系管路の起点となるファームポンドの設置位置は、配水系路線延長を短くして管路工事費を軽減する目的などから、基本的に受益地に近い位置が選定される。事業計画においても図-2に示す青丸位置が選定されており、設置位置は妥当と判断した。

② 実施設計の選定位置

概定された位置における現況状況（土地利用状況や地盤標高状況など）を図-3に示す。

この位置付近では、施設設置が可能な場所は2箇所選定され、それぞれの配置案（①：道路左上側に配置する案、②：道路右下側に配置する案）に対し、表-1に示した条件と経済性から、傾斜地内ではあるが、管路配置条件、草地の潰れ地面積、経済性から①案の位置に決定した。

表-1 ファームポンド設置位置の比較

項目	① 道路左上側ほ場	② 道路右下側ほ場
立地条件	約17°の傾斜を有する傾斜地内配置のため、片切り盛断面草地+笹+林	約5°の傾斜を有する平坦地で地盤標高が低いため、盛土断面草地
土地制約条件	草地は道管草地畜産基盤整備事業区域（ただし、実草地範囲外に配置）	特になし
施設安定条件	FPの一部で最低根入れ(2.0m)部分あり	施設全体で根入れが2-3mと浅い
管路配置条件	全ての管路の配置延長が短い	全ての管路の配置延長が長い
維持管理条件	管理用道路は短い勾配が最大10% 電柱配置延長は短い	管理用道路は長い勾配は緩い 電柱配置延長が長い
草地潰れ地面積	なし	約3460㎡（法尻から1m範囲）
経済性	5,700万円（工事費）	6,100万円（工事費）

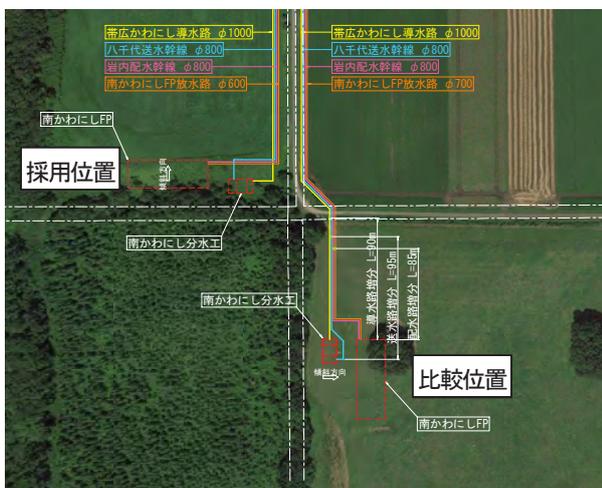
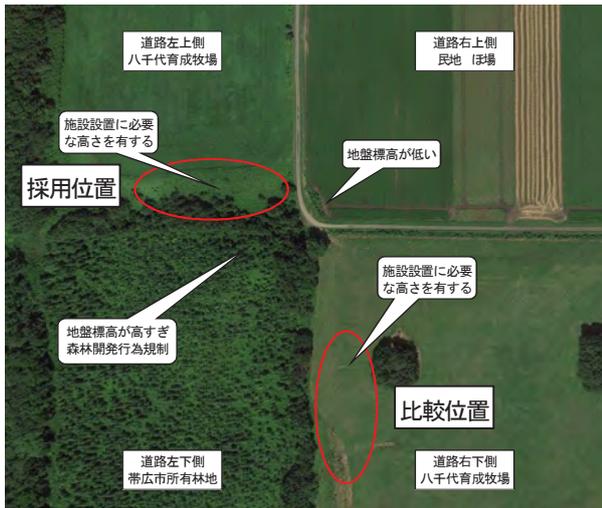


図-3 ファームポンド設置位置の現況

(3) ファームポンドの構造形式

1) ファームポンドの構造

ファームポンドは、設置形態から“地上式、掘込式、地下式”に、構造形式や主材料から“PC構造、RC構造、鋼製タンク、ライニング構造”などに分類されている。

① 設置形態

ファームポンドは、機能上、時間差調整容量が多くなるため、比較的大規模な土木構造物となる。

本地区のファームポンド容量は2,300~3,400m³とかなり大きな構造物となる。また、かんがいが始まる3月11日頃は、積雪が残っているため維持管理が容易ではないこと、非かんがい期間

中も配水系管路からの許容漏水量分は貯留しておくこと、ファームポンドに特別な機能（収納や氷室など）を持たせていないことなどから、貯水した状態で越冬することとなる。

ファームポンドは、設置形態による分類の指定はないが、施設規模の大きさや施設の支持力の確保、越冬のための防寒対策が可能な形態が最優先となることから、掘込式か地下式の選定が有利である。

② 構造形式

ファームポンドの構造分類は、以下の様に分けられる。

【上部開放型】

- ・ライニング構造：ゴムシート、アスファルト、コンクリートのライニング
- ・RC構造：擁壁構造、フルーム構造
- ・PC構造：PCタンク（ドームなし）

【上部非開放型】

- ・ライニング構造：ゴムシート、アスファルト、コンクリートのライニング＋屋根付
- ・RC構造：擁壁構造、フルーム構造＋屋根付
隔壁構造、フラットスラブ構造
- ・PC構造：PCタンク（ドームあり）

前記のうち、上部開放型及び非開放型の屋根付きは、凍結等の問題から道内で採用されている事例は少なく、事業計画においても選定から除外されている。

③ 構造形式の選定

ファームポンドの構造形式は、事業計画における検討結果（隔壁構造、フラットスラブ構造、PCタンク構造）を踏まえ、南かわにしファームポンドにおける設置場所の地形及び用地制約条件から、配置が困難な円形構造のPCタンクを除

外し、隔壁構造を2ケース（BOX構造と梁+柱構造）とフラットスラブ構造の計3ケースを比較して採用形式を決定した。

比較結果を表-2に示す。この結果から、南かわにしファームポンドには、貯水施設としての空間利用性が高く経済的に有利な「フラットスラブ構造」を採用した。

④ 二次製品化の検討

南かわにしファームポンドの構造形式の決定を持って、本地区のファームポンド構造形式は、残りの3箇所もフラットスラブ構造形式が有利となることが予想されるが、近年では土木構造の二次製品化が進み、品質の良い施設の建設や施工の省力化を図った事例も多くなっている。

南かわにしファームポンドをフラットスラブ構造とする場合、頂版コンクリート打設前に4,000m³を越す支保工を組まなければならことから、蓋の二次製品化を検討し、工期の短縮とコスト削減になるかを検証した。

検証結果は、最も時間がかかる支保工設置・

撤去の作業班が1班体制では、日当たり標準作業量（27空m³/日）よりファームポンド片側で120日が必要となる、全体的には、プレキャスト化した場合（115日程度）と比べて全工事期間が約1.9倍の214日程度かかる結果となったが、作業班数を増せば工事期間に大きな差が生じないことや、概算工事費では圧倒的に現場打ちの方が有利である結果も得ている。また、蓋だけの二次製品化では、側壁構造に大きな負担（部材厚や鉄筋の増など）がかかる。

よって、南かわにしファームポンドは、経済性を重視して現場打ちコンクリート施設として設計した。

なお、令和元年度に実施した北かわにしファームポンドの設計では、全体的なプレキャスト化の検討も行っており、その結果、二次製品施設では工事工程は短くなるものの、工事費で不利（約5,700万円差）となっている。

このことから、本地区で建設するファームポンドは、現場打ちで造るフラットスラブ構造が妥当と判断した。

表-2 ファームポンド構造形式の比較

	第①案 ボックスカルバート構造	第②案 梁+柱構造	第③案 フラットスラブ構造
参考図	内空寸法：B18.90m×L63.40m×H3.80m 	内空寸法：B18.90m×L61.00m×H3.80m 	内空寸法：B18.90m×L61.00m×H3.80m
概要	用地買収及び地形条件から、短辺内寸法の最大が19mであり、内空高から隔壁間隔を均等に4スパンとなる様に決定した。	第③案に準じて、柱間隔を決定した。但し、縦断方向は部材厚の面で経済的となる2.0m間隔として柱配置を決定した。	フラットスラブ構造で、一般的に経済的となる柱間隔5.0m程度を基本として柱を配置した。
施工性	隔壁が連続するため、土木構造が最も大きくなり、他案に比して施工日数が最も長く必要となることから、施工性が劣る。	フラットスラブ構造に比して柱本数が2.5倍必要で空間スペースが最も狭いことから、型枠や支保工の設置にやや難があり、施工性が若干劣る。	柱本数が少ない分、梁+柱構造と同様に空間スペースが広く取れる分、土木構造が最も小さい。施工実績も多く、施工日数も若干ではあるが短いため、施工性で有利である。
経済性	168,600 千円 (1.255)	140,700 千円 (1.048)	134,300 千円 (1.000)
総合評価	△ 経済性で劣る。	○ 経済性で中位である。	◎ 経済性でやや優位である。
備考	3案の中で、最も経済的に劣るため不採用とする。	フラットスラブ案と経済的に大差はないが、柱本数が90本と多く施工性が劣る。実際に詳細設計を行えば、底版に梁を渡さなければならないため、更に施工性が劣ることが考えられるため採用を見合わせる。	梁+柱構造よりも若干、工事費が軽減される。前歴事業でも多数の実績があり、柱本数が少ない分施工性はやや優位である。経済性及び施工性からフラットスラブ構造を採用する。

3. 配水系かんがい施設の耐震設計

(1) ファームポンドの耐震設計

ファームポンドの耐震設計は、土地改良事業設計指針「耐震設計」（平成27年5月）に準じ、RC構造の重要度区分から耐震設計のフロー図に基づき選定すると、重要度区分C種となって耐震設計を行わなくても良い構造物に選定される。

ただし、南かわにしファームポンドの立地条件から、長辺方向の条件が図-4に示すとおり、左側側壁部が地表面下の埋戻し形状、右側壁部が地表面上の盛土形状となることから、地震時には盛土側の土圧が構造物に作用しなくなるケースが発生するため、安全側に盛土土圧を作用させないケースで施設左側から右側に向けて地震動を加えたケースを検証した。なお、地震動はレベル1とした。

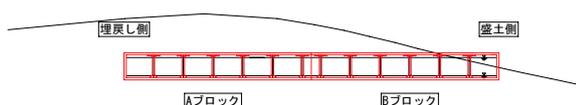


図-4 長辺方向のファームポンド設置条件

(2) 配水管路の耐震設計

管路の耐震設計もファームポンドと同様に重要度区分から選定すると、配水幹線用水路（ファームポンドから配置する配水系管路）はC種となって耐震設計を行わなくても良いパイプラインに選定される。

(3) 配水管路事故による用水の流出対策

管路本体の耐震設計は行わなくて良くても、配水管路に異常（漏水）が発生すると構造的にはファームポンドに溜まったかんがい用水が全て排水される危険があり、3,400m³を超える水が流出した場合、管路埋設位置の被害は甚大となることが予想される。

このため、配水幹線の起点部には、管路漏水に対する二次被害を軽減する目的で「緊急遮断弁」を設置することとした。

① 緊急遮断弁の選定

緊急遮断弁には、前歴地区で採用が多い“フローセンサー付きトリガーバルブ”の他、遮断方式がゲートのものやバルブでも自動で弁体が下降するものなど、近年では仕様も増えてきている。

フローセンサー付きトリガーバルブは、無電動で作動する機構であることから、後付けされた前歴地区ではこの仕様しか採用できない場合が多かった。

本地区の緊急遮断弁には、水管理設備の設置を含めて電動型の採用も可能なことから、その他の種類も含めて検討した。

比較検討は、以下の条件で行った。

- ・弁室型と2床型の2種類とする
- ・フローセンサーと電動の2種類とする
- ・電動式では、上屋を見込む

比較バルブは、以下のとおりとした。

- Aタイプ：フローセンサー付きトリガーバルブ（前歴事業使用タイプ）～弁室型
- Bタイプ：電動式トリガーバルブ（上記の電動版）～弁室型
- Cタイプ：電動式急閉制水扉～2床型
- Dタイプ：電動式急閉弁扉～2床型
- Eタイプ：電動式トリガーバルブ～2床型

② 緊急遮断弁の比較検討

上記に示した緊急遮断弁に対し、遮断方法や特徴、経済性などから緊急遮断弁を選定した。

比較条件は、以下のとおりである。

－A、Bタイプ－

このタイプは、弁室構造である。

弁室はファームポンド直下に設置され、附属としてファームポンド流出弁と共有した遮断弁及び遮断弁直下流の空気弁、水管理用の流量計を合わせた構造とする。

－C、Dタイプ－

このタイプは、2床型でファームポンドに直接設置される構造である。

緊急遮断用として付けたバルブやゲートがそのままファームポンド流出弁としての機能を共有するため、設置機器が最も少ない。ファームポンド直下には、水管理用の流量計室が設置される。

－Eタイプ－

このタイプは、2床型でファームポンドに直接設置される構造である。

緊急遮断用として付けたバルブは水没可能であるが、そのままファームポンド流出弁としての機能を共有できないため、ファームポンド直下には、流出弁と水管理用の流量計室を合わせた弁室が設置される。

各タイプの比較結果を表－3に示す。この結果から、経済性ではAタイプとDタイプが有利でその差に大きな違いはないが、Aタイプは以下の点でDタイプに劣ることから、岩内幹線の起点部（南かわにしファームポンド）には、Dタイプの「電動式急閉弁扉を緊急遮断弁」を選定した。

○弁室型であることから、通常流出弁の維持管理にも施設高が高い弁室内への出入りが生じる

○弁室内は機器環境が悪く、水没などを起こし易く早期劣化も懸念される

○自動で遮断するが確実性が乏しく、設定に委ねられ、遮断の確実性がない

○遮断してしまうと、人力で開放する必要があり維持管理労力がかかる

③ 緊急遮断弁の作動条件

緊急遮断弁は、以下の条件で作動する設計とした。

- ・過渡流量流下条件
- ・危険水位条件

過渡流量の設定方法には特に決まりはないが、計画最大通水量以上に設定しても、頻繁に作動することを回避する必要がある。このため、過渡流量の設定値は、漏水に起因する遮断であることを踏まえ、各ブロックの配水系管路全線の許容漏水量を目標にすることとした。

各ブロックの許容漏水量計算（基本設計業務で整理された管径別延長より）結果から、全漏水量は概ね計画最大通水量の1.31～1.51倍の結果を得た。このことから、過渡流量の設定は計画最大通水量の1.5倍とし、本設計における緊急遮断弁の過渡流量は、 $Q=0.517\text{m}^3/\text{s}\times 1.5\div 0.77\text{m}^3/\text{s}$ に設定した。

また、事故等が発生してから緊急作業を実施するまでの間、ファームポンドへの流入を下流に流下させない目的でファームポンドのLWLの下方に緊急遮断水位を設けることとし、ファームポンドのLWLと底版上面の死水深30cm以内で波浪などの影響から誤動作しないよう、LWL-0.20mの位置に設定した（WL=302.50m-0.20m=302.30m）。

4. 水管理施設とファームポンド

(1) ファームポンドの水管理施設

南かわにしファームポンドの設計業務では、水管理設備の概略検討を行っている。これは、水管理設備の設計が地区完了間際に行われることが多く、ファームポンドの施工後に水管理機器類の工事を行うと、施設にケーブル孔を開けるなどの行為により、思わぬトラブルが発生したり、機器類の配置に制約がかかる事態を解消するためである。

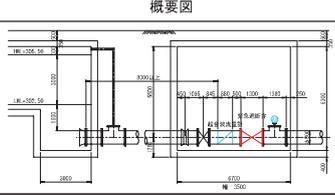
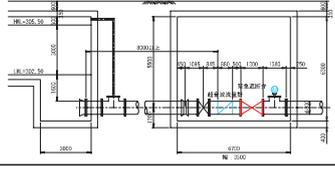
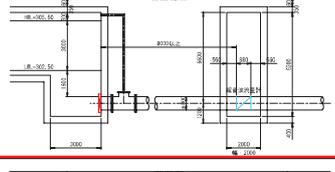
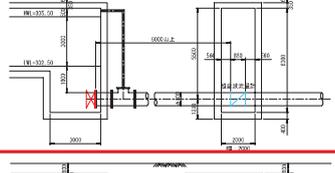
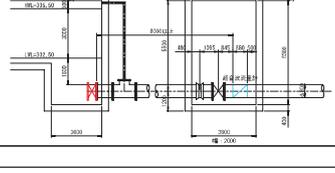
本地区の用水管理設備の模式案を図－5に示す。この図からファームポンドには、次の水管理設備の設置が予定される。

- ・監視設備等：水位計、緊急遮断弁制御盤
- ・水管理施設：受電設備、分電盤、制御盤

(2) 水管理施設の扱い

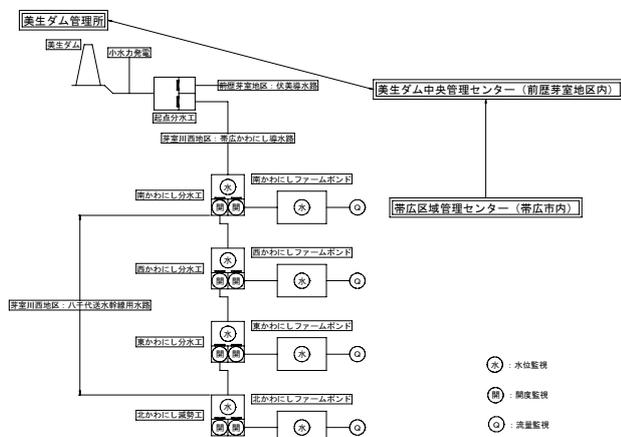
上記の設備には、ファームポンドの躯体削孔や

表-3 緊急遮断弁形式の比較

型式	概要図	遮断方式	道内採用事例
Aタイプ:弁室型		過大流速を機械的に感知してロックを解除し、カウンタウエートにより緊急遮断する 本体は、横軸バタフライ弁形式 機械式流量感知機との組み合わせ	帯広管内 網走管内
Bタイプ:弁室型		流量計や地震計などの検知機器による電気的な信号によりロックを解除し、カウンタウエートにより緊急遮断する(電動は復帰のみ) 本体は、横軸バタフライ弁形式 設置調整が簡単で容易である	-
Cタイプ:2床式		流量計や地震計などの検知機器による電気的な信号によりロックを解除し、軽微なカウンタウエートにより緊急遮断する 本体は、制水扉形式 設置調整が簡単で容易である 止水はメタルタッチ	西網走地区 (樺中)
Dタイプ:2床式		流量計や地震計などの検知機器による電気的な信号によりロックを解除して遮断する 本体は、外ねじ式仕切弁形式 設置調整が簡単で容易である	-
Eタイプ:2床式		流量計や地震計などの検知機器による電気的な信号によりロックを解除し、カウンタウエートにより緊急遮断する 本体は、立型バタフライ弁形式 設置調整が簡単で容易である	-

型式	長所/短所	概算工事費	判定
Aタイプ:弁室型	<p>一長所</p> <ul style="list-style-type: none"> 電源が不要なため維持管理費が不要 一般のバルブと同様にフランジ接合なので設置が容易 <p>一短所</p> <ul style="list-style-type: none"> 防水性と通気性の高い弁室が必要 作動検知が流速のみ 設定流速範囲が狭い 設定の変更には、部品交換が必要 維持管理が地下で、手動で復帰のため、時間と労力がかかる 流出用制水弁が別途必要 	<p>緊急遮断弁 15,850千円</p> <p>弁室 7,100千円</p> <p>その他弁類 3,700千円</p> <p>計 26,650千円</p>	<p>前歴国営地区で最も採用事例が多いタイプ</p> <p>弁室型では最も経済的で全体でも2位</p> <p>作動範囲が狭く、大きな漏水にしか対応できない</p> <p>システム構成上、電源が別のシステムで供給されていない場合や後付けの場合に採用されるケースが多い</p> <p>経済性 ○ 信頼性 △ 維持管理性 △</p>
Bタイプ:弁室型	<p>一長所</p> <ul style="list-style-type: none"> 電気式なので設定精度が高く、作動条件を複数選択可能 遮断設定条件の変更は容易 復帰は電動なので容易 一般のバルブと同様にフランジ接合なので設置が容易 <p>一短所</p> <ul style="list-style-type: none"> 防水性と通気性の高い弁室が必要 制御用操作盤が必要 維持管理が地下 流出用制水弁が別途必要 	<p>緊急遮断弁 15,350千円</p> <p>操作盤 7,250千円</p> <p>弁室 7,100千円</p> <p>その他弁類 3,700千円</p> <p>計 33,400千円</p>	<p>弁室型の信頼性を向上させたタイプ</p> <p>遮断方法の選択肢が増え、信頼性も向上する</p> <p>電動式のため維持管理が容易となるが、地下式のため出入りにやや難がある</p> <p>経済性 × 信頼性 ○ 維持管理性 △</p>
Cタイプ:2床式	<p>一長所</p> <ul style="list-style-type: none"> 電気式なので設定精度が高く、作動条件を複数選択可能 遮断設定条件の変更は容易 操作は、手動も電動も可能 維持管理が地上 流出用制水弁と兼用可能 <p>一短所</p> <ul style="list-style-type: none"> 比較的しっかりと上屋が必要 制御用操作盤が必要 メタルタッチのため、土木との取合いにやや難あり 	<p>緊急遮断ゲート 18,350千円</p> <p>操作盤 7,250千円</p> <p>上屋 5,000千円</p> <p>弁室 2,600千円</p> <p>計 33,200千円</p>	<p>操作場所を地上にして維持管理性を向上させ、バルブ機能を兼用して工事費縮減を考慮したタイプ</p> <p>前歴国営地区の実績もあり、信頼性と維持管理性は優れるが、遮断弁単体の費用が最も高く経済性では劣る</p> <p>経済性 × 信頼性 ○ 維持管理性 ○</p>
Dタイプ:2床式	<p>一長所</p> <ul style="list-style-type: none"> 電気式なので設定精度が高く、作動条件を複数選択可能 遮断設定条件の変更は容易 操作は、手動も電動も可能 流出用制水弁と兼用可能 一般のバルブと同様にフランジ接合なので設置が容易 維持管理が地上 比較的簡易な上屋が良い <p>一短所</p> <ul style="list-style-type: none"> 制御用操作盤が必要 	<p>緊急遮断弁 13,150千円</p> <p>操作盤 7,250千円</p> <p>上屋 700千円</p> <p>弁室 2,600千円</p> <p>計 23,100千円</p>	<p>操作場所を地上にして維持管理性を向上させ、バルブ機能を兼用して工事費縮減を考慮したタイプ</p> <p>道内実績はないが、経済性、信頼性、維持管理性全てに優る</p> <p>経済性 ○ 信頼性 ○ 維持管理性 ○</p> <p>芽室川西に採用</p>
Eタイプ:2床式	<p>一長所</p> <ul style="list-style-type: none"> 電気式なので設定精度が高く、作動条件を複数選択可能 遮断設定条件の変更は容易 操作は、手動も電動も可能 一般のバルブと同様にフランジ接合なので設置が容易 維持管理が地上 <p>一短所</p> <ul style="list-style-type: none"> 制御用操作盤が必要 比較的しっかりと上屋が必要 流出用制水弁が別途必要 	<p>緊急遮断弁 15,750千円</p> <p>操作盤 7,250千円</p> <p>上屋 5,000千円</p> <p>弁室 3,500千円</p> <p>その他弁類 3,100千円</p> <p>計 34,600千円</p>	<p>操作場所を地上にして維持管理性を向上させたタイプ</p> <p>信頼性、維持管理性は優位であるが、道内実績に実績もなく、経済性では最も劣る</p> <p>経済性 × 信頼性 ○ 維持管理性 ○</p>

基礎コンクリート設置などがともなうため、概略検討で必要となった機器類に必要な設備を実施設計に反映させ、ファームポンド施工後の水管理施設施工時に対する影響の軽減化を図った。



図一五 芽室川西地区の用水管理施設模式案

5. その他の工夫例

南かわにしファームポンドの設計業務では、その他の工夫として緊急遮断弁巻上機室に設置する上屋の簡素化（簡易的に組み立てられる仕様のプレハブ上屋）、南かわにし分水工のゲート操作室天井に設けたゲート設置・撤去用の開口部、バルブ類の設置・撤去が可能となるクレーンステージの確保などを行った。

実工事では、これらの工夫によりディスクバルブやゲートなどの設備や電気及び制御機器類の分離発注が可能となり、工事発注形態の多様性が確保された。

6. おわりに

ファームポンドの実設計は、平成年代の前半には数多く実施されていたが、近年では非常に少ないかんがい施設の1工種である。今回の設計では、地区内に設置される施設の最初の設計となり、今後実施される設計の見本となる成果を目指して実施した。

特にファームポンドの二次製品化は、コンクリート構造物の施工に対し、作業人員の不足や品質の向上などから有効な手段となるが、線の構造物では有利となる可能性が高いものの、点的構造物や標準化できない構造物では経済的に不利になるケースが多

い。今後、更なる人手不足や工期短縮が工事費の縮減に効果的に反映できるようになれば、ファームポンドの様な構造物も二次製品化が進むのではないかと考える。

緊急遮断弁の選定では、前歴整備施設の問題点（特に弁室の水没）を考慮して新しい形式の弁を提案出来たこと、用水管理設備の概略設計を行ったことにより、ファームポンドの本体工事で設置した方が効率的となる資材を選別し、必要な物や削孔箇所への配慮が可能となったことが有効であったと考える。

今後は、前歴施設の踏襲や横並びなどにとらわれず、施設の特徴や有利性、施工後の使い勝手や維持管理性などの向上に向けた設計を積極的に取り組んで行きたいと考える。

（株）フロンティア技研 技術部 部長

【参考文献】

- 1) 農林水産省：土地改良事業設計指針ファームポンド（1999）
- 2) 農林水産省：土地改良事業設計指針「耐震設計」（2015）
- 3) 北海道開発局：芽室川西（一期）地区 南かわにしファームポンド実施設計等業務報告書（2019）
- 4) 北海道開発局：芽室川西（一期）地区 用水路基本設計業務報告書（2019）
- 5) 北海道開発局：芽室川西地区 北かわにしファームポンド実施設計等業務報告書（2020）

既設構造物利用を考慮した合流工の設計事例

辻 輝樹

1. はじめに

むかわ町（図-1）では、主な作物である水稻と、水田の畑利用による小麦、大豆等の畑作物、キャベツ等の野菜類とを組み合わせた営農が展開されている¹⁾。

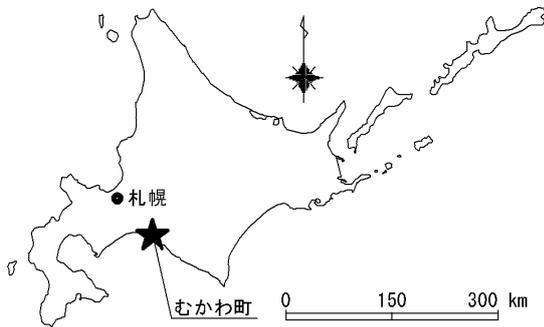


図-1 むかわ町の位置

この地域では、国営鶴川土地改良事業（昭和38年度～昭和45年度）及び国営鶴川沿岸土地改良事業（昭和46年度～昭和59年度）（以下「前歴事業」）により基幹的な用排水施設が整備された。現在、用水

