

浄化型排水路の整備による水質浄化機能の検証 (第2報)

釧路開発建設部 根室中部農業開発事業所 ○菅原 悠介
羽生 哲也
水木 淳

北海道東部の酪農地帯では、降雨時に農用地等から流出する土砂及び肥料成分等により、水環境の悪化が懸念されている。このため、国営環境保全型かんがい排水事業「別海南部地区」では、資源（家畜ふん尿）循環を可能とするかんがい施設と併せて、水質浄化機能を有する「浄化型排水路」の整備を行っている。

本事業の「浄化型排水路」では、たん水被害等の解消とともに、土砂緩止林や排水調整池、遊水池等の附帯施設を整備することにより、河川の水質浄化を図ることとしている。

これらの施設の機能検証調査の概要等を報告する。

キーワード：環境保全型かんがい排水事業、浄化型排水路、水質調査、事業効果、酪農地帯

1. はじめに

北海道東部、根室支庁管内に位置する別海町（図-1）では、広大な牧草畑を活用した大規模な酪農が営まれており、降雨時に牧草畑から流出する土砂及び家畜ふん尿や肥料等に由来する水質汚濁物質が河川・湖沼等へ流入し、水質への影響が懸念されている。

このため、平成17年度より実施している国営環境保全型かんがい排水事業「別海南部地区」では、水質浄化機能等多面的な機能を持つ「浄化型排水路」の整備を行い、土地生産性の向上と併せて環境保全型農業の推進を図ることとしている。

本報では、第七川排水路（H19～H20排水路整備、H20～H21土砂緩止林植栽）に設置した排水調整池と遊水池の水質浄化機能について報告する。



図-1 位置図

2. 浄化型排水路の施設概要

浄化型排水路は、たん水、過湿被害の解消を図るほか、魚類及び水生生物の生息環境に配慮するため土水路構造に法面の植生被覆を基本とし、既存の水面落差が魚類の移動を阻害している場合はこれを解消する。また、幹線、支線排水路には遊水池、排水調整池を設け、土砂、水質汚濁物質の除去、流入防止を行う。更に水系の連続性を確保するため、「土砂緩止林」により、土砂流入抑制、水質汚濁物質の吸収のほか、昆虫類、魚類の飼料環境（落下昆虫）を確保すると共に、水質の浄化を図る（図-2）。

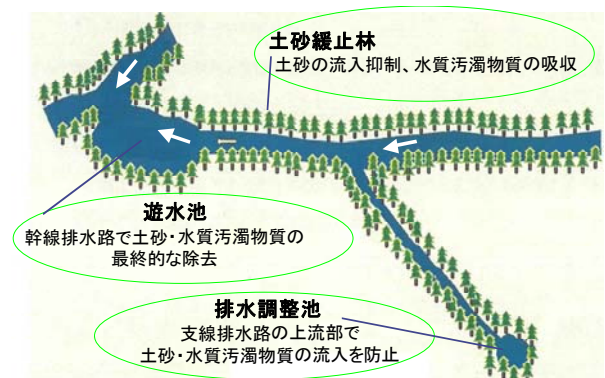


図-2 浄化型排水路の施設配置

(1) 土砂緩止林

土砂緩止林は、牧草畑や原野からの排水路への土砂等の流入抑制と併せて、法崩れを防ぎ排水路の機能保

全を図ると共に、排水路へ流入する水質汚濁物質を補足・吸収するため、排水路の両岸に設置する附帯施設である(写真-1)。林帯幅は地形条件等により10~25mとしている。植栽樹種は自然環境への配慮から、周辺地域に自生するヤチダモ、ハンノキ、ドロノキ、ミズナラ等を植栽することとしている。



写真-1 土砂緩止林植栽状況

(2) 排水調整池

排水調整池は、排水路上流の牧草畑や原野などから排水路への土砂流入を抑制し、排水路の機能保全を図ると共に、窒素、リン等の水質汚濁物質の沈殿を図り、水質浄化を行う幅広水路の堆砂池である(写真-2, 3)。施設規模は上流から流入する1年分の土砂量から決定する。



