

暗渠排水疎水材の適正評価手法の検討～石炭灰を事例として

胆振総合振興局産業振興部農村振興課 ○角岡 茂久

日高振興局産業振興部農村振興課 多田 政喜

空知総合振興局産業振興部調整課 田村 和杏

(株)ルーラルエンジニア 渡辺 久信・舟田 洋史・寺林 健一

1. はじめに

胆振総合振興局では、経営体育成基盤整備事業等において、毎年160ha程度の暗渠施工が実施されており、今後も100ha/年を越える整備が見込まれている。本地域の暗渠排水疎水材は火山灰を使用しているが、将来、暗渠排水の疎水材に適した火山灰の供給不足が想定され、新たな疎水材の確保が望まれている。

一方、石炭火力発電所で発生する石炭灰は増加傾向にあり、リサイクル資材として土木資材等に有効利用されており、暗渠疎水材としての利用が有望視されている。

しかし、暗渠排水疎水材に新たな資材を導入する場合の評価手法が確立されていない。

本報告では、胆振管内厚真町で稼動している北海道電力(株)苫東厚真発電所で発生する石炭灰を加工した「クリンカアッシュ」(以降、クリンカと称す)を対象に暗渠疎水材の適正評価手法を検討した内容を報告する。

2. 調査方法

(1) クリンカの概要

クリンカは、微粉碎した石炭をボイラ内で燃焼させた時にボイラ底部に落下した熔融固化した灰の塊を粉碎した資材である。クリンカの粒径は0.1～10mm程度の大きさが大部分を占め、最大でも20mm程度の小石状である。

クリンカの化学的性状は、二酸化ケイ素、酸化アルミニウムから構成され、水素イオン濃度がpH9～10程度のアルカリ性の高い資材である。

なお、クリンカは石炭の産地により重金属等の有害物質を含むこともあり、出荷時に土壌汚染対策法による検査を実施している。

表-1 クリンカの概要

項目	内容
種類	クリンカアッシュ
物理的 化学的 性状	主成分 SiO ₂ (二酸化ケイ素) Al ₂ O ₃ (酸化アルミニウム) 透水係数 10 ⁻¹ ～10 ⁻³ (cm/sec) 水素イオン濃度 pH9～10程度
製造元	製造 北海道電力株式会社 苫東厚真発電所 取扱 北電興業株式会社 苫東事業所石炭灰グループ



図-1 クリンカ

(2) 適正評価の検討方法

暗渠排水疎水材としての資材の適正評価は、暗渠排水設計指針¹⁾では疎水材の材料選択において、その特性を十分理解し、排水効果・施工性・経済性などを総合的に評価して判断することを規定している。

疎水材に必要な条件に対するクリンカの適性を評価するため、下記ア～オに示す調査方法並びに聞き取りから検討した。

ア) 疎水材調査～疎水材に有害物質が含まれないこと。

クリンカは石炭を燃焼させて発生した灰の塊であるため、アルカリ性が高く、有害物質等が含まれていると土壌や暗渠排水を汚染することが懸念される。

そこで、クリンカの水質汚濁に係る環境基準、農業用水基準による検査と土壌汚染対策法による重金属等の検査を実施して安全性を検証する。

イ) 周辺環境調査～水質を汚染する物質を生成しないこと。

クリンカの疎水材での環境下において、化学的な性状変化等により、疎水材周辺の土壌や暗渠排水の水質を悪化させ、排水路の流水を汚染させる懸念がある。

そこで、クリンカ暗渠の排水と排水路、水田の湛水を水質汚濁に係る環境基準、農業用水基準による検査を実施して、クリンカ疎水材による暗渠排水の安全性を検証する。

また、クリンカ暗渠付近の土壌で水素イオン濃度の検査を実施し、土壌診断基準による水素イオン濃度と検証する。

ウ) 暗渠排水機能調査～透水性が大きく、腐食が進行しにくく耐久性に優れていること。

疎水材は埋戻し部分の透水性を高くし、水田の湛水や雨水を暗渠に流入し易くするために透水性が大きいたことが必要であるため、クリンカ疎水材で現場透水試験を実施して火山灰との透水性を検証する。

また、暗渠は安定的な排水が長期間維持されることが必要なため、腐植しにくく、疎水材の形状が保持される資材が望まれるが、クリンカは小さい粒子が含まれており、水田の湛水や雨水が疎水材を通過した際に粒子が暗渠管の孔から入り、管内に堆積して排水を阻害することや、クリンカが流亡して疎水材形状の変形で暗渠排水の機能性や耐久性を損なうことも懸念される。

