

報文集

令和元年度



報文集 第31号 目次

大口径パイプライン「道央注水工」の通水試験並びに北海道胆振東部地震災の特徴……………	1
	伊 東 啓 人・柿 本 大
区画整理基本設計事例の紹介……………	9
	五十嵐 航
急傾斜地において排水路を新設する場合の護岸工法の検討……………	19
	前 川 涼 子
国営緊急農地再編整備事業の事業効果発現状況について……………	29
	中 山 政 博
美留和地区における環境配慮対策及びモニタリング調査概要の紹介……………	35
	田 中 宏 征
C I Mの導入による円滑な業務遂行への取り組み……………	44
	宮 本 竜 矢
狭小な施工箇所におけるフルーム水路改修工法の選定……………	53
	鈴 木 範 行

大口径パイプライン「道央注水工」の 通水試験並びに北海道胆振東部地震災の特徴

伊東 啓人・柿下 大

はじめに

本報は、国営道央用土地改良事業により、平成16年～平成28年にかけて建設され、現在、国営造営施設直轄管理事業大夕張地区により管理運用されている道央注水工（最大口径φ3,000mm）について、その水路システムや管理体制等の特徴を踏まえて実施した通水試験（水張り試験）の取り組みを紹介する。また、供用開始翌年の平成30年に発生した北海道胆振東部地震による被災状況にもとづき、パイプライン設計に係る耐震上の留意点について一考察を加えた。

道央注水工の施工、通水試験、供用および震災までの経過を表-1に示す。通水試験は、着工から10年後の平成26年に道央注水工の中間付近の丘陵地に位置する馬追調整工の上流区間から着手し、平成27年に馬追調整工の試験湛水を挟み、その下流区間を平成27年と平成29年に行って、全線（ $L=32.5\text{km}$ ）の試験を完了した。

通水試験を終えた平成29年度から全面供用が開始されたが、その翌年のかんがい終了直後に発生した北海道胆振東部地震（9月6日）によって、付帯施設の一部が被災した。

表-1 道央注水工の通水試験等の工程実績表

区 分		H16	…	H22	…	H25	H26	H27	H28	H29	H30
施工	道央注水工	←									→
	馬追調整工			←	→						
通水試験	道央注水工 上流区間						↔				
	道央注水工 下流区間							↔		↔	
試験湛水(馬追調整工)								↔			
供用	道央注水工 上流区間										←→
	道央注水工 下流区間										←→
	馬追調整工										←→
胆振東部地震											☠

1. 道央注水工の概要

(1) 水路システムの特徴

道央注水工は、夕張川に造成された川端ダムを起点として、西進しながら馬追丘陵を経て石狩平

野の千歳川流域を横断し、恵庭市北島の千歳川第2揚水機に至る、全長 $L=32.5\text{km}$ 、最大口径3,000mm、最大流量 $Q=17.484\text{m}^3/\text{s}$ のパイプラインである。

当該施設は、水路形式の特徴により、川端ダムから馬追丘陵西端に位置する馬追調整工までの上流区間と、それより下流区間に大別できる（図-1）。



図-1 道央注水工位置図

1) 道央注水工上流区間

- ① 馬追調整工より上流区間は、開水路流を呈する函渠やトンネル工とオープンタイプパイプラインにより構成される複合形式の水路である（図-2）。
- ② パイプラインは、口径φ3,000mmの強化プラスチック複合管（FRPM管）を主体とし、最大設計水圧は0.3MPa、計画最大流量は $Q=17.484\text{m}^3/\text{s}$ である。
- ③ 分水施設は、オープン形式の道央注水工分水工（ゲート式）と安平無名川分水工（オーバーフロー式）、クローズド形式のホロカ分水工が配置され、4つの水理ユニットで構成されている。
- ④ 当該区間は、JR石勝線、JR室蘭本線、国道274号および国道234号の横断箇所を含む。

2) 道央注水工下流区間

- ① 馬追調整工より下流区間は、クローズドタイプパイプラインとオープンタイプパイプラインにより構成される複合形式の水路である(図-2)。
- ② パイプラインは、口径φ2,950~1,500mm、管種はダクタイル鋳鉄管と鋼管が用いられ、最大設計水圧0.8MPa、計画最大流量は $Q = 15.131\text{m}^3/\text{s}$ である。
- ③ 分水施設は、オープン形式のポロナイ分水工(オーバーフロー式)、舞鶴分水工(ゲート式)、西南分水工(ゲート式)および南6号分水工(ゲート式)が配置され、終点は千歳川第2揚水機に接続する。5つの水理ユニットで構成される。
- ④ 当該区間は、馬追調整工からポロナイ分水工までの馬追丘陵をクローズドタイプパイプラインで下り、その後、千歳川流域の低平地をオープンタイプパイプラインで流下する。民家との近接区間や国道337号の横断箇所を含む。

3) 馬追調整工

馬追調整工は、馬追丘陵の西端部、道央注水工のほぼ中間付近(起点から約18km地点)に位置する貯留量 $V=120,000\text{m}^3$ を有する調整池である(図-2)。

本施設は、清流千歳川流域への夕張川由来の水の無効放流を抑制するため、長大な道央注水工の

水理特性を踏まえて、道央注水工下流区間(パイプライン)への通水を停止する必要がある場合に、開水路を含む上流区間の水理特性から、川端ダム取水停止後もしばらく続く流水を緊急的に一時貯留するための施設として設置された。

(2) 水利使用の特徴

道央注水工のかんがい用水は、夕張川の自流と夕張川総合開発事業により建設された夕張シューパロダム(多目的ダム)の貯水を主たる水源とし、当該ダムから夕張川に注水した用水を、その下流に位置した川端ダムより取水する。

道央注水工は、千歳市、恵庭市、安平町および長沼町に跨る約10,000haの水田および畑を受益とし、6箇所の分水工から注水して、千歳市、安平町、ながぬま土地改良区および恵庭土地改良区がそれぞれ管轄する揚水機場等を介して受益地に送水される。ハウス取水を除くかんがい期間は4月21日から8月31日で、区間別に表-2の水利使用が規定されている。

表-2 道央注水工 区間別の水利使用一覧表

区 間	最大流量 (m^3/s)	水利使用期間
起点 ~安平無名川分水工	17.484	4/21~8/31
安平無名川分水工~ホロカ分水工	16.415	4/21~8/31
ホロカ分水工 ~ポロナイ分水工	15.131	4/21~8/31
ポロナイ分水工 ~舞鶴分水工	12.752	4/21~8/31
舞鶴分水工 ~西南分水工	8.136	4/21~8/31
西南分水工 ~南6号分水工	3.649	4/21~5/25
南6号分水工 ~終点	3.649	4/21~5/25

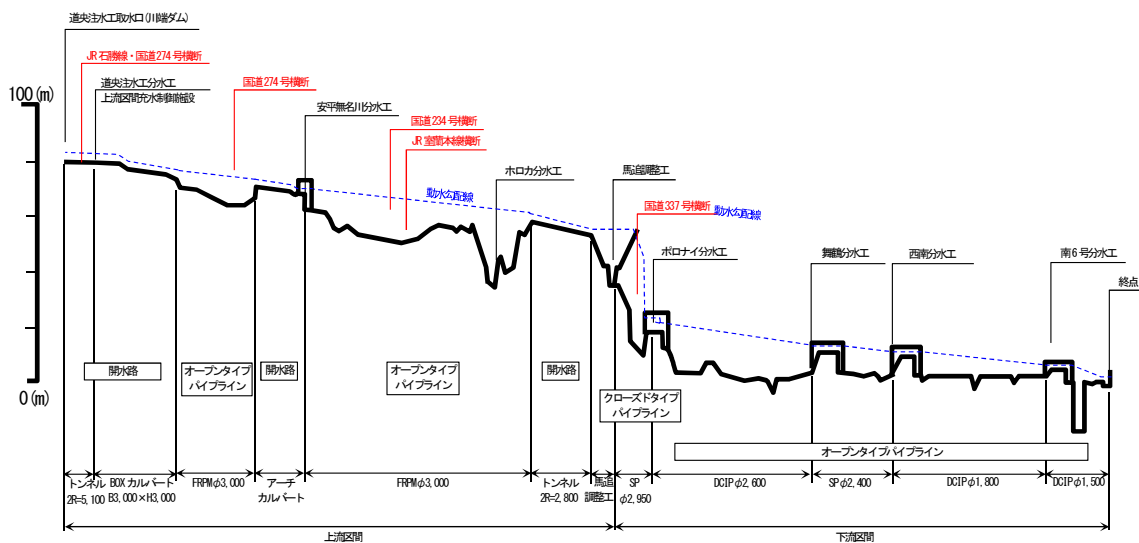
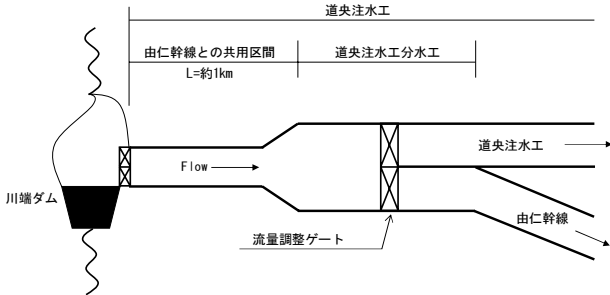
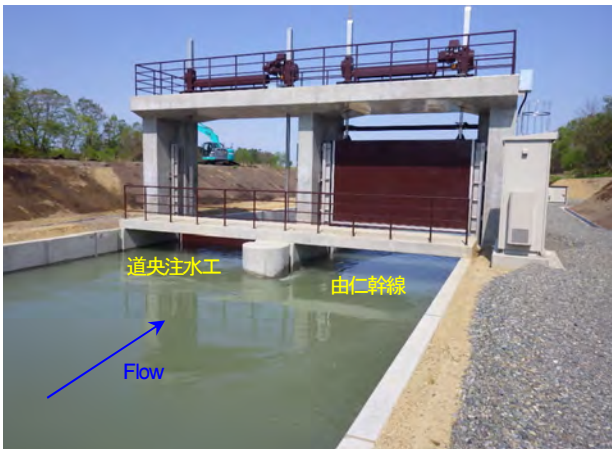


図-2 道央注水工縦断模式図

また、道央注水工の用水は、国営大夕張地区総合かんがい排水事業で建設された由仁幹線の用水と併せて川端ダムから取水され、その下流約1 kmに位置する道央注水工分水工（写真－1）でそれぞれに分水される（図－3）。



図－3 道央注水工と由仁幹線の取水・分水の概念図

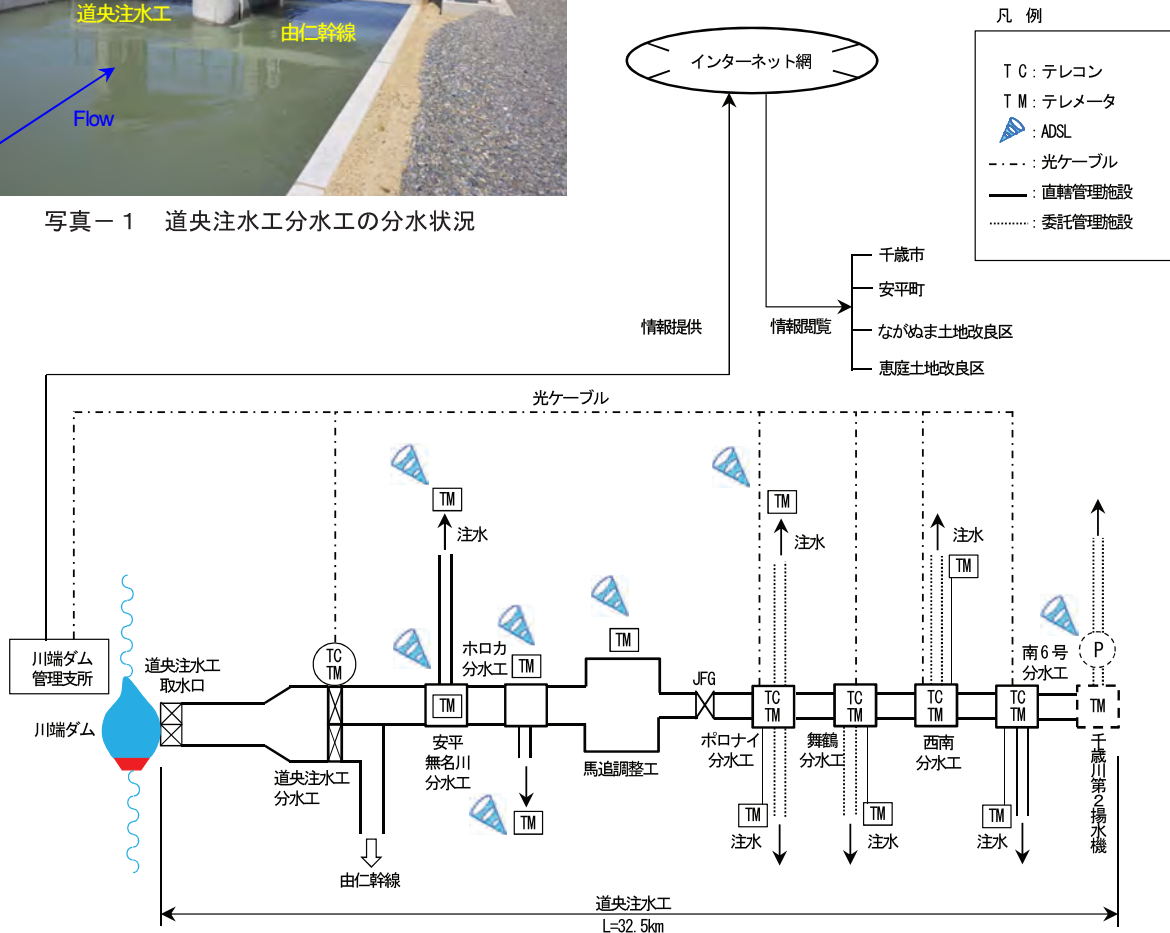


写真－1 道央注水工分水工の分水状況

(3) 管理体制の特徴

道央注水工の水源施設である夕張シューパロダムは、夕張川ダム総合管理事務所により管理操作が行われ、そこから夕張川に注水されたかんがい用水を取水する川端ダムおよびその付帯施設である道央注水工は、夕張川ダム総合管理事務所川端ダム管理支所により、国営造成施設直轄管理事業大夕張地区として管理操作が行われている。

道央注水工は、各分水工と馬追調整工を管理ポイントとして、テレコン、テレメータの管理設備を配置し、川端ダム管理支所で集中管理される。また、清流千歳川への夕張川由来の水を無効放流することは、水質面から制約があるため、道央注水工の操作は複数の土地改良区等が管理する注水先の水利施設との連携が重要となる。そのため、川端ダムや道央注水工とその関連施設が、それぞれの管理情報を相互に共有できる水管理システムが整備されている（図－4）。



図－4 道央注水工の水管理システム概念図

2. 道央注水工の通水試験の特徴

道央注水工の通水試験は、馬追調整工の上流区間を平成26年度に行い、平成27年度に馬追調整工の試験湛水、その下流区間を平成27年度と平成29年度に実施した。

上流区間の通水試験(水張り作業)は、分水路で分割された4つの水理ユニットを延べ7日間で行い、下流区間は5つの水理ユニットを延べ9日間で行った。

本通水試験は、前記した当該施設の特徴を踏まえ、安全で円滑・効率的な試験実施を目標として、とくに、以下に列記した試験の準備と管理に留意して実施した。

- ① 水張り前の管内点検(事前点検)
- ② 試験関係者との情報共有と協働
- ③ 試験流量(充水量)管理の精度確保
- ④ 馬追調整工の試験湛水と通水試験との連携
- ⑤ 施設規模に留意した安全性の評価と対応

(1) 水張り前の管内点検(事前点検)

道央注水工は、着工から通水試験着手までに10年を経過し、その間、管水路は空虚の状態にあった。管内水の荷重がかからない状態が長期間に亘っており、とくに、地下水位が高いあるいはその変動が大きい区間などは、浮力の変化や基礎材の状態変化などが影響して、管体に構造的な変状を生じている可能性があると考えた。

通水試験のリスク管理(漏水リスク低減)として、水張りの前に管内に入管し、目視によるクラック等の変状の有無、継手の間隔と状態および管体の変形(たわみ量)の確認を行う事前点検を計画し実施し



写真-2 目視点検状況

た(写真-2、写真-3)。

事前点検から、クラックや基準を超える変状は確認されなかった。



写真-3 たわみ量の計測状況

(2) 試験関係者との情報共有と協働

1) 試験関係者合同会議の開催

円滑な通水試験の実施や漏水等の緊急時の即応性確保と被害拡大防止をより確実とするため、通水試験業務の発注者(札幌南農業事務所)と道央注水工の予定管理者(H26年度時点)であった川端ダム管理支所及び受注者(アルファ技研)にて、試験計画の検討段階から試験方法やスケジュール等の調整を進めた。また、試験の直前には、緊急時の対応を担う協力業者を加えた関係者合同会議を開催して、通水試験の内容の周知と関係情報の共有に努めた。

2) 施設操作の協働(役割分担)

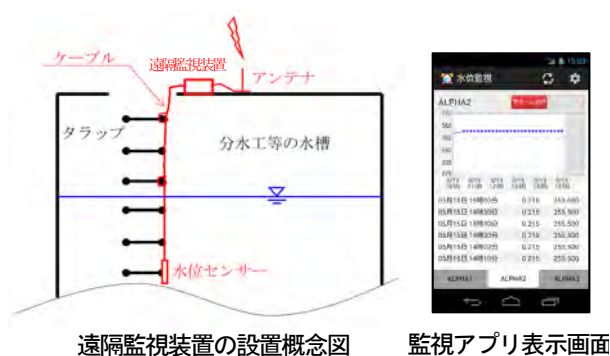
道央注水工に取水する川端ダムは、夕張川に造成された第3類ダムである。その運用には、洪水時のダムからの放流に係る洪水吐ゲートの操作が伴い、道央注水工取水口からの取水にあたっては、洪水吐ゲート操作と連携した高度な技術と経験を必要とする。

道央注水工の通水試験の取水操作は、試験関係者間の調整を経て、本ダムを管理する川端ダム管理支所が担う体制とした。一方、取水後の道央注水工分水路などでの試験流量の調整は、通水試験員(アルファ技研)が担当することとして、協働体制で試験に臨んだ。

3) 試験の情報共有と安全強化

施設操作の協働体制や複数の試験関係者が係わる試験体制の中で、試験現場での相互の連絡はデジタル簡易無線により行うことを基本とした。

また、道央注水工における試験中の水利情報は、既設の水管理システムを稼働して分土工水位などを把握することに加えて、JR横断部などの通水試験における重要管理ポイントには、水位の遠隔監視装置を設置（仮設）するとともに、この情報を携帯電話で閲覧するアプリケーションを試験関係者に配布して試験情報を共有した。複数の目で試験状態を監視することにより、漏水被害拡大のリスク低減に努めた（写真－4）。



遠隔監視装置の設置概念図 監視アプリ表示画面



写真－4 遠隔監視装置と監視アプリ

(3) 試験流量（充水量）管理の精度確保

通水試験では、空虚の管内に充水することから、通気施設の排気能力（空気と水の円滑な入れ替え）やフリーフローで流下する流水の作用などを勘案のうえ、安全な充水量を計画することが重要である。

通水試験では、試験計画に従った流量の制御が安全な試験の実施に必須であり、とくに、大規模施設の場合は充水量も大きくなることから、充水量の制

御精度の確保は極めて重要となる。本通水試験では、施設規模や通気施設の排気能力ならびに他地区の事例を踏まえ、計画充水量は最大 $Q=0.5\text{m}^3/\text{s}$ とした。

道央注水工の通水試験は、由仁幹線のかんがい期に重なり、取水口の川端ダムからは道央注水工の試験用水と由仁幹線のかんがい用水を合わせて取水していた。道央注水工の試験用水は、取水口の約1km下流に位置した道央注水工分土工のゲート操作により調整した。当該ゲートの操作は、水理公式にもとづく「ゲート開度～流量計算」を目安に行うとともに、その下流の開水路区間でゲート操作時に流量観測を同時並行して行い、二重チェックすることで計画充水量の遵守を確実にした（写真－5）。



写真－5 道央注水工分土工のゲート操作と流量観測

(4) 馬追調整工の試験湛水と通水試験との連携

1) 馬追調整工の試験湛水

馬追調整工は、供用に先立ち、施設の機能と安全性を確認するため、以下の判断から試験湛水が行われた。

- ① 馬追調整工は、傾斜のある丘陵地に配置され、一部が盛土構造となっている。当該部分における貯水時の安全性を確認することが重要と判断された。
- ② 馬追調整工の直下には民家等が建ちならび、国道337号線も隣接する。本施設に異常を生じた場合の社会的影響は大きく、施設運用に先立って貯水の安全性を確認することが重要と判断された。

なお、当該施設の試験湛水は、土地改良事業計画設計基準設計技術書「フィルダム編」²⁾に準拠した。

2) 馬追調整工の貯留水を利用した下流区間の通水試験

道央注水工下流区間の通水試験にあたり、以下に示す道央注水工の整備状況、構造・水理特性および地域特性に着目し、通水試験効率の向上と環境影響の軽減に配慮して、馬追調整工の試験湛水の貯留水を道央注水工下流区間の通水試験に利用する試験計画を立案した。

- ① 道央注水工下流区間 $L = 14.5\text{km}$ のうち、西南分水工までの $L = 8.5\text{km}$ 区間は平成26年度に施工を完了し、平成27年度から通水試験が可能となった。
- ② 道央注水工下流区間の充水にあたり、川端ダムから取水した場合は、開水路を含む上流区間を経ることから試験用水の到達に約3時間を要する。
- ③ 試験湛水後の馬追調整工の落水を通水試験に利用することにより、清流千歳川水系への無効放流の抑制が可能となる。

以上の状況を勘案し、道央注水工下流区間の通水試験は、馬追調整工の試験湛水の落水と併せて行うことを計画した。この場合、馬追調整工の試験湛水による落水計画は 1m/日 であり、これに相当する水量を下流区間のパイプラインに充水した ($Q = 0.3\text{m}^3/\text{s}$)。

(5) 施設規模に留意した安全性の評価と対応

水張り試験の合否判定は、一般に設計基準¹⁾に示される標準許容減水量を基準とする。この場合、FRPM管等を主材とする道央注水工の許容減水量 (V_0) は下式により算定される。

$$1\text{日当り } V_0 = 50 (\ell) \times \text{管径 (cm)} \times \text{延長 (km)}$$

本通水試験の減水量は、いずれの試験区間（水理ユニット）も許容減水量を下回った。減水量の観測値は、最大でも許容減水量の20%程度であり、

安全性に問題はなく試験の合否判定は“合格”となる範囲であった。なお、その他の区間の減水量は、許容減水量の数%であり、所要の水密性が確保されていることを確認した。

本試験では、標準許容減水量を基準とした判定に加えて、対象施設の規模（最大管径 $\phi 3,000\text{mm}$ ）、およびJRや国道などの重要インフラと隣接する立地環境から、施設重要度が極めて高いことを考慮して、許容減水量の20%程度の減水が確認された区間について、通水試験後も監視を継続することとした。

継続監視の対象とした区間の減水（許容減水量の20%程度）を水量に換算すると当初 $6\text{m}^3/\text{日}$ であった。この減水量が試験区間全体の継手部等に分散して生じているのではなく、1箇所に集中している場合は決して少ない漏水量とはいえない。また、時間経過に伴って拡大すれば、施設の安全性に影響を及ぼす可能性もあると考えた。

約2年間に亘る継続監視から、減水（漏水）は経年による増加傾向が認められた。詳細調査を行って漏水箇所を斜面工の継手部と特定し、内面バンドによる対策が行われ、その後に減水は確認されなくなった。継続的な監視が漏水被害の未然防止につながった。

3. 震災の特徴と対応策の一考察

(1) 平成30年北海道胆振東部地震による被災状況

北海道胆振東部地震の発生時（9月6日）、道央注水工はかんがい終了直後であり、管水路部はほぼ満水（静水位）の状態にあった。道央注水工周辺の最大震度は震度6強（安平町）が観測されている。

地震直後から、当該施設を管理する川端ダム管理支所により施設の緊急点検が行われ、道央注水工とその支線の安平川注水路（ $\phi 1,100\text{mm}$ ）において、いずれも空気弁工からの漏水が確認された。漏水を生じた空気弁工の配置および構造の特徴を表-3に示す。

表－3 道央注水工及び安平川注水路の空気弁一覧表

施設名	空気弁タイプ	首振り延長(m)	水平管(立ち上がり管)継手形式	漏水の有無	備考
道央1	首振り	8.20	T形	無	
道央2	首振り	15.50	T形	無	
道央3	首振り	11.50	T形	無	
道央4	首振り	2.60	K形	無	
道央5	首振り	28.00	K形	無	
道央6	立上	—	—	無	
道央7	立上	—	—	無	
道央8	首振り	11.30	T形	有	漏水①
安平1	首振り	12.45	T形	無	
安平2	首振り	10.76	T形	無	
安平3	首振り	10.80	T形	有	漏水②
安平4	首振り	18.10	T形	有	漏水③
安平5	立上	—	—	無	
安平6	立上	—	—	無	
安平7	首振り	4.00	K形	無	
安平8	首振り	15.25	T形	有	漏水④
安平9	首振り	3.50	K形	無	
安平10	立上	—	—	無	
安平11	首振り	6.86	K形	無	
安平12	立上	—	—	無	

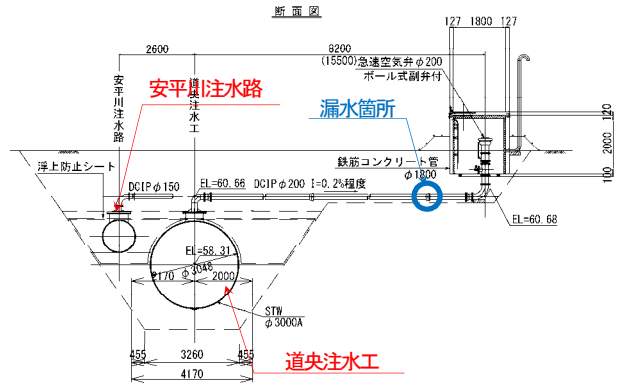
漏水は、いずれも空気弁の立ち上がり管の継手部(写真－6)から生じており、とくに、首振りタイプに集中していた。



写真－6 立ち上がり管からの漏水状況³⁾
(安平－3 空気弁工)

(2) パイプライン設計に係る一考察

空気弁の立ち上がり管は、本管と基礎条件が異なることに加えて、とくに、立ち上がり管が首振りタイプの場合は、その配管が本管の中心線と異なる方向に配置するため、地震時には空気弁立ち上がり管と本管の挙動も、それぞれ異なるものとなる可能性がある。このとき、継手抜け出しの許容量が相対的に小さい小口径の立ち上がり管で継手の変状が顕在化し易いものと推察する(図－5)。



図－5 本管と空気弁立ち上がり管の構造事例
(安平－3 空気弁工の例)

空気弁の設置にあたっては、その立地環境や用地の制約などから、本管の中心線と異なる方向への配管とならざるを得ない場合があるが、この際、立ち上がり管の耐震性能の向上として、以下の対策が有効と考える。

- ① 継手が伸縮・屈曲し、かつ離脱防止性能によって継手が抜け出さない構造とする。
- ② 継手を溶接・溶着し、変位を吸収する可撓管やポリエチレン管を配置する。

4. まとめ

(1) 大規模なパイプラインは、その建設に複数年を要し、敷設から通水(水張り)までに長期間を経過する場合がある。この間、パイプラインは通常の使用条件とは異なる空虚の状態にあり、とくに大口径の場合は、地下水位変動やそれらに起因する基礎材の状態変化などの外的要因が影響して、構造的な変状を生じる可能性がある。一方で、その規模から空虚の管内への入管は比較的容易であり、通水試験における漏水リスクの低減として、水張り事前の管内点検が有効と考える。

(2) 大口径パイプラインの通水試験では、漏水等を生じた場合の被害規模等から、災害の未然防止、迅速な情報収集および事態への即応性がとくに重要となる。そのためには、試験計画段階からの関係者間の綿密な調整、試験情報の共有、役割分担と協働体制の構築が有効と考える。