施設は凍害によるひび割れや凍上による水路側壁の傾倒が発生し、農業用水の安定供給に支障を来している。また、排水施設は背面土の吸出しに伴う護岸の崩壊が進行し、近年の降雨量の増加や土地利用の変化に伴う流出量の増加等により排水能力が不足しており、湛水被害が発生するなど農業生産性が低下し、効率的な農作業に支障を来している¹⁾。

このため、平成26年度に国営かんがい排水事業「新鶴川地区」が着工された。この事業では、ダムや用水路のほか、田浦第2幹線排水路L=4.1km、田浦第1幹線排水路L=2.2km及び宮戸幹線明渠排水路L=1.3kmの計3条の基幹排水路の整備と宮戸北排水路L=1.4kmの新設を行う。

当社は、平成30年度に、これらのうち田浦第2幹線排水路のNo.18+0.00～No.28+0.00区間の測量調査、地質調査、設計を行った。この業務区間には合流工がある（図-2）。この合流工付近には橋梁工や支

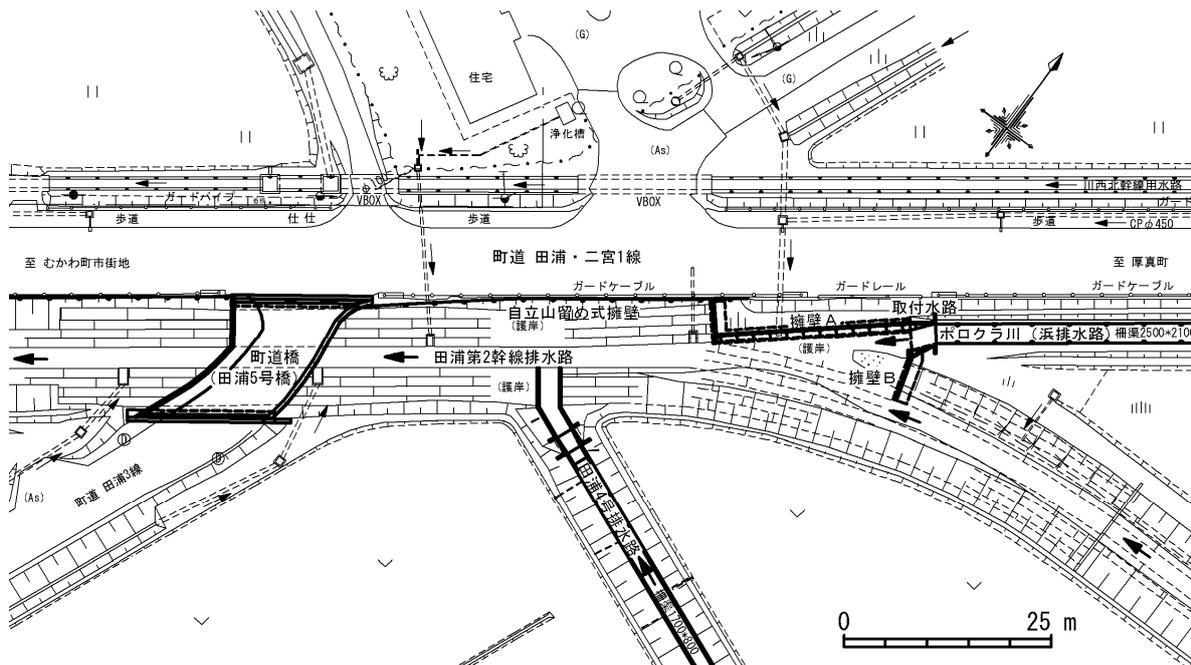


図-2 合流工付近の現況平面図

線排水路の流入など多種多様な構造物が密集して存在し、用地的な制約から町道の排水路側には自立山留め式擁壁が設置されている。そのため、これら既設構造物への影響も考慮しながら、コストの縮減や環境との調和に配慮した合流工の設計を行った。

本報では、既設構造物への影響を考慮するなど合流工設計上で必要とされた条件、それらを反映した設計案の比較、最も有利と評価された設計案についての施工計画について述べる。

2. 設計区間の現況概要

設計区間の現況は、以下のとおり多種多様な構造物が密集している（写真の撮影方向等は図-3を参照）。

- ① 町道田浦・二宮1線と併走している（写真-1、6）。
- ② 測点No.26+60.73には護岸形式が柵渠構造のポロクラ川との合流工があり、コンクリート構造の擁壁および取付水路がある（写真-1、2、5）。
- ③ 合流工の直下流には柵渠構造の田浦4号排水路（以下「支線排水路」）が流入している（写真-4）。
- ④ さらに支線排水路直下流には田浦5号橋（以下「町道橋」）があり、橋梁上下流の町道田浦・二宮1線沿いには、自立山留め式擁壁がある（写真-3、6）。

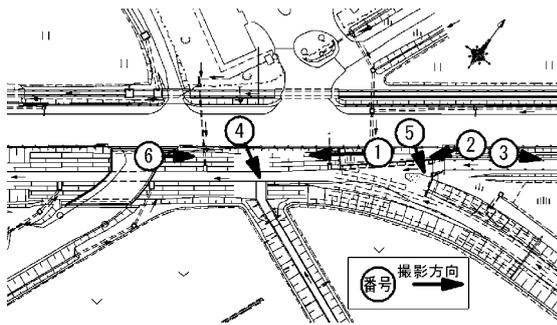


図-3 写真を撮影した場所と方向



写真-1 合流地点から下流方向
（右は擁壁A、左は擁壁B、手前は取付水路、奥に町道橋が見える）



写真-2 合流地点からポロクラ川上流方向
（左は擁壁A、右は擁壁Bと取付水路）



写真-3 擁壁Aから下流方向
（奥が町道橋、右は町道田浦・二宮1線）



写真-4 支線排水路の流入



写真-5 合流地点から上流方向
（左は擁壁B、取付水路）



写真-6 町道橋より上流方向
(左は町道田浦・二宮1線および自立山留め式擁壁)

ず、現況利用する方法またはそのまま地中に存置(埋設)する方法も考えられる。

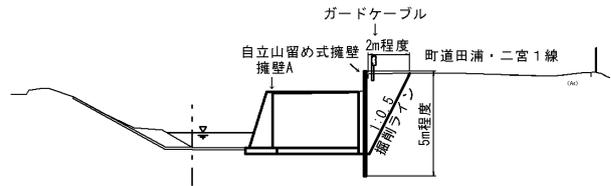


図-4 擁壁A下流端付近の横断面図

3. 合流工計画上の課題と計画案の比較検討

(1) 町道交通規制の軽減

設計区間の右岸側には町道田浦・二宮1線が併走(近接)しているため、合流工の右岸側にあるコンクリート擁壁Aなどの現況施設を撤去・改修する場合には、町道の交通規制が必要になる。とくに擁壁Aは、その下流端部がウイング状に町道の路側法面に貫入している(図-4)ため、床掘が約2m町道に入り込み、自立山留め式擁壁やガードケーブルにも影響する。また、軟弱地盤であるため施工後の路面の沈下が想定される。

擁壁Aは、外観上健全なため、撤去・改修はせ

(2) 町道橋との関係

合流工の直下流には、町道田浦3線が排水路を横断する位置に町道橋がある。この橋は、前歴事業(鶴川沿岸地区)で昭和55年度(1980年度)に建設され、平成6年度(1994年度)に道営の農道整備事業で全面改修(架け替え)され、建設後24年経過した。全面改修後橋梁点検は行われていないが、外観上健全であった(なお、目視は胆振東部地震以前である)。

新鶴川地区の事業計画では、排水路を台形断面(法勾配1:2.0)で改修する計画とされていた。また、既設橋梁の改修の可否を判定するための項目を河川管理施設等構造令²⁾に基づき表-1のように定めている。この場合、判定項目のうち、②

表-1 既設橋梁の改修可否のための判定項目

区分	既設利用	改修
①桁下余裕高 設計洪水位に対し桁下余裕高が60cm以上ある場合は既設利用する。60cm未満の場合は流水を阻害するため改修する。	 改修後の設計洪水位 桁下余裕高 60cm以上 現況断面 改修断面 余裕高が60cm以上(既設利用)	 改修後の設計洪水位 桁下余裕高 60cm未満 現況断面 改修断面 余裕高が60cm未満(改修)
②橋台の前面位置 橋台の前面が、設計洪水位に桁下余裕高60cmを加えた高さの位置の法面より内側(水路側)になる場合は既設利用する。外側(橋台側)にある場合は、橋台が流水を阻害することから改修する。	 改修後の設計洪水位 60cm 現況断面 改修断面 橋台前面が設計洪水位+60cmの高さの法面よりの内側(既設利用)	 改修後の設計洪水位 60cm 現況断面 改修断面 橋台前面が設計洪水位+60cmの高さの法面よりの外側(改修)
③橋台の底面位置 橋台底面が、水路の法尻と堤防天端(水路法頭から3.0m外側の地点)を結んだ線の外側にある場合は既設利用する。内側にある場合は、洗掘により橋台の転倒等が生じる恐れがあるため改修する。	 現況断面 改修断面 堤防天端幅 3m 橋台の底面が水路の法尻と堤防天端を結んだ線の外側(既設利用)	 現況断面 改修断面 堤防天端幅 3m 橋台の底面が水路の法尻と堤防天端を結んだ線の内側(改修)

橋台の前面位置と③橋台の底面位置については、台形断面では既設利用が認められる条件にならない。そのため、事業計画では町道橋を改修する予定としていた。

しかし、排水路護岸形式をコンクリート柵渠とする場合には、水路上幅が比較的狭くなるため、前記②③の条件を満足することで、同橋を改修せずに横過できる可能性がある。

そこで、コンクリート柵渠との関係を、今回の横断測量結果に基づき検討したところ、図-5に示すように②③の条件を満足させることができた。これらのことから、合流工の改修計画にあたっては、水路構造の選択肢にコンクリート柵渠を加えた。

(3) 合流工計画の比較検討

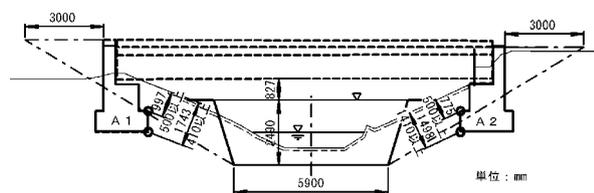


図-5 既設町道橋とコンクリート柵渠との関係

合流工改修計画にあたって決定すべき項目である「合流工水路構造」、「現況擁壁の取り扱い」、「町道橋の取り扱い」について、それぞれ可能な選択肢を組み合わせ、表-2に示す4案を作成し比較検討した。なお、この合流工の設計は、参考文献3)~4)に則って行った。

1) 第1案

本案は、現況擁壁（擁壁A、擁壁B、取付水路）を基礎も含めて全面改修し、直下流の町道橋も改修する案である（図-6、図-7）。

合流工の線形は、基本線形に基づき、拡幅に合わせて町道に影響しないように左岸側にシフトした線形である。

擁壁Aおよび町道橋の改修にあたり、町道田浦・二宮1線の交通規制の規模が大きい。

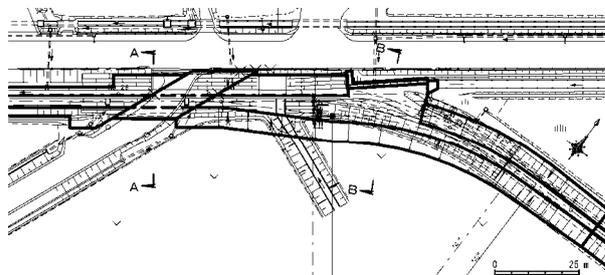


図-6 第1案の平面図

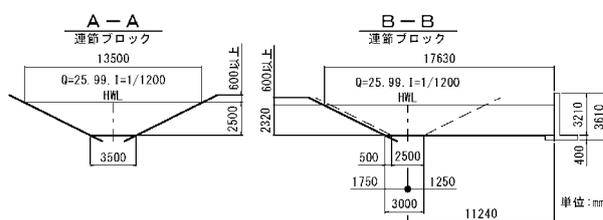


図-7 第1案の断面図

2) 第2案

第1案と同様に、現況擁壁（擁壁A、擁壁B、取付水路）を基礎も含めて全面改修し、直下流の町道橋も改修する案であり、線形も第1案と同様に町道に影響しないよう、拡幅に合わせて左岸側にシフトした線形である（図-8、図-9）。

ただし、町道橋は管理者であるむかわ町との事前協議結果により了解が得られた函渠工で改修する案である。

町道田浦・二宮1線の交通規制の規模は第1案と同様であるが、コスト面で第1案に比べ有利である。

表-2 合流工の改修計画比較案

項目	第1案	第2案	第3案	第4案
	全面改修案 (橋梁工)	全面改修案 (函渠工)	擁壁利用案	町道橋利用案
合流工水路構造	連節ブロック	連節ブロック	連節ブロック	コンクリート柵渠
現況擁壁	全面改修(基礎共)	全面改修(基礎共)	そのまま利用	擁壁Aを地下に埋設、他は撤去
町道橋	橋梁工を改修	函渠工に改修	函渠工に改修	そのまま利用、柵渠で横過
経済性(比率)	539	261	227	100

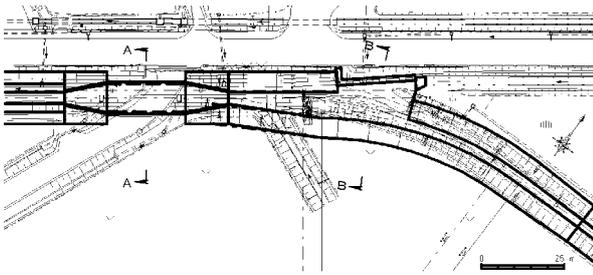


図-8 第2案の平面図

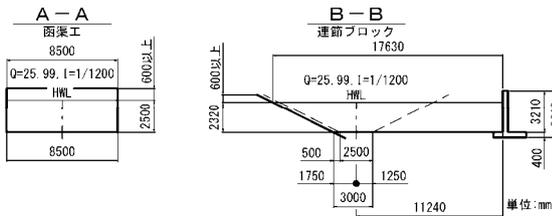


図-9 第2案の断面図

3) 第3案

現況擁壁（擁壁A、擁壁B、取付水路）を既設利用し、直下流の町道橋を函渠工に改修する案である（図-10、図-11）。

線形は合流工の基本線形に基づき、右岸側（町道側）は擁壁A、擁壁Bを現況利用できる法面位置とし、合流工の拡幅に合わせて左岸側にシフトした線形である。

現況施設は、擁壁が昭和56年（1981年）建設で37年経過、町道橋は平成6年（1994年）建設で24年経過しており、耐用年数の40年まであと僅かであるが、外観調査により劣化は確認されず、健全であると判断される。

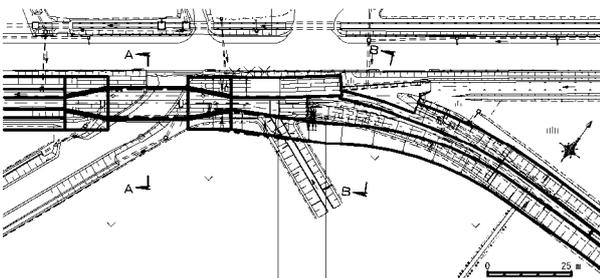


図-10 第3案の平面図

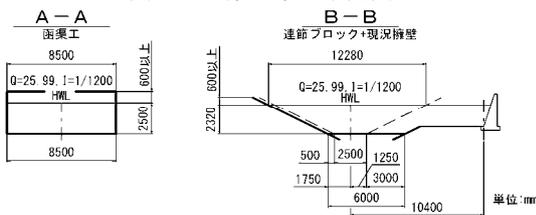


図-11 第3案の断面図

4) 第4案

既設擁壁Aを存置させ、擁壁Bと取付水路を撤去し、直下流の町道橋は既設利用する案である（図-12、図-13）。

線形は合流工の基本線形に基づき、合流工の拡幅に合わせて左岸側にシフトした線形である。

併走する町道は、施工時でも片側交互通行が可能であり、コスト面で他の3案に比べ最も有利である。

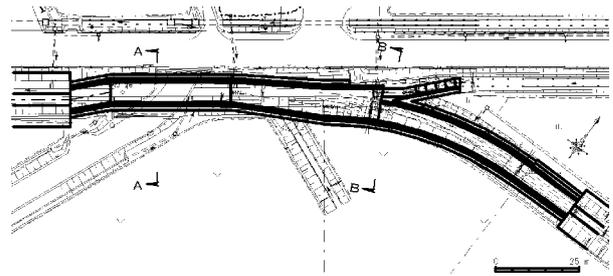


図-12 第4案の平面図

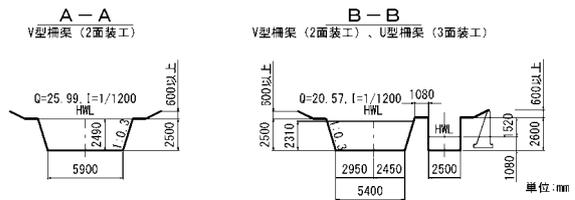


図-13 第4案の断面図

5) 選定した案とその評価

施工性や経済性など総合的な判断から第4案を採用した。第4案の採用により、既設構造物の利用によって、橋梁工の架け替えや函渠工の施工による交通規制の規模が縮小できた。また、軟弱地盤であることから掘削を最小限に留め、構造物への影響を大幅に回避できた。

4. 合流工の施工計画

合流工施工にあたっては、「町道田浦3線」および「町道田浦・二宮1線」の現道交通に対する配慮が必要であるため、一般車両の通行止めは回避し、左岸側の管理用道路に接続する工事用道路と施工ヤードを確保する計画とした。

また、水替え工については、現況排水路の床掘りをドライ施工で行うため、本川を締め切りポンプ排水による水替えを行う。

表-3 使用機械一覧表

項目		規格
資機材運搬		トラック(10 t 車) セミトレーラー(20 t 車)
ポンプ排水工	大型土のう、水中ポンプ設置・撤去	ラフテレーンクレーン(25 t 吊)
構造物取壊し工	構造物取壊し	油圧ブレーカ(山積0.8m ³ 級) バックホウ(山積0.8m ³) ダンプトラック(10 t 車)
柵渠工	床掘り・埋め戻し	超ロングアームバックホウ(山積0.4m ³) 小型バックホウ(平積0.1m ³) ダンプトラック(10 t 車)
	柵渠工	超ロングアームバックホウ(山積0.4m ³)

なお、ポロクラ川（浜排水路）の施工については、左岸側からでは作業半径が不足するため、町道田浦・二宮1線を昼間片側交互通行で行う計画とした。

た施工機械を表-3に示す。

なお、重機等の搬入については、セミトレーラーを使用する。

(1) 施工条件

1) 旧施設撤去工

合流工区間にある既設構造物は以下の3施設である。このうち右岸側擁壁Aは存置し、柵渠工との間は埋戻す。

a. 右岸側擁壁A

半重力式擁壁、水路高2.60m前面勾配1:0.3
杭基礎（RCパイロφ300mm、L=10.0m）

b. 合流部擁壁B

逆T式擁壁、水路高2.60m、前面勾配直

c. 取付水路

直壁から勾配1:0.3へ変化、杭基礎

2) 新合流工構築工

合流工に新たに構築する施設の構造形式は次のとおりである。

田浦第2幹線排水路：V型柵渠工（2面装工）

幅W=6.300m~5.000m、高さH=2.500m

ポロクラ川：U型柵渠工（3面装工）

幅W=2.500、高さH=2.100m~2.500m、

落差工および魚道工を含む

(2) 使用機械

施工時に利用が想定される主な工事用車両を、文献5)を参考にしながら、現場条件や作業半径などの機械の作業能力を考慮して選定した。選定し

(3) 施工方法

1) ポンプ排水工（設置・撤去）

大型土のうによる締切工およびポンプ排水工の設置・撤去は、ラフテレーンクレーン（25 t 吊）で行う。

2) 床掘り、護岸ブロック撤去、構造物取壊し

既設利用する町道橋桁下部の床掘り作業は、桁下空間が2.66mと低いため、小規模施工となる。したがって、使用機械は、機械高が最小（H=2.50m）の小型バックホウ（平積0.10m³級）とする（図-14参照）。

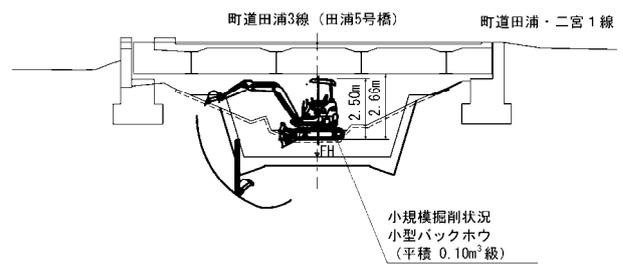


図-14 桁下施工の概要

なお、小型バックホウの搬入・搬出は、工事用道路側（左岸側）からラフテレーンクレーン（25 t 吊）で行う。

その他の明かり区間については、作業半径が5 m 以上であるため、超ロングアームバックホウ（山積0.4m³級）で行う。

なお、ポロクラ川（浜排水路）側の施工につい

ては、左岸側から届かないため、町道田浦・二宮1線を昼間片側交互通行で行う計画とした(図-15参照)。

構造物取壊しについては、騒音と振動の大きさを考慮して、使用機械を選定する必要がある。この合流工の場合、宅地までの離隔距離がR=30m以上である。参考文献6)によれば、一般的な油圧大型ブレイカの使用を想定すると、騒音レベルは83db(30m離隔の場合の値)であり、環境基準値である85dbを下回る。また、振動レベルは58db(30m離隔の場合の値)であり、環境基準値である75dbを下回る。

これらのことから、構造物取壊しでは、油圧大型ブレイカで破碎して「バックホウ+ダンプトラック」で発生材運搬を行う。

3) 柵渠工設置

橋梁桁下部の柵渠設置作業は、撤去・取壊しと同様に桁下空間が2.66mと低いため、小規模施工となることから、小型バックホウ(平積0.10m³級)で行う。

また、その他の明かり区間についても、作業半径が5m以上であるため、超ロングアームバックホウ(山積0.4m³級)で行い、ポロクラ川(浜排水路)側の施工については、左岸側から届かないため、町道田浦・二宮1線を昼間片側交互通行で行う計画とした。

図-16の施工概要平面図、図-17の施工フローに示す施工計画を立案した。

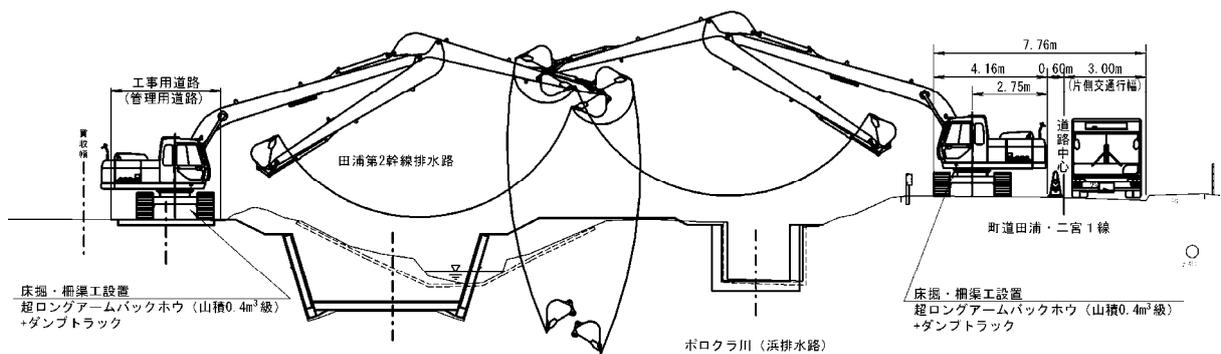


図-15 施工概要断面図

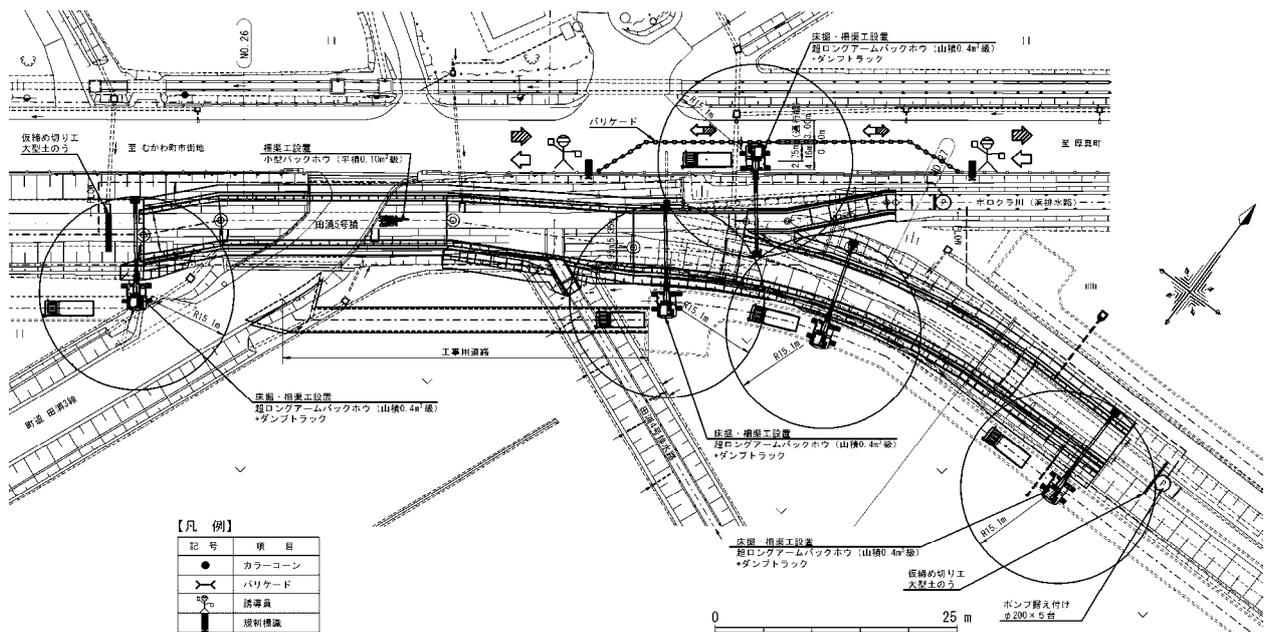


図-16 施工概要平面図

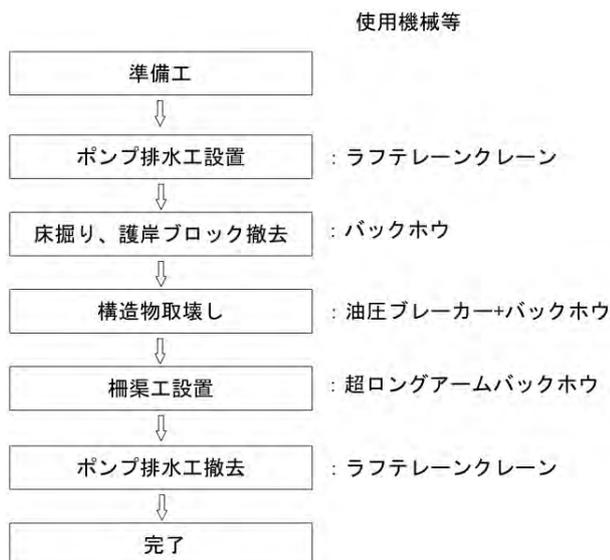


図-17 施工フロー

5. おわりに

この報文では、多種多様な既設構造物がある排水路の合流工改修設計について述べた。この設計では、町道の交通規制の抑制や橋梁の既設利用の実現を課題として意識して4通りの改修計画案から、それらを比較検討した。

