

再生骨材（焼却固化体）の暗渠疎水材としての適性評価

北海道上川総合振興局南部耕地出張所 ○森井大輔・橋本文孝
(一財)北海道農業近代化技術研究センター 山崎祐樹・川西善文・佐々木菜実
日本製紙(株)北海道工場旭川事業所 松崎明夫

1. はじめに

上川総合振興局南部耕地出張所においては、地域的に泥炭土壌の占める割合が大きいことから、泥炭地以外の地域も含めて暗渠排水の疎水材としては、単位体積重量が軽く、安定的に供給が可能なチップ材が使用されてきた。しかしながらチップ材は、他の疎水材に比べ割高であり、加えて木質バイオマスの原料としての需要の高まりから今後の安定供給に懸念がある等、代替の疎水材が求められている。

一方、日本製紙(株)北海道工場旭川事業所では、バイオマスボイラーから排出された焼却灰をセメントで固化した再生骨材を製造し、道路の凍上抑制層として供給しているが、製造量が需要量を大幅に上回っている状態にある。価格面ではチップ材を使用した場合に比べ、暗渠排水の整備費を2割程度削減することが可能である。

本報では、再生骨材について、疎水材としての適性を評価し、再生骨材の有効利用と暗渠排水の整備コスト低減の可能性を検討することを目的として実施した、平成24年から平成26年にかけての調査結果を紹介する。

2. 調査方法

(1) 調査圃場の概要

調査圃場は、富良野市西鳥沼に位置し、平成23年度に暗渠排水（直抜き）が整備され、暗渠排水疎水材として再生骨材（＝調査区）と木材チップ（＝対照区）が使用されている。調査実施年の作付作物は、平成24年度がにんじんとてんさい、平成25年度が玉葱、そして平成26年度が小麦である。



図 2-1-1 調査ほ場位置図

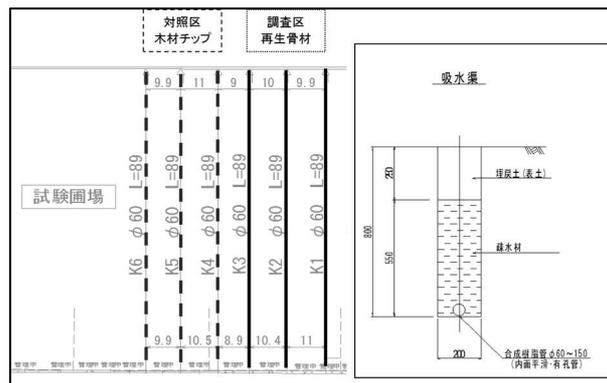


図 2-1-2 暗渠配線図・定規図

(2) 検討の視点

土壌条件に応じた再生骨材の暗渠排水疎水材としての適性を評価するために、①安全性の確認、②排水機能・耐久性の確認、③付加機能の確認の3項目に着目し調査・解析を行った。

(3) 内容

① 再生骨材の有害物質分析

再生骨材生産者である日本製紙(株)北海道工場旭川事業所では、定期的に再生骨材の溶出試験・含有量試験を実施しており、資料を入手し評価した。

② 暗渠排水の水質調査

暗渠排水の水質は、農業(水稲)用水水質基準、環境基本法に基づく水質汚濁に係る環境基準(人の健康の保護に関する環境基準)の必要項目(硝酸性窒素および亜硝酸性窒素、ふっ素、ほう素)と照合し、安全性を確認した。暗渠疎水材周辺土砂の吸出しの有無については、SS(懸濁物質)濃度に着目し対照区と比較した。

③ 暗渠排水量調査

調査区(再生骨材施工区)と対照区(木材チップ施工区)とで降雨後の排水量を測定し、対照区との比較により暗渠疎水材の排水機能を評価した。調査手法は、暗渠排水落口に簡易三角セキを接続し、水位データロガーにより越流水深を測定して排水量に換算し、経時的な変化を把握した。

④ 土壌調査

暗渠疎水材周辺部の土壌調査を行い、化学性・物理性の変化を確認した。化学性は、pH・鉄含量・硫黄含量に着目し、対照区との比較により、作物への影響の有無・酸化鉄発生抑制の可能性を検討した。物理性は、貫入式土壌硬度計により暗渠疎水材周辺部のコーン指数を測定し、対照区との比較により、地耐力の変化について評価した。

