

平成 22 年 5 月 1 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007 ～ 2009

課題番号：19780177

研究課題名 (和文) 寒冷地における浄化型排水路の機能評価とメカニズムの解明

研究課題名 (英文) Evaluation of water purification and consideration of the purification mechanism in drainage ditch with purified function

研究代表者

山本 忠男 (YAMAMOTO TADAO)

北海道大学・大学院農学研究院・助教

研究者番号：00312398

研究成果の概要 (和文)：本研究では，農業流域に設置された浄化型排水路の機能評価とそこでの水質浄化のメカニズムに関する検討をおこなった。その結果，対象とした浄化型排水路では，窒素成分の浄化効果が維持されており，平水時に限らず降雨時にもその機能を発揮することが認められた。また，窒素収支から水質浄化の効果は脱窒による影響が大きいことも確認できた。

研究成果の概要 (英文)：Evaluation of water purification and consideration of the purification mechanism in drainage ditch with purified function were study objects. As a result, the purified function for nitrogen components has been kept since its improved, and the purification effect showed at the rainfall period as well as no rainy days. Moreover, it was confirmed that nitrogen purification depended on the denitrification greatly.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,800,000	0	1,800,000
2008 年度	700,000	210,000	910,000
2009 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	450,000	3,750,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業土木学・農村計画学

キーワード：水質浄化，窒素，脱窒，酪農流域

1. 研究開始当初の背景

現在，農業流域からの栄養塩類負荷流出が問題となっている。この問題に対処するために，農地への施肥の適正化をはかることで負荷源からの流出を抑制することが重要であるとされている。一方，これまでの過剰な施肥によって農地土壌の栄養塩類は飽和状態

にあり，施肥の削減をこころがけても，流出抑制の効果は顕著に現れないと云う見方もされている。そのため，施肥対応だけでなく，農地から河川や排水路に流出した負荷を流下過程において湿地や植生，さらにはある種の施設によって補足する手段も講じられている。これまで自然河川の流下過程や水路に

設けた廃棄物などに通水することで、栄養塩類の水質濃度や負荷が減少するといった報告はあり、独自の調査でもその効果については確認している。

現在、環境配慮の目的で浄化効果を期待した排水路整備が広く進められてきているが、それら人工的な浄化施設の機能評価となると十分な調査はされておらず、今後の展開には、浄化効果を明確にすることが必要であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、排水路整備などにもない設置された浄化施設（浄化型排水路）の機能を水質環境に着目して評価し、それら施設の効果と適正な配置についての有効な手法を検討することを目的とする。

3. 研究の方法

浄化型排水路の水質浄化効果を以下の視点に着目して評価することとした。

- (i) 水質浄化機能の経年変化の把握
- (ii) 平水時と降雨出水時の浄化効果の把握と予測
- (iii) 浄化型排水路における浄化機能のメカニズムの解明
- (iv) 積雪期や融雪期の浄化効果の把握

調査は北海道根室地域の別海町・清丸別川流域の排水路（図1）で実施した。この排水路は、排水改良に加え面源負荷対策として2005年に整備された。図1のNo.1-2区間とNo.5-6区間は、高水敷幅約5mの複断面となっており、低水路には小規模のプールを設け、河川水はプールを蛇行して流下するように改修された。No.1,3,6の3地点には水位計

