

排水路整備における 定量分水式分水工法の検討事例

旭川開発建設部 名寄農業開発事業所 ○高橋 雅博
馬島 修
清水 秀成

昭和48～52年度に整備された真狩川排水路は、流出量の増加により排水路の能力が不足し、農地が湛水被害を受けている。この被害を解消し、維持管理を軽減するため、直轄明渠排水事業において改修を行う。

本事業ではバイパス水路の新設に伴い、排水路本線に分流工の整備を行う計画である。本稿では分流工の構造形式で整備事例の少ない定量分水式分水工法を採用した経緯と、工法検討時に生じた課題と対応について報告する。

キーワード：排水計画、ライフサイクルコスト、維持管理、設計計画

1. はじめに

直轄明渠排水事業「風連多寄地区」は、北海道士別市及び名寄市に位置する650haの農業地帯（図-1）であり、水稻、小麦、大豆、てんさい、ばれいしょ、かぼちゃ等を組み合わせた水田作経営又は畑作経営のほか、飼料作物を栽培し乳用牛を飼養する酪農経営が展開されている。

地区内の排水施設は、国営天塩川上流土地改良事業（昭和42年度～昭和61年度）により整備されたが、土地利用の変化等による流出量の増加により排水路の能力が不足し、農地の湛水被害が発生しており、営農上の対応に多大な労力と費用を要しているとともに、農業生産が低下している。



図-1 風連多寄地区位置

出典：Map-It マップイット|地図素材サイト

このため、本事業では、排水路を整備することにより、農地の湛水被害の解消及び維持管理の軽減を図り、農業生産性の向上及び農業経営の安定に資することを目的としている。

本稿では、排水計画内容（計画排水量の設定、整備構想の検討）から、分流工整備の必要性に触れた上で、本地区の排水路整備に重要な位置づけとなる分流工法の検討事例について報告する。

2. 計画排水量の設定

(1) 計画基準雨量の決定

本地区の整備水準（確率年）は、基準書等の記載を踏まえ10年に1回程度の降雨規模（1/10確率）を計画基準雨量とした。

統計資料（平成3年～令和2年：30ヶ年）によって確率計算（岩井法）を行い、算定の結果下表のとおり「1/10確率、年最大1日雨量、116mm」となった（表-1）。

表-1 計画基準雨量算定表

流域区分	等雨量線区分 (mm)	区分雨量 R (mm/1日)	区分面積 A (km ²)	面積比 P=A/ΣA	面積加重 平均雨量 R・P
①	114 ～ 115	114.5	1.51	0.131	15.00
②	115 ～ 116	115.5	3.81	0.331	38.23
③	116 ～ 117	116.5	5.24	0.456	53.12
④	117 ～ 118	117.5	0.94	0.082	9.64
計			11.50	1.000	115.99
∴1/10確率雨量（面積加重平均）＝116mm					

(2) 単位排水量の算出

計画基準雨量などをもとに、単位排水量を算出した。この算出は、排水解析モデルを用いて行った。

排水解析モデルは、本地区の流域状況（単一流域ではなく、複数流域に分かれる特性）から、「傾斜地域」の中の雨水流法キネマティックモデルを適用した（表-2）。

解析に使用するモデルは、前歴事業における流域内の水田（平地）および畑（丘陵地）の2モデルとし、水田（平地）モデルについては土地利用を考慮して、水稻作および畑作に細分化し、モデル区分および条件の設定を行った（図-2）。以上のモデルを用いて単位排水量を算定した結果、 $2.230\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ と決定した（表-3）。

表-2 排水解析モデル一覧

適用流域		傾斜地域			
分類	手 法	単位図法	計算法	雨水流法	
	モデル	単位図モデル	計算法モデル	タンクモデル	キネマティックモデル
モデルの適用	形 式	集中型モデル			分布型モデル
	モデルと条件	単位図	計算パラメータ (R, P, T)	流出孔係数 流出孔高 流出孔係数	斜面流動係数 (k, p) 河道流動係数 (k, p)
	入 力	有効降雨量		降雨量	有効降雨量
	出 力	直接流出量		流出量	直接流出量
	流域の取扱い	全 流 域			斜面 河道

