

国営環境保全型かんがい排水事業「別海地区」 の事業実施による水質浄化効果の検証

釧路開発建設部 農業環境保全対策官付 田中 真也
伊東 耕

北海道東部は、冷涼な気象条件と広大な土地資源を背景にして、昭和30年代から根釧パイロットファーム建設事業や新酪農村建設事業など国家プロジェクトによる酪農基盤の整備が行なわれ、現在では日本を代表する大規模酪農地帯として発展し、安定的食料基地として役割を果たしている。

規模拡大が進む一方で、地域農業は農業用排水施設等の老朽化が進むとともに、火山性土壌の特性や酪農経営の影響による河川・湖沼等の水質への影響が懸念されていた。

そのため、国営環境保全型かんがい排水事業「別海地区」では、水質浄化機能を有する排水路及び肥培かんがい施設を整備しており、事業実施による水質浄化効果の検証結果について報告する。

キーワード：環境保全型かんがい排水事業、浄化型排水路、水質浄化、事業効果

1. はじめに

北海道東部、根室管内に位置する別海町（図-1）では、広大な草地を活用した大規模な酪農が行われており、農用地等から流出する土砂、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た。



図-1 位置図

このため、平成11年度より国営環境保全型かんがい排水事業「別海地区」を実施し、水質浄化機能等多面的な機能を持つ農業用排水施設の整備を行い、環境保全型農業の推進を図るものとした。

本文では、「別海地区」の事業実施による水質浄化効果の検証結果について報告するものである。

2. 別海地区の事業概要

「別海地区」は、平成11年度に事業を着手、平成19年度に完了し、別海町の中心部を貫流する西別川下流の酪農地帯7,800haを対象に用水路14条全長71km、肥培施設24箇所、排水路30条全長44kmを整備している。

本事業における排水路の整備は、土水路構造を基本とし、「土砂緩止林」・「遊水池」・「排水調整池」の水質浄化機能を持つ施設を付帯する構造としている。

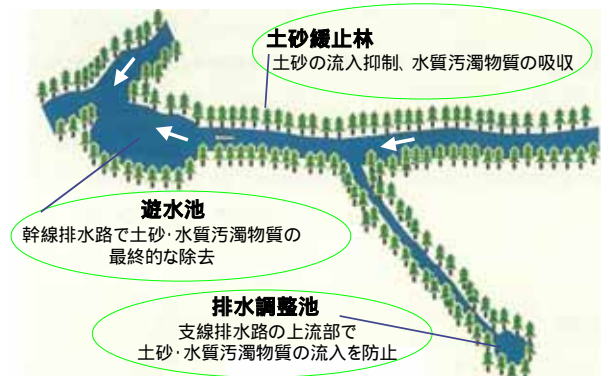


図-2 浄化型排水路の施設配置

(1)土砂緩止林の構造

土砂緩止林は、牧草畑や原野から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している。（写真-1）

植栽樹種は自然環境への配慮から、周辺地域に自生しているヤチダモ、ハンノキ、ドロノキ、ミズナラ等を主体に植栽している。



写真-1 土砂緩止林の整備状況

(2)遊水池の構造

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-2)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-2 遊水池の整備状況

(3)排水調整池の構造

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や畜舎からの汚濁水の流入を抑制するもので、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降を図り、水質浄化を行う幅広水路の堆砂池である。(写真-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-3 排水調整池の整備状況

3. 河川水質モニタリングの水質浄化効果検証

(1)河川水質モニタリングの調査概要

国営環境保全型かんがい排水事業は、その実施要綱・要領で「環境保全型農業農村基本計画」の作成が義務づけられており、同計画の中で各種事業の実施による環境保全効果を検証するために、別海町内の主要河川における水質モニタリングを実施することとされている。(表-1、図-3)

「別海地区」では、地区内外を流下する西別川水系で実施した水質調査結果を使用して水質浄化効果の検証を行うこととし、検証にあたっては農業生産活動に伴う水質負荷物質である全窒素、全リンに着目した。