- (3) 大規模施設の通水試験では、安全で確実な試験の履行とともに、効率性にも配慮した試験の実施が重要となる。道央注水工の通水試験では、馬追調整工の試験湛水の落水を利用することにより、試験工期の短縮による試験効率の向上を実現した。
- (4) 大口径のパイプラインにおける水張り試験の可否判定にあたっては、供用後の漏水発生とその被害拡大のリスク低減を念頭に、一般に用いられる標準許容減水量との比較に加えて、施設の立地環境なども勘案した施設の重要度を踏まえて「減水量」を指標とした評価も考えられる。併せて、通水試験後の継続的な状態監視を行うなどの対応を検討すれば、漏水リスクの低減により有効となる。
- (5) パイプラインの耐震性の向上として、立ち上がり管が首振りタイプの空気弁工における配管に、離脱防止機能を有する継手や可撓管等の配置が有効と考える。

5. 謝 辞

本報は、札幌開発建設部札幌南農業事務所よりご発注いただきました業務の成果の一部を報告したものです。

本業務のご発注により貴重な経験の場をご提供下さいました札幌南農業事務所、ならびに通水試験の実施にあたり多大なご協力とご指導を賜りました夕張川ダム総合管理事務所川端ダム管理支所の関係各位には、ここに記して御礼申し上げます。

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各位に感謝申し上げます。

(株)アルファ技研

【参考資料】

- 1) 農林水産省農村振興局整備部設計課監修：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」、平成21年3月、P.534
- 2) 農林水産省農村振興局監修：土地改良事業計画設計基準 設計「フィルダム編」、平成15年4月、P.Ⅱ-552
- 3) 札幌開発建設部夕張川ダム総合管理事務所 佐々木友也、林寿範、蒔苗英孝：北海道胆振東部地震に伴う道央注水工及び安平川注水路の漏水事故対応、平成30年

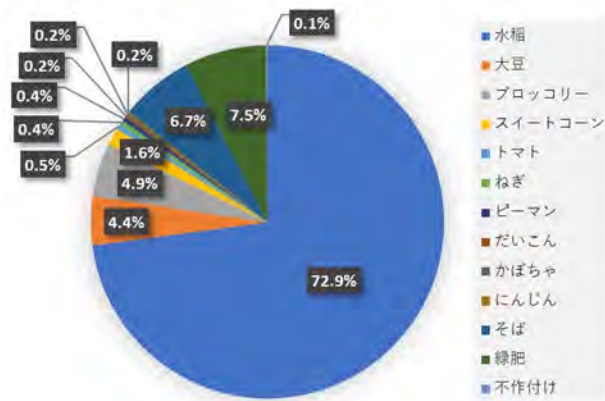
区画整理基本設計事例の紹介

五十嵐 航

1. はじめに

国営緊急農地再編整備事業「大雪東川第一地区」は、大雪山国立公園の麓にある東川町に位置し、町内を東西に流れる一級河川石狩川水系の忠別川及び倉沼川とその支流沿いに広がる水田地帯である。

地域の農業は水稻を主体に、大豆、野菜類等を組み合わせた農業経営が行われている（図－1）。



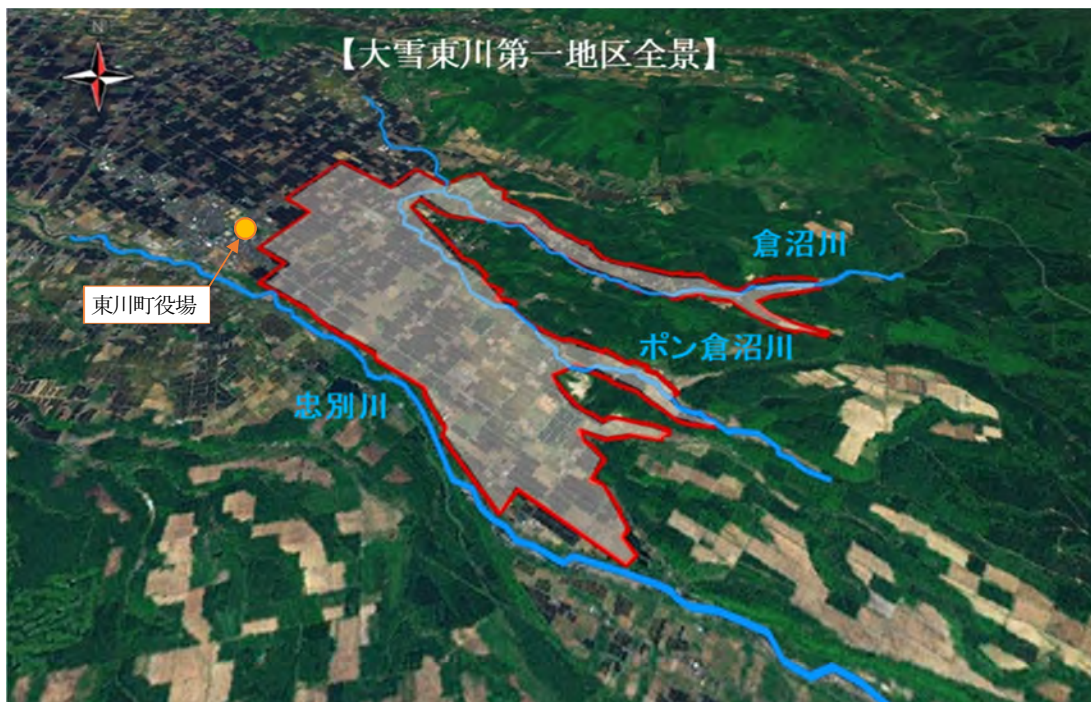
図－1 大雪東川第一地区 作物別作付面積割合

地区内の農地は、30 a ～50 a の小区画なほ場が地区内の9割を占めており、ほ場の排水不良なども生じているため、作業効率が悪く農業生産性の向上に支障をきたしている状況である。また、地区内では耕作放棄地が発生しており、高齢化や後継者不足など、今後、さらに耕作放棄地が増加するおそれがある。

このため、本事業では、区画整理1,335haを施行し、耕作放棄地を含めた農地の土地利用を計画的に再編し、担い手への農地の利用集積を進めることにより、緊急的に生産性の向上と耕作放棄地の解消・発生防止による優良農地の確保を図り、農業の振興と地域の活性化に資することを目的としている。

本地区では、地区全体の統一事項（整備の基本ルール）などを決定すべく実施設計に先立って基本設計が行われている。

本稿では、基本設計業務の「業務概要」、「主要な作業項目の実施事例」および「業務における提案事項」について紹介する。



図－2 大雪東川第一地区全景

2. 地域の概要

(1) 地域概況

本地域は北海道の中央部に位置しており、耕地は忠別川とその支流に形成された扇状地性の低地に分布し、大雪山系を源とする豊かな水源に恵まれた農業地帯となっている。

(2) 地域特性

- ① 東川町は、大雪山国立公園の麓に位置していることから、大雪山からの伏流水を生活水として利用しているという地域特徴がある（北海道で唯一上水道が無い町）。そのため、本地区では地下水への影響を考慮して、基礎や路盤に使用する材料は「砕石」を基本とし、「再生骨材」は使用しないものとした。
- ② 本地区は、概ね180m間隔で宅地が配置されており、長辺を、植民区画（540m×540m）を2分割する270mとした場合、「宅地に分断され小区画となるほ場」および「宅地が散在するため不整形となるほ場」が多くなる。よって、540mを3分割して施設幅を控除した170mを長辺長とした（図-3）。
- ③ 本地区は、東西方向の号線に既設の幹線・支線用水路（開水路）が配置されている。そのた

め、ほ場への給水は、農区毎に取水口を設けて用水供給する形式を基本とする（1農区完結）（図-4）。

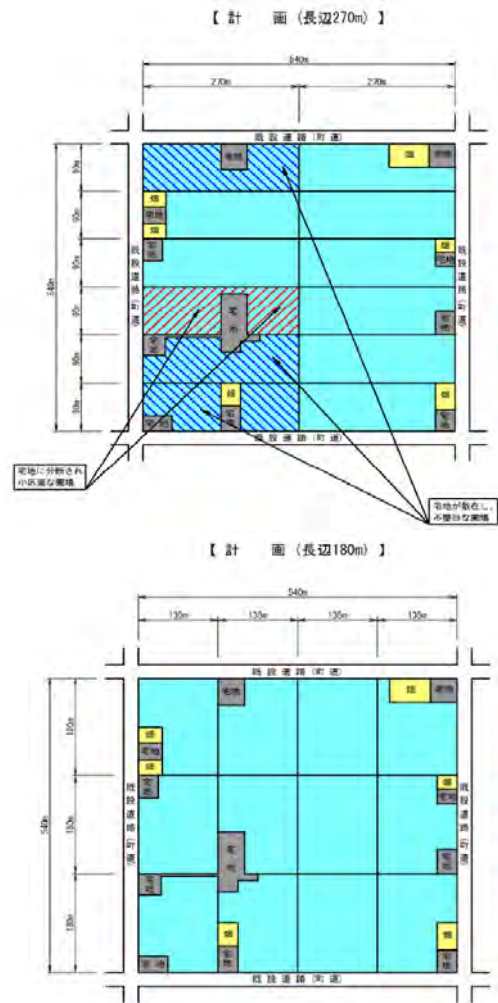


図-3 標準区画検討図

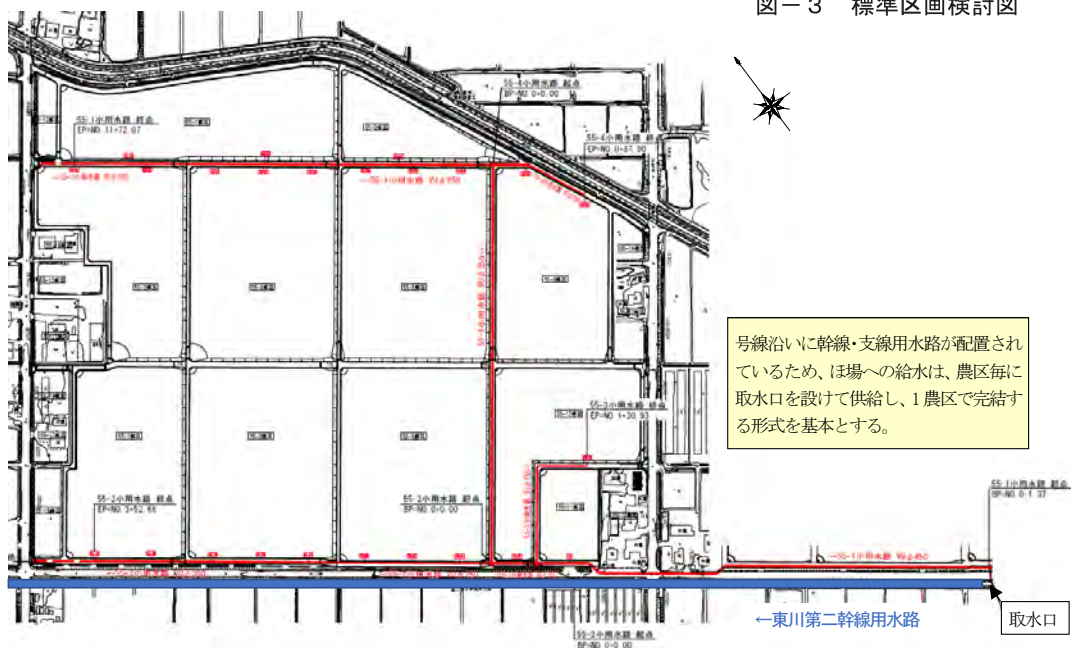
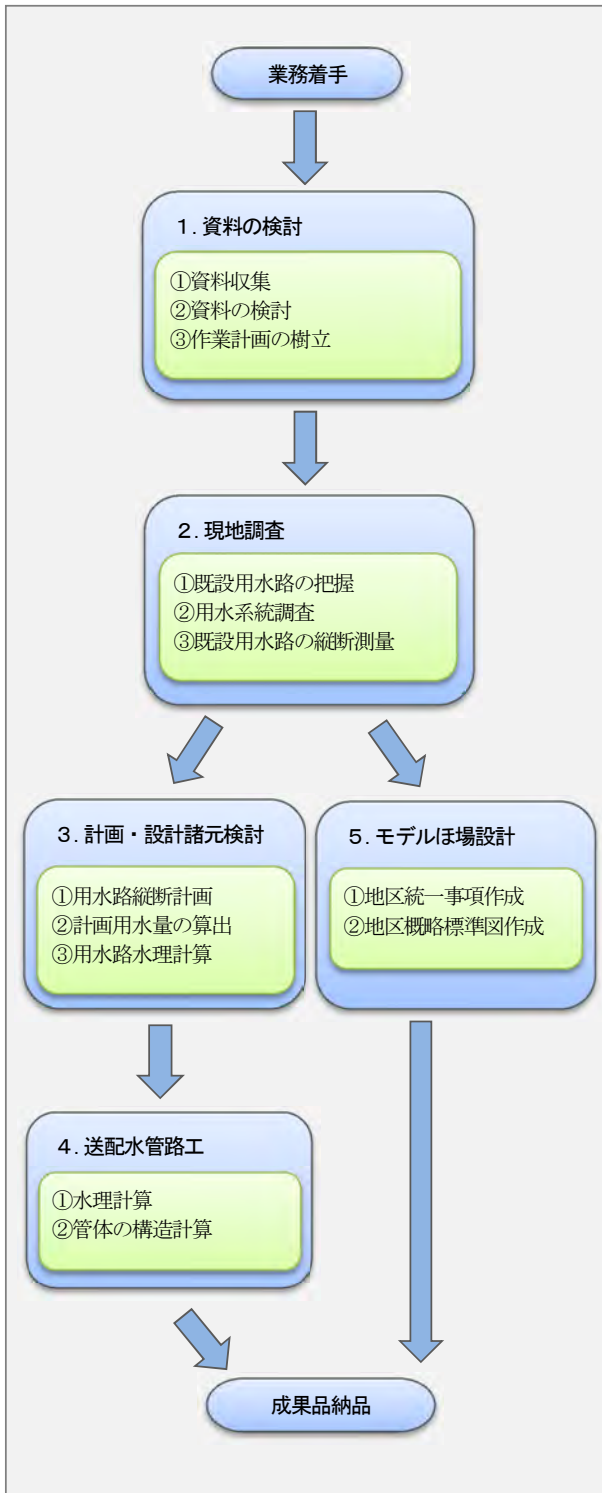


図-4 ほ場内用水路配置事例

3. 基本設計業務の概要

(1) 業務フロー



(2) 業務概要

1) 資料の検討及び収集

貸与資料を整理して、内容を把握するとともに、作業計画を樹立する。

2) 現地調査

① 現地踏査

地区内の既設用水路について、踏査し状況を把握する。

② 用水系統調査

計画樹立に当たって計画対象地区の用水系統を十分把握し、用水系統図（1/10,000）を作成するための調査を行う。本業務では末端用水路の取水位置を概定するため、資料がない既設用水路については敷高標高を測定し、概略縦断図を作成する。

3) 計画・設計諸元検討

① 水路縦断計画

縦断図を作成することなく、地形勾配から各路線の平均勾配を決定する。

② 計画用水量

路線別に計画断面決定に必要な用水量を決定するとともに用水系統模式図を作成する。

③ 水路水理計算

路線毎の平均勾配に基づく水理計算を行う。

4) 送配水管路工

水理計算及び標準断面における構造計算を行い、管種を選定する。

5) モデルほ場設計

① 基本条件の整理

区画整理の設計条件における、地区統一事項について取りまとめ整理する。

② 設計図作成

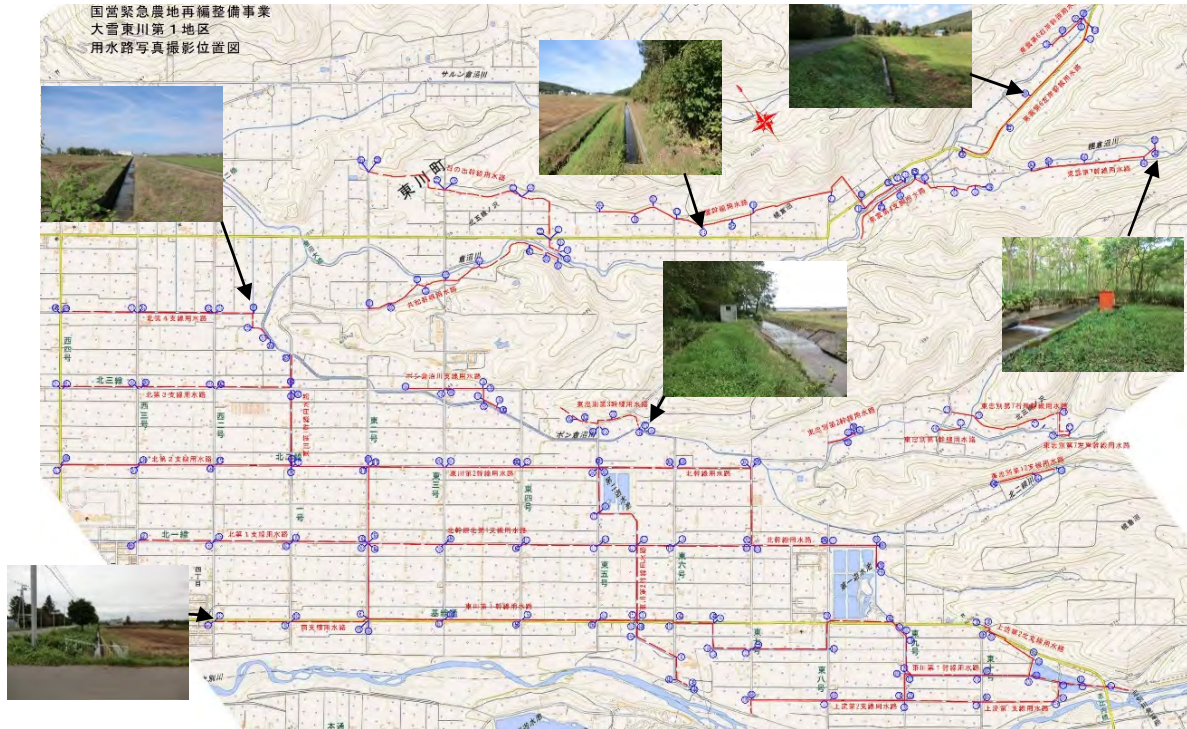
貸与図を修正し、地区概略標準図を作成する。

4. 主要な作業項目の実施事例

(1) 現地調査

1) 現地踏査

現地踏査では、既設用水路の状況を把握するため、号線および用水路IP点毎に写真撮影を行い取りまとめた（図－5）。

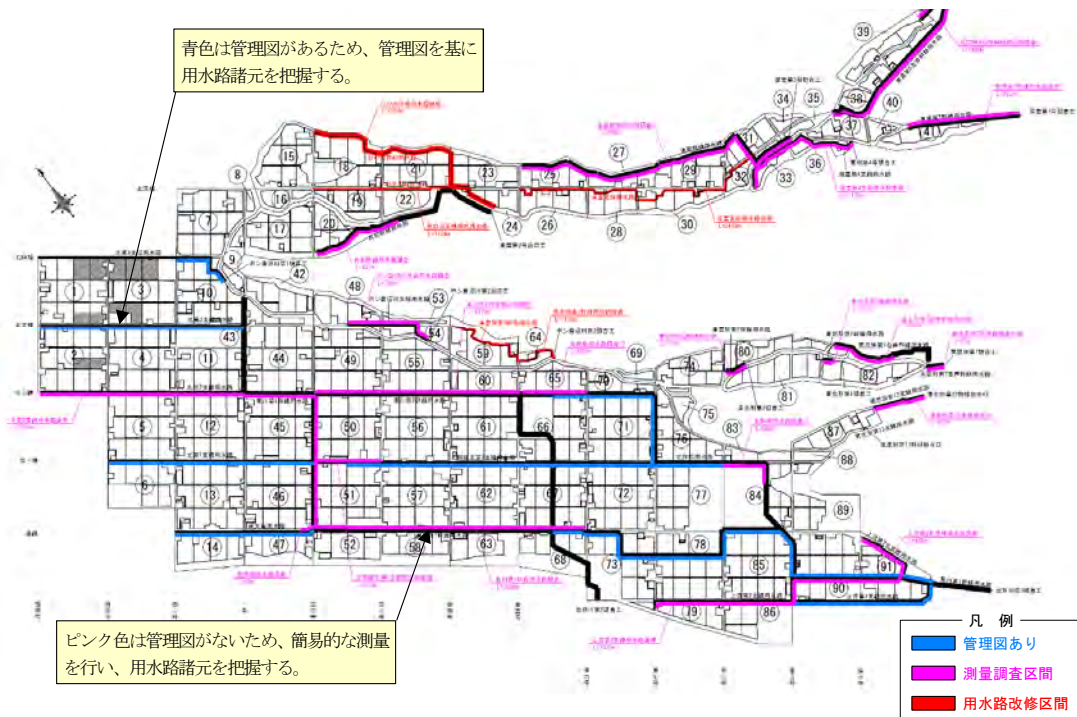


図－5 現地踏査写真位置図

2) 用水系統調査

用水系統調査では、実施設計の際に既設用水路資料の有無が一目でわかるように、地区全体位置図に用水路を色分けして整理した（図－6）。

資料がない用水路については、現地で敷高標高を調査して縦断図を作成した。



図－6 既設用水路調査位置図

(2) 用水計画・設計諸元検討

1) 受益面積

受益面積は、用水系統模式図を作成する上で必須条件となることから、事業計画による計画区画図および換地計画図データを基に面積算出し、事業計画面積と比較して整理した。

2) 路線配置計画

本地区のほ場内用水路は、号線毎に既設の幹線・支線用水路が配置されているため、1農区毎に取水口を設けて取水する形式を基本としている。

本業務では、現況用水系統および基本的な用水配置を考慮した上で、発注者および管理者と協議しながらほ場内用水路の路線配置計画を決定した。

なお、路線配置計画を協議する際は、視覚的にわかりやすく、支障物件等の確認も容易にできるように、地区全体の路線を航空写真図に被せて提示した（図－7）。

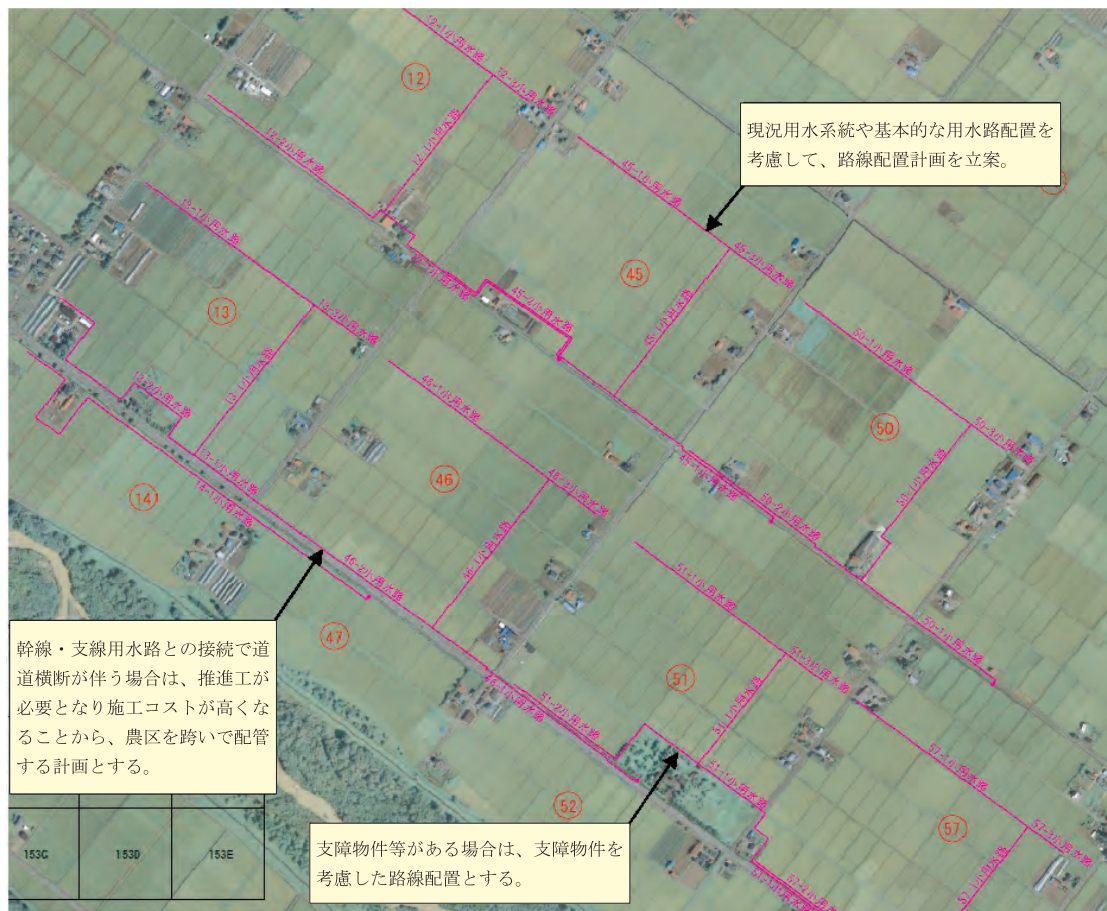
3) 計画用水量

用水量の算出は、事業計画書¹⁾に準拠して行うものとする。

ただし、事業計画流量における代掻き期単位粗用水量は、15日間でかんがいする全受益面積に対し、均等な代掻き用水の配分を想定したものであるため、末端ほ場レベルでは実際の営農下における代掻き作業能力に対し過小となり、十分な代掻き作業水を確保できないおそれがある。実際の営農下における代掻き作業では、各農家が代掻きローテーションを組み、支線用水路の水掛り区域に対し、15日以内で代掻きを行うことが求められる。よって、事業計画流量とは別に、実際の水利用を勘案したローテーション流量（＝代掻き作業水から求めた用水量）を算出する必要がある。

施設規模流量は、事業計画流量とローテーション流量を比較して大なる値を採用する。

以上の条件を基に、各用水路の水掛りを整理して用水系統模式図を作成した。



図－7 用水路配置計画図（航空写真図の一例）

4) 計画田面高の概定

計画田面高は、航測図の現況田面高を基に、各耕区内の最高標高と最低標高の平均値とした。

5) 水理計算

前項までの条件を整理して水理計算を行い、水系毎に用水路の口径を決定した(表-1、表-2)。

6) 用水路コストの検証

本業務と事業計画の用水路金額(管材+布設+土工)を比較した結果、事業計画より2.8億円程度コストを抑えられる結果となった。

この要因としては、小用水路において、口径φ350mm～φ600mmまでの比較的大きい口径の路線延

長が、事業計画よりも短縮されたためと考えられる。

具体的には、事業計画から算出したφ350mm～φ600mmの総延長はL=51,263mに対して、本業務ではL=36,919mとなっており、本業務の方が14,300m程度短縮される結果となった。これを金額に表すと、事業計画が8.7億円に対して、本業務では5.9億円となり、事業計画より2.8億円程度コストを抑えられる結果となった。

これは、事業計画が540m×540mのモデル農区(最大パターン農区)を対象に小用水路の口径および延長を計画しているのに対し、本地区の農区は地形的な理由から比較的小さな農区の割合が多いためと考えられる。

