

泥炭地域における環境に配慮した 暗渠排水疎水材厚さの選定

留萌開発建設部 天塩地域農業開発事業所 ○阿部 真広
稲船 直人
田村 要

国営総合農地防災事業「産土地区」では、農地の機能回復を行う暗渠排水工において天塩川下流域の水質環境に配慮し、泥炭土からの鉄分流出を抑制するために暗渠排水疎水材に石灰石を利用している。第2報までに石灰石の除鉄効果及び投入量の妥当性検証調査結果を報告した。本報では、前述の検証調査結果から厚さを15cmに定めた経緯と、令和4年度から実施中の実証調査結果について報告する。

キーワード：暗渠排水、疎水材、水質

1. はじめに

国営総合農地防災事業「産土地区」は、北海道天塩郡天塩町に位置し、一級河川天塩川下流域に拓けた、酪農及び肉用牛経営が展開されている農業地帯である。本地区は国営開墾建設事業ウブシ地区（S27～S45）等により農用地が整備されたが、泥炭土に起因した地盤沈下による農地の過湿被害や農業用排水路の排水能力の不足が生じていることから、国営総合農地防災事業により、農業生産性の維持及び農業経営の安定を図ることを目的として、平成27年度より着手している（図-1、表-1）。

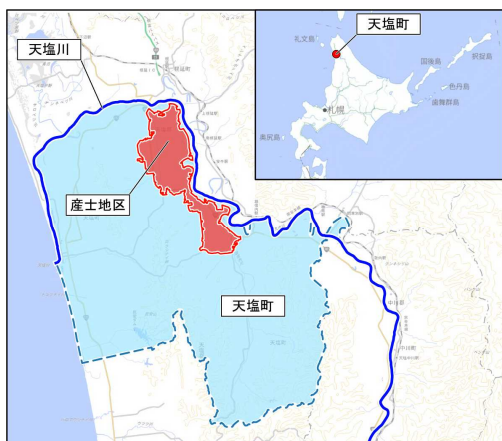


図-1 産土地区位置図

表-1 産土地区の概要

事業名	国営総合農地防災事業 産土地区
受益面積	2,289ha
主要工事	農地防災（排水路改修） 12条 15.7km 農地保全（暗渠排水 2,289ha、整地 430ha）

2. 地域の現況・課題

本地区の流出河川である一級河川天塩川の河口部ではヤマトシジミが漁獲されており、天塩町の重要な水産資源となっている。しかしながら、以前より貝殻に赤褐色の泥状物質（赤サビ）が付着したシジミが多く確認され、商品価値の低下が問題視されている。その要因の一つとして、泥炭地から供給される鉄分（溶解性二価鉄、 Fe^{2+} ）の影響が考えられている¹⁾。

泥炭や営農の有無に関わらず、自然状態の河川水には一定量の鉄分が含まれているが、既往の研究より泥炭地の地下水は鉄分の含有量が高い傾向にあると報告されている²⁾。本事業においても、暗渠排水を整備することで、泥炭地からの排水が促進され、地区内から天塩川へ流出する鉄分の増加が懸念されることから、鉄分流出を抑制する対策の検討が必要とされている。地区の暗渠排水の整備にあたっては、平成27年度の地元漁業者との協議において、工事実施に伴う水質汚濁防止対策として、暗渠排水の疎水材である切込砕石に加えて、溶解性二価鉄の除去に一定の効果が認められている石灰石を疎水材として使用することとなった。

本地区における暗渠排水は、平成28年度から実施しており、令和4年度迄に1,648haを整備している。除鉄材として使用する石灰石厚さについては、工事着工以来、近傍地区の施工実績を踏襲し20cmを採用していた。平成30年から令和2年度までの3カ年において、試験圃場を設置し、疎水材としての石灰石の除鉄効果及び投入量の妥当性検証調査（以下、「妥当性検証調査」と記す）の結果、厚さ15cmを採用し、以降、厚さ15cmを地区の標準としたところである。

以下、石灰石厚さを15cmに定めた経緯を述べた上で、

令和4年度から実施中の除鉄効果の実証調査結果について述べる。

3. 石灰石の厚さ決定の経緯

(1) 妥当性検証調査の概要

令和2年度までの3カ年において、試験圃場を設置し、疎水材としての石灰石の除鉄効果及び投入量の妥当性検証を実施した（表-2、図-2）。

試験圃場は、同一圃場内に石灰石の厚さを変えた試験区を設置した。厚さは試験区ごとに10cm、15cm、20cmとした。それに加えて対照区として石灰石厚さ0cm（切込砂利20cm）を設置した。試験区および対照区において降雨後に暗渠から採水し、排水に含まれる溶解性二価鉄とカルシウムイオンの濃度を比較した。

