

地下水・地盤環境に関するお知らせ

第 33 号

令和 6 年 3 月

地下水地盤環境に関する研究協議会

〒540-0008 大阪市中央区大手前 2 丁目 1 番 2 号 (一財)GRI財団 内

Tel : 06-6941-8833 Fax : 06-6941-8883

E-mail : gwjim@geor.or.jp HP : <http://gwrcnew.info/gwrc/>

***** 目 次 *****

1. 本協議会 活動報告および会告

- (1) 「*Kansai Geo-Symposium 2023*」開催報告 1
- (2) 「令和 6 年度通常総会および特別講演会」開催のお知らせ 5
- (3) 「*Kansai Geo-Symposium 2024*—地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム—」
開催のお知らせ 5

2. 地下水・地盤環境に関する情報 6

「ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS) と土の反応に関する研究事例の調査」

加藤 智大 (京都大学大学院)

吉村 比呂 (前 京都大学大学院)

高井 敦史 (京都大学大学院)

勝見 武 (京都大学大学院)

3. 地下水・地盤環境トピックス

- (1) 地下水データベース 19
- (2) 関連学会誌 20
- (3) 関連学会等の主な行事カレンダー 25

4. 関連書籍の販売・編集後記 26

1. 活動報告および今後の開催行事会告

(1) 「Kansai Geo-Symposium 2023ー地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウムー」開催報告

1. はじめに

去る令和5年11月3日(金)、オンラインおよび関西大学100周年記念会館(吹田市)において、地盤工学会関西支部との共催で表記のシンポジウムが開催されました。地盤工学会関西支部との共催の本シンポジウムは、今回11回目を迎えました。参加者は132名、基調講演と6セッション36件の口頭発表と6件のポスター発表が行われました。プログラム内容は、一般公募論文/報告発表・基調講演・委員会特別セッション・技術展示セッションで構成されました。また今回は4年ぶりにポスターセッションとコーヒープレイクが復活いたしました。並行して技術展示も実施し、活発に交流をしていただく機会となりました。

大島座長・芥川支部長による開会挨拶



技術展示・パネルディスカッション



2. 基調講演

山口大学大学院創成科学研究科 准教授の森啓年先生より『長大な土構造物を見守る新たな眼～河川堤防や路面下空洞を対象とした調査・観測技術の研究～』と題してご講演頂きました。

3. 公募論文／報告

口頭発表（公募論文／報告発表：4セッション，委員会特別セッション：2セッション）は，2会場で合計36件の発表が行われました。以下にプログラムを記します。これらのうち，本協議会ではセッション1，4の運営を担当しました。

<セッション1 テーマ：地下水流動・地中熱>

座長：北岡貴文（関西大学）

- 1-1 大和川現河道から旧河道への地下水流出に関する研究
○齋藤雅彦（神戸大学），伊藤浩子，今城由貴，小梶登志明，神谷浩二
- 1-2 濃尾平野の揖斐川・粕川扇状地における水田灌漑に伴う地下水涵養機能
○伊藤廉真（岐阜大学），神谷浩二，小島悠揮
- 1-3 地理情報システムを活用した地中熱利用システム普及のための総合的検討
○濱元栄起（埼玉県環境科学国際センター），伊藤浩子，鍵本司，春日井麻里，神谷浩二，高井敦史，宮田修志，森川俊英，吉岡真弓，内田洋平
- 1-4 大阪平野における農業分野での地中熱利用の実態調査
○宮田修志（ハイテック株式会社），小梶登志明，神谷浩二，濱元栄起，伊藤浩子
- 1-5 地盤調査ボーリング孔を利用した透水係数推定手法の高精度化に関する検討
ー京都府八幡市での調査事例ー
○藤原照幸（一般財団法人GRI財団），大谷具幸，三輪義博，中江あすか，加藤裕将，伊藤浩子，戸塚雄三，水谷光太郎，北田奈緒子，平野浩一

<セッション2 テーマ：「斜面災害リスク軽減のための4D多層型ハザードマップの構築と

その利活用方法に関する研究委員会」特別セッション>

座長：鳥居 宣之（神戸市立工業高等専門学校）

- 2-1 綾部市安国寺の裏山斜面における体積含水率の現地計測結果に対するデジタルツイン的発想に基づく土壌水分特性の経時変化
小田和広，○太田洗稀（大阪産業大学），前田栞汰，小泉圭吾，伊藤真一
- 2-2 現地局所雨量観測に基づく局地的大雨における土砂災害発生危険度評価ー福井市高須町における「2021年7月29日の大雨」と「2022年8月4日から5日の大雨」の比較ー
○浅井奏音（関西大学），小山倫史，近藤誠司，山田忠幸
- 2-3 斜面内体積含水率の推定結果に対するタンクモデル構造の影響についての考察
○阪谷天晴（京都大学），宮崎祐輔，小山倫史，藤原照幸，藤本将光，岸田潔
- 2-4 畳み込みニューラルネットワークを用いた画像解析による土石流検知
○鍋島康之（明石工業高等専門学校），石松一仁，竹ノ内史弥，下田清太郎
- 2-5 傾斜センサーと土壌水分計センサーを用いた鉄道切土斜面の管理システム
○片山輝彦（株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング），藤森研治，大石健太郎，松尾裕一郎，竹村尚樹
- 2-6 長さの異なる静電容量式棒状土中水分センサによる斜面のセンシング手法に関する基礎研究
○藤本創太（大阪大学），小泉圭吾，榎利博，片山博之