表-1 別海町における水質モニタリング地点

河川名	調査地点	調査回数
西別川	1 新生橋	年8回(4月~11月の月1回)
	2 西別川橋	"(")
	3 長栄橋	"(")
清丸別川	4 共栄橋	"(")
風蓮川	5 風蓮橋	"(")
ヤウシュベツ川	6 浄美橋	"(")
ボンヤウシュベツ川	7 克巳橋	"(")
床丹川	8 第1床丹橋	"(")
春別川	9 春絵橋	"(")
オンネベツ川	10 不二岡橋	"(")
シカルンナイ川	11 然内橋	"(")
第二西別川	12 北島橋	"(")

モニタリング項目

農業生産活動に伴う負荷物質に関する項目・・・全窒素、全リン
 河川の水質環境基準に関する項目・・・PH、BOD、SS、DO、大腸菌群数

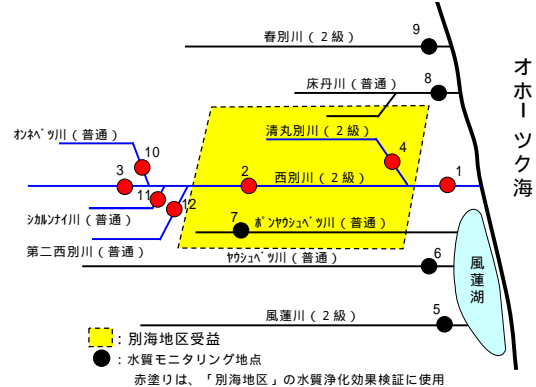


図-3 河川モニタリング調査位置図

(2)河川水質モニタリングの調査結果

a)別海地区の進捗状況

肥培施設の整備は、平成12年に開始され平成19年に完了している。また、排水路の整備は、平成13年に開始され平成19年に完了している。(図-4)

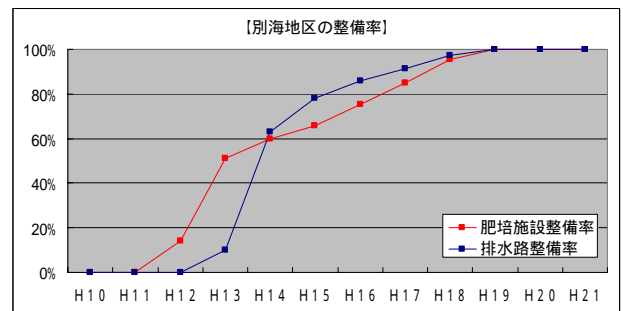


図-4 別海地区の整備進捗率

b)西別川におけるモニタリングの結果

西別川の水質モニタリングは、地区内の下流地点(新生橋)、地区内の中間点(西別川橋)及び地区外の上流地点(長栄橋)の3地点で実施しており、それぞれ平水時における年平均濃度の変化をグラフに表した。(図-5、図-6)

全窒素は、「別海地区」の整備率が6割を超えた平成16年に濃度の低下が確認されたが、平成18年と平成21年に高い値を示した。これは、年間降水量が多かったことが要因と考えられる。