表-2 試験圃場の概要

調査目的	除鉄効果及び投入量の妥当性検証のため、石灰石の厚さを変えて圃場内に試験区・対照区を設定	
耕区名	174	469
土壌タイプ	中位泥炭	中～高位泥炭
土地利用	採草地	採草地
暗渠施工年度	H30年度 6月	H31年度 6月
施工後経過年数 （令和4年時点）	4年	3年
石灰石厚さ（t）	0cm, 10cm, 15cm, 20cm	同左
備考	R03に補足調査を実施	

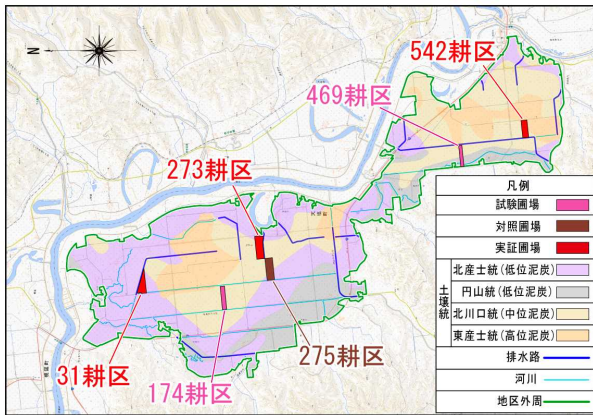


図-2 調査対象圃場位置図

(2) 調査結果概要

暗渠排水中の溶解性二価鉄が低減する仕組みを以下に述べる。一般的に泥炭地の水は酸性であり、酸が強ければその分鉄分が溶けやすいため、泥炭地の水には溶解性二価鉄が多く溶出する。暗渠排水の疎水材に石灰石を使用した場合、石灰石から供給されるカルシウムイオンが泥炭地の水を中性化させる。それによって、鉄分が溶けにくくなるため、排水に含まれる溶解性二価鉄が低減すると考えられる。

過年度から行われている妥当性検証調査の結果は前報

3)で報告したとおり、暗渠排水中の溶解性二価鉄の値は、石灰石を疎水材に使用することで明らかに低くなり、除鉄効果が発揮されたものと推測された。また、石灰石が厚いほど溶解性二価鉄の低減率が高い結果となった（表-3）。

表-3 妥当性検証調査における溶解性二価鉄分析結果

石灰石厚さ(t)	0cm	10cm	15cm	20cm
溶解性二価鉄				
溶解性二価鉄 [mg/L]	0.84	0.58	0.53	0.47
低減率 (%)	-	31	37	44

試験圃場の石灰石がアルカリ供給材として効果を継続できる期間（効果持続期間）を試算した。試算には実測した流量及びカルシウム濃度等を用いた。その結果、石灰石厚さ20cmの場合80年、同15cmの場合57年、同10cmの場合30年、同0cmの場合6年という結果となった（算出結果は表-4）。

(3) 石灰石の厚さ決定

産土地区における石灰石の厚さ15cmを選定した経緯を述べる。

まず厚さ0cmでは効果持続期間が暗渠排水工の標準耐用年数30年を満足できないことと、石灰石を使用した試験区に比べ溶解性二価鉄の値が高いことから、選定対象外とした。厚さ10cmは、効果持続期間が暗渠排水工の標準耐用年数を満足しているが施工性において、埋設暗渠の継手部がφ80mmであり、2cmの余裕しかなく、高速自動埋設機の疎水材ホッパーが暗渠管を破断するおそれがあるため選定対象外とした。

厚さ20cmでは厚さ15cmに比べて経済的に不利になるため、地区標準の石灰石の厚さは15cmを採用した（表-4）。

表-4 石灰石の厚さ選定表

石灰石の厚さ	0cm	10cm	15cm	20cm
判断基準				
除鉄効果がある	△	○	○	○
効果持続期間が標準耐用年数30年を満足する	×	△ 6年	○ 30年	○ 57年
施工性	—	×	○	○
経済性	—	—	20cmに比べ有利	最も不利
評価	×	×	採用	×

4. 令和4年度実証調査の概要

(1) 調査圃場の概要

令和4年度より、石灰石の厚さ15cmで施工された圃場について実証調査を行っている。調査対象圃場は、地区全体の傾向を把握するため、地区の北部、中部、南部に位置する圃場を、各1圃場、計3圃場選定した。

上記3圃場の比較対象として、本事業における新設暗

渠は未施工（石灰石厚さ0cm）であるが、既設の暗渠が施工されている1圃場を対照圃場を選定した。実証圃場及び対照圃場の概要を表-5に、暗渠標準断面図を図-3に示す。