表-1 小用水路延長調書

路線名	流量(m ³ /s)	FRPM or DCIP													備考	
		FRPM or DCIP					VU									
		φ1000	φ900	φ800	φ700	φ600	φ500	φ450	φ400	φ350	φ300	φ250	φ200	φ150		
東川第1幹線系統	0.2375 ~ 0.0382	0	0	0	0	0	413	1,997	2,984	2,886	4,233	3,636	938	0	33条	
上流第1幹線系統	0.0923 ~ 0.0268	0	0	0	0	0	254	0	0	133	0	133	187	0	1条	
上流第2北支線系統	0.1681 ~ 0.0250	0	0	0	0	0	111	314	829	128	140	560	268	128	6条	
上流第2支線系統	0.1978 ~ 0.0172	0	0	0	0	0	351	463	436	610	1,796	1,030	338	169	11条	
北幹線系統	0.1764 ~ 0.0082	0	0	0	0	0	438	1,006	668	847	1,762	1,748	834	165	16条	
北幹線北第1支線系統	0.1634 ~ 0.0461	0	0	0	0	0	0	1,540	1,513	829	1,718	1,764	562	0	15条	
南支線系統	0.1087 ~ 0.0801	0	0	0	0	0	0	0	0	433	358	193	0	0	1条	
北第1支線系統	0.1779 ~ 0.0493	0	0	0	0	0	0	440	1,154	545	664	1,042	197	0	8条	
北第2支線系統	0.1627 ~ 0.0543	0	0	0	0	0	0	1,440	695	0	406	607	204	0	6条	
東川第2幹線系統	0.1727 ~ 0.0424	0	0	0	0	0	0	1,806	1,469	1,070	1,932	1,622	665	0	15条	
北第3支線系統	0.1584 ~ 0.0607	0	0	0	0	0	0	1,407	505	266	473	643	109	0	5条	
北第4支線系統	0.1592 ~ 0.0543	0	0	0	0	257	22	85	495	0	387	237	0	0	4条	
ボン倉沼川支線系統	0.1350 ~ 0.0058	0	0	0	0	0	497	0	453	0	367	455	121	238	4条	
ボン倉沼川第3頭首工系統	0.0821 ~ 0.0050	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	177	0	404	3条	
日出幹線、日出支線系統	0.1081 ~ 0.0163	0	0	0	0	0	0	0	0	370	944	1,058	587	160	13条	
共和幹線系統	0.1332 ~ 0.0252	0	0	0	0	0	0	586	125	439	103	242	603	0	6条	
東雲幹線系統	0.0989 ~ 0.0191	0	0	0	0	0	385	594	0	1,115	623	1,549	347	238	7条	
東雲第4号支線系統	0.1026 ~ 0.0401	0	0	0	0	0	0	339	0	0	189	329	178	0	2条	
東雲第6右岸幹線系統	0.0847 ~ 0.0028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	222	225	214	258	2条	
東雲第6左岸幹線系統	0.0954 ~ 0.0197	0	0	0	0	0	0	0	0	0	414	1,405	275	62	4条	
東雲第7幹線系統	0.1087 ~ 0.0219	0	0	0	0	0	0	0	0	229	892	301	0	265	3条	
東忠別第1幹線系統	0.0668 ~ 0.0163	0	0	0	0	0	0	366	0	0	0	121	411	120	1条	
東忠別第2幹線系統	0.0645 ~ 0.0113	0	0	0	0	0	0	350	0	0	0	502	0	273	2条	
東忠別第7右岸幹線系統	0.0718 ~ 0.0152	合計延長(本業務) L=36,919m					0	0	0	0	479	788	252	180	2	2条
東忠別第7左岸幹線系統	0.0767 ~ 0.0200	合計延長(事業計画) L=51,263m					0	0	0	234	0	294	293	157	1	1条
東忠別第12・13支線系統	0.0587 ~ 0.0179	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226	284	306	148	1条	
合計延長(本業務で算出)		0	0	0	0	257	2,470	12,732	11,559	9,900	18,327	20,944	7,889	2,964	全延長=87,043	
合計延長(事業計画より算出)		0	0	0	0	0	0	45,120	6,143	0	19,421	29,764	0	0	全延長=100,448	
用水路金額(千円)(本業務で算出)		0	0	0	0	8,222	53,840	232,826	175,296	124,428	188,843	164,160	45,281	12,858	合計=1,005,754	
用水路金額(千円)(事業計画より算出)		0	0	0	0	0	0	787,353	88,471	0	187,512	195,283	0	0	合計=1,258,618	

合計金額(本業務) 594,600千円
合計金額(事業計画) 875,800千円

表-2 幹線・支線用水路延長調書

路線名	流量(m ³ /s)	FRPM or DCIP					VU								備考
		FRPM or DCIP					VU								
		φ1000	φ900	φ800	φ700	φ600	φ500	φ450	φ400	φ350	φ300	φ250	φ200	φ150	
東忠別第3幹線用水路	0.1185 ~ 0.0873	0	0	0	0	0	387	0	0	289	388	125	0	0	
日の出幹線用水路	0.2009 ~ 0.1081	0	0	441	478	0	0	370	653	3	0	0	0	0	
日の出支線用水路	0.1400 ~ 0.0790	0	0	0	0	0	152	0	277	299	132	274	0	0	
東雲支線用水路	0.1402 ~ 0.0868	0	0	0	0	0	0	0	700	581	678	486	0	0	
合計延長(本業務で算出)		0	0	441	478	0	539	370	1,630	1,173	1,198	884	0	0	全延長=6,711
合計延長(事業計画より算出)		0	492	239	0	984	1,238	1,059	985	0	0	0	2,327	34	全延長=7,358
用水路金額(千円)(本業務で算出)		0	0	20,090	18,186	0	11,744	6,760	24,711	14,737	12,341	6,930	0	0	合計=115,499
用水路金額(千円)(事業計画より算出)		0	28,602	11,749	0	34,823	25,822	18,480	14,187	0	0	0	10,967	118	合計=144,747

(3) モデルほ場設計

1) 地区統一事項の作成

地区統一事項の作成に当たっては、事業計画書¹⁾、設計基準書²⁾の把握および関係機関との綿密な打合せを行い作成した。

なお、今後の実施設計においても、統一事項を作成した経緯がわかるように「地区統一事項作成経緯書」を作成した（表－3）。

さらに、地区独自の方針および決定事項等につ

いては、その決定根拠が今後の実施設計にも周知されるように、統一事項の末尾に「統一事項決定根拠」を記載した。

2) 地区標準図の作成

地区標準図の作成に当たっては、近傍地区の標準図をベースに、関連業務と調整を図りながら作成した。

表－3 地区統一事項作成経緯書

回数	年月日	出席者				内 容	検討事項
		発注者	受注者	推進センター	その他関係者		
1	H28.10.6	3名	2名			<p>近傍地区の統一事項をベースに、大雪東川第一地区の統一事項を作成。</p> <p>《近傍地区との主な相違点》</p> <ul style="list-style-type: none"> 標準区画2.2ha：170m×132m 法面勾配は、法高70cm未満は1:1.0、70cm以上は1:2.0 進入路は耕区の西側2隅に円形で設置 かんがい効率：還元田85%、転換畑60% 転作率：還元田75%、転換畑25% 給水栓口径：φ100mm 計画単位排水量=1.00m³/s/km² 末端排水路の計画単位排水量=1.656m³/s/km² 基本的に枕地処理は行わない <p>以上の内容で修正したものをたたき台として推進センターとの協議を行う。</p>	
2	H28.10.14 H28.10.18	3名	2名	4名	2名	<p>近傍地区の統一事項をベースに作成した大雪東川第一地区の統一事項を推進センターに確認。</p> <p>《主な変更点》</p> <p>(区画)</p> <ul style="list-style-type: none"> 換地面積と受益面積は同じ範囲とする 水張面積は進入路分を除いて算出する <p>(整地)</p> <ul style="list-style-type: none"> 隣接ほ場との田差が大きい場合は、受益者に幅広畦畔の必要の有無を確認する 除外地より高いほ場は法尻に浸透水処理工を設置する <p>(農道)</p> <ul style="list-style-type: none"> 支線農道は東西方向に支線農道Bを4条、南北方向に幅広畦畔を設置する。ただし、小用水路が設置される南北方向の1条は支線農道とする。 支線農道の縦断線形は一般の場合10%とする <p>(用水)</p> <ul style="list-style-type: none"> 暗渠フラッシング管は給水栓の流量を呑めるものとした(要検討) <p>(排水)</p> <ul style="list-style-type: none"> 点検管理樹のインバートブロックは不要。排水管は樹底に合わせて設置。 東川の道路事業で計画単位排水量Q=2.57m³/sを使用しているため、算出根拠を確認する(要検討) 点検管理樹の配置間隔は1耕区に1箇所設置することを基本とする。高圧洗浄ホースの作業能力を確認(要確認) <p>(暗渠)</p> <ul style="list-style-type: none"> 暗渠配線方向は長辺方向に設置(コスト削減対策) 水閘の吐口は樹に接続して、暗渠が機能しているか確認できる形式としたい(要検討) <p>以上の内容を修正して再度発注者および推進センターとの協議を行う。検討事項は次回の協議で確認する。</p>	<p>①暗渠フラッシング管の検討 暗渠フラッシング管について「水理検討」及び「コスト比較」を行う。</p> <p>②計画単位排水量の確認 東川町の道路事業と事業計画で計画単位排水量が異なるため、算出根拠を確認する。</p> <p>③暗渠流末形式の検討 暗渠流末形式について「コスト比較」を行う。</p> <p>④高圧洗浄ホースの作業能力確認</p>

回数	年月日	出席者				内 容	検討事項
		発注者	受注者	推進センター	その他関係者		
3	H28.11.7	2名	2名			<p>前回の打合せで上がった検討事項の結果を報告。また、統一事項の修正を行った。</p> <p>①暗渠フラッシング管の検討結果 暗渠フラッシング管について「水理検討」及び「コスト比較」した結果、暗渠のフラッシング管口径・本数はφ125mm・1本とする。</p> <p>②計画単位排水量の算出根拠の確認 算出根拠を確認した結果、流出係数fの取り方異なっていた。 東川町 $Q=2.578\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2 \rightarrow f=0.7$ (用排水路指針) 事業計画 $Q=1.656\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2 \rightarrow f=0.45$ (設計基準「排水路」) 水田の場合0.4~0.5の範囲で考えてよいことから、本業務は事業計画を踏襲してf=0.45とする。</p> <p>③暗渠流末形式の検討 流末形式について4案作成し、比較検討した。 第1案：直接排水方式(樹1基+支間継手) 第2案：管理樹(下流側設置)取付管方式 第3案：直接排水方式(樹2基) 第4案：管理樹(中間設置)取付管方式 コスト比較した結果、第1案が有利となる。推進センターに確認。</p> <p>④高圧洗浄ホースの作業能力の確認 旭浄化に確認したところ、下水マンホールは50m間隔を推奨。詰まり方によっては、50m以上困難。現計画では1耕区に1個とし、標準間隔は130m程度。各管理樹の受け持ち長さ65m。推進センターに確認。</p>	
4	H28.11.18	2名	2名	3名	2名	<p>前回の打合せで上がった検討事項の検討結果を報告。また、統一事項の修正を行った。</p> <p>①暗渠フラッシング管の検討結果 暗渠のフラッシング管口径・本数はφ125mm・1本とする。</p> <p>②計画単位排水量の算出根拠の確認 計画単位排水量は安全側で考えたい。よってf=0.5で設定したい。(推進センター) 他地区との整合もあるため、部内で検討。(発注者)</p> <p>③暗渠流末形式の検討 暗渠が正常に機能しているかを確認したいため、流末形式は第3案(直接排水方式(樹2基))を採用する。(推進センター)</p> <p>④高圧洗浄ホースの作業能力の確認 ③より、1耕区に2個樹を設置することから、標準間隔は70m程度となるため問題ない。</p>	
5	H29.2.6		2名	3名		<p>①計画単位排水量について 当方としては同時期発注である「愛別地区」との整合性を考慮して、流出係数f=0.45(基準書中間値)で計画したい。(三幸) →流出係数については、基準書に0.4~0.5と記載されているため、中間値ではなく最大値(0.5)としたい。東川町では想定を越す大雨が実態としてあるため、最大値で設定したい。(推進センター) →再度発注者に確認する。(三幸)</p>	①f=0.5の場合のコスト検討 計画単位排水量が $Q=1.84\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ (f=0.5)になった場合、事業計画と比較してどの程度コストが上がるかを検討する。(発注者)
6	H29.2.13	2名			2名	<p>①計画単位排水量について 流出係数f=0.5にした場合でコストを算出すると、170,000千円程度事業計画より高くなる結果となった。事業費の上限は決まっているため、当方としては事業計画を踏襲したい。また、「愛別地区」との整合性も考慮して、流出係数f=0.45としたい。(発注者) →改良区を含めて検討する。(推進センター)</p>	【課題】 基本設計では、計画単位排水量 $Q=1.656\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ (f=0.45)で設定する。ただし、現時点では管理者側で検討中であるため、課題として挙げる。

5. 業務における提案事項

本業務では、暗渠配線形式について比較検討を行い、コスト削減の提案を行ったので紹介する。

事業計画の暗渠配線形式は「クシ型」(図-8)で計画している。しかしこの場合、下流側の集水渠および水閘の口径がφ200mmとなるため、コストが高くなることが予想される。

そこで本業務では、事業計画の配線方向とは異なる「フォーク型」(図-9)について検討し、コスト削減の提案を行った。

両形式でコスト比較した結果、クシ型が2,298千円/2.2ha、フォーク型が2,045千円/2.2haとなり、フォーク型にした方が253千円/2.2ha(115千円/ha)程度コスト削減となった。

地区全体で考えると、地区全体の計画面積は1,123haのため、1,123ha×115千円/ha ≒ 1.3億円程度コスト削減となった。

よって本地区の暗渠配線形式は「フォーク型」を基本に実施設計を行うものとする。

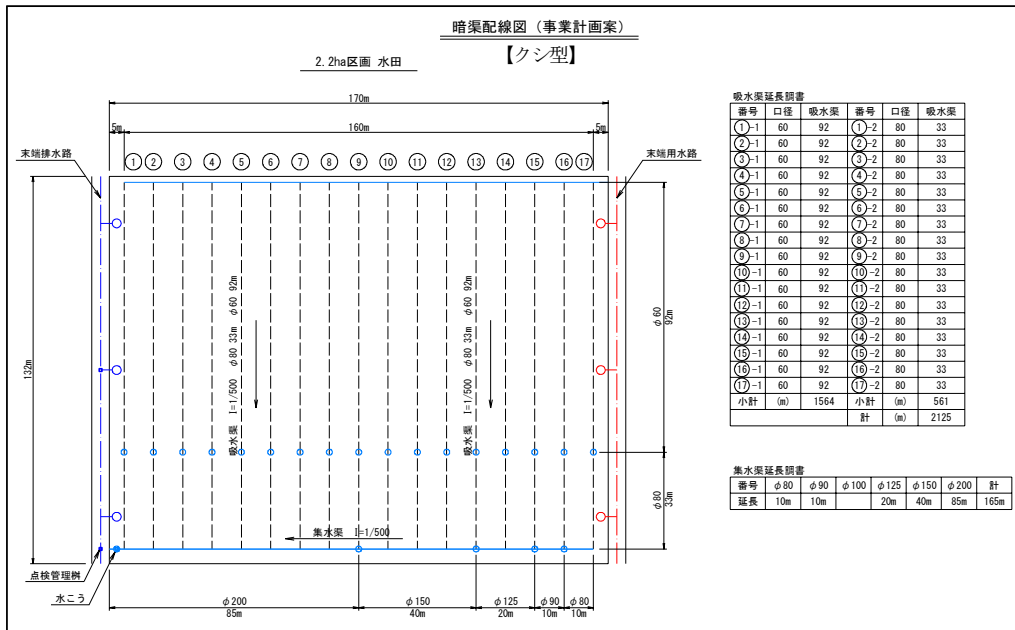


図-8 暗渠配線図 (クシ型)

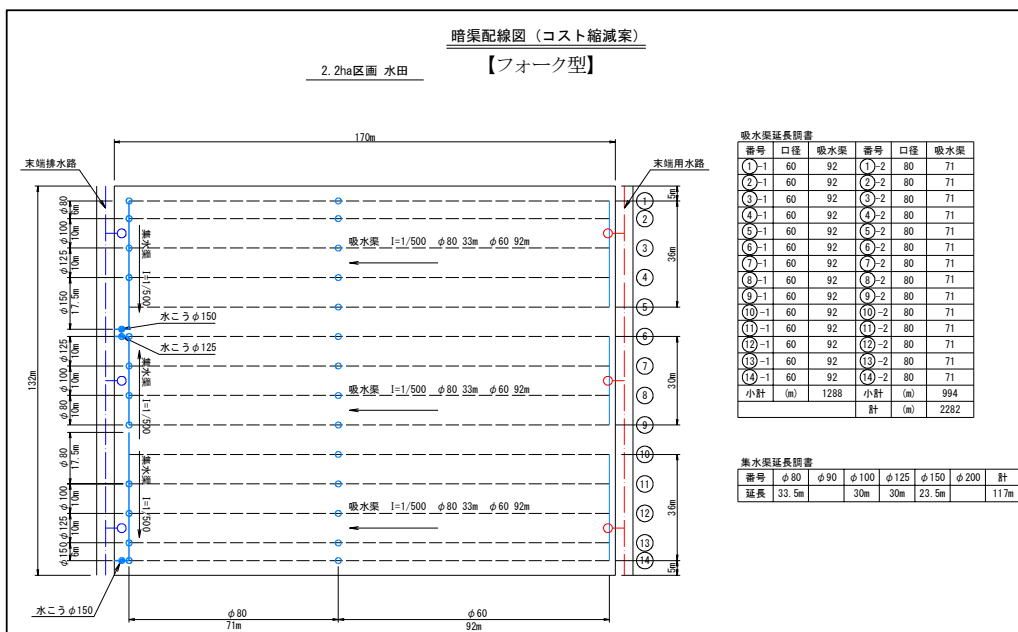


図-9 暗渠配線図 (フォーク型)

6. まとめ

区画整理基本設計業務は、地区全体の統一事項（整備の基本ルール）を作成するものであり、地区事業費と整合を図った上で、用水路計画、ほ場区画計画、暗渠排水計画等を作成するものであった。

各項目の検討に当たり、経済比較や合理性、地元要望等を総合的に検討しなければならなかったが、各項目の統一事項決定に当たっては、建設コストのみならず維持管理費を意識した検討を行うとともに、仮設計画では東川町の特性を壊さぬよう環境に配慮した計画を行った。

さらに、実施設計を行う関連業務や他地区の基本設計内容と齟齬が生じないように、主導的に調整を行うとともに、実施設計の農家説明会に積極的に参加するなど地元要望を極力取り入れる体制で業務を実施した。

7. おわりに

本稿では、区画整理基本設計業務の一事例について紹介した。

地区統一事項および標準図については、今後実施設計を行っていく中で、修正点等が出てくる可能性がある。その際は赤文字で追記するなど、適宜更新して活用していくのが望ましいと考える。

最後に、本稿をまとめるにあたり、多大なご協力を頂いた関係各位に厚く御礼申し上げます。

(株)三幸ランドプランニング

【参考文献】

- 1) 国営大雪東川第一土地改良事業計画書
(北海道開発局)
- 2) 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説計画
「排水」技術書 (H18. 3 (社)農業土木学会)

急傾斜地において排水路を新設する場合の護岸工法の検討

前川 涼子

1. はじめに

国営かんがい排水事業「土幌西部地区」で整備する第14号明渠排水路は、山地の裾野に広がる急峻な地形を有する丘陵部に新設する計画であり、施工に際しては、工事用地の制約及び隣接する保安林への配慮などが必要な状況である。

本稿では、急勾配となる排水路設計のうち、畑地や保安林の潰れが最小となる施設計画及びコスト削減を考慮した護岸工法選定等の検討事例を紹介する。

2. 地区の概要

本地区の排水施設は、国営西土幌土地改良事業（昭和44年度～昭和55年度）により整備されたが、降雨量の増加及び土地利用の変化により、排水能力が不足し周辺農地への湛水被害が発生するとともに効率的な農作業が行えない状況にある。本事業により、排水路の整備を行い農地の湛水に伴う土地生産性の低下や農作業の非効率性を解消することにより、農業経営の安定と地域農業の振興に資するものである。



図－1 土幌西部地区位置図

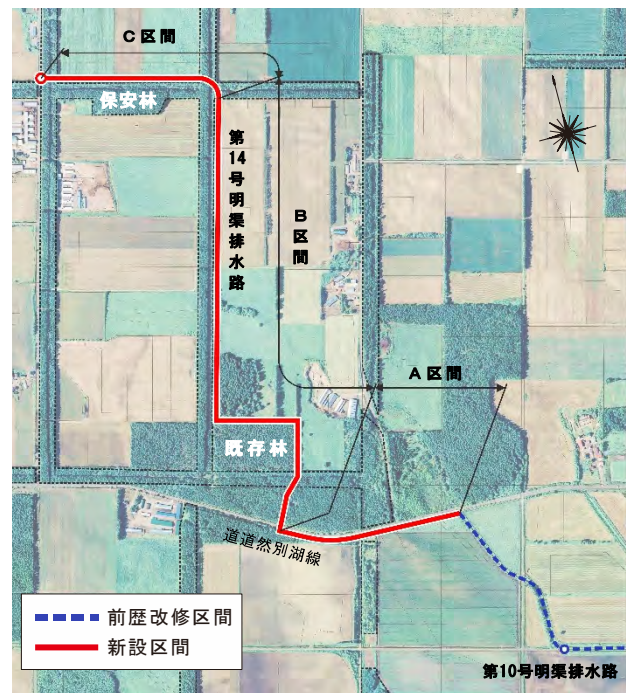
3. 第14号明渠排水路の概要

(1) 整備概要

第14号明渠排水路は、前歴事業により道道土幌然別湖線まで整備されているが、近年は現況排水路よりも上流の農地で湛水被害が発生していることから、本事業により現況排水路を延長（新設）し、湛水被害を解消する計画である。

(2) 地形条件

本路線の地形は、現況水路区間は比較的平坦であるが、新設区間は丘陵地にあり、特にA区間とC区間は現況地形勾配が約 1/25 と急勾配である（図－3）。



図－2 第14号明渠排水路

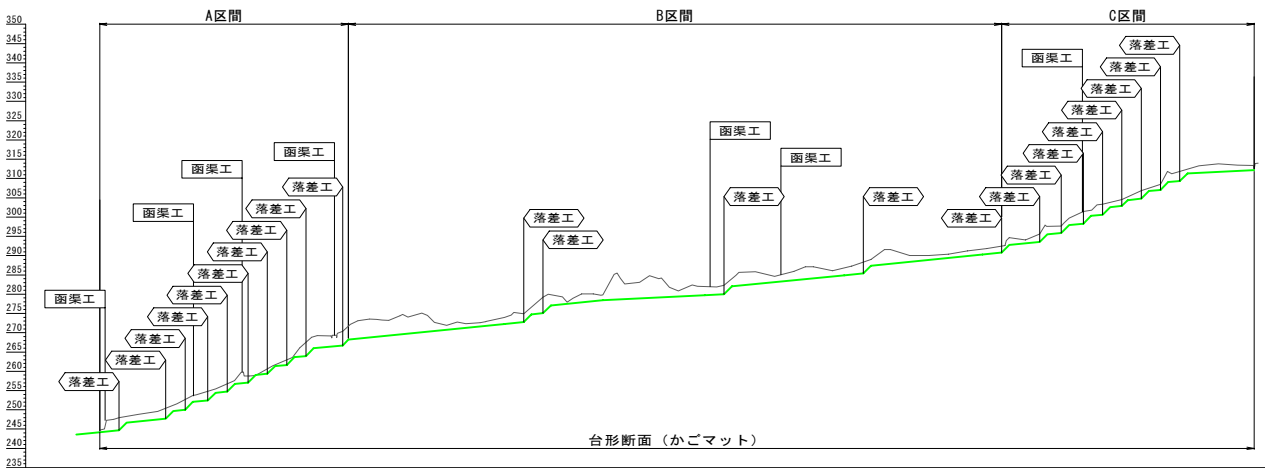


図-3 新設区間縦断面図（事業計画）

(3) 用地条件

A区間の上流部は道道と農地の間の低みに路線を通す計画であるが、計画範囲には道路敷地が入り込んでいる（写真-1、図-4）。

また、B区間とC区間は保安林が隣接している（写真-2）。

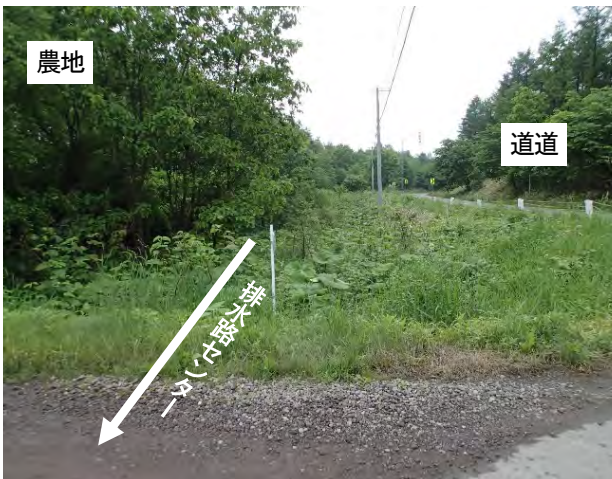


写真-1 現況地形（A区間上流部）



写真-2 現況地形（C区間）

(4) 課題

以上の条件下において排水路を新設する際の課題は次のとおりである。

- ① 既存林の伐採を極力回避する。
- ② 新設区間であることから、潰地を小さくする。
- ③ 急勾配であることから、流下能力の確保だけではなく、流速に対する安全性を確保する。
- ④ 経済性、施工性に優れた工法を採用する。

以下に最上流部（C区間）における具体的検討手法を示す。

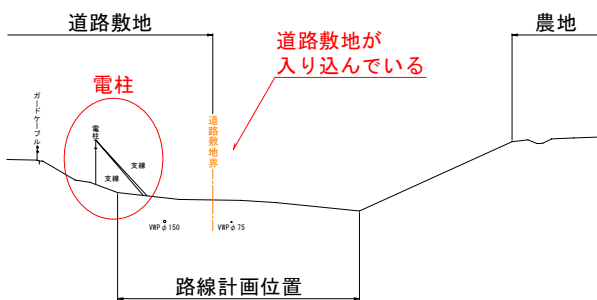


図-4 A区間上流部横断面図

4. C区間護岸工法の検討

(1) 排水路タイプの検討

事業計画の排水路タイプは堀込み河道式の単断面を基本とし、魚類への配慮から台形断面（かごマット）を採用している。

しかし、検討区間は急勾配であり落差工が連続すると考えられること、新設区間であり常時の流水がなく魚類への配慮は必要としないことから、擁壁型（フルーム）水路との比較検討を行った。

1) 台形断面案

【平面線形】

環境に配慮した工法が求められているため、保安林にかからない中心線位置とした。

【縦断計画】

- ① 流路の整合性（下流に向かって流速が遅くなる）に留意し、下流よりも流速が遅くならない範囲で1年確率流量流下時に $V \leq 3.0\text{m/s}$ かつ計画流量流下時に射流とならない勾配を設定する。
- ② 余剰落差が生じた場合は傾斜型落差工（ $I = 1/10$ 、最大落差2.0m）を設置する。