また、整備前は3地点のうち下流地点(新生橋)の濃度が最も高い値を示しているのに対し、整備後は中間点

(西別川橋)と同等の値、若しくは逆転している状況から、整備区域内から河川へ流出する負荷物質の軽減が図られていることが確認出来た。

全リンは、降水量の影響も無く平成16年以降安定して低い値で推移している状況が確認された。

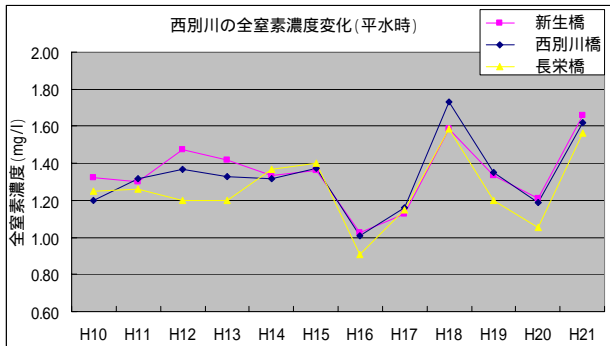


図-5 西別川の全窒素濃度の経年変化

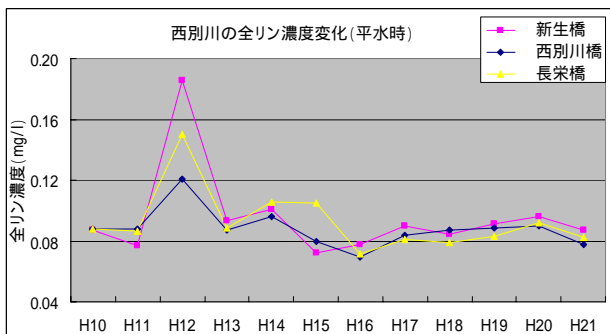


図-6 西別川的全リン濃度の経年変化

c) 清丸別川におけるモニタリングの結果

清丸別川の水質モニタリングは、流域全体が別海地区の受益地になっていることから下流部(共栄橋)のみでモニタリングを実施した。(図-7、図-8)

全窒素は、西別川とほぼ同じ変動を示したが、負荷濃度は西別川と比べて低い値であった。特に年間降水量の多かった平成18年と平成21年の差が大きいことから降雨増水時に整備流域の方が負荷濃度が低くなっていることが確認された。

全リンは、平成14年以降は、安定して低い値で推移している状況が確認された。

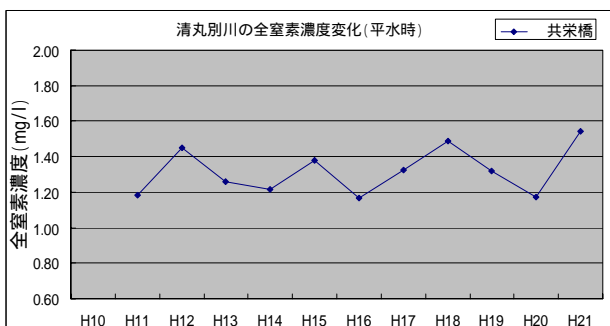


図-7 清丸別川の全窒素濃度の経年変化

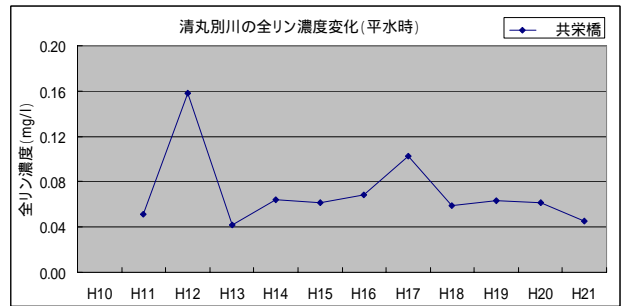


図-8 清丸別川的全リン濃度の経年変化

更に、清丸別川の整備完了後の負荷濃度と同じ西別川の支流河川で未整備の河川の負荷濃度を比較すると全窒素について整備河川である清丸別川の濃度が低い値であることが確認された。(表-2)

表-2 清丸別川と未整備河川の比較

河川名	流域面積 (ha)	耕地面積 (ha)	全窒素濃度	全リン濃度
			H18~H21	H18~H21
清丸別川 (別海地区)	1,911	1,375	1.25	0.06
オネベツ川 (未整備)	3,801	2,775	2.57	0.06
シカルンナイ川 (未整備)	8,248	6,788	1.61	0.10
第2西別川 (未整備)	522	469	1.80	0.07

(3) 年間負荷量の削減量の算定

長栄橋と新生橋の年間負荷量の差から「別海地区」から西別川に流入する年間負荷量を算定し、事業の実施前後で比較したところ、全窒素で76 t/年、全リンで1 t/年の削減量が算出された。(図-9、表-3)