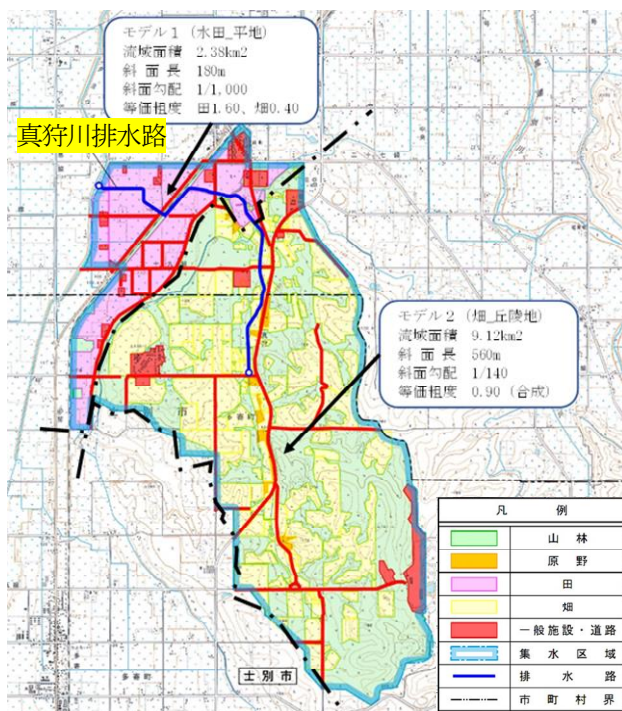


図-2 モデル区分及び条件設定

表-3 単位排水量の算出

区分		流出条件設定			排水量算定		
		斜面長	斜面勾配	等価粗度	ピーク流出量 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{ha}$)	流域面積 (km^2)	排水量 (m^3/s)
計画 ($R=116\text{mm}$)	水田_水田	180	1/1,000	1.60	0.0152	1.19	1.809
	水田_畑	180	1/1,000	0.40	0.0248	1.19	2.951
	畑	560	1/140	0.90	0.0229	9.12	20.885
	計					11.50	25.645
					$25.645 / 11.50 = 2.230\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$		

(3) 計画排水量の算出

図測から流域ブロックごとの流域面積を算出し、それぞれの地点の計画排水量を決定した（表-4、図-3）。

表-4 計画排水量の算出

整備区画名	平均排水量 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$)	流域面積 (km^2)	計画排水量 (m^3/s)	整備区画名	流域面積 (km^2)	計画排水量 (m^3/s)
真狩川排水路	2.230	11.5	26.645	整備区画A	2.38	5.30
	2.230	11.0	24.530	整備区画B	2.38	5.30
	2.230	10.9	24.207	整備区画C	2.38	5.30
	2.230	10.8	23.884	整備区画D	2.38	5.30
	2.230	8.9	19.847	整備区画E	2.38	5.30
	2.230	10.0	22.300	整備区画F	2.38	5.30
	2.230	10.0	22.300	整備区画G	2.38	5.30
	2.230	9.9	22.077	整備区画H	2.38	5.30
	2.230	8.9	19.847	整備区画I	2.38	5.30
	2.230	8.3	18.509	整備区画J	2.38	5.30

() 11. 真狩川排水路排水路Cと整備区画C

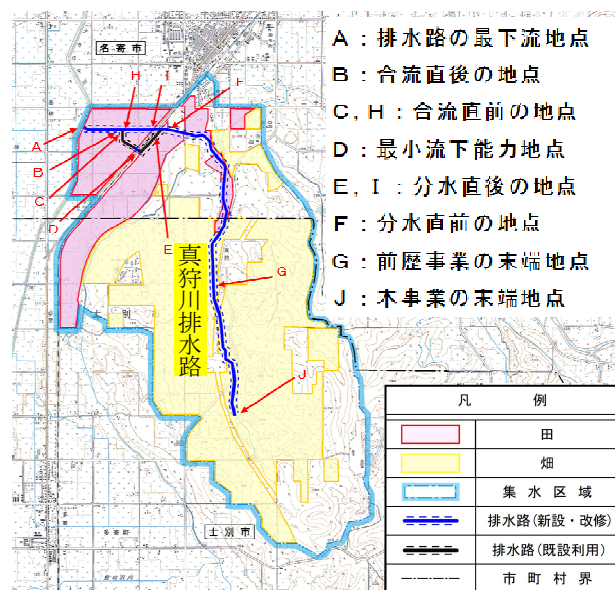


図-3 各地点の位置

3. 排水整備構想の検討

(1) 排水整備構想案について

本地区は、降雨条件や土地利用の変化により流出量が増加しており、流出量の増加に伴い、既設排水路の増量改修が排水対策となる。

真狩川排水路は前歴事業において、国道横断箇所は現況位置を通過させる路線選定がなされており、国道横断周辺の路線は小蛇行の路線配置となっている。このため、国道横断箇所は、現況路線を踏襲するか新設路線とするか複数案の整備構想が考えられる。