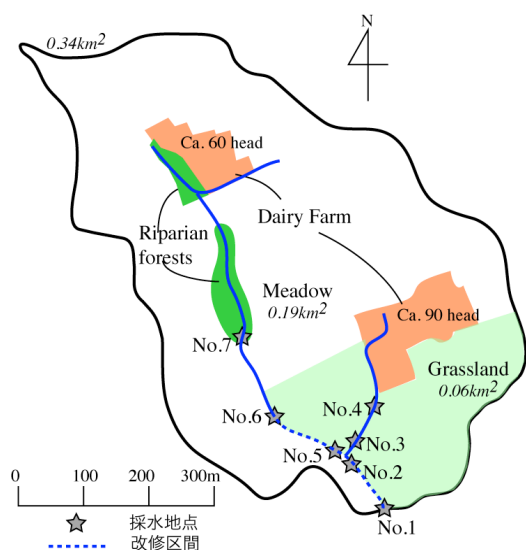


図1 調査地概要

と量水標を設置し、現地調査の際に流量観測を実施した。2007-2009年の平水時には1ヶ月に1回程度の頻度で採水をおこなった。降雨時の観測は2007,2008年に実施し、No.1,3,5,6の各地点に自動採水器を設置し、5mm h⁻¹以上の降雨時に24h連続採水（1h間隔）を行った。採水できた降雨イベントは2007,2008年で4回ずつあった。水質分析項目は、N, Pに関する成分、SSであり、分析方法はJISに準拠した。

また、2008, 2009年の5月と11月にコドラート法による植生の調査と採取および底質を採取し、それぞれの乾燥重量を測定し、CNアナライザーを用いて窒素含有量を測定した。

4. 研究成果

(1) 流下にもなう水質浄化効果の変化

ここでは特に整備された上下流間（No. 5-6）における水質浄化効果（図2）について説明する。

下流濃度（No. 5）/上流濃度（No. 6）を濃度比と称する。T-Nでは改修前からも濃度比が1.0以下であったが、改修後はその比がより小さくなった。NO₃-Nでは改修前は比が1.0をおおきく超過していたが、改修後には常に1.0を下回る状態が続いている。また、整備後一年程度は徐々に濃度低下がすすみ、その後はほぼ一定の割合で推移する傾向があった。

すなわち、浄化型排水路では流下に伴い濃度が低下し、その効果はとくにNO₃-Nで大きいと判断できる。いっぽう、NH₄-Nについては

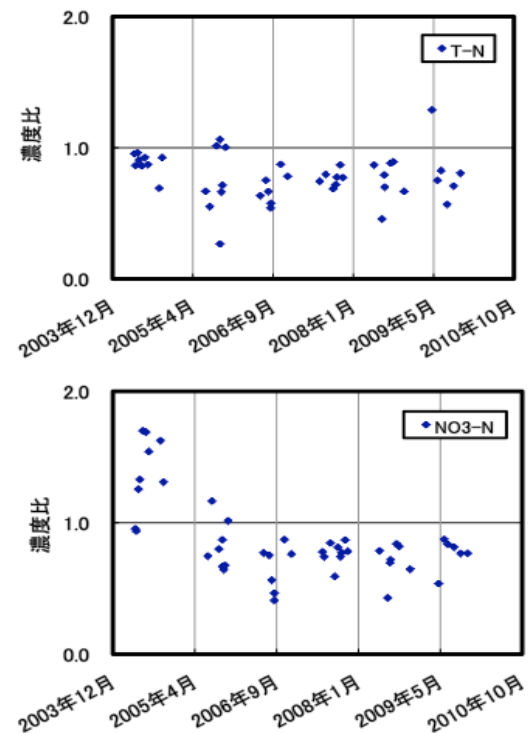


図2 上下流点（No. 5, 6）の濃度比

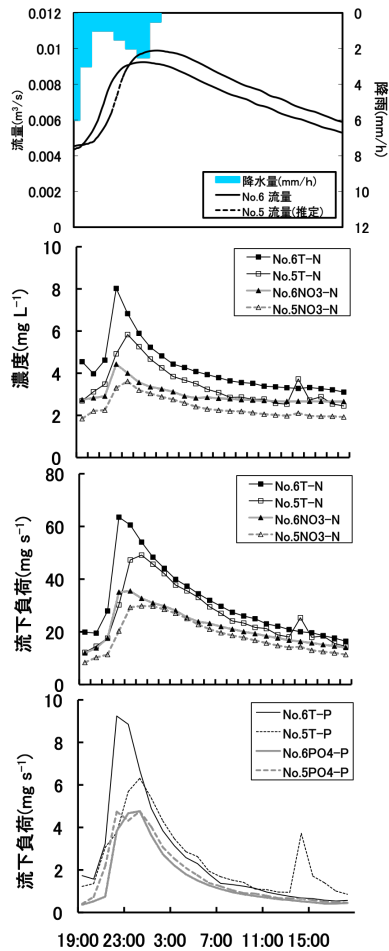


図3 降雨時の水質変動
(2008. 10. 23-24)