その結果、護岸形式をコンクリート柵渠として町道橋を既設利用する案が有利であるという結果が得られた。またその案に対する施工計画を策定した。選定した改修計画は、コスト縮減とともに、既設構造物利用による廃棄物抑制を通じて環境配慮につながったと考えている。

最後に、本設計を行うにあたり御指導、御協力頂きました北海道開発局室蘭開発建設部胆振農業事務所、むかわ町、鶴川土地改良区、また報告の機会を与えて頂きました北海道土地改良設計技術協会に対し、深く感謝の意を表します。

(株イーエス総合研究所 第2事業部 次長)

参考文献

- 1) 国営新鶴川土地改良事業計画書
- 2) 河川管理施設等構造令 平成25年7月
- 3) 排水路計画設計技術指針（北海道開発局農業水産部）平成25年3月
- 4) 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）平成26年3月
- 5) 国土交通省 土木工事標準積算基準書（共通編）
- 6) 橋梁撤去技術マニュアル〔第5回改訂版〕（北陸橋梁撤去技術委員会）平成29年9月

農業水利施設の改修工事に伴う環境配慮対策の検討

曾我部 浩二

1. はじめに

近年、環境保全に関する国民の認識が高まるなか、公共事業を実施する際には自然環境の再生や環境との調和に対する社会的要請が増大している。土地改良事業をはじめとする農業農村整備事業においても、改正土地改良法により、環境への負担や影響を緩和軽減するために環境配慮対策を検討し、「環境との調和へ配慮」することが事業実施の原則と定められている。

環境との調和に配慮した農業水利施設の整備は、農村地域に形成された二次的自然環境の保全、生物生息空間としての自然生態系の保全、あるいは農村空間の景観的要素、身近な水辺等として多面的な効果・役割を担っている。

環境配慮対策とは、「ミティゲーション(Mitigation)」とも呼ばれ、工事による影響を緩和軽減するために講じる5つの手法である。

ミティゲーションの選定にあたっては、第一に「①. 回避」を検討し、これが困難な場合には「②. 最小化」「③. 修正」「④. 低減・軽減」の順に検討を行う。それでも工事の実施が環境に大きな影響を与えてしまう場合には「⑤. 代償」の検討を行うものである(図-1)。

本報では、農業水利施設の改良工事に伴い実施した事前環境調査の結果、調査で確認された動植物、工事の際に施す環境配慮対策の検討について報告する。

2. 事業概要

八十士地区は北海道紋別市に位置する約600haの酪農地帯であり、飼料作物の牧草、青刈りとうもろこしが作付けされている。

本地区の基幹的な農業水利施設は国営八十士土地改良事業(昭和62年度～平成7年度)により造成されている。しかし、幹線排水路(八十士排水路)に

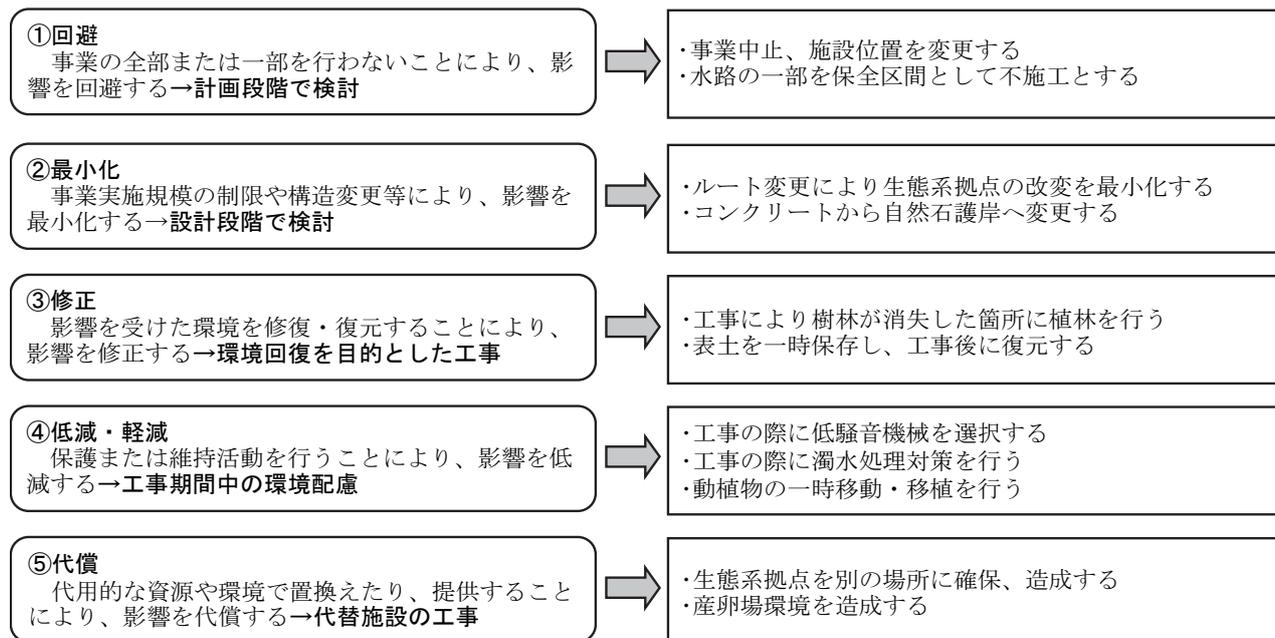


図-1 一般的なミティゲーション手法(農業水利施設の場合)

においては河口施設の一部が倒壊（導流堤の矢板に集中腐食が発生し、腐食孔から中詰土が流出し倒壊）するなどの損傷が発生（写真－1～2）し、河口閉鎖が頻発し排水機能に支障をきたしていた。また、河口施設の近傍にはサケ・マス漁の定置網が設置されていることから、構造部の破片や土砂による漁業への影響も懸念されていた。

このため、国営施設応急対策事業 八十士地区（平成29年度～令和4年度）を実施し、河口施設（導流堤、波除堤等）の更新を行い、排水機能の維持及び施設の維持管理の費用と労力の軽減を図り、農業生産性の維持及び農業経営の安定化を図ることを目的としている（図－2）。

【事業概要】

- ・事業名：国営施設応急対策 八十士地区
- ・受益面積：601ha
- ・主要工事：河口施設（導流堤、波除堤等）



写真－1 河口施設の一部が倒壊している

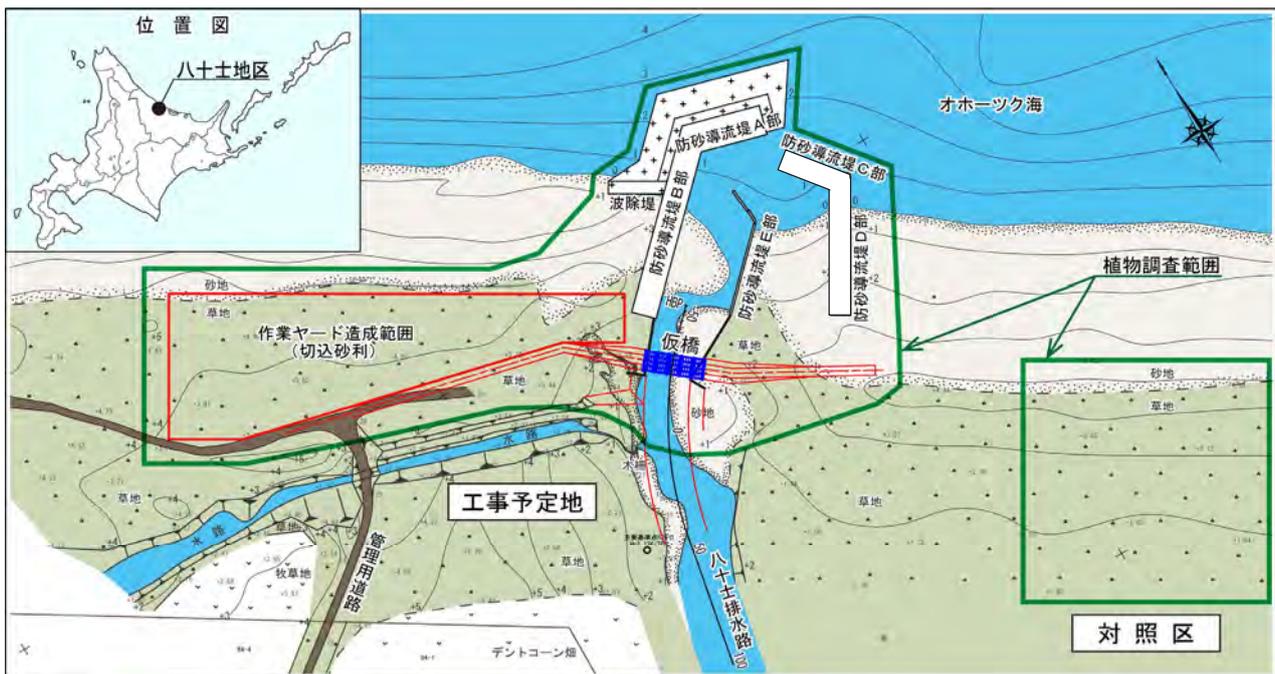


写真－2 河口施設 導流堤倒壊（近景）

3. 本地区の環境特性

本地区の環境特性としては、紋別市南方の丘陵地に源を発し農村地帯を流れる清冽な幹線排水路、丘陵地の麓から排水路沿いに広がる農地、耕地防風林から排水路沿いの河畔林に連なる樹林、沿岸部に点

在する湖沼や湿地、海浜草原が代表的であり、豊かな自然環境のなかで、数多くの動植物が生息していた（写真－3～4）。



図－2 河口施設 改修工事計画図



写真-3 農村地帯を流れる幹線排水路



写真-4 河口施設周辺の海浜草原

ン、セイヨウタンポポ等の外来種が多く生育していた（写真-7）。



写真-5 海浜草原に生育するキタノコギリソウ



写真-6 湿地に生育するヒオウギアヤメ

4. 環境調査の内容・結果

(1) 植物

植物調査は河口施設工事予定地（河口施設、作業ヤード周辺）及び対照区（工事影響を受けない近傍地の自然植生）で現地調査を行った。

両地点に共通の出現種としては、海浜草原に特徴的なハマハコベ、オカヒジキ、ハマナス、ハマエンドウ、ハマボウフウ、ハマベンケイソウ、シロヨモギ等があげられる。また、重要種（環境省及び北海道レッドリスト等）に選定されているキタノコギリソウ、ネムロスゲも確認された。両種とも海岸の砂地や礫地に生育する多年草である（写真-5）。

対照区の特徴としては、調査エリア南端は湿地帯に接していることから、湿性のヒオウギアヤメ、ヒラギンスゲ等が散在し、自然度の高い植生が成立した（写真-6）。一方、工事予定地では管理用道路沿いや牧草地が接している箇所において、エゾノギシギシ、ムラサキツメクサ、ノランシ

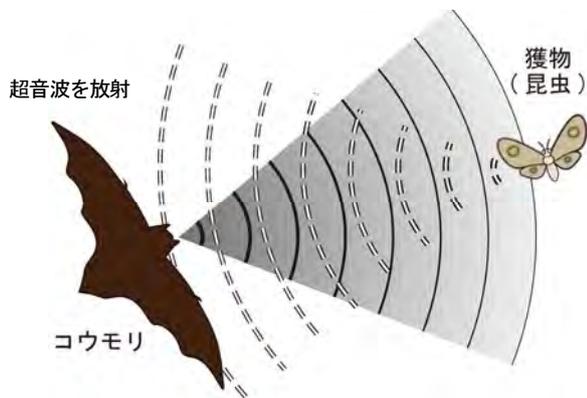


写真-7 外来植物が多く生育する管理用道路沿い

(2) コウモリ類

既往資料によると本地区周辺ではコウモリ類の生息が考えられた。このため、幹線排水路沿いの河畔林、工事予定地及び工事用車両の通行が想定される主要道路で探知調査を行った。

コウモリ類は夜行性のため暗闇のなかにおいて目視で確認することは困難である。しかし、本種は飛行中に超音波を放射し反響音を聴取・分析する反響定位（エコロケーション）を行うことにより、周囲の環境（飛行する際の障害物、餌となる昆虫類の位置や距離）を把握している（図－3）。



図－3 反響定位（エコロケーション）概念図

調査ではコウモリ類が口あるいは鼻孔から発する超音波を検知し、可聴域に変換することができるコウモリ探知機（ULTRA SOUND ADVICE MINI－3、Magenta Electronics Bat 5）を使用し、コウモリ類の存在を調査した。また、「コウモリ識別ハンドブック」¹⁾「コウモリウォッチングガイド」²⁾を参考とし、探知機で受信した周波数や音の聞こえ方から、コウモリ類の種類、行動を概定した（表－1、写真－8）。

現地調査の結果、全体で約30回の反応があり、重要種に指定されているヤマコウモリ、ホオヒゲ

表－1 コウモリ探知機による識別

周波数 (kHz)	音の聞こえ方・感じ	種類
105～115	ピピピピボバボボ・・・	コキクガシラコウモリ
65～70	ピピピピボバボボ・・・	キクガシラコウモリ
50～65	ブツブツブツ・・・	ホオヒゲコウモリ属 (ヒメホオヒゲコウモリ、ウスリホオヒゲコウモリ、モモジロコウモリ、カグヤコウモリ等)
30～50	ブツブツブツ・・・	ニホンウサギコウモリ
15～30	ピュッピ、ピュッピュッ	ヤマコウモリ



写真－8 バットディテクターを使用した探知調査

コウモリ属、ニホンウサギコウモリの3種が生息している可能性が示唆された（写真－9～10）。

確認地点は幹線排水路沿いの河畔林、耕地防風林上空、排水路水面上であり、移動あるいは採餌飛行（コウモリ類は飛翔している昆虫類を採餌）している個体であった。

なお、工事予定地及び工事用車両の通行が想定される主要道路ではコウモリ類の生息は確認されなかった。



写真－9 ヤマコウモリ（他業務での捕獲個体）



写真－10 ニホンウサギコウモリ（他業務での捕獲個体）

(3) 魚類

魚類調査は河口施設工事予定地及び排水路上流部において、投網、さで網、電気ショッカー等を使用した採捕調査を行った（写真-11）。

河口付近では海水～汽水域を生息場としているミミズハゼ、アシシロハゼ、ヌマガレイ、ワスレイソジミ等が確認された（写真-12）。排水路上流部では淡水魚であるフクドジョウ、トミヨ淡水型、ウキゴリのほか、回遊魚のヤマメ等が採捕



写真-11 投網を使用した採捕調査



写真-12 汽水域に生息するヌマガレイ



写真-13 秋季にはカラフトマスが多数遡上

された。また秋季調査時にはカラフトマスの遡上個体が多数確認された（写真-13）。

魚類調査全体では20種（魚類14種、エビ・カニ・貝類6種）が確認され、このうち重要種としては、ヤマメ、ミミズハゼ、ジュズカケハゼ、ルリヨシノボリ等の5種が生息していた。今回の現地調査ではカラフトマス等の大型回遊魚が多数確認されたが、調査中には魚食性猛禽類の上空通過が確認されていることから、採餌場としての利用が考えられる。

(4) 補足調査（底生動物調査）

本地区の自然環境をより詳細に把握するために、底生動物に関する補足調査を実施した。調査地点は、魚類調査と同地点（河口施設工事予定地及び排水路上流部）である。調査は定性採集法により実施した。

定性採集法とは地点内をランダムに踏査し、ワンドや河岸植物帯、河床礫等の様々な環境に生息する底生動物をハンドネットで採集する方法である（写真-14）。



写真-14 定性採集（河床礫に付着した生物を採集）

河口付近では砂泥干潟を主な生息環境とするカワザンショウガイ、カワゴカイ、クリガニ、モクズガニ等が多く生息していた。排水路上流部では水生昆虫類のヒラタカゲロウ、マダラカゲロウ、サナエトンボ、エグリトビケラ等の生息数が多く、その他、甲殻類のヌマエビ、スジエビが確認された（写真-15～16）。



写真-15 河口付近での採集サンプル
(砂泥干潟の生物が多い)



写真-16 排水路上部での採集サンプル
(水生昆虫類が多い)

「水生生物による水質評価法マニュアル（日本版平均スコア法）」³⁾によると、河川水質の良好性を評価する「平均スコア法」は汽水域を含まない平瀬または早瀬の主な生物を対象とし、出現した科に与えられたスコアを加算した「総スコア（TS）」を算出し、それを出現した科数で割った「平均スコア（ASPT）」で評価するとしている。

調査結果から「平均スコア」を算定すると、河口付近は汽水域であるため参考値であるが「平均スコア8.0：とても良好」、排水路上流部は「平均スコア7.2：良好」となり、河口から排水路上流部までの水質は良好であると判断できる（表-2）。

以上に示したとおり、本地区には数多くの動植物が生息しており、環境省及び北海道レッドリスト^{4), 5)}により重要種に選定されているものが多く含まれていた（表-3）。

表-2 平均スコア法による水質判定及び基準

調査地点	総スコア a	総科数 b	平均スコア c=a/b
河口付近	16	2	8.0 [※]
排水路上流部	93	13	7.2

平均スコアの範囲	河川水質の良好性
7.5以上	とても良好
6.0以上7.5未満	良好
5.0以上6.0未満	やや良好
5.0未満	良好とはいえない

※河口付近は汽水域であるため平均スコアは参考値扱い

表-3 環境調査で確認された重要種

調査項目	種数		重要種の種名
	全体	重要種	
植物	109	2	キタノコギリソウ メムロスゲ
コウモリ類	3	3	ヤマコウモリ ホオヒゲコウモリ属 ニホンウサギコウモリ
魚類	20	5	スナヤツメ北方種 ヤマメ ミミズハゼ ジュズカケハゼ ルリヨシノボリ

5. 環境配慮対策の検討

本事業は、幹線排水路全体を改修するものではなく、河口施設（導流堤、波除堤等）や作業ヤードを点的に設置するものであり、事業実施による動植物の生息・生育環境への影響度合いは小さいと考えられる。

しかし、工事の際には建設地点及び周辺部の自然環境に少なからず手を加えることになるため、工事期間中の環境配慮（低減・軽減）について検討し、環境との調和に配慮した事業の実施を目指した。

(1) 植物

植物調査では重要種のキタノコギリソウ、ネムロスゲの2種が確認されており、両種ともに工事予定地に生育しているため、工事影響が想定される。しかし、対照区（工事影響を受けない近傍地

の自然植生)でも確認されたように、周辺植生として広範な生育地が成立していることが明らかである。このことから、改修工事による環境影響がある場合においても、工事期間中に適切な環境が維持されていれば、周辺の生育地から種子が供給され、工事後の復元は十分に可能であると予測される。

植物の生育環境を維持するための、工事期間中の環境配慮対策を以下に示す。

1) 外来種の侵入防止

最も懸念されるのは、工事用車両への付着土砂や作業ヤード造成の際に使用した敷砂利等によって外来種の種子が持ち込まれることである。

対策としては、工事用車両は入場前に泥落装置で付着土砂を落とす配慮や(写真-17)、作業ヤード造成のために敷砂利を入れる前に土木シート等を敷いて、工事終了後に撤去する配慮が考えられる。また、工事に使用する土砂や敷砂利は、可能な限り紋別市近傍の資材を使用することにより、域外からの移入種が入り込まないように留意する。



写真-17 泥落装置で付着土砂を落とす

2) 作業ヤードエリアの設定

作業ヤードを造成するエリアは必要最小限とし、現在確認されている植物重要種の生育地を可能な限り避けるように設定する。

3) 立入り規制

自然度の高い河口右岸側(植物調査 対照区周

辺)への工事関係者以外の立入りを規制するために、仮橋にゲート設置や施錠等を行う。

【植物に対する環境配慮対策】

1. 工事時には外来種の侵入防止対策を講じる
2. 作業ヤードエリアは必要最小限とする
3. 自然度の高い河口右岸側への立入り規制を行う

(2) コウモリ類

コウモリ類調査ではヤマコウモリ、ホオヒゲコウモリ属、ニホンウサギコウモリの3種が出現しており、いずれの種も重要種に指定されている。確認地点は、幹線排水路の中流部～上流部にかけての河畔林、耕地防風林上空等である。工事予定地及び工事用車両の通行が想定される主要道路ではコウモリ類の生息は確認されていないことから、工事実施による影響は無いと考えられるため、環境配慮対策は検討しない。

上記の範囲でコウモリ類が確認されなかった理由としては、ねぐらとなる大木の樹洞や樹林が存在しないこと、工事予定地である河口付近は汽水域(塩分を多く含んでいる)であり、コウモリ類の飲水に適していないことがあげられる。

(3) 魚類

現地調査では、魚類・エビ・カニ・貝類をあわせて合計20種が確認されている。

排水路の規模からみると大変多くの種類が確認されているが、これは、調査範囲に落差工や帯工等の魚類の遡上降海を阻害する横断構造物が存在せず、水域の連続性が良好に保たれていること、排水路には瀬の流れや深み、水辺にはクサヨシ等の抽水植物あるいは河畔林等が生育し多様な水辺環境が形成されていることによる。

改修工事では、倒壊した河口施設の撤去や新たな導流堤の設置等が行われるが、これらは幹線排水路全体を改修するものではなく、点的な施設の建造であるため魚類への影響は小さいと予想される。

しかし、より良い環境を保全創出するために魚類に対する環境配慮対策を以下に示す。

1) 排水路や水辺の改変を最小限にする

排水路や水辺の改変を最小限におさえ、瀬・淵、河床材、河岸植生等の多様な水辺環境を保全することにより、魚類をはじめとした水生生物（甲殻類・貝類・底生動物）の生息場・産卵場の維持に配慮する。

2) 工事時の濁水対策

工事実施時には適切な濁水対策を講じ、水生生物の生息環境に配慮した水質を維持する。

「水産用水基準」⁹⁾によると魚類の生息環境を考慮した場合の懸濁物質量（SS）は、25mg/L以下（人為的に加えられる懸濁物質量は5mg/L以下）と定められているため、これを指標に濁水対策を行う。

(4) 環境専門家からの助言（景観について）

本業務では地元で活動する専門家からの助言を得ながら、環境調査を実施した。

調査地周辺には、北海道自然環境等保全条例に基づく自然景観保護地区、北海道指定鳥獣保護区等の自然度の高い環境及び景観が形成されている。このため、構造物撤去工や仮橋工で使用する大型クレーンのアーム（作業時以外はアームを下げて景観に配慮する）に留意するように助言を受けた（図-4）。

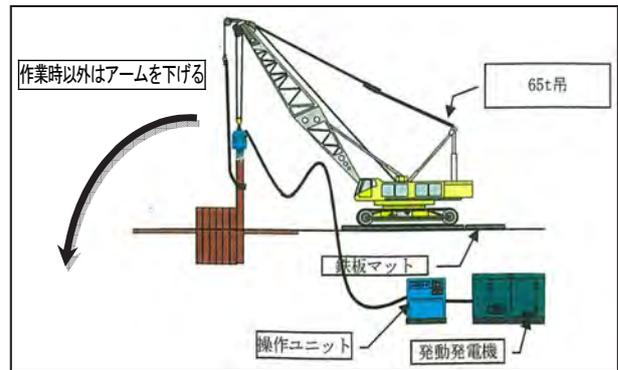


図-4 景観への配慮（大型クレーン）

【魚類に対する環境配慮対策】

1. 排水路や水辺の改変を最小限とする
2. 工事時には適切な濁水対策を施し、水質を維持する

【その他の環境配慮対策】

1. 作業時以外は大型クレーンのアームを下げて景観に配慮する

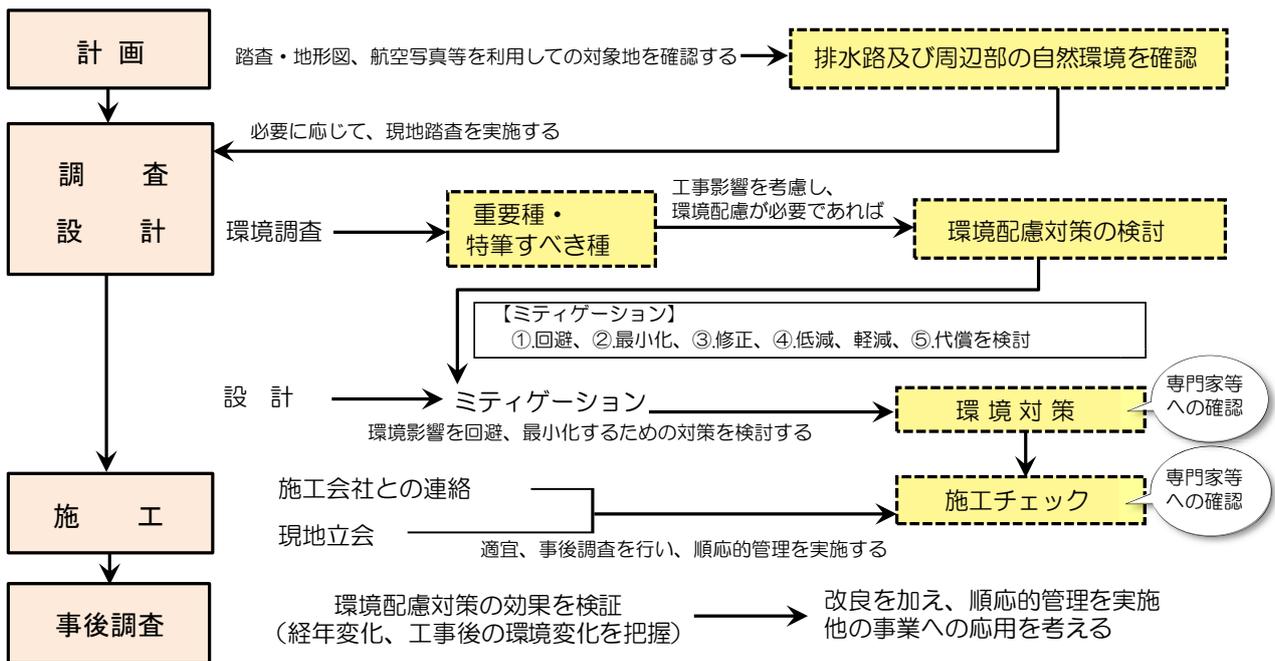


図-5 環境との調和に配慮した農業農村整備事業の進め方（例）

6. おわりに

今回報告した環境配慮対策を実施することにより、自然景観や自然環境との調和へ配慮した農業農村整備事業が実現できると考える。

ただし、自然生態系の成り立ちは複雑であり、予期しない生態系の変化や減退を引き起こる可能性が考えられるため、経年変化の状況や工事後の環境変化を適宜観察し、必要に応じて環境配慮対策に改良を加えながら、順応的管理を行うことが重要である(図-5)。