a) 現況拡幅案

真狩川排水路の現況路線を踏襲し、流量の増加分を敷幅拡幅で対応する。

現況路線位置を踏襲するため周辺環境の改変が少ない。

b) 現況増設案（推進工+開水路）

現況増設案（図-4）のように現況路線を踏襲し、流量

の増加分を敷幅拡張で対応する。国道横断部は既設利用し横に推進工を併設する。

横断サイホンに分合流するが一排水系統となる。

c) バイパス案（推進工+開水路）

バイパス案（図-5）のように現況路線を迂回し、最短で結ぶバイパス水路を増設する。国道横断部は推進工法（サイホン）とし、最短の150mの推進工で横断する。下流側の既設排水路に合流する間は開水路を新設し、合流させる。

工事費が最も経済的である。

d) バイパス単線案

バイパス単線案（図-6）のように現況路線を迂回し、最短で結ぶバイパス水路を造成する。既設排水路を使用せずに、計画流量全量をバイパス水路にて流下させる。

横断サイホンに分合流するが一系統の排水となるほか、路線の屈曲が無くなり線形がよくなる。

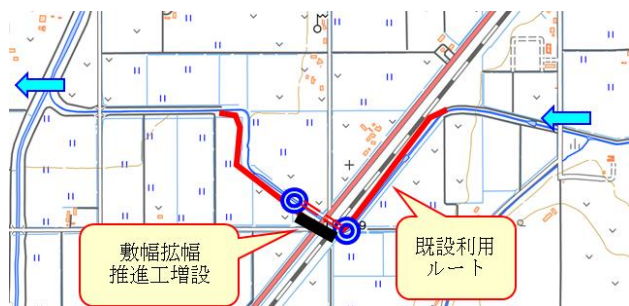


図-4 現況増設案 整備構想

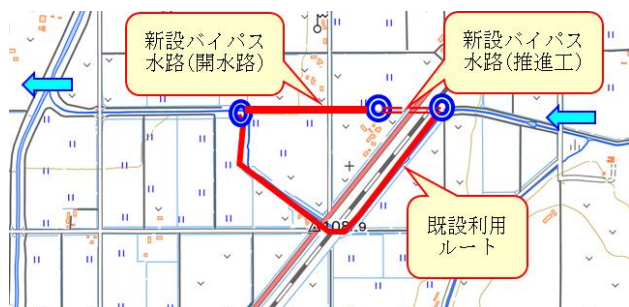


図-5 バイパス案（推進+開水路） 整備構想

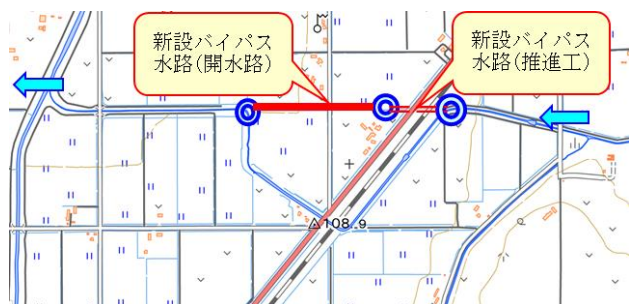


図-6 バイパス単線案 整備構想

(2) 構造の比較検討

以上の特徴を踏まえ、各構造について比較検討を行った結果、既設排水路を最大限活用し、新設するバイパス水路の規模を抑えることで最も経済的な、C) バイパス案（推進工+開水路）を採用した。

4. 分流工法の検討

(1) 分流工の必要性

採用したバイパス案（推進+開水路）では、新設するバイパス水路が洪水時に現排水路の負担を軽減することを目的としている。そのため、真狩川排水路の現況流下能力を十分に活用しつつ、超過した計画排水量を既設利用区間の直上流部で適切に洪水調整を行う機能を備えた分流工の設置が必要である。

(2) 機能条件

バイパス水路新設地点の計画流量は22.08m³/s、既設利用区間の現況流下排水量は13.46m³/sであり、これに区間流入2.01m³/sを考慮して、バイパス水路の排水量は10.63m³/sとした（図-7）。