<セッション3 テーマ：耐震・防災・減災>

座長：野並 賢（神戸市立工業高等専門学校）

- 3-1 T型橋脚における上部構造のロッキング振動を考慮した直接基礎の動的応答
山下典彦，○久保田晃平（大阪産業大学），宮脇幸治郎
- 3-2 高圧噴射攪拌地盤改良による既設河川堤防等への耐震補強技術とその事例
○野須晴喜（小野田ケミコ株式会社），近藤省一，西尾経
- 3-3 浮上り限界モーメントを超える場合の2方向偏心作用における剛体基礎の接地圧分布簡便計算法の提案
○植田謙三（立命館大学），深川良一

- 3-4 コンクリート表面遮水壁型ロックフィルダムの鉛直継目の破壊挙動に関する研究
○藤本哲生（大阪工業大学），大越靖広，佐藤英明，黒田修一，野谷正明，平松大周
- 3-5 ブロック積み砂防堰堤の機能性に関する実験的検討
○中村達也（立命館大学），藤本将光，原田紹臣，佐藤哲也，橋口聡太郎，神野忠広，里深好文
- 3-6 底面粘性境界上にはたらく側面粘性境界の粘性力が動的解析に与える影響
○田村彩奈（神戸大学），竹山智英
- 3-7 可視光画像解析と室内侵食実験による草本植生の法面保護効果に関する検討
－構成土粒子の粒径に対する一考察－
○昌本拓也（鹿児島大学），岩永蓮太郎，酒匂一成，伊藤真一

<セッション4 テーマ：防災・地下水地盤環境>

座長：乾 徹（大阪大学）

- 4-1 地形改変と液状化発生の関係 その1－淀川流域における旧河道領域の推定－
○北田奈緒子（一般財団法人 GRI 財団），長屋淳一，大島昭彦，諏訪靖二，磯野栄一，野牧優達，春日井麻里
- 4-2 地形改変と液状化発生の関係 その2－旧河道における土質特性－
○長屋淳一（株式会社地域地盤環境研究所），大島昭彦，北田奈緒子，諏訪靖二，磯野栄一，野牧優達，春日井麻里
- 4-3 セレンの地中移行特性評価と対策技術に関する事例調査
○加藤智大（京都大学），伊藤浩子，小河篤史，勝見武
- 4-4 セレンの地球化学的性質と溶出特性に関する研究事例調査
○伊藤浩子（一般財団法人 GRI 財団），加藤智大，小河篤史，勝見武
- 4-5 自然由来の重金属等を含む要対策土の取り扱い事例
○小河篤史（株式会社奥村組），佐藤幸孝，清水計，加藤智大，伊藤浩子，勝見武

<セッション5 テーマ：室内/現場試験・調査・施工技術・現場計測技術>

座長：小山 倫史（関西大学）

- 5-1 現場試験およびカラム試験による濁水低減効果の比較事例
○西山浩平（八千代エンジニアリング株式会社），小川邦彦，鷺見浩司
- 5-2 3次元計測技術およびデジタルツインを活用した斜面对策工の施工管理におけるDXの提案
○竹内信（公益財団法人滋賀県建設技術センター），鳥居宣之，吉田翔太，吉田美夢，清水葉平，橋本康平，石谷貴英
- 5-3 ポリビニルアルコール（PVA）を添加したセメント改良土の強度特性および強度低下特性
○三上武子（一般財団法人 GRI 財団），金田一広，青山翔吾
- 5-4 一面せん断強度特性に及ぼす粒子形状と供試体拘束効果の影響
野並賢，○高橋瑠夏（応用地質株式会社），加藤正司，鳥居宣之
- 5-5 遠距離撮影画像による試験湛水時のダム堤体斜面の変位計測
○白川和靖（一般財団法人 GRI 財団），山内淑人，水谷光太郎，北田奈緒子，小野徹
- 5-6 トレーサ試験を用いた地下ダム止水壁の損傷探査
○牧野桃子（神戸大学），鈴木麻里子，井上一哉
- 5-7 大型動的コーン貫入試験の新たな補正打撃回数 N_{df} 値と N 値， s_u 値の対応関係
○田村匠大（大阪公立大学），大島昭彦，中野将吾，塩崎一樹，高橋秀一，平田茂良