そこで、被覆材を布設した暗渠管と布設しない暗渠管の土砂堆積状況を観察し、疎水材の形状を測定して、施工直後の形状と検証する。

エ) 作物体調査～疎水材で作物生育や営農作業等に悪影響を及ぼさない材料であること。

クリンカ暗渠直上の水稻玄米で有害物質の検査、水稻の生育収量調査を実施して、生育収量、品質の変化や営農作業からのクリンカ暗渠の影響を検証する。

オ) 資材の供給及び施工性～現地での入手、施工性が容易であること。

クリンカが疎水材として利用した場合において、クリンカの安定的な供給の可能性や暗渠施工における施工性を検討する。

以上の調査を実施して、クリンカの暗渠排水疎水材としての適性を評価することとした。

(3) 調査ほ場の概要

調査ほ場は、胆振管内勇払郡厚真町内で水稻を作付けしているほ場で調査を実施した。

調査の目的に沿って、ほ場内に現在採用する粗粒の火山灰による暗渠と、クリンカ粒子等が暗渠管内に侵入防止する2種類の被覆材を布設した暗渠と布設しない暗渠の試験区を施工した。また、試験区と暗渠未整備の土壌性状や水稻の生育収量を比較するため、暗渠未整備区域を設定した。

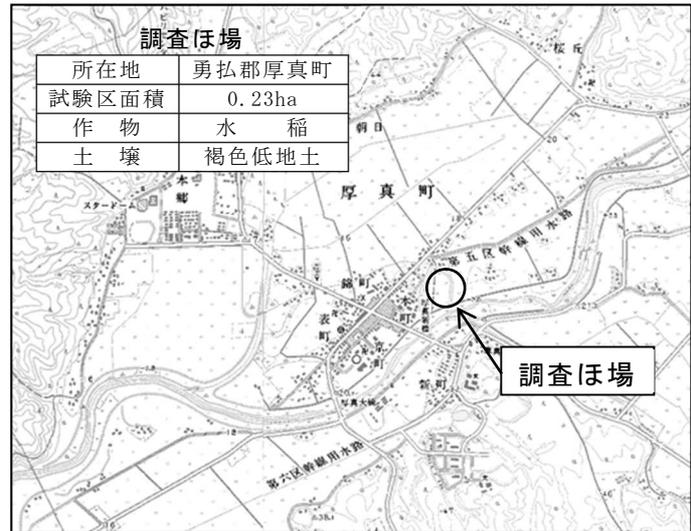


図-2 調査ほ場位置図

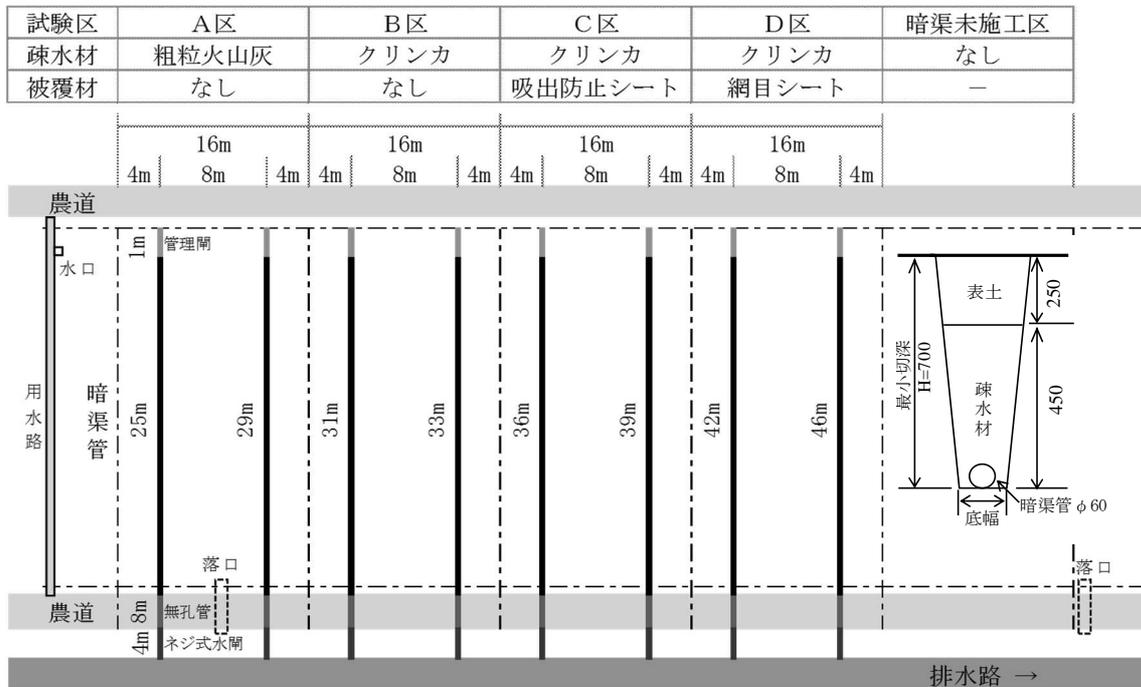


図-3 試験区 暗渠配線図・暗渠断面図

※施工日 H23年12月13日

被覆材 吸出防止シート～不織布タイプ、網目シート～約1mm目タイプ

(4) 調査内容

ア) 疎水材調査

【現地再現カラム通水試験】

クリンカをカラム内に充填して通水試験²⁾を行い、その排水を水質汚濁に係る環境基準³⁾、農業用水基準⁴⁾との適合を検証する。

- ・分析試料 施工前のクリンカ

【クリンカ溶出試験】

施工後の疎水材からクリンカを採取して、土壌汚染対策法⁵⁾に基づく溶出試験と水素イオン濃度分析を実施して、土壌汚染基準値との適合及び施工前の溶出試験値と検証する。

- ・採取時期 施工前 H24.11(出荷時) 施工後 H26.10(水稻作付2年目)