(3) 構造形式

分流工の構造形式は、定量分式、操作分式、定比分式に分類される。

本地区では、それぞれの形式で比較検討を行った。分流工の構造形式を決定するにあたっては、本地区のバイパス水路を考慮した上で、用途に見合った構造とする必要があるため、各形式の特徴について整理した。

a) 定量分式（固定堰）

本形式は越流堤（固定堰）による分流及びサイホンによる分流量制御により、本線下流の流下量を設定し、設定量以上の出水時に自動的に分量を行う方法である（図-8）。

既設真狩川排水路の現状機能を越えた洪水発生時に操作無しで排水の管理が出来る。

b) 操作分式（可動堰）

本形式はゲートやバルブの人為操作もしくは機械自動操作により分水量を制御する方法である（図-9）。

状況に応じた流下量の分流が可能であり、被害発生区域の優先順位をある程度コントロールが出来る。一方で、ゲート操作を行うことから管理上の負担が生じる。

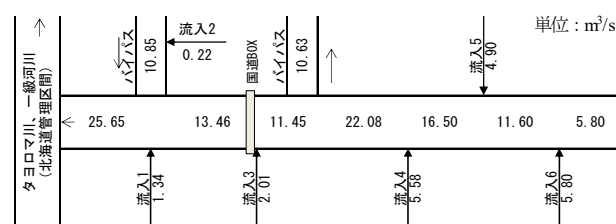


図-7 バイパス案における計画流量

c) 定比分水式（堰なし）

定比分水式は、水路幅比による流量の増減に関わり無く一定比率で分水する方法である（図-10）。

小流量から大流量まで、操作なしで両排水路に常時流下させることが可能で、片方が渇水になることが無い。

(4) 形式の比較検討

以上の特徴を踏まえ、各形式について以下のとおり比較検討した結果、総合的に優れる定量分水式を採用した。

a) 経済性

定量分水式、定比分水式は構造が単純であるため比較的安価になるが、操作分水式はゲートの構造物に要する工事費、維持管理費が大きいため、比較的高価になる。

b) 管理性

定量分水式は特段の操作は不要であり、1/10確率以上の雨が降った場合、被害を1箇所（新規バイパス水路）に集約が出来る。一方、定比分水式は特段の操作は不要であるが、1/10確率以上の雨が降った場合、被害が数カ所（既設真狩川排水路、新規バイパス水路）に発生する可能性がある。操作分水式は選任の管理人によるゲート操作を行うことから管理上の負担が生じる上、定比分水式同様、1/10確率以上の雨が降った場合、被害が数カ所に発生する可能性がある。

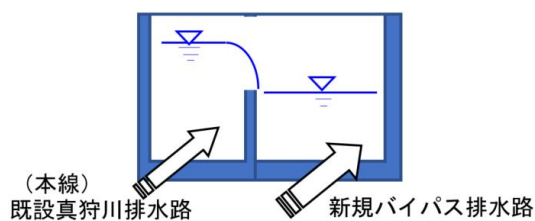


図-8 定量分水式のイメージ

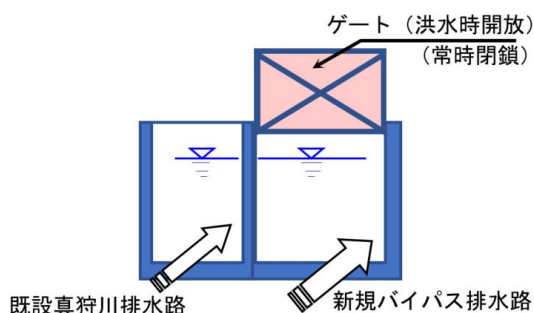


図-9 操作分水式のイメージ

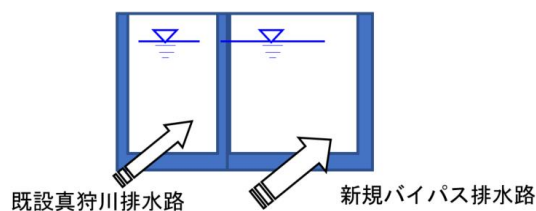


図-10 定比分水式のイメージ

5. 越流堤の検討

(1) 越流堤の必要性

定量分水式（固定堰）を採用する場合、分流工の下流で既設利用を行う真狩川排水路本線側の流下能力を超える流量が流下した場合に、洪水を取り込むための越流堤の設置が必要である。

(2) 越流堤形状の比較検討

越流堤形状は、「水理公式集」に記載されている台形堰（図-11）、刃形堰（図-12）、長方形堰（図-13）について以下のとおり比較検討した結果、経済性や施工性に有利な台形堰を採用することとした。

