

# ICP-OES 装置の多元素同時分析機能を活用した 事業場排水等のプロファイル化

横浜市 環境創造局 水・土壌環境課 ○香西 将吾 木下 直樹 福井 宏人

## 1. はじめに

事業場での事故や不適切な排水処理によって、公共下水道へ排出された水質基準値を超える排水の水再生センターへの流入(異常流入)は、水再生センターの処理悪化及び下水道管の劣化を引き起こすため、水質規制においては異常流入のすみやかな原因の究明や、普段からの立入検査における事業場排水の監視は非常に重要である。

そこで本市では、ICP-OES 装置の多元素同時分析機能を活用し、事業場検体及び異常流入検体の定性分析を行い、その定性分析データ(プロファイル)の蓄積により、事業場排水の処理状況の確認や異常流入排水の種別の特定等についての活用を行ったので報告する。

## 2. 取組概要

本市では事業場への立入検査及び水再生センターの異常流入等で採水された排水の重金属類の水質分析を、ICP-OES (HITACHI 製 SPRCTRO ARCOS) を用いて行っている。この ICP-OES はマルチチャンネル型と呼ばれる光学方式を用いていることが特徴で、定量分析と同時に定性分析を行うことが可能であり、さらに今まで分析を行った過去の検体の全波長データ(130~770 nm)もすべて保存されている。この蓄積された過去の全波長データを用いることで、過去の分析結果においても定性分析が可能となる。この利点を活用し、過去の立入検査の事業場検体について定性分析を行い、指標となる特定の元素を比較することによって、事業場排水の処理状況を確認することが可能となる。また、異常流入検体の定性分析から、特異的な元素や濃度の特徴を蓄積された事業場排水等の定性分析データ(プロファイル)と比較することで、排水の種別の特定や原因の究明に活用することが可能となる。

## 3. 活用方法と事例

### (1) 指標元素による事業場排水の処理状況の確認

製造業における排水の処理は一般的に凝集沈殿法が用いられることが多い(図1)。この方法は凝集剤、pH調整剤等の薬剤を用いるため、薬剤に含まれる元素(ナトリウム Na、硫黄 S 等)を定性分析し、指標となる元素として濃度の変化や含有の有無によって、適正な処理を行えているか、不適切な放流を行っていないか等の判断が可能となる。

事業場 A では、昼間の立入検査において採水した検体の分析結果では水質基準は遵守されていたが、自動採水器を用いて 24 時間における調査を行うことで、夜間や休日に水質基準を超過する排水を

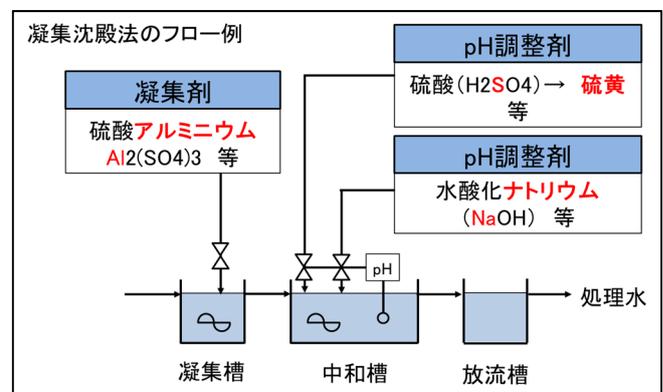


図1 一般的な凝集沈殿法の処理フロー例

流していることが認められた。そこで昼間の立入検査の検体の定性分析を行ったところ、Na や S 等の元素が含まれていないことが確認された(図 2 (a))。この検体を水道水(図 2 (b))と比較したところ、プロファイルの形状が酷似していることがわかった。事業場 A では排水処理において凝集沈殿法を用いており、適切に排水処理していれば含まれる Na や S 等の元素が、極めて低濃度であることからこの検体は、水道水による放流水の希釈もしくは水道水に置換されている排水であることが示唆された。

2022 年 10 月に事業者はこの結果をもとに指導したところ、指導の実施後の立入検査においては Na と S 等の元素が確認され(図 2 (c))、同業他社のプロファイル(図 2 (d))とも類似していた。その後の立入検査においても継続して Na と S の濃度を定性分析によって確認をすることにより、適正な排水処理を行っていることを監視することが可能となった(図 3)。