【敷幅】

流路の整合性（下流に向かって川幅が大きくなる＝上流よりも川幅を狭くしない）を図るため、下流と同じ敷幅（1.0m）とした。

【護岸高・安全対策】

年洪水位まで（落差工区間は余裕高まで）とした。

【横断構造物】

落差工が近接しているため、函渠形式とする。函渠工前後の断面変化により水理的に安定しないことから、断面変化をしない橋梁工とした。

【結果】

以上の条件により決定した標準断面を図-5、縦断図を図-6に示す。

水路上幅が約12mであり10mを超えることから、両岸に管理用道路が必要となる。

急勾配区間には450mの間に8箇所の落差工を設置した。落差工が連続することにより流速が低下しないまま流下するため、この区間の護岸は根固めブロックとなる。

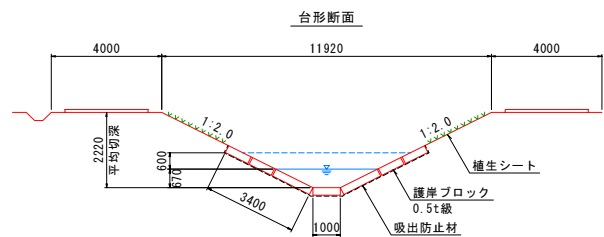


図-5 標準断面（台形断面案）

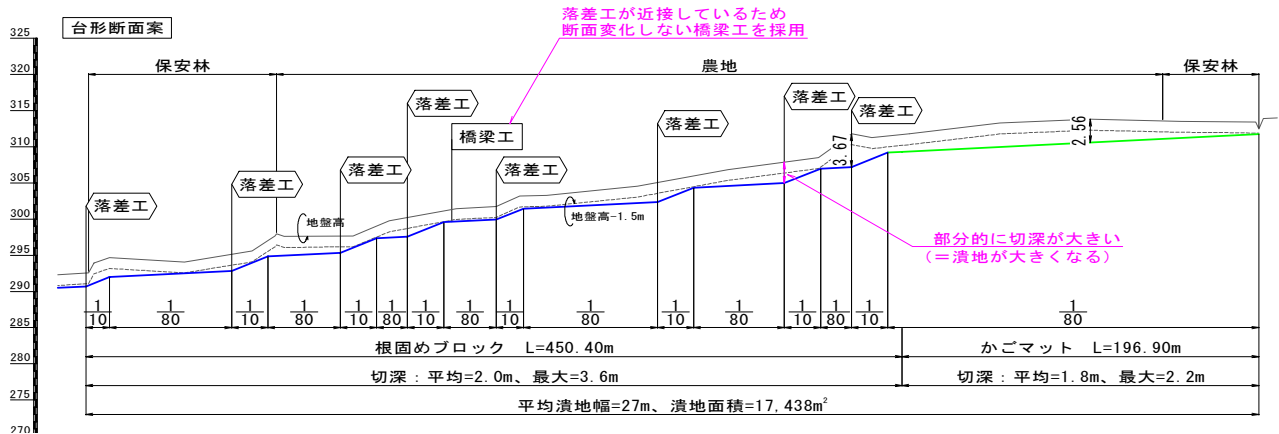


図-6 縦断図（台形断面案）

2) フルーフ案

【平面線形】

台形断面と同様、保安林にかからない中心線位置とし、フルーフとかごマットの接続部は、潰地を小さくするため中心線をシフトした(図-7)。

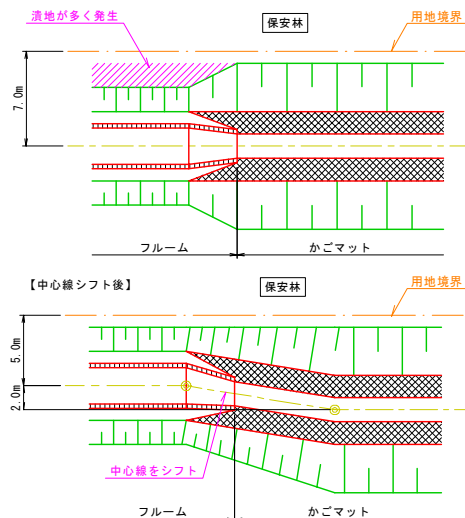


図-7 中心線のシフト

【縦断計画】

最小切深として暗渠排水を考慮した必要切深である1.5m以上を確保し、地形なりの勾配とした。

【敷幅】

フルーフ区間は射流であり、下流のかごマット区間(常流)との接続部では減勢工によって流れの連続性がリセットされることから流路の整合性を図る必要性は少ない。このため、フルーフ水路の長方形断面において水理的・構造的に安定する底幅/水深(壁高)比=1~2となる1.5mとした。

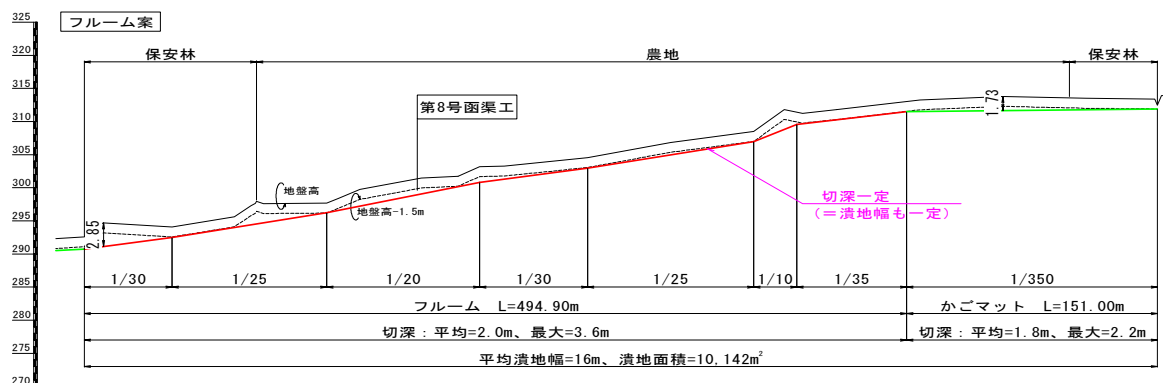


図-9 縦断図(フルーフ案)

【護岸高・安全対策】

射流となることから、飛散対策として護岸高は「設計洪水位+余裕高」までとした。また、コンクリート二次製品水路(プレキャストフルーフ)は空目地が原則であるが、射流であることから目地ありとした。

なお、余裕高は射流・急流水路の余裕高算定式より算定した。

また、1年確率流量流下時の流速が3.0m/sを超えることから、流速対策として「土地改良事業計画設計基準」¹⁾に基づきフルーフのかぶりを1.5cm増加した。

【横断構造物】

水路と一体の函渠工とした。

【結果】

以上の条件により決定した標準断面を図-8、縦断図を図-9に示す。

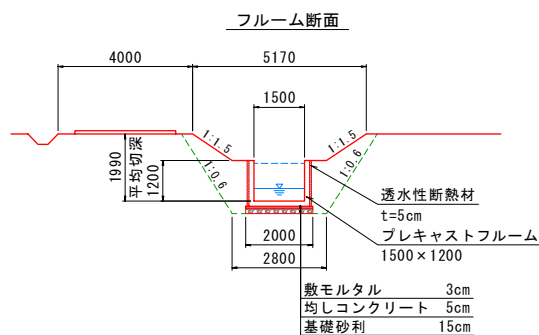


図-8 標準断面(フルーフ案)

(2) 結果比較

以上の概略設計結果を用いて、潰地、安全性、経済性、施工性等を比較した。

1) 潰地

台形断面は図-5に示すとおり水路上幅が10mを超えることから、兩岸に管理用道路が必要となり潰地幅および保安林伐採面積が大きくなる。また、落差工部分で部分的に切深が大きくなり潰地も不整形となることから、農作業にも支障が生じる(図-10)。

フルーム案は図-8に示すとおり水路上幅が10m未満であることから管理用道路が片側のみで済むことや切深が一定となり潰地幅も一定となるため、潰地幅を11m(約7,000 m^2)縮小できた(表-1)。

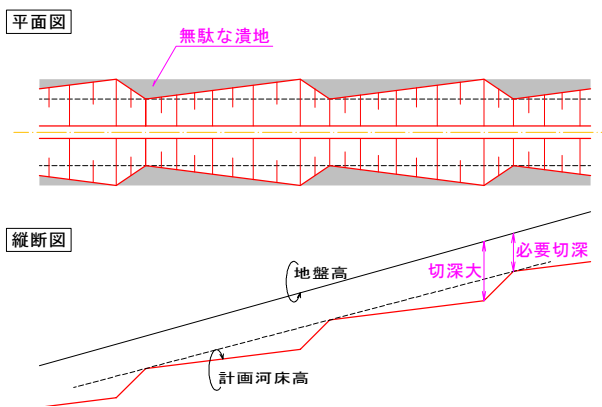


図-10 落差工箇所の潰地イメージ

表-1 潰地面積

a. 台形断面案

区間	護岸形式	平均潰地幅 (m)	延長 (m)	潰地面積 (m^2)	合計 (m^2)
保安林	根固めブロック	27	103.70	2,800	4,234
	かごマット	27	53.12	1,434	
農地	根固めブロック	27	345.28	9,323	13,205
	かごマット	27	143.78	3,882	
			645.88	17,439	17,439

b. フルーム案

区間	護岸形式	平均潰地幅 (m)	延長 (m)	潰地面積 (m^2)	合計 (m^2)
保安林	フルーム	15	103.70	1,556	2,512
	かごマット	18	53.12	956	
農地	フルーム	15	391.20	5,868	7,629
	かごマット	18	97.86	1,761	
			645.88	10,141	10,141

2) 安全性

落差工の流下イメージを図-11、水理縦断面図を図-12上段に示す。落差工が近接する箇所では、跳水が発生する前に次の落差工に入ることから、流速が低下しないまま流下する。また、射流と常流が混在することから流れが安定しない。

一方、フルーム案は図-12下段に示すとおり、流速が速いが安定しており、かぶりや護岸高の増加で安全性を確保できる。

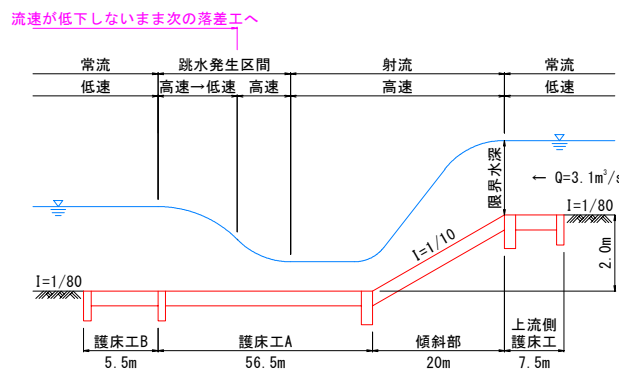


図-11 落差工の流下イメージ

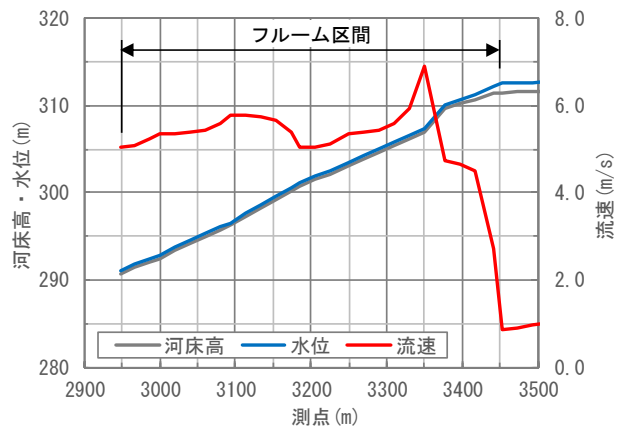
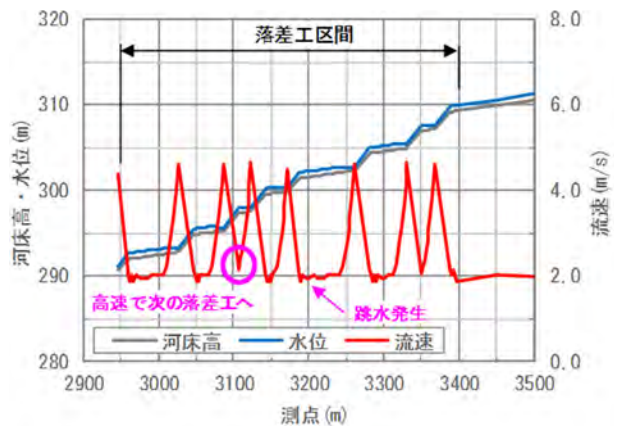


図-12 水理縦断面図

3) 経済性

台形断面はフルームに比べ断面が大きいことから、土工費はフルームの約1.5倍になる。

護岸工は、表-2に示すとおりかごマットが最も安価であるが、急勾配区間ではフルームよりも落差工の根固めブロックが高価となるため、全体としては台形断面が高価となる。

横断工は、フルーム案は水路と一体の函渠工だが、台形断面案の場合は橋梁となるため高価になる。

フルームの現場打ちとプレキャストの比較は、夏期施工では現場打ちの方が安価であるが、冬期施工の場合は防寒養生が必要となるためプレキャストよりも高価となる。検討区間にはデントコーンが栽培されており冬期施工が考えられることから、プレキャストフルームが最も安価になる(表-3)。

表-2 護岸単価

護岸工法		単価 (円/m)
かごマット		40,486
根固めブロック(落差工)		114,173
現場打ちフルーム	夏期	85,201
	冬期	103,101
プレキャストフルーム		90,844

表-3 概算工事費

(単位:千円)

	台形断面	フルーム		
		現場打ち		プレキャスト
		夏期	冬期	
土工	20,398	13,704	14,917	12,449
護岸工	60,326	47,891	56,774	50,730
横断工	35,500	-	-	-
管理用道路	2,054	1,027	1,027	1,027
用地買収費	5,755	3,510	3,510	3,347
小計	103,635	52,428	61,311	55,104
諸経費(60%)	62,181	31,457	36,787	33,062
合計	165,816	83,885 (-49%)	98,098 (-41%)	88,166 (-47%)

※フルームの横断工事費は護岸工事費を含む

4) 施工性

台形断面案はフルーム案に比べ、土工は掘削が主体であり日数が少ないが、水路本体、横断工、かごマットの施工は日数を要する。

フルーム案の現場打ちの場合はプレキャストと比べ、鉄筋作工や型枠設置、コンクリート養生に日数を要する。

プレキャストは台形断面と比較すると約4ヶ月工期を短縮出来る(表-4)。

表-4 施工日数

	台形断面 (根固めブロック)	フルーム	
		現場打ち	プレキャスト
土工	32日	84日	75日
水路本体	98日	86日	30日
横断工	70日		
かごマット	60日	45日	45日
合計	260日	215日	150日

※フルームの横断工施工日数は、水路本体を含む

5) 残土量

新設排水路の場合は水路断面は全て掘削となるため、改修する排水路に比べ大量の残土が発生する。台形断面の場合は、フルームの2倍(約10,000m³)の残土置場が必要となる(表-5)。

表-5 残土量

	護岸工法	延長 (m)	m当り 残土量 (m ³ /m)	残土量 (m ³)	合計 (m ³)
台形断面	根固めブロック	463.50	14.22	6,591	9,996
	かごマット	182.38	18.67	3,405	
現場打ちフルーム	フルーム	494.90	7.15	3,539	4,994
	かごマット	150.98	9.64	1,455	
プレキャストフルーム	フルーム	494.90	6.17	3,054	4,509
	かごマット	150.98	9.64	1,455	

6) 検討結果

以上より、潰地(伐採面積)、安全性、経済性、施工性で有利な「プレキャストフルーム」を採用した。表-6に工法比較表を示す。

表-6 工法比較表 (C区間全体)

排水路タイプ	台形断面 (かごマット+落差工)	フルーム		
		現場打ち		プレキャスト
切深	落差工区間 : 平均2.2m、最大4.6m かごマット区間 : 平均2.7m、最大3.3m	フルーム区間 : 平均2.0m、最大3.6m かごマット区間 : 平均1.8m、最大2.2m	フルーム区間 : 平均2.0m、最大3.6m かごマット区間 : 平均1.8m、最大2.2m	○
	落差工部分の切深が大きくなる。 (潰地が不整形になる)	地形なりの勾配を設定できるので、 一定の切深となる。	地形なりの勾配を設定できるので、 一定の切深となる。	
潰地・ 伐採面積	管理用道路は両側に設置 (水路上幅10m以上)	管理用道路は片側に設置 (水路上幅10m以下)	管理用道路は片側に設置 (水路上幅10m以下)	○
	平均幅 : 27m 潰地面積 : 17,439m ² (保安林 : 4,234m ²) (農地 : 13,205m ²)	平均幅 : 16m 潰地面積 : 10,141m ² (-42%) (保安林 : 2,512m ²) (農地 : 7,629m ²)	平均幅 : 16m 潰地面積 : 10,141m ² (-42%) (保安林 : 2,512m ²) (農地 : 7,629m ²)	
流速	落差工区間 平均 : 2.73 m/s " 最大 : 4.65 m/s	フルーム区間 平均 : 5.38 m/s " 最大 : 6.90 m/s	フルーム区間 平均 : 5.64 m/s " 最大 : 7.11 m/s	○
	落差工の連続により流れが安定しない。 全区間根固めブロックが必要。	流速が速いが安定している。 護岸高やかぶりの増加で安全性を 確保できる。	流速が速いが安定している。 護岸高やかぶりの増加で安全性を 確保できる。	
横断 構造物	橋梁工	函渠工	函渠工	○
	落差工区間に設置するので 断面変化させないため	水路と一体	水路と一体	
経済性	165,816 千円	夏期 : 83,885 千円 (-49%) 冬期 : 98,098 千円 (-41%)	88,166 千円 (-47%)	◎
	落差工の根固めブロックに加え、 横断工も橋梁となるため最も高価	フルームは根固めブロックよりも安価 横断工も水路と一体の函渠工	冬期施工の場合は最も安価	
施工性	根固めブロックは据付のみだが、 橋梁工の施工に手間がかかる (施工日数260日)	鉄筋作業や型枠作成、コンクリート養生 などに手間と時間がかかる (施工日数215日)	現場での据付のみ (施工日数150日)	◎
その他	残土が多く発生する。 (約9,996m ³)	残土が少ない。 (4,994m ³)	残土が少ない。 (4,509m ³)	○
総合 評価	掘削断面が大きく、 潰地や経済性、環境配慮で不利	潰地が小さく経済的であるが、 施工に手間がかかる。	潰地が小さく、最も経済的で 施工が容易である。	◎

5. フルームとかごマットの接続工法の検討

(1) 跳水発生の確認

これまでに検討したフルーム水路 (C区間) の下流区間は台形断面水路 (かごマット) であり、その接続部では流れの状態が射流から常流に変化するため、「床止めの構造設計手引き」²⁾ より越流落水水深 (h_{1a}) と跳水開始水深 (h_{1b}) を比較し、跳水が発生するかどうか確認した。

越流落水水深と跳水開始水深

越流落水水深 : h_{1a}

$$\text{跳水開始水深} : h_{1b} = \frac{1}{2}(\sqrt{1 + 8 \cdot F_2^2} - 1) \times h_2$$

ここで、

h_{1a} : フルームの水深

F_2 : 台形断面のフルード数

h_2 : 台形断面の水深

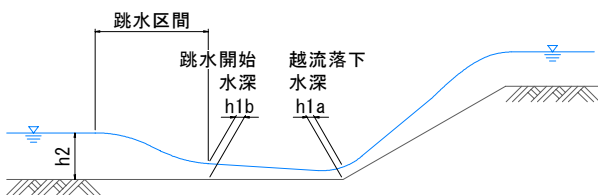


図-13 越流落水水深と跳水開始水深

落差工設計 (表-7) では、対象とする落差工周辺の水理現象のうち、最も外力が大きくなる条件を設定する必要があることから、表-8に示す落差工設計流量 (余裕高を含む水位)、計画流量、1年確率流量、平水量の各流量で検証を行った結果、表-9に示すように全ての条件で $h_{1a} < h_{1b}$ となり跳水が発生する。

表-7 断面形状

護岸形式	フルーム	台形断面
河床勾配 I	25	80
敷幅 B(m)	1.8	1.8
法勾配 1:m	0.0	2.0
粗度係数 n	0.014	0.03

表-8 検討流量

落差工設計流量 (m ³ /s)	10.92
計画流量 (m ³ /s)	3.10
1年確率流量 (m ³ /s)	1.32
平水流量 (m ³ /s)	0.02


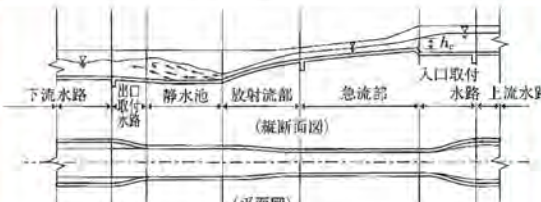
表-9 跳水発生判定

	越流落下水深 h _{1a} (m)	水深 h ₂ (m)	フルード数 Fr ₂	跳水開始水深 h _{1b} (m)	判定 h _{1a} > h _{1b}
落差工設計流量	0.77	1.04	1.06	1.12	NG
計画流量	0.32	0.55	0.98	0.54	NG
1年確率流量	0.18	0.35	0.93	0.32	NG
平水流量	0.01	0.03	0.66	0.02	NG

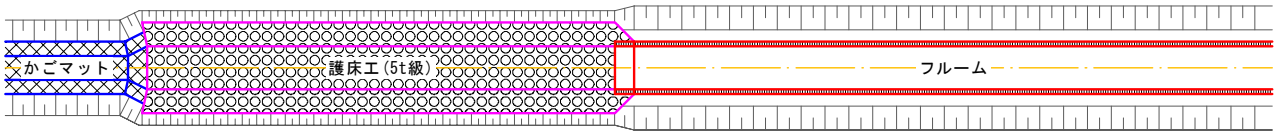
(2) 工法の選定

跳水発生箇所における減勢方法としては、傾斜型落差工に設ける護床工と急流工に設ける減勢工が考えられるが、施設規模および経済性から「減勢工」を採用した(表-10)。

表-10 減勢方法比較

工法	護床工 (図-14)	減勢工 (図-15)
概要	<p>床止め型(傾斜型)落差工に設置 静水池を設けず護床工で減勢させる</p> 	<p>跳水型落差工や急流工に設置 静水池で減勢させる</p> 
施設規模	B=1.8m、L=53m (護床工A区間=49m、護床工B区間=4m)	B×H=3.0m×2.4m、L=17m (放射流部=7.0m、減勢工5.5m、出口取付水路=4.5m)
概算工事費	1,500万円 (5.0t級護床ブロック 9万円/個使用)	425万円 (フルーム25万円/m)
評価	静水池を設けないため護床工区間が長くなり、流速に耐えるため5.0t級護床ブロックが必要となることから、工事費が高価となる	護床工に比べ施設規模が小さく安価である
採用	×	○

平面図



縦断図

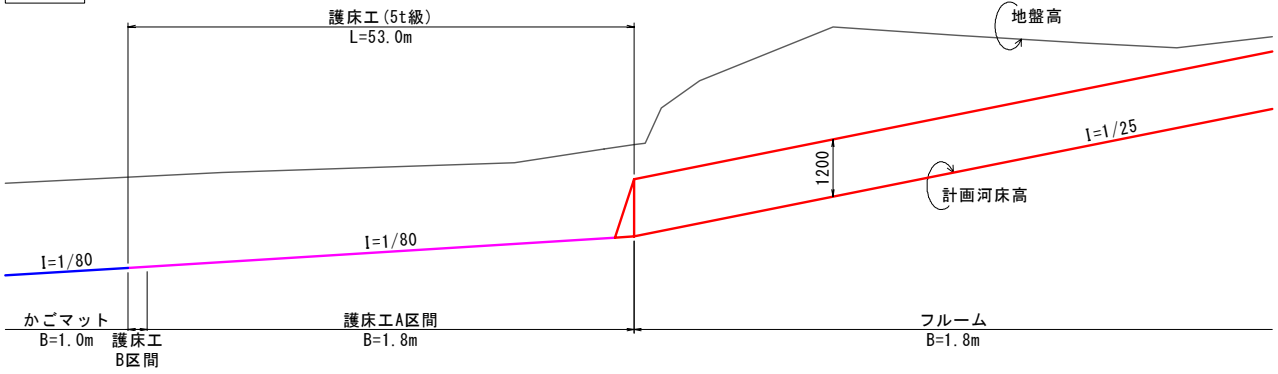
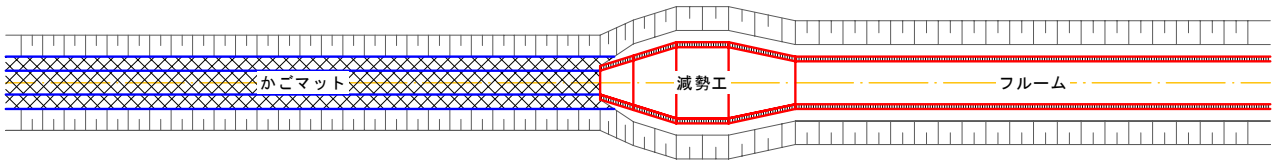


図-14 護床工案

平面図



縦断図

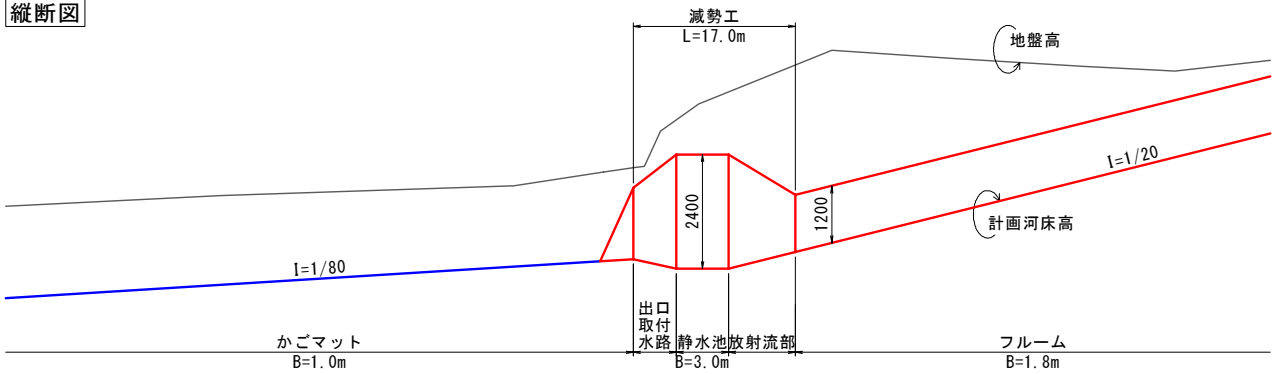


図-15 減勢工案



写真－3 完成写真（フルームA区間）



写真－4 完成写真（台形断面 下流区間）

【参考文献】

- 1) 農林水産省村振興局：土地改良事業計画設計基準・設計「水路工」、平成26年3月、P.183
- 2) 国土開発技術研究センター：床止めの構造設計手引き、平成10年12月、P.63

6. おわりに

一般的に、排水路の護岸工法は、台形断面水路（かごマット）が経済的で環境にも配慮した工法として多く採用されているが、本案件のような丘陵地に新設する場合はフルーム水路も適用可能である。

特に、新設排水路の場合は、用地買収が発生することから、潰地を縮小できるフルーム水路は受益者の理解を得られやすいと考えられる。

また、環境配慮についても、一般的に考えられている魚類への配慮だけではなく、立木の伐採や残土発生といった内容も環境配慮になると考えられる。

以上のように、現地の諸条件を十分に考慮して安全性・経済性・施工性など総合的な視点で最適な工法を選定することが、地元受益者への説明責任を果たす上でも重要と考える。

（株）ズコーシャ

国営緊急農地再編整備事業の事業効果発現状況について

中山 政博

1. はじめに

国営緊急農地再編整備事業「今金南地区」及び「今金北地区」は、北海道瀬棚郡今金町及び久遠郡せたな町に位置し（図－1）、一級河川後志利別川流域に広がる水田地帯である。

本地区の農業は、水稻を主体にばれいしょ、大豆・小豆、小麦、野菜類、畜産等からなる農業経営が行われているが、これまで基盤整備が遅れていたため、ほ場が小区画で、かつ泥炭土壌に起因する排水不良などで、効率的な農作業の妨げとなっているほか、高齢化に伴う後継者難から、離農などにより継承されない農地の耕作放棄地化の増加も懸念されている。

このため、本事業で区画整理と農業用排水を一体的に整備し、低利用となっている農地を計画的に再編するとともに、担い手への農地の利用集積を図ることで、生産性の向上と耕作放棄地の未然防止を図る。これらにより優良農地の確保に努め、農業の振興を柱とした地域の活性化に資することを目的に、今金南地区は平成25年度、今金北地区は平成27年度にそれぞれ事業着手した。

本報では、今金南・今金北地区において、平成27～30年度に地区の基幹作物である水稻に対して実施した労働時間調査結果をもとに、事業効果発現状況を取りまとめたので、その結果を報告する。

2. 地域農業の概要

地域の農業は水稻を中心として、転作作物には大豆・小豆、小麦のほか、特産のばれいしょやてんさいなどの畑作物が作付けされている。野菜類は、にんじん、だいこん、ブロッコリーや、施設野菜ではミニトマト、軟白長ねぎが作付けされている。また、畑地の占める割合が高い丘陵地では、畑作のほか酪

農も営まれている。

地域的水稻は、道南有数の米どころとして食味ランキング特Aの「ななつぼし」、「ゆめぴりか」などの良食味米を生産している。今金町のばれいしょは昭和30年代にブランド化に取り組み、「今金男しゃく」のブランド名を確立し、道外市場を中心に、道内の他のばれいしょよりも3～4割高い価格で取り引きされる実績を有している。近年では、高級ポテトチップスとして加工・販売され、付加価値を向上させる取り組みも行われている。



図－1 今金南・北地区の位置

表－1 事業概要

項目	今金南地区	今金北地区	
受益面積	1,260 ha	1,536 ha	
主要工事計画	区画整理	1,224 ha	
	頭首工(改修)	-	1カ所
	揚水機場(改修)	-	1カ所