写真-2 第七川排水路排水調整池 写真-3 第七川1号排水路排水調整池

(3) 遊水池

遊水池は、幹線排水路の下流部に設置し、排水路に流入した土砂等の最終的な除去を図る施設である(写真-4)。遊水池の構造は、土砂の沈降除去を行う堆砂域と水生植物により水質汚濁物質の補足・吸収を行う植生域で構成され、植生域には、窒素・リン等の水質汚濁物質の吸収を目的にヨシ等を植栽する。

堆砂域の施設規模は、排水路流域から流入する1年分の土砂量から決定する。



写真-4 第七川排水路遊水池

3. 浄化型排水路機能調査

(1) 排水路の流域状況

第七川排水路(図-3)は、整備延長1.4km、縦断勾配1/29~1/140で流域面積は0.90km²(既存林0.12km²、牧草畑0.70km²、その他0.08km²)であり、整備前は土水路である。

流域は火山性土で広く覆われ、約8割は牧草畑として利用されている。排水路周辺には低位泥炭土が分布し、下流部は神風蓮川の河畔林帯となっている。

傾斜は概ね3°未満で、流域の西側ないし南側から排水路に向かって谷地形となっており、谷斜面の傾斜は概ね3~15°前後である。

標高は流域の西側から南側にかけて縁辺部では30~40mで、下流の神風蓮川付近では10m前後である。

流域には3戸の酪農家が所在し、ほぼ全流域で放牧がなされている。放牧頭数は約270頭であり、主に通年、一部1番草の収穫後に行われる。ふん尿は堆肥と液肥に分けて、1,2番草の収穫後(7月、9月)や秋季(10月)に牧草畑に散布される。

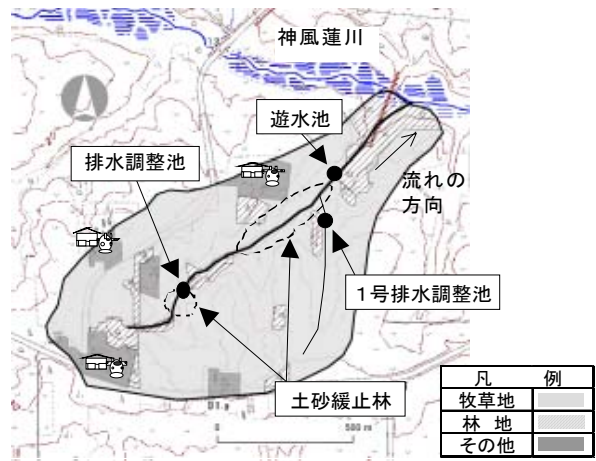


図-3 第七川排水路の流域状況

(2) 整備前の水質調査結果

第七川排水路では平成19年度に整備前における水質の把握を上流及び下流地点で実施。

調査期間：平成19年7月から12月

調査方法：平水時 人力採水

調査項目：BOD、COD_{Mn}、全窒素、全リン、流量等

BODは調査期間を通じて0.6mg/l前後で推移(図-4)。

COD_{Mn}は概ね2~6mg/l程度で推移し、BODに比べて高濃度となる傾向がみられた(図-4、図-5)。

全窒素は、調査期間を通じて上流地点で概ね2~3mg/l程度、下流地点で概ね1mg/l程度と変動が少なく

推移。上流地点は下流地点の値よりも高く、流域全体で窒素負荷が発生しているものと推察される（図-6）。

全リンは、調査期間を通じて概ね0.02~0.04mg/l程度で推移（図-7）。

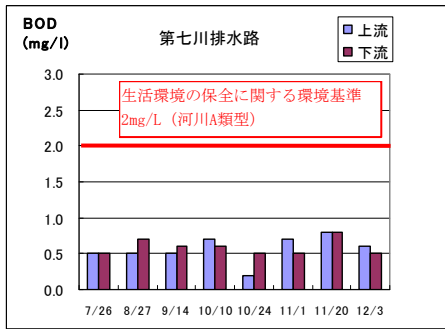


図-4 第七川排水路 BOD (H19)