## (2) プロファイルを用いた異常流入の原因の特定

定性分析による測定は、72 元素についての濃度データを得ることができるため非常に有用である。しかし、データの数及びデータの種類の膨大となるため、その結果から排水の特性の把握及び比較をすることが困難であった。そこで、排水の特性を把握しやすいレーダーチャートの形式における定性分析結果の蓄積によってプロファイル化し、視覚的に特性の把握及び比較を可能とした(図 4)。異常流入排水を定性分析した結果のプロファイルと、過去に立入検査を行った事業場等のプロファイルと比較し、特徴的な元素を比較することによって、異常流入を引き起こしている要因を推測することができる。

水再生センターの流入下水に、赤色に着色した排水が確認される事例が以前から断続的に発生していたが原因については不明であった。そこで赤色に着色した流入下水の検体についてプロファイルを確認したところ、2018 年の検体においては臭素(Br)が、2023 年の流入下水の検体にはヨウ素(I)が検

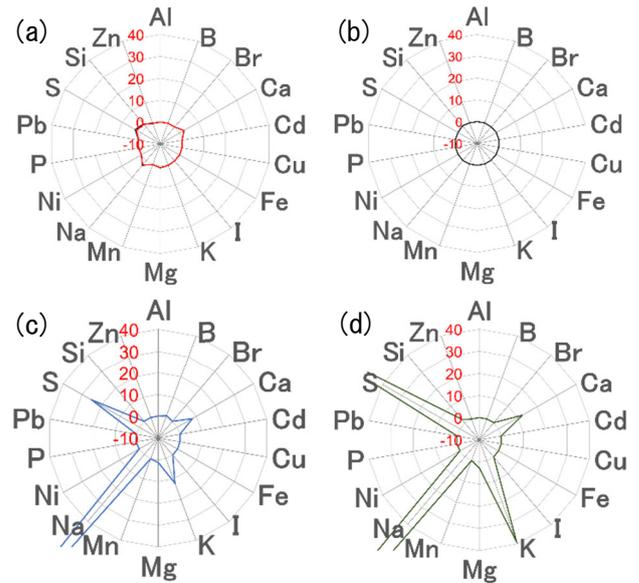


図 2 事業場 A の定性分析によるプロファイル結果  
(a) 通常の立入検査、(b) 水道水  
(c) 指導実施以降、(d) 同業他社

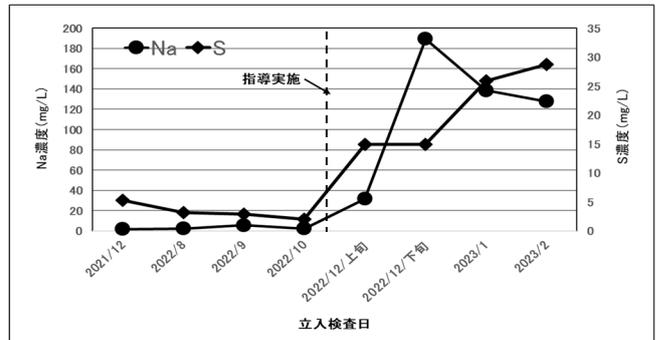


図 3 事業場 A の Na および S の濃度の時期変化

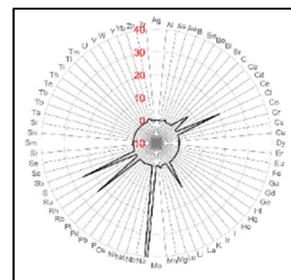


図 4 72 元素のプロファイル例

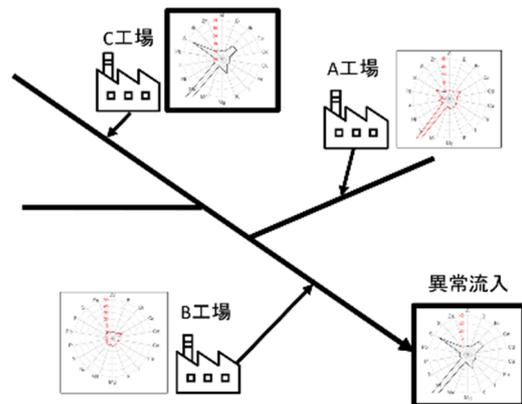


図 5 プロファイルによる異常流入特定の概要図