⑤ 疎水材断面調査

作付作物の収穫後に、疎水材周辺部の掘削調査を実施し、疎水材の断面形状の維持状況、沈下・目詰まりの有無を確認するとともに、調査データより疎水材の耐久性および経年変化に伴う影響を推定した。また、内視カメラを挿入し、暗渠管内の堆泥状況の変化等を観察し、対照区と比較した。

⑥ 生育収量調査

農作物生育状況調査要領(道農政部)に基づく収量調査を実施し、対照区との比較により作物への影響を確認した。

3. 調査結果

(1) 安全性

① 再生骨材の有害物質の確認

日本製紙(株)北海道工場旭川事業所から入手した溶出試験・含有量試験の分析結果からは、全ての項目で基準値(=土壌の汚染に係る環境基準)を下回っていた。

表 3-1-1 再生骨材の分析結果（土壌の汚染に係る環境基準値との比較）

	項目	分析結果				基準値
		H24.6.29採取分	H25.5.17採取分	H25.11.1採取分	H26.5.9採取分	
溶出試験	カドミウム (mg/L)	0.0005未満	0.001未満	0.0005未満	0.0005未満	0.01以下
	鉛 (mg/L)	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.01以下
	全シアン (mg/L)	不検出	不検出	不検出	不検出	検出されないこと
	六価クロム (mg/L)	0.005	0.007	0.005未満	0.005未満	0.05以下
	ヒ素 (mg/L)	0.001未満	0.001未満	0.001	0.001	0.01以下
	総水銀 (mg/L)	0.00005未満	0.00005未満	0.00005未満	0.00005未満	0.0005以下
	アルキル水銀 (mg/L)	不検出	不検出	不検出	不検出	検出されないこと
	有機燐 (mg/L)	不検出	不検出	不検出	不検出	検出されないこと
	PCB (mg/L)	不検出	不検出	不検出	不検出	検出されないこと
	トリクロロエチレン (mg/L)	0.001未満	0.003未満	0.001未満	0.001未満	0.03以下
	テトラクロロエチレン (mg/L)	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.01以下
	ジクロロメタン (mg/L)	0.001未満	0.002未満	0.001未満	0.001未満	0.02以下
	四塩化炭素 (mg/L)	0.0001未満	0.0002未満	0.0001未満	0.0001未満	0.002以下
	1,2-ジクロロエタン (mg/L)	0.0001未満	0.0004未満	0.0001未満	0.0001未満	0.004以下
	1,1-ジクロロエチレン (mg/L)	0.001未満	0.002未満	0.001未満	0.001未満	0.02以下
	シス-1,2-ジクロロエチレン (mg/L)	0.001未満	0.004未満	0.001未満	0.001未満	0.04以下
	1,1,1-トリクロロエタン (mg/L)	0.001未満	0.1未満	0.001未満	0.001未満	1以下
	1,1,2-トリクロロエタン (mg/L)	0.0001未満	0.0006未満	0.0001未満	0.0001未満	0.006以下
	1,3-ジクロロプロペン (mg/L)	0.0001未満	0.0002未満	0.0001未満	0.0001未満	0.002以下
	ベンゼン (mg/L)	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.01以下
	チウラム (mg/L)	0.0005未満	0.0006未満	0.0005未満	0.0005未満	0.006以下
	シマジン (mg/L)	0.0005未満	0.0003未満	0.0003未満	0.0003未満	0.003以下
	チオベンカルブ (mg/L)	0.0005未満	0.002未満	0.0005未満	0.0005未満	0.02以下
	セレン (mg/L)	0.003	0.001未満	0.001	0.001未満	0.01以下
ほう素 (mg/L)	0.1	0.1未満	0.3	0.1未満	1以下	
ふっ素 (mg/L)	0.31	0.40	0.50	0.43	0.8以下	
三価クロム (mg/L)			0.037		※全クロム-六価クロム	
含有量試験	カドミウム及びその化合物 (mg/kg)	1.2	15未満	1.5	2.3	150以下
	鉛及びその化合物 (mg/kg)	55	33	36	59	150以下
	シアン化合物 (mg/kg)	5未満	5未満	5未満	5未満	50以下
	六価クロム化合物 (mg/kg)	0.5未満	25未満	0.5未満	0.5未満	250以下
	ヒ素及びその化合物 (mg/kg)	12	15未満	10	19	150以下
	水銀及びその化合物 (mg/kg)	0.013	1.5未満	0.01未満	0.01未満	15以下
	セレン及びその化合物 (mg/kg)	0.05未満	15未満	0.15未満	0.15未満	150以下
	ほう素及びその化合物 (mg/kg)	330	400未満	200未満	200未満	4000以下
	ふっ素及びその化合物 (mg/kg)	340	400未満	470	370	4000以下

