

ファームポンドの堆砂に係る調査手法について

室蘭開発建設部 農業開発課 ○山野 優希
佐藤 広輝
株式会社農土コンサル 松本 哲也

国営安平川土地改良事業で造成された用水施設のうち、追分ファームポンドは無蓋構造のコンクリート直壁型の構造であり、送水路からの堆砂の他に上部から土砂流入が懸念される。

今後の維持管理検討のため、ファームポンド内の堆砂と送水路やファームポンド周辺の土砂の土質分析から堆砂の要因把握として土質分析を行った。

本稿は、当該調査の土質分析において令和4年度に行ったXRF分析（蛍光X線分析）について報告する。

キーワード：基礎技術、基礎理論、維持・管理、アセットマネジメント

1. はじめに

本地区は勇払郡安平町に位置しており、農業用排水施設は、国営かんがい排水事業 安平川地区（平成2年度～平成27年度）にて、頭首工、揚水機及び用排水路が整備された。

追分ファームポンドは、用水路の付帯施設として安平川の左岸側に広がる畑地かんがい用水の供給を目的に耐候性や立地条件からコンクリート直壁構造、経済性の面から無蓋式で整備された。

この追分ファームポンドの内部には土砂の堆積が確認されており、無蓋式のファームポンドであることから堆積した土砂が用水の供給元からのものか、ファームポンド周辺の土地からのものかを分析するため、堆積物の粒子に対するXRF分析（蛍光X線分析）によって、堆砂内の元素組成を分析し、ファームポンドに堆積した土砂の流下元の検証を行った。

2. 対象施設の概要

国営かんがい排水事業 安平川地区（平成2年度～平成27年度）は、土地生産性の向上、農作業の効率化、水管理の合理化を図り、農業経営の安定、地域農業の振興を目的として実施されており、本調査の対象施設である追分ファームポンド（平成17年度完成）（表-1、写真-1、図-1）のほか、頭首工1箇所、揚水機2箇所、用水路10条（ファームポンド2箇所含む）、排水路1条を造成している。

表-1 追分ファームポンドの施設概要

必要有効容量 (m ³)	規模	水位 (m)	構造	支配面積 (ha) 実かんがい面積 (ha)
2,605	30m×29m ×水位3m	HWL=164.00 LWL=161.00	R C構造	1,122 (714)



写真-1 追分ファームポンドの状況



図-1 追分ファームポンド位置図

3. 調査内容

(1) XRF分析（蛍光X線分析）

採取試料の由来先の同定には、種々の分析方法があるが、代表的な分析方法としてXRF分析（蛍光X線分析）、XRD分析（X線回折分析）、FT-IR分析（フーリエ変換赤外分光法）などがある。

この中で、XRD分析は無機質の分析が可能であるものの非晶質の物質は分析できず、FT-IR分析は無機質の分析が不可能なため堆砂の分析には向かない。

そのため無機質の堆砂分析に適合し、非破壊の状態で一度に約80元素を分析可能であるXRF分析（蛍光X線分析）を採用した。

このXRF分析（蛍光X線分析）は、可視光線と同じ電磁波の一種であり、その波長が100Å（オングストローム、 10^{-8}m ）から0.1Å（ 10^{-11}m ）と非常に短いX線を用いて分析を行う。X線は一般の電磁波に比べ容易に物質を透過し、その程度は物質に含まれる原子の原子番号が小さくなるほど強くなる特性を持っている。そして、照射したX線が物質構成原子の内殻電子を外殻にはじき出し、空いた空間（空孔）に外殻電子が落ちてくるとき、余ったエネルギーが電磁波として放射される（図-2）。その対象試料の蛍光スペクトルを見ることで構成元素の分析が可能となり、また、スペクトルの強度を測定すれば、対象試料中の特定元素の濃度も判明する。

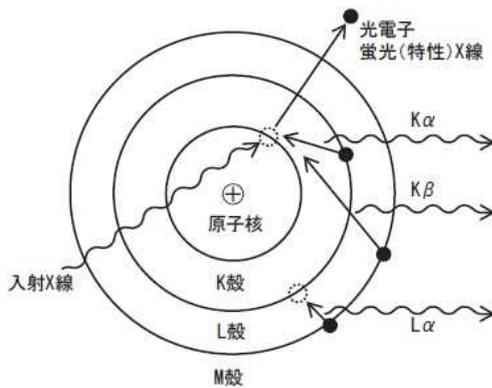


図-2 蛍光X線分析の原理

蛍光X線分析装置は、大きく2種類に分けられる。1つは波長分散型蛍光X線分析装置（WDX）で、蛍光X線をソーラースリットで整え、分光結晶を用いて分光し計測するタイプである。もう1つは、エネルギー分散型蛍光X線分析装置（EDX）で、検出器自体にエネルギーを分析する機能があるため、装置の小型化や短時間での分析、多元素同時分析が可能となるタイプである。