イ) 周辺環境調査

【土壌調査】

試験区と暗渠未整備区で営農前と営農後の表土と心土を採取して、水素イオン濃度の変化を検証する。

- ・土壌採取地点 試験区 A、B、C、D、暗渠未施工区
暗渠直上脇表土(地表下 0~25cm)、心土(地表下 25cm 以下)
- ・土壌採取時期 営農前 (H25 年 2 月) 営農後(H25 年 10 月 水稲作付 1 年目)

【水質調査】

試験区からの暗渠排水、排水路の流水、水田湛水の水質を分析して、水質汚濁に係る環境基準、農業用水基準との適合を検証する。

- ・採水地点 暗渠排水(試験区 A、B、C、D)、水田湛水、排水路(上下流)
- ・採水時期 H25 年 7~11 月(水田湛水、降雨後) 3 回、H26 年 8 月(水田湛水) 1 回
- ・水質項目 現地再現カラム通水試験でクリンカが要因で基準値を超過した項目

ウ) 暗渠排水機能調査

【現場透水試験】

クリンカ、火山灰の疎水材直上でシリンダーインタークレートによる現場透水試験を実施して、クリンカ、火山灰の透水係数を算定して、クリンカの透水性を検証する。

- ・試験地点 試験区 A(火山灰)、試験区 B(クリンカ)

【表土厚・疎水材厚】

施工直後(H24. 12)と施工後(H26. 10)の疎水材直上の表土、疎水材の厚さを測定して、クリンカ(試験区 B)、火山灰(試験区 A)の形状変化を検証する。

【暗渠管内観察】

管内カメラで暗渠管内を観察して、火山灰とクリンカとの堆積状態、被覆材を布設しない暗渠と布設した暗渠の土砂堆積状態を検証する。

- ・試験地点 試験区 A、試験区 B、試験区 C(吸出防止シート)、試験区 D(網目シート)

エ) 作物体調査

【稲体調査】

クリンカ疎水材による暗渠直上の水稲玄米及び水稲根部の土壌に含まれる砒素を分析して、暗渠未施工区の水稲玄米及び土壌と検証する。

- ・調査地点 試験区 B、C、D、暗渠未施工区

【生育収量調査】

試験区、暗渠未施工区で生育収量調査を実施して生育収量の変化からクリンカ暗渠の影響を検証する。

- ・調査機関 胆振農業改良普及センター東胆振支所
- ・調査地点 試験区 A、B、C、D、暗渠未施工区

3. 調査結果

(1) 疎水材調査

ア) 現地再現カラム通水試験

クリンカは、砒素が農業用水基準に適合したが、環境基準を超過しており、水素イオン濃度も高い結果であった。これは、カラム内のクリンカが飽和状態の期間中に溶出されて濃縮したものと考えられ、水素イオン濃度もクリンカの高いアルカリ性が反応したものと推察される。

化学的酸素要求量は有機物の汚濁状況を示す指標であるが、クリンカは無機物であるため、農業用水基準に適合しているが、溶存酸素量が農業用水基準に達しなかった。

これは、飽和状態で水中の酸素がクリンカ粒子に吸着したものと推察され、試験環境の影響と考えられる。

総窒素は僅かに農業用水基準を超過したが、クリンカの成分に窒素がなく、要因が特定できなかった。電気伝導率も粒子が水中に溶出したことで農業用水基準を超過したものと考えられ、亜鉛、銅は環境基準、農業用水基準ともに適合していた。

表-2 水質分析結果

区分	水質項目	単位	クリンカ単体	環境基準値	農業用水基準値
環境基準	鉛	mg/l	<0.005	0.01 以下	-
	砒素	mg/l	0.036*	0.01 以下	0.05 以下
農業用水基準	水素イオン濃度		8.5 *	-	pH6.0~7.5
	化学的酸素要求量	mg/l	0.3	-	6 以下
	溶存酸素量	mg/l	0.2 *	-	5 以上
	総窒素	mg/l	1.10 *	-	1 以下
	電気伝導率	mS/cm	0.333*	-	0.3 以下
	亜鉛	mg/l	0.005	0.03 以下	0.5 以下
	銅	mg/l	<0.005	-	0.02 以下

* 基準値超過 溶存酸素量は基準以下
< 定量下限値以下(正確に定量できる最低濃度)

