

水質対策工の長期的な機能維持に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：寒地農業基盤グループ（水利基盤）

技術開発調整監（寒地技術推進室）

研究担当者：中村和正、鶴木啓二、古檜山雅之、

淵洋平、角張章、平吉昭

【要旨】

北海道東部の大規模酪農地帯では、自然の機能を利用した水質対策工が整備されているが、その長期的機能は十分には解明されていない。本課題では、既整備の水質対策工（緩衝林帯・水質浄化池）の機能モニタリングと評価を継続して実施し、長期的な視点に立った機能評価を行う。また、これら水質対策工の長期的な機能維持を考慮した計画設計技術と維持管理方法を検討する。

水質浄化池では、流入・流出部の水質調査により水質浄化機能の継続性を評価した。また、これら水質浄化池の土砂堆積に伴う機能変化を追跡するために堆積土砂量調査を実施した。さらに、浄化メカニズム解明のために、周辺条件と水質浄化機能との関係について考察した。

緩衝林帯では、整備から4～11年経過した林帯における樹木の生育状況調査を実施し、生存率や獣害率から樹木の特性を把握するとともに、生存率や獣害率と周辺環境との関係を検討した。

キーワード：水質浄化池、緩衝林帯、維持管理

1. はじめに

琵琶湖や霞ヶ浦流域など、各地において農業活動に起因した水質汚濁が顕在化しており、良好な水質環境の回復が求められている。農業由来の排水は都市下水に比べて低濃度で、降水による大量の水とともに移動するため、下水処理のような集中処理は困難かつ不経済であり、自然の機能を利用した水質浄化が期待されている。一方で、自然の機能を利用した水質対策工の計画・設計技術や維持管理方法は未確立で、整備した施設が十分に機能していない場合がある。北海道東部の大規模酪農地帯では、国営環境保全型かんがい排水事業により、排水路の附帯施設として土砂緩止林（本稿では緩衝林帯と記す）や遊水池・排水調整池・浄化型流入工（同、水質浄化池）といった自然の機能を利用した水質対策工が設置されているが、そのメカニズムは十分に解明されていない。現在も実施中や調査計画段階の国営環境保全型かんがい排水事業が複数あり、先行地区で得られる技術的知見を後続地区に反映することが有用である。

過年度の研究では、林地や湿地の水質浄化機能を解明するとともに、水質対策工について整備から数年の短期間な機能を明らかにした。しかし、自然の機能を利用した水質対策工は、植生の成長などにより機能が向上する

部分と土砂の堆積などにより機能が低下する部分があるため、長期的な視点にたった評価を行う必要がある。また、水質対策工の機能が十分に発揮される計画設計技術と、その機能を持続・向上させるために必要な維持管理方法を検討しなければならない。

本課題では、既整備の水質対策工（緩衝林帯・水質浄化池）について、多様な気象・水文条件下でのデータが得られるように機能モニタリングと評価を継続して実施し、最終年に過年度の研究と合わせて長期的な視点に立った機能評価を行う。また、上記の機能評価をもとに、自然の機能を利用した水質浄化施設の長期的な機能維持を考慮した計画設計技術と維持管理方法を検討する。

水質浄化池については、流入・流出部の水質調査を2011年と2012年に実施し、水質浄化機能の継続性を評価した。また、水質浄化池の土砂堆積に伴う機能変化を追跡するために堆積土砂量調査を実施した。さらに、浄化メカニズム解明のために、周辺土壌や地下水水質といった立地条件と浄化機能との関係について考察した。

また、牧草地から造成された緩衝林帯における樹木の生育状況調査を実施し、生存率や獣害率から樹木の特性を把握するとともに、生存率や獣害率と周辺環境との関係を検討した。

2. 水質浄化池の機能継続性評価

2.1 調査方法

2.1.1 調査地点概要

調査は、北海道東部酪農地域で実施されている環境保全型かんがい排水事業A地区とB地区で整備された水質浄化池で行った(図-1)。水質浄化池とは、土砂流出及び水質負荷物質を低減させることを目的として設置され、流速緩和により土砂を沈降させる堆砂域とヨシ等により水質負荷物質を吸収し水質浄化を行う植生域から構成される池状の施設である(図-2)。

現地調査は、A地区ではA-1～A-14の14箇所、B地区ではB-1とB-2の2箇所で行った(表-1)。A-1～A-14は、A地区のモデル流域(地区の中で先行して整備が進められ、効果検証が集中的に実施された流域)に整備され、2007年より水質浄化効果の検証を実施しており、水質浄化効果の長期的変化を観測することができる。B-1は、2013年に沈砂域に堆積した土砂の除去が実施される予定となっており、維持管理による機能の回復効果を評価することができる。

2.1.2 水質調査

水質浄化池の浄化効果検証のための調査として、平水時は、A地区では2007年～2012年、B地区では2011年～2012年の5月から11月に月1回程度、流入口と流出口で採水と流量観測を行った。降雨出水時は、B-1とB-2で年3回の出水を対象に自動採水器を用いて24本/回の連続採水を行った(B-2は2012年のみ)。採水時間間隔は前半12本が30分、後半12本が60分である。水質分析項目は、平水時はT-NとT-P、降雨出水時はT-NとT-P、浮遊物質(SS)である。

2.1.3 堆積土砂量調査

水質調査を実施した水質浄化池のうち、2011年の時点で水質浄化効果の良好な地点(A-1、4、9、13)と、土砂除去の予定がある地点(B-1、2)において堆積土砂量調査を実施した(表-1)。実施時期は、融雪期後の5月上旬と積雪期前の11月下旬である。現地調査では、池全体を縦横およそ10分割に格子で区切り、各格子点における堆積土砂頂部の標高を測量した。土砂頂部の標高と竣工時の底面標高との差から横断面ごとの堆積量を算出し、隣接する横断面との平均堆積量に横断間の距離を乗じて区間堆積土砂量を求め、区間堆積土砂量を加算して池全体の堆積土砂量とした。