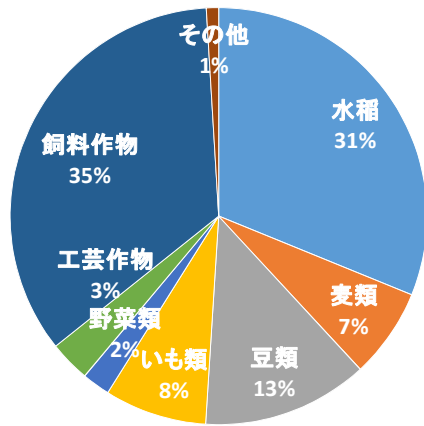


図-2 今金町の主要作物作付状況
(作付面積割合：今金町第7次農業振興計画)



図-3 今金町の特産品の米、ばれいしょと加工品
(作付面積割合：今金町第7次農業振興計画)

3. 調査の目的

本調査では、国営緊急農地再編整備事業「今金南・今金北」地区の事業実施により発現が期待できる事業効果を検証するため、事業施工前と後のほ場において、地区の基幹作物である水稲を対象に労働時間を調査し、事業実施による事業効果発現状況を把握した結果を取りまとめたものである。

4. 事業計画策定時における効果発生要因について

事業計画策定時の営農経費節減効果の効果発生要因は、以下の内容となる。

区画整理：ほ場の大区画化及び整形化により、直線距離の増加と旋回回数が減少することにより作業効率の向上が図られる。

排水改良：暗渠排水を整備することで、ほ場の乾田（畑）化が進み、過湿状態が解消され、作業速度の向上が図られる。

除 礫：除礫を行うことで、作業機の破損を防ぐための低速作業を余儀なくされていたことが無くなり、作業効率の向上が図られる。

5. 効果検証調査の概要について

(1) 現地作業時間の調査と、とりまとめ方法

調査は、トラクター又は田植機、コンバイン等の作業機に携帯式のGPSロガーを搭載又は作業者が携帯することで、作業軌跡を把握した。また、各作業に立ち会い、作業の方法や作業を中断した状況等について調査対象農業者に確認して、データの補足を行った。

GPSの作業軌跡は1秒単位で計測した。GPSデータはGIS形式に変換し、作業軌跡及び現地聞き取り結果をも勘案して、直線、旋回、作業中断等を区分し、ha当たりの作業時間を整理した。



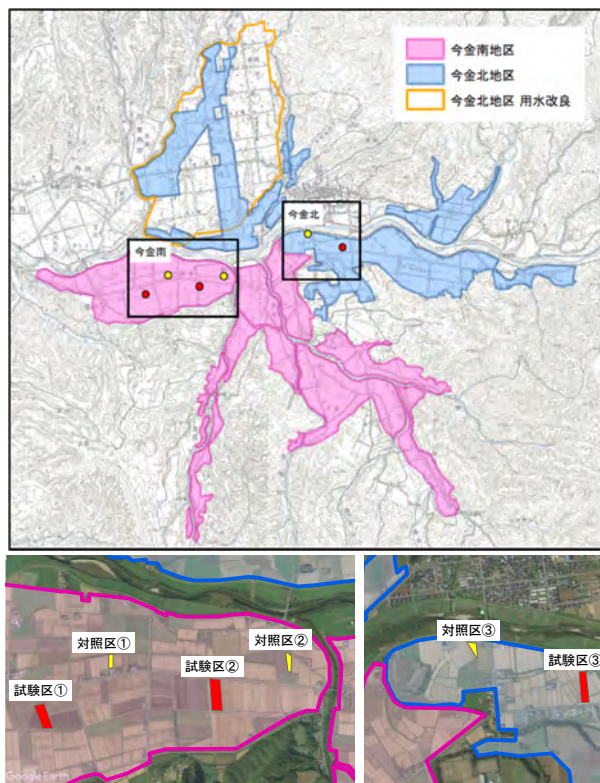
図-4 作業時間調査状況（試験区）



図-5 GPSロガーと作業機搭載状況



図－6 作業軌跡分析



図－7 今金南・北地区と調査ほ場位置図

(2) 労働時間調査

労働時間調査は、事業計画策定時の現況相当のほ場区画（0.4ha前後、以下、対照区）を3箇所設定、整備後のほ場区画相当（1.1ha前後、以下試験区）を3箇所設定して行った。

水稻の作付方式は、平成27～28年度の2か年は対照区2ほ場及び試験区2ほ場ともに移植方式である。平成29年度は対照区1ほ場、試験区2ほ場のうち1ほ場は乾田直播方式である。なお、平成30年度は乾田直播方式1ほ場の補足調査を実施した。

表－2 調査ほ場の概要

ほ場No.	①	②	③	
対照区	面積	0.36 ha	0.49 ha	0.46 ha
	長辺×短辺	109m×33m	143m×34m	134m×34m
	H27	移植方式	移植方式	-
	H28	移植方式	移植方式	-
	H29	-	-	移植方式
試験区	面積	1.51 ha	2.05 ha	1.39 ha
	長辺×短辺	199m×76m	251m×82m	250m×56m
	H27	移植方式	移植方式	-
	H28	移植方式	移植方式	-
	H29	-	直播方式	移植方式
H30	-	直播方式	-	

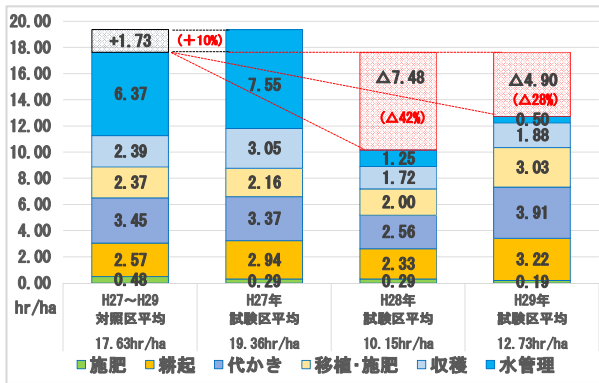
6. 事業効果発現状況について

(1) 労働時間調査結果

1) 移植方式

平成27～29年度は、移植方式について調査を実施（表－2）した。3カ年の調査結果を年度毎に平均し、事業計画時の現況・計画と比較することで、事業計画策定時に設定した労働時間の節減が図られているかを検証した。

平成27～29年度の対照区平均を現況として、平成27～29年度の各年の試験区平均とを比較すると、平成27年度の試験区で10%増加していたものが、平成28年度の試験区では42%の節減となった。平成27年度と平成28年度の調査では同じほ場を調査対象としており、このことから、整備直後のほ場では、表土戻しでの均平化や暗渠排水埋め戻しによる旧暗渠からのみず道の変化などで、ほ場条件が整うまで時間を要するが、図－8に示すように経年的に見るとこれらのほ場条件が改善され、労働時間の節減する割合が高まったと考えられる。



図一八 3か年の対照区平均と年度別試験区の比較

平成27年度の試験区①の農家からは、整備後初年度であり肥料を多く投入し過ぎたため、稲が徒長し過ぎてしまい、台風などの強風によって稲がほぼ全て倒伏したことで収穫作業時間を多く要したが、翌年には肥料の種類や施用量を見直し倒伏しない対策を立てたため、労働時間の大幅な節減につながったとの意見が聞かれた。

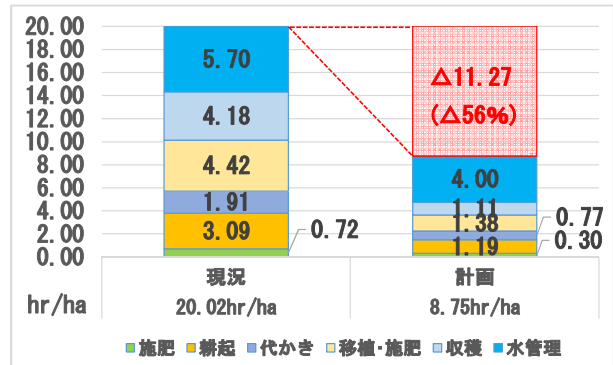


図一九 倒伏状態(赤)の収穫作業(試験区①)

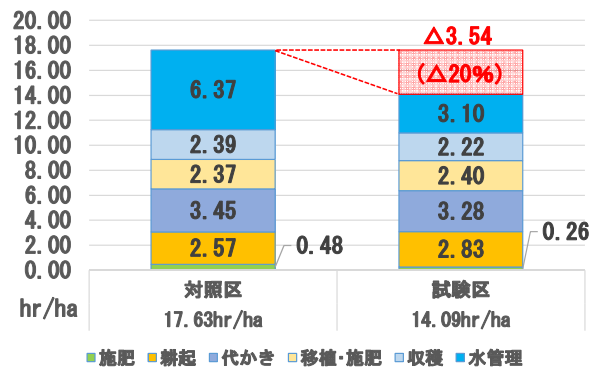
平成29年度の調査結果では、対照区からの節減率は28%であり、平成28年度よりも作業時間が増加している。これは、試験区③ほ場が整備後初年度の大区画ほ場での作業となったため、ほ場内の作業経路や軽トラックによる必要資材搬入(肥料、苗等)の作業手順等を勘案しながら作業を実施したことが、主な作業時間の増加となった。このことから、区画整理後のほ場作業においては、作業経路、作業手順を見直すことや、経年的にはほ場条件が改善され、労働時間の節減が図られると考えられる。

2) 事業計画との検証

事業計画策定時の現況から計画への節減割合は56%と見込んでいる(図一十)。しかし、調査結果では対照区と試験区で20%の節減に留まった(図一十一)。



図一十 事業計画策定時の作業節減時間と節減割合



図一十一 対照区3か年平均と試験区3か年平均の比較

水管理時間は、対照区は掛け流しが主で、かつ小区画であるため水口操作数も多くなっているが、試験区は大区画化に伴い水口操作数が減少したことにより調節時間が大きく節減され、事業計画以上の節減となっている。

一方、事業計画の営農計画では、ほ場の拡大に伴い作業機が大型化され、作業効率の向上が図られることを想定しているための差と考えられる。

これに対し、事業施工が始まった直後で、対照区・試験区とも現有機種による作業であり、計画と作業機の規格差があることから、試験区における作業時間の節減を見込まれた節減時間より少ない結果となった。

このため、作業機械の規格による補正を行い、作業時間を検証した。

表-3 事業計画と調査農家保有機械の規格

項目	作業機規格 (幅)				
	現況	計画	試験区①	試験区②	試験区③
ロータリー	1.5m	2.6m	2.0m	3.0m	2.2m
代かき機	2.2m	3.6m	2.8m	4.0m	2.8m
田植機	4条	8条	6条	8条	8条
コンバイン	自脱型4条	汎用型8条	自脱型5条	自脱型6条	自脱型8条

補正した結果、どの年度でも補正前からさらに作業時間の節減が見込まれ、各年度の補正前との節減率を比較すると、平成27年度で12%減、平成28年度で18%減、平成29年度で19%減となった(図-12)。

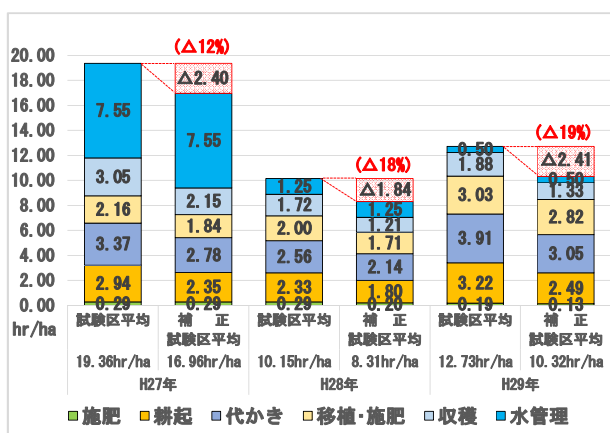


図-12 3か年の補正前と補正後の比較

補正した各年度の結果を事業計画の現況と比較すると、平成28年度は58%減、整備後初年度のほ場を含む平成29年度でも、48%減となった(図-13)。事業計画時の現況から計画への節減率は56% (△11.27hr/ha) と設定しており、平成28年度の調査結果においては、節減割合及び節減時間で事業計画の設定とほぼ同程度の節減となり、事業効果の発現が確認された。

この結果から、前述のほ場条件、作業条件等の改善による経年的な節減割合の増加に加えて、今後の経営改善により新たに導入する作業機械の規格を事業計画時の規格に近づけることでさらに労働時間の節減が達成される可能性が高いと考えられる。

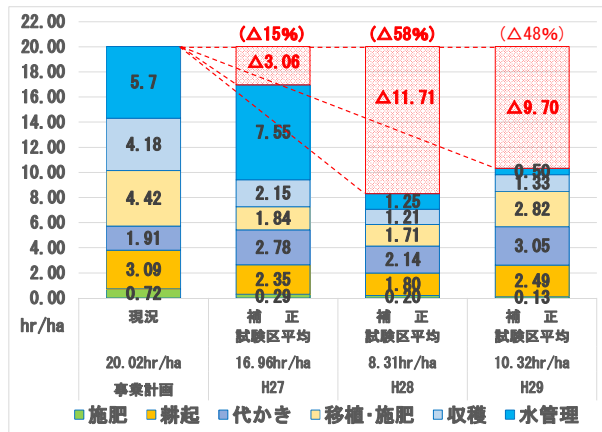


図-13 事業計画現況と補正後年度別試験区の比較

(2) 水稲乾田直播方式

1) 乾田直播方式の導入について

地域では、平成19年に「水稲直播研究会」を組織して湛水直播に取り組み始め、平成25年から乾田直播が導入され急速に拡大している。今後は、担い手への農地集積により経営規模拡大が想定され、労働力不足に対応した省力化が求められることから、当該地区にあつては新たな取り組みとして乾田直播の導入が一層拡大するものと見込まれる。



図-14 乾田直播作付面積の推移 (J A 今金町調べ)

2) 移植方式と乾田直播方式の作業時間の比較

平成29~30年度において、試験区の直播方式のha当たり作業時間を調査した(表-2)。移植方式と直播方式で調査全体の作業時間を比較すると、直播方式は、試験区移植方式に対し44%減(6.15hr/ha)となり、作業機械の規格補正に対しても25%減(3.92hr/ha)と大きな差が生じた。

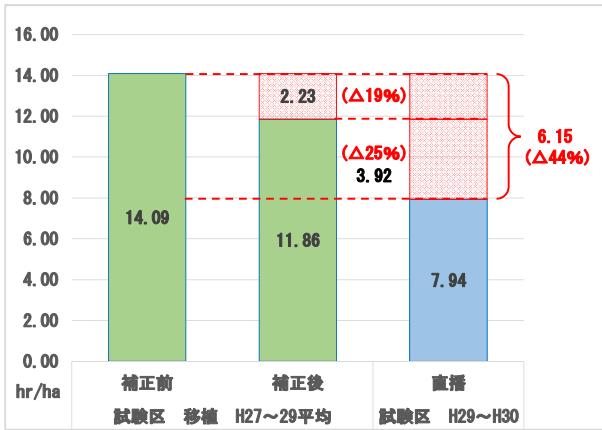


図-15 試験区における移植方式と乾田直播方式の作業時間の比較

直播方式は、育苗作業時間を必要とせず、これに伴う資材が節減されて、移植時に生じる補助作業員が不要になる（直播は播種までオペレータ1人で作業可能）など、労働力及び経費の節減が大きく期待される。労働時間の節減に伴い他作物への労働を仕向けることが可能と考えられており、余剰時間を活用した、野菜類の拡大や新規作物の導入が期待でき、農業所得の向上に資することにより、地域農業の活性化につながれると考えられる。

なお、播種時の作業機が移植方式と異なり、小麦、飼料作物等の畑作物で使用する作業機械（ケンブリッジローラー、グレンドリル）が必要となる。これら特定の機械を経営内で共通利用が可能な作物を導入していない場合は新たな機械投資が必要となることに留意する必要がある。今後、地域において直播方式の作付面積を拡大するにあたっては、既存の機械利用共同組合の組織の強化・充実を図りつつ共同利用を進めることや、経営内の機械の共用化も見据えて取り組むことが経費節減のポイントとなる。

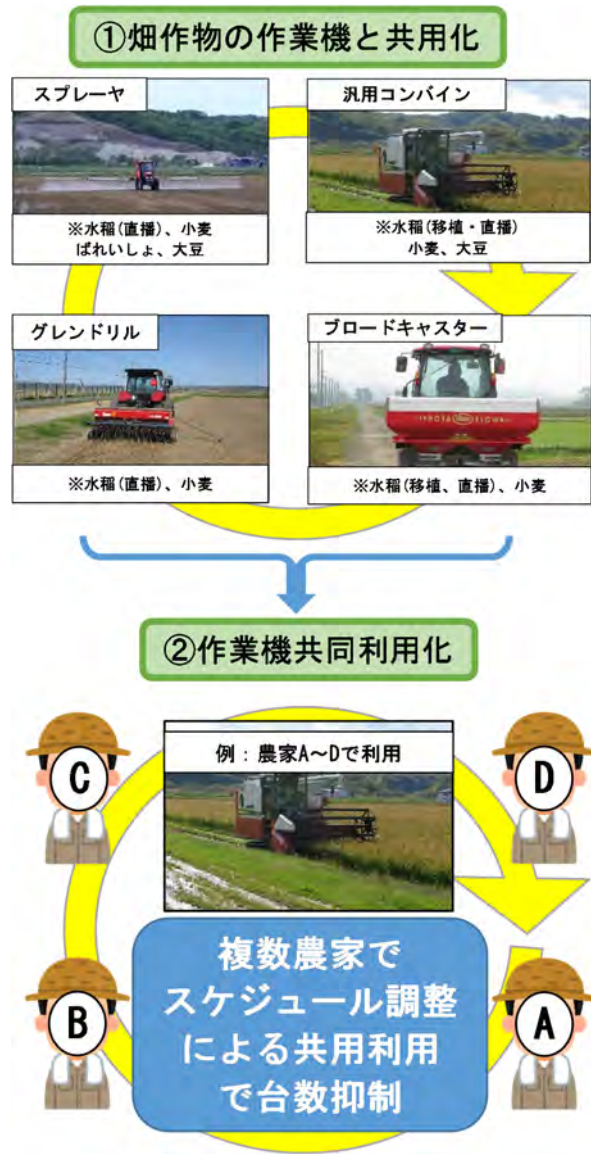


図-16 乾田直播導入のポイント

7. おわりに

平成27年度より実施してきた労働時間調査等の結果からは、労働時間の節減に関して、一定の効果が現れているといえる。今後は、事業の推進に合わせ、ほ場の大区画化に適した作業機の選定や、トラクター、田植機、収穫機にGPSを装備しスマート農業に対応すること、加えてこれら機械の共同化を展開することで事業効果のさらなる発現が期待できる。

最後に、本調査にご協力頂いた受益農家の方々、函館農業事務所、JA今金町の関係各位に心よりお礼申し上げます。

(株)環境保全サイエンス

美留和地区における環境配慮対策及び モニタリング調査概要の紹介

田中 宏征

1. はじめに

国営総合農地防災事業「美留和地区」は、泥炭土に起因する地盤沈下の進行により排水路等の機能低下が生じ、湛水・過湿被害等が農業経営に支障をきたしている。このため、排水路や暗渠排水等の整備を行い、それらの機能を回復することにより、農業生産の維持及び農業経営の安定化、併せて国土の保全に資することを目的として、平成25年度より事業に着手し現在継続中である。本事業を進めるにあたっては、排水路周辺に生息・生育する動植物に配慮した対策を行っており、一部は地域と協働して実施している。

本報では、これら環境配慮対策の概要と希少植物のモニタリング調査方法について紹介する。



図-1 美留和地区位置図

2. 事業の概要

- ・関係市町村：川上郡弟子屈町
- ・受益面積：753ha
- ・主要工事：排水路工8条7.8km
農地保全工(暗渠排水、整地) 737ha
- ・主要作物：牧草
- ・事業期間：平成25年度～

3. 地区の環境特性

本地区は、屈斜路湖・摩周湖の外輪山に囲まれ、大部分が阿寒摩周国立公園の普通地域に位置している(図-2)。地区内の大部分は採草地として利用されている平坦な地形であり、樹林地は地区外縁や河川、排水路沿いに見られる程度である。ただし、排水路周辺には地区近傍の川湯温泉で発見され1996年に発表された¹⁾カワユエンレイソウ(写真-1)や、清流を象徴するバイカモが生育するほか、サクラマス等の回遊魚が生息するなど特徴的な自然環境を有しており、本地区の環境配慮対策はこうした特性を踏まえて検討している。

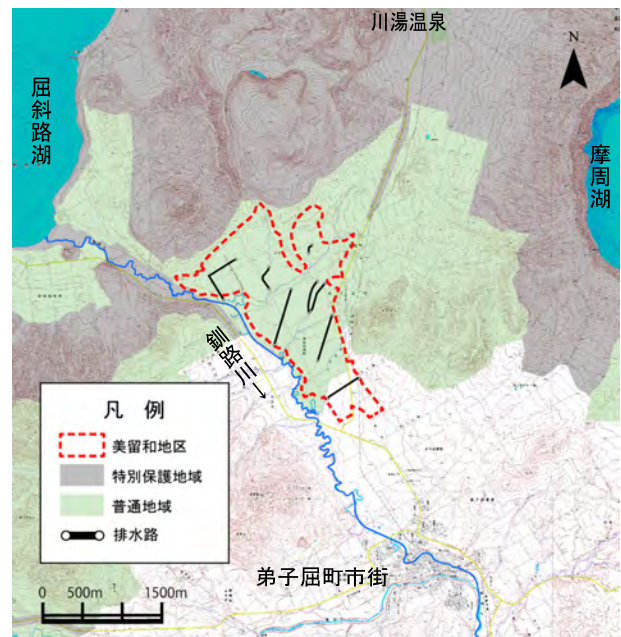


図-2 美留和地区周辺の環境概要

出典：電子地形図(国土地理院)
国土数値情報「自然公園地域」(国土交通省国土政策局)



写真－3 排水路の植生回復状況

(上：整備直後、中：整備後2年目、下：整備後3年目)

(2) 希少植物への影響回避もしくは移植

一部の排水路整備において、地域固有種であるカワユエンレイソウへの影響が想定されたため、群落への影響が最小となる工事用道路の位置を検討した。また、用地制約等により当該種が生育す

る環境の保全が不可能な箇所では、移植を実施し保全回復を図ることとした。ただし、当該種の生活史過程や生育適地条件等については明らかとなっていないため、平成26年度に地区内で先行して整備したA排水路にて移植試験を行い、移植方法や移植先の適地条件を評価した上でB～D排水路の移植を地元関係者参加のもと実施した(表-2, 図-4, 写真-4)。

モニタリング調査は現在継続中であるが、生存率は平成30年度時点で67～100%となっている(後述)。

表-2 カワユエンレイソウの移植経緯

排水路名	施工年度	移植年度	移植個体数	移植先 ^{※1}
A排水路	H26	H26	20株	排水路A
B排水路	H28	H28	89株	排水路C, D
C排水路	H28	H28	3株	排水路C
D排水路	H30	H29	42株	排水路D
計			154株	

※1 移植先は排水路の整備区間外としている。

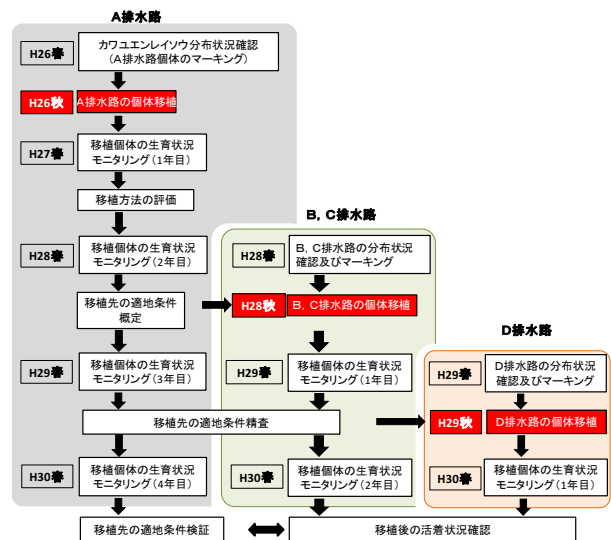


図-4 移植計画フロー



写真-4 地域と協働で実施した移植作業状況

(3) 希少昆虫類への影響を回避した施工

希少昆虫類のゴマシジミはナガボノシロワレモコウに産卵し、かつ幼虫期（地上）の食草とする種である。このため、ナガボノシロワレモコウが生育する法面についてはゴマシジミが植物に依存する卵期及び幼虫期（地上）を除いた時期に伐採を行った（表－3）。

整備後のモニタリング調査により、整備後2年目から食草のナガボノシロワレモコウが排水路周辺に回復し、改修区間内にて産卵～成虫までの生活サイクルが回復していることを確認している（写真－5）。

表－3 ゴマシジミの生活サイクルと伐採時期との関係

	5月	6月	7月	8月	9月	10月
卵期			—	—		
幼虫期(地上)			—	—	—	
幼虫期(地下)	—	—	—	—	—	—
蛹期			—	—		
成虫期			—	—		
ナガボノシロワレモコウ					—	—
伐採時期		—	—	—	—	—

出典：美留和地区事業計画書より一部抜粋



写真－5 整備区域で確認した産卵行動と幼虫(整備後2年目)

(4) 濁水防止施設等の設置

本地区の排水路が合流する釧路川の本支流は、多様な魚類の生息場となっており漁業対象種であるサクラマスの上流産卵も確認されている。このため、施工においては排水路流末に沈砂池を設置するとともに、濁水処理設備により土粒子を除去したのち下流へ放水した（写真－6）。

整備後のモニタリング調査により、釧路川本支流の魚類相や生息密度に大きな変化はみられないことから、排水本川への影響は回避低減されていると推察している。



写真－6 沈砂池（左下）及び濁水処理施設（右上）

(5) 鳥類配慮区域の設定

本地区では、タンチョウを含む希少鳥類が確認されたことから整備年度毎に当該年の営巣繁殖状況を確認し、必要に応じて置土運搬経路の移設、工事車両の徐行運転、騒音抑制等を行うべき配慮エリアを設定した。

整備中も監視を続けた結果、希少鳥類の異常行動は確認されず、影響は回避低減されていると推察している。

5. 希少植物のモニタリング調査方法

上記の環境配慮対策のうち、希少植物（カワユエンレイソウ）の移植については前例がなく、かつ当該種の生活史過程や生育適地条件等については明らかとなっていない。同じエンレイソウ属のオオバナノエンレイソウを参考にすると、一度開花段階に達した個体の生存率は非常に高いとされているが²⁾、

一方で地域における生育地は局所的であり、移植先の環境条件が当該種の生育に合致しない場合、定着はするものの徐々に衰退し、年数経過とともに消失する可能性が高いと考えた。このため、移植試験地におけるモニタリング調査では、一般的な生存率の確認のほか以下の項目についてデータを取得し、移植個体の生育状況把握や移植した場所が生育適地であったか否かを判定するための基礎資料として活用した（表－４）。

表－４ 移植先での調査内容

調査項目		調査目的
移植個体の生育状況把握	枯死の有無（生存率）	生育が継続できているか否かの把握
	開花の有無（開花率）	生育状況の良否を把握
	生育高	生育段階の後退や生育不適地におけるダウンサイジングの有無を把握
	葉のサイズ（長径、短径）	
	葉緑素（SPAD値）	根系の健全性の把握 生育の良否を定量的に把握
移植地周辺の生育環境把握	土壌水分	植物の生育上に必要な土壌状態の把握
	土壌 pH	
	天空率	植物の生育上に必要な日照状態の把握
	相対照度	



写真－７ 個体の計測状況

(1) 移植個体の生育状況把握

枯死の有無（生存率）及び開花の有無（開花率）は、目視確認により記録した。目視確認の際には、移植先において本種の世代交代など継続的な生育ができていないか否かを把握するため、幼植物の有無についても確認した。

生育高及び葉のサイズは定規を用いて計測し、生育高は地表から花弁の付け根にあたるがく片の下までを計測した。葉のサイズは、長径を葉の付け根から葉先まで、短径を葉の幅が最も広い部分として計測した（写真－７）。