※基準値は“土壌の汚染に係る環境基準”。

② 排水の有害物質の確認

調査圃場において、降雨後の暗渠排水を採水し、水質分析を実施した。

農業用基準値と比較すると、pHは対照区が酸性（平均4.7）に対し、調査区は中性（平均6.0）となり、調査区と対照区で差がみられた。COD（化学的酸素要求量）は、両区とも基準値を超過したが、調査区は対照区よりも小さな値であった。T-N（全窒素）は、H25分析値が突出して高いが作付作物に伴う施肥の影響と思われる。EC（電気伝導度）は、両区とも基準値を大きく超過した。イオン分析の結果をみると、硫酸イオンが高い数値を示し、「富良野川とヌッカクシ富良野川は、源流域で十勝岳温泉排水が流入するため、硫酸イオン濃度が高く酸性であること⁽¹⁾」が知られている。このため、ECが高いのは地域的な要因であり、疎水材に起因するものではないと考えられる。

環境基準値との比較では、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素とふっ素を除く項目で、基準値を下回る結果となった。なお、基準値を上回った硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素とふっ素は、調査区と対照区で同程度あったこと、再生骨材の溶出試験結果（表 3-1-1）はふっ素の基準値を満足していることから、疎水材に起因するものではないと考えられる。

表 3-1-2 暗渠排水の水質分析結果①（農業用水基準値との比較）

現地	採水日	透視度 cm	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	
			pH	COD (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	T-N (μS/cm)	EC	ヒ素 (As) (mg/L)	亜鉛 (Zn) (mg/L)	銅 (Cu) (mg/L)	カドミウム (Cd) (mg/L)	鉛 (Pb) (mg/L)	六価クロム (Cr6+) (mg/L)	シアン (CN) (mg/L)	7ルキル水銀 (mg/L)	有機リン (mg/L)	三価クロム (mg/L)	
調査区	H24	8/1	7	6.6	26	62	5.2	7.7	805	0.003	0.05未満	0.011	0.001未満	0.01未満	0.005未満	不検出	不検出	不検出	
		8/16	32	6.3	19	21	4.4	4.0	790	0.001	0.05未満	0.006	0.001未満	0.01未満	0.005未満	不検出	不検出	不検出	
		9/10	8	6.7	25	47	5.3	6.2	685	0.003	0.05未満	0.006	0.001未満	0.01未満	0.005未満	不検出	不検出	不検出	
	H25	6/27	46	6.2	20	10	3.1	14.3	676	0.001未満	0.05未満	0.002	0.001未満	0.01未満	0.005未満	不検出	不検出	不検出	0.005未満
		8/20	50以上	6.0	18	12	4.1	14.7	865	0.001未満	0.05未満	0.004	0.001未満	0.01未満	0.005未満	不検出	不検出	不検出	0.005未満
		9/4	16	5.9	29	48	3.0	44.3	767	0.001	0.05未満	0.019	0.001未満	0.01未満	0.005未満	不検出	不検出	不検出	0.005未満
	H26	7/28	50以上	5.5	23	19	2.4	17.9	727	0.001未満	0.05未満	0.004	0.001未満	0.01未満	0.005未満	不検出	不検出	不検出	0.005未満
		8/20	50以上	4.4	22	16	0.5未満	13.9	1547	0.001	0.16	0.009	0.001未満	0.01未満	0.005未満	不検出	不検出	不検出	0.005未満
		H24	8/1	7	4.8	51	115	4.4	8.3	402	0.001未満	0.05未満	0.020	0.001未満	0.01未満	0.005未満	不検出	不検出	不検出
			8/16	17	4.5	24	52	2.8	2.7	509	0.002	0.060	0.006	0.001未満	0.01未満	0.005未満	不検出	不検出	不検出
対照区	H25	9/10	7	5.3	48	104	3.9	4.6	357	0.008	0.05未満	0.008	0.001未満	0.01未満	0.005未満	不検出	不検出	不検出	
		6/27	50以上	5.6	32	6	1.1	15.5	456	0.001	0.05未満	0.004	0.001未満	0.01未満	0.005未満	不検出	不検出	不検出	0.005未満
		8/20	50以上	4.7	27	15	0.8	19.0	731	0.001未満	0.113	0.009	0.001未満	0.01未満	0.005未満	不検出	不検出	不検出	0.005未満
	H26	9/4	20	4.8	47	37	0.8	43.2	753	0.001	0.05未満	0.017	0.001未満	0.01未満	0.005未満	不検出	不検出	不検出	0.005未満
		7/28	50以上	3.9	32	8	1.2	12.0	698	0.001未満	0.08	0.015	0.001未満	0.01未満	0.005未満	不検出	不検出	不検出	0.005未満
		8/20	50以上	4.2	44	13	0.5未満	27.9	1131	0.001	0.15	0.006	0.001未満	0.01未満	0.005未満	不検出	不検出	不検出	0.005未満
		基準値		6.0 ~7.5	6以下	100 以下	5以上	1以下	300 以下	0.05 以下	0.5 以下	0.02 以下	0.01 以下	0.1 以下	0.1 以下	0.05 以下	検出され ないこと	検出され ないこと	検出され ないこと