イ) クリンカ溶出試験

施工後の疎水材から採取したクリンカは、水素イオン濃度を除く分析において、土壤汚染対策法の基準値に適合しており、施工前の数値と同等又は以下であった。

現地再現カラム通水試験で環境基準を超過した砒素は、施工後のクリンカからは検出されなかった。

水素イオン濃度は施工前 pH8.9 のアルカリ性に対して、施工後 pH6.2 とほ

ぼ中性に近い弱酸性に変化しており、施工後の水素イオン濃度はクリンカ疎水材が湛水や雨水の通過で、徐々に酸化したものと推察される。

表-3 溶出試験結果、水素イオン濃度

項目	単位	土壤汚染対策法基準値	溶出試験結果	
			施工前	施工後
			H24.11	H26.10
カドミウム	mg/l	0.01 以下	< 0.001	< 0.001
六価クロム	mg/l	0.05 以下	< 0.005	< 0.005
総水銀	mg/l	0.0005 以下	< 0.0005	< 0.0005
セレン	mg/l	0.01 以下	< 0.001	< 0.001
鉛	mg/l	0.01 以下	< 0.001	< 0.001
砒素	mg/l	0.01 以下	0.003	< 0.001
フッ素	mg/l	0.8 以下	< 0.1	< 0.1
ホウ素	mg/l	1 以下	0.03	0.01
シアン	mg/kg	50 以下	< 2	< 2
水素イオン濃度	-	-	pH 8.9	pH 6.2

< 定量下限値以下

(2) 周辺環境調査

ア) 土壤調査

表-4 は営農前と水稻作付け後の営農後のクリンカ疎水材(試験区 B, C, D の平均)と火山灰(試験区 A)、暗渠未施工区で採取した土壤の水素イオン濃度である。

営農後の水素イオン濃度は、全区で水田土壤の診断基準値よりも高いほぼ中性を示す土壤であった。

営農後のクリンカ暗渠の土壤は、営農前よりも水素イオン濃度が高いが、それでも中性の範囲内(pH7 前後)であり、火山灰、暗渠未施工区の土壤でも営農後の水素イオン濃度が高いことから、クリンカ暗渠を原因とした土壤変化ではないと推察される。

イ) 水質調査

水田湛水、排水路の水質は、環境基準、農業用水基準に適合しており、クリンカ疎水材の影響は見られなかった。

暗渠排水では、総窒素が農業用水基準を超過したが、現地再現カラム通水試験の検出値よりも高濃度であることから、営農で散布した肥料・農薬に含まれる成分が排水に含まれたものと考えられる。

表-4 水素イオン濃度 (pH)

疎水材		営農前(H25.1)	営農後(H25.10)
クリンカ試験区 B, C, D	表土	6.2	6.6
	心土	6.7	6.8
火山灰試験区 A	表土	5.9	6.9
	心土	6.8	7.0
暗渠未施工区	表土	6.3	6.4
	心土	5.6	6.8
土壤診断基準 水田土壤 pH5.5~6.0 北海道施肥ガイド 2010 ~北海道農政部 H22.3			

水素イオン濃度は、農業用水基準の範囲外で酸性を示しており、クリンカ溶出試験でも弱酸性に変化していることから、施工直後の高いアルカリ性は見られなかった。

以上の要因を除くと、クリンカ疎水材による暗渠からの排水は環境基準、農業用水基準に適合していると考えられる。

表-5 水質分析結果

分析項目	採水日	H25.7.5						H25.7.29						基準値 *1 環境基準 *2 農業用水			
		採水地点	排水路上流	暗渠排水				排水路下流	水田湛水	排水路上流	暗渠排水				排水路下流	水田湛水	
				試験区A	試験区B	試験区C	試験区D				試験区A	試験区B	試験区C				試験区D
疎水材	-	-	火山灰	クリンカ				-	-	-	火山灰	クリンカ				-	-
水素イオン濃度	-	7.2	6.0	5.9*	5.9*	6.3	7.2	6.8	-	5.6*	5.8*	6.2	6.2	6.9	7.4	6.0~7.5 ^{*2}	
電気伝導率	mS/cm	0.114	0.110	0.117	0.132	0.092	0.114	0.099	-	0.105	0.124	0.116	0.121	0.112	0.081	0.3以下 ^{*2}	
砒素	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	-	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.01以下 ^{*1} 0.05以下 ^{*2}	
総窒素	mg/l	0.36	1.27*	1.09*	1.10*	0.46	0.30	0.55	-	0.49	0.35	1.10*	0.51	0.34	0.72	1以下 ^{*2}	
分析項目	採水日	H25.11.8						H26.8.7						基準値 *1 環境基準 *2 農業用水			
		採水地点	排水路上流	暗渠排水				排水路下流	水田湛水	排水路上流	暗渠排水				排水路下流	水田湛水	
				試験区A	試験区B	試験区C	試験区D				試験区A	試験区B	試験区C				試験区D
疎水材	-	-	火山灰	クリンカ				-	-	-	火山灰	クリンカ				-	-
水素イオン濃度	-	6.7	6.5	5.7*	5.7*	5.9	6.9	-	-	-	6.2	5.9	5.7	-	-	6.0~7.5 ^{*2}	
電気伝導率	mS/cm	0.108	0.068	0.080	0.084	0.070	0.108	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3以下 ^{*2}	
砒素	mg/l	<0.001	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	-	-	-	0.002	<0.001	<0.001	-	-	0.01以下 ^{*1} 0.05以下 ^{*2}	
総窒素	mg/l	0.56	3.30*	0.51	0.52	0.49	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-	1以下 ^{*2}	

*印は基準値を超過 <は定量下限値未満

※H26年は水素イオン濃度と砒素のみ調査

(3) 暗渠排水機能調査

ア) 現場透水試験

現場透水試験の結果、クリンカの透水係数は $1.73 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 、火山灰の透水係数は $2.61 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ であった。