ばらつきが大きく、濃度低下の傾向は認められなかった。NO₃-N の濃度低下が顕著なことから、浄化効果の要因は脱窒にあることが示唆される。

(1) 降雨時の濃度と流下負荷の変化

図3に降雨流出時における各水質・負荷の一例を示す。

N成分：T-N・NO₃-Nでは、概ねNo. 6よりNo. 5で、No. 2よりNo. 1で濃度が低下した。流下負荷についても下流地点で減少する傾向がみられた。NH₄-Nについてみると、No. 1-2区間ではおおむね同様の傾向にあったが、No. 5-6区間では下流で濃度・負荷が増加するケースが多くみられた。降雨期間中の累加負荷量をみると、NH₄-Nを除く各項目で上流より下流が低くなった。

P成分、SS：T-P・PO₄-Pの濃度は、No. 1-2区間では流下にもなう濃度低下がみられたが、No. 5-6区間では大きな変化はみられなかった。負荷量では、No. 5とNo. 6の負荷量はほぼ同程度、No. 1-2区間では下流でおおむね低くなる傾向にあった。また、流量ピーク時には、上流より下流で減少した。SSでも同様の

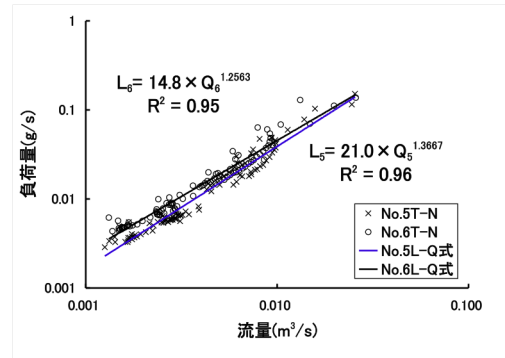


図4 上下流の負荷量と流量の関係

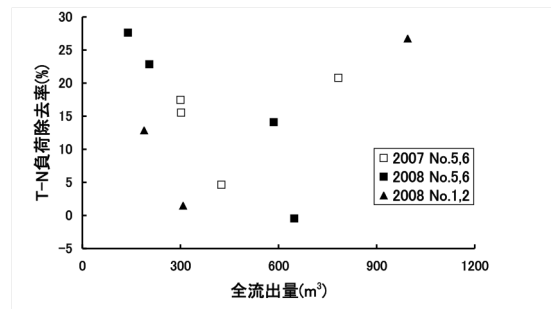


図5 負荷除去率と全流出量の関係

傾向がみられた。

以上の結果から、NH₄-Nを除く項目で、流下にもなう濃度と負荷の低下傾向が認められ、降雨出水時においても、この浄化型排水路は浄化効果を発揮していると判断された。

(2) 流下にもなう全窒素の浄化と流量の関係

No. 5-6区間について、L-Q式を用いてT-N負荷量を推定した(図4)。No. 5, 6のL-Q式は約0.04m³s⁻¹で交差することから、T-Nにおける浄化効果は、約0.04m³s⁻¹以下の流量で発現する一方、T-Pでは約0.002m³s⁻¹で交差することから、T-Nにくらべて浄化効果が極めて低いと推察される。次に降雨時の全流出量(ただし採水期間中の24h)と負荷除去率について検討した。負荷除去率は次式で求めた。

$$E = \frac{(L_U - L_D)}{L_U} \cdot 100(\%)$$

E: 負荷除去率, LU; 上流負荷量, LD: 下流負荷量

全流出量が700 m³以下のときは、流出量の増加にもなうT-Nの負荷除去率が低下する傾向にあった(図5)。しかし、全流出量が700m³以上の2点ではこの傾向に反して、負荷除去率は大きくなった。これは、複断面の高

表 1 上下流間の窒素収支

2008年 調査期間104日間	負荷量(kg)		差し引き(kg)	除去率(%)
	上流 (No.6)	下流 (No.5)	上流-下流 (No.6)-(No.5)	
NO ₃ -N	43.8	35.2	8.6	16.0
TON	8.7	7.7	1.1	2.0
その他の窒素成分	1.3	2.9	-1.5	-2.8
T-N	53.9	45.7	8.2	15.1