表 3-1-3 暗渠排水の水質分析結果②（環境基準値との比較）

現地	採水日	調査区						対照区			基準値
		H24	H25		H26		H25	H26			
		H24.8.1	H25.6.27	H25.8.20	H26.7.28	H26.8.20	H25.6.27	H26.7.28	H26.8.20		
透視度 (cm)	7	46	50以上								
カドミウム (mg/L)	0.0001	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.003mg/L 以下	
全シアン (mg/L)	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	検出されないこと	
鉛 (mg/L)	0.001	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.01mg/L 以下	
六価クロム (mg/L)	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.05mg/L 以下	
砒素 (mg/L)	0.003	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.01mg/L 以下	
総水銀 (mg/L)	0.0005未満									0.0005mg/L 以下	
アルキル水銀 (mg/L)	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	検出されないこと	
PCB (mg/L)	不検出									検出されないこと	
ジクロロメタン (mg/L)	0.002未満									0.02mg/L 以下	
四塩化炭素 (mg/L)	0.0002未満									0.002mg/L 以下	
1,2-ジクロロエタン (mg/L)	0.0004未満									0.004mg/L 以下	
1,1-ジクロロエチレン (mg/L)	0.01未満									0.1mg/L 以下	
シス-1,2-ジクロロエチレン (mg/L)	0.004未満									0.04mg/L 以下	
1,1,1-トリクロロエタン (mg/L)	0.1未満									1mg/L 以下	
1,1,2-トリクロロエタン (mg/L)	0.0006未満									0.006mg/L 以下	
トリクロロエチレン (mg/L)	0.003未満									0.03mg/L 以下	
テトラクロロエチレン (mg/L)	0.001未満									0.01mg/L 以下	
1,3-ジクロロプロペン (mg/L)	0.0002未満									0.002mg/L 以下	
チウラム (mg/L)	0.0006未満									0.006mg/L 以下	
シマジン (mg/L)	0.0003未満									0.003mg/L 以下	
チオベンカルブ (mg/L)	0.002未満									0.02mg/L 以下	
ベンゼン (mg/L)	0.001未満									0.01mg/L 以下	
セレン (mg/L)	0.001未満									0.01mg/L 以下	
硝酸性窒素 及び亜硝酸性窒素 (mg/L)	7.4	10.9	12.0	16.8	7.9	11.9	10.7	17.6		10mg/L 以下	
ふっ素 (mg/L)	0.28	0.21	0.33	0.43	1.6	0.23	0.74	1.6		0.8mg/L 以下	
ぼう素 (mg/L)	0.25	0.21	0.18	0.16	0.18	0.11	0.1未満	0.1未満		1mg/L 以下	
1,4-ジオキサン (mg/L)	0.005未満									0.05mg/L 以下	

※基準値は、人の健康の保護に関する環境基準。

表 3-1-4 暗渠排水の水質分析結果③（イオン分析結果）

H25 〔採水日：8.20〕	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	ナトリウム イオン (Na) (mg/ℓ)	カリウム イオン (K) (mg/ℓ)	マグネシウム イオン (Mg) (mg/ℓ)	カルシウム イオン (Ca) (mg/ℓ)	塩化物 イオン (Cl) (mg/ℓ)	硫酸 イオン (SO ₄) (mg/ℓ)	炭酸水素 イオン (HCO ₃) (mg/ℓ)
調査区	6.0	865	13	7.1	41	63	9.2	370	66
対照区	4.7	731	5.1	4.1	25	63	8.5	277	1未満
圃場内地下水 ⁽¹⁾	4.8	977	5.8	4.5	35	70	18	281	15
基準値	6.0～7.5	300以下	※農業(水稲)用水質基準〔農林水産技術会議 S46.10.4.〕						