この結果からクリンカは、火山灰よりも約 6.6 倍透水性が高い結果であった。さらに、現地再現カラム通水試験で使用したクリンカで室内透水試験を測定した透水係数と比べてもほぼ同じ結果であった。

現地測定において、シリンダー内の水の浸透速度を目視で観察した結果、クリンカが火山灰よりも水の減り方が早いことが確認された。

イ) 表土厚、疎水材厚

施工後の表土厚は、施工直後と比べると試験区B(クリンカ)が17mm薄く、試験区A(火山灰)が9mm厚い結果で、疎水材厚は試験区A、Bともに施工直後の疎水材よりも約30mm増加していた。

表-7 表土厚・疎水材厚測定結果(mm)

試験区		試験区 A		試験区 B	
疎水材		火山灰		クリンカ	
区分	測定日	表土厚	疎水材	表土厚	疎水材
施工直後	H24.12	224	493	224	492
施工後	H26.10	233	525	207	520
増減		9	32	-17	28
(上流から)距離		13.0m	5.6m	17.0m	5.6m

水稲作付け2年目 22ヶ月後

施工直後と施工後の測定位置は同じ

表土厚は、疎水材の形状変化よりも、ほ場の耕起や代かき等の営農作業や用水の入排水で湛水の流れに伴う土壌の移動が表土の厚さに変化を与えたものと思われ、また、疎水材厚は疎水材表面の凹凸が変位したことで測定差が現れたものと考えられる。クリンカ疎水材の状態を見ると変色や腐食もなく、営農作業の圧密沈下や粒子の流亡による疎水材の減少は見られず、暗渠溝の形状が維持されていた。

ウ) 暗渠管内観察

管内カメラで暗渠管内を観察した結果、土砂が薄く堆積している地点が確認されたが、全ての暗渠管で排水を阻害するほどの土砂堆積量はなかった。

被覆材を布設していない試験区 A(火山灰)と試験区 B(クリンカ)は、ほぼ同じ土砂量が管内に堆積しており、特にクリンカ暗渠の堆積量が多いことはなかった。

被覆材を布設している試験区 C、D と未布設の試験区 B を比較すると、試験区 C、D は試験区 B よりも土砂の堆積が少なく、土砂が薄く管底に堆積している程度だった。

被覆材のない試験区 B よりも被覆材を布設している試験区 C、D が管外の土砂が管内に混入することを防ぐ効果が見られ、吸出防止シートと網目シートの違いでは、網目シートがやや粗い粒子が見えるが、両タイプでの土砂量に明確な差は確認できなかった。