表-5 実証圃場・対照圃場の概要

調 査 圃 場	実証圃場 (石灰石厚さ15cm圃場の調査。)			対照圃場 (未施工圃場の調査。)
	31	273	542	275
耕 区 名	北部	中部	南部	中部
位 置	北部	中部	南部	中部
土 壌 タ イ プ	低位泥炭	中位泥炭	高位泥炭	中位泥炭
土 地 利 用	採草地	同左	同左	同左
暗 渠 施 工 年 度	R03年度	同左	同左	未施工
施工後経過年数 (令和4年時点)	1年	同左	同左	不明
石 灰 石 厚 さ (t)	t=15cm	同左	同左	t=0cm
備 考	—	—	—	R03に対照圃場として補足調査を実施

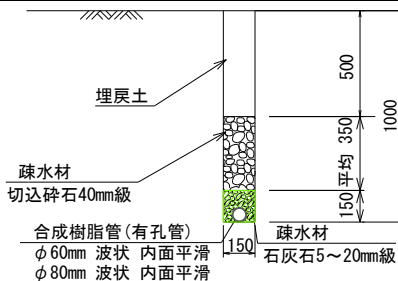


図-3 暗渠標準断面図（石灰石厚15cm）

(2) 調査内容の検討

a) 水質調査・流量観測

調査項目は、前述の妥当性検証調査と同項目とした。水質調査は、石灰石の除鉄効果を検証するため、鉄分（全鉄、溶解性鉄、溶解性二価鉄）を測定した。また、鉄分のほか、効果持続期間の算定のためカルシウム濃度を測定した。あわせて、状況把握としてpH、DOを、負荷量を把握するため、流量を測定した（表-6）。

表-6 水質分析項目

分 析 項 目	目 的
全 鉄	石灰石厚さ 15cm における 石灰石の除鉄効果確認
溶 解 性 鉄	
溶 解 性 二 価 鉄	
カルシウム濃度 (C a)	石灰石の消耗度合い、耐久年数推定、 アルカリ分の判定のため実施する。
水素イオン濃度 (p H)	石灰石溶出時の水素イオン濃度把握のため実施する。
溶 存 酸 素 量 (D O)	水中の溶存酸素量把握のため実施する。
流 量	負荷量の把握のため実施する。

b) 調査数量・時期

ABE Masahiro, INAFUNE Naoto, TAMURA Kaname

調査回数も妥当性検証調査と同様に、6月から9月まで毎月1回、計4回とした（表-7）。採水のタイミングは降雨後1日～3日を基本とした。採水位置は、附帯明渠の流下方向に対し上流、中流、下流で暗渠管各1本を設定して、圃場につき計3本を調査対象とした（図-4）。

表-7 調査実施日

	第1回	第2回	第3回	第4回
R04	6月1日 ～3日	7月8日	8月9日 ～10日	9月12日 ～13日

同一圃場の暗渠排水3本は同じ日に採水した。

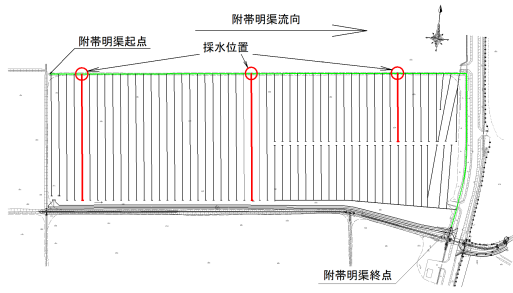


図-4 実証圃場採水位置平面図（273耕区を例に）

5. 調査結果

(1) 実証圃場における石灰石の除鉄効果

実証圃場における石灰石の除鉄効果の評価は、試験圃場における対照区(石灰石厚さ0cm)と対照圃場、実証圃場のそれぞれの平均値を比較することで行う（表-8）。

表-8 比較対象

調 査 対 象 圃 場	試験圃場	対照圃場	実証圃場
耕 区 名	174,469	275	31,273,542
石灰石厚さ(t)	t=0cm	t=0cm	t=15cm
使 用 デ ー タ	4カ年 2耕区の 平均値	2カ年 1耕区の 平均値	1カ年 3耕区の 平均値
調 査 年 次	H30～R03	R03～R04	R04

溶解性二価鉄の値を図-5に示す。石灰石厚さ0cmである試験圃場が0.73mg/L、同じく0cmである対照圃場が0.63mg/Lに対し、厚さ15cmである実証圃場が0.58mg/Lと低下傾向が認められた。

カルシウムイオンの値を図-6に示す。試験圃場が48 mg/L、対照圃場が12 mg/Lに対し、実証圃場が90 mg/Lと明らかに値が増加した。

pHの値を図-7に示す。試験圃場が6.2、対照圃場が5.0に対し、実証圃場が6.5と実証圃場ではpHが上昇した。このことから石灰石からカルシウムイオンが供給されたことで、排水が中性化されたものと推測される。