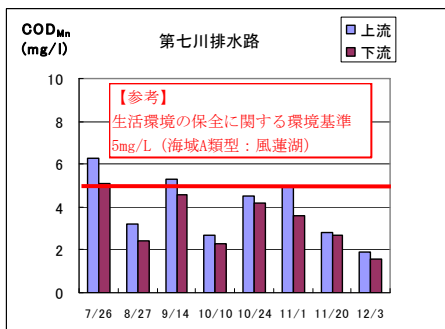


図-5 第七川排水路 COD_{Mn} (H19)

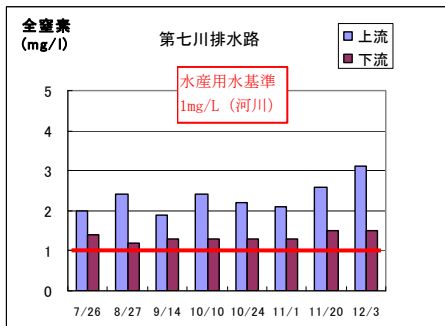


図-6 第七川排水路 全窒素 (H19)

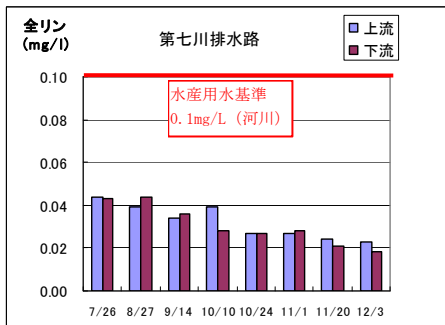


図-7 第七川排水路 全リン (H19)

上流地点が下流地点に比べて全窒素濃度が高い理由としては、畜舎周辺からの排水や施肥及びふん尿散布等によりそれらに含まれる窒素分が、上流地点において浸透流出してきていることが推察される。下流地点では、流域面積の増加に伴いこれらの営農活動による影響が弱まるため、相対的に低濃度で安定するものと考えられる。

(3) 施設配置

表-1に第七川排水路の附帯施設の諸元を示す。また、図-8に排水調整池の、図-9に遊水池の模式図を示す。

なお、遊水池の植生域については、平成20年にヨシを植えているが、その後の活着が悪く、浄化効果を発揮できる状況にはない。

表-1 各施設の基礎諸元

施設		第七川排水路	
名称	項目		
土砂緩止林	延長	m	
	林帯幅	10~25	
遊水池	規模	m	
	堆砂量	m ³ /年	
排水調整池	規模	m	
	堆砂量	m ³ /年	
1号調整池	規模	m	
	堆砂量	m ³ /年	

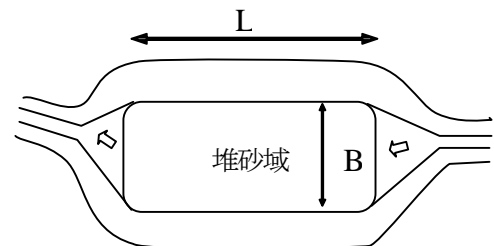


図-8 排水調整池模式図

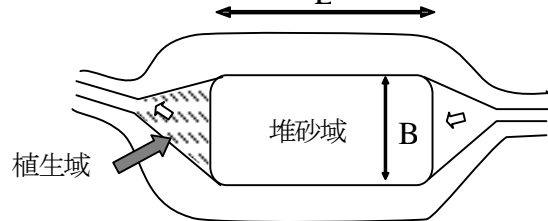


図-9 遊水池模式図

(4) 水質調査の概要

第七川排水路の排水調整池、遊水池では、施設の水質浄化機能を検証するため、平成20年から調査を行っている。（表-2に示す）

本調査では、表-2に示す以外の水質項目も分析しているが、各施設の水質浄化機能の主目的は、土砂の沈降と、平水時における栄養塩類の濃度低下である。よ

って、本報告では、表-2 に示す水質項目についての結果を報告する。ただし、平成 20 年 7 月の調査結果は、排水路改修工事の影響を受けているため考察から除外した。また平成 21 年の結果は、取りまとめの関係上 9 月までとしている。