(北王コンサルタント(株) 環境技術部 部長)

参考文献

- 1) ウモリの会：「コウモリ識別ハンドブック」平成17年8月
- 2) ナチュラリストクラブ：「コウモリウォッチングガイド」平成12年11月
- 3) 環境省：「水生生物による水質評価法マニュアル（日本版平均スコア法）」平成29年3月
- 4) 環境省：「環境省レッドリスト2017」平成29年12月
- 5) 北海道：「北海道レッドデータブック2001（植物）」平成13年3月
北海道：「北海道レッドリスト【魚類（淡水・汽水）編】改訂版（2018）」平成30年2月
- 6) 日本水産資源保護協会：「水産用水基準（2005年版）」平成18年3月

牧草地域における区画整理設計

大井 隆宏

1. はじめに

今回紹介する雄武丘陵地区は、北海道の北東部に位置する紋別郡雄武町の酪農地帯である。

本地区の営農は、飼料作物の牧草を作付する酪農経営が主として展開されている。

雄武丘陵地区は、丘陵地を利用した牧草栽培を行っているため、現況の沢地や排水路などが農地を分断しており、大型機械による農作業を行うにはほ場形状が小さいものとなっている。さらに、泥炭土やグライ台地土などの土壌に起因する排水不良なども生じ、効率的な農作業を行うための妨げとなっている。

近年、営農者の高齢化や担い手不足などで、離農や経営規模縮小などによる耕作放棄地の増加が懸念されることから、「農地の土地利用を計画的に再編」、「担い手への農地の利用集積の促進」、「生産性の向上と耕作放棄地の解消・発生防止」、「農業振興と地域の活性化」を目的として『国営緊急農地再編整備事業 雄武丘陵地区』において、3,663haの区画整理を行うものである。



図-1 位置図と雄武丘陵地区全景

2. 雄武丘陵地区の特徴

2-1 地区状況

雄武丘陵地区は、雄武町の北西に位置しており、地形条件は丘陵地からオホーツク海に向けて地区全体の約60%は3°未満の傾斜、残りの40%は3°～8°未満であり、地区最低標高は海岸近郊で標高1.00m、最高標高は174mの範囲に位置する牧草畑地帯である。

土壌条件は、地区内11土壌区に分類されるが、30%の農地は排水不良が生じる土壌である。

現況の土地利用においては、牧草地3,585ha、山林11ha、原野67haとなっている。

現状の耕作放棄地89.10ha（2%）であるが、近い将来に耕作放棄地となるおそれがある農地は372.70ha（10%）で、今後も増加傾向にあることが懸念されている。

2-2 地区の整備計画

雄武丘陵地区は、『国営緊急農地再編整備事業』により農用地整備計画の区画整理 3,663ha、暗渠排水 1,081ha、除礫 140haの整備が計画されている。

区画整理においては、既存の農用地の中に点在している耕地林や、窪地を含めた区画の拡大や傾斜修正を行い大型機械による作業の効率化と生産性の向上を目指している。

暗渠排水は、土壌を起因とする排水不良地が発生しているため、農作物の生育障害や農業機械の作業効率を著しく阻害しており、暗渠排水工や附帯明渠の整備により農地の改善を行う。

また除礫においては、地区内の一部で作土内に混入している石礫により作物生育の障害、収穫物の品質低下、営農機械などに影響を与えており、石礫除去工により営農経営の向上を図ることを目的として地区の整備計画を行っている。

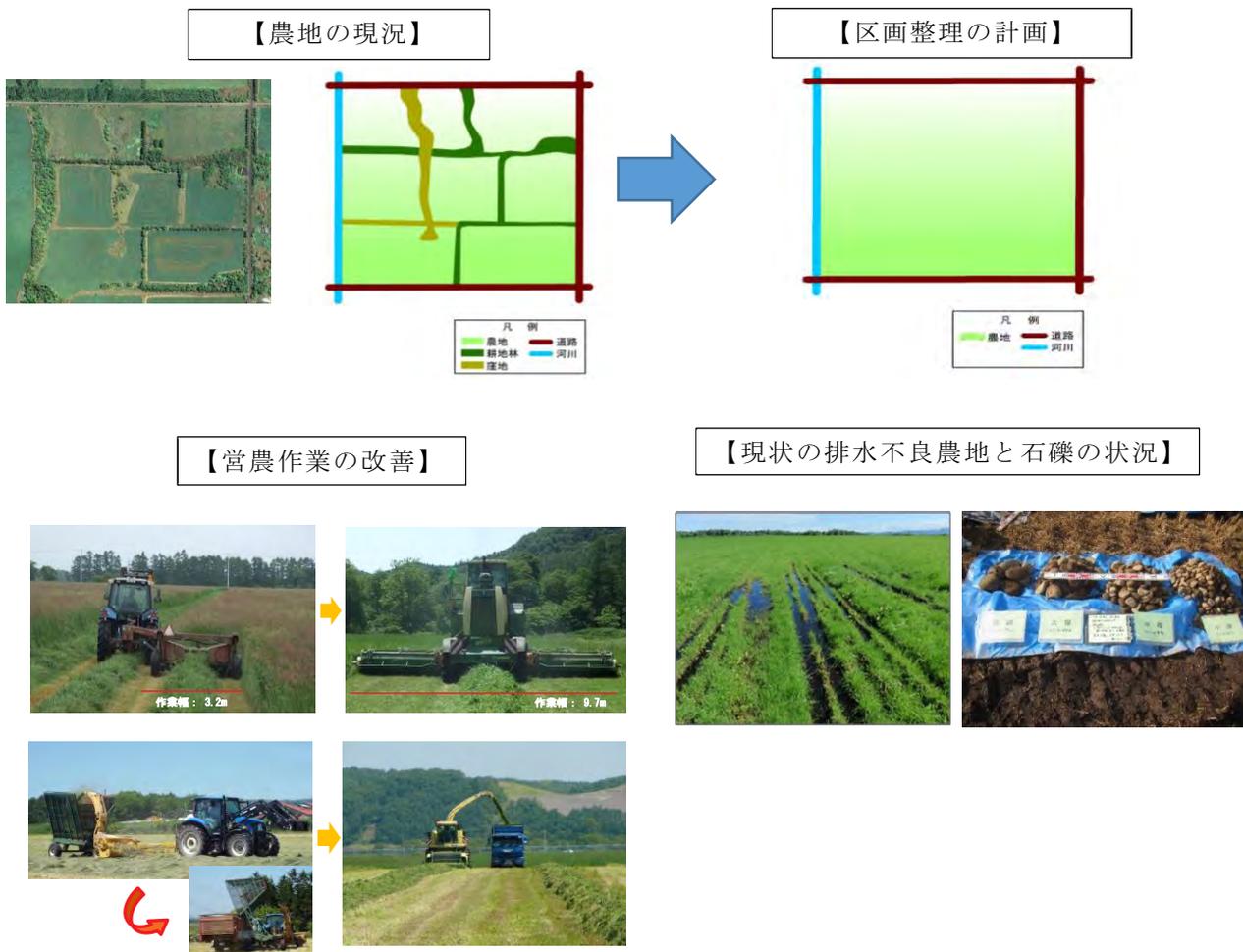


図-2 地区整備計画

3. 雄武丘陵地区の実設計

3-1 受注業務の概要

雄武丘陵地区は平成28年に着工し、平成29年より3年間にわたり区画整理実施設計業務を受注しました。

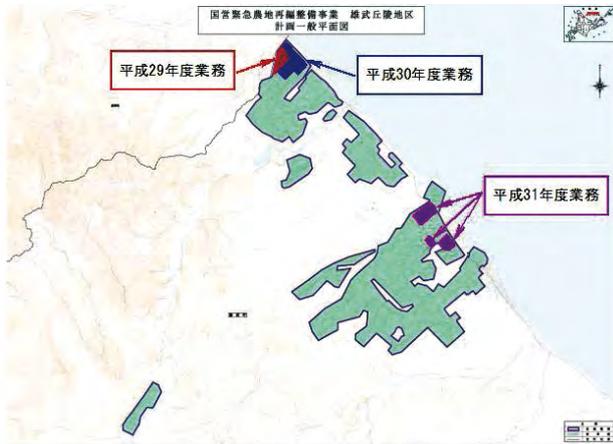


図-3 当社受注設計業務の位置図

① 平成29年度業務

平成29年業務では、北幌内区域の整地工設計にて、ほ場内を分断する沢地2.25haに基盤排水路を埋設し、整地工Ⅱにおける基盤切盛工法により周囲の採草地と一体化させる設計を行った。また、整地工周囲の同受益者は場が、土壌条件より暗渠排水の必要範囲であり、約25.3haの暗渠排水工設計を行った。



図-4 平成29年度設計業務の位置図

② 平成30年度業務

平成30年度業務は、平成29年度業務隣接地で、整地工設計11.60haの内、整地工Ⅰ8.82ha（不陸整正）、整地工Ⅱ2.78haが沢地の基盤切盛の設計、その他に約57.3haの暗渠排水工設計を行っている。

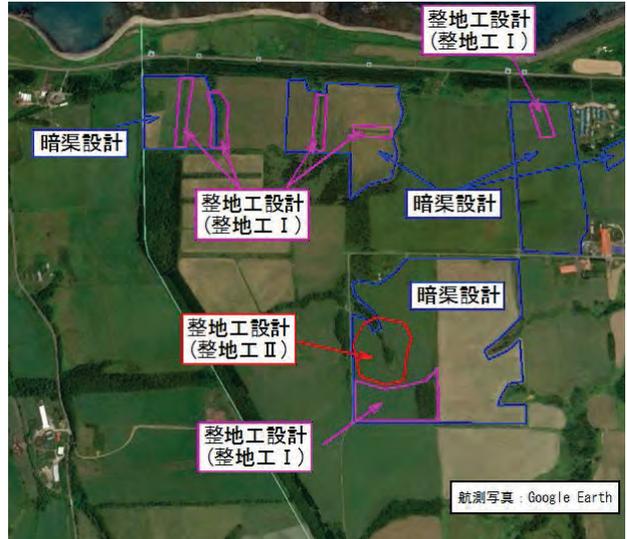


図-5 平成30年度設計業務の位置図

③ 平成31年（令和元年）度業務

平成31年度業務は、北雄武区域で整地工設計27.00haの内、整地工Ⅰ18.20ha（不陸整正）、整地工Ⅱ8.80haの立木地を含む傾斜修正工にて基盤切盛の設計、その他に42.95haの暗渠排水工設計を行っている。

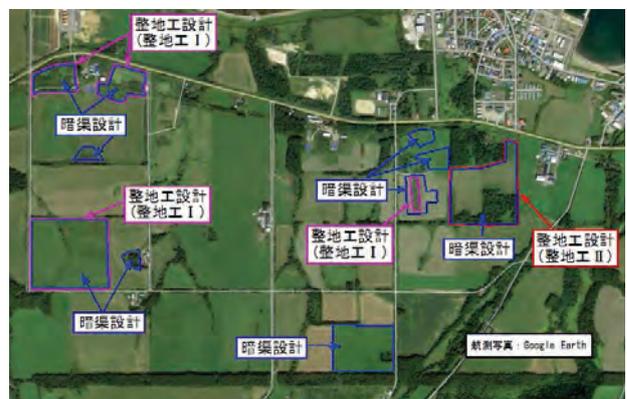


図-6 平成31年度設計業務の位置図

4. 暗渠排水工必要性の検証

4-1 提案の経緯

平成30年度業務隣接地では、前年度設計を行った箇所で行われていた。

現地調査中に、隣接ほ場において、施工機械が効力を発揮できないなど、施工に苦慮してしている状態との情報を入手した。

理由としては、土壌が軟弱地盤である泥炭土壌であり、また降雨による水吐けが悪いため、土壌が飽和状態となり施工機械の泥濘化で施工が遅延しているものであった。

また調査箇所では、1番草の採取後に調査を実施したが、牧草採取後のほ場には、タイヤ痕が見受けられ、さらにそのタイヤ痕に水がたまっている状態であった。

そこで平成30年度業務から、受益者への説明時の資料、暗渠排水工設計の必要性の確認及び施工における建設機械の選定にも繋がるように、当社独自で地耐力調査による等高線図、ほ場状態のスケッチ図(湿地・泥濘箇所の特定)の作成を発注者に提案し、現地調査・図面作成を行った。

また、気象データによると夏期から秋期にかけて降雨が多いことも確認した。

雄武			
年月	降水量の合計 (mm)	日降水量の最大 (mm)	日降水量50mm 以上日数(日)
2017年1月	29.5	6.0	0
2017年2月	30.0	8.5	0
2017年3月	19.0	5.5	0
2017年4月	33.0	8.0	0
2017年5月	27.5	12.0	0
2017年6月	186.0	46.5	0
2017年7月	96.5	31.0	0
2017年8月	139.0	81.0	1
2017年9月	103.5	25.5	0
2017年10月	118.5	37.5	0
2017年11月	49.0	8.0	0
2017年12月	40.0	9.5	0
2018年1月	60.0	12.5	0
2018年2月	52.0	10.5	0
2018年3月	65.0	30.0	0
2018年4月	22.5	15.5	0
2018年5月	116.0	35.0	0
2018年6月	156.5	45.0	0
2018年7月	120.5	53.5	1
2018年8月	170.5	44.0	0
2018年9月	34.0	9.0	0
2018年10月	213.0	80.5	2
2018年11月	36.5	5.0	0
2018年12月	37.0	6.0	0

図-7 雄武町降雨観測データ
(気象庁データより)

4-2 地耐力調査及びほ場状況確認

(1) 地耐力調査

地耐力調査は、圃場が現状で施工機械などが走行するのに必要な地耐力を持っているか確認を行うもので、ポータブルコーン貫入試験により現況地耐力の推定を行った。

(a) ポータブルコーン貫入試験

本試験は、底面積3.23cm²又は6.45cm²、先端角30°の貫入先端(単純コーン)を人力により地盤中に押し込み、このときの貫入抵抗値から地盤強度を推定する。

推定結果は、押し込圧を先端コーン底面積で割った貫入抵抗値qcに整理し、この大きさから施工機械が走行する時に必要なトラフィカビリティを確保できているか確認する。試験方法は単管式と二重管式があるが、今回は単管式で試験を実施する。

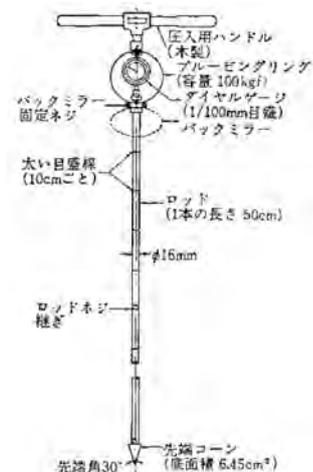


図-8 ポータブルコーン貫入試験機

(b) 地耐力推定方法

地耐力の推定は次式によって行われる。

$$q_c = \frac{Q}{A}$$

qc: 換算許容地耐力 kN/m²

Q: コーンの最少貫入抵抗 (N)

$$Q = DK + \text{試験器重量} \times 9.81$$

D: ダイアルゲージ読み

K: 校正係数N/目盛

(ダイアルゲージ毎に決められた係数)

A: コーンの最大断面積 (3.23or6.45cm²)

(c) 配点計画と観測

土地改良工事積算基準（測量・調査・設計）より1ha当たり1点以上の調査をすること基本とし、農区内の暗渠計画範囲に均等に配点する計画で行った。

(2) 調査結果のまとめ

コーン貫入抵抗値は、表土扱いをを行うことから、厚さ15cm以下の20cm～60cm迄を平均して求めた。結果は、最大で1801kN/m²、最小で859kN/m²、平均

1296N/m²が得られた。

このことから、各機種の必要地耐力と照合した結果、ダンプトラックの走行には部分的に耐えられない箇所があるが、概ね問題ないと判断できる。また、15 t 級ブル（500kN/m²）及び21 t 級ブル（700kN/m²）などの標準的な作業機械は、ほぼ作業可能との結果が得られた。

また、ほ場状況確認による現況スケッチ図を作成した。



写真－1 ポータブルコーン貫入試験状況



図－9 貫入試験データ例

表-1 貫入試験結果

圃場番号	平均コーン 貫入抵抗 (kN/m ²)	超湿地 ブルドーザー (200kN/cm ² 以上)	15t級 ブルドーザー (500kN/m ² 以上)	21t級 ブルドーザー (700kN/m ² 以上)	ダンプ トラック (1200kN/m ² 以上)	備考
P2-2-1	1416	OK	OK	OK	OK	20~60cm平均値
P2-2-2	1688	OK	OK	OK	OK	〃
P2-2-3	1327	OK	OK	OK	OK	〃
P2-2-4	1801	OK	OK	OK	OK	〃
P2-2-5	1655	OK	OK	OK	OK	〃
P2-2-6	1760	OK	OK	OK	OK	〃
P2-2-7	1754	OK	OK	OK	OK	〃
P2-2-8	1184	OK	OK	OK	OUT	〃
P2-2-9	1344	OK	OK	OK	OK	〃
P2-2-10	1110	OK	OK	OK	OUT	〃
P2-2-11	1250	OK	OK	OK	OK	〃
P2-2-12	1145	OK	OK	OK	OUT	〃
P2-2-13	1002	OK	OK	OK	OUT	〃
P2-2-14	1107	OK	OK	OK	OUT	〃
P2-2-15	1156	OK	OK	OK	OUT	〃
P2-2-16	925	OK	OK	OK	OUT	〃
P2-2-17	1140	OK	OK	OK	OUT	〃
P2-2-18	922	OK	OK	OK	OUT	〃
P2-2-19	1242	OK	OK	OK	OK	〃
P2-2-20	859	OK	OK	OK	OUT	〃
P2-2-21	1432	OK	OK	OK	OK	〃
P2-2-22	1525	OK	OK	OK	OK	〃
P2-2-23	1647	OK	OK	OK	OK	〃
P2-2-24	1054	OK	OK	OK	OUT	〃
P2-2-25	911	OK	OK	OK	OUT	〃
P2-2-26	1344	OK	OK	OK	OK	〃
最大値	1801					
最小値	859					
平均値	1296					

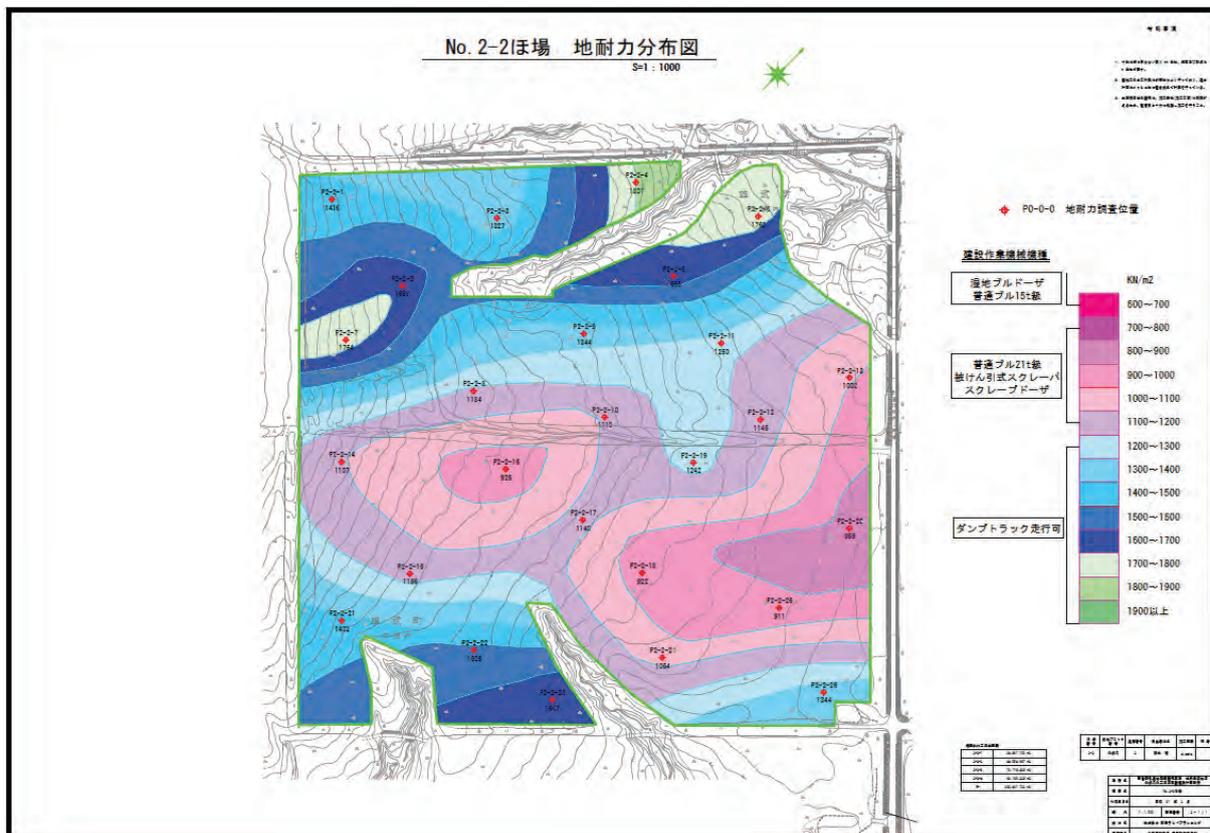


図-10 地耐力分布図

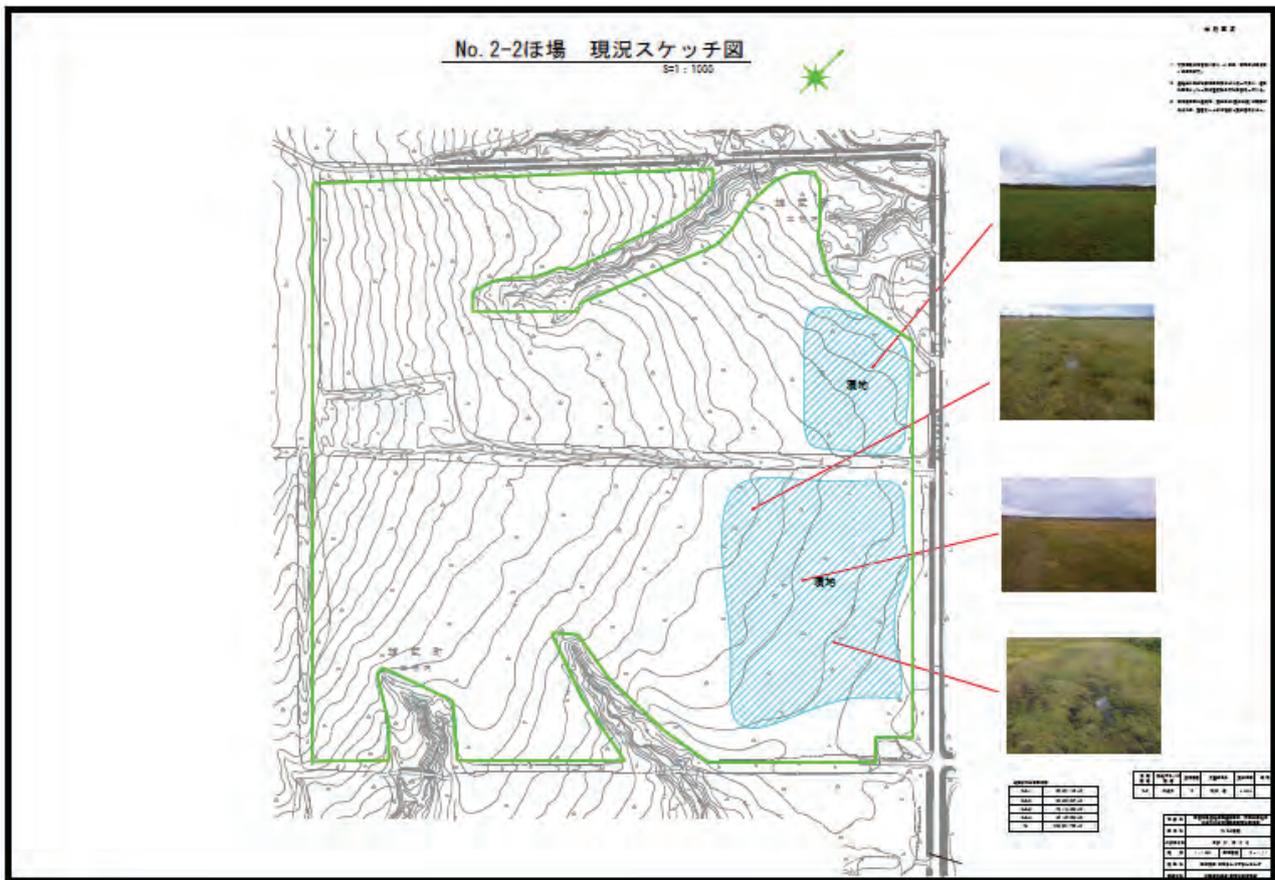


図-11 現況スケッチ図

(3) 地耐力調査の考察

地耐力数値が高い値の位置は水はけも良く牧草作物の生育も良い。また、大型作業機械での営農にも支障が少ないと判断できる。

受益者への確認においても、ほ場の湿潤状態（泥炭による水はけの悪さ）、地耐力による大型機械の営農への支障状況が、ほぼ一致するとの返答を頂いた。

作物の生育不良、大型機械での営農の支障などにより、本設計での暗渠排水計画を希望しているものであり、設計への妥当性が検証できた。

今後は、暗渠の施工により、表土下で停滞していた地下水が排出されることにより、作物の生育や大型機械にも対応可能な地耐力が回復するものと考え、事業による整備後においても、継続的な地耐力調査を実施することにより、事業効果の検証にも活用が可能である。