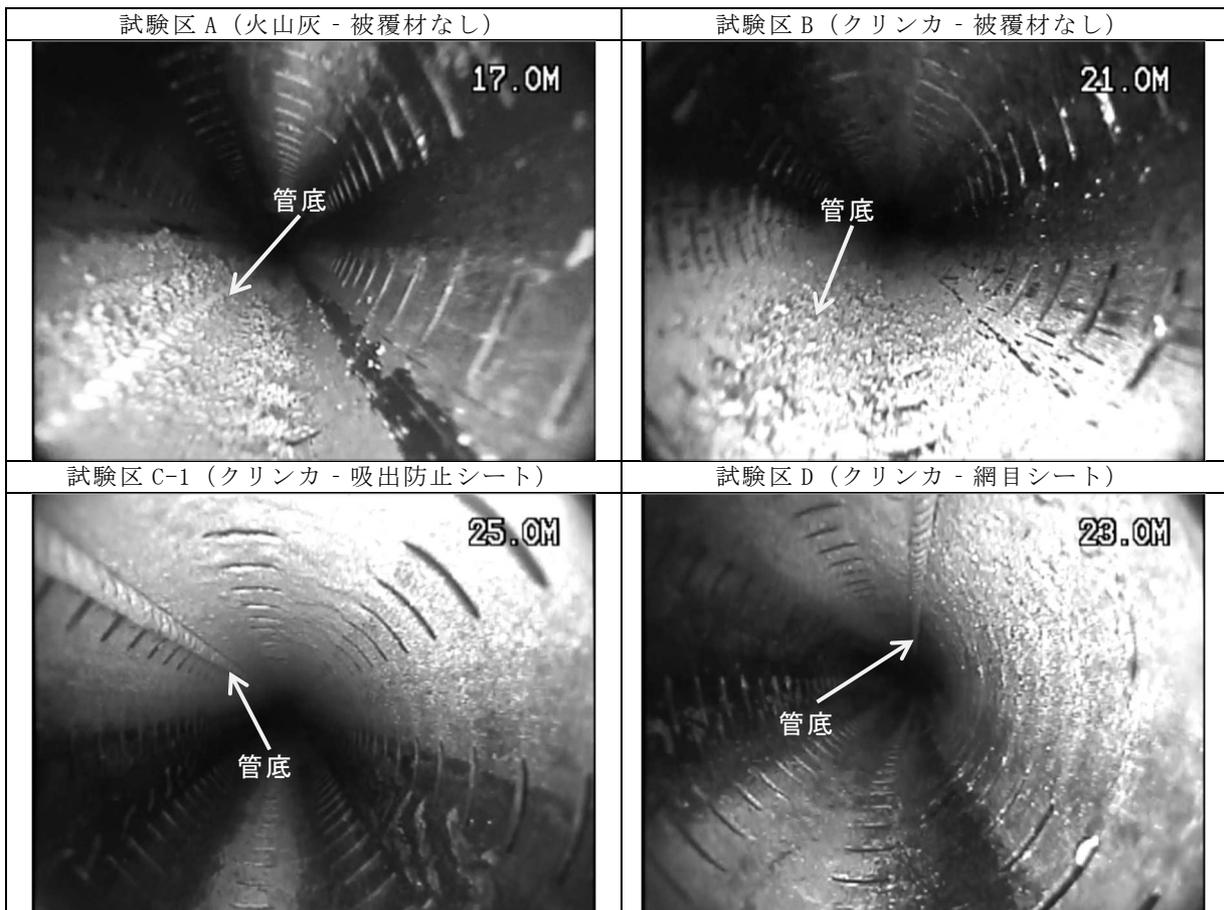


図-4 暗渠管内の堆積状況 H26.10.23 撮影

(4) 作物体調査

ア) 稲体調査

稲体調査の結果、クリンカ暗渠直上と暗渠未施工区での水稲玄米に含まれる砒素含有量は、定量下限値の 0.10mg/kg 以下であることが確認された。

試験区 B、C、D と暗渠未施工区の水稲根部の土壌に含まれる砒素は、土壌汚染に係る環境基準値 15mg/kg 未満⁵⁾に対して、約 1/3 に相当する含有量で基準値以下であった。

今回の稲体調査において、クリンカ暗渠による砒素の影響は確認されなかった。

表-8 稲体調査結果 (mg/kg)

採取物	水稲根部の土壌				水稲玄米			
	試験区 B	試験区 C	試験区 D	未施工区	試験区 B	試験区 C	試験区 D	未施工区
採取地点								
砒素含有量	4.7	4.7	5.1	5.9	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

< 定量下限値以下

調査年 H26 年 9 月

イ) 生育収量調査

生育は、試験区Dで7/1測定の本数(*印)がやや過剰傾向を示し、成熟期が他区よりも2日遅れたが、生育状態は全区で概ね良好で大きな差はなかった。

収量は、総粒数が試験区Dと暗渠未施工区で4万粒(*印)を超えて過剰であった。

精玄米重は、暗渠未施工区と比べると試験区A、B、Cで3%少なく、試験区Dで5%多いが、これは生育差が収量差に現れた結果と考えられる。

玄米の品質は、全区が検査等級1等で蛋白質含有率も6.8%以下の低タンパク米であったが、収量が多かった試験区D、暗渠未施工区は整粒歩合や登熟歩合が低い傾向が見られ他区よりも品質の低下が現れていた。

以上の結果からみると、各区で生育収量に差が見られたがクリンカ暗渠を原因とする関係が見られなかった。また、水稻栽培における作業において、クリンカ暗渠上で移植機や収穫機の走行に支障を及ぼすようなことは確認されなかった。

表-9 生育調査結果

調査年 H26年

区分	幼穂形成期 (7/1測定)		成熟期 (9/8測定)			生育期節				
	草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	形幼 成 期 穂	出 穂 始	出 穂 期	出 穂 揃	成 熟 期
試験区A	50.4	630	71.7	17.0	584					
試験区B	56.0	634	68.5	18.0	515					9/12
試験区C	55.1	578	71.4	17.6	584	6/26	7/21	7/23	7/26	
試験区D	56.1	740*	72.7	17.4	658					9/14
未施工区	57.9	645	72.3	17.8	639					9/12

*草丈:地面から最長葉先までの長さ 稈長:地面から穂首までの長さ
茎数:水稻の茎数をm²当り本数に換算
穂長:穂首から穂先端までの長さ 穂数:穂の数をm²当り本数に換算

表-10 収量調査結果

調査年 H26年

区分	1穂 粒数	総粒数 (粒/m ²)	不稔歩合 (%)	粗玄米重 (kg/10a)	精玄米重 (kg/10a)	屑米重 (kg/10a)	収量比	登熟歩合 (%)	整粒歩合 (%)	蛋白質含 有率(%)
試験区A	58.4	33,171	7.7	665	598	67	97	82.7以上	74.6	6.1
試験区B	66.7	33,407	8.1	672	596	76	97	82.5以上	74.7	6.1
試験区C	62.5	35,500	2.4	677	599	78	97	80.4	72.2	5.7
試験区D	72.4	46,336*	9.8	726	648	78	105	65.6	67.3	6.5
未施工区	74.0	45,954*	5.2	710	616	94	(100)	62.0	70.5	6.5