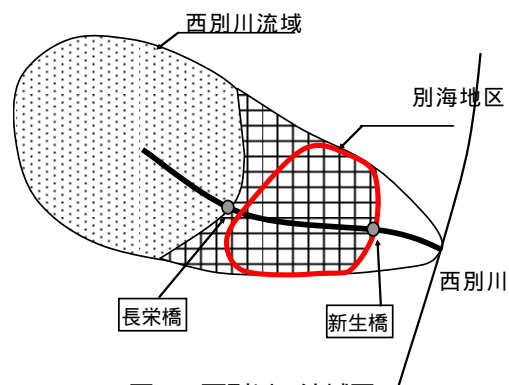


図-9 西別川の流域図

年間負荷量(t/年)

$$= \text{水質濃度}(\text{mg/l}) \times \text{流量}(\text{m}^3/\text{s}) \times 86,400 \text{秒} \times 365 \text{日} \times 10^{-6}$$

表-3 年間負荷量の比較表

	全窒素 年間負荷量	全リン 年間負荷量	備考
事業実施前	221 t/年	10 t/年	H3~H9の実測値
事業完了後	145 t/年	9 t/年	H19~H21の実測値
削減量	76 t/年	1 t/年	

(4)降雨増水時におけるモニタリングの概要

降雨増水時に流域内から流出する負荷量は、年間負荷量の約6割を占めるとの研究報告が出されており、降雨増水時における水質浄化効果を確認するため水質モニタリングを行った。

降雨増水時の負荷濃度は、その時の降水量つまり河川流量に左右されることから、負荷量と流量の相対グラフを作成することとした。(図-10)

また、降雨増水時における事業実施前の水質モニタリングを行っていないため、事業実施河川(清丸別川)と同流域内の事業未実施河川(オンネベツ川、シカルンナイ川、第2西別川)の降雨増水時の観測データ(H18~H21)を基にそれぞれグラフを作成した。

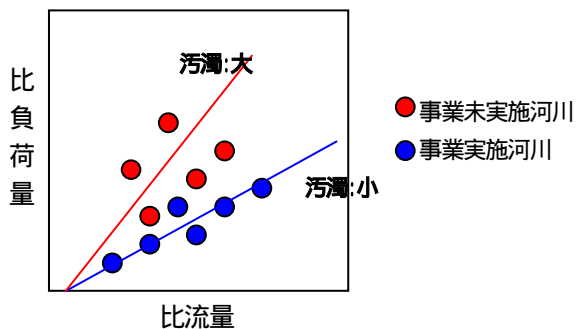


図-10 解析イメージ図

(5)降雨増水時におけるモニタリングの結果

全窒素・全リン共に、事業実施河川のグラフ(青線)の方が下に位置しており、同一の比流量における比負荷量の値が低いことが分かり、降雨増水時においても水質浄化効果が発揮されていることが確認出来た。

また、比流量が大きくなるにつれてグラフの間隔が広がりを増していることから降水量が大きくなるほど高い水質浄化効果を発揮することも確認出来た。(図-11、図-12)