表-2 調査の概要

年度	調査期間	調査項目
H20年	平水時 6月～11月	全窒素、全リン、SS、BOD COD、流量等
H21年	平水時 5月～11月	同上
	降雨時 8/31～9/2 9/28～9/30	全窒素、溶存態窒素、全リン、 オホリン酸態リン、SS、流量
備考		
<ul style="list-style-type: none"> 平水時調査は1回/月で、中旬～下旬に実施した。 降雨時の調査は、降雨開始直前から48時間行った。 対象降雨は、8/31～9/ 2;52mm、 9/28～9/30;25mm (アメダスデータ) 		

4. 浄化型排水施設の機能検証

(1) 汚濁物質の濃度変化からみた機能検証

表-3 に平水時調査結果による遊水池、排水調整池及び1号排水調整池の年平均濃度を示す。

平成20年の調査では、遊水池の全窒素、全リン、BOD、排水調整池の全窒素、全リン、SS、COD、1号排水調整池の全項目、それぞれの年平均濃度が流入部よりも流出部で低い結果となった。

平成21年の調査では、遊水池の全項目、排水調整池の全窒素、全リン、SSおよびCOD、1号排水調整池の全窒素、SSの年平均濃度が流入部より流出部で低下していた。

施設の流出部の濃度が流入部のそれよりも低下する現象は、施設内での沈降・沈殿作用が関与していると考えられるため、浄化効果の一つの指標となる。

このことから、流出部で流入部よりも濃度が低下している汚濁物質について、施設の水質浄化機能が発現している可能性が考えられた。

表-3 各施設の流入部の年平均濃度※と除去率

項目・調査箇所	施設	遊水池		排水調整池		1号排水調整池		
		H20	H21	H20	H21	H20	H21	
全窒素	流入部	mg/L	1.25	1.62	2.42	2.09	1.11	0.85
	流出部	mg/L	1.20	1.38	2.02	1.92	0.87	0.79
	除去率	%	4.0	14.3	16.6	8.4	21.5	6.5
全リン	流入部	mg/L	0.035	0.060	0.028	0.045	0.029	0.019
	流出部	mg/L	0.035	0.034	0.020	0.039	0.021	0.020
	除去率	%	1.1	44.3	27.3	13.6	27.8	0
SS	流入部	mg/L	3	8	3	5	12	5
	流出部	mg/L	3	5	2	4	3	4
	除去率	%	0	41.3	51.8	21.3	71.5	23.0
BOD	流入部	mg/L	1.7	2.2	0.5	0.3	0.5	0.2
	流出部	mg/L	1.4	0.3	0.9	0.8	0.5	0.3
	除去率	%	18.2	86.0	0	0	5.6	0
COD	流入部	mg/L	3.9	7.1	5.4	7.6	3.5	3.2
	流出部	mg/L	4.4	5.1	4.1	6.8	3.0	3.3
	除去率	%	0	28.1	23.0	10.9	14.2	0
流量	流入部	m ³ /s	0.0092	0.0296	0.0027	0.0114	0.0016	0.0080
	流出部	m ³ /s	0.0109	0.0323	0.0034	0.0151	0.0020	0.0067
	比率	流入/流出	1.18	1.09	1.24	1.33	1.26	0.84

※年平均濃度 = 年平均負荷量 / 年平均流量

(2) 汚濁物質の負荷量変化からみた機能検証

前項に示したように施設の流入部の濃度差は、施設の浄化効果の指標となり得る。

しかし、本事業で施工した各施設は、その下流部の河川に流入する水質汚濁物質の軽減が目的であり、各施設から流出する総負荷量が施設上流部（流入部）のそれよりもどれだけ減少しているかが重要となる。そのため負荷量による検証を行った。その結果を以下に示す。