葉緑素（SPAD値）は、根系の健全性や生育の良否を定量的に把握することを目的とし、葉緑素計を用いて計測した。SPAD値とはコニカミノルタ葉緑素計の指示値であり、葉緑素濃度と相関を示す。植物体の窒素含量が多くなると、葉緑素含量も多くなり葉の緑色が濃くなる。この原理を使って、葉色から植物体の栄養状態を知ることができる（写真－８）。



写真－８ 葉緑素の計測状況

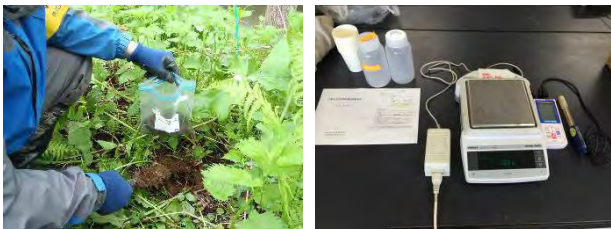
(2) 移植地周辺の生育環境把握

土壌水分は、生育地の土壌水分条件を把握することを目的として、時間領域反射法（TDR法）の土壌水分計センサーとデータロガーを用いて測定した。測定方法は、センサーの電極部分を調査地の土壌表面に差し込み、データロガーに記録した（写真－９）。



写真－9 土壌水分計及び計測状況

土壌pHは、調査地点において試料をビニール袋に採取し、室内にて分析を行った（写真－10）。

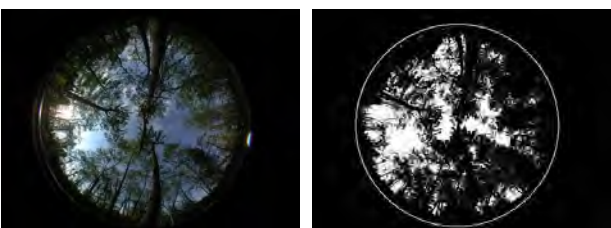


写真－10 試料採取及び室内分析状況

天空率は、樹幹の被覆程度から日照条件を把握することを目的として、魚眼レンズを用いたデジタル写真撮影により全天写真を撮影し、画像解析ソフトを用いて解析した。なお、全天写真の撮影



写真－11 全天写真撮影状況



写真－12 全天写真（左）及び画像解析結果（右）

位置はカワユエンレイソウを対象とするため、当該種の生育高（地表面50cm程度）で行った（写真－11、12）。

相対照度は、生育地である林内の明るさを把握することを目的として、光量子計により生育地の地表面50cm程度で照度を測定した。また、太陽光が100%当たる箇所で測定した照度を基準に、相対照度（%）として林内の明るさを把握した（写真－13）。

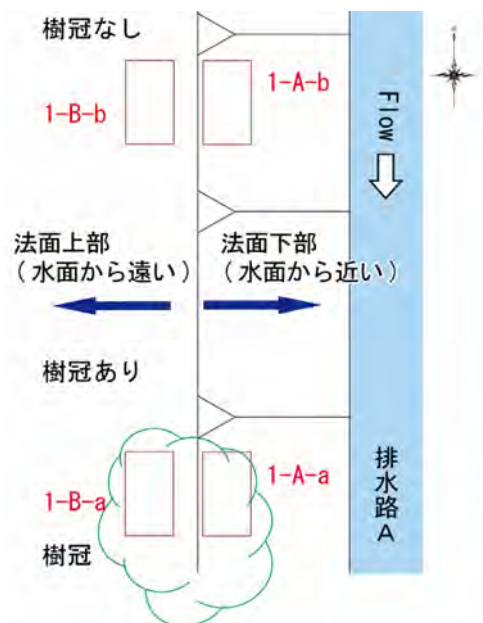


写真－13 光量子計及び計測状況

(3) 調査結果の概要

1) 移植試験地（A排水路）

試験地（平成26年度移植地）では、照度条件（樹冠の有無）や水分条件（法面位置）が異なる箇所に分割して各5株を移植し、前述のモニタリング調査方法により株毎にデータを取得した（図－5、表－5）。



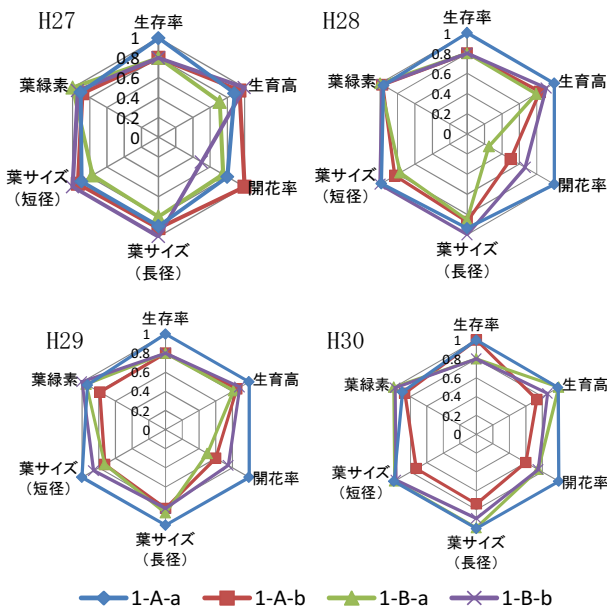
図－5 移植試験地のイメージ図

表－5 移植試験地（A排水路）での調査結果一覧

調査年度	移植地	生存率 (%)	生育高 (cm)	開花率 (%)	葉のサイズ (cm)		葉緑素 (SPAD値)	土壌水分 (%)	天空率 (%)	相対照度 (%)	土壌 pH
					長径	短径					
H27	1-A-a	100.0	22.8	80.0	9.5	10.1	38.1	25.7	23.2	31.8	5.5
	1-A-b	80.0	24.3	100.0	9.7	10.6	37.2	22.7	25.4	37.4	5.3
	1-B-a	80.0	18.4	75.0	8.5	8.7	42.0	23.6	24.7	34.3	5.5
	1-B-b	80.0	25.8	50.0	10.6	11.3	39.5	20.6	29.3	38.3	5.4
H28	1-A-a	100.0	33.4	100.0	11.1	11.9	38.9	31.9	28.2	34.7	5.4
	1-A-b	80.0	27.9	50.0	10.4	10.0	39.4	27.4	36.5	42.5	5.4
	1-B-a	80.0	24.4	25.0	10.2	9.3	40.5	23.5	26.5	33.4	5.3
	1-B-b	80.0	30.4	66.7	11.9	12.1	39.6	25.6	33.6	43.8	5.5
H29	1-A-a	100.0	35.0	100.0	12.6	12.9	38.3	36.4	33.2	15.9	5.3
	1-A-b	100.0	29.8	60.0	10.4	9.4	32.2	31.0	32.8	29.0	5.3
	1-B-a	80.0	28.5	50.0	11.0	9.4	38.9	20.5	37.5	15.7	5.2
	1-B-b	80.0	31.1	75.0	10.4	11.1	41.0	25.9	36.4	28.3	5.5
H30	1-A-a	100.0	36.6	100.0	12.9	12.5	30.2	35.4	26.1	33.2	5.5
	1-A-b	100.0	27.1	60.0	9.5	9.1	29.3	32.7	32.5	34.9	5.6
	1-B-a	80.0	36.9	75.0	12.8	12.3	33.7	19.1	32.1	33.8	5.5
	1-B-b	80.0	31.9	75.0	11.5	12.1	33.1	22.2	32.1	35.1	5.5

※2 生存率等の生育状況に係るデータは5株の平均値、土壌水分等の生育環境に係るデータは各移植地の代表箇所における値

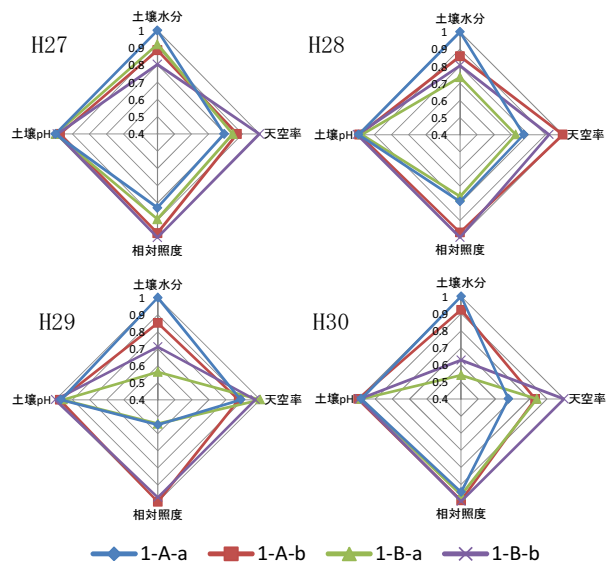
生育状況に係るモニタリング調査結果について、各項目の最高値を1とし、それ以下の値を最高値1に対する比率を算出した結果をみると、1-A-a（樹冠あり、法面下部）が最も良好な生育状況にあると評価した（図－6）。



図－6 生育状況のレーダーチャート

次に生育環境に係る調査結果をみると、土壌 pH に明瞭な差はみられないが、土壌水分は1-A-a が高く（1.0）、他の試験区は1-A-aの0.45～0.85 程度であった。また、相対照度に注目すると、平成29年度では生育状況が最も良好な1-A-aと最も劣っている1-B-aとの差がほとんどない（いずれも樹冠あり暗い環境）ことから、生育状況に及ぼす影響は大きくないと推察した（図－7）。

以上から、調査項目のうち本種の生育を左右する重要な環境要素は土壌水分であると考え、生育高と土壌水分を用いた回帰分析を行い、土壌水分30%以上を移植適地条件として設定した³⁾。



図－7 生育環境のレーダーチャート

2) 平成28年度移植地（C排水路及びD排水路）

移植後1、2年目（平成29、30年度）の結果を表－6に示す。生存率をみると、C-1-⑧ブロックを除いて低下傾向はみられず、移植後2年目に割合が増加したブロックも確認された。一方、開花率をみると一部ブロックを除いて低下傾向を示し、移植後2年目における土壌水分の値はD-1-②を除いて移植適地条件として設定した30%以上を満足していないことが明らかとなった。

表－6 H28移植地モニタリング結果（C、D排水路）

ブロック 区分	生存率(%)		開花率(%)		土壌水分(%)		
	H29	H30	H29	H30	H29	H30	
C-1	①	100.0	100.0	75.0	50.0	31.5	18.5
	②	89.0	100.0	87.5	44.4	35.6	14.5
	③	90.0	100.0	77.8	25.0	36.5	19.8
	④	100.0	100.0	70.0	70.0	31.0	19.3
	⑤	100.0	100.0	100.0	50.0	31.2	14.2
	⑥	100.0	100.0	50.0	50.0	17.0	18.1
	⑦	67.0	67.0	50.0	0.0	28.6	17.2
	⑧	100.0	67.0	33.3	100.0	24.1	14.6
	⑨	100.0	100.0	33.3	33.3	29.9	15.6
D-1	①	86.0	86.0	33.3	16.7	35.4	25.4
	②	86.0	100.0	83.3	42.9	40.2	33.5
	③	83.0	100.0	80.0	50.0	31.3	18.8
	④	88.0	88.0	100.0	42.9	32.1	24.4
	⑤	100.0	100.0	100.0	71.4	38.7	29.2
	⑥	100.0	100.0	100.0	100.0	23.2	15.7
	⑦	100.0	100.0	75.0	25.0	28.7	22.9
	⑧	100.0	100.0	100.0	75.0	32.8	28.4

※3 網掛けは移植適地条件(土壌水分 30%以上)を満足していない調査ブロック

ここで、表には示していない対照区（整備区間外の自生地）の開花率をみると、概ね50.0%以下と低い値となっていたことから移植以外の影響が考えられた。本地区近傍の川湯アメダスの気象データをみると、平成30年度の融雪時期は過年度と比較して7～22日早かった。このため、過年度と比較してエンレイソウ属の春季の生育期に土壌水分が低めの条件下にあったと考えられ、開花率低下の一要因と推察した。また、H26移植試験地（A排水路）では一部箇所（1-A-a, 1-B-a）で移植2年目に開花率の低下がみられたものの、3年目以降は回復傾向を示し生存率の低下傾向もみられなかったことから開花率の低下は一時的で3年目以降に開花率が回復する可能性があるかと推察した。上記については令和元年度の調査により把握する予定である。

3) 平成29年度移植地（D排水路）

移植後1年目（平成30年度）の結果を表－7に示す。現時点では移植後1年目の結果であり、カワユエンレイソウは前年度に蓄積している栄養を基盤として生育している状況下にあると推察される。このため、移植適地条件を満足していないブ



写真－14 移植地（C－1）における生育状況

ロックでも生存率や開花率が良好な箇所があり、移植先条件を反映した結果となっていない可能性がある。また、全てのブロックにおいて移植適地条件を満足していないが、前述の平成30年度における気象条件に起因する現象と推察する。ただし、生存率は全てのブロックで100%を示したことから、現時点では移植作業によるダメージは生じていないと評価している。

表－7 H29移植地モニタリング結果（D排水路）

ブロック区分	生存率(%)	開花率(%)	土壌水分(%)	
	H30	H30	H30	
D-2	①	100.0	75.0	15.9
	②	100.0	83.3	15.3
	③	100.0	100.0	18.2
	④	100.0	100.0	14.4
	⑤	100.0	75.0	17.4
	⑥	100.0	40.0	12.0
	⑦	100.0	60.0	20.6
	⑧	100.0	33.3	8.3
	⑨	100.0	50.0	15.0
	⑩	100.0	75.0	19.8

(4) 現時点での移植評価

現時点における移植の評価を以下に述べる。

- ・移植後4年が経過した移植試験地（A排水路）では、開花率に変動があるものの、生存率が80%以上で推移していることを踏まえると移植作業によるダメージは軽微であると推察する。
- ・H28移植地では、移植後1年目から2年目にかけて開花率が低下傾向にあるものの、①対象区でも同様の傾向にあることや、②生存率に低下

傾向がみられないことを踏まえると、当該年の気象条件に起因すると考え、3年目以降に開花率が回復する可能性がある」と推察する。

- ・H29移植地における開花率のばらつきについては、前年度に蓄積している栄養を基盤として生育している状況下のため、移植先の環境条件を反映していない可能性がある。ただし、生存率は全てのブロックで100%を示したことから、現時点では移植作業によるダメージは生じていないと評価している。
- ・以上の結果から、現時点において移植による影響は軽微であり、地区における環境配慮として有益であると推察する。

6. おわりに

美留和地区では、環境との調和への配慮を行いつつ整備を進めているところである。現時点では、これら環境配慮の効果が発現していると推察しており、本報告が今後の環境配慮対策検討及びモニタリング調査に有用な知見となれば良いと考える。

最後に、植物移植計画の立案、移植の実施に際しては、川湯エコミュージアムセンターの藤江晋氏から多大な助言及び指導を賜った。また、本報告に関してご協力いただいた釧路開発建設部釧路農業事務所の関係各位に深く感謝申し上げ、報告といたします。

(株ドーコン)

参考文献

- 1) 林弥栄 編者、門田裕一 監修：増補改訂新版山溪カラー名鑑日本の野草、P 722 (2009)
- 2) 河野昭一 監修：植物生活史図鑑 I 北海道大学図書刊行会、P 66 (2004)
- 3) 岸田陸、伊藤忠久、前田昌則：希少植物に配慮した排水路整備の取組ーカワユエンレイソウのモニタリング経緯ー、第62回北海道開発技術研究発表会、(2019)

C I Mの導入による円滑な業務遂行への取り組み

宮本 竜矢

1. 取り組み背景

国土交通省が掲げる生産性革命に向けた施策の一つに「i-Construction」があり、測量から設計、施工、検査、維持管理に至る全ての事業でICTを導入することで建設生産システム全体の生産性向上を目指す取り組みです。その中で3次元データ利活用の取り組みの一つに「CIM」が位置付けられています。

CIM (Construction Information Modeling / Management) は、調査設計段階から3次元モデルを導入し、その後の施工・維持管理の各段階においても3次元モデルに連携・発展させ、あわせて事業全体にわたる関係者間で情報を共有することにより、一連の建設生産システムの効率化・高度化を図るものです。「CIM」の導入においては、2次元図面から3次元モデルへの移行による業務改革やフロントローディング^{*1}によって、合意形成の迅速化、業務効率化、品質の向上、ひいては生産性の向上等の効果が期待されています。

国土交通省において、公共事業に携わる関係者(発注者、受注者等)がCIMを円滑に導入することを目的に、「CIM導入ガイドライン(案)平成29年3月」が作成されています。ガイドラインは、土工、河川、ダム、橋梁、トンネルの5分野と共通編で、農業土木分野としてのガイドラインは示されていませんが、調査設計の基本理念は各分野とも共通しますので、当社では、①設計ミス・手戻りの防止、②合意形成や意思決定の迅速化、③比較・概略検討の容易化を目標に、3次元データの利活用に取り組んできています。

※1 設計初期に3次元モデルと必要な情報の作り込みを行い、情報を活用したシミュレーションや検討を行うことで、事前に設計検討や問題点の改善を図り、早い段階で設計品質を高めること

2. 3次元モデリングについて

CIMモデルの作成において、その詳細度は、100から500まで共通モデルの定義があります。詳細度100『記号や線、単純な形状でその位置を示したモデル』から、詳細度500『現実の形状(詳細構造や配筋を含む)を正確に表現したモデル』と、区分しています。

当社では、説明資料等の目的に応じて、詳細度300『附帯工等の細部構造、接続部構造を除き、対象の外形形状を正確に表現したモデル』から、詳細度400『詳細度300に加えて、附帯工、接続構造などの細部構造を正確に表現したモデル』程度の3次元モデルの作成を行っています。

以下に、ファームポンドの設計を事例に、3次元モデリングについて紹介します。

(1) 地形モデルの作成

通常は、空撮写真(図-1)を用いてモデル作成を行っていますが、写真に写る立木や植生が地表面の高さとして図-2のように表されてしまうため、切土や盛土等と組み合わせる場合、仕上がりの地上形状が実際とは異なってしまいます。

そこで、地表面を反映した地形モデル(図-3)で表現するため、レーザースキャナーや測量調査、国土地理院の基盤地図情報ダウンロードサービスから取得した数値標高モデルのデータに基づいて、地表面の高さを整理し、これを用いてモデルを作成します。この地形モデルを用いて、切土や盛土等の土工の仕上がりの形状をより正確な形で表現できるように工夫しています。また、作成した地表面のモデルに空撮写真から作成したオルソモザイク画像^{*2}を貼り付け、図-4に示すように土地利用状況も判るモデルとしています。

※2 ドローン等から撮影された空中写真を正射投影により、写真上の位置ズレや歪みを補正した画像



図-1 現況土地利用状況（UAV空撮によるオルソモザイク）

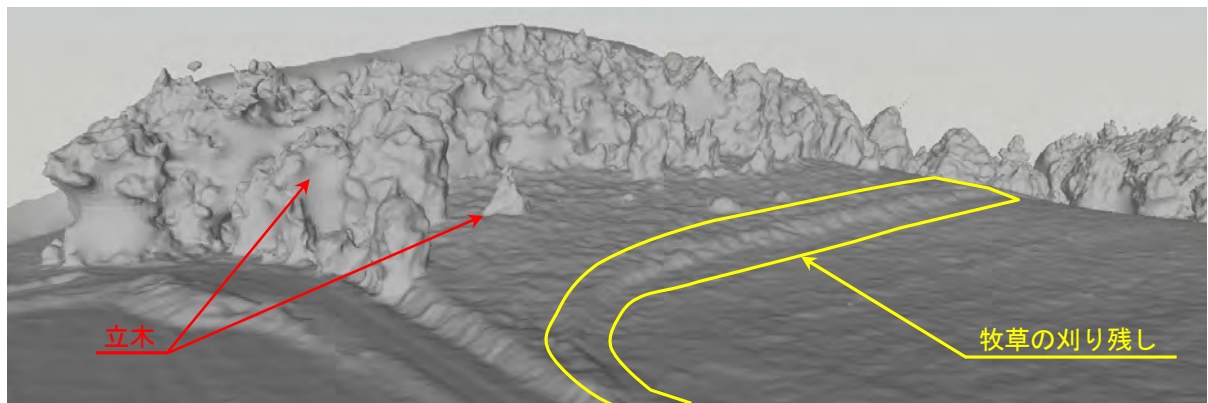


図-2 地形モデルに反映されてしまう立木や植生

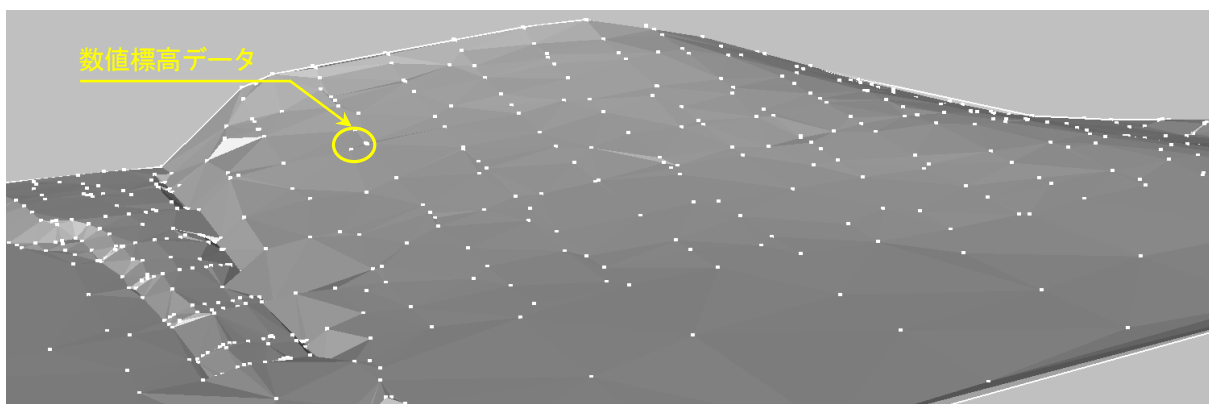


図-3 標高データから作成した地形モデル（地表面モデル）

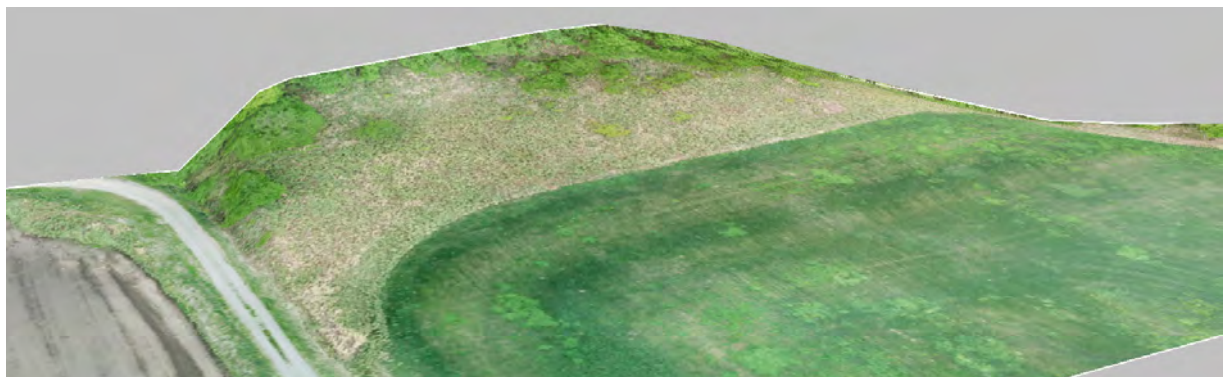


図-4 オルソモザイクを添付した地形モデル

(2) 土工形状モデル

土工形状モデルは、ファームポンド施設とその関連施設、及び工事用道路の土工形状について、施工段階毎に3次元モデルで作成しています。

掘削が競合する箇所の土工形状をイメージすることは難しく、技術的な経験が浅い技術者は、施工計画や土工量の算定等でミスが生じやすくなります。

このリスクを解消するために、2次元の土工断面図から比較的容易に作成できる3次元の土工形状モデルを作成し、土工の取り合いを視覚的に認

識できるようにしています。

これにより、施工計画等のミスの削減と、手戻り防止に効果が発揮されています。

土工形状モデルは、図-4で作成した地形モデルに、ファームポンド及び関連施設で必要となる掘削を土工モデルで表現し、地形モデルと合成しています。

ファームポンド施設とその関連施設、及び工事用道路は、それぞれの土工計画に基づいて掘削形状を計画しています(図-5、図-6)。

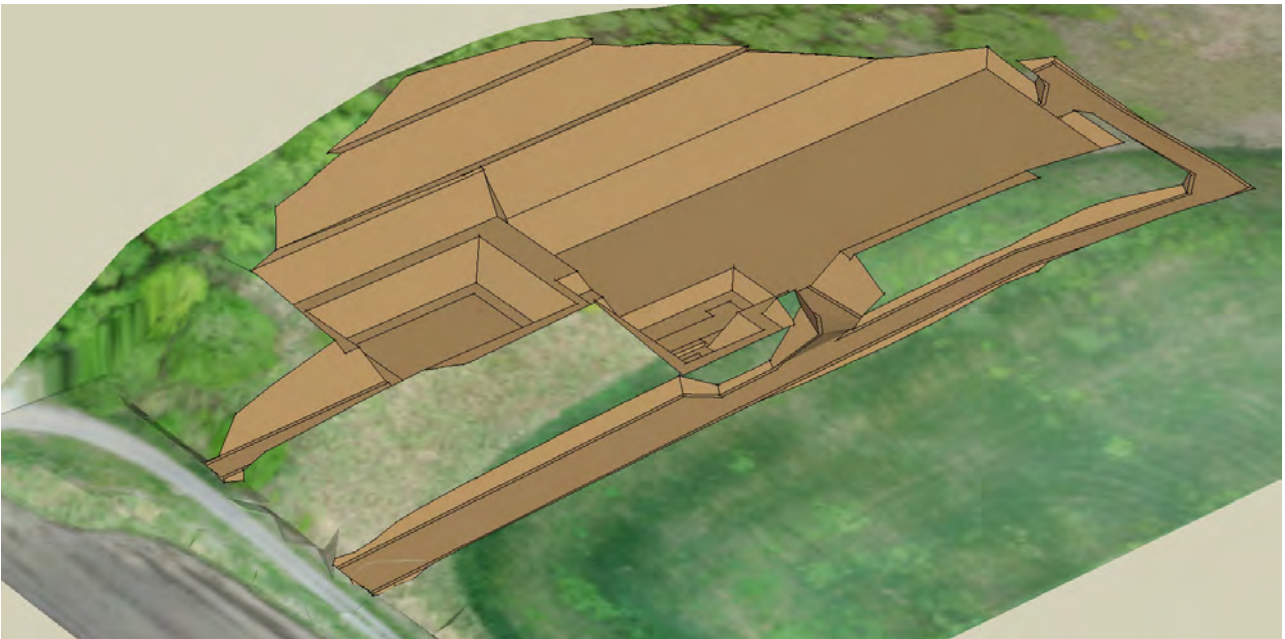


図-5 ファームポンド土工形状モデル(東から西を望む)