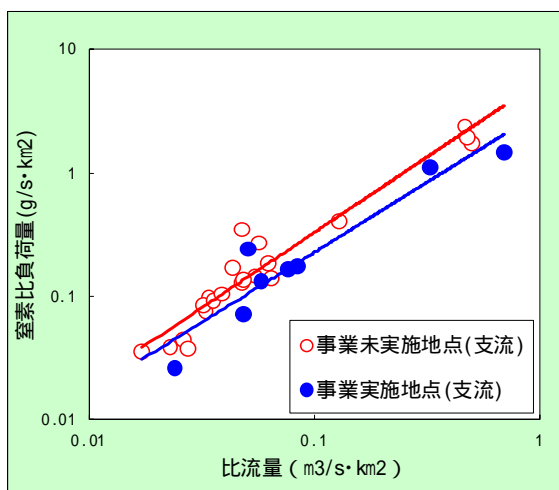


図-11 降雨時における全窒素濃度のL-Q式

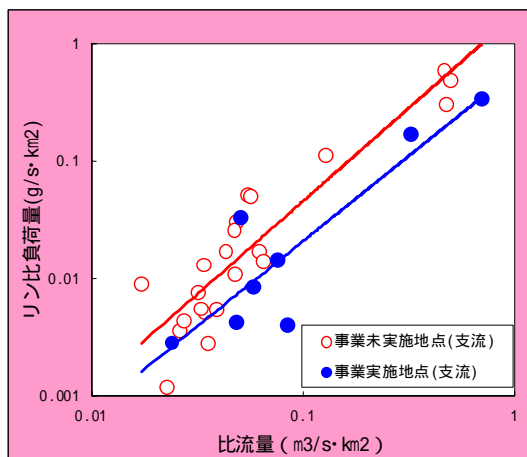


図-12 降雨時における全リン濃度のL-Q式

4. 浄化型排水施設の水質浄化効果検証

(1)浄化型排水施設の水質モニタリングの調査概要

浄化型排水施設の水質モニタリングは、「遊水池」と「排水調整池」において流入部と流出部の負荷濃度の差から除去率を算定し、水質浄化機能の発現状況の検証を行った。

(2) 浄化型排水施設の水質モニタリングの調査結果

a)遊水池の除去機能

遊水池の除去率を平均すると全窒素で2.4%、全リンで-11.4%であった。(表-4)

事業実施後は、遊水池に流入する負荷物質が低濃度となったため、除去機能が発揮されているか不明瞭であった。

表-4 遊水池における除去率(平水時)

項 目	施 設	遊水池			平均値
		第三清丸別排水路 H19~H21	第五清丸別排水路 H19~H21	ボン北川排水路 H19~H21	
全窒素	流入部 mg/l	1.52	1.40	1.67	2.4%
	流出部 mg/l	1.51	1.36	1.61	
	除去率 %	0.7%	2.9%	3.6%	
全リン	流入部 mg/l	0.086	0.038	0.030	-11.4%
	流出部 mg/l	0.083	0.051	0.031	
	除去率 %	3.5%	-34.2%	-3.3%	

b)排水調整池の除去機能

排水調整池の除去率を平均すると全窒素で10.0%、全リンで-15.8%であった。(表-5)

遊水池同様に、低濃度の負荷物質が流入しているため、除去機能が発揮されているか不明瞭であった。

表-5 排水調整池における除去率(平水時)

項 目	施 設	排水調整池		平均値
		第三清丸別1号排水路 H19~H21	第五清丸別3号排水路 H19~H21	
全窒素	流入部 mg/l	2.88	1.07	10.0%
	流出部 mg/l	2.41	1.03	
	除去率 %	16.3%	3.7%	
全リン	流入部 mg/l	0.034	0.014	-15.8%
	流出部 mg/l	0.035	0.018	
	除去率 %	-2.9%	-28.6%	

c)土砂緩止林の除去機能

土砂緩止林は、植樹して間もないことからモニタリングを実施していないため、類似事例として平成14年及び平成20年に寒地土木研究所で実施した既存林における浄化効果の試験結果を基に除去率を算定すると、それぞれ全窒素で37%、全リンで70%になった。

(3)降雨増水時におけるモニタリングの調査概要

平水位時では、河川へ流入する負荷物質が低濃度であったが、降雨増水時には高濃度の負荷物質が河川へ流入することから、「沈砂池」や「排水調整池」の除去機能の発現状況を調べるため水質モニタリングを行った。

平成21年4月の降雨時(55mm/日)データにより検証を行った。

(4) 降雨増水時におけるモニタリングの調査結果

a)遊水池の除去機能

遊水池の除去率を平均すると全窒素で38.4%、全リンで65.3%であり、平水時と比べて高い除去率が確認された。(表-6)

表-6 遊水池における除去率(降雨増水時)

項目	施設	遊水池			平均値
		第三清丸別排水路	第五清丸別排水路	ボン北川排水路	
		H21	H21	H21	
全窒素	流入部 mg/l	3.30	3.20	2.60	
	流出部 mg/l	2.50	1.40	1.70	
	除去率 %	24.2%	56.3%	34.6%	38.4%
全リン	流入部 mg/l	0.310	0.270	0.160	
	流出部 mg/l	0.160	0.056	0.051	
	除去率 %	48.4%	79.3%	68.1%	65.3%

b)排水調整池の除去機能

排水調整池の除去率を平均すると全窒素で29.4%、全リンで59.3%であり、平水時と比べて高い除去率が確認された。(表-7)