5. 畑面整地後の播種の提案

5-1 提案内容

平成29年度設計業務でのほ場において、翌年に整地工Ⅱでの基盤造成、暗渠排水工などの施工が行われていた。

平成30年度業務の現地調査時に、隣接ほ場の施工は、ほ場内の泥炭における軟弱地盤や異常気象による長雨、集中豪雨などが起因で施工が遅延状態であるとの情報を聞いていた。

平成29年度設計時の受益者聞き取りでは、6月中旬の1番草刈り取り後に工事開始となり、施工は8月中旬まで、その後引き渡しを行い9月上旬までに播種を行う予定との施工計画要望であった。

しかし、工事の遅延により当初予定の工事引き渡しが期日までに難しい状態であるとの発注者からの情報により、「冬播種（初冬季播種）」の資料入手及び情報の提案を行った。

(1) 牧草の播種期について

牧草の一般的な播種期は、春（5月上旬から中旬）そして夏から初秋である。

春まきはスラリー散布など定期的に忙しく、難しいのが現状とのこと。また、播種が遅れてしまうと雑草が多くなり、干ばつの時などは定着しづらいとのことである。

そこで、1番草を採取後の夏から秋にかけて播種する方法が多くとられており、推奨される播種期は「8月中旬から下旬」、また気候などの状態により「8月下旬より9月上旬」などとなっている。

これは、初期の生育が十分でないまま冬を迎えてしまうと、雪腐病（大粒菌核病など）や凍害などのダメージを受けやすいためである。

(2) 冬播種（初冬季播種）について

植物の発芽に必要な要素は「温度・酸素・水」であり、この内1つでも欠けると植物の発芽は難しい。冬播種（初冬季播種）は、3つの要素のうち、温度条件が牧草の発芽条件に適さない初冬に播種する方法で、種子の状態越冬させ、翌春の融雪後に発芽させる方法である。

播種適期は営農作業が多忙なため、繁忙期を避けた冬播種が試験的に行われている。

(3) 冬播種の時期とポイント

施工時期については、過去の試験施工により適期は「日平均気温が5℃を下回る時期から根雪の始まるまで」もしくは、「日平均気温が6℃以下になる時期以降で、なおかつ7℃以上が3日以上続かなくなる時期より根雪始まるまで」とされている。

北海道の道北部では11月中旬以降とされており、目安として11月10～15日頃に冬播種（初冬季播種）開始時期、根雪は12月上旬との資料が出ている（図-12）。

表1 フロストシーディング開始の目安

日平均気温が5℃以下となった日（11月）	市町村
5日まで	浜頓別、名寄、旭川、富良野、足寄、標茶、日高
10日まで	稚内、豊富、紋別、北見、中標津、別海、帯広、倶知安
15日まで	留萌、網走、釧路、広尾、岩見沢、長沼、札幌、苫小牧、八雲
20日まで	根室、釧路、静内、室蘭、函館
21日以降	江差（26日）

※気象統計データ1981～2010年までの30年間の平均値を基に作成

表2 根雪始の平均値

稚内	11月26日	室蘭	12月25日
旭川	11月22日	函館	12月16日
網走	12月3日	帯広	12月10日
札幌	12月4日	釧路	12月30日

※気象庁のデータを基に作成

図-12 冬播種の開始目安と各地の根雪始の平均値

参考文献「牧草と園芸 第64号第5号（2016）年 北海道における牧草のフロストシーディング（初冬季播種）のポイント」

播種のポイントとしては、草種はイネ科牧草に限られており、中でも試験結果よりチモシーは種子が小さく、比重が重いため土壌への定着も良好であると言われている。

播種量も通常2.0kg/10aであるが、冬播種（初冬季播種）では2.4kg/10aが適量とされ、翌年春の追肥時にマメ科の追播を実施するとされている。

(4) 冬播種の方法と不向きなほ場

播種後に鎮圧を行うのが一般的ですが、初冬は土壌が濡れており、ローラーをかけると土と種子が付着して、播種ムラが生じるため、「ゴムローラーを推奨」「朝の土壌表面が凍っている時に鎮圧」などを勧めている。

また、冬播種（初冬季播種）に不向きなほ場としては、急傾斜地のほ場で融雪水などにより種子が流されやすいほ場面の場所、さらに風当たりが強いほ場でも種子が飛ばされやすいため、不向きなほ場とされている。

(5) 冬播種（初冬季播種）の提案

冬播種（初冬季播種）についての、試験施工などは北海道内でも近年行われており、色々な報告がされている。

平成29年度設計業務でのほ場は、整地工Ⅱによる基盤造成で傾斜の修正、暗渠排水工位置は緩勾配であり、冬播種（初冬季播種）での施工条件には問題がない。

このため、当初地域の一般的播種時期まで区画整理施工の完了が困難であることから、冬播種（初冬季播種）を前提とした施工を行うことの提案を行った。

5-2 試験施工

(1) 施工状況

平成30年度施工箇所において、受益者要望により1番草採草後の7月上旬から施工が開始された。整地工Ⅱ範囲の沢地には、基盤排水路（管渠）が設置され、周囲の表土下の土砂で傾斜修正工が行

われている。また、ほ場を分割していた既設附帯明渠も埋設しほ場の拡大、暗渠排水工の施工が実施されていた。しかし、施工中の7月下旬～8月にかけて日降水量が40～50mm/日の降雨が発生し、ほ場の泥濁化など施工が遅延状態のため受益者への引き渡し希望時期には厳しい状況であった。

そこで、当初予定の播種時期を冬播種とすることを提案し、通常予定の工事期間2ヶ月を4.5ヶ月まで延長することが可能となり工事は完了することが出来た。

(2) 冬播種の実証試験状況

提案した冬播種は、次年度の発芽、生育に問題ないかを確認するため、受益農家、農協による実証実験を平成30年12月13日より行われた。実証試験の結果は、翌年春にイネ科の牧草が発芽し、追肥時にマメ科の追播により、1番草採草時には通年と変わらない状況であった。



写真－2 施工前及び施工中

施工場所	工事実施 (作業条件)	工事実施年度												工事実施翌年度											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
通常施工	収穫後～ 播種まで完了	根害期間			牧草1番草 成長期間		1番草刈取	工事期間 (増肥、土改材 散布含む)		播種 (除草 剤散布 含む)	根害	施工期間 2ヶ月→4.5ヶ月						1番草刈取	牧草2番草 成長期間		2番草刈取	根害期間			
冬播種	収穫後～ 降雪前	根害期間			牧草1番草 成長期間		1番草刈取	工事期間 (増肥、土改材散布含む)				初冬 まき	根害期間	根害期間			牧草1番草 成長期間		1番草刈取	牧草2番草 成長期間		2番草刈取	根害期間		

図－13 播種時期比較図



写真－3 上空からの冬播種状況



写真－4 冬播種状況



写真－5 冬播種状況

6. 最後に

平成30年度業務での農地の区画拡大と暗渠排水工の設計において、受益者聞き取り及び地耐力調査に基づく地耐力分布図作成による要暗渠区域の検証、及び工事施工可能期間を確保するための冬播種の提案などを行った結果、現況農地における整備範囲の精度を上げるとともに、整備後の地耐力測定を行うことにより事業実施による効果検証に有効なデータの蓄積が可能となった。

また、営農や気象の制約により工事期間が不足する状況であったため、提案した冬播種により工事施工可能時期を大幅に延ばすことが可能となった。

これらによって、発注者から高い評価を受けることができた。

今回取り纏めた報告の遂行にあたり、網走開発建設部北見農業事務所の皆様、また地元関係機関の皆様には、多大なご指導とご援助をいただきました。

ここに、深甚の謝意を表します。

(株三幸ランドプランニング 技術部 次長)

三次元設計データの施工への活用に向けて

岩井 剛

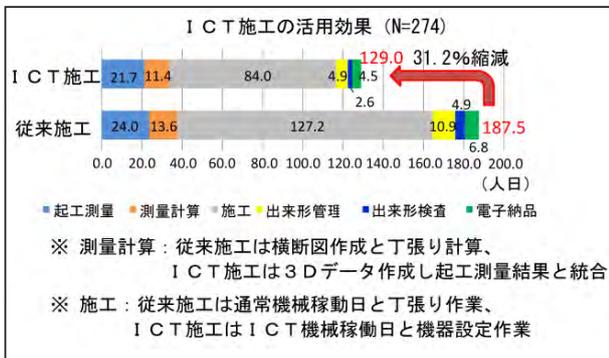
1. はじめに

近年、農業部門でも情報化施工の取組が進められているが、情報化施工を実施するに当たっては、三次元設計データの作成が必須である。そこで、国営農地再編整備事業「南長沼地区」では、三次元測量及び三次元設計を試行し、作成した三次元データを用いた情報化施工への活用について考察を行った。

2. 目的

国土交通省では工事の生産性を向上させるため、ICT建機を使用した情報化施工の取組を進めている。特に、「ICTの全面的な活用（ICT土工）」は、2008年より試行している情報化施工の結果から、生産性の向上が見られる（表-1）。

表-1 土工にかかる一連の延べ作業時間¹⁾



農地再編整備事業の区画整理の主要工種である整地工は、均平精度の確保において、ブルドーザ等の施工機械のオペレーターの熟練度によるところが大きい。今後、高齢化による熟練技術者の引退や、人口減少に伴うオペレーター不足が懸念されており、情報化施工への期待が高まっている。

農業農村整備事業では、平成29年3月の「情報化施工技術の活用ガイドライン」の策定以降、国営土地改良事業等において、情報化施工技術を活用した

工事の件数が徐々に増加している。しかし、全体数としてはまだ少ない状況である（表-2）。

表-2 国営事業における情報化施工技術活用工事の実績²⁾

年度 (件数)	局	活用工事件数	対象工種
H29 (6 件)	北海道	1	水路掘削
	中 四	1	区画整理
	九 州	4	区画整理、水路掘削、ダム堆砂除去
H30 (13 件)	北海道	5	区画整理、水路掘削
	中 四	3	区画整理
	九 州	5	区画整理、水路掘削、ダム堆砂除去、法面整形
R 元 (37 件)	北海道	4	区画整理、水路掘削
	近 畿	1	区画整理
	中 四	11	区画整理、調整池造成
	九 州	21	区画整理、水路掘削、ダム堆砂除去、堤防盛土
		56	

これは、情報化施工を実施するに当たって、設計時に作成した二次元データを基に三次元データを作成することが必須であり、これが施工業者の負担となり、普及への阻害となっていることが一つの要因と考えられる。

このため、国営農地再編整備事業「南長沼地区」の区画整理設計業務において、北海道開発局 札幌開発建設部 札幌南農業事務所にフィールドを提供していただき、三次元測量・三次元設計を試行した。さらに、作成した三次元データの情報化施工への活用について考察を行った。

3. 業務の概要

国営農地再編整備事業「南長沼地区」は、北海道夕張郡長沼町に位置し、一級河川千歳川右岸に拓けた水田地帯である（図-1）。



図-1 地区位置図

本地区の農地は、ほ場が小区画で排水不良等が生じているとともに経営農地が分散しているため、生産性が低く農業経営が不安定となっている。このため、区画整理と農地造成を一体的に施工し、生産性の高い基盤の形成と土地利用の整序化を通じ、農業経営の合理化と効率的な土地利用を図り、農業の振興を基幹とした地域の活性化に資することを目的としている。

今回、試行した三次元測量・三次元設計の対象ほ場は、「南長沼地区」の北西に位置する12、20農区である（図-2）。両農区は四方を町道に囲まれており、農区面積は2農区あわせて54ha、業務で実施する測量調査・設計項目は下表の通りである（表-3）。

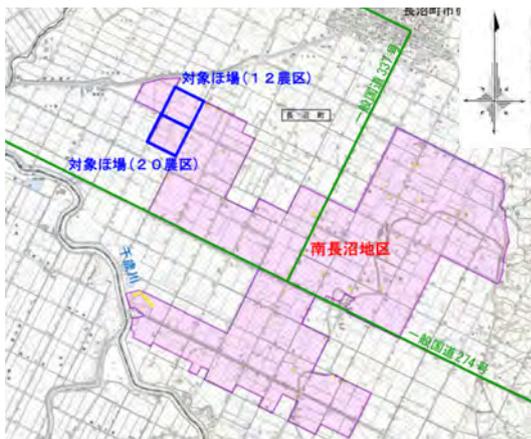


図-2 対象農区位置図

表-3 測量調査・設計項目

作業項目	数量	備考
横断測量	6.60km	測量間隔：100m
田面標高調査	54.3ha	10点/ha程度
ほ場整備設計	54ha	実施設計

4. 三次元測量

本業務では、仕様書に沿ったオートレベル、トータルステーションを用いた測量手法と併せて、「UAVによる空中写真を用いた測量」（以下、「UAV空中写真測量」と記す）と「地上レーザスキャナ測量」を行った（表-4）。

表-4 本業務で用いた三次元測量

三次元測量	使用機械	備考
UAVによる空中写真を用いた測量	エンルート QC730	ドローン
	SONY α 6000	撮影用デジタルカメラ
地上レーザスキャナ測量	RIEGL VZ-1000	三次元レーザスキャナ

三次元測量自体は、どちらか1手法のみでも可能であるが、UAVによる空中写真測量と地上レーザスキャナ測量を組み合わせ補完することで、広範囲の点群データDEM（標高データ）および、オルソ画像を短時間で効率よく作成することが可能となる。

(1) UAVによる空中写真測量

UAVによる空中写真測量とは、低空飛行させたドローン（図-3）にカメラを搭載して空中から撮影し、画像を解析して地形の三次元（3D）モデル化を行う新しい測量手法である。

これまでの上空からの測量は、航空機や衛星画像を用いた航空写真測量が一般的であったが、それに比べてUAVによる空中写真測量は手軽で、低空飛行による高解像度な写真の撮影が可能で、均等に計測ができ精度のバラツキが少ない。今回使用したUAVによる空中写真測量の測量精度は5cm程度である。



図-3 UAVによる空中写真測量に用いたドローン

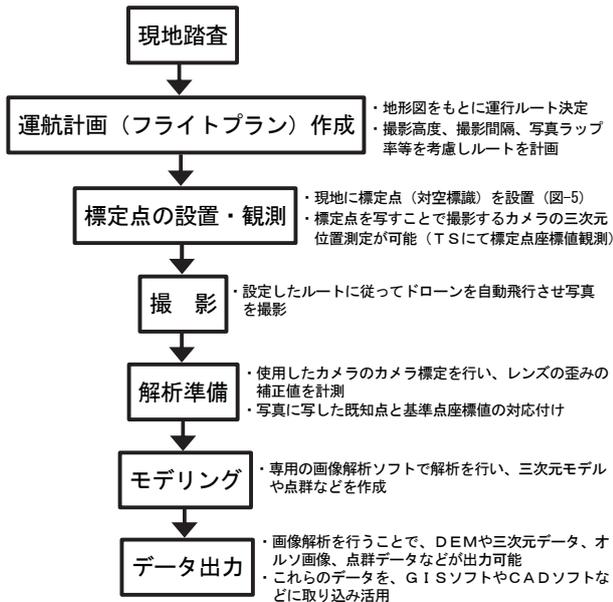


図-4 UAVによる空中写真測量の手順



図-5 標定点（対空標識）

(2) 地上レーザスキャナ測量

地上レーザスキャナを用いた測量は、計測対象物の三次元座標データを短時間に高精度・高密度で取得することが可能な測量である。測定時は、対象ほ場の複数箇所に機器を設置し、機器から連続的に照射されるレーザー光の反射を取得して、ソフトウェア上の三次元空間に点群として地物の形状を再現するものである。



図-6 三次元レーザスキャナ本体

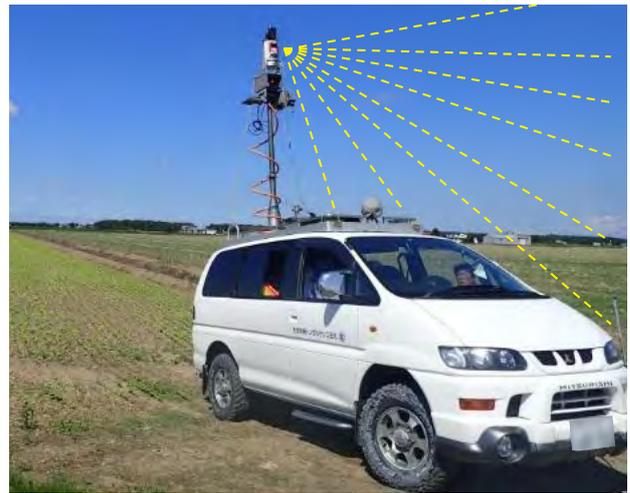


図-7 地上レーザスキャナ測量観測状況

今回使用した地上レーザスキャナ（図-6）の測量精度は、100mの照射距離で±8mm程度である。今回は号線道路等からの計測となるため、照射距離が近い道路近傍と遠い農区中央部で精度のバラツキが大きくなることが問題となった。そこで、UAVによる空中写真測量と組み合わせることでバラツキを補完した。

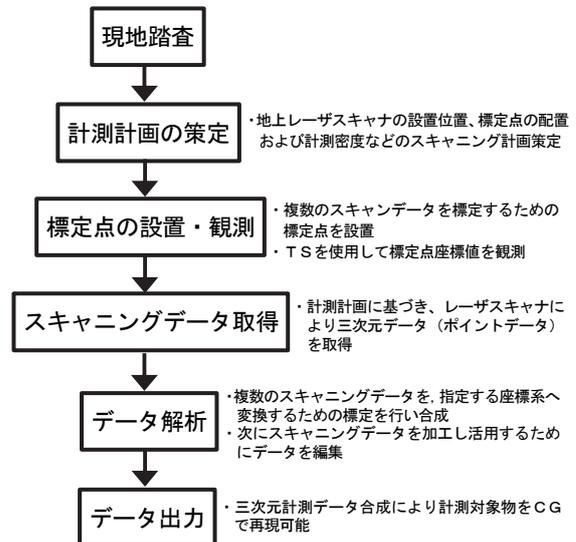


図-8 地上レーザスキャナ測量の手順

5. 三次元設計

本業務で行った三次元測量結果を用いて、以下の作業・検討を行い設計で活用した。

(1) TINモデルの活用

三次元測量より取得した点群データから、TIN

モデル（点群を線で結び形状を三角形の網で表現したモデル：図-9）等を作成し設計作業への活用を図った。具体的には、施設配置や詳細設計等の検討に必要な断面図を、追加の現地調査を行わず、TINモデルから作成した（図-10）。



図-9 点群データから作成したTINモデル



図-10 TINモデル上の横断位置および横断面図

(2) オルソ画像の活用

オルソ画像（写真上の像の位置ズレをなくし空

中写真を地図と同じく、真上から見たような傾きの無い、正しい大きさと位置に表示される画像に変換（正射変換）したものに現況地形図、計画図を重ね合わせ区画割・施設配置等の妥当性の検証に活用した（図-11）。特に、地形図のみでは分かりにくい宅地との取り合いについて図面上での確認が容易に行えた。

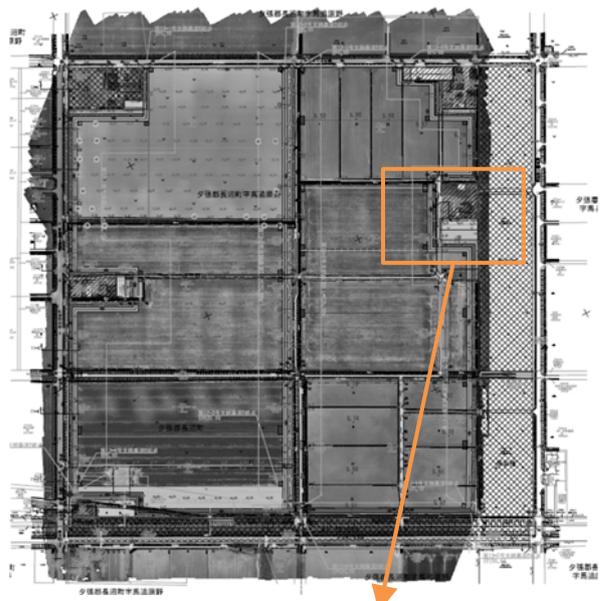


図-11 現況・計画合成図と重ね合わせたオルソ画像

(3) アニメーションによる地元合意形成への活用

三次元CADで、区画形状・畦畔・用排水路・農道等の計画面データ（サーフェス：サーフェスとは物体の表面のみを表現する手法であり、TIN、メッシュ等で表現される。図-12）を作成し、専用ソフト（InfraWorks）で現況の点群データと重ねてアニメーションを作成した（図-13）。作成したアニメーションは地元説明会で使用し、合意形成の促進に活用した。

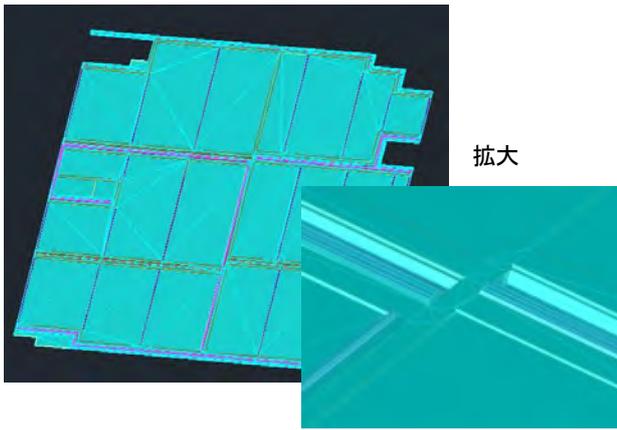


図-12 三次元CADソフトで作成した計画面データ

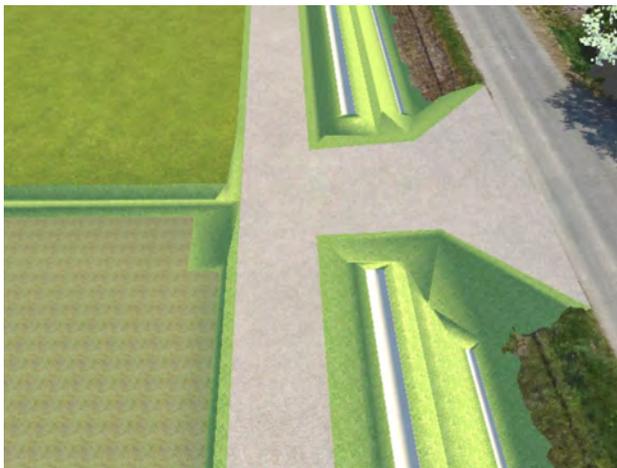


図-13 アニメーション

6. 情報化施工の活用へ向けて

現在の二次元データによる施工のもとでICT土工を導入するためには、設計時に作成した二次元データを三次元データとして新たに作成する必要がある。このことが、時間・労働・費用を必要としICT土工普及の阻害要因となっている（図-14）。

具体的には、図-14の③、④の「UAV等の外注費用または購入費用が高い」という費用負担の問題、⑥の「3次元データを扱える技術者がいない」という技術者確保（労働）の問題がある。また、「3次元データ作成期間が2か月半位かかる」との意見もあり時間的な問題もICT土工普及に当たっての大きな問題となっている。

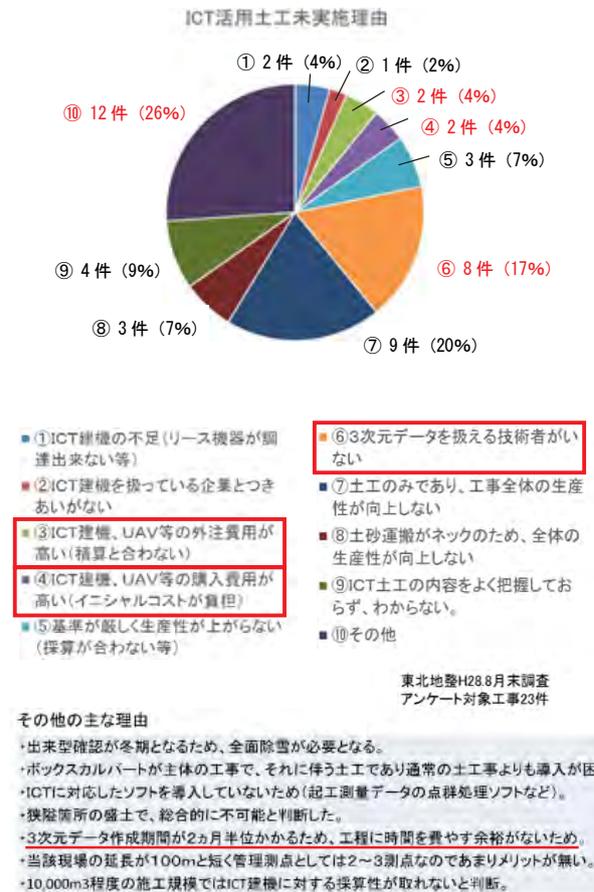


図-14 ICT活用対象工事における課題³⁾

本業務では地元説明会での合意形成の促進にアニメーションを活用するために、農区全体の三次元データを作成した。そこで、情報化施工に活用するために設計で作成した三次元データをICT建機に入力できるようにデータ変換（LandXML形式）を行った。

さらに、今後、区画整理設計において三次元CADのモデル作成が普及した場合は、情報化施工の実施に当たって、三次元データをどの程度作り込むかの目安を明確にすることが必要と考えた。そこで、「CIM導入ガイドライン（案）」⁴⁾に記載されているCIMモデル詳細度を参考に、作り込みレベル

(C I Mモデルをどこまで詳細に作成するか) による“区画整理のモデル化の定義”、“サンプル”および、“情報化施工が可能な作業”をまとめた「区画整理のモデル詳細度(案)」を検討・作成した。以下に、本業務の中で考察した区画整理のモデル詳細度(案)を示す(表-5)。

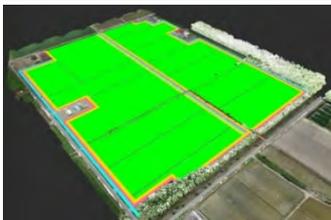
詳細度100は、対象位置や範囲を表現するモデルであり、区画割りと施設の配置が分かる程度の矩形形状もしくは線状のモデルである。したがって、詳細度100では情報化施工へは対応しない。

詳細度200は、対象による概略の影響範囲が確認

できる程度のモデルである。具体的には、主要な施設を標準的な形状でモデル化(農道・畦畔は標準断面、用排水路は平均サイズ)し、現況摺り付け部の盛土・切土も標準サイズでモデル化する。したがって、詳細度200での情報化施工が可能な作業は、耕区ごとの計画田面高が反映されているため、整地工および、進入路や隅切などがない畦畔築立となる。

詳細度300は、主要施設の形状が正確なモデルである。詳細度200に加えて主要施設の形状を正確にモデル化する。具体的には、農道の現況道路との取付、進入路、隅切などの正確なモデル化や、用排水

表-5 区画整理のモデル詳細度(案)