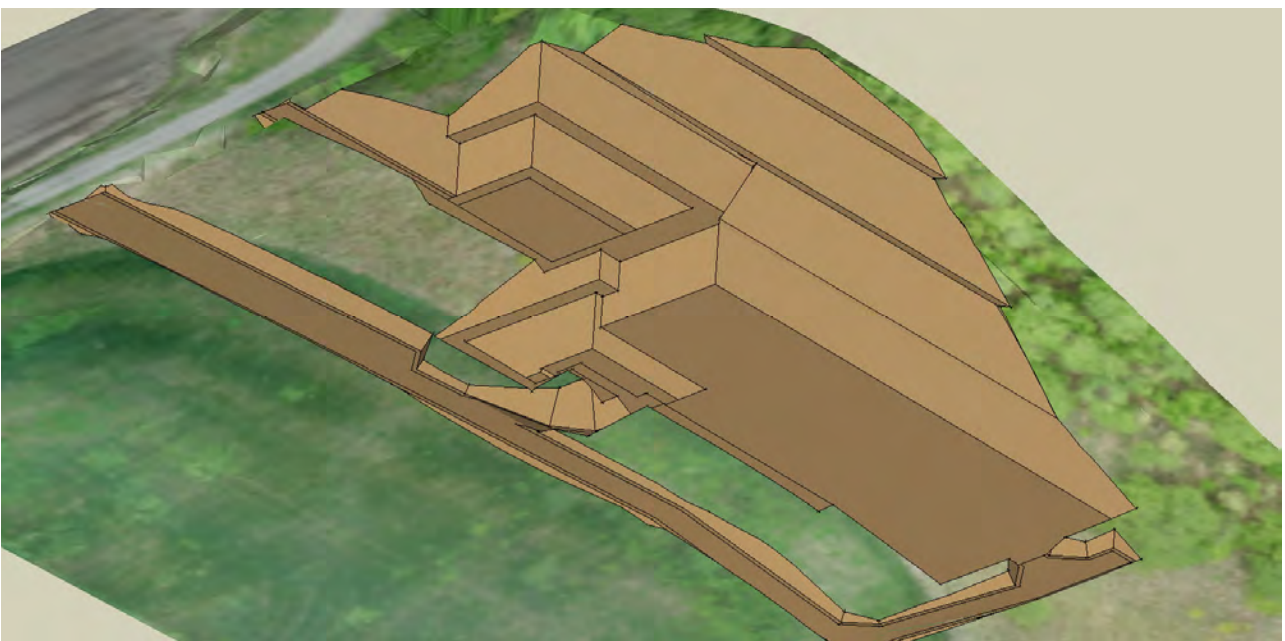


図-6 ファームポンド土工形状モデル(北から南を望む)

※図-5及び図-6は、水平部を色濃く表現しています。

(3) 構造物モデル

構造物モデルは、ファームポンドの貯留施設、分水槽、管布設、仮設計画を施工段階毎に3次元モデルで作成しています。構造物モデルと、地形モデルと合わせることで、分水槽や貯留施設、管との取り合いの確認が容易となるほか、それぞれ単独で描かれる設計図を全体のモデルにするため、各施設の関係性を把握しやすくなります。

また、構造物モデルは、コンクリート打設車やミキサー車、クレーン車のモデルと合わせることで、施工方法の多様な検討が行いやすくなります。

このため、関連施設の相互の取り合いや、施工段階毎に必要な仮設備等が可視化され、設計

ミス・手戻り防止、関係者との合意形成や意思決定の迅速化に効果があります。

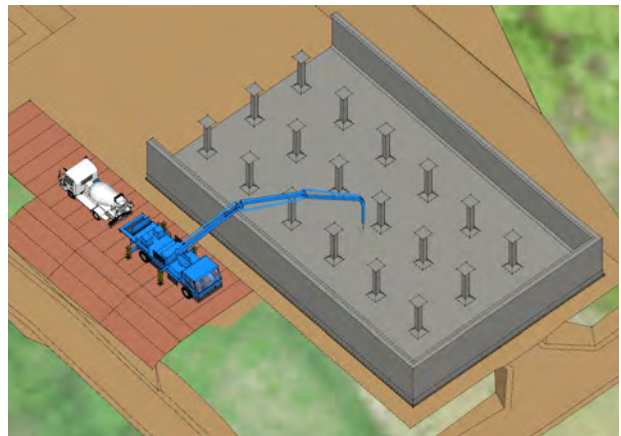


図-7 貯留水槽側壁施工モデル

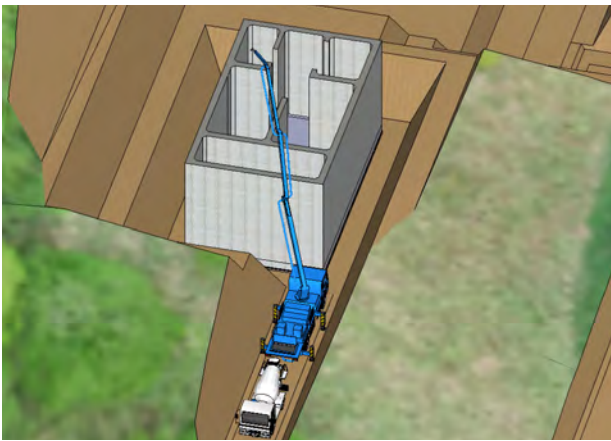


図-8 分水槽側壁施工モデル

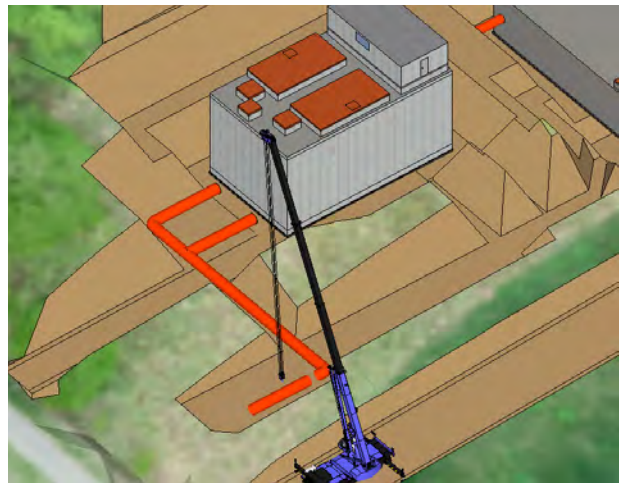


図-9 管布設モデル

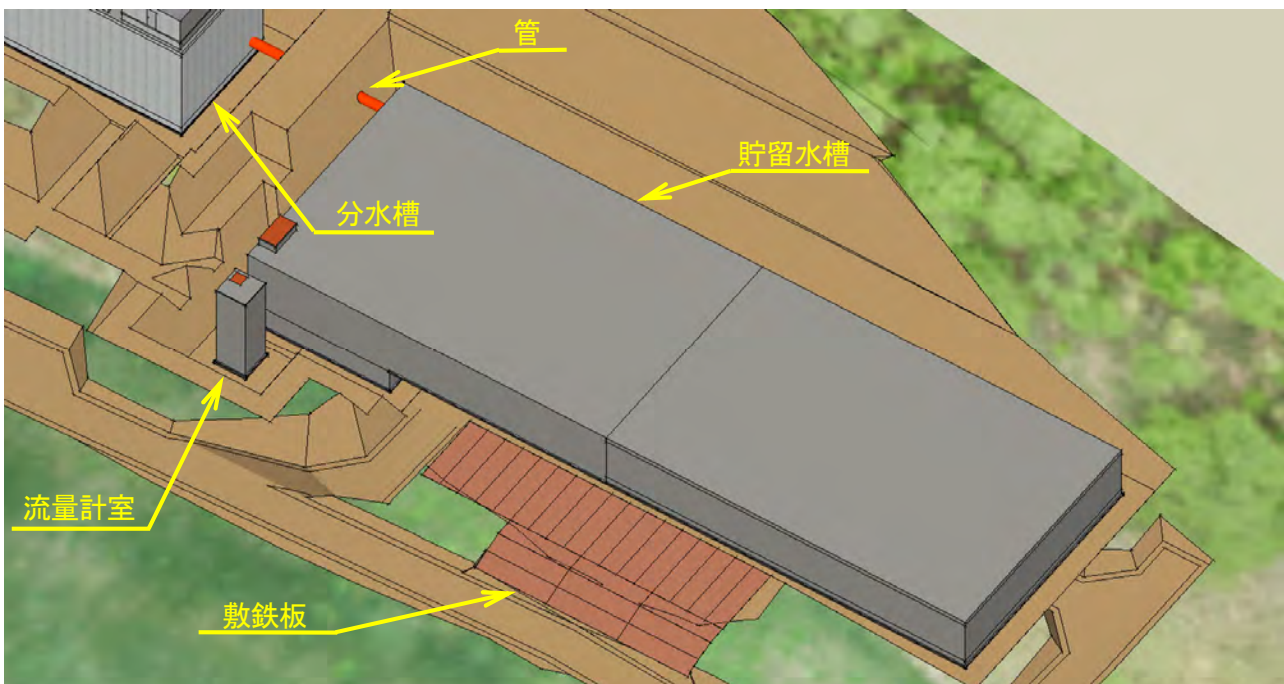


図-10 貯留水槽完成モデル

(4) 統合モデル

統合モデルは、仕上がりモデルに、先に示した土工形状モデル、構造物モデル等を合わせたモデルを指します。

統合モデルでは、様々な角度から構造物や仕上りの土工形状、現況との取り合いを確認することができますので、構造物の位置関係や周辺設備等に齟齬がないかの確認が容易となります。

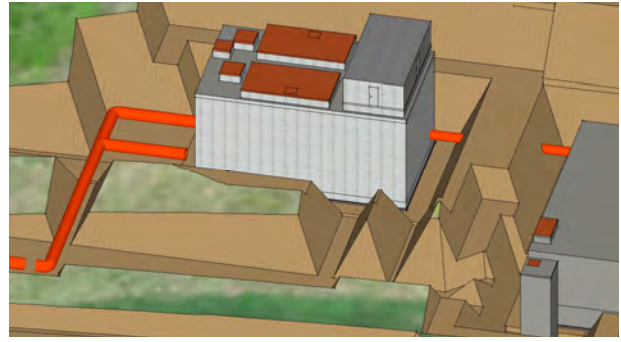


図-11 管布設モデル別視点

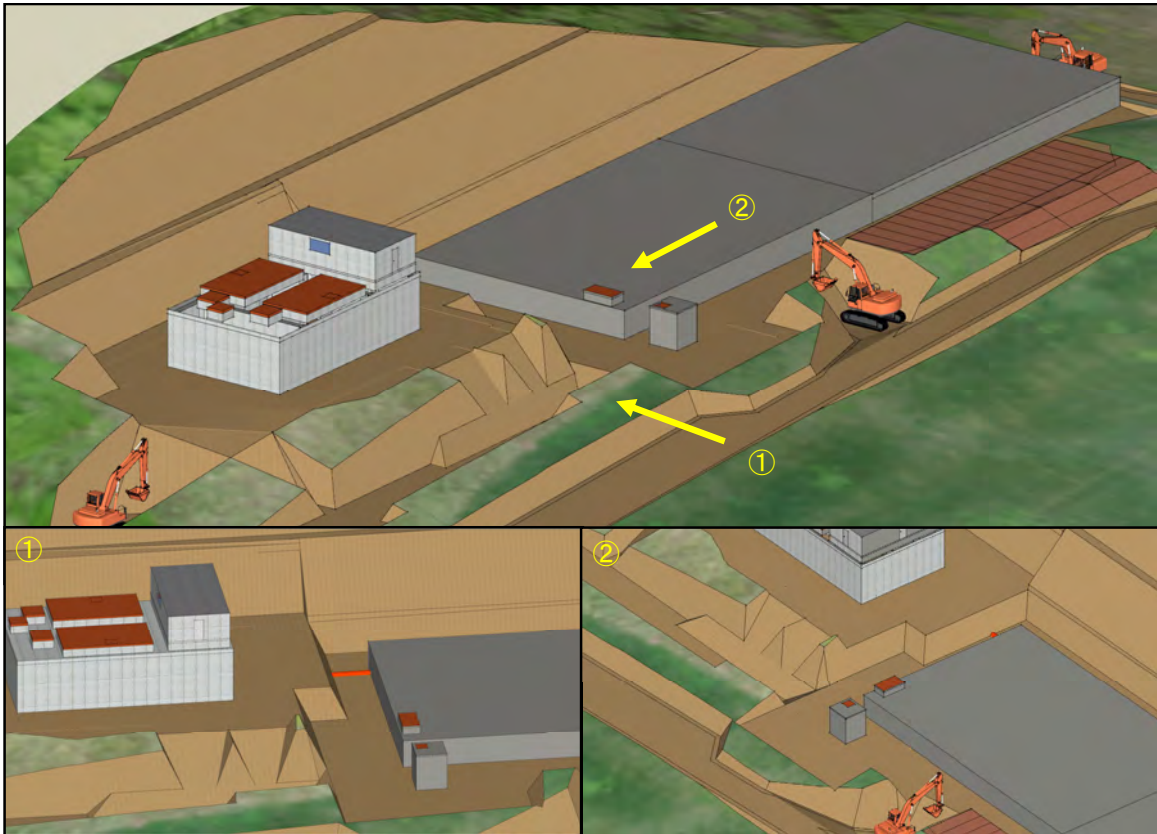


図-12 埋戻しモデルによる様々な角度からの確認



図-13 ファームポンド完成モデル

3. 3次元モデルの利活用事例

(1) 合意形成や意思決定の迅速化

図-14に示すほ場は、傾斜の急な地形で、降雨や融雪の表面排水が局所的に集中してしまい、その流末付近の地表面を浸食して、法面崩壊を起こしているほ場です。このほ場では、急勾配なほ場から緩勾配なほ場へ傾斜改良すること及び法面崩壊部の復旧後のイメージを共有するために現況地形モデルを作成しました。

傾斜改良後の地形（図-15）は、8%の急傾斜から2%の緩勾配に整地し、傾斜方向を変更する

ことで表面排水による浸食を防止する計画としました。また、法面崩壊部は、埋戻しで復旧しています。

これにより、ほ場形状が現況と造成後で大幅に変わることとなり、受益者等との打合わせ時に、造成後のほ場の傾斜をイメージしやすいようにモデルを作成しました。

設計図に加えて造成前後の地形の3次元モデルを作成し、受益者との打合せ時には、造成前後の地形の違いがイメージしやすいと評判で、円滑な合意形成ができました。

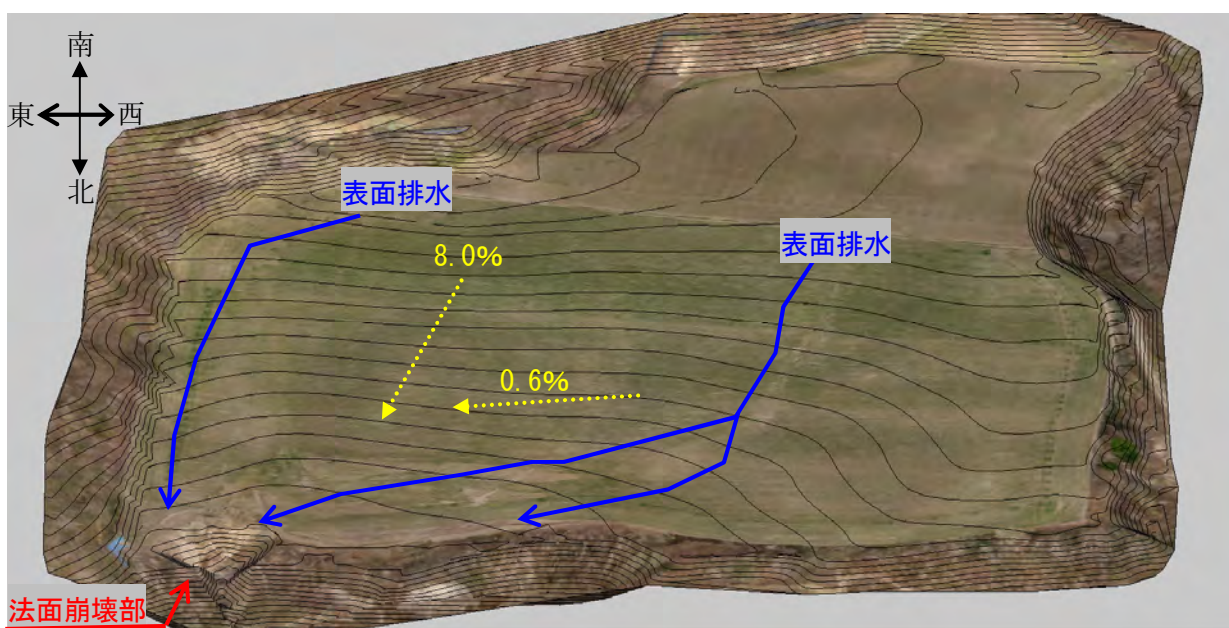


図-14 ほ場現況地形モデル

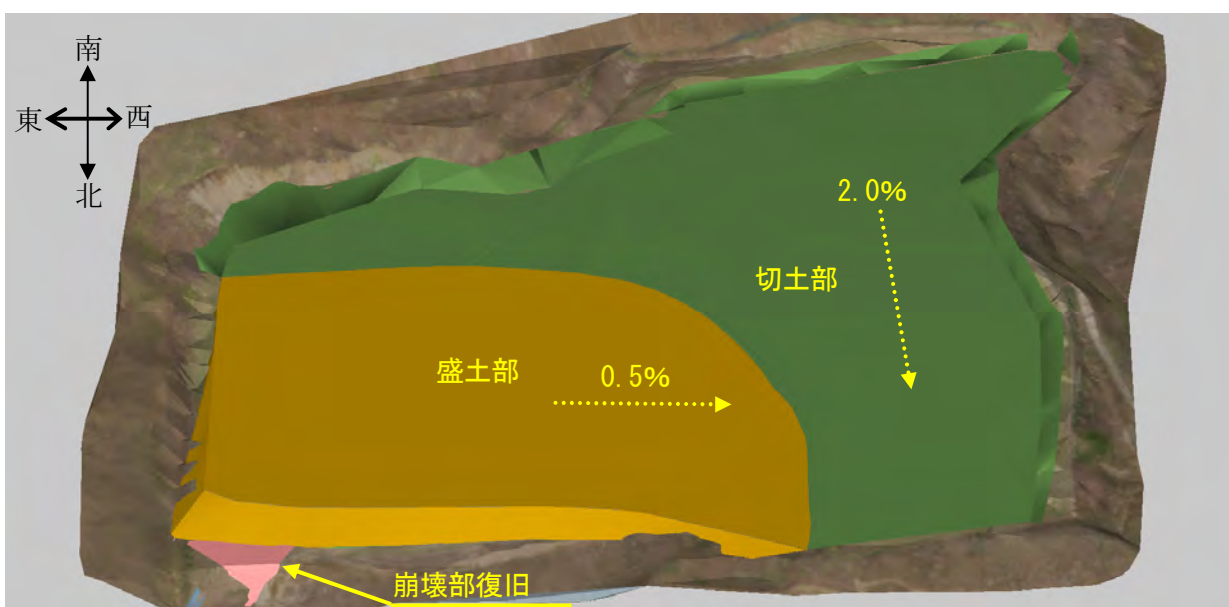


図-15 ほ場造成地形モデル

(2) 比較・概略検討の容易化

ここでは、ほ場へ進入するための取付道路のモデルを作成し、受益者と打ち合わせして合意形成に役立った事例を紹介します。

取付道路勾配を6%で計画すると、営農とほ場区画に影響があったため、取付道路勾配を6%の場合と8%の場合でモデル化し比較しました。

この違いを3次元モデル表現してみました。認識が難しかったため、3Dプリンターを用いて1/100サイズでモデルを造形し、よりイメージを持ちやすくする工夫をし、受益者が容易に理解できるようになりました(図-16、図-17)。

また、全体の仕上がりイメージを共有するために、整備後のモデルを作成し打合せに利用しています。一例を図-18に示します。

現況に完成形のモデルと重ね合わせることで切り盛りの関係がわかりやすくなりました(図-19: グレー色の区域は掘削が必要な範囲)。

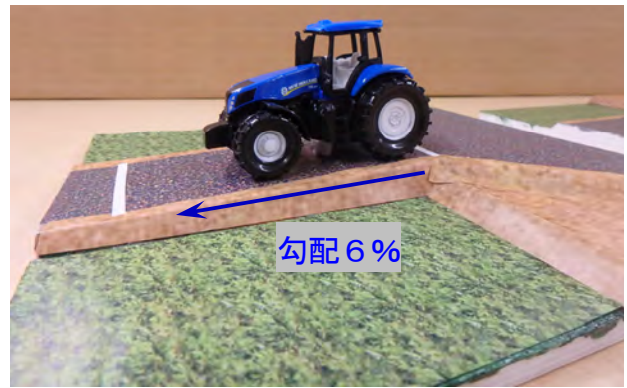


図-16 道路勾配6%モデル(3Dプリンター出力)



図-17 道路勾配8%モデル(3Dプリンター出力)

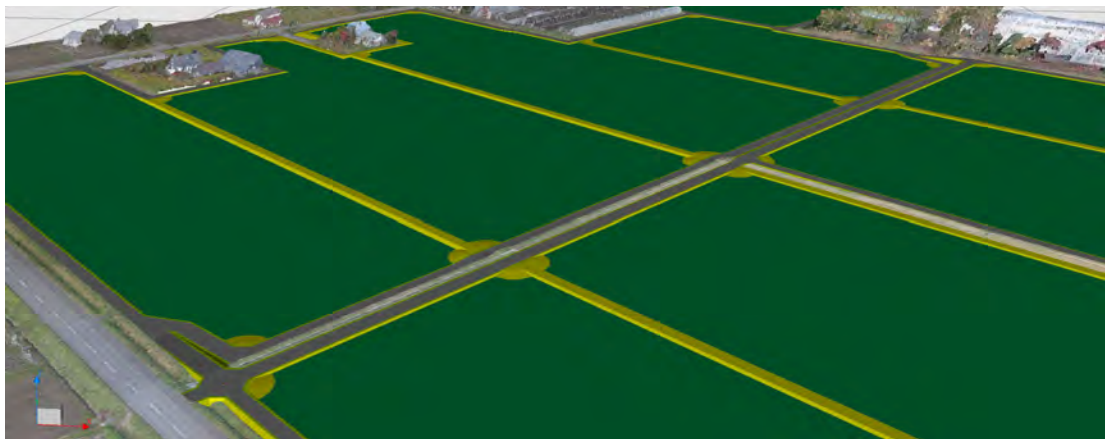


図-18 整備後モデル



図-19 現況と完成モデルの関係

4. 取り組みの現時点の効果と課題

(1) 効果

区画整理やほ場整備の設計において、現況と整備後の3次元モデルを作成して農家説明等に活用することで、現況に対する切盛りの関係や、整備後の姿、ほ場への進入路等が容易に可視化され、認識し易いと好評を得ています。

また、部分的に判り難い箇所については3Dプリンターで模型を作成して確認してもらう等で合意形成がスムーズに行え、業務遂行の効率化と手戻りの低減が図られています。

施設設計では、各施工段階の3次元モデルを作成することで、①競合する土工形状が可視化される、②関連する構造物相互の施工順序が明確になる、③完成形後の施設と周辺との取り合いが明確になる、④2次元の図面を3次元モデルに展開することで齟齬のある箇所が明確となる、といった効果があり、発注者や地元地権者との合意形成や意思決定の迅速化のほか、経験の浅い技術者への技術指導においても効果が発揮されています。

(2) 課題

・モデルの詳細度

モデルの詳細度を上げるほど、完成後のイメージの形成に有効となりますが、反面、作業時間が増加して業務工程が逼迫化していきます。

3次元モデルを設計図に基づいて作成していると、つつい詳細なモデルに成りがちであり、目的に応じてモデルの詳細度をどの程度のレベルで作成するかの判断が必要です。

・地形の計測時期

モデリングに必要な空撮写真は、植物が繁茂する夏季や、湛水後の水田地帯の写真を使用すると草や木の葉、水面がモデルに反映されてしまい、現地盤を反映したモデルとなりません。

これを回避するため、測量調査で取得したデータや、3Dスキャナー等で撮影した地盤の点群データを用いて、障害となる区域の現地盤を与えて地

形のモデルを作成し、これに空撮写真から作成したオルソモザイク画像をテクスチャ^{※3}として張り付けて地形モデルを作成していますが、作業工程が多くなるといった弊害があります。

このため、地形モデリングをできるだけ容易にするための作物等の植生が少ない時期に撮影することが望ましいです。

撮影時期の制約が比較的少ない方法として、UAVによる空撮に替えて、レーザースキャナー搭載のUAV（写真-1）で撮影し現地盤データを取得する方法（図-20、図-21）がありますが、レーザースキャナーのコストが高く多大な費用が必要となるため、現状ではあまり普及していません。

・人材育成

CIMを進めるために、3次元データの計測、編集、加工といった作業が必要となり、各作業に対応するソフトの導入と、作業を行う人材の育成が不可欠です。

※3 物体の表面の質感や模様を、視覚的な明暗を用いて疑似的に表現したもの



写真-1 レーザースキャナー搭載UAV



図-20 レーザースキャナーによる計測

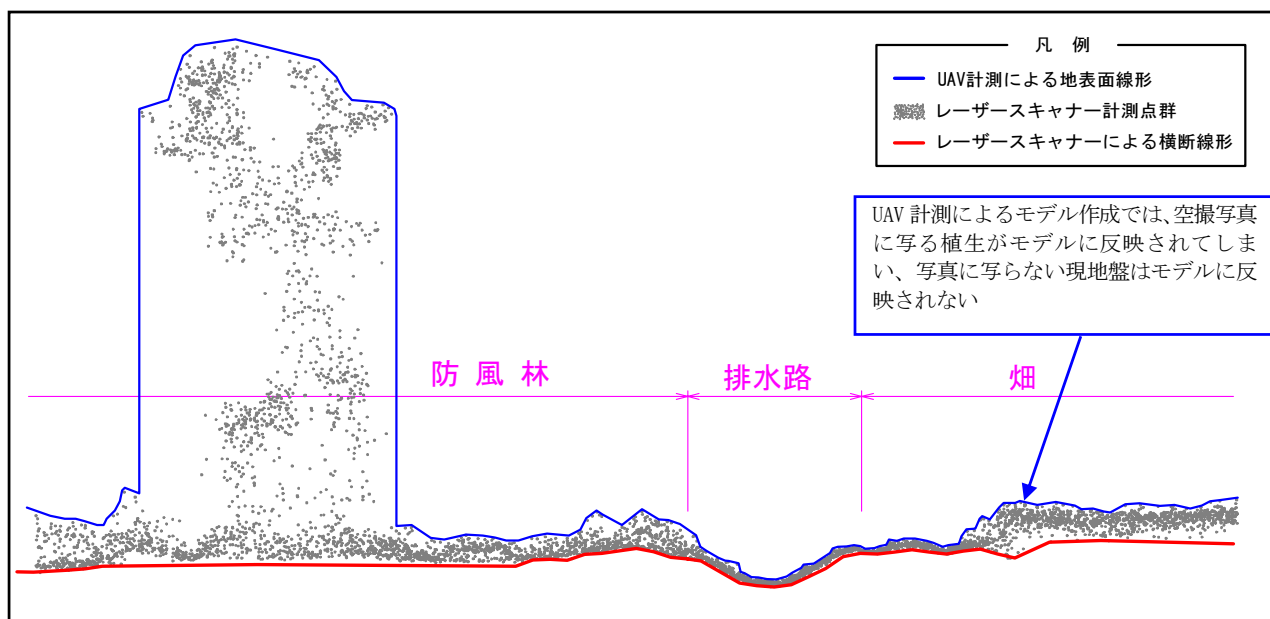


図-21 UAV計測とレーザースキャナー計測による横断線形比較

5. おわりに

当社では、農業土木技術者として、3次元モデリングで表現すべき内容を体感し、習得することが発注者、受益者等とのコミュニケーション力を向上するうえで重要と考えており、現時点では各作業を「習うより慣れろ」の精神で内製化しています。今後、作成すべき3次元モデルの内容やレベルに慣れた段階で、地形モデリングや手間のかかるパースなどを外製化してモデリング作業に要する時間の縮減について考えていかなければなりません。CIMの導入により、「①設計ミス・手戻りの防止、②合意形成や意思決定の迅速化、③比較・概略検討の容易化」の達成に加えて、本来業務の遂行時間の余裕を持つことでより一層の業務の生産性と品質の向上に努める必要があると考えております。

(株)フロンティア技研

狭小な施工箇所におけるフルーム水路改修工法の選定

鈴木 範行

1. はじめに

国営施設応急対策事業「てしおがわ剣和地区」は、幹線用水路の機能を保全するため、用水路L=12.7kmの整備（改修）を行うことにより、農業用水の安定供給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に資する目的としている¹⁾。

「てしおがわ剣和地区」は、北海道の上川北部に位置する士別市、上川郡和寒町及び同郡剣淵町にまたがる受益面積4,215haの農業地帯の基幹水利施設である（図－1）。

地区内の基幹的な農業水利施設は、国営天塩川上流土地改良事業（昭和42年度～昭和61年度）により造成されたが、幹線用水路においては水路側壁の倒壊等の不測の事態が発生し、農業用水の安定供給に支障をきたしているとともに、施設の維持管理に多大な費用と労力を要している。