本分析に用いた分析装置は、エネルギー分散型蛍光X線分析装置（EDX）の株式会社堀場製作所X線分析顕微鏡XGT-7200Wを使用し（写真-2）、ファンダメンタルパラメーター法（以下FP法とする）で解析を行った。これは、蛍光X線の発生原理に基づいて、測定した未知試料の蛍光X線強度から試料の組成を理論的に推定する方法で、検量線のないものや組成のわからないサンプルの測定には、このFP法が用いられる。

複数地点からの採取土砂をこのFP法で分析することにより、追分ファームポンド内の堆積物が用水由来のものか周辺地域由来のものかを判定した。



写真-2 蛍光X線分析装置

(2) 採取場所

追分ファームポンドまでの水の流れは、夕張川から川端ダムで取水したのち、道央注水工から安平川に注水している。その後、追分頭首工から取水し、かんがい期には安平揚水機にてポンプアップを行い、追分送水路から追分ファームポンドへと供給される。

今回分析を行う堆砂の採取場所は、追分ファームポンド内では取水口1か所、中間地点の左右に各1か所、排出口スロープ付近1か所、排出口1か所の計5か所とした。

一方、土砂の流下元の候補として、用水を配水している道央注水工1か所と道央注水工から用水が供給されている馬追調整池の1か所、また、追分ファームポンド周辺の土地2か所の4か所として、堆砂施設と流下元候補の合計9か所で試料採取を行った（図-3）。



図-3 堆砂採取位置図

(3) 採取方法

管理者である安平町に対して追分ファームポンドの落水を依頼し、落水後に堆砂の採取を行った。

採取時の追分ファームポンドには、15cm程度の水が滞水しており、内部には藻が堆積している状況にあった（写真-3）。

堆砂の状況は、特にスロープ付近での堆砂が著しく、深さ5cm程度の堆砂が認められた（写真-3）。

試料の採取に当たっては、2人1組で側溝の泥上げに使用される機材を用い堆砂を採取し、堆砂の水をできる限

り排水した後に密封可能な袋に入れて保存した(写真-4)。道央注水工、馬追調整池も同様に採取した(写真-5)。ファームポンド周辺の土地では、スコップで堆砂の採取を行った(写真-6)。



写真3 追分ファームポンド及び施設内の堆砂状況

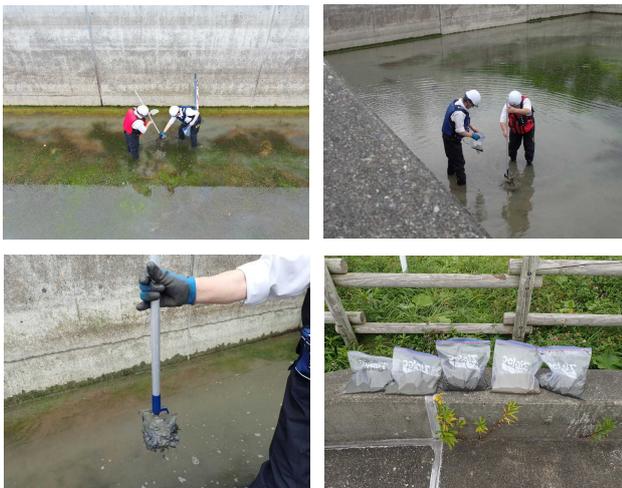


写真4 追分ファームポンドの堆砂採取状況



写真5 道央注水工施設内、馬追調整池の堆砂状況



写真6 追分ファームポンド周辺での採取状況

(4) 調査方法

調査方法は、採取した堆砂試料を風乾させ、2mmのふるいにかけて不純物を除いた後で、ふるいを通した試料を粉碎し、XRF分析(蛍光X線分析)を行い、元素組成を求めて試料間の比較分析を行った。

4. 調査結果

(1) 判定量結果による元素組成

XRF分析(蛍光X線分析)の判定量結果による元素組成は各試料ともアルミニウム(Al_2O_3)、ケイ素(SiO_2)、硫黄(SO_3)、カリウム(K_2O)、カルシウム(CaO)、チタン(TiO_2)、鉄(Fe_2O_3)が検出され、また、一部試料ではマンガン(MnO_2)が検出された。

これら9試料全ての試料における主成分はケイ素(SiO_2)となっており、アルミニウム(Al_2O_3)と鉄(Fe_2O_3)が比較的多く含まれる結果となった(図-4、表-2)。