流れの方向

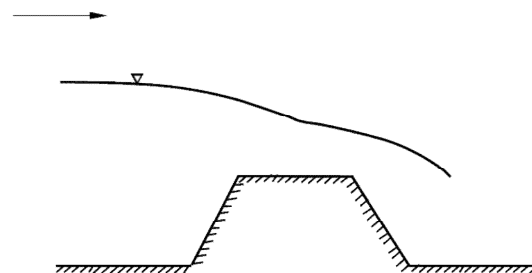


図-11 台形堰のイメージ

流れの方向

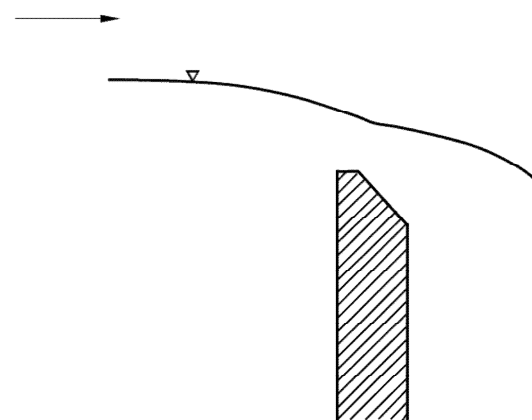


図-12 刃形堰のイメージ

流れの方向

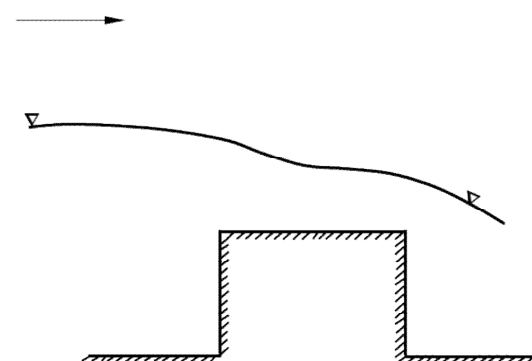


図-13 長方形堰のイメージ

a) 構造検討

バイパス水路への越流量 $10.63 \text{ m}^3/\text{s}$ を確保するために必要な越流堤の延長は、水深 0.5m 、せき高 1.0m とした時、台形堰が 14.59m 、刃形堰が 15.74m 、長方形堰が 16.74m となるため、越流堤の延長が最も短くなるのは台形堰であり、最も長くなるのは長方形堰である。

b) 経済性

台形堰は無筋コンクリート構造、刃形堰と長方形堰は有筋コンクリート構造となり、台形堰が最も安価で長方形堰が最も高価になる。

c) 施工性

刃形堰と長方形堰は鉄筋組立、型枠設置、コンクリート打設や養生と工種が多く、施工に手間を要するのに対して、台形堰は無筋コンクリートの打設のみであり、他案と比較して施工性がよい。

6. 現状の課題と対応

(1) 課題

a) 水理検討の確実性

本地区で採用した構造形式は整備事例が少ないことから、机上の計算どおり機能を発揮できないなどの課題が生じる可能性がある。

b) 越流堤部の土砂等堆積

台形堰・正面越流＋横越流方式を採用することにより、越流堤正面部に土砂等の堆積物がたまり易くなることによる維持管理上の困難が想定される。

(2) 対応

a) 構造の工夫

現場での流況に対して容易に改造できるように越流堤を無筋コンクリート構造とした。これにより、例えば分流量が水理検討結果と大きな差異が生じた場合でも天端高の上げ下げにより対応が可能となる。

b) 維持管理の方法

維持管理性を向上させるため、越流堤を流水に対して角度をつけることが検討されたが、設計基準等において、越流堤は流向に対して直角となることを基本としていることから採用を見送った。

堆積した場合に速やかに土砂を撤去できる体制を整えれば土砂が溜まりやすい状況も容易に維持管理が可能であると考えた。そこで、排水路の状況を確認したところ、越流堤部両岸の管理用道路から 0.8m^3 級バックホウを使用して土砂を撤去できることがわかった。

7. 終わりに

直轄明渠排水事業「風連多寄地区」は、昨年度から事業に着工し、事業工期は令和5年度から令和14年度までの10年間としている。本稿で取り上げた分流工は、令和9年度以降に実施する予定となっている。

まだ着工から月日が浅いため、工事に取り組んでから新たな問題に直面することも十分に考えられるが、一つ一つの課題を着実に解消させていくことで、今後の事業推進の糧としていきたいと考えている。

謝辞：（株）農土コンサル林英雄氏、並びに同社西野宏謙氏には本論文の執筆にあたり多くのご助言をいただいたことに謝辞を申し上げる。