(1) 調査圃場内の疎水材の影響を受けない箇所に採水用の塩ビ管を埋設し、地下水も採水・分析した。

(2) 排水機能耐久性

① 排水量

調査区の暗渠排水量は、対照区の排水量をやや上回った。調査結果からは、再生骨材を暗渠疎水材に使用した場合、従来の木材チップに比べ排水能力で同等以上であることが確認された。

表 3-2-1 H24 暗渠排水量測定結果

H24		アメダス 降水量 (mm)	暗渠排水流量 (m^3)	
			調査区	対照区
5月	5/29～30	1.0	-	0.161
6月	6/1～10	18.0	0.887	3.853
	6/11～20	19.0	-	0.301
	6/21～30	6.0	-	-
7月	7/1～10	47.0	1.994	0.152
	7/11～20	22.5	-	-
	7/21～31	37.0	-	-
8月	8/1～10	107.0	5.640	2.677
	8/11～20	107.0	39.790	16.801
	8/21～31	2.5	2.244	1.140
9月	9/1～10	78.0	3.788	2.243
	9/11～20	54.0	22.160	21.053
	9/21～30	32.0	2.809	1.178
10月	10/1～10	31.5	14.331	7.022
	10/11～20	86.0	12.990	9.885
	10/21～31	53.5	6.670	11.469
計		702.0	113.303	77.935

※“-”は「流量無し」を表す。

表 3-2-2 H25 暗渠排水量測定結果

H25		アメダス 降水量 (mm)	暗渠排水流量 (m^3)	
			調査区	対照区
5月	5/11～20	25.0	7.669	3.633
	5/21～30	17.0	3.464	6.343
6月	6/1～10	1.5	1.437	1.187
	6/11～20	53.0	10.862	6.429
	6/21～30	21.5	5.437	8.586
7月	7/1～10	19.0	0.518	1.023
	7/11～20	0.0	-	-
	7/21～31	2.0	-	-
8月	8/1～10	14.5	-	-
	8/11～20	74.0	21.281	9.756
	8/21～31	61.5	59.169	31.709
9月	9/1～10	60.5	42.767	30.225
	9/11～20	100.0	61.816	50.692
	9/21～30	52.5	30.526	43.282
10月	10/1～10	14.0	12.722	24.690
	10/11～20	94.0	55.304	61.840
	10/21～31	43.0	17.224	29.338
計		653.0	330.195	308.732

※“-”は「流量無し」を表す。

② 周辺土砂の吸い出しの有無

再生骨材は、粒径が 10mm～30mm 程度とやや大きめに調整されているため、暗渠周辺土砂の吸い出しの有無を確認した。降雨後に採水した調査区における暗渠排水の SS (浮遊物質) は 10～62mg/ℓ となり、基準値 (=農業用水基準) の範囲内であった。また、再生骨材を目視確認 (掘削調査) した結果からも、周辺土砂が吸い出されている状況はみられなかった。

表 3-2-3 暗渠排水の SS 分析結果

現地	採水日	透視度 cm	(1)	(2)	
			pH	SS (mg/L)	
調査区	H 24	8/1	7	6.6	62
		8/16	32	6.3	21
		9/10	8	6.7	47
	H 25	6/27	46	6.2	10
		8/20	50以上	6.0	12
		9/4	16	5.9	48
	H 26	7/28	50以上	5.5	19
		8/20	50以上	4.4	16
	基準値			6.0~7.5	100以下

※農業(水稲)用水質基準〔農林水産技術会議 S46.10.4.〕



写真 3-2-1 疎水材（再生骨材）の確認状況

(3) 付加機能

① アルカリによる鉄酸化物沈殿抑制

排水機能の低下要因の一つである管内の沈積物には、酸化鉄と土粒子があり、泥炭土と低地土では酸化鉄が多く、鉄付着物は暗渠管の閉塞要因と報告されている。再生骨材は pH が高いことから、暗渠疎水材として利用した場合の酸化鉄発生抑制効果の可能性を確認した。