2009年 調査期間181日間	負荷量(kg)		差し引き(kg)	除去率(%)
	上流 (No.6)	下流 (No.5)	上流-下流 (No.6)-(No.5)	
NO ₃ -N	202.5	176.6	25.9	9.1
TON	72.6	66.1	6.5	2.3
その他の窒素成分	3.2	4.4	-1.2	-0.4
T-N	285.2	252.9	32.3	11.3

表 2 浄化の寄与割合の推定

調査日数	2008年		2009年	
	104日間 (1日あたり)	浄化割合 (%)	181日間 (1日あたり)	浄化割合 (%)
差し引き窒素 負荷量(kg)	8.2 (0.078)		32.3 (0.18)	
植物窒素 含有量(kg)	1.9 (0.019)	24	7.4 (0.04)	23
底質の窒素 含有量(kg)	0.1 (0.001)	1	1.6 (0.01)	5
推定脱窒量 (kg)	6.1 (0.059)	75	23.3 (0.13)	72
推定脱窒速度 (g/m ² ・d)	0.31		0.46	

水敷まで水位が上昇し、そこに繁茂する植生によって懸濁態物質が捕捉された影響と推察した。

(3) 浄化型排水路における窒素収支

上流(No. 6)-下流(No. 5)間の水路内窒素収支の推定にあたり、2008年と2009年の各調査期間における負荷量を求めた。この結果、流下に伴って窒素負荷量がおおむね減少していた(表 1)。窒素成分の減少した要因を検討するため、以下の窒素収支式(式 1)を用いた。なお、窒素収支式のうち、[その他]は地下浸透や揮散などであるがその影響は極めて小さく、ここでは0とみなした。

$$[\text{No. 5-6 間の } \Delta \text{ 窒素負荷量}] = [\text{植生の窒素含有量}] + [\text{底質の窒素含有量}] + [\text{脱窒量}] + [\text{その他}] \cdots (\text{式 1})$$

窒素浄化に及ぼす影響を各要因別にみると、脱窒による効果が最も大きかった(表 2)。両年を比較すると、各要因の割合は同様の傾向を示した。2009年は降水量が多く(2008年調査期間降水量:405mm, 同2009年:1096mm)、浄化効果も低下すると予測されたが、2008年の2倍以上の負荷が削減されており、流量増大時にも浄化型排水路は効果的に機能していることが示唆された。浄化作用の内訳をみると脱窒の割合が減少し、底質への蓄積の割合

が増加していた。これは降雨出水により、河川に流入した汚濁成分の増加が影響したと考えられる。

3カ年の研究を通じ、以上の結果が得られた。なお、当初計画していた積雪、融雪期の効果については、予算上の問題で困難であり、割愛することとなった。

本研究の結果は、今後の整備において、浄化施設の種類や適正な規模、配置を示す重要な指針となりうるものであり、このことは地域環境保全の有用な手段につながるものと考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 4 件)

- ① 山本忠男, 小野琢磨, 井上京, 長澤徹明, 酪農流域における浄化型排水路の降雨時の機能評価, 平成 21 年度農業農村工学会大会講演会, 2009. 8. 5, 筑波大学 (つくば市)
- ② 下川昇大, 山本忠男, 井上京, 長澤徹明, 酪農流域における河川水質の長期的変動-「家畜排泄物管理適正化法」の効果-, 第 57 回農業農村工学会北海道支部研究発表会, 2008. 10. 22, 北海道大学 (札幌市)
- ③ 下川昇大, 山本忠男, 井上京, 長澤徹明, 「家畜排泄物適正処理法」の施行による河川水質環境の変化 (II), 平成 20 年度農業農村工学会大会講演会, 2008. 8. 27, 秋田県立大学 (秋田市)
- ④ 栗原 望, 山本忠男, 井上京, 長澤徹明, 酪農流域排水河川の水質保全対策と評価, 平成 20 年度農業農村工学会大会講演会, 2008. 8. 27, 秋田県立大学 (秋田市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 忠男 (YAMAMOTO TADAO)
北海道大学・大学院農学研究院・助教
研究者番号: 00312398