出されていることが分かった(図6)。そこで水再生センターに流入する事業場について過去に立入検査を行った検体の定性分析を実施しプロファイルと比較したところ、事業場Bの過去数回の立入検査の検体において非常に高濃度の臭素(Br)及びヨウ素(I)が検出されていたことが分かった。さらに事業場Bのプロファイルの結果においても、水再生センターの検体と同時期の2018年の検体においては臭素(Br)が、2023年の検体にはヨウ素(I)が検出されていることが確認された(図6)。また、事業場Bは立入検査におけるヒアリングにて、臭素(Br)やヨウ素(I)を含有する赤色色素を使用していることを確認した。2018年4月から現在までの、事業場Bのすべての立入検査における、臭素(Br)とヨウ素(I)の経年変化を図7に示す。2021年頃を境に、臭素(Br)とヨウ素(I)が検出される傾向が変化しているが、水再生センターの流入下水においても、同様の変化が確認された。よって水再生センターの流入下水に臭素(Br)とヨウ素(I)を含んだ赤色に着色した排水が流れてくる原因は、事業場Bの使用している色素が起因しているものであることが分かった。

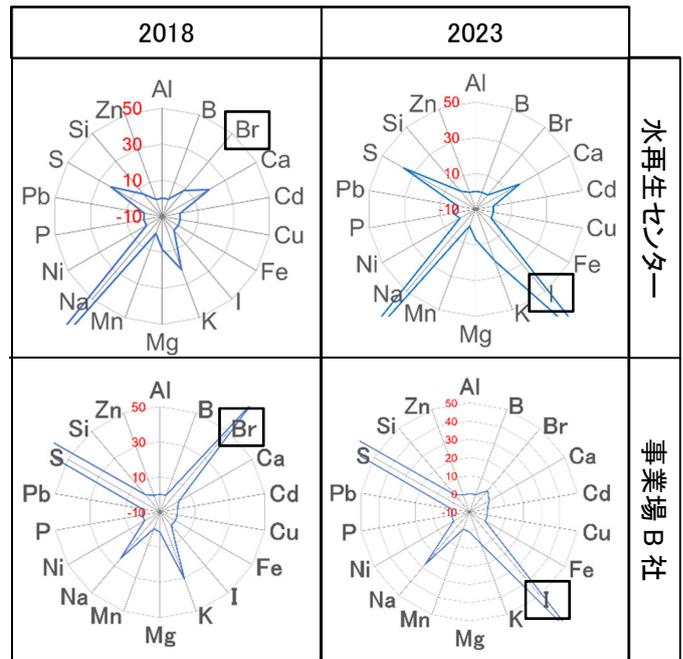


図6 水再生センターおよび事業場Bのプロファイル結果(2018年、2023年)

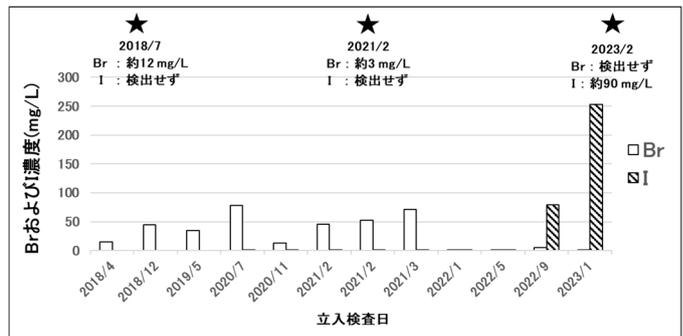


図7 事業場Bの定性分析における臭素(Br)及びヨウ素(I)の時期変化(★は水再生センターへの赤色着色異常流入の発生時期及び異常流入検体の臭素(Br)とヨウ素(I)の濃度)

#### 4. まとめと今後の課題

ICP-OESの多元素同時分析機能を活用した事業場排水等のプロファイル化によって、事業場の排水指導においては、使用される薬剤に含まれるNaやS等の元素に着目することにより、事業場の排水処理の状況確認を行うことが可能となった。また、水再生センターの異常流入においては特異的な元素と、過去に立入検査を行った検体のプロファイルを比較することで、異常流入の原因の特定に活用することができた。今後は事業場のプロファイルの数をより充実させることによって、効果的かつ効率的な規制指導業務に活用し、さらに容易に運用ができるデータの比較方法を検討していきたい。