調査圃場は平成 23 年度施工のため、暗渠落口から挿入した内視カメラでは、酸化鉄沈積物などの付着はほとんどみられなかった。降雨時の暗渠排水の水質分析結果では、調査区の酸可溶性鉄濃度及び二価鉄濃度は低く、対照区に比べると酸化鉄の生成が少ないと考えられ、再生骨材の高 pH による鉄酸化菌の抑制効果が想定された。

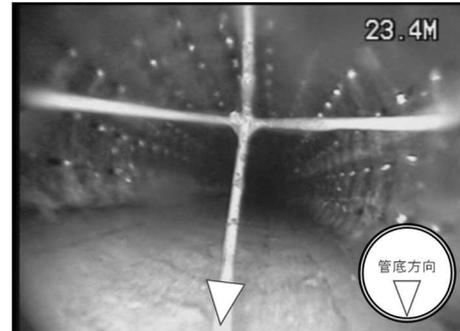


写真 3-3-1 内視カメラ調査結果

表 3-3-1 暗渠排水の水質分析結果（鉄酸化菌に関する項目）

現地	採水日	時間	水温 ℃	気温 ℃	透視度 cm	(1)	(2)	(3)	(4)
						pH	硫酸イオン (mg/L)	酸可溶性鉄 (mg/L)	二価鉄 (mg/L)
調査区	H24.9.10	12:00	18.8	21.1	8	6.7	242	2.6	0.3未満
	H25.8.20	13:00	19.0	24.0	50以上	6.0	370	1.5	0.3未満
対照区	H24.9.10	12:10	19.9	21.1	7	5.3	137	5.7	0.59
	H25.8.20	12:45	20.1	25.0	50以上	4.7	277	2.8	0.3未満
基準値						6.0~7.5	※農業(水稲)用水質基準 〔農林水産技術会議 S46.10.4.〕		

(4) 作物への影響

① 暗渠直上部の収量

調査圃場において、調査区と対照区の暗渠直上の収量を調査した。平成 26 年度（小麦）は、調査区の収量がやや低かったものの、平成 24 年度（にんじん、てんさい）、平成 25 年度（たまねぎ）は、疎水材の違いによる差は認められなかった。

表 3-4-1 H24 収量調査結果①

にんじん	総収量 kg/10a	規格内収量(kg/10a)				
		2L	L	M	S	計
調査区	3,777	151	909	1,758	527	3,345
対照区	3,952	75	1,096	1,791	542	3,504

表 3-4-2 H24 収量調査結果②

てんさい	葉重	根重	根重比	T/R比	糖分比	糖量比
	kg/10a	kg/10a	%	%	%	%
調査区	4,156	9,492	94	44	113	106
対照区	4,306	9,570	95	45	111	105

表 3-4-3 H25 収量調査結果

たまねぎ	総収量(kg/10a)								規格内計	規格内率
	2L	L大	L	M	S	小球	変形	計	kg/10a	%
調査区	342	4,548	2,314	194	19			7,417	7,417	100%
対照区	385	2,890	3,058	342	43	5	21	6,744	6,718	100%

表 3-4-4 H26 収量調査結果

小麦	稈長	穂長	穂数	素子実重	精麦実重	歩留
	cm	cm	本/10a	kg/10a	kg/10a	%
調査区	74.3	13.8	546	665	617	93
対照区	73.2	11.5	534	745	698	94

② 水稲栽培試験

再生骨材の疎水材利用時において、高 pH の影響が懸念される。特に、水稲栽培において、疎水材の直上部は、根の伸長により、高 pH の影響を受けやすいことが懸念される。水稲栽培への影響の有無を確認するために、暗渠直上部を再現した試験枠で水稲栽培試験を実施し、水稲の栽培状況および排水の pH の変化を確認した。また、籾への有害物質の影響を把握するため、作土厚を少なくした水稲栽培試験（水稲分析用）も実施した。

生育観察（目視）では、調査区の生育は対照区に劣る状況はなく良好だった。また、7 株分の全重（乾燥重）は、調査区=580g、対照区=445g であった。

湛水部の pH は、試験区の差はみられず、概ね同等で推移した。疎水材通過後の排水の pH をみると、対照区は pH4.5~5.0 程度で経過した。一方、調査区は pH11 程度と高い値を示した。水稲栽培試験からは、再生骨材による高 pH の、水稲生育・収量への直接的な影響は見受けられなかった。しかし、再生骨材通過後の排水が pH11 と高いため、暗渠からの排水量が一時的に多くなる場合（水稲栽培時の中干しや落水時など）、下流域への影響が懸念される。