表-7 排水調整池における除去率(降雨増水時)

項目	施設	排水調整池		平均値
		第三清丸別1号排水路	第五清丸別3号排水路	
		H21	H21	
全窒素	流入部 mg/l	4.70	2.70	
	流出部 mg/l	3.40	2.10	
	除去率 %	27.7%	22.2%	29.4%
全リン	流入部 mg/l	0.330	0.210	
	流出部 mg/l	0.100	0.120	
	除去率 %	69.7%	42.9%	59.3%

5. 肥培かんがいによる水質浄化効果検証

(1)肥培かんがいによる水質浄化効果

肥培かんがいの導入によって、家畜ふん尿が適正に加水・曝気処理されることで良質なスラリーが生成される。

良質なスラリーは、散布時に土壌への浸透能が高まり、牧草が肥料成分を土中から効果的に吸収することで河川への汚濁物質の流出軽減や臭気対策が図られる。(図-13)



図-13 肥培かんがいの効果

(2)購入肥料の削減による水質浄化効果

事業完了後のアンケート調査で全受益者から購入肥料費の削減効果があったことが確認されたことから、良質なスラリーが生成されることよって、牧草の吸収が高まり購入肥料投入量の削減が可能となった。また、購入肥料の投入量減少に伴って流出する汚濁物質の削減も図られる。(図-14)

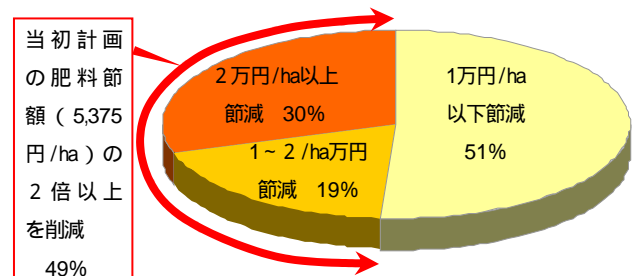


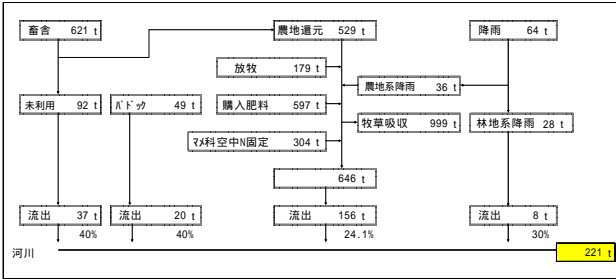
図-14 購入肥料費削減のアンケート結果

6. 全窒素・全リンの収支計算

これまでの水質モニタリングの結果等を基に、畜舎から河川へと流出する全窒素と全リンの負荷量を収支計算により算出すると事業実施前時点(平成7年)の年間負荷量に対して全窒素で77t/年、全リンで4t/年の削減量が算定された。(表-8)

また、収支フロー図から肥培かんがいの導入により牧草吸収量の増大や購入肥料の投入量減少が図られたことや、「土砂緩止林」の設置によって、河川内へ流入する手前で負荷物質の軽減が図られたため、「遊水池」や「排水調整池」に流入する負荷物質が低濃度であることが確認出来た。(図-15、図-16)

【現況】 事業実施前における窒素収支計算



【事業実施後】 整備が完了後における窒素収支計算

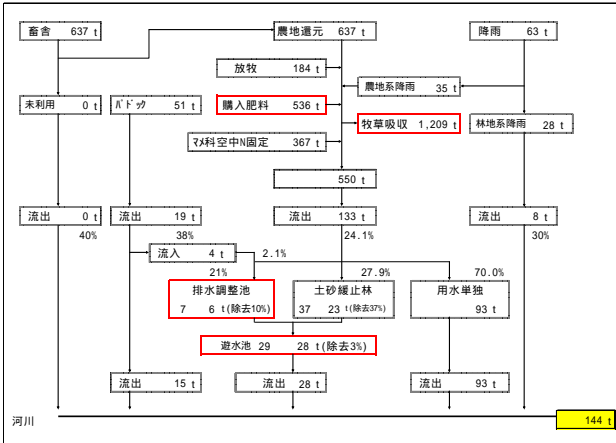
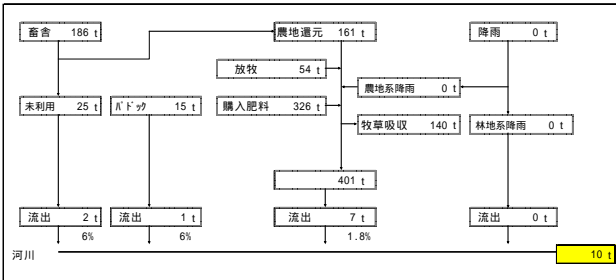