表-4 は各施設の流入部の年平均負荷量と除去率（浄化効果）である。

表-4 各施設の流入部の年平均負荷量※と除去率

項目・調査箇所	施設	遊水池		排水調整池		1号排水調整池		
		H20	H21	H20	H21	H20	H21	
全窒素	流入部	mg/s	11.57	47.79	6.61	23.91	1.72	6.78
	流出部	mg/s	13.11	44.70	6.84	29.01	1.70	5.32
	除去率	%	0	6.5	0	0	1.3	21.5
全リン	流入部	mg/s	0.322	1.785	0.077	0.510	0.045	0.148
	流出部	mg/s	0.376	1.086	0.069	0.583	0.041	0.132
	除去率	%	0	39.2	9.9	0	9.2	10.5
SS	流入部	mg/s	30	237	9	58	18	38
	流出部	mg/s	36	152	5	61	7	25
	除去率	%	0	35.9	40.2	0	64.1	35.4
BOD	流入部	mg/s	15.9	65.0	1.4	3.1	0.8	1.4
	流出部	mg/s	15.4	9.9	3.0	12.1	0.9	2.0
	除去率	%	3.4	84.7	0	0	0	0
COD	流入部	mg/s	35.8	208.9	14.6	87.1	5.5	25.8
	流出部	mg/s	48.1	164.0	14.0	102.8	5.9	21.9
	除去率	%	0	21.5	4.5	0	0	15.3
流量	流入部	m ³ /s	0.0092	0.0296	0.0027	0.0114	0.0016	0.0080
	流出部	m ³ /s	0.0109	0.0323	0.0034	0.0151	0.0020	0.0067
	流出/流入		1.18	1.09	1.24	1.33	1.26	0.84

※年平均負荷量 = Σ(濃度 × 流量) / 調査回数

平成20年の負荷量による浄化効果を見ると、年平均濃度で流入部よりも流出部が低い結果となった遊水池の全窒素、全リン、排水調整池の全窒素、1号排水調整池のBOD、CODでも浄化機能の発現が認められない結果となった。

各施設の構造から考えて、流入部の流量はほぼ同程度となると予測されたが、平成20年の調査における各施設の年平均流量を見ると、遊水池、排水調整池および1号排水調整池で、流出部の流量が流入部の流量を上回っていた。その結果、流出部の負荷量が流入部の負荷量よりも大きくなり、浄化効果の発現が不明瞭な結果となった。

各施設は、流入部の護岸にフトンカゴを用い、多孔質な空間創出に配慮しているが、この空間に伏流が生じ、流量観測精度に影響を及ぼした可能性が考えられた。そこで、平成21年の調査では、各施設の流入部の流量測定箇所において、伏流が生じにくいように水路を造作し観測精度の向上を試みた。

これにより、遊水池では平成20年1.18だった流量比が平成21年には1.09に低下し、「流出部における濃度の低下 = 負荷量の低下」となり、濃度、負荷量ともに浄化機能が認められる結果となった。

それに対し、排水調整池の年平均流量は、流入部よりも流出部で多く、平成20年と同様に「流出部の濃度の低下＝負荷量の低下」が認められない結果となった。

この原因の一つに、施設内で発生している湧水の影響が考えられた。平成20年の調査では湧水が少量であったため、調査時、目視による確認が困難であった。しかし、多雨年であった平成21年の調査では湧水の発生は顕著で、目視でも確認できる状況であった。

また、1号排水調整池では、平成20年の流量は、流出部が流入部を上回っていたが、平成21年ではそれが逆転している。現地状況から、この原因として施設の堆砂量が考えられた。1号排水調整池の平成20年4月～11月までの堆砂量は約48m³と、本施設的设计堆砂量(約41.8m³)を上回っており、平成21年の調査は、その状態でいった。施設内は堆砂に占有され(写真-5参照)、流入する水量が堆砂下層部へ伏流が顕著となったため、流出部の流量が流入部のそれを下回ったものと判断できる。



写真-5 第七川1号排水路排水調整池の堆砂状況

以上のことから、平成21年の遊水池でみられるように、高精度な流量観測によって流入出部の流量差を縮減し、濃度および負荷量による水質浄化効果の検証が可能となった。しかし、排水調整池と1号排水調整池では、施設内での湧水発生や堆砂量など流量観測の精度向上だけでは対応できない課題も明確になった。