本報は、用水路改修において在来工法で計画した場合、高速道路管理敷地内での作業が必要となる。そこで、東日本高速道路㈱と協議した結果を踏まえ、高速道路本体に影響がなく、仮設工も簡易なもので済む、門型形式（クイックパネル工法）²⁾で計画したことを報告するものである。



図－1 位置図

2. 用水路の現況調査

当地区用水路の機能診断調査は平成24～25年に実施され、平成26年度に対策区間の選定³⁾が行われている。

本報告区間（SP14303.82～SP14375.00）は側壁の傾倒区間で、主な要因は以下のとおりである。

この区間は昭和40年代後半に施工された区間で、凍上抑制層の置換範囲が現行基準を満足していない。

また、ウィープホールやアンダードレーンの機能が低下している。このため、側壁背面土が凍結融解を繰り返し、凍上圧や地下水による外水圧が作用したことにより、側壁の傾倒が引き起こされたと想定される。

なお、改修区間選定基準は、傾斜計（写真－1）による計測結果から傾斜角度がコンクリートの終局限界である 0.2° （図－2）以上傾倒している区間（バレル）としている。



写真－1 傾斜計による傾斜角度の計測状況

3. 設計対象区間の現況（高速道路近接区間）

当社が改修設計したSP13396.00～SP14375.00は側壁の傾倒区間で、このうちSP14303.82～SP14368.80（L=78.34m、Brk=13.36m）は道央自動車道路（図-3、4、写真-2、3、4）と近接している区間である。これは剣和幹線用水路の建設当初、本設計区間全線を開水路として建設していたが、高速道路建設により、SP14208.18～SP14303.82、L=95.64m区間をボックスカルバートに置換え、用水路上に高速道路を建設した。その結果、ボックスカルバートの出口部で道路本体と近接する区間が発生したものである。

なお、用水路の高速道路横断部は「農水省」の水路敷地であるが、東日本高速道路(株)により他目的使用地として使用されている。

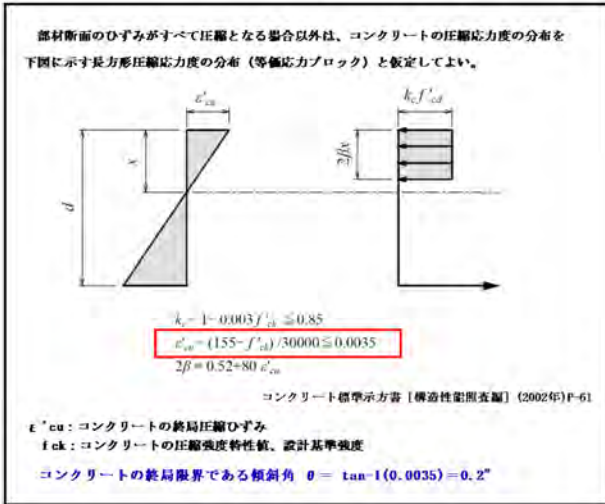


図-2 コンクリートの終局境界の角度⁴⁾

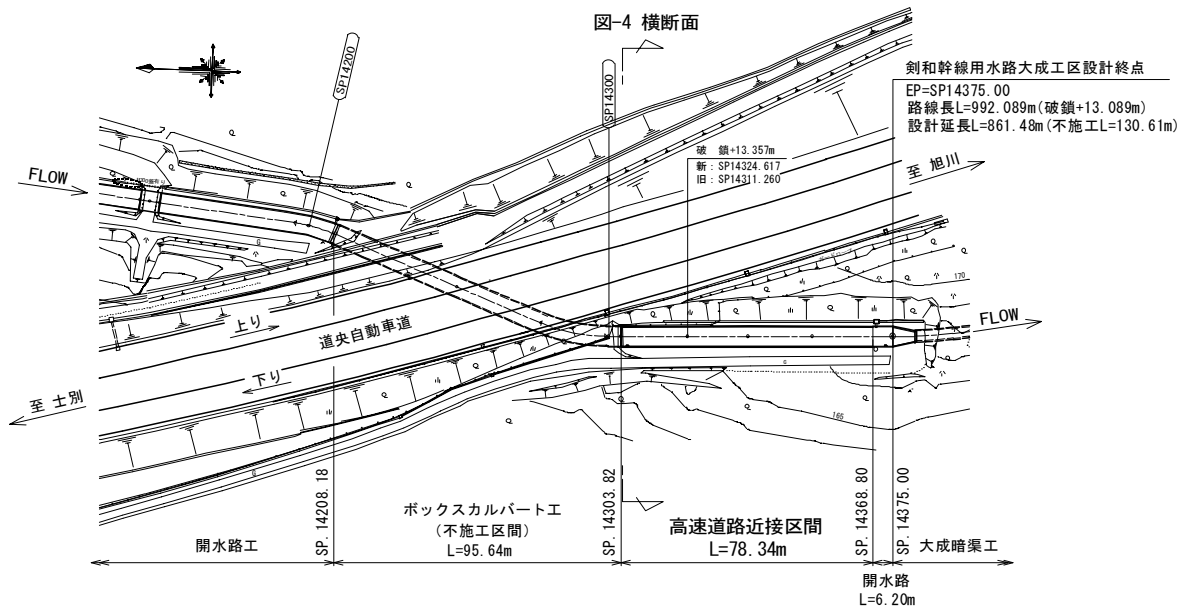


図-3 高速道路近接箇所平面図

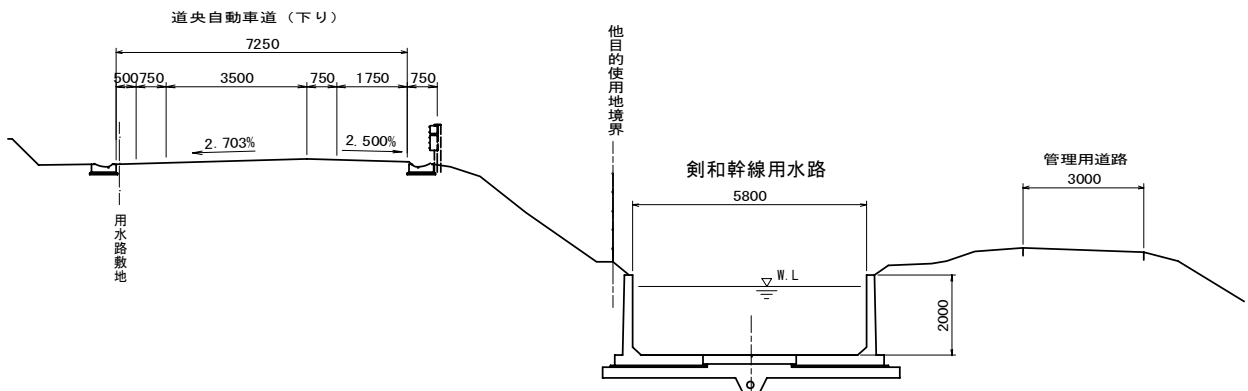


図-4 既設用水路横断面図



写真一 2 既設用水路全景



写真一 3 高速道路法面部



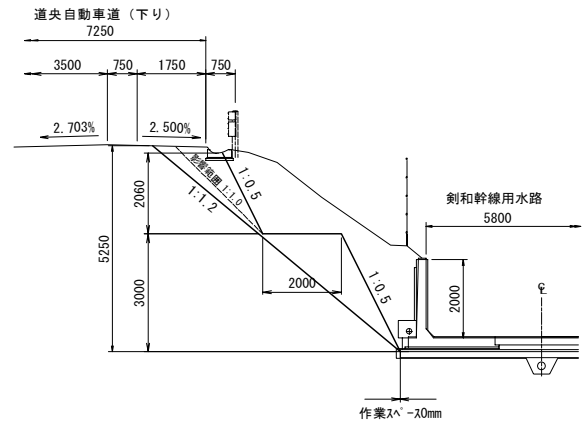
写真一 4 高速道路と剣和幹線用水路

4. 設計の基本条件

施工方法を決定するにあたり、開水路改修工事の施工方法として一般的な「開削工法」による施工について検討する。

当現場は砂質土で、切土高は下図（図一 5）のとおりに $H=5.0\text{m}$ 以上である。よって、掘削法面を 1 段で施工する場合の法面勾配は $I = 1 : 1.2$ 以上が必要となる。また、切土法肩の位置を縮小するために小段を設けて法面勾配を $I = 1 : 0.5$ とした場合も検討する。

床掘作業幅を 0mm とした場合でも、どちらも高速道路の車道に影響を及ぼすことが確認された。

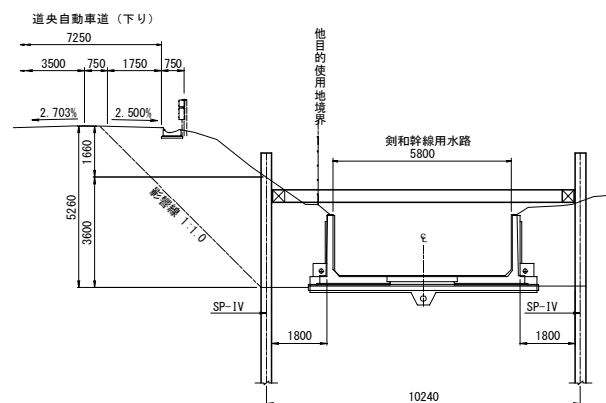


図一 5 開削工法断面図

つぎに、「土留工法」について検討する。

土留工法の選定について、床掘幅が $B=10\text{m}$ 以上となることから、鋼矢板による土留工法を選定する。

施工範囲は下図（図一 6）のとおりに、高速道路管理区域内での施工は必要となるが、車道本体には影響させずに施工可能である。ただし、掘削高、盛土・自動車荷重等の条件から自立式では施工出来ない。また、鋼矢板引抜き時の沈下について指摘された場合は鋼矢板の残置の可能性もある。



図一 6 土留工法断面図

以上の検討結果を踏まえ道路管理者と協議を行う。
その結果以下の項目を指摘された。

(1) 工事（施工計画）に対する留意点

- 1) 施工箇所が通行車両から見えないようにする（目隠しする）。高さは、通行する大型車両運転手から見えない高さ（路面から2.5m程度以上）。
- 2) 人・動物の進入防止柵を設置する。
- 3) 冬期間中、高速道路内の雪を路外に排雪するため、雪対策を行う。
- 4) 施工期間中の安全対策を行う。特に土留工（鋼矢板等）の設置・撤去時の転倒・傾斜対策を行う。
- 5) 工事のための夜間通行止めは不可。
ただし、毎年春先（ゴールデンウィーク明け）に5日間（月～金曜日）、道路メンテナンスのための夜間通行止め（20時～翌日6時）があるので、その時の施工は可能。
- 6) 冬期間工事となるので、埋戻し・法面植生等の対策を行うこと。冬期間により植生出来ない場合は、春先すぐに行うこと。

(2) 工事前の手続きについて

- 1) 工事に対する協議と、施工に対する協議の2回行う必要がある。
- 2) 工事に対する協議は、事務所内で決定可能なものであれば1カ月程度。高速道路機構にまで上がる内容であれば3カ月以上となる。
- 3) 施工に対する協議は、施工業者が決定し、施工計画書作成時に行う。

以上の条件から、高速道路区域内での改修工事は、安全対策や施工条件の制約が多いため、高速道路区域に影響を及ぼさない工法を基本とする。

5. 改修工法の選定

設計の基本条件でも述べたとおり、高速道路区域に影響を及ぼさないためには、左岸側（高速道路側）の側壁を撤去せず存置する必要がある。よって、既設構造物内に土圧・凍上力等の死荷重と高速道路を

通行する車両の活荷重に対して抵抗力を有する水路を設ける必要がある。なお、本設計は既設水路の一部改修であるため、水路敷高を変更することが出来ない。

以上のことを踏まえ、工法の検討を行う。

(1) 左岸側重力式擁壁工法

左岸側の荷重に対し、コンクリート重量で抵抗させる工法で、施工性に優れる。ただし、コンクリートの重量が必要なため、コンクリート量を多くする必要があり、通水面積を大きく阻害する。そこで、右岸側の側壁を右側に移動させて通水断面を確保する（左岸側施工前に底版を取壊した場合、側壁の滑動又は転倒の恐れがある）。

しかし、高速道路近接区間の前後が開水路であれば施工可能であるが、高速道路に最も近い場所がボックスカルバートの吐口であるため、通水断面確保が不可能である（図-7）。

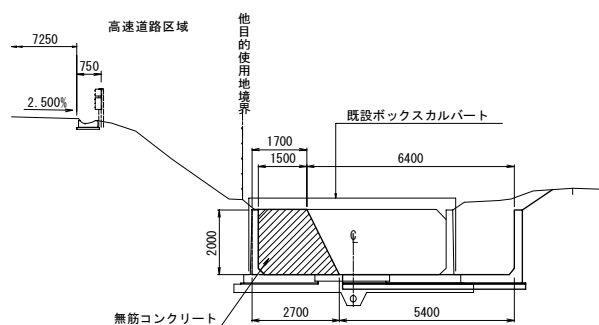


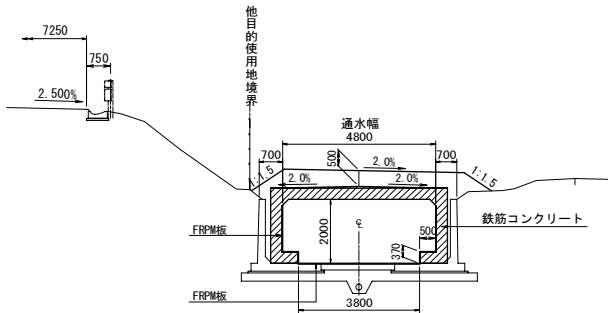
図-7 左岸側重力式擁壁工法概要図

(2) 既設水路内門型水路工法

既設水路内に門型構造物を設置することにより、水路背面の荷重を構造体で抵抗させる工法。なお、既設水路内に新規構造物を設置するため、通水断面が阻害される。このため、粗度係数を低減させるクイックパネル工法を併用して施工し、通水能力を確保する。

クイックパネル工法の長所は、掘削・既設コンクリート取壊しが無いため、落水後すぐに本体工に取り掛かれるため、冬期養生が必要となる前にコンクリート打設が完了できることである（図-8）。

また、側壁部のコンクリート厚が大きくなることにより、側壁傾倒の原因である側壁背面への冷気の影響を小さくすることが出来るほか、水路頂版の上に盛土を行うことにより、温度変化によるコンクリート表面の劣化を防ぐことができる。



図－8 門型水路工法概略図

※＜参考＞クイックパネル工法について

クイックパネル工法の概要、特徴、使用材料及び施工方法は以下のとおりである。

・工法の概要

クイックパネル工法は、老朽化した農業用水路及び排水路の表面を補修する工法で、既設コンクリート水路の内面に緩衝材を挟んでFRP板をアンカーボルトで固定し、板同士の継ぎ目部に目地材をシーリングする工法である。

・工法の特徴

- ①FRP板の重量は、コンクリート板の約1/3～1/4と、非常に軽量である。
- ②湿潤状況下での施工が可能なので、天候や現場状況に左右されにくい工法。
- ③表面が平滑で水理的に優れており、改修後に水路断面が縮小されても、既設水路と同等又はそれ以上の水量を確保することができる。

表－1 粗度係数表

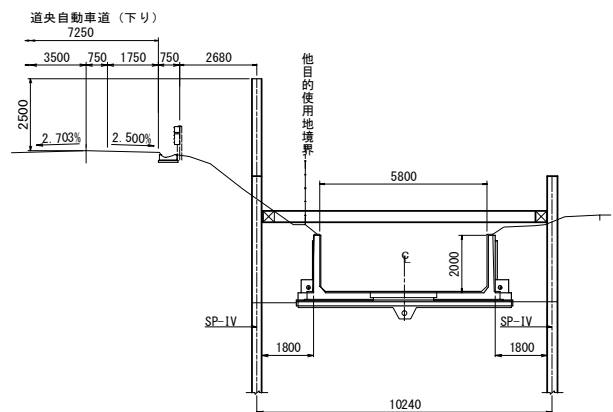
種類	マニング粗度係数
FRP管*	n = 0.012
FRP板 (実測値)	n = 0.010以下
コンクリート (現場打ちフルーム等) *	n = 0.015

※土地改良事業計画設計基準・設計「水路工」から引用

- ④クイックパネル工法に使用するFRP板と目地材は紫外線による強度劣化が少ない材料を使用している。
 - ⑤既設水路とFRP板との間に滞留した水が凍結融解を繰り返しても緩衝材を使用していることにより、その負担を吸収することができるため、凍結融解抵抗性に優れる。
 - ⑥コンクリートに比べ耐摩耗性が優れているため、滑らかな表面を保つことができる。
 - ⑦既設水路を使用するため、廃棄コンクリートや残土等が発生しない。
- 以上のような特徴を有する工法である。

(3) U型フルーム水路新設工法 (在来工法)

一般的な工法で、既設水路撤去後に新設のU型フルームを建設する工法。ただし、本設置箇所は高速道路に近接しているため、土留工及び高速道路通行車両からの目隠し兼用として、鋼矢板設置を計画する (図－9)。



図－9 U型フルーム工法概略図

(4) 採用工法

検討の結果、現場制約等が最小限に抑えられるなど施工性に優れ、経済性から有利な、「既設水路内門型水路工法」を採用した (表－2)。

表-2 工法比較検討表

	既設水路内門型水路工法				U型フルーム水路新設工法			
	L=84.54m当り				L=84.54m当り			
工事費	工種	規格	直接工事費	備考	工種	規格	直接工事費	備考
	土工	床掘・埋戻し等	1,885,073		土工	床掘・埋戻し等	3,295,572	
	開渠工(門型水路)	CON打設等	39,200,751	内FRPM板 ¥12,509,053	開渠工	CON打設等	23,559,271	
	構造物取壊し		321,371	処分費込み	構造物取壊し		3,687,399	処分費込み
					仮設工	鋼矢板圧入他	16,066,959	賃料込み
	合計		41,407,195 (円/箇所)		合計		46,609,201 (円/箇所)	
総合評価	<ul style="list-style-type: none"> 高速道路管理施設に立ち入らないため、現場制約等を最小限に抑えられる。 掘削・取壊しが無いため、落水後すぐに施工が可能である。 U型フルーム水路新設工法に比べて安価である。 				<ul style="list-style-type: none"> 高速道路の横断面から、下層に岩盤層があると想定されるため、鋼矢板圧入費が大きくなり、高価となる。 この他に鋼矢板圧入時の矢板の転倒・傾斜防止対策費、高速道路の進入防止柵など、安全施設費が別途必要である。 高速道路協議に時間を要すると共に、別途現場制約がでる可能性がある。 			
	○				△			

6. 門型水路部の施工計画

(1) 施工手順

施工手順について図-10に示す。

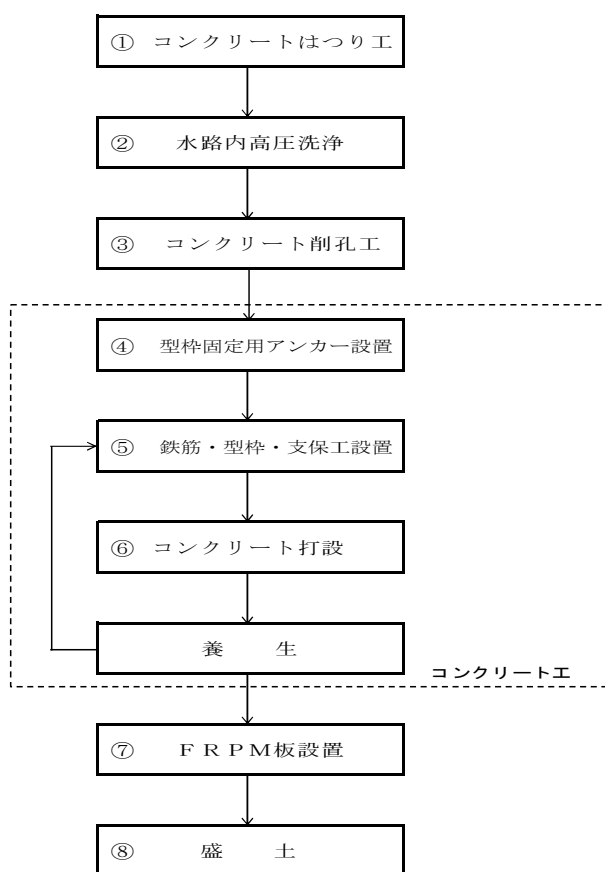


図-10 施工フロー図

1) コンクリートはつり工 (図-10フロー図①)

底版部のFRPM板の高さが、計画水路敷高となるように既設水路底面のチップングを行う。なお、FRPM板の厚さは、緩衝材10mm+FRPM板10mm=20mmである。

2) 水路内高圧洗浄 (図-10フロー図②)

新旧コンクリートの打継面に地下水等の進入を防止するため、既設コンクリート面の不純物及びモルタル等を除去し、新旧コンクリートを一体化させる。

3) コンクリート削孔工 (図-10フロー図③)

側壁背面の地下水を排水するため、側壁面にウィープホールを計画する。設置方法は、既設水路側壁をコアボーリング(90 ≤ φ d < 110)により削孔し、ウィープホールを設置する。

4) 型枠固定用アンカー設置 (図-10フロー図④)

通常、型枠を固定するには、内・外型枠どうしをセパレータ連結して所定の部材厚を確保している。しかし、本箇所は外側型枠を設置できないため、既設コンクリート面にアンカーを設置し、内側型枠を固定する。

アンカー材は入手が容易な異形鉄筋を使用する。なお、異形鉄筋の固定には作業性を考慮して、接着系注入方式を採用する(図-11)。

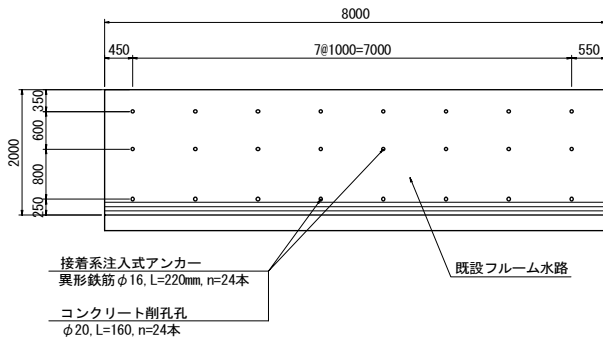


図-11 型枠アンカー設置計画図（側壁正面図）

5) 鉄筋・型枠・支保工設置（図-10フロー図⑤）

型枠固定用アンカー施工後に、鉄筋組立、型枠・支保工を設置し、コンクリートを打設する。

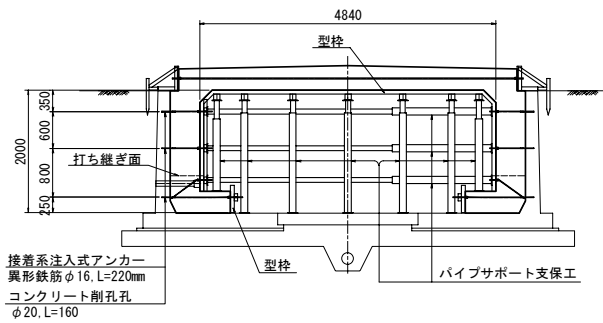


図-12 型枠・支保工設置図（参考図）

6) コンクリート打設（図-10フロー図⑥）

コンクリートポンプ車により打設を行う。打設回数は2回打ちとしている。

7) FRPM板設置（図-10フロー図⑦）

FRPM板本体を穿孔し、FRPM板の孔位置に合わせて水路壁を穿孔し、金属拡張式アンカーでFRPM板を固定する。

なお、FRPM板設置面は、新設又は既設面洗浄済のため、緩衝材の設置、FRPM板取付、目地工、端部仕上げの順に作業を行う。

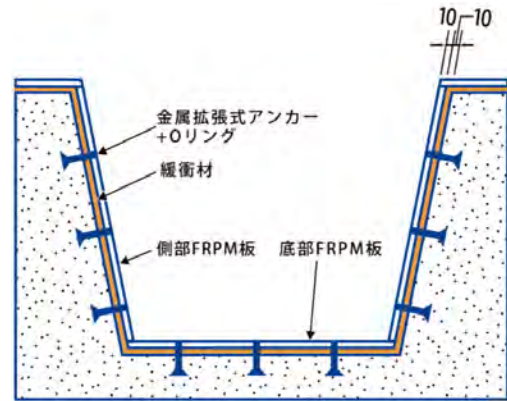


図-14 施工参考例図

8) 盛土（図-10フロー図⑧）

コンクリート養生完了後、頂版上部の盛土を行う。

今回設計した構造物の上載荷重は、盛土荷重+雪荷重のみで計画しているため、大型の建設機械及び車両は上載できない。よって、バックホウによる撒出し、振動ローラハンドガイド式での盛土を計画する。

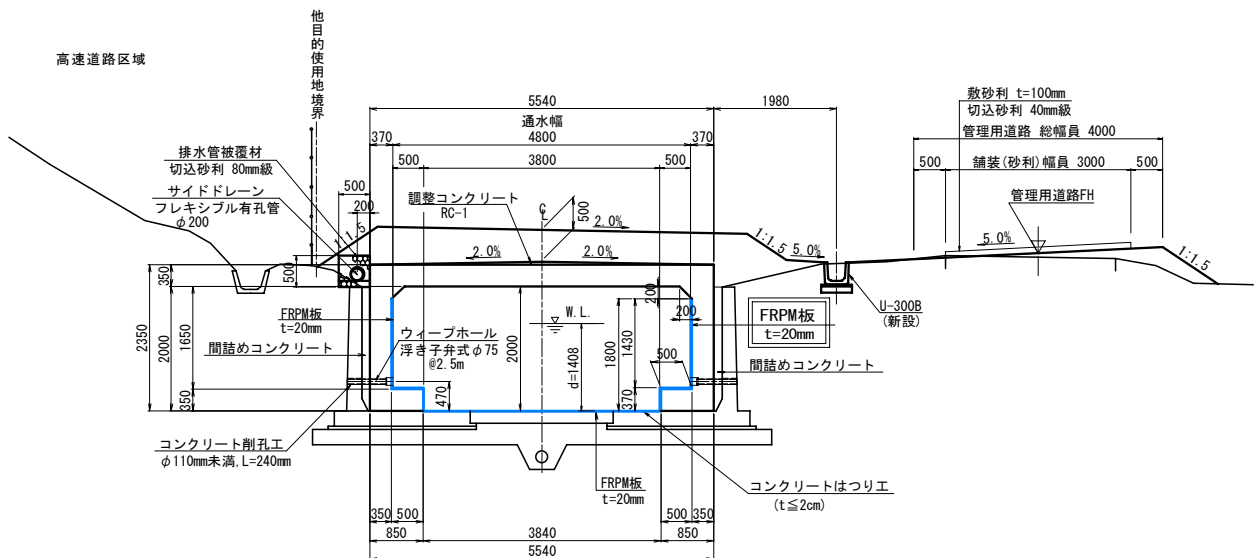


図-13 門型水路標準断面図

7. おわりに

近年、既存施設の老朽化に伴う改修・補修の必要な箇所が増えている。しかし、既存施設の建設当時には施設周辺に構造物等が無かった箇所でも、長い歳月を経て周辺環境の変化により対象物周辺に構造物等が建設され、改修・補修時に各種条件に適した対応が必要になってきている。

本設計では近接構造物（高速道路）の関係により、施工中及び施工後、施工時期等様々な安全対策への課題から工法検討を行い、既設水路内門型水路工法を選定することが出来た。これも新技術（NETIS・ARIC等）が開発され、採用可能となったためである。

最後に、本設計を行うにあたり御指導、御協力を頂きました関係各位、また新技術を考案・開発された多くの方々に対し深く感謝の意を表します。

（五大建設コンサルタント㈱）

出典・参考文献

- 1) 国営てしおがわ剣和土地改良事業計画書
- 2) クイックパネル工法 技術資料
（農業用水路クイックパネル工法研究会）
- 3) 平成26年度 てしおがわ剣和外1地区
国営施設応急対策検討業務報告書
- 4) 国営てしおがわ剣和土地改良事業計画書
補足説明資料

報 文 集 第31号

令和元年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・源 秀夫
福田 正信・下谷 隆一・小笠原 武・辻 雅範
福山 正弘

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 榊三誠社 電話 (011)622-9211



●表紙写真●

第33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

『実りの大地』

—東川町にて撮影—

遠藤 登 氏 作品

A E C A

HOKKAIDO

Agricultural Engineering Consultants Association