図-15 全窒素の収支フロー図

【現況】 事業実施前におけるリン収支計算



【事業実施後】 整備が完了後におけるリン収支計算

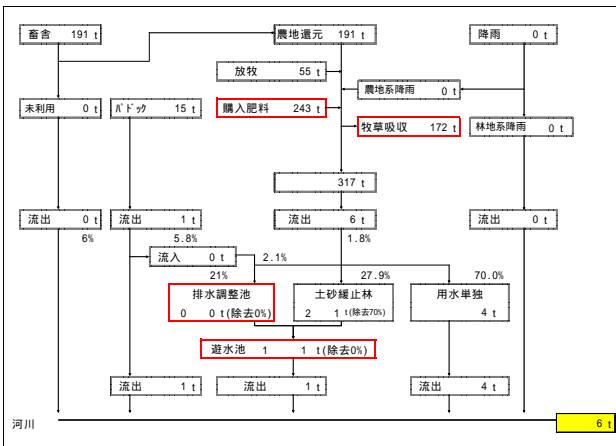


図-16 全リンの収支フロー図

表-8 年間負荷の比較表

	全窒素 年間負荷量	全リン 年間負荷量	備 考
事業実施前	221 t / 年	10 t / 年	H7時点
事業完了後	144 t / 年	6 t / 年	H21時点
削減量	77 t / 年	4 t / 年	

7. 浄化型排水施設の土砂抑止効果の検証

「遊水池」及び「排水調整池」における堆積土砂量の観測は行っていないが、目視でも分かる量の土砂の堆積状況が確認された。(写真-4)



写真-4 遊水池の堆砂状況

また、遊水池のSSの削減状況を見ると平水時は、流入するSSの値が低く逆転現象が生じていたが、降雨増水時には大きな削減機能を発揮していた。(表-9)

土砂抑制効果についても、降雨増水時で高い効果が発揮されることが分かった。

表-9 遊水池におけるSSの削減率

項 目	施 設	遊水池			平均値
		第三清丸別排水路 H21	第五清丸別排水路 H21	ポン北川排水路 H21	
SS (平水時)	流入部 mg/l	1.0	1.0	2.0	-150.0%
	流出部 mg/l	3.0	3.0	3.0	
	除去率 %	-200.0%	-200.0%	-50.0%	
SS (降雨増水時)	流入部 mg/l	39.0	47.0	89.0	84.7%
	流出部 mg/l	11.0	2.0	12.0	
	除去率 %	71.8%	95.7%	86.5%	

8. まとめ

本報告の通り、国営環境保全型かんがい排水事業「別海地区」の事業実施により水質浄化効果が発揮されていることが確認された。その効果は、肥培かんがいの導入による牧草吸収量の増大や購入肥料の投入量減少によって負荷物質の軽減が図られたこと、また、浄化型排水施設の設置により、河川へ流入する前に水質改善が図られていることが分かった。

更に、降雨増水時には多くの負荷物質が河川へと流れ込み、「遊水池」や「排水調整池」で高い除去機能を発揮していることが分かった。

このことから、国営環境保全型かんがい排水事業における水質改善効果は、浄化型機能を有する排水路の整備のみならず肥培かんがい施設の整備と併せて実施することで期待する水質改善効果が発揮されることが分かった。

今後は、この水質浄化効果が持続的に発揮するために、施設を適切に管理していくことが必要である。