2.2 結果と考察

2.2.1 平水時の機能継続性評価

A地区の水質浄化池について、流入部と流出部の濃度

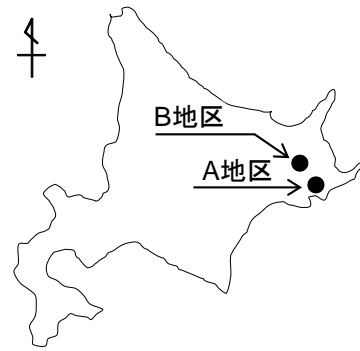


図-1 位置図

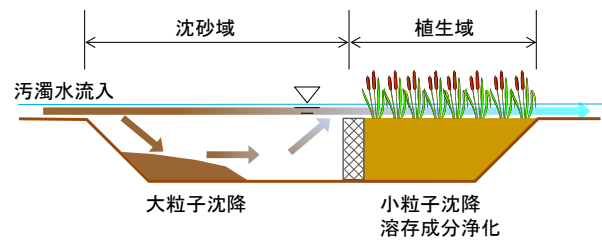


図-2 水質浄化池概略図

表-1 水質浄化池諸元

地区名	施設名	堆砂容量 (m ³)	流域面積 (km ²)	堆積土砂 量調査
A	A-1	356	0.58	○
	A-2	204	0.23	
	A-3	930	1.26	
	A-4	324	0.28	○
	A-5	126	0.21	
	A-6	359	0.39	
	A-7	115	0.09	
	A-8	48	0.14	
	A-9	259	0.22	○
	A-10	72	0.11	
	A-11	24	0.04	
	A-12	178	0.13	
	A-13	434	0.43	○
	A-14	173	0.49	
B	B-1	250	1.60	○
	B-2	137	0.42	○

の関係を調査年ごとに分類して図-3に示す。T-Nは、流入濃度と流出濃度が1対1の線(以下、1:1のラインと記す)よりも概ね下に分布しており、池内部で濃度低下していることが分かる。T-Pは1:1のラインの上下にデータが分布しており、流出側の濃度が流入側よりも高い場合もあるが、濃度の絶対値が低いため下流の水質環境への影響は小さいと思われる。

つぎに、A地区の施設ごとに、濃度低下率(= (1-流出濃度/流入濃度) × 100)の平均値の推移を図-4、図-5に示す。値がゼロより大きい場合は、池内部で濃度が低下していることを表している。なお、図-3に示したようにT-Pは流入濃度が低く、浄化の必要がないデータが

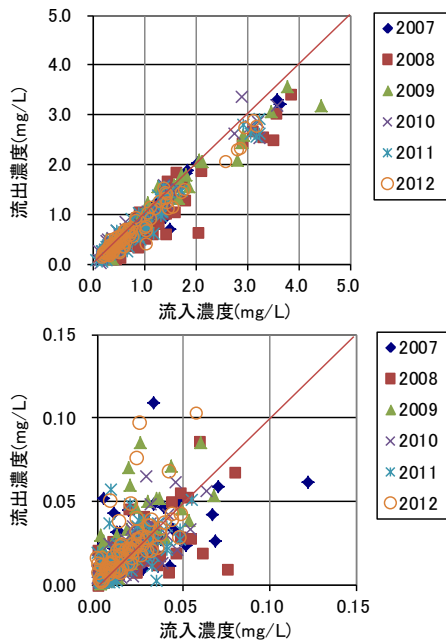


図-3 水質浄化池の平水時の流入・流出濃度 (A地区)

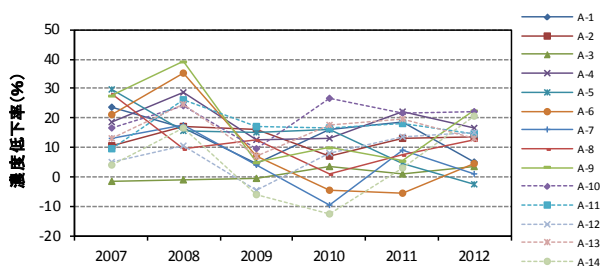


図-4 各水質浄化池の平水時のT-N濃度低下率の推移

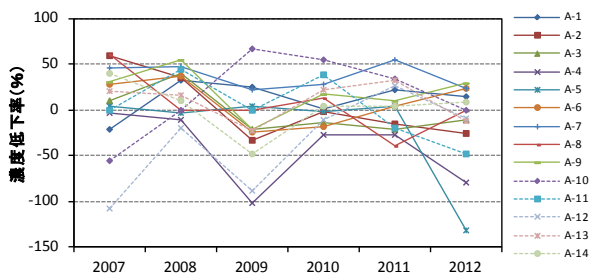


図-5 各水質浄化池の平水時のT-P濃度低下率の推移

多いため、流入濃度が0.01mg/L以下のデータは除いて集計した。「0.01mg/L」という閾値は、当該河川がサケ・マス増殖河川の支流であることから、環境省の「生活環境の保全に関する環境基準」の(2)湖沼のサケ科魚類に対する基準値である水産1種の値を適用したものである。つまり、水質基準を満たしているため、これ以上浄化する必要が無いということである。まず、T-Nについてみると(図-4)、2009年は2008年と比較して濃度低下率が全体的に下がったが、2009年以降は全体的には大きな変

表-2 水質浄化池の平水時における濃度低下率 (A地区、各年の全地点平均)

調査年	濃度低下率(%)	
	T-N	T-P
2007	16	8
2008	20	24
2009	7	-20
2010	8	7
2011	11	5
2012	10	-18
2007-2012	12	2