詳細度	区画整理のモデル化の定義	サンプル	情報化施工が可能な作業
100	対象位置や範囲を表現するモデル ・区画割りと施設の配置が分かる程度の矩形形状もしくは線状のモデル		—
200	対象による概略の影響範囲が確認できる程度のモデル ・区画のモデル化(耕区ごとの計画田面高) ・主要な施設を標準的な形状でモデル化 ・農道・畦畔は標準断面でモデル化 ・用排水路は平均サイズでモデル化 ・現況摺り付け部の盛土・切土をモデル化		・整地 ・畦畔築立(進入路、隅切などがない箇所)
300	主要施設の形状が正確なモデル ・詳細度200に加えて主要施設の形状を正確にモデル化 ・農道の現況道路との取付、進入路、隅切のモデル化 ・用排水路は正確なサイズでモデル化		・整地 ・畦畔築立 ・農道法面整形 ・排水路掘削 ・用排水路法面整形(付帯施設がない箇所)
400	詳細度300に加えて付帯施設及び埋設物を含む全てをモデル化 ・用排水路の付帯施設(柵、給水栓、落口など)や管渠の形状、配置を正確にモデル化 ・暗渠の配線、形状を正確にモデル化		・全作業
500	設計・施工段階で活用したモデルに完成形状を反映したモデル	—	—

路を正確なサイズでモデル化する。したがって、詳細度300での情報化施工が可能な作業は、整地工、畦畔築立、農道法面整形、排水路掘削および、用排水路法面整形（付帯施設がない箇所）となる。

詳細度400は、詳細度300に加えて付帯施設および埋設物を含む全てのモデル化である。具体的には、用排水路の付帯施設（柵、給水栓、落口）や管渠の形状、配置の正確なモデル化や、暗渠の配線、形状を正確にモデル化する。したがって、詳細度400での情報化施工が可能な作業は、基本的には全作業となる。

詳細度500は、設計・施工段階で活用したモデルに完成形状を反映したモデルであり、つまりは実際の完成形をモデル化したものと一致する。

7. 考 察

今後は、三次元測量データおよび、設計で作成した三次元データを「情報化施工への活用」へとスムーズにつなげていくことが必要であり、そのためには以下の課題が考えられる。

(1) 三次元測量の組合せ

UAVによる空中写真測量および地上レーザスキャナ測量は、植生の影響、水面の影響、陰の影響（陰になるとトラフの底が測定不能）などの課題がある。

そこで、測量時期を作物や雑草が生い茂る前の春先や、収穫後の秋以降に行う等の配慮が必要である。また、各測量の特性を生かし、UAVによる空中写真測量で農区全体の測量を行い、宅地周りや施設の錯そうしている場所等、UAVを用いた測量が困難な箇所を地上レーザスキャナ測量で補完するなどの工夫が必要である。

(2) データの標準化

区画整理の情報化施工を実際に行っている施工業者への聞き取りによると、「ICT建機にデータを入力する場合、サーフェスが分かれていると

不具合が生じるため、三次元データについてはサーフェスをまとめることを希望する。」という意見があった。

現在、道路・河川事業については三次元データの納品の形式について「LandXML1.2 に準じた3次元設計データ交換標準（案）」⁹⁾ が作成されており、標準化が進められている。しかし、現在のところ農業部門については標準化が行われていない。

そこで、農業部門についても標準化を行い、設計段階の成果内容を明確にする必要がある。

(3) 作り込みレベルのルールづくり

三次元モデルを作成する場合、モデルを作成するときの作り込みレベルの基準が存在しなければ、モデル作成の際に受・発注者間の認識の違いが生じ、作業の手戻りや成果品引き渡しの際に支障が生じる可能性がある。

そこで、「6. 情報化施工の活用へ向けて」で述べた「モデル詳細度」などを作成し、受・発注者間で共有できる標準的なルールづくりが必要である。

本業務でアニメーション用に作成した三次元データは、詳細度300に該当する。情報化施工に活用する場合、整地、畦畔築立のみの施工では詳細度200、農道法面、用排水路法面も情報化施工で行う場合には詳細度300が必要である。

(4) 技術者の育成

現在、農業部門においては、受・発注者ともに三次元CADを使いこなす技術者が不足している状況にある。また、三次元データを作成するには専用のソフトや、大容量のデータに対応し得る高スペックのパソコンなどが必要となる。

そこで、三次元CADを使いこなすことのできる技術者の育成と、使用するハード・ソフトの環境整備が必要である。

8. おわりに

三次元測量・三次元設計を試行した結果、特に、3Dアニメーションによる地元合意形成の促進など、今後の区画整理設計において有効な手法であることが確認できた。また、三次元データをICT建機に入力する際のデータ変換、三次元モデルの作り込みレベルについての考察を行い課題の確認ができた。

今後は、設計で作成した三次元データを情報化施工への活用へとスムーズにつなげていく環境が整うことで、更なる展開が図られることを期待したい。

(北王コンサルタント(株) 企画設計部 次長)

参考文献

- 1)国土交通省：ICT活用工事の実施状況とH30年度の予定（第7回ICT導入協議会）平成30年7月
- 2)農林水産省農村振興局整備部：農業農村整備における情報化施工について 令和2年4月
- 3)国土交通省東北地方整備局企画部：建設業の生産性向上に向けた取り組み
- 4)国土交通省CIM導入推進委員会：CIM導入ガイドライン（案）平成29年3月
- 5)国土交通省国土技術政策総合研究所：LandXML 1.2に準じた3次元設計データ交換標準（案）Ver. 1.2 平成30年3月

農業用用水路（開水路）に対する 無機系表面被覆工法・目地補修工法の適用性評価

中嶋 一郎

1. はじめに

ストックマネジメントにおいて、農業水利施設のライフサイクルコストの低減と施設の長寿命化を図るためには、診断、評価、対策工法などの関係技術を確立させる必要がある。

農業用用水路（開水路）では、供用年数、施設構造、地域特性、地下水環境、水利用形態によって、摩耗、凍害、アルカリシリカ反応、化学的腐食、中性化、塩害などにより劣化が進行する。特に、寒冷地に建設された開水路は、外気温上の融解日数と日射による融解日数の合計（全凍結融解日数）が100日を超えることが多いため、凍害の危険度が高い。

また、要求性能を満たさない補修材料では、対策を実施した後に、凍害を起因とした変状（スケーリング、ひび割れ、ポップアウト、剥離、断面欠損など）が再発する可能性がある。

留萌開発建設部では、寒冷地における農業用コンクリート開水路の対策工法を確立させるため、平成27年度に羽幌地区の第3号用水路で表面被覆工法と目地補修工法の試験施工を行い、平成30年度まで行ったモニタリング結果を報告するものである。

2. 対象施設の概要

対象の用水路は、昭和62年～平成元年に国営土地改良事業羽幌地区で全面改修された第3号用水路（苫前郡羽幌町、図-1）である。平成30年の調査時には改修後30年が経過している。

モニタリング対象区間はほぼ東から西に向かって用水が流下する。このため、南向きの面（右岸側）は日射を比較的浴びるため、夏場は乾燥収縮によるひび割れが発生しやすく、冬場は凍結融解の影響を受けやすいことが推測できる。

本用水路の利用状態の特徴として通水状況がある。春先の5月～8月まで通水し、9月からは空虚状態となるが、積雪が始まる11月下旬ごろまでは周辺の山地からの流入水があり、水位が低い状態で水路内を流下している。

また、初冬の11月下旬から春先の4月までは、厳冬期にあり凍結・積雪の影響を受ける。そのため、本水路は、利用条件と外部環境から1年間に上記3種類の環境条件による作用を受ける水路である。

羽幌地区第3号用水路の概要を表-1に示す。

表-1 施設の概要

前歴事業	国営土地改良事業 羽幌地区		
名称	第3号用水路		
構造	RC フリューム水路		
形状寸法	B2.95m×H0.90m, L=2137.08m, t=0.20m		
設計流量	Q=1.723m ³ /s		
調査区間	表面被覆工法		
	浅埋設区間	FA-1～3	3区間
	半切半盛区間	FB-1～3	3区間
	計 6区間		
	目地補修工法		
	浅埋設区間	JA-1～3	3区間
半切半盛区間	JB-1～3	3区間	
計 6区間			
凍害危険度	やや大きい地域に分類(図-2より)		

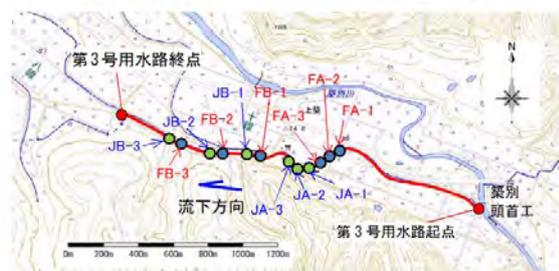


図-1 施設位置図(赤字：表面被覆、青字：目地補修施工位置)

第3号用水路は、図-2の凍害危険度の分布図のとおり、凍害の危険度がやや大きい地域に分類される。



図-2 凍害危険度の分布図

また、モニタリング区間は、図-3の浅埋設区間と図-4の半切半盛区間の2区間で各3バレル設定した(写真-1)。浅埋設区間は、周辺の標高が低いため、周辺からの流入水は無く、太陽光の影響を強く受ける可能性がある。半切半盛区間は、左岸側が日陰で湿潤性であり、水の供給が継続的である。また、山地斜面からの流入水についても左岸側の湿潤化を起こす。右岸側については、壁が露出するため他区間よりも強い凍結融解の影響が考えられる。なお、水路底面には、アンダードレーンが設置されており、置換工法として側壁背面、底版背面にはφ80裏込砂利が凍上対策として設置されている。

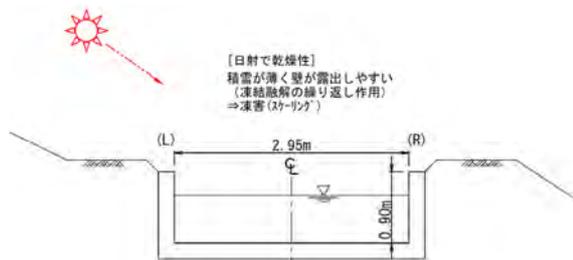


図-3 浅埋設区間の環境要因

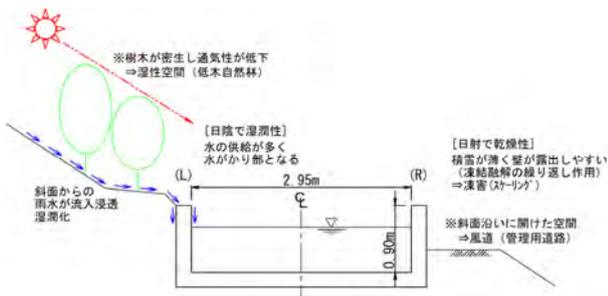


図-4 半切半盛区間の環境要因

積雪による断熱効果はスノーブリッジの形成または雪による水路の埋没による影響が考えられる。本用水路幅ではスノーブリッジ形成に211cmの積雪深が必要だが、既往最大積雪深は182cmであり形成されない。



写真-1 浅埋設区間(左)と半切半盛区間(右)

$$H_s \text{ (cm)} = B \text{ (cm)} / 1.4$$

$$= 295 / 1.4 = 211 \text{ (cm)}$$

HS:スノーブリッジ形成断熱高さ (cm)

B:水路天端幅 (cm)

参考:積雪寒冷地における用水路の設計技術指針(案)P9

また、側壁高が90cmであるため、水路は雪に埋没して、断熱効果が発生すると考えられる。凍上力は、雪による断熱効果が発生すること、加えて水路側壁背面にドレーンが設置されていることから、発生しにくい環境にある。

中性化、塩害については、影響が大きくなる環境要因がないため、劣化因子としては想定しづらい。

また、既存施設の近接目視調査では、底版表層の剥離(写真-2)と側壁の摩耗による粗骨材の露出(写真-3)が見られ、底版は濡れた状況であり基準強度未満の値となった。側壁コンクリートの強度、付着力の低下はなかった。



写真-2 底版剥離状況 (FA-1区間)



写真-3 側壁摩耗状況 (FA-1区間)

3. 試験工法選定

表面被覆工法の選定に当たって、耐凍害性、耐摩耗性を有すること、水ぶくれが生じる可能性のある材料を避けること、維持管理が容易であること、および断面復旧が容易であることを要求性能として選定を行っている。それらを満たす無機系材料の中から表面被覆工法を採用した。

表面被覆工法は多数の工法が存在するが、複数の耐候性に優れたエマルジョン系プライマー、エポキシ樹脂系プライマー、およびプライマーを用いないポリマーセメントの3種類から経済性、施工性、耐凍害性、耐摩耗性の比較を行い、①エマルジョン系プライマー、ポリマーセメントモルタル、耐アルカリガラス繊維ネットを使用するA工法、②エポキシ樹脂プライマーを使用して、低温施工（5℃以下が可能）が可能なB工法、③プライマーを使用しないで補強用短繊維と高炉スラグ微粉末を使用して凍害性に優れたC工法を選定した（表-2、図-5）。

ポリマーセメント材に対する検証は多数実施されているため、先端技術に対する適用確認として、優れた変形性能とセメント系材料として高い耐久性を併せ持つHPFRCC（複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料：C工法）を試験工法として採用している。

補修材料厚はすべての工法で10mmに設定した。下地処理方法は「手はつり+高圧洗浄」による下地処理工法を採用した。手はつり後に高圧洗浄による下地処理工を実施した場合、手はつりにより発生したはつり面の脆弱部を除去することが可能である。高圧洗浄を併用することにより、健全な処理面に適度な凹凸がある状態となり、補修材の付着をより強固にすることが可能となった。

現地で発生している目地の変状は、目地シーリング材の剥離であり、湧水や、大きな段差などは確認

されない。本地区では、目地に対する変形や背面からの浸出水といった劣化因子が少ないものと評価される。

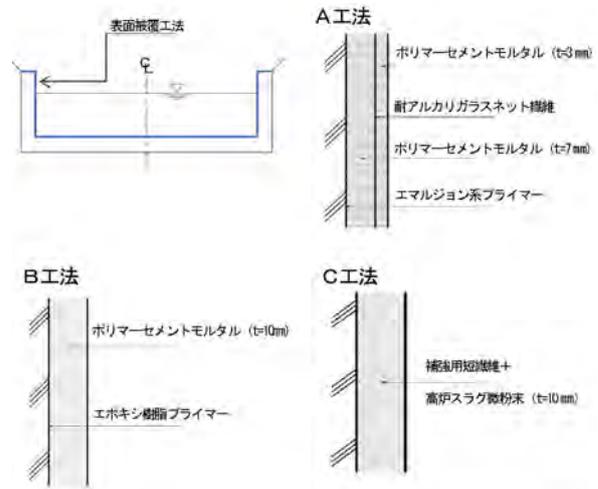


図-5 表面被覆工法の詳細図

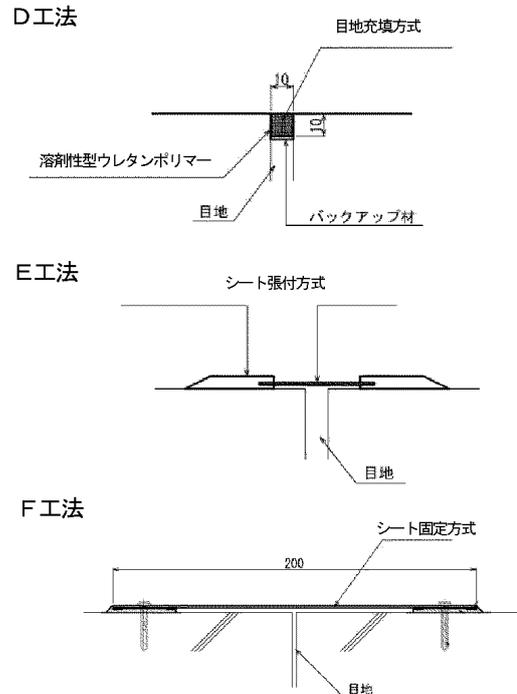


図-6 目地補修工法の詳細図

表-2 高度化検討における検討項目および用水路に対する適用性

工法名	高度化検討における検討項目	本用水路に対する適用性
耐アルカリガラス繊維含有工法 (A工法)	<ul style="list-style-type: none"> 耐アルカリガラス繊維の利用により施工の均一性を確保 エマルジョン系プライマーは、母材と補修材の界面が生じるため、影響を評価 	<ul style="list-style-type: none"> 材料の均一性が高いため、部分的な材料の劣化が発生する可能性が低く有利
エポキシ樹脂プライマー工法 (B工法)	<ul style="list-style-type: none"> 5℃以下の施工が可能、吸熱補給による養生管理が必要無し 薄肉施工でも補修材と母材の差から生じる温度応力が発生しない点が有利 エポキシ系プライマーは、母材と補修材の界面が生じるため、影響を評価 	<ul style="list-style-type: none"> 低温環境下での施工が可能であるため、施工性がよく本用水路への適用性が高い
補強用短繊維+高炉スラグ微粉末工法 (C工法)	<ul style="list-style-type: none"> HPFRCCによる材料の中で、高炉スラグを材料として含んでおり、緻密な水和物を生成して、耐凍害・耐塩害・中性化抑制効果を有する 母材とはポリマーモルタルによる付着であり、母材との間で界面が形成されないため一体性が高い 	<ul style="list-style-type: none"> 他種のHPFRCC工法と比較して安価でコストの面で優れているため、モニタリングで性能が確認された場合、本用水路への適用性が高い

目地補修工法（図－6）は、目地幅の変位に対して追従性がある3工法を選定した。寒冷地で適用が可能な目地充填工法のD工法、目地被覆工法（シート貼付方式）のE工法、目地被覆工法（シート固定方式）のF工法を採用している。

4. 表面被覆工のモニタリング調査結果

本地区のモニタリング調査は、原則年2回（用水路への通水前の4月および通水後（落水後）の9月）として、施工直後（9月）、施工後0.5年目（4月）、1年目、1.5年目、2年目、2.5年目および3年目のタイミングでモニタリング調査を実施した。

(1) 近接目視調査

A工法、B工法、C工法に対して年2回実施している近接目視調査結果からひび割れおよびその他変状の発生状況の確認を行った。近接目視調査は対象区間の水替を実施し清掃後にスケッチを記録している。各工法の調査結果を以下に示す。

1) 耐アルカリガラス繊維含有工法（A工法）

A工法の浅埋設区間において、変状は確認されなかった。半切半盛区間（写真－4）では1年目に側壁の補修材の浮きが生じたが、3年目は浮きの進行は見られない。底版において1年目に補修材の浮きが生じた。浮き箇所は3年目までその範囲に変化は確認されず、進行性のひび割れを生じていた。確認されたひび割れは長さは小さく、ひび割れ幅も微小なものである。

2) エポキシ樹脂プライマー工法（B工法）

B工法の浅埋設区間、半切半盛区間共に、左右岸に1年目から補修材に多くのひび割れが多数発生し、1.5年目調査（平成29年4月）では、ひび割れがかなり進行していた。

2年目及び3年目は、4月に確認したひび割れ延長の増加が、9月のひび割れ延長の増加よりも大きく、右岸側の方が左岸よりひび割れが多く、半切半盛区間の方が浅埋設区間よりひび割れが多かった。これらの変状から、ひび割れの進行は、冬期を含む調査期間の間に多く発生していると評価できる（図－7、写真－5）。

夏期の乾燥収縮のひび割れの発生は年数を追う毎に減少傾向にある。ひび割れの多いFB-2の右岸では平成30年10月には夏期の新たなひび割れ

の発生がなく、左岸でひび割れが2箇所発生しただけであった（図－8）。なお、確認されているひび割れの幅は、すべて1mm未満である。

また、土による断熱効果が低い右岸側のひび割れが多いことから、このひび割れの要因は、凍害である可能性が高いと評価している。

3) 補強用短繊維＋高炉スラグ微粉末工法（C工法）

浅掘込区間、半切半盛区間ともに、底版に浮きなどは見られず、ひび割れも発生しなかった。3年間のモニタリング期間において特に変状は発生していない。（写真－6）



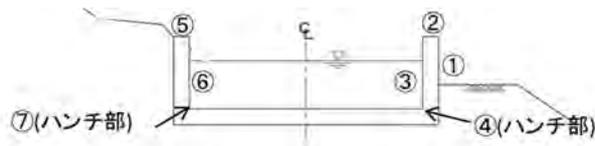
写真－4 A工法の近接目視調査時写真
(FB-1区間)



写真－5 B工法の近接目視調査時写真
(FB-2区間)

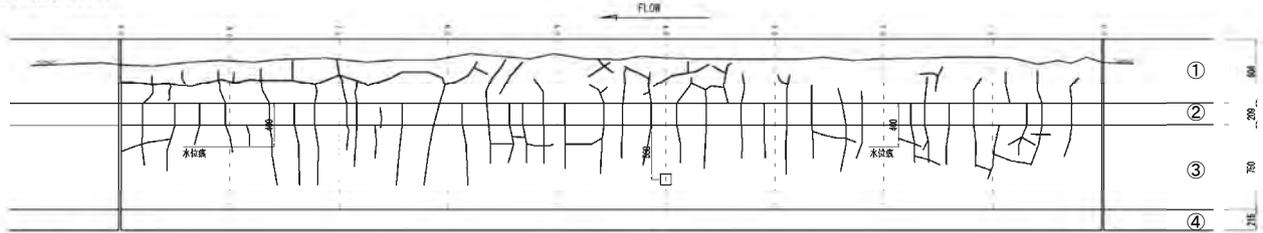


写真－6 C工法の近接目視調査時写真
(FB-3区間)

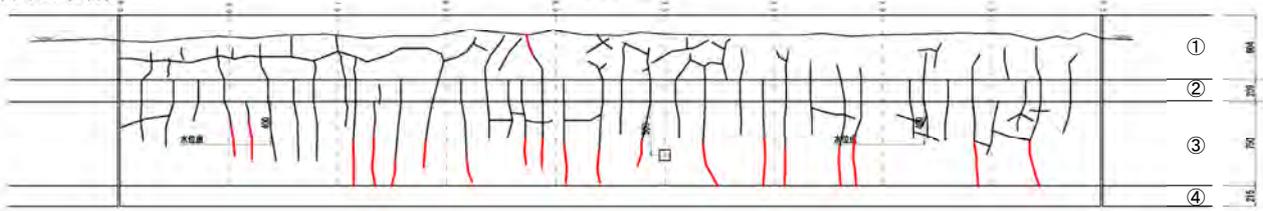


凡例	
— (black line)	平成28年9月ひび割れ
— (red line)	平成29年4月ひび割れ
— (blue line)	平成29年9月ひび割れ
— (green line)	平成30年4月ひび割れ
— (cyan line)	平成30年10月ひび割れ
□ (square)	摩耗量測定箇所

〈平成28年9月〉



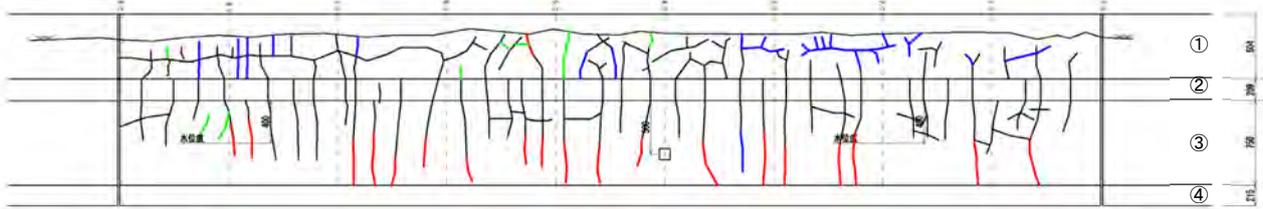
〈平成29年4月〉 冬期に発生したひび割れ (赤)



〈平成29年9月〉 夏期に発生したひび割れ (青)



〈平成30年4月〉 冬期に発生したひび割れ (緑)



〈平成30年10月〉 夏期に発生したひび割れはない

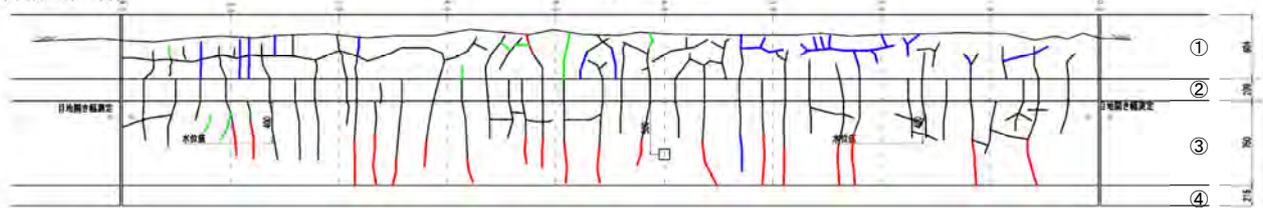


図-7 B工法 半切半盛設区間 FB-2 右岸側壁

〈平成30年10月〉 夏期に発生したひび割れ (水色)

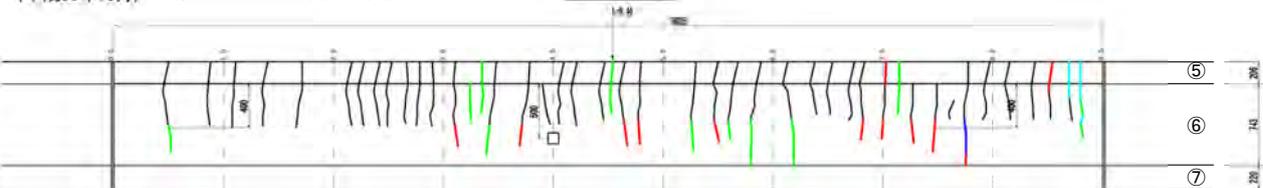
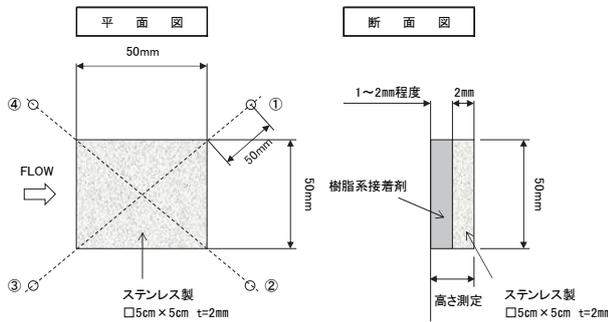


図-8 B工法 半切半盛設区間 FB-2 左岸側壁

(2) 摩耗量調査

流水が表面被覆工に及ぼす影響を評価する摩耗量は、プレート法を用いて評価した。プレート法は、対象となる水路にステンレス製のプレートを接着・固定して、固定点を補修面に設置し、固定点（ステンレスプレート）から示される①～④の位置の高さ測定を行うことにより摩耗調査を精度よく行う手法（図－9）である。表－3に示したようにA工法とB工法は、0.05mm/年、C工法は他工法の1.4倍の0.07mm/年であった。