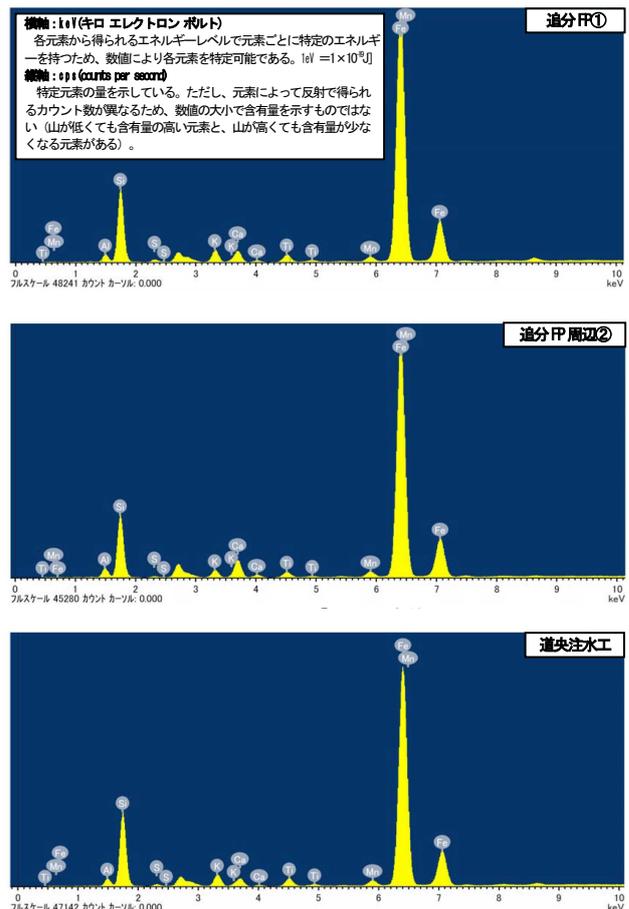


図4 主な試料のXRF分析結果

表-2 FP法による試料別の判定量結果

試料名	元素組成 (%)							
	Al_2O_3	SiO_2	SO_3	K_2O	CaO	TiO_2	MnO_2	Fe_2O_3
追分FP①	15.4	74.8	1.1	1.5	0.9	0.5	0.2	5.6
追分FP②	15.3	73.2	1.0	1.5	0.7	0.5	0.2	7.6
追分FP③	15.0	74.6	1.6	1.6	0.7	0.5	0.0	6.0
追分FP④	15.3	72.4	0.9	1.5	1.0	0.5	0.4	8.0
追分FP⑤	14.9	74.4	1.5	1.6	0.8	0.5	0.1	6.2
追分FP周辺①	17.5	73.9	0.5	1.2	1.3	0.5	0.0	5.1
追分FP周辺②	18.2	73.4	0.5	1.0	1.8	0.5	0.1	4.5
道央注水工	15.2	76.2	0.9	1.5	0.8	0.6	0.2	4.6
馬追調整池	15.5	75.7	0.8	1.5	0.7	0.6	0.2	5.0

※0.1%以上の元素を対象とし、検出された各元素は酸化物として換算、合計が100%となるよう算出した。

(2)元素組成の比較

追分ファームポンドの用水は、川端ダムから道央注水工にて配水され、途中の分岐を経て追分頭首工方面と馬追調整池方面へ、それぞれ注水されている。そのため、注水工と馬追調整池の水質は同等であると考えられる。

また、追分頭首工方面に流れる道央注水工からは、安平揚水機により追分送水路を通じて追分ファームポンドへ注水される。

このため、分析した9試料を用水系統の区分で整理すると、追分ファームポンド内の5試料、追分ファームポンド周辺の土地の2試料、道央注水工関連2試料の3区分に整理が可能である。

表-3 FP法による区分別の判定量結果

試料区分名	元素組成 (%)							
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO ₂	Fe ₂ O ₃
追分FP平均値	15.2	73.9	1.2	1.5	0.8	0.5	0.2	6.7
追分FP周辺平均値	17.9	73.6	0.5	1.1	1.5	0.5	0.1	4.8
道央注水工平均値	15.3	76.0	0.8	1.5	0.8	0.6	0.2	4.8

追分ファームポンド採取土砂、追分ファームポンド周辺採取土砂、道央注水工採取土砂の元素組成は、土壌由来のケイ素の(SiO₂)の含有率が顕著に高く、アルミニウム(Al₂O₃)、硫黄(SO₃)、カリウム(K₂O)、カルシウム(CaO)等により構成されている(表-3)。