精玄米重:ふるい目1.95mm以上 たんぱく質含有率はJAとまこまい広域で分析、等級は全区1等級

(5) 資材の供給及び施工性

表-11に示す過去5カ年の苫東厚真発電所からのクリンカの発生量と利用先出荷量は、骨材や路盤等の土木資材や家畜等のパドック敷材に利用されている。

ボイラやタービンの法定点検等で発生量に変動があるが、石炭火力発電による電力供給量の増加に伴い、平成24年度からは年間20,000t以上に増加している。

参考値ではあるが、クリンカの平成25年発生量の実績から暗渠施工が可能な面積は、表-12に示す区画と暗渠タイプで算定すると年間120ha/年と試算される。

クリンカの施工性は、粒径が20mm以下で粘着性のない資材であるため、火山灰と同様に疎水材投入機で暗渠溝に投入することが可能である。

表-11 発生量及び主な出荷実績⁶⁾

年度	発生量 (t)	出荷量(t)	
		土木資材	パドック
H21	14,300	8,100	2,000
H22	12,800	7,800	2,100
H23	15,600	9,700	2,200
H24	27,700	20,600	4,500
H25	22,400	13,300	7,700
年平均	18,560	11,900	3,700

表-12 施工可能面積

区画	区画150m×100m 1.5ha 暗渠配線10本
暗渠断面	スリム型バックホウ(勾配1:0.136)
疎水材面積	疎水材厚 H=450mm 断面積 A=0.118m ²
1ha当り	0.118m ² ×150m×10本 = 177m ³ /1.5ha
施工量	1ha当り 165m ³ /ha *土量変化率1.4
供給可能量	22,400t/年×0.9t/m ³ =20,160m ³ /年
(H25発生量)	*m ³ あたり重量0.9t/m ³ *:取扱元の表示値
施工可能面積	20,160m ³ /年÷165m ³ /ha=120ha/年

4. まとめ

(1) クリンカの暗渠疎水材としての適正

ア) 透水性

疎水材の透水係数は、設計基準や指針等で規定されていないが、疎水材の必要な機能として透水性が大きいことが求められており、クリンカは現場透水試験で火山灰よりも透水性が約6倍大きいことが確認された。

イ) 耐久性

クリンカは、営農作業により施工直後と比べて表土、疎水材の厚さに変化があったが、疎水材の圧密沈下や形状の変化がなく、粒子が無機物で固く、腐食に強いいため、耐久性には支障ないものと推察される。

また、暗渠管内はクリンカ粒子の流入で排水を阻害するような土砂の堆積がなく、吸出防止シート、網目シートの被覆材を布敷した暗渠は、被覆材のない暗渠よりも堆積物が少ないことが確認された。被覆材を布設した暗渠はクリンカ粒子を含む土砂の流入を防ぐ効果があることから、暗渠排水の機能が維持され、暗渠の長寿命化に繋がると考えられる。

ウ) 周辺環境への影響

クリンカは、施工前(出荷時)に土壤汚染対策法に基づいた検査をしており、疎水材の環境下でも、施工前と同等又は以下で水素イオン濃度も高いアルカリ性が現れておらず、施工から約2年経過した時点において、安定した状態であった。

現地再現カラム通水試験で環境基準値以上の砒素が検出されたが、クリンカ暗渠からの排水、排水路の流水や水田の湛水は環境基準、農業用水基準に抵触する水質は確認されなかった。クリンカ暗渠付近の土壤は、水素イオン濃度が表土・心土ともにクリンカ特有の高いアルカリ性の影響は見られなかった。

以上により、クリンカ暗渠が周辺環境や作物に影響を及ぼすことは少ないと考えられる。

エ) 水稻の生育収量への影響

稲体調査は、玄米に含まれる有害物資(砒素)がクリンカ暗渠、暗渠未施工区ともに分析可能な最低値であり、水稻根部の土壤も土壤汚染に係る環境基準値に適合していた。

水稻の生育収量は、全区とも概ね良好だったが、一部の試験区で生育差が見られて収量差に現れたが、施工後から2回目の水稻作付けであるため、各試験区の暗渠溝の埋戻土の状態や乾燥度合で個々の生育に差が生じたものと思われ、ほ場全体で見れば生育・収量差はごく僅かであった。

以上により、今回の稲体調査、生育収量は、クリンカ疎水材との関係が現在のところ明確に現れていないと推察される。

オ) 資材の供給及び施工性

クリンカは、苫東厚真発電所で製造されており、厚真町をはじめ、胆振東部管内において、近距離で運搬コストが有利であるが、クリンカの価格が決まっておらず、現在の火山灰との経済的な優位性が必要とされる。また、クリンカは、H24年より年間20,000t以上の製造実績があるが、火力発電所の稼働状況に左右されるため、暗渠施工において、クリンカの安定的な供給が今後の課題である。

クリンカ暗渠の施工においては、クリンカ粒子が小さく、粘着性がないため、火山灰暗渠と同様な施工が可能で特別な作業や特殊な機械は必要としない。

(2) クリンカの評価と検討課題

クリンカの適性を総合的に評価した結果、クリンカは透水係数が火山灰よりも高く、腐食、疎水材の形状維持に優れた材質であった。

クリンカ疎水材に含まれる重金属等も基準値以下で水素イオン濃度も安定しており、クリンカ暗渠からの排水は、水質汚濁に係る環境基準や農業用水基準に適合していた。

生育収量において、玄米への有害性や水稲の生育収量はクリンカ暗渠を原因とする変化が見られなかった。

暗渠管内の土砂堆積による排水阻害は確認されず、被覆材を布設した暗渠では暗渠管に小さい粒子の流入を防ぐ効果があり、被覆材の使用は有効とされる。

なお、被覆材の使用には資材費がかかるが、水田では全道的に集中管理孔方式を推進しており、フラッシングで管内清掃が可能なことから、被覆材の採用は暗渠方式、維持管理や経済性を検討する必要がある。