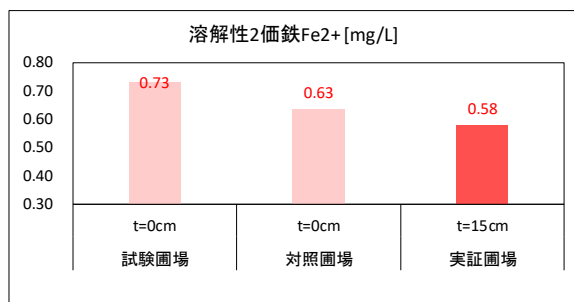


図-5 溶解性二価鉄分析結果

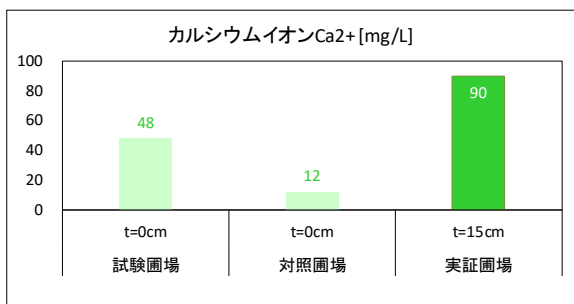


図-6 カルシウムイオン分析結果

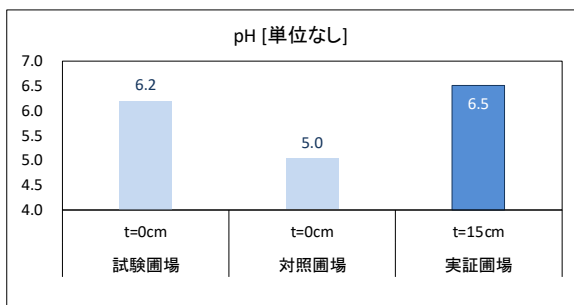


図-7 pH分析結果

(2) 効果持続期間の検証

効果持続期間を算出した結果を表-9に示す。

その結果、試験圃場が8年、対照圃場が16年、実証圃場が252年という結果となった。

表-9 効果持続期間算出結果

調査対象圃場	試験圃場	対照圃場	実証圃場
耕 区 名	174,469	275	31,273,542
石灰石厚さ(t)	t=0cm	t=0cm	t=15cm
標準耐用年数	30年	30年	30年
効果持続期間	8年	16年	252年
判 定	NG	NG	OK

(3) 考察

調査結果より、実証圃場においても疎水材に石灰石を使用することで除鉄効果が認められた。

また、効果持続期間の算出結果から、石灰石厚さ

15cmの場合暗渠排水工の標準耐用年数30年を満足する。

なお、表-9に示したように効果持続期間が長期となった要因は、本年の少雨傾向が考えられる。

表-10に示すように平成30年から令和3年までは調査期間中の水質に影響を与える各年の5月から9月の累積降雨量は288mmから567mm（平均425mm）であったのに対し、本年は342mmと少なかった。

少雨で暗渠排水の流量が少なくなれば消費されるカルシウム量が減ることから、効果持続期間は長くなる。

反対に、平年並み以上の降雨量であれば、効果持続期間は短くなるため、複数年の流量データで評価することが望ましい。

表-10 調査期間中の累積降雨量

調査対象圃場	試験圃場	対照圃場	実証圃場
調査年次	H30～R03	R03～R04	R04
5月～9月 降雨量 (mm)	H30	427	—
	R01	418	—
	R02	567	—
	R03	288	—
	R04	—	342
	平均	425	315

出典：国土交通省 水文水質データベース (<http://www.lriver.go.jp/>)
天塩大橋観測所閲覧日時2022/12/26)

6. おわりに

本年の実証調査における溶解性二価鉄の値は、0.58mg/Lであった。

過年度の妥当性検証調査を経て、本年の実証調査においても石灰石の除鉄効果が確認された。さらに本年の溶解性二価鉄の値は、地区の基準値として設定している、工事着手前における天塩川流入地点の平均値0.97 mg/Lを下回っており、石灰石の厚さ15cmの妥当性を補強する結果となった。

ただし、本年は少雨傾向下での調査であり、暗渠排水の流量が著しく小さかったことから、来年以降も継続してデータの蓄積を図る必要があると考える。

参考文献

- 1) 成田正直, 2004, 赤サビシジミの話, 北水試だより 66
- 2) 谷昌幸, 近藤練三, 筒木潔, 2001, 泥炭地水中の溶存有機物と溶存鉄との相互作用, 日本土壌肥科学雑誌 72(3), 348-356
- 3) 蒔田浩二, 佐藤尚人, 小柳大介, 泥炭地域における環境に配慮した暗渠排水工—暗渠疎水材に用いる石灰石の除鉄効果検証（第2報）—, 第64回（2020年度）北海道開発技術研究発表会論文