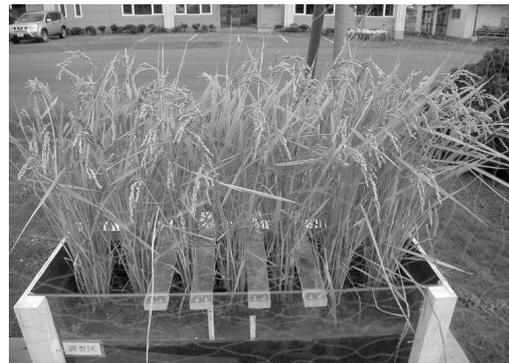


写真 3-4-1 調査区の生育状況

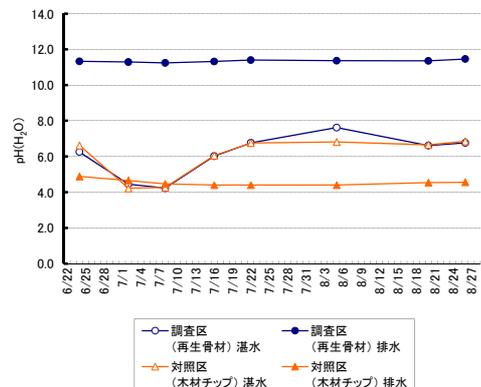


図 3-4-1 H25 栽培試験装置内の pH 変化

また、粃（玄米）への有害物質影響を把握するため、品質調査としてカドミウム・銅・亜鉛・ほう素の4項目を対象に分析を実施した。その結果、基準値を上回る項目はみられず、影響のない範囲にあったことが確認された。

表 3-4-5 H25 粃（玄米）の有害物質分析結果

	調査区	対照区	環境保全基準・作物栄養診断基準など
カドミウム(mg/kg)	0.1未満	0.1未満	0.4以下(玄米、精米)*環境保全基準 ※食品衛生法 平成23年2月28日施行
銅(mg/kg)	3.3	3.1	2~15(水稲成熟期、茎葉乾物)*作物栄養診断基準 ※土壌・作物栄養診断のための分析法2012 平成24年8月
亜鉛(mg/kg)	31	20	30~80(水稲成熟期、茎葉乾物)*作物栄養診断基準 ※土壌・作物栄養診断のための分析法2012 平成24年8月
ほう素(mg/kg)	1.9	2.3	3~8(水稲;出穂期;茎葉)*主な作物の無機成分含有率 ※土壌・作物栄養診断のための分析法2012 平成24年8月

(5) 土壌への影響

① 周辺土壌の化学性

調査区（再生骨材）における暗渠周辺部土壌の化学性分析結果からは、H25.7/11 採取分のヒ素が、僅かではあるが基準値（＝土壌の汚染に係る環境基準）を上回ったが、それ以外の項目は基準値を満足した。なお、H25.9/20 採取分および H25.11/1 採取分（追加実施）のヒ素は 0.002mg/l と、基準値を満足した。再生骨材の溶出試験結果（表 3-1-1）は基準値を満足していることから、疎水材（再生骨材）に起因するものではないと考えられる。