動は見られなかった。一方、地点ごとにみると変化は様々であった。多くの地点で年変動が大きく、長期的機能の推移を考察するには、さらなるデータの蓄積が必要であると考えられる。同様にT-Pについてみると(図-5)、全体的にT-Nよりも年変動が大きく、かつ濃度低下率が大きくマイナスとなる施設が多くみられた。この理由として、①植物遺体などの浮遊物質が流出しやすい状況にあり、採水時の攪乱で試料に混入しやすいこと(マイナス値が出やすい)、②流入濃度が低いため、例えば流入: $0.02\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ → 流出: $0.03\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ という微少な濃度変化でも濃度低下率は-50%と算出されてしまうこと(大きな値になりやすい)、が挙げられる。なお、T-Nについては溶存成分が多いため①の影響は相対的に低いものと考えられる。最後に、図-4、図-5で示した各施設の濃度低下率を年ごとに全施設の平均値として表-2に整理した。T-Nの濃度低下率は造成直後の2年と比較すると近年4年は低下していることが分かる。T-Pは年変動が大きく、一定の傾向はみられない。

B地区のB-1、B-2の濃度低下率のデータは2011年と2012年のみで、T-NはB-1が-1% → 5%でB-2が19% → 19%、T-PはB-1が-34% → -20%とB-2が-58% → -58%であった。B-1でT-Nの濃度低下率が低い理由は、周辺土壌が泥炭土であること、または土砂堆積の進行による滞留時間の減少により浄化効果が低下したことが考えられる。今後、土砂除去の実施による機能変化を観測することで要因を特定する予定である。両施設でT-Pの濃度低下率がマイナスになっている理由は、A地区と同様と考えられる。

2.2.2 降雨出水時の機能

B-1における降雨出水時の事例を図-6に示す。降雨出水時の負荷量は時間の経過と共に変化することから、降雨出水時の浄化効果は、降雨出水のピーク全体の負荷量と比較を行う必要がある。本研究では、負荷削減率(= $(1 - \text{流出負荷} / \text{流入負荷}) \times 100$)の算出には、降雨出水による負荷量ピークの立ち上がり点から負荷量変化の終

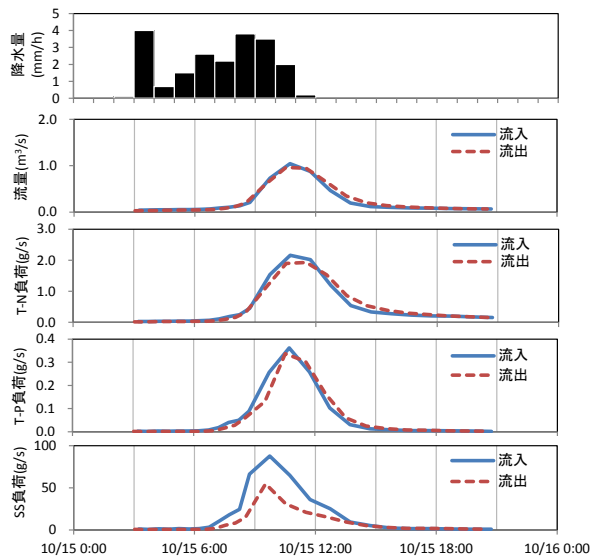


図-6 降雨出水時の水質負荷の経時変化事例
(2011/10/15、B-1)

了点までのデータを用いた。図-6の事例では、10/15の7時頃から16時頃までとなり、負荷削減率はT-Nで1%、T-Pで7%、SSで50%だった。

表-3に全出水の負荷削減率を示す。SSについては、土粒子の沈降により、両施設のすべての出水で負荷は大きく削減された。T-Pについては、土粒子に吸着されて流入するため、沈降の効果により削減率が高いと予想されたが、SSほど高い削減割合ではなかった。これは、T-Pの吸着した土粒子はシルトや粘土等の微粒子で、池に沈降せずに流出したためと推定される。また、2012/10/1の出水で削減率がマイナスとなっている要因は、総降水量が85mmと多いことに加え、最大時間降水量が22mm(3時間では47mm)と短時間で強い雨が合ったため、池への流入量が多く、池内部に堆積していた比較的軽い土粒子(T-Pが吸着している)が流出したためと推測される。T-Nについて、B-1で削減率が低い理由は、溶存態の占める割合が高く懸濁態の沈降による削減効果が少ないためと考えられる。一方、B-2ではT-Nの削減率も比較的高くなっていた。

T-N、T-Pの負荷削減状況は出水ごとに大きく異なるので、次年度は、溶存態と懸濁態の区分など、形態別の浄化状況を観測し、降雨出水時の浄化メカニズムを検討する。また、池内部への土砂の堆積に伴う機能の変化も継続してモニタリングしていく予定である。

2.2.3 土砂堆積状況

水質浄化池の土砂堆積量観測結果一覧を表-4に示す。A-4、B-1で1年間に堆積した土砂量が多かった。

表-3 降雨出水時の負荷削減率

調査年度	採水開始日	総降水量(mm)	負荷削減率					
			B-1			B-2		
			T-N	T-P	SS	T-N	T-P	SS
2011	9/21	81.5	7	0	35	-	-	-
	10/15	31.0	1	7	50	-	-	-
	10/22	36.5	14	11	-	-	-	-
2012	9/9	31.0	5	8	64	-	-	-
	10/1	85.0	0	-23	59	14	-19	54
	11/2	27.0	-	-	-	25	6	47
	11/7	60.0	2	1	39	27	11	42

総降水量は別海アメダス値

表-4 堆積土砂量観測結果一覧

施設名	堆積土砂量(m³)			平水時滞留時間(h)
	H23	H24	変化量	
	11月末	11月末		
A-1	31	62	31	8
A-4	229	338	109	13
A-9	112	127	15	15
A-13	386	398	12	8
B-1	344	455	111	2
B-2	62	79	17	25

平均滞留時間=貯水量/平水時平均流量

とくにB-1では滞留時間が2時間と沈砂域が満砂に近い状況になっていた。水質浄化池での汚濁物質除去には滞留時間が重要な要素であり、先述したようにB-1のT-N濃度低下率が低い要因の1つになっていることが予想される。