しかし、全体的に微小な値であるため、表面被覆工法として問題はないと評価した。



図－9 摩耗量調査（プレート法）の詳細図

表－3 各工法の摩耗量（3年間）

工法	測定位置	L側側壁 (mm)	R側側壁 (mm)	底版 (mm)	摩耗量 平均値 (mm/年)	工法の 平均値 (mm/年)
A工法	FA-1	0.09	0.23	0.25	0.06	0.05
	FB-1	-0.04	0.13	0.25	0.04	
B工法	FA-2	0.28	0.36	-0.05	0.07	0.05
	FB-2	0.05	0.11	0.23	0.04	
C工法	FA-3	0.28	0.08	0.28	0.07	0.07
	FB-3	0.51	0.05	0.09	0.07	

※摩耗量平均値=(L側側壁,R側側壁,底版の平均値)/3年

(3) 中性化深さ

3年経過した時点の削孔深さ（中性化深さ：ドリル法 JIS A1152）を基に中性化速度係数を求め、耐用年数を算出した結果、表－4のように、全ての被覆材料が想定耐用年数の20年を大きく上回っており（残耐用年数54年～162年）、問題はない。

中性化速度式は、以下の式で表現される。

$$C = A\sqrt{t}$$

C：中性化深さ（mm）

A：中性化速度係数（mm/√年）

t：経過時間（年）

表－4 各工法の中性化深さ

開水路 タイプ	工法	区間名	測定位置	3年目の 削孔深 (mm)	中性化 速度係数	耐用 年数
浅埋設 区間	A工法	FA-1	左岸側壁 水中	2.04	1.178	72
			右岸側壁 気中	2.00	1.155	75
	B工法	FA-2	左岸側壁 水中	2.19	1.264	63
			右岸側壁 気中	1.91	1.103	82
	C工法	FA-3	左岸側壁 水中	2.35	1.357	54
			右岸側壁 気中	1.75	1.010	98
半切 半盛 区間	A工法	FB-1	左岸側壁 水中	1.83	1.057	90
			右岸側壁 気中	2.00	1.155	75
	B工法	FB-2	左岸側壁 水中	1.44	0.831	145
			右岸側壁 気中	1.36	0.785	162
	C工法	FB-3	左岸側壁 水中	1.83	1.057	90
			右岸側壁 気中	1.98	1.143	77

(4) 付着強度試験

全ての試験で『「農業水利施設の補修・補強マニュアル【開水路補修編】（案）」平成27年4月』に示されている基準値1.0N/mm²以上が得られており（表－5）、各工法の付着強度は十分に確保されていることを確認した。

表－5 各工法の付着強度試験

施設名	開水路 タイプ	工法	区間名	試験部位	試験 位置	付着強度(N/mm ²)				判定
						上部	中部	下部	平均値	
第3号 用水路	浅埋設	A工法	FA-1	R側側壁	気中	1.81	2.03	2.04	1.96	OK
				底版		1.67	1.72	1.64	1.68	OK
				L側側壁	水中	1.66	2.01	1.86	1.84	Ok
		B工法	FA-2	R側側壁	気中	1.29	1.90	1.58	1.59	OK
				底版		2.23	2.63	2.43	2.43	OK
				L側側壁	水中	3.63	3.13	2.31	3.02	Ok
		C工法	FA-3	R側側壁	気中	1.81	2.03	2.04	1.96	OK
				底版		1.67	1.72	1.64	1.68	OK
				L側側壁	水中	1.66	2.01	1.86	1.84	Ok
	半切 半盛	A工法	FB-1	R側側壁	気中	2.84	1.00	2.10	1.98	OK
				底版		1.23	1.39	1.26	1.29	OK
				L側側壁	水中	3.08	1.80	1.90	2.26	Ok
		B工法	FB-2	R側側壁	気中	2.46	2.78	2.82	2.69	OK
				底版		2.14	1.78	2.10	2.01	OK
				L側側壁	水中	1.81	2.98	2.24	2.34	Ok
		C工法	FB-3	R側側壁	気中	1.72	1.54	1.81	1.69	OK
				底版		1.72	1.86	1.76	1.78	OK
				L側側壁	水中	1.58	1.63	1.77	1.66	OK

(5) コンクリート強度推定調査

コンクリート強度推定調査は、以下の2種類の方法により試験を実施している。

1) 反発硬度法（リバウンドハンマー試験）

施工後3年目においてリバウンドハンマー試験を実施し、各部位の比較を行った（表-6左列）。FA1、FB1は、相対的に底版の強度が低下している。FA2、FB2は、側壁・底版共に強度低下を生じていない。FA3、FB3は、底版の強度が低下している。

2) 機械インピーダンス法

リバウンドハンマー試験は、打撃を与える部分（ブランジャー）の直径が14mmであるため、表面の劣化が進行している被覆材やコンクリートは、浅い凹み（塑性変形）を生じ、表面の劣化を確認できる一方、材料全体の強度より小さな値になる傾向がある。

機械インピーダンス法（写真-7、表-6右列）はコンクリートのバネ係数（弾性的性質）を測定するため、塑性変形の影響を受けにくい。リバウンドハンマーと比較すると表面の劣化の影響を受けにくい。



写真-7 機械インピーダンス法計測状況（FB-3）

材料の表面の劣化が生じている場合、機械インピーダンス法による推定強度は、リバウンドハンマー試験による推定強度より大きくなるのが推測できる。

今回の機械インピーダンス法がリバウンドハンマーによる推定強度より大きな値を示すのは、表-6に示す浅埋設区間のA～C工法（FA1、FA2、FA3）の底版である。この3部位は表面劣化が他区間より進行していると評価できる。

また、A工法とC工法は開水路タイプに関係なく底版の強度が側壁より小さくなっていた。B工法は、底版と側壁の強度に大きな違いを生じていない。

表-6 コンクリート圧縮強度の比較

開水路タイプ	工法	区間名	測定箇所	反発硬度法の推定圧縮強度 (N/mm ²)	大小	機械インピーダンス測定値 (N/mm ²)
浅埋設区間	A工法	FA1	L側側壁	41.6	>	36.2
			底版	22.6	<	30.4
			R側側壁	42.5	>	34.8
	B工法	FA2	L側側壁	44.4	≒	42.5
			底版	45.6	<	54.0
			R側側壁	38.5	≒	41.5
	C工法	FA3	L側側壁	26.8	≒	31.1
			底版	23.0	<	33.2
			R側側壁	23.8	<	30.9
半切半盛区間	A工法	FB1	L側側壁	44.5	>	30.1
			底版	30.1	≒	28.2
			R側側壁	45.1	>	33.8
	B工法	FB2	L側側壁	48.3	≒	46.7
			底版	44.9	≒	40.0
			R側側壁	48.9	>	38.4
	C工法	FB3	L側側壁	34.3	≒	29.1
			底版	27.7	≒	31.6
			R側側壁	33.2	>	32.0

開水路タイプでの比較を行うと、浅埋設区間が半切半盛区間より強度が低下している。

この原因は、浅埋設区間と半切半盛区間の間の放水路によって放水することで落水期には山地排水が後者に到達しないため、水路内の乾湿の繰り返しが無いためであると要因と推測する。

(6) 超音波伝播速度試験（表面走査法）

この試験は、『表面走査法によるコンクリートの凍害点検・診断マニュアル(案)H28.10 寒地土木研究所 寒地保全技術研究グループ 耐寒材料チーム』で農業用水路における実績があり、表面被覆工法に劣化や浮きが生じた場合、図-10のケース1やケース3のように測定値の傾きに変化が生じることで評価を行うことができる手法である。

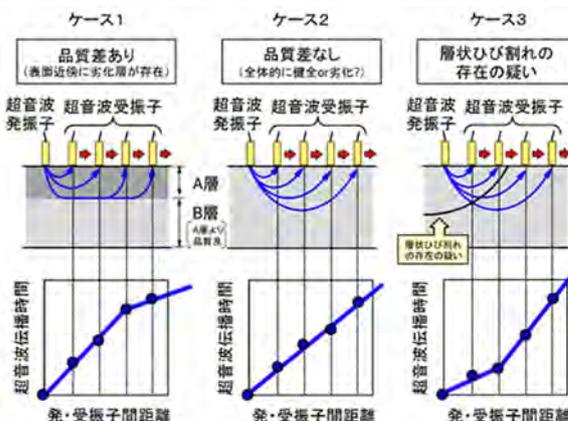


図-10 発・受振子間の距離と補正後の超音波伝播時間の関係のグラフ

本用水路では、右岸側壁気中部において、施工時に表面走査法を実施しており、その同じ箇所です施工後3年目に同試験を実施した。その結果、A

工法およびB工法は、C工法と比較して伝搬速度が変化しており、FA-1、FA-2に若干の劣化が生じている可能性がある(図-11)。

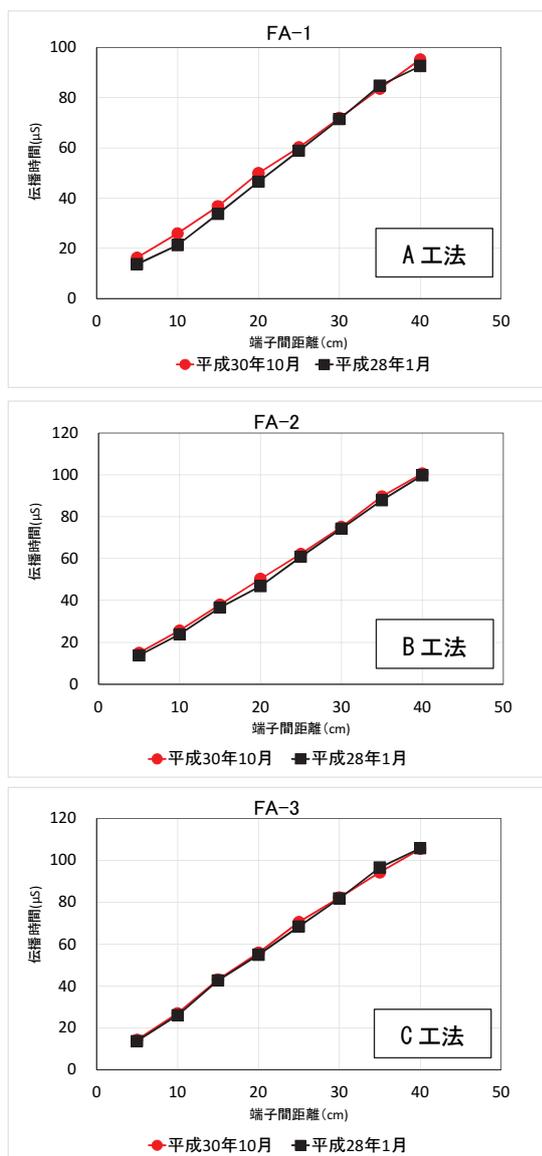


図-11 A～C工法の端子間距離と補正後の伝播時間との関係グラフ

(7) 超音波伝播速度試験(透過法)

「2017年制定土木学会コンクリート標準示方書〔設計編〕」では、凍害の気象条件が激しい環境においてコンクリートに要求される相対動弾性係数の最小限界値(E_{min})を、70%としている(普通の露出状態にあり、連続してあるいはしばしば水に飽和される場合ではない部分(部材断面が薄い(20cm)場合))。

超音波伝播速度試験(透過法)の計測方法を図-12に示す。

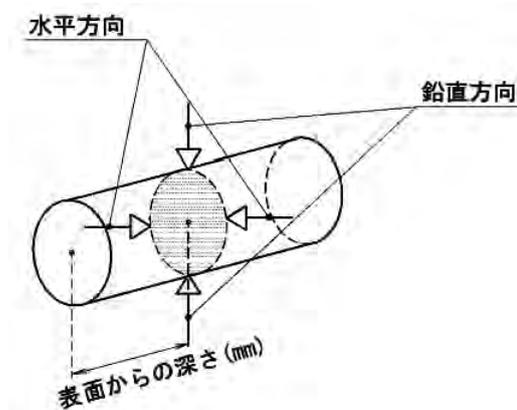


図-12 コア深さ方向計測位置

今回の試験結果では、図-13に示すように、全てのデータが70%を超えているため、凍害による顕著な劣化は水路側壁には認められないと判断する。局所的な劣化として供試体の水路内面側(深さ40mm程度)および水路外面側(最深部)において、到達強度の低下が確認された。

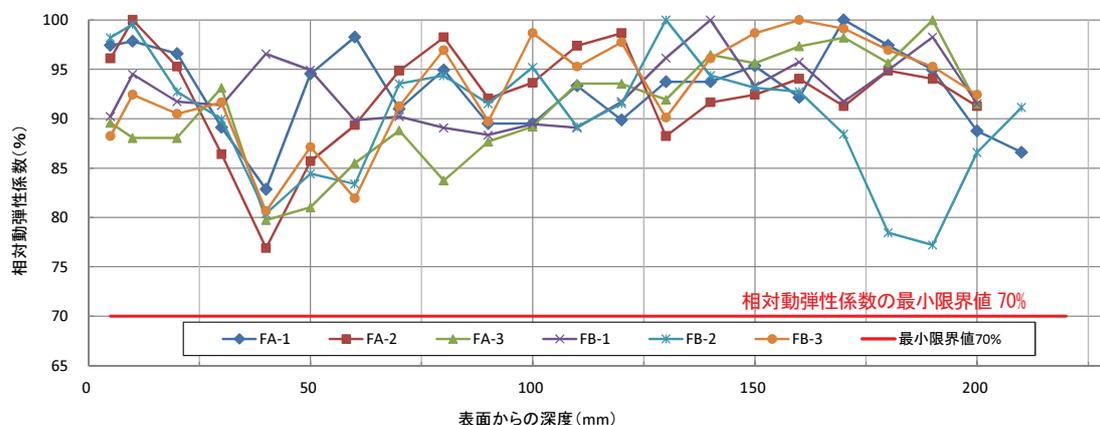


図-13 超音波伝播速度試験(透過法)の表面からの深度と相対動弾性係数

(8) コンクリート圧縮強度

側壁右岸気中部からコア（φ100mm×200mm）を採取し、コンクリートの圧縮試験を行った結果、全ての区間で基準値（21N/mm²）を上回っており、凍害を受けやすい右岸側壁は、健全であると判断される。

また、表-7のとおり、機械インピーダンス測定値は、反発硬度法の推定圧縮強度と比較すると、概ねコンクリート一軸圧縮強度に近い値であることが確認された。

表-7 各試験の強度の比較

開水路タイプ	工法	区間名	測定箇所	コンクリート一軸圧縮強度 (N/mm ²)	反発硬度法の推定圧縮強度 (N/mm ²)	機械インピーダンス測定値 (N/mm ²)
浅堀込区間	A工法	FA1	R側側壁	43.2	42.5	34.8
	B工法	FA2	R側側壁	41.7	38.5	41.5
	C工法	FA3	R側側壁	36.7	23.8	30.9
半切半盛区間	A工法	FB1	R側側壁	34.3	45.1	33.8
	B工法	FB2	R側側壁	44.0	48.9	38.4
	C工法	FB3	R側側壁	36.8	33.2	32.0

(9) 表面被覆工の評価

表面被覆工の試験結果の総括を表-8に示す。

A工法（耐アルカリガラス繊維含有工法）は、目視調査により浮きの発生が確認され、反発硬度、機械インピーダンス、表面走査法より底版表面、被覆材の劣化が確認されている。以上から、若干の劣化が確認されている。B工法（エポキシ樹脂

プライマー工法）では、目視調査により表面被覆材に凍害が原因と考えられる多数のひび割れの発生が確認され、表面走査法による判定において、被覆材の劣化が確認されている。3工法の中で最も劣化が著しい工法であり、積雪寒冷地には不向きと判定した。

C工法（補強用短繊維+高炉スラグ微粉末工法）では、目視調査では特に変状は確認されなかった。反発硬度法、機械インピーダンスでは表面劣化の兆候が確認されたものの、3工法の中では最も劣化が少なく積雪寒冷地に適した工法であると評価できる。

表面被覆工の全工法は、劣化程度に差はあるもののモニタリング3年目時点においては要求性能（耐凍害性、耐摩耗性）を満足している。ひび割れ等の劣化状況は、現状で表面被覆材の表面にひび割れが見られている工法もあるものの、すべてのひび割れ幅が1mm未満であった。多数ひび割れが発生しているB工法でもひび割れ幅は最大0.2mm未満でありひび割れ幅の拡大の傾向はみられない。現時点で各工法の性能について評価すると表-9の評価になる。

今後、ひび割れ内部に水分が侵入し、ひび割れが拡大する傾向が生じてくると考えられる。目視調査を継続して適用性の高いC工法について、最終的な評価を行う必要がある。

表-8 表面被覆工の試験結果に対する総括

開水路タイプ	工法	区間名	詳細目視調査	摩耗量による判定	付着強度による判定	中性化深さによる判定	反発硬度法による判定	機械インピーダンスによる判定	表面走査法による判定	透過法による判定	圧縮強度試験による判定	総合判定
浅堀込区間	耐アルカリガラス繊維含有工法(A工法)	FA1	変状無 ○	既定値以内 ○	既定値以上 ○	既定値以内 ○	底版表面の劣化を確認 △	底版表面の劣化を確認 △	被覆材の劣化有 △	被覆材、母材の劣化無 ○	被覆材、母材の劣化無 ○	表面走査法の評価から不適 △
	エポキシ樹脂プライマー工法(B工法)	FA2	ひび割れ多数 △	〃 ○	〃 ○	〃 ○	表面の劣化無 ○	被覆材の劣化無 ○	〃 △	〃 ○	〃 ○	ひび割れが多数発生したため積雪寒冷地に不向きと判定 △
	補強用短繊維+高炉スラグ微粉末工法(C工法)	FA3	変状無 ○	〃 ○	〃 ○	〃 ○	底版表面の劣化を確認 △	底版表面の劣化を確認 △	被覆材の劣化無 ○	〃 ○	〃 ○	〃 ○
半切半盛区間	耐アルカリガラス繊維含有工法(A工法)	FB1	浮き発生 △	〃 ○	〃 ○	〃 ○	〃 △	被覆材の劣化無 ○	〃 ○	〃 ○	〃 ○	積雪寒冷地に不向き △
	エポキシ樹脂プライマー工法(B工法)	FB2	ひび割れ多数 △	〃 ○	〃 ○	〃 ○	表面の劣化無 ○	〃 ○	〃 ○	〃 ○	〃 ○	ひび割れが多数発生したため積雪寒冷地に不向きと判定 △
	補強用短繊維+高炉スラグ微粉末工法(C工法)	FB3	変状無 ○	〃 ○	〃 ○	〃 ○	底版表面の劣化を確認 △	〃 ○	〃 ○	〃 ○	〃 ○	〃 ○

表-9 表面被覆工の現時点の評価

工法名	要求性能	耐候性(劣化)	耐摩耗性	付着性(付着力)	一体化性	現時点の総合評価
A工法		△	○	○	○	△
B工法		△	○	○	○	△
C工法		○	○	○	○	○

5. 目地補修工法のモニタリング調査結果

(1) 目地補修工法の調査結果

目地補修工法の変状が進行した時期を整理した(表-10)。

目地充填工法のD工法は施工後1.5～2.0年目まで材料の表面剥離やひび割れが発生していたが、その後、劣化の進行は確認されなかった。

目地被覆工法(シート貼付方式)のE工法は、流速の遅いJB-2では変状は発生しない一方、流速の早いJA-2では施工後2.5年目まで裂傷や破れの進行が確認された。

目地被覆工法(シート固定方式)のF工法は、底版部でひび割れや剥離が進行し、流速の遅いJB-3では、施工後2.5年目までひび割れが進行していたが、施工後3年目ではひび割れの進行は確認されない。

なお、目地の変状は表面的もしくは部分的なものであり、止水性など使用上問題はないものである。

また、劣化が進行した時期は主に冬期を含む落水期であり、流水の影響が大きい夏期での劣化が進行することは少なかった。

表-10 目地補修工法の変状が進行した時期

工法	水路の流速	区間	冬期		夏期	
			1.5年目	2.0年目	2.5年目	3.0年目
D工法	早い	JA-1	×	○	○	○
目地充填工法	遅い	JB-1	×	×	○	○
E工法	早い	JA-2	×	○	×	○
シート貼付方式	遅い	JB-2	○	○	○	○
F工法	早い	JA-3	×	○	×	×
シート固定方式	遅い	JB-3	×	×	×	○

○:劣化が進行無 ×:劣化が進行有

これらの調査結果から、変状の原因として、一般的な年間を通じてのコンクリート及び目地材の膨張・収縮と底版より地下水位が高くなり目地材が膨らむことなどが原因であると考えられる。また、9月～4月の落水期に写真-8に示した鳥による被害で目地材に穴が生じたと思われる。



写真-8 落水時に鳥害による目地材に生じた穴の事例(JA-2)

鳥による被害に関しては、現地調査実施中にその発生を確認している。シート貼付工法は白色であるため、シート上に水生昆虫や魚類がいた場合、

鳥類が発見しやすい。そのためクチバシによりシートに裂傷が生じたものと思われる。

(2) 目地材の評価

現時点では各工法に変状は生じているものの、目地材への要求性能である止水性については要求性能を保持している。目地材の止水機能を評価することができないため最終的な工法の優劣をつけることはできない。

しかし、その他の劣化状況及びその進行の継続の有無等から、E工法(シート貼付方式)が鳥による被害を除くと最も劣化が少なかった。しかし、色調を濃くする、もしくは暗い色に変える等して水中の虫が見えにくいようにする改良が必要と考える。また、次に続くのがD工法(目地充填方式)であり、F工法(シート固定方式)が最も劣化を生じ、現在も劣化が進行中である。

6. まとめ

今回、用水路の補修補強のため試験施工をした、表面被覆工法の3工法、目地補修工法の3工法については、試験施工後3年経過をした時点では、一部工法で比較的顕著な変状の発生が確認された。今後は、表面被覆工の劣化状況の把握、目地材の止水性の検証などを行い、より効果的な施工方法の検証を進める必要がある。

最後に、本報告に関してご協力いただいた、留萌開発建設部の関係各位に深く感謝申し上げます、報告といたします。

(NTCコンサルタンツ(株) 北海道支社 技術部 課長補佐)

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学会：コンクリートの凍害融解抵抗性の評価方法に関する研究委員会報告書
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書〔設計編〕(2017年度制定)
- 3) 野田克裕、堀米聡、神山友美：羽幌地区における用水路の補修補強工法の適用性評価－農業用水路(開水路)の補修モニタリング結果－、第62回北海道開発局技術研究発表会(2019)
- 4) 北海道開発局農業水産部：積雪寒冷地における用水路の設計技術指針(案)(1980)

泥炭地域における集落の構造変化と特徴について (美唄原野地域)

及川 雄生・相馬 彰子

1. はじめに

美唄原野地域は、石狩川左岸中流域に広く分布した泥炭原野であり、その大部分は旧岩見沢市（平成18年に岩見沢市が北村、栗沢町を編入合併）、旧北村、美唄市の低平地に位置している。

地域の泥炭地は脆弱性を有するため、第2次大戦前の水田開発の初期では、河川沿いの低位泥炭地の局所的な造田が行われていたが、高位泥炭地を含む広範な区域は、戦後までほとんどが原野のまま取り残されてきた。

本格的な泥炭地開発は、「篠津地域泥炭地開発事業（昭和30～45年度）」の開田成功を受け、本地域では「国営総合かんがい排水事業美唄地区（昭和32～54年度）」によって推進された。

本稿では、美唄原野地域における泥炭地開発の経緯を整理し、既往の統計資料に基づき、現在までの地域及び集落の農業構造の変化と特徴などを取りまとめた。

2. 地域の開発経緯

本地域は、石狩川左岸中流域に位置する低平地で低位泥炭や高位泥炭等の泥炭が広く分布した泥炭原野（図－1）であり、明治中期から開拓が進められてきた。

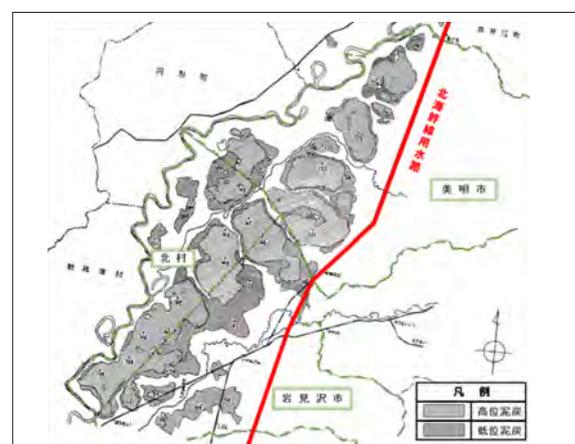
北海土地改良区の前身である北海土功組合が、地域のかんがい用水確保に向け、大正13年より幹線用水路として北海灌漑溝の建設に着手した。組合職員の不眠不休の努力により、4年4ヶ月の短期間で延長約80kmの日本最長の農業用用水路が完成した。

第2次大戦後の食料不足解消のため、食糧増産が急務の国策とされる中、地域では昭和20年の開拓緊急5ヵ年計画に基づき戦災集団帰農者の入植が行わ

れ、泥炭地改良のため大型索道による大規模な客土、排水改良が開拓事業として実施された。また、地域では「石狩川水系総合開発事業」の一環として、桂沢ダム及び金山ダムを新たな水源として確保し、既存水田の用水不足解消、泥炭地で生産性の低い畑作から稲作への土地利用転換、美唄原野の新規開田を目的とした「国営総合かんがい排水事業美唄地区（昭和32～54年度）」が実施され、19,959haの水田が整備され、北海灌漑溝も全線がコンクリート装工の北海幹線用水路として改修された。

美唄地区完了後、田畑輪換が可能なほ場条件として用排水路の分離・再編整備が求められ、深水かんがいに対応した近代化用水の手当てが必要であったことから、約27,000haを受益とする「国営かんがい排水事業空知中央地区（昭和54～平成25年度）」が継続的に実施された。

地域では、これら国営事業の関連事業等による区画整理、暗渠排水等の整備が進められてきた。一方、関連事業整備後の時間経過により、狭小ほ場、排水不良等で生産性の低い区域を中心に、国営農地再編整備事業が着手され、良質で生産性の高い食料生産基盤の整備が進められている。



図－1 美唄原野地域の泥炭地分布図

3. 地域の農業構造の変化

(1) 水稲作付面積の推移

本地域の岩見沢市及び美唄市について、減反政策が開始された昭和45年から現在の令和元年までの水稲作付面積の推移を示す（図－2）。

稲作転換対策の休耕補助金が昭和48年に一旦廃止され、昭和50年に稲作転換対策自体が廃止されたことから一時的に水稲作付面積は回復したが、その後の各種米政策に応じて両市の水稲作付面積は同様の増減傾向で推移していった。