表 3-5-1 調査区：暗渠周辺部土壌の化学性分析結果（土壌の汚染に係る環境基準値との比較）

分析項目	調査区					基準値
	H24		H25			
	H24.6.19	H24.8.29	H25.7.11	H25.9.20	H25.11.1	
カドミウム (mg/L)	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満		0.01mg/L 以下
鉛 (mg/L)	0.0005未満	0.0005未満	0.0082	0.0005未満	0.0005未満	0.01mg/L 以下
全シアン (mg/L)	不検出	不検出	不検出	不検出		検出されないこと
六価クロム (mg/L)	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満		0.05mg/L 以下
砒素 (mg/L)	0.002	0.002	0.013	0.002	0.006	0.01mg/L 以下
総水銀 (mg/L)	0.00005未満	0.00005未満	0.00005未満	0.00005未満		0.0005mg/L 以下
アルキル水銀 (mg/L)	不検出	不検出	不検出	不検出		検出されないこと
有機燐 (mg/L)	不検出	不検出	不検出	不検出		検出されないこと
ポリ塩化ビフェニル (mg/L)	不検出	不検出	不検出	不検出		検出されないこと
セレン (mg/L)	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満		0.01mg/L 以下
ほう素 (mg/L)	0.1未満	0.1未満	0.4	0.1	0.1未満	1mg/L 以下
ふっ素 (mg/L)	0.09	0.18	0.39	0.36	0.24	0.8mg/L 以下
トリクロロエチレン (mg/L)	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満		0.03mg/L 以下
テトラクロロエチレン (mg/L)	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満		0.01mg/L 以下
ジクロロメタン (mg/L)	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満		0.02mg/L 以下
四塩化炭素 (mg/L)	0.0001未満	0.0001未満	0.0001未満	0.0001未満		0.002mg/L 以下
1,2-ジクロロエタン (mg/L)	0.0003	0.0001未満	0.0001未満	0.0001未満		0.004mg/L 以下
1,1-ジクロロエチレン (mg/L)	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満		0.02mg/L 以下
シス-1,2-ジクロロエチレン (mg/L)	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満		0.04mg/L 以下
1,1,1-トリクロロエタン (mg/L)	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満		1mg/L 以下
1,1,2-トリクロロエタン (mg/L)	0.0001未満	0.0001未満	0.0001未満	0.0001未満		0.006mg/L 以下
1,3-ジクロロプロペン (mg/L)	0.0001未満	0.0001未満	0.0001未満	0.0001未満		0.002mg/L 以下
ベンゼン (mg/L)	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満		0.01mg/L 以下
チウラム (mg/L)	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満		0.006mg/L 以下
シマジン (mg/L)	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満		0.003mg/L 以下
チオベンカルブ (mg/L)	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満		0.02mg/L 以下
銅 (mg/kg)	0.96	0.5未満	0.5未満	0.5未満		125mg/kg 未満 (田に限る)

※基準値は、土壌の汚染に係る環境基準。

4. まとめ

再生骨材を通過した排水の水質分析結果からは、有害物質は水質基準値(=環境基準)を下回っており、再生骨材単体の環境への影響は少ないと考えられた。一方、農業用水基準との比較では、COD(化学的酸素要求量)、EC(電気伝導度)、T-N(全窒素)が、調査区(再生骨材)および対照区(木材チップ)とも基準値を上回った。特に、EC(電気伝導度)は、対照区(木材チップ)との比較でも高い値を示した。

EC(電気伝導度)の分布傾向等を把握するため実施したイオン分析結果からは、3地点〔調査区排水、対照区排水、調査圃場内地下水〕とも、硫酸イオン(SO₄)が高い数値を示した。このため、ECが高いのは、地域的な要因であり、疎水材に起因するものではないと考えられた。

暗渠排水量調査結果からは、再生骨材を暗渠疎水材に使用した場合、従来の木材チップに比べ、排水能力で同等以上であることが確認された。

また、各現地調査からは、疎水材(再生骨材)内への周辺土砂の混入はみられなかった。再生骨材を暗渠疎水材として利用した場合の、酸化鉄発生抑制効果の可能性を確認した結果、酸化鉄の生成は対照区(木材チップ)に比べ少ない傾向にあり、再生骨材の高pHによる鉄酸化菌の抑制効果が想定された。

収量調査結果からは、対照区(木材チップ)に比べ劣る傾向はみられなかった。水稻の栽培試験結果からは、水稻の生育収量が、対照区(木材チップ)に比べ劣る傾向はみられなかった。また、水稻粳(玄米)の有害物質分析結果からは、基準値を上回る項目はみられなかった。ただし、再生骨材通過後の排水がpH11と高いため、暗渠からの排水量が一時的に多くなる場合の下流域への影響が懸念された。

再生骨材周辺土壌の分析結果(pH、有害物質)からは、疎水材からの溶出による影響はみられなかった。

以上の結果から、施工後3年が経過した時点では、再生骨材の暗渠疎水材としての排水性能に問題ない、と判断できる。今後も継続的な調査の実施により、排水機能の経年変化や、排水中の水質基準値を超える値の影響等を確認する必要がある。

【引用文献】

- (1)「新設貯水池の水質と流入負荷」 土木学会第55回年次学術講演会(平成12年9月)
福岡県保健環境研究所 土田大輔
北海道大学大学院工学研究所 福島智彦・橘治国
北海道開発局滝里ダム建設事務所 土門文之