2.3 小括

本章では、水質浄化池の浄化機能の継続性評価を行った。2007年より調査を継続しているA地区の施設全体では、整備直後に比べるとT-Nの濃度低下率は低下していたが、近年4年では大きな変化はみられなかった。ただし、施設ごとにみるとデータのバラツキが大きく、土砂の堆積状況と濃度低下率との関連は不明であるため観察を継続していく必要がある。池内の土砂除去が予定されているB-1とB-2では、平水時と降雨時の水質状況を明らかにした。土砂除去の実施によって、これらの状況がどのように変化するか観察していく予定である。

3. 水質浄化池の立地条件と浄化機能についての一検討

3.1 目的

前章で検討対象としたA地区に整備された水質浄化池は、全体的には水質浄化機能が良好に発現していると評価できる。一方で、同様な設計手法で整備された施設であっても、浄化効果が十分に発現されない施設もある。事業を実施した北海道開発局の報告では、B地区に隣接

するC地区で整備された水質浄化池で十分な浄化効果が出ていない状況が示されている¹⁾。その要因として、流入濃度が低いことや植生域の植物が十分に生育していないことなどが挙げられている²⁾。また、このような施設でも、流入水のBOD濃度が高いときは浄化率が高い場合もあるなどを示しているが³⁾、そのメカニズムは不明なままである。今後、同様の施設を整備するにあたり、蓄積されたデータを解析することで浄化効果が十分に発現されない場合の要因を特定できれば、計画設計技術の高度化に向けて有益な情報になると考えられる。

本章では、整備から10年程度経過した施設を対象に、蓄積された水質データから、流入条件や立地条件と水質浄化機能について考察した。

3.2 調査方法

解析に使用したデータは、C地区で2003年に整備された水質浄化池C-1において、北海道開発局で実施された平水時の水質調査結果である。C-1は前章の水質浄化池と同様に流入側に沈砂域、流出側に植生域がある池状の施設で、幅が13~15m、堆砂域面積2,610m²、植生域面積850m²である。土地利用状況はA地区とC地区で大きな違いはなく、流域全体が草地利用されている。C-1の立地条件がA地区の施設と異なる点は、A地区の土壌が厚層（または湿性厚層）黒色火山性土であるのに対し、C-1の周辺は低位泥炭土が広がっていることである⁴⁾。

現地調査は、2003年から2010年の6月から11月に月1回程度、流入・流出口での採水と流量観測が実施された。検討に用いた水質項目は、T-N、硝酸態窒素(NO₃-N)、アンモニア態窒素(NH₄-N)、有機態窒素(TON)、化学的酸素要求量(COD)、生物化学的酸素要求量(BOD)、溶解性鉄(D-Fe)である。

3.3 既往データの解析

3.3.1 窒素の浄化状況

図-7に、C-1の窒素成分の浄化状況を示す。T-Nは、1:1のライン付近に均等に分布し、平均濃度は流入が1.38mg/L、流出が1.36mg/Lで濃度低下率は1%とA地区の平均に比較して低い。窒素の各形態についてみると、NO₃-Nは大部分のデータで1:1のラインよりも下、すなわち濃度低下率がプラス側に分布し、平均濃度は流入が0.92mg/L、流出が0.82mg/Lで濃度低下率は11%であった。NH₄-Nは低濃度であり、濃度低下率は平均で0%とT-N濃度低下率の高低にほとんど影響しない。TONは1:1のラインよりも上に分布するデータが多く、平均濃度は流入が0.37mg/L、流出が0.45mg/Lで濃度低下率は-22%である。数値上は、NO₃-Nの濃度低下とTONの濃度上昇

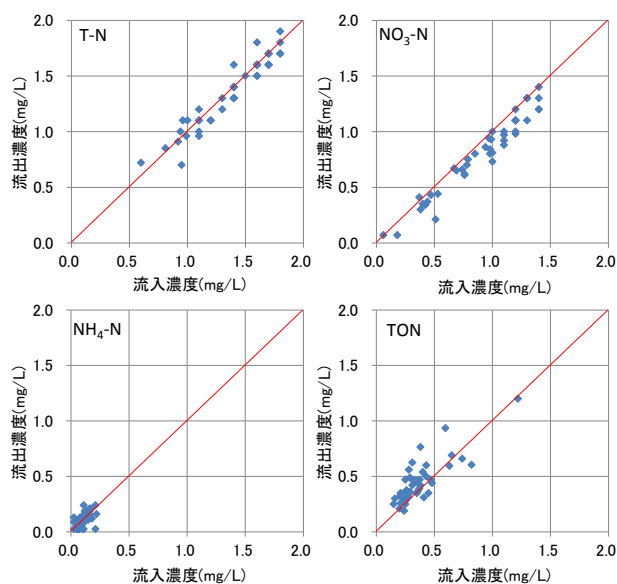


図-7 C-1の流入水と流出水の窒素濃度
(2003~2010年全データ)

が相殺されてT-Nの濃度低下率がほぼゼロになっていることになる。

3.3.2 課題整理

これまでの北海道開発局の報告や寒地土木研究所が現地で実施した水質対策工の調査、自然の機能を利用した水質対策施設の一般的性質などから、C-1で浄化効果が低い理由として、以下が想定される。

- ① 滞留時間
- ② 植生域の広さ
- ③ 流入水の濃度
- ④ 池内で発生する藻類の流出
- ⑤ 泥炭の分解

①については、滞留時間が長いほど浄化される時間が長いため有利である。C-1の滞留時間は池の容量と平水時の平均流量から約9時間と算出され、先に示したA地区のA-1、A-13よりも長く、主な要因とはいえない。②については、植生が十分に発達していると溶存成分の浄化が促進されると考えられる。C-1は植生域の面積が施設全体の約25%でヨシの成長も良好である。一方で、A地区の水質浄化池で、十分に植生が揃っている施設はA-3、A-9のみであり、植生のほとんど無い施設でも浄化機能は良好であるため、これもC-1浄化状況を説明できる要因とはならない。③については、流入水のT-N濃度の平均は1.4mg/Lであり、A地区の施設の平均値よりも高く、これも要因ではない。よって、次項以降で、④と⑤について詳細に検討する。