平成の米騒動といわれた平成5年の大冷害の発生により国内で米が著しい供給不足となり、国産米の価格暴騰、外国産米の緊急輸入などを契機として平成7年に食糧管理法が廃止された。これ以降、民間主導で米価形成が行われるようになったが、米消費の減少から供給過多となっている状況が米価の下落を招き、水稲作付面積の減少が一層

進むこととなった。

近年の状況としては、平成16年の米政策改革大綱（平成14年策定）を受け、産地づくり交付金などの対策がとられ、水稲作付は緩やかな減少傾向ながら一定の面積を保持して推移している。

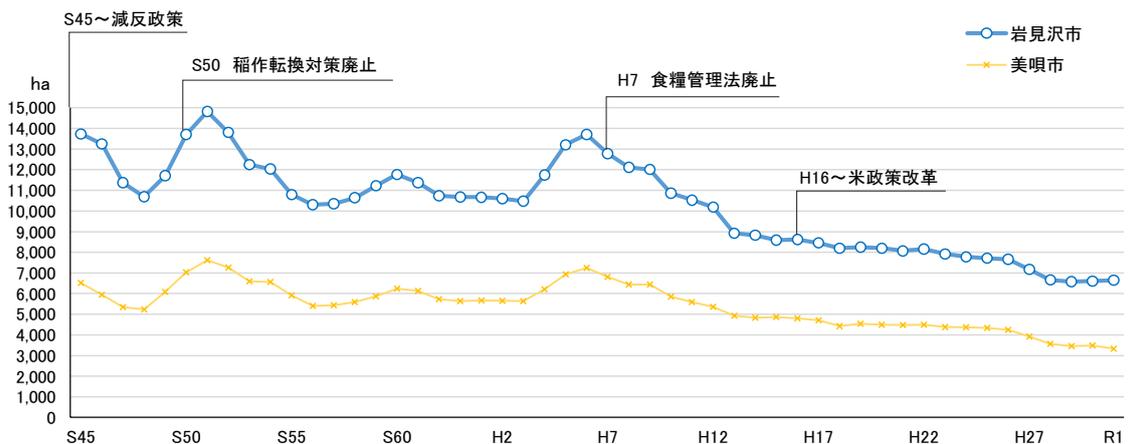
(2) 小麦作付面積の推移

地域の主要な転作作物である小麦の作付面積の推移（昭和45年～令和元年）を示す（図－3）。

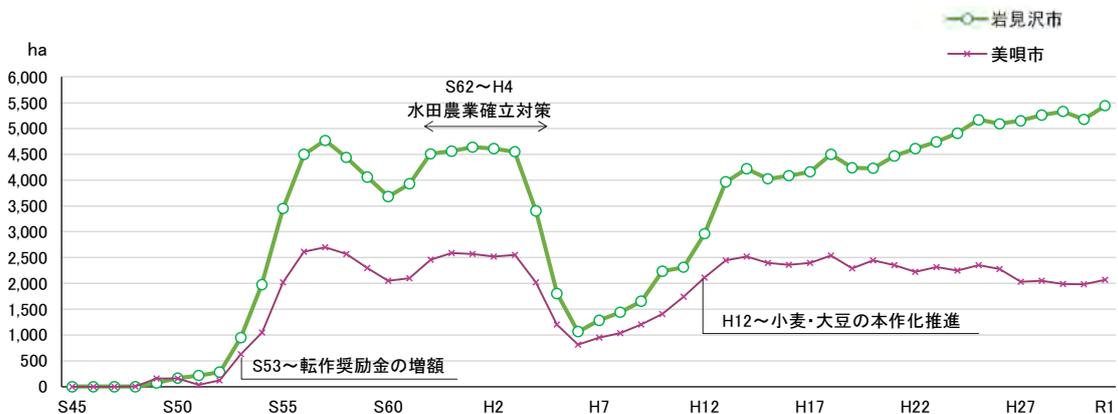
地域では、輸入小麦との価格差のため昭和50年以前は小麦の作付はほとんど行われていなかった。

昭和53年から始まった、小麦・大豆を特例作物とする補助金の増加を受け、作付面積が急増した。

昭和62年から平成4年までは、水田農業確立対策が実施され、汎用田による水稲と小麦の輪作営農加算などの施策により、高止まりが続いた。平成5年の大冷害を契機に米の生産調整目標が緩和



図－2 水稲作付面積の推移（資料：北海道農林水産統計年報）
注：平成18年以前の岩見沢市の値は、旧岩見沢市、旧北村、旧栗沢町の合計値



図－3 小麦作付面積の推移（資料：北海道農林水産統計年報）
注：平成18年以前の岩見沢市の値は、旧岩見沢市、旧北村、旧栗沢町の合計値

されたため、小麦の作付面積は一時的に減少した。その後、「食料・農業・農村基本法」の成立により、食料自給率向上に資するため水田における小麦、大豆、飼料作物の本作化が推進されることとなり、平成12年産からの民間流通への移行に際して創設された麦作経営安定資金などの補助により、小麦の作付が本格的に増加した。こうした傾向は、小麦及び水稲の作付面積が国の農業政策に沿って推移したといえる。

(3) 農業構造の変化

地域では、国営事業をはじめとした各種の基盤整備の実施によって、水田の汎用化が図られたことで、農政に応じた転作拡大と農業構造の変化が可能となったものと考えられる。

このため、農業産出額の変化に基づき地域の岩見沢市、美唄市の農業構造について考察を行った。

比較の対象とした年次は、昭和46年（農林水産省HP内の公表年が昭和46年以降であるため）と直近のセンサス年次である平成27年とした。以下、両市の農業構造の変化について記載する（図-4）。

[岩見沢市]

昭和46年の農業産出額の内訳（旧北村、旧栗沢町を含む）は、水稲が約7割を占めており、他に畑での畑野菜作経営、畜産（酪農）経営が行われていた。平成27年では、水稲の産出割合が約4割に減少し、野菜の産出割合が約4割まで増加している。

岩見沢市は、札幌市や新千歳空港に近く、交通網が充実した立地条件を活かし、作付面積・収穫量ともに全道一の水稲作を基幹として道内有数の食料供給地域として多様な営農を展開している。

地域特産であるタマネギは、「まるいわ」ブランドとして流通し道内有数の産地となっている。また、白菜は全道一の収穫量を誇り、ニンジン、カボチャなどの多くの野菜が生産されている。

こうした農業構造の変化により、農業産出額は昭和46年の2.1倍の17,910百万円に増加している。

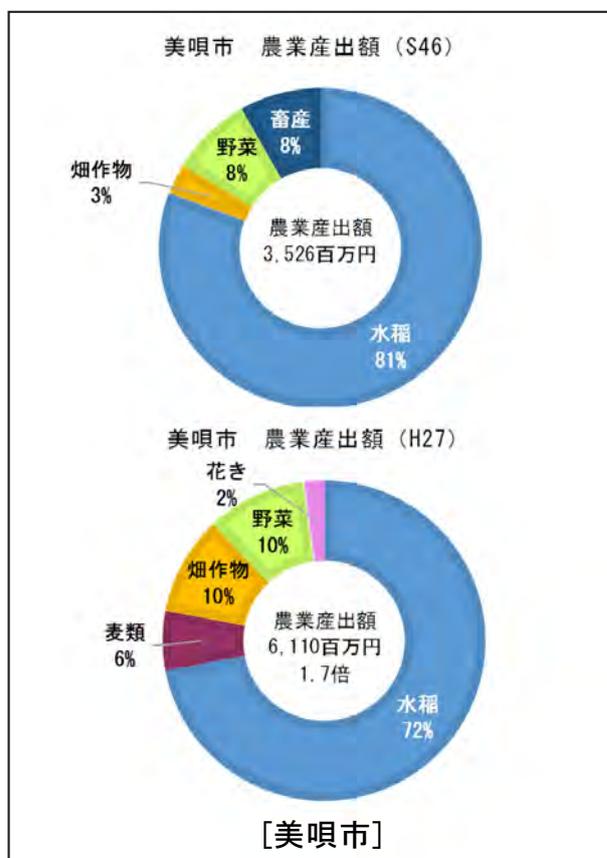
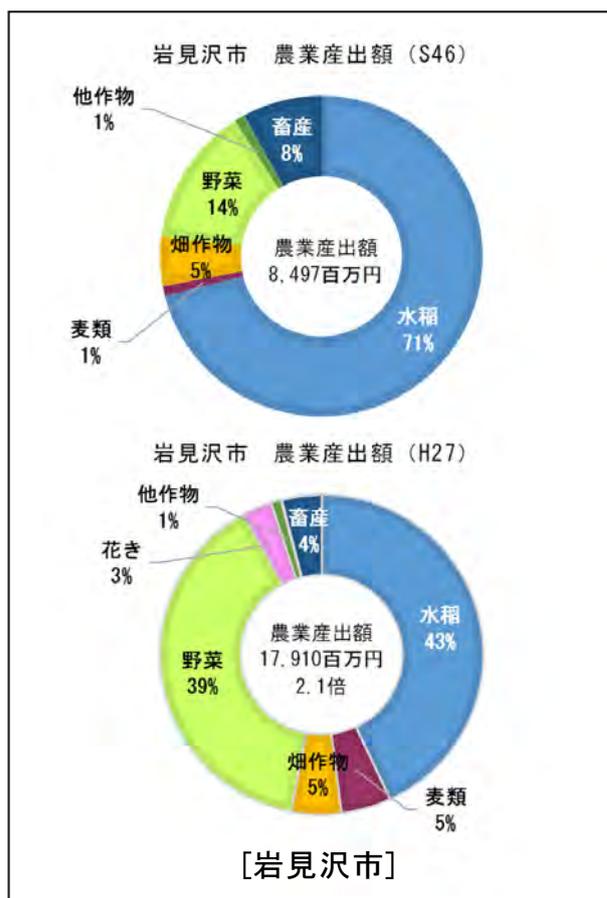


図-4 農業産出額内訳 資料：生産農業所得統計

〔美唄市〕

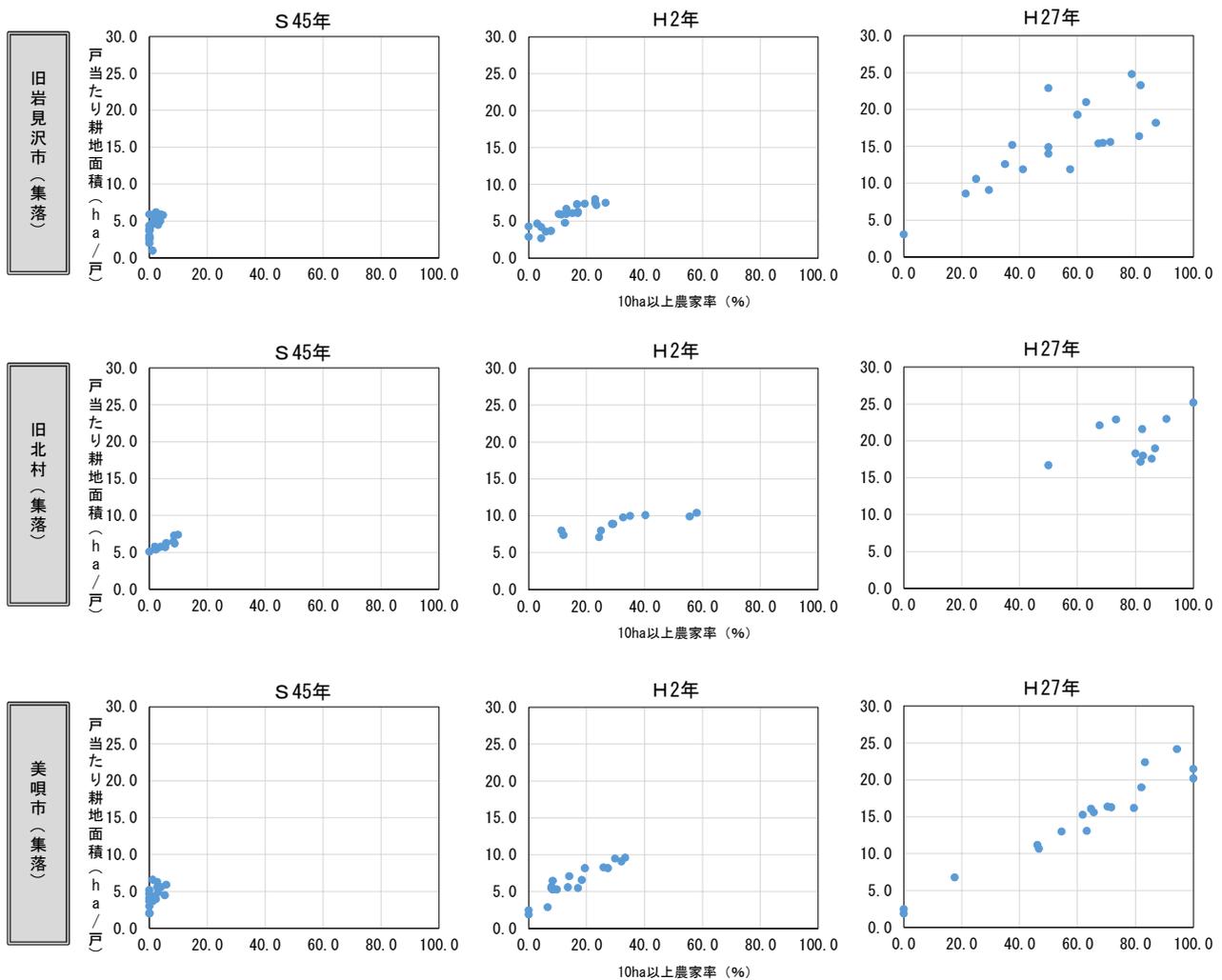
昭和46年の農業産出額の内訳は、水稲が約8割を占め、次いで野菜作、畜産（酪農）が多くなっていた。平成27年でも水稲の産出割合が約7割となっており、水稲を基幹に転作作物として小麦、大豆を導入した土地利用型農業を行っている。美唄市の農地は高位泥炭地が多くを占めており、農地の地盤沈下を防ぐため水稲作付の維持が必要となっていることも、水稲の産出割合が高い要因と考えられる。高収益作物として、小面積ながら多品目の野菜等を生産しており、現在はアスパラガス、スイートコーン、ハスカップ等が特産品となっている。こうした農業構造の変化により、農業産出額は昭和46年の1.7倍の6,110百万円に増加している。

4. 地域関係集落の農業構造の変化

(1) 戸当たり耕地面積の推移

本地域に係る農業集落（旧岩見沢市、旧北村及び美唄市）について、昭和45年（農業産出額を対比した昭和46年の直近年）、平成2年（現在迄の中間時点）、平成27年（直近センサス年次）の各統計データに基づき、縦軸に戸当たり耕地面積（ha/戸）、横軸に10ha以上農家率（%）をプロットした散布図（図－5）を示し、各年次の傾向を述べる。

なお、本地域に係る農業集落においては、平成12年（2000年センサス）以降、合併を主とする集落再編が行われているため、平成12年以降のデータとの整合を図るため、採用データは現在の集落単位でなく、町字単位で集計した値を使用している。



図－5 戸当たり耕地面積と10ha以上農家率の散布図（資料：農業センサス集落カード）
注）集落変更、データ秘匿があるため、平成27年とそれ以前の年次はデータ個数が整合しない。

[昭和45年]

各集落の戸当たり耕地面積は全て10ha未満であり、小規模～中規模経営が行われていた。また、集落の10ha以上農家率は全て20%未満となっている。

[平成2年]

平成2年時点では、旧北村で戸当たり耕地面積10ha近辺に増加し、10ha以上農家率が60%程度の集落も出現している。

散布図で昭和45年と平成2年を比較すると、各集落は10ha以上農家率の横軸方向へシフトしたが、縦軸方向（戸当たり耕地面積）の伸びは少ない傾向にあることから、当時の地域内の農家数減少は、戸当たり耕地面積拡大に影響するには至らなかったと考えられる。

[平成27年]

散布図で平成2年と平成27年を比較すると、各集落は縦軸及び横軸方向が大きく拡大しており、全体的には大規模化が進んでいることが確認できるが、地域別では傾向に差異が生じている。

旧岩見沢市では、戸当たり耕地面積15ha未満の集落では野菜作経営が多く、土地利用型経営が多い集落ほど戸当たり耕地面積が大きくなっている。このためプロットデータの分散が広範囲になっており、二極化が進んでいる状況が読み取れる。

旧北村では、全集落が戸当たり耕地面積15ha以上に上昇し、10ha以上農家率も80%以上の層が最も多くなっており、他地域に比べて規模拡大が進展していることが明白である。これは旧北村が、水稻及び小麦、大豆を基幹とした土地利用型農業を展開しているためと考えられる。

美唄市は、戸当たり耕地面積10ha以上の集落が増加しており、現在も水稻を基幹とした経営が多数であることから、今後の農家戸数減少に伴い、規模拡大が進んでいくと予想される。

(2) 営農地帯区分

本地域に係る農業集落について、昭和45年、平成2年、平成27年の各時点において、各集落内の



図-6-1 営農地帯区分図（資料：農業センサス集落カード）
注）集落変更、データ秘匿があるため、平成27年とそれ以前の年次はデータ個数が整合しない。



図-6-2 営農地帯区分図 (資料：農業センサス集落カード)
注) 集落変更、データ秘匿があるため、平成27年とそれ以前の年次はデータ個数が整合しない。

品目別販売金額1位の農家戸数割合を統計データから算出して、5タイプの営農区分（水稲専業タイプ、水稲+畑作タイプ、水稲+畑作+野菜・花きタイプ、水稲+畑作+畜産タイプ、水稲+野菜・花きタイプ）に概定した営農地帯区分図（図-6-1、図-6-2）を示し、各年次の傾向を述べる。

[昭和45年]

昭和45年時点では、旧岩見沢市は水稲専業タイプを主とするが、泥炭土の分布が少ない地帯（図-1参照）では、水稲+野菜・花きタイプ、水稲+畑作+畜産タイプがみられた。

旧北村は全集落が水稲専業タイプに区分された。

美唄市はほとんどの集落が水稲専業タイプであり、泥炭土のない一部（東明町、共練）に水稲+野菜・花きタイプがみられた。

[平成2年]

旧岩見沢市では、昭和45年と比較して、水稲+畑作+野菜・花きタイプ、水稲+畑作タイプに変化した集落が増加していることから、田畑輪換に対応した転作畑作物の導入が拡大したとみられる。

旧北村は、昭和45年と変わらず全集落が水稲専業タイプを継続している。

美唄市の水稲+野菜・花きタイプは昭和45年と同じ集落が継続している。峰延町、茶志内町など水稲専業タイプから水稲+畑作タイプに変化した集落が多くなっている。

[平成27年]

旧岩見沢市では、平成2年と比較して、水稲+畑作+野菜・花きタイプの多くが水稲+野菜・花きタイプに変化しており、地域内で販売金額1位の品目が野菜類である農家数が増加している。こうした状況は、高収益なタマネギ等の野菜類の拡大が進んだ以外に畑作物のシェアが減少したことも一因と考えられる。

販売金額での畑作物シェアは減少していても、小麦、大豆については、経営所得安定対策による直接支払交付に加え、空知型輪作体系上の重要な品目であるため作付は安定的に維持されている。なお、市

街地周辺（日の出町、東山町）では、農業者が消滅した集落もみられる。

旧北村は、平成2年までは全集落が水稲専業タイプであったが、赤川、美唄達布、幌達布が水稲+野菜・花きタイプに変化しており、高位泥炭地帯でも多様な営農展開が可能となったことを示している。中央は、水稲+畑作+畜産タイプに変化しているが、水稲基幹の農家数が減少したことによって相対的に畜産（酪農）のウエイトが増加した変化である。

美唄市は、平成2年と比較すると新たに中村町、有為が水稲専業タイプから水稲+畑作タイプに変化した。東明町、共練、沼の内町は、水稲+畑作+野菜・花きタイプに変化している。泥炭土の分布が少ない峰延町では、水稲+畑作タイプからより高収益な水稲+野菜・花きタイプに変化している。一般的に高位泥炭地が分布する地帯では、水稲専業タイプに区分される営農が継続する傾向にあるとみられた。

5. 水稲生産への基盤整備の効果

基盤整備の効果を検証するため、北海道農林水産統計年報から水稲単収の推移を整理した（図-7）。

農用地全域に泥炭地が分布する美唄市を調査地として、「美唄地区」着手直後の昭和35年から令和元年（公表統計の最近年）の60カ年を対象とした。

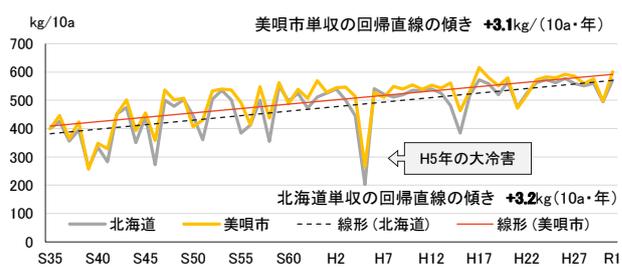


図-7 水稲単収の推移

水稲単収の回帰直線勾配を比較すると、経年変化量 (kg/(10a・年)) は北海道平均と同程度となった。また、期間毎の平均収量も北海道平均を上回って推移している（表-1）。

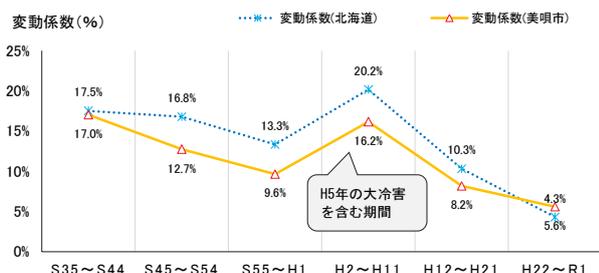
なお、美唄市の水稲単収は、平成17年に過去最高の615kg/10aに達し、令和元年にも601kg/10aと高い収量を達成している。

表－1 水稲の期間毎の平均単収

(単位: kg/10a)

期間 地域名	S35～S44	S45～S54	S55～H1	H2～H11	H12～H21	H22～R1
北海道	373.6	454.7	473.8	485.3	514.2	553.4
美唄市	391.5	480.6	508.6	509.3	544.8	566.2

前述(図－7)のデータで単収の増加傾向の要因を判別することは難しい。そこで各期間の単収の標準偏差を平均値で除した値(変動係数)を(図－8)に示す。



図－8 水稲単収に関する変動係数(10年間平均値)

昭和35年以降の10年間、美唄市の水稲単収の変動係数は北海道平均と同程度であった。その後、美唄地区、空知中央地区等の土地改良事業の進捗にともない平成21年までの40年間の変動係数は北海道平均より低く推移し、水稲単収は経年的に安定化してきており、暗渠排水やかんがい施設等の基盤整備の効果が発現したものと考えられる。

6. 多様な農業の展開と泥炭地農業の課題

前項まで述べたように、地域は不断に土地改良に取り組み水稲を基幹に発展し、今日では泥炭地における水田汎用化を成し遂げ、田畑輪換による多様な農業が展開されている。一方、泥炭地は長年月に及んで植物遺体が堆積した土地であり、構成植物の違いや層厚の不均一性などのため泥炭地の沈下は、ほ場面の維持管理、営農において避けられない問題である。地域農業を持続的に維持・発展させていくためには、泥炭農地の抱える課題に応える方策が望まれる。

7. さらに泥炭地農業の発展に向けて

現在、地域では大規模化に対応した生産性の高い効率的な営農を目指して、国営農地再編整備事業

「美唄茶志内地区(平成24年～)」、「美唄地区(平成25年～)」、「岩見沢北村地区(令和2年～)」が実施中であり、水稲直播栽培、高収益作物導入などに向け、水田大区画化・汎用化や暗渠排水、客土など地域特性を考慮した整備が進められている。

こうした近年の整備に伴い、集中管理孔方式の暗渠排水を利用した地下かんがいにより、水稲乾田直播の用水管理、転作作物の品質向上への取り組みが進められている他、地下水位コントロールによる泥炭農地の沈下抑制対策の研究も行われている。今後、地下かんがい技術の普及・向上により、泥炭農地の保全と地域農業のさらなる生産性向上、持続的発展が期待されている。

また、岩見沢市では、ICT技術の利活用を積極的に推進している。具体的には、平成29年に北海道大学と「いわみざわ地域ICT農業利活用研究会」が協力しスマート農業の完全無人運転の実証フィールドを北村豊里に設置して、自動走行型トラクターの実用化に向け、安価な自動走行装置の開発や安全性向上のテストを行っている。この取り組みによって地域農業の一層の生産性の向上が期待される。スマート農業を推進するためには、大区画化等の基盤整備が重要と考える。

地域農業の収益力の向上においては、水田汎用化実現を背景として、例えば岩見沢市内では地域ブランドとして、無添加の「いわみざわ玉葱ドレッシング」等が製造・販売され、好評を博している(写真－1)。



写真－1 いわみざわ玉葱ジュエリードレッシング(岩見沢観光物産拠点センター「イワホ」にて販売)

また、美唄市では女性農業者を主体とした6次産業化として、地域の乾燥野菜の加工販売（写真－2）が行われるなど、基盤整備がさらなる地域活性化の取り組みを誘引することが期待される。



写真－2 「つむぎ屋」の乾燥野菜
（北海道旬直HPより）

8. おわりに

以上みてきたように、地域では、開発初期の水稻専業地帯から地域特性を活かした農業構造の変化を遂げ、多様な農業が展開され、農業産出額を向上させた。こうした変化をもたらせた要因としては、地域農業者の営農努力と継続的な土地改良の取り組みがある。特にかんがい用水の安定供給、用水・排水の分離、水田汎用化、暗渠排水、客土などの基盤整備は地域農業の発展に大きく貢献した。大区画化をはじめとする基盤整備の新たな展開が、さらなる地域農業の発展に資するものと考えられる。

最後に、本稿提出の機会を与えて下さった北海道土地改良設計技術協会に感謝申し上げます。

（株）アルファ技研 事業部 資源計画グループ長代理
及川雄生、主任技師 相馬彰子）

【参考、引用文献】

- 1) 北海道農業試験場：北海道農業試験場土性調査報告第4編石狩国泥炭地土性調査報告，pp. 35～40（1954）
- 2) 北海土地改良区：北海土地改良区80年史（2001）

報 文 集 第32号

令和2年9月30日

編 集 (一社)北海道土地改良設計技術協会

広報委員会 荒金 章次・松崎 吉昭・山岸 晴見・福田 正信

下谷 隆一・辻 雅範・福山 正弘・羽原 信也

高野 尚・大友 秀文

発 行 (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NDビル8階

電 話 (011)726-6038 F A X (011)717-6111

印刷 (株)三誠社 電話 (011)622-9211



●表紙写真●

第34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

『排水路河口部開渠再整備』

—天塩町にて撮影—

小松 肇 氏 作品

A E C A

HOKKAIDO

Agricultural Engineering Consultants Association