今回の調査において、クリンカは透水性、耐久性があり、周辺環境への影響、水稲への影響が見られていないことから暗渠疎水材としての適性があると考えられる。

本調査は、施工後約2年という短期間での調査であり、生育調査も初回であるため、経年的な調査や観察等を行って慎重に判断して導入していくことが望まれる。

また、現場透水試験で高い透水性が確認されているが、計画暗渠排水量に対する有効な疎水材の適正容量を検証して、資材の節減に繋がる調査も必要と考えられる。

今後、暗渠疎水材としてのクリンカの導入には、暗渠の施工量が施工年、施工月等で一定的なものではないため、施工量に対して安定的な供給が図られるかの検討が必要である。

疎水材としての価格については今後検討されていくと思われるが、従来使用している疎水材の価格との優位性が重要となる。

最後に、新資材を暗渠排水疎水材に導入する評価手法は、資材の特性に留意して、暗渠疎水材に必要な条件や機能に対する調査を実施するとともに、作物に対する安全性の確保と暗渠からの排水が周辺環境に影響を与えないことが重要であり、供給量や価格から総合的に判断していく必要があると考える。

【引用・参考文献】

- 1) 暗きょ排水設計指針(平成 22 年 6 月) 北海道農政部 P47
 2) 平成 24 年度経営体豊共第 1 地区調査 4 成果報告書 北海道胆振総合振興局

現地再現カラム通水試験 (室内試験)

カラム内に充填した試料に蒸留水を通水し、30 日間飽和状態にした排水を水質分析
 カラムは高さ 450mm、φ 80mm の円筒形容器

- 3) 環境基本法に基づく水質汚濁に係る環境基準 環境庁告示第 59 号別表 2

(人の健康の保護に関する環境基準)

水質項目	基準値
カドミウム	0.003mg/L 以下
全シアン	検出されないこと
鉛	0.01mg/L 以下
六価クロム	0.05mg/L 以下
砒素	0.01mg/L 以下
総水銀	0.0005mg/L 以下
アルキル水銀	検出されないこと
P C B	検出されないこと
ジクロロメタン	0.02mg/L 以下
四塩化炭素	0.002mg/L 以下
1, 2-ジクロロエタン	0.004mg/L 以下
1, 1-ジクロロエタン	0.1mg/L 以下
シス-1, 2-ジクロロエチレン	0.04mg/L 以下

水質項目	基準値
1, 1, 1-トリクロロエタン	1mg/L 以下
1, 1, 2-トリクロロエタン	0.006mg/L 以下
トリクロロエチレン	0.03mg/L 以下
テトラクロロエチレン	0.01mg/L 以下
1, 3-ジクロロプロペン	0.002mg/L 以下
チウラム	0.006mg/L 以下
シマジン	0.003mg/L 以下
チオベンカルブ	0.02mg/L 以下
ベンゼン	0.01mg/L 以下
セレン	0.01mg/L 以下
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	10mg/L 以下
フッ素	0.8mg/L 以下
ホウ素	1mg/L 以下

亜鉛 0.03mg/L 以下 (生活環境に関する環境基準)

- 4) 農業用水基準(水稲作物用) (昭和 45 年 3 月) 農林水産省公害研究会

水質項目	基準値
水素イオン濃度 (pH)	6.0~7.5
化学的酸素要求量 (COD)	6mg/L 以下
浮遊物質 (SS)	100mg/L 以下
溶存酸素量 (DO)	5mg/L 以上

水質項目	基準値
総窒素	1mg/L 以下
電気伝導率	0.3mS/cm 以下
亜鉛	0.5mg/L 以下
銅	0.02mg/L 以下

- 5) 土壌汚染対策法による検査

溶出量試験：平成 3 年環境庁告示第 46 号「土壌の汚染に係わる環境基準」付表に基づく

含有量試験：平成 15 年環境省告示第 19 号「土壌含有量調査に係る測定方法を定める件」付表に基づく

水質項目	基準値
カドミウム	0.01mg/L 以下
六価クロム	0.05mg/L 以下
総水銀	0.0005mg/L 以下
セレン	0.01mg/L 以下
鉛	0.01 mg/L 以下

水質項目	基準値
砒素	0.01mg/L 以下*
フッ素	0.8mg/L 以下
ホウ素	1mg/L 以下
シアン化合物	遊離シアン 50mg/kg 以下

※農用地(田に限る)においては土壌 1kg につき 15mg 未満であること。

- 6) 北海道電力(株)苫東厚真発電所産クリンカアッシュ発生量および主な出荷実績表

平成 26 年 12 月 24 日時点