追分ファームポンド採取土砂と道央注水工採取土砂では、追分ファームポンド周辺採取土砂に比べてアルミニウム(Al₂O₃)とカルシウム(CaO)の組成率が若干低く、硫黄(SO₃)とカリウム(K₂O)の組成率が若干高くなっており、元素組成の構成が似通っている傾向が見られる(図-5、図-6)。

アルミニウム(Al₂O₃)、カリウム(K₂O)、カルシウム(CaO)は、土壌由来の微量元素として存在していると考えられるが、硫黄(SO₃)については有機物の腐敗によって発生する硫化水素(H₂S)に由来していることも考えられ、その組成率がやや高めな追分ファームポンド採取土砂と道央注水工採取土砂については、貯留池内にて発生する藻類の分解・腐敗の影響を同じように受けている可能性がある。

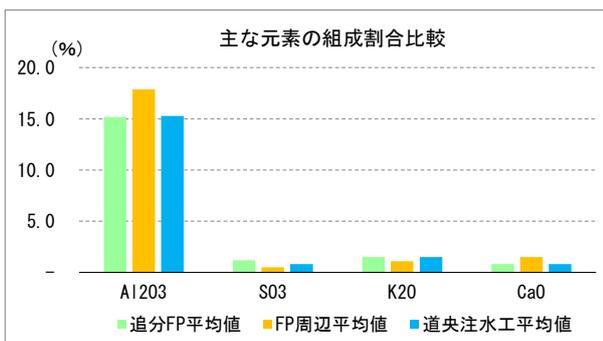


図-5 主な元素の組成割合比較

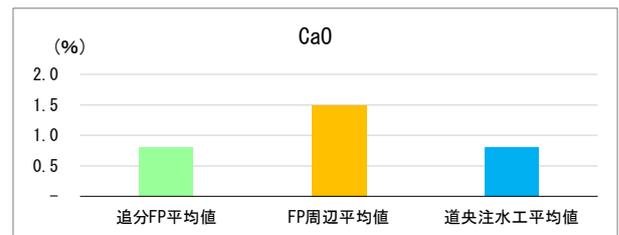
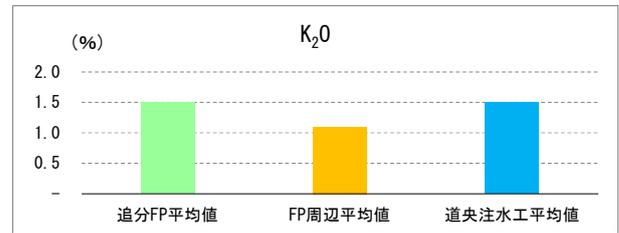
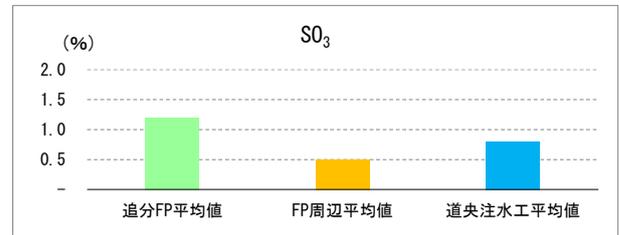
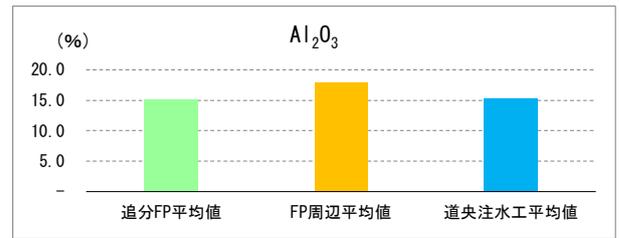


図-6 元素別の組成割合比較

5. 最後に

本調査におけるXRF分析(蛍光X線分析)による元素組成の構成比は、追分ファームポンド堆砂の平均値と道央注水工の堆砂の平均値で概ね近似する結果となった。

特に追分ファームポンド内では藻が繁茂し、その堆積物の大部分が堆砂となっているものと考えられ、SO₃の組成割合が高くなっている(有機性の廃棄物から供給される炭素源の分解により発生する硫化水素に起因した可能性がある)。

このように無蓋式の追分ファームポンド内の堆積土砂は、ファームポンド周辺からの土砂流入の影響をそれほど受けておらず、用水供給元もしくはその貯留環境(藻類の発生等)に影響を受けている可能性が高い。

今後は、今回の分析結果を施設管理者へ提供するほか、追分ファームポンドの堆砂の状況や維持管理上の課題点などを聞き取り、適切な施設の維持管理の一助となるよう分析結果を役立てていきたい。