(3) 降雨時の調査結果

表-5に8/30～9/2、9/28～9/30に実施した降雨時調査時に流入出した水質汚濁物質の総量と除去率を示す。

調査の結果、各施設への流入出量が増加する降雨時でも、8月の降雨時では排水調整池のSS、1号排水路の全窒素、溶存態窒素で浄化効果が認められた。特に遊水池では、全ての項目で浄化効果が認められた。

9月の降雨時では、排水調整池の全リン、オルトリン酸態リン、SSで浄化効果が認められた。遊水池では8月の降雨時同様、全ての項目で浄化効果が認められた。

第七川排水路における浄化型排水施設は、土砂の沈降と平水時における栄養塩類の濃度低下を期待した施設である。そのため、降雨時のような高水量、高濃度の水が施設に流入した場合、その効果発現は困難と考

えられていた。

しかし、今回の結果では、浄化型排水施設の最下流である遊水池で、施設から流出する水質汚濁物質負荷量が低減していることが分かった。

以上のことから、降雨時でも浄化型排水施設の水質浄化機能が発現していると判断される。

表-5 降雨時調査における総負荷量と除去率

時期	地点	項目	項目				
			全窒素	溶存態窒素	全燐	オルトリン酸態燐	SS
降雨時: 8/30～ 9/2	遊水池	流入部 mg	38232	25863	4145	1434	1346770
		流出部 mg	29931	18582	2966	1265	588229
		除去率 %	21.7	28.2	28.4	11.8	56.3
	排水調整池	流入部 mg	8486	7468	1094	616	297267
		流出部 mg	14278	10949	2156	1123	252661
		除去率 %	0	0	0	0	15.0
	1号排水調整池	流入部 mg	4714	3155	837	370	423903
		流出部 mg	4292	2990	845	402	444693
		除去率 %	8.9	5.2	0	0	0
降雨時: 9/28～ 9/30	遊水池	流入部 mg	8614	7101	595	177	180757
		流出部 mg	5303	4458	369	121	80636
		除去率 %	38.4	37.2	38.0	31.5	55.4
	排水調整池	流入部 mg	2202	1823	172	64	49841
		流出部 mg	2223	1993	141	61	22571
		除去率 %	0	0	17.9	4.3	54.7
	1号排水調整池	流入部 mg	652	576	78	36	37676
		流出部 mg	889	718	112	44	45281
		除去率 %	0	0	0	0	0

黄色 浄化効果が認められる
灰色 浄化効果が不明瞭

5. まとめ

別海南部地区の第七川排水路における平水時の遊水池、排水調整池、1号排水調整池の水質浄化機能は、施工初年の平成20年では、流量観測の精度にも問題があり明確な浄化機能は認められなかった。しかし、流量観測の精度向上に努めた平成21年の調査では、遊水池で上、下流部の流量差が縮減され、濃度、負荷量ともに有効な水質浄化を示す結果が得られた。

それに対し排水調整池では、当初想定していなかった湧水による影響があり、流量観測の精度向上だけでは対応できない課題が明確となった。また1号排水調整池においては、降雨による排水路面の浸食により計画堆砂量を超える土砂が堆積し、施設が本来の機能を発揮できない状況での測定となったため、検証結果に影響を及ぼした。

ただし平成21年の調査結果では、各施設の最下流である遊水池において、上流から流入する汚濁物質が、施設内を流下することによって濃度、負荷量ともに減少し、水質浄化機能が発現しているものと推察できる。

また、周辺牧草地などからの表面流去水の影響も受けている高流量、高栄養塩濃度の水が施設内へ流入する降雨時においても、遊水池は流入部よりも流出部の負荷量が低下しており、降雨時にも水質浄化機能が発現しているものと推察できる。

次年度以降の調査については、今回の調査結果で明らかとなった湧水量の把握や堆砂の除去等の課題を踏まえつつ、さらなる調査精度の向上を目指すこととしたい。