3.3.3 藻類の発生と有機態窒素の関係

3.3.1の検討では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が削減されてTONが増加することから、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が藻類などに取り込まれて(すなわち有機化されて)減少し、枯死した藻類が流出することでTONが増加していると考えられることができる。この仮定が正しければ、TONの増減は池内部の有機物の増減と関連しているはずである。そこで、枯死した藻類のような易分解性の有機物の指標になるBODとの関連を検討する。まず、流入・流出部のBOD濃度の関係をみると(図-8)、TONと同様に1:1のラインよりも上に分布するデータが多いことが分かる。しかし、TONの濃度低下率とBODの濃度低下率の関係をみると無相関であった(図-9)。つまり、池内部におけるTON濃度の上昇はBOD濃度の上昇、すなわち池内で発生する藻類の流出(前項の④)とは無関係ということになる。

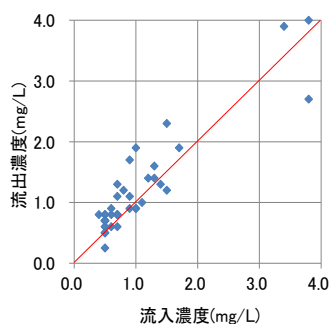


図-8 C-1の流入水と流出水のBOD濃度(2004~2010年全データ)

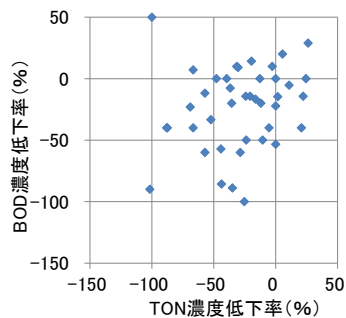


図-9 C-1のTONとBODの濃度低下率の関係

3.3.4 泥炭の分解と有機態窒素の関係

前項において、藻類の流出とTONの濃度上昇に関係の無いことを示した。また、図では示さないが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度低下率とTONの濃度低下率の相関は高くはないことから(負の相関、 $r=0.63$)、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が有機化されてTONが増加するという池内部での形態変化以外にも、TONを増加させる有機物の供給源があることになる。

そこで、BOD以外の有機物の指標としてCODとTONの関係について検討する。まず、流入・流出部のCOD濃度

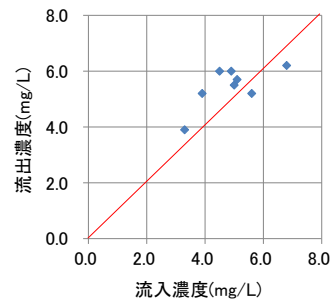


図-10 C-1の流入水と流出水のCOD濃度(2009年全データ)

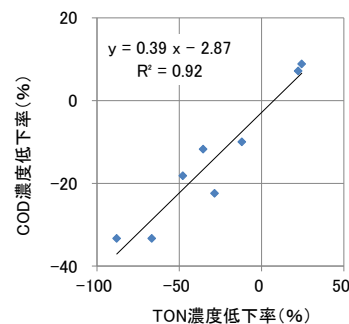


図-11 C-1のTONとCODの濃度低下率の関係(2009年全データ)

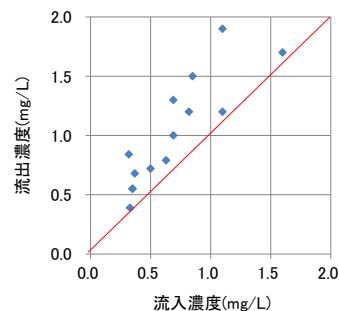


図-12 C-1の流入水と流出水のD-Fe濃度(2008、2009年全データ)

の関係をみると(図-10)、データは少ないが、TONと同様に1:1のラインよりも上に分布するデータが多いことが分かる。つぎに、濃度低下率についてTONとの関連をみると(図-11)、BODの場合とは異なり高い相関関係がみられた。すなわち、池内部におけるTON濃度の上昇はCOD濃度の上昇と関連が強いことになる。

ここで、COD濃度を上昇させる有機物の供給源として分解された泥炭からの溶出が予想される。既往の文献では⁵⁾、分解の進んだ泥炭地の地下水は、CODとD-Fe濃度が高いことが示されている。そこで、流入・流出部のD-Fe濃度の関係をみた(図-12)。すべてのデータで1:1のラインよりも上に分布しており、濃度低下率は-48%と大幅に濃度上昇していた。人為的な排水等の流入は無いことから、濃度上昇の要因は泥炭の分解以外に考えられない。

C-1は周辺地盤よりも低く掘下げられて造成されているため、池周辺の地下水位は低く、乾燥によって泥炭の分解が進んでいると考えられる。そのため、周辺地下水中のCODやD-Fe濃度が高くなり、これが池に溶出しているものと考えられる。

以上より、池内部でのTONの増加は、池周辺の泥炭の分解に起因した有機物の溶出によるものであり、このことが、C-1で窒素浄化率が低い主要因と考えられる。

3.4 小括

本章では、泥炭土に造成された水質浄化池について、過年度に調査された水質データから水質浄化機能について考察した。その結果、泥炭の分解に起因した有機物の溶出により窒素の浄化率が低いことが明らかとなった。しかし、流入条件によっては浄化率が高い場合が確認されており³⁾、沈砂域での土砂堆積機能も果たされていた。今後は、このような立地条件に造成される水質浄化池で浄化効果が発現する条件を現地調査により明らかにするとともに、機能評価方法を検討する必要がある。

4. 周辺地下水水質と浄化効果の関係

4.1 目的

前章にて、泥炭土に造成された水質浄化池C-1は、泥炭の分解に由来する有機態窒素の溶出により、窒素の浄化効果が低いことを明らかにした。一方、2章で検討したA地区の水質浄化池のなかには泥炭土に造成されながら浄化効果の高い施設もあった。本章では、水質浄化池周辺の地下水水質を観測し、水質浄化池の周辺条件と浄化機能について予備調査した結果を報告する。

4.2 方法

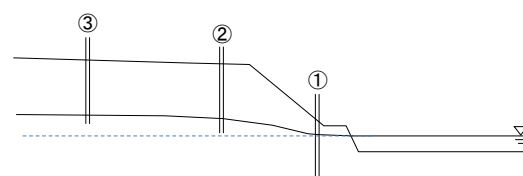
現地調査は、前章のC-1に加え、比較対象として2章のA-2、A-9で実施した。A-2は泥炭土に立地するが周辺には湿地環境が残されている。A-9は黒色火山灰土に立地する。それぞれの地点の特徴を表-5に整理した。調査内容は、池の流入部と流出部および図-13に示す地下水の採水で、2012年に3・4回実施した。検討の対象とした水質分析項目はT-Nである。

4.3 結果と考察

結果一覧を表-6に示す。前章で推測したように、C-1周辺の地下水には高濃度のT-Nが含まれていた。この影響により、池の濃度低下率が低いものと考えられる。一方、湿地環境が残されているA-2の地下水は、周辺が泥炭土にも関わらず、C-1の1/10以下と低濃度であることから、A-2周辺土壌では泥炭の分解は少ないと考えられる。さらに、A-2の地下水①は池の流入水や③

表-5 周辺地下水の観測対象とした水質浄化池の諸元

	周辺土壌	周辺地盤と池水面の差	その他
C-1	泥炭土	大	乾燥が進み泥炭が分解
A-2	泥炭土	小	湿地環境
A-9	黒色火山性土	大	



①: 池の水面よりも下の地下水
②: 池の水面よりも上の地下水
③: ②よりも離れた地点の地下水 (A-9は無し)

図-13 水質浄化池周辺地下水の観測位置

表-6 水質浄化池の濃度低下率と周辺地下水水質(T-N)

施設名と周辺条件	観測日	池の濃度低下率			地下水濃度		
		流入濃度 (mg/l)	流出濃度 (mg/l)	濃度低下率 (%)	①	②	③
C-1	5/21	1.42	1.42	0	2.43	—	5.42
泥炭土	6/28	1.09	1.21	-12	3.48	3.84	4.43
乾燥	8/23	1.12	1.11	1	9.27	15.25	—
A-2	6/28	2.95	2.73	8	0.33	1.15	2.53
泥炭土	7/31	2.85	2.32	18	0.24	0.29	0.78
湿地	8/23	2.80	2.31	18	0.26	0.34	0.44
	10/11	2.57	2.07	19	0.36	0.34	0.38
A-9	7/31	0.52	0.26	50	0.39	—	—
火山性土	8/23	0.52	0.24	54	0.21	—	—
乾燥	10/11	0.68	0.68	1	0.36	2.53	—

—: 水なし

地点の地下水よりも低濃度であることから、良好な湿地環境により、周辺土壌で脱窒が促進されていると推測できる。この作用により、A-2は浄化効果が高いと考えられる。A-9についても、地下水①の濃度が池への流入水と比較して低く、これが池の濃度低下率の高さに寄与していると考えられる。

4.4 小括

水質浄化池のT-Nの濃度低下率と周辺地下水水質の関連についての予備調査を行った。その結果、前章で推測した通り、泥炭土に造成された濃度低下率の低い施設では、周辺地下水は流入水と比較して高濃度であった。逆に、同じ泥炭土に造成されていても湿地環境が残されている場合には、周辺地下水は低濃度であった。

以上のように、設置条件によって水質浄化池の浄化能力は異なることが明らかである。しかし、現時点では、国営事業において整備されている水質浄化池では、流入条件（濃度、流量）や周辺条件（土壌）に依らず一律に濃度低下率の目標値が設定されている。今後、整備済みの水質浄化池の流入条件（濃度、流量）と周辺条件（土

壤、地下水濃度、地下水位)に関するデータを蓄積することで、整備する施設ごとに濃度低下率を設定することが可能となる。

5. 緩衝林帯の生育状況

5.1 目的

国営環境保全型かんがい排水事業において、浄化型排水路の附帯施設として整備されている緩衝林帯が草地と排水路の緩衝域として機能するためには、樹木の生育と適正な土壌物理環境が重要であるが、整備後の状況は不明な点が多い。とくに樹木については、適正な樹種、植樹方法、管理方法についての情報が不足している。水質浄化池と同様に、現在も同事業において緩衝林帯の整備が進められていることから、これらの情報を整理して事業に反映することで適正な林帯の整備が可能となる。

そこで、国営環境保全型かんがい排水事業で整備された緩衝林帯において樹木の生育調査を実施し、植樹から4年～11年経過した林帯の状況を評価した。

5.2 方法

国営環境保全型かんがい排水事業「B地区」と「C地区」で2001～2008年に整備された緩衝林帯において、樹木の生育状況調査を2012年10月に実施した。当地区では、2種類の方法で樹木が植栽されている。1つは一般的な植樹方法で苗木を一定間隔で植樹する方法(以下、ポット苗木と記す)である。もう1つは、木材チップや砂利などでマルチングしたサークル内に、数種類の樹木の苗を植える生態学的混播・混播法(以下、混播法と記す)である。当地区の中から、整備後の年数経過や植栽方法等が生育状況に与える影響を明らかにするため、ポット苗木6地点と混播法4地点を選定した(表-7)。当調

査地点では、第1回目調査を2008年(調査区10は2009年)、第2回目調査を2010年に実施しており、今回は第3回目の継続調査である。

現地調査は、出来高図を基に1地点当たり100本を選定し、樹種判定・生育状態確認・樹高測定・獣害の確認等を行った。獣害については大型動物によると判断されたシカ型と、小型動物によると判断されたネズミ型に分類した。シカ型は枝折れ、枝頂部の食痕、樹皮の食痕、角こすり痕から判断した。ネズミ型は地面付近の樹皮の食痕から判断した。

5.3 結果と考察

5.3.1 調査区による差

樹木の生育状況として3回目調査の生存率を調査区別に整理した(図-14)。事業計画によると、植樹後5年、10年、15年で除伐を行い、植栽時の密度(3,000～5,000本/ha)の半分程度(1,500～2,000本/ha)の密度に調整することとしている。本調査地区は植栽後4～11年で平均51%と、自然淘汰により計画と同程度の植栽密度となっていた。ただし、調査地により20～80%とバラツキは大きく、調査区9は、整備からの経過年数は少ないにも関わらず生存率は低いため、補植が必要と考えられる。逆に、調査区2や調査区6は、隣り合う木の枝が互いに触れ合う程度が相当進行しており、良好な生育のために間伐が必要と判断される。調査区4は、後述する生存率の高い樹種であるノリウツギ、ホザキシモツケ、ニシキギの3種のみが植栽されているため生存率が最も高い。

次に、3回の調査における生存率の推移を調査区ごとに示す(図-15)。調査区9、10が他の調査区と比較して生存率が大きく低下していた。ここで、表-7の周辺環境をみると両地区とも、防風柵が設置されておらず、道路や民家も隣接していない。すなわち、寒風害やシカによる獣害を受けやすい環境にあると考えられる。逆に、生存率の低下が比較的小さいのは、調査区1、2、3、6であった。整備年の古い調査区については、樹木が大きく生育し枯死しにくくなっているものと思われる。調査区6については、シカが侵入しにくい環境であり(表-7)、獣害の無いことが(図-14)主要因と考えられる。

植栽方法による違いをみると、ポット苗木の平均が58%、混播法が48%とポット苗木の方が生存率が高いという結果だった。混播法の調査区5、7、9については、1回目調査の時点でポット苗木に比べて生存率が低く、2回目と3回目調査における生存率の低下状況はポット苗木と同程度であったことから、活着の不良や生育初期に元の植生である牧草に負けて枯死したことが生存率の低い要因と

表-7 緩衝林帯の調査区諸元

調査区	植栽年	植栽方法	周辺環境*		
			防風柵	道路	民家
調査区1	2001年	ポット苗	○	—	—
調査区2	2002年	ポット苗	○	○	—
調査区3	2003年	ポット苗	○	—	○
調査区4	2004年	ポット苗	○	—	—
調査区5	2004年	混播法	○	—	—
調査区6	2005年	ポット苗	○	○	○
調査区7	2006年	混播法	○	—	—
調査区8	2006年	混播法	○	—	—
調査区9	2007年	混播法	—	—	—
調査区10	2008年	ポット苗	—	—	—

*周辺環境は「○」が有り、「—」が無し。防風柵は事業で設置。道路と民家の有無は、一般車両が通行する道路または民家が、調査区に隣接しているかで判断。

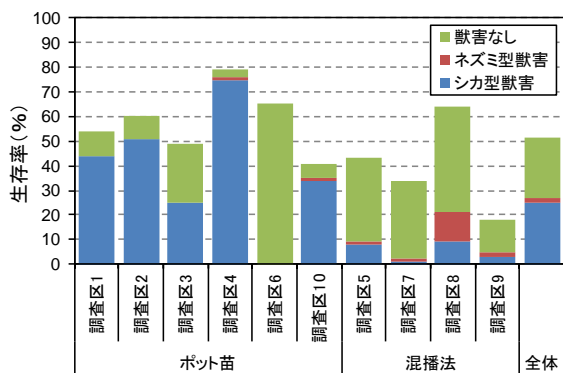


図-14 調査区ごとの生存率

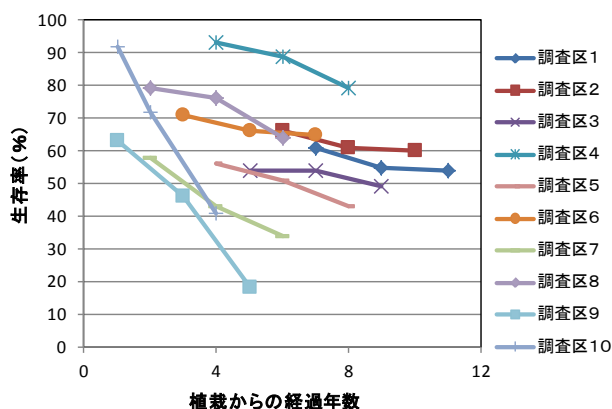


図-15 調査区ごとの生存率の推移

考えられる。なお、調査区8は、隣接する排水路の路線振り替えにより、元々排水路だった箇所に土を入れて植栽されている。そのため、土が軟らかく、かつ牧草が生えていないという条件であったため、高い生存率であったと考えられる。

5.3.2 樹種による生存率の差

前節と同データを樹種別に整理すると(図-16)、樹種によって生存率は大きく異なっていることが分かる。植栽本数が30本以上の樹種に絞ってみると、生存率が特に低い樹種はミズナラとカツラである。いずれもエゾシカの嗜好性が高いとされている樹種である⁶⁾。ミズナラについては、本調査でもシカ型の獣害率が高くなっていった。カツラについては、図-16ではシカ害が少なく示されているが、調査区データを詳細にみると、2回目調査でシカ型の獣害を受けていた6個体が3回目調査で消失していたことから獣害は多いと判断される。生存率が全体平均以上の樹種には、ノリウツギ、ホザキシモツケ、ヤチダモ、ハルニレ、ニシキギがあるが、いずれも獣害率は高かった。このなかでノリウツギ、ホザキシモツケ、ニシキギは落葉低木で、地面付近から複数の幹が伸びてい

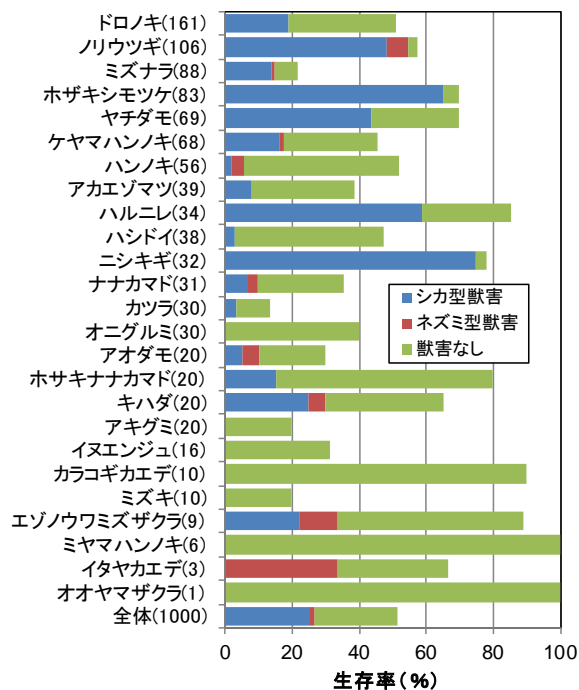


図-16 樹種別の生存率 (樹種名の後の数字は植栽本数)

るため獣害を受けても、木全体は枯死しにくいと考えられる。ヤチダモは成長が早いので、食害が軽微であれば数年で食害を受けない樹高に達し、ハルニレは獣害の耐性が高いとされている⁷⁾。また、前節で生存率の低下が大きいことを指摘した調査区9、10のデータを除いて集計すると、ドロノキとハンノキも生存率が60%以上と高かった。獣害率の低い樹種は、ハンノキ、アカエゾマツ、ハシドイであった。

5.4 小括

環境保全型かんがい排水事業で整備された緩衝林帯における樹木の生育状況について調査した。その結果、生存率の高い樹種、獣害への耐性が高い樹種、獣害ににくい樹種などが明らかとなった。また、周辺環境の違いが生存率や獣害率に及ぼす影響についても示した。4回目調査を2015年の春に行い、北海道東部地域に適した樹種、適正な管理方法について提案する予定である。

6. まとめ

本課題では、既整備の水質対策工(緩衝林帯・水質浄化池)の機能モニタリングと評価を継続して実施し、長期的な視点に立った機能評価を行うことで、自然の機能を利用した水質浄化施設の長期的な機能維持を考慮した計画設計技術と維持管理方法を検討する。

水質浄化池については、2011年、2012年に流入・流出口で水質調査を実施し、過年度から調査結果と合わせて

機能継続性評価を行い、現時点での機能を評価した。また、これら水質浄化池の土砂堆積に伴う機能変化を評価するために堆積土砂量調査を実施した。さらに、水質浄化池の浄化メカニズムの解明として、泥炭土壌に立地する施設では、泥炭の分解に起因した有機物の溶出により窒素の浄化率が低くなることを明らかにした。

緩衝林帯については、整備から4～11年経過した土砂緩止林で樹木の生育状況調査を行い、生存率や獣害率を算出し、樹木の特性や周辺環境との関係を明らかにした。

参考文献

- 1) 金田敏和, 斎藤大作, 小柳唯彰: 浄化型排水路の機能調査について(第3報), 第49回北海道開発局技術研究発表会, 2006
- 2) 町田美佳: 浄化型排水路の水質浄化機能について, 農業土木北海道29, pp. 41-44, 2006
- 3) 羽生哲也, 相澤俊也, 町田美佳: 別海地区における浄化型排水路の水質浄化機能, 水土の知, 76(6), pp. 34-35, 2008
- 4) 北海道農業試験場編: 北海道土壌図 農牧地および農牧適地, 1985, 北農会
- 5) 谷昌幸, 近藤錬三, 筒木潔: 泥炭地水中の溶存有機物と溶存鉄との相互作用, 日本土壤肥料学会誌, 72(3), pp. 348-355, 2001
- 6) 北海道根室森づくりセンター: 牧草地跡地における河畔林造成マニュアル, 2010
- 7) 北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場森林資源保護グループ: 地域特性に応じた獣害対策の手引き, p. 10, 2011

A STUDY ON THE MAINTENANCE OF LONG-TERM FUNCTIONALITY IN WATER POLLUTION CONTROL FACILITIES

Budgeted : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Irrigation and Drainage Facilities
Research Team and Director for Cold-Region
Technology Development Coordination
(Cold-Region Technology Promotion Division)

Author : NAKAMURA Kazumasa, UNOKI Keiji,
KOHYAMA Masayuki, FUCHI Yohei
TAIRA Yoshiaki and KAKUBARI Akira

Abstract : In large dairy farming areas in eastern Hokkaido, water pollution control facilities have been developed that harness the power of nature. Nevertheless, the long-term sustainability of these facilities' effects has not been fully clarified. In this study, we are conducting routine monitoring of existing water pollution control facilities (forest buffer zones and water purification ponds) towards long-term evaluation of changes in their effects. Based on this evaluation, we will look into methods for planning, designing and maintaining those facilities toward achieving sustainable nature-based water purification.

For water purification ponds, we evaluated the sustainability of water purification by surveying the quality of the outflowing and inflowing water. We also surveyed the volume of sand deposition in these ponds to track variations in water purification ability caused by sediment deposition. To clarify the water purification mechanism, we investigated the relationship between the areas surrounding the ponds and their water purification ability.

In forest buffer zones with the trees of between 4 and 11 years old, we surveyed the growth of those trees (namely, the rates in surviving damages by natural causes and/or animals) from which we have understood the trees' physiology. We also discussed the relationship between the findings of tree growth and the areas surrounding those trees.

Key words : water purification pond, forest buffer zone, operation and maintenance