<セッション6 テーマ：「夢洲の地盤性状と沈下性状に関する研究委員会」特別セッション>

座長：大島 昭彦（大阪公立大学）

- 6-1 データ同化によって同定された洪積粘土（Ma12）の圧密パラメータの解釈
○小田和広（大阪産業大学），松井保

- 6-2 夢洲粘土の圧縮曲線におけるひずみ速度依存性の評価
○渡部要一（北海道大学），宮田喜壽，大矢悠平
- 6-3 大阪港夢洲地区の沖積・洪積粘土の圧密特性―埋立開始前・埋立造成後の圧縮曲線の対比―
○濱田晃之（一般財団法人 GRI 財団），藤原照幸，白川和靖，北田奈緒子
- 6-4 埋立材としての浚渫粘土層の変形を考慮した夢洲地盤の変形解析
○三村衛（一般財団法人 GRI 財団），井関康昌
- 6-5 PBD 打設機による軟弱改良地盤の土層分布の推定と層別沈下板の活用例
○大月一真（五洋建設株式会社），榊原司，白神新一郎，大島昭彦
- 6-6 夢洲 2 区(万博用地)の計画標高を満足させる盛土量と浚渫粘土層の沈下予測
○坂口雄人（株式会社大林組），大島昭彦，岡田広久，塩崎一樹，佐々木徹，島一郎，平原毅

<ポスター発表>

- P-1 低負荷型の、掘削岩からの自然由来重金属等による環境影響低減工法の提案
○山口尚宏（応用地質株式会社），宮口新治，門間聖子，北島義裕，成瀬美樹，佐藤敏雄，柴田健幹，西本彩香，細野哲久
- P-2 濃尾平野沿岸部における観測値からみた地下水位変動と地盤沈下量の関係
○神谷浩二（岐阜大学），榊原裕一，伊藤廉真，小島悠揮
- P-3 細粒土砂を含む土石流と掃流状集合流動の堆積に関する実験的研究
○榊原颯輝（立命館大学），藤本将光，里深好文
- P-4 時系列解析による大阪地域の地下水位の長期トレンドについて
○井上直人（一般財団法人 GRI 財団），水谷光太郎，伊藤浩子，北田奈緒子
- P-5 福井県における斜面崩壊と累計雨量の関係
○杉田光（福井大学），藤本明宏，梅田祐一
- P-6 盛土における網状鉄筋挿入工による圧縮補強効果の高度化に関する基礎的な実験
○原田紹臣（立命館大学），疋田信晴，小西成治，藤本将光

4. 技術展示

下記の 13 機関に技術展示をしていただいた。

- ・応用地質 株式会社
- ・昭栄薬品 株式会社
- ・計測テクノ 株式会社
- ・株式会社 地域地盤環境研究所
- ・ハイテック 株式会社
- ・株式会社 共和電業
- ・株式会社 東京測器研究所
- ・坂田電機 株式会社
- ・株式会社 東横エルメス
- ・株式会社 リンク
- ・総合計測 株式会社
- ・現場計測コンサルタント協会
- ・ケミカルグラウト 株式会社

ご協力いただいた各機関の皆様には，ここに記して御礼申し上げます。

(2) 令和6年度 通常総会および特別講演会 開催のお知らせ

標記、通常総会の開催日および会場が下記の通り決定いたしました。

- 日 程：令和6年6月25日（火）
会 場：建設交流館 702 会議室 （※対面開催の予定）
○通常総会・・・・・・・・・・14：30～15：30（予定）
○特別講演会・・・・・・・・・・15：45～16：45（予定）
講演者：小林俊一 氏
（金沢大学・地盤工学会令和6年能登半島地震被害調査団 団長）
タイトル：「未定」
○意見交換会・・・・・・・・・・17：00～19：00（予定）（B1階レストランにて）
（★詳細は追ってお知らせいたします）

(3) Kansai Geo-Symposium 2024 —地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム— 開催のお知らせ

地盤工学会関西支部との共同主催として開催いたします。本協議会はもとより、関西の関連業界全体が活性化するような行事になるよう取り組んでまいりたいと思います。会員の皆様には、何卒ご理解とご協力を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

- 主 催：（公社）地盤工学会関西支部・地下水地盤環境に関する研究協議会
- 協 賛：（公社）土木学会関西支部[予定]，（公社）日本材料学会関西支部[予定]
（公社）日本地すべり学会関西支部[予定]，（一社）日本建築学会近畿支部[予定]
（公社）日本地下水学会[予定]，（一社）日本応用地質学会関西支部[予定]
（公社）日本水環境学会関西支部[予定]，（公社）土木学会岩盤力学委員会[予定]
現場計測コンサルタント協会[予定]
- 開 催 日：2024年11月29日（金）
- 会 場：関西大学100周年記念会館（完全対面開催）（予定）
- 開催形式：
公募論文／報告発表（口頭）／ポスター発表・基調講演
- 参加費：
正会員・特別会員・協賛団体の会員（¥5,000）
学生である会員（¥2,000）（※学生の方は参加時に学生証のコピーを添付）
非会員（¥7,000）
- 論文・報告要旨の締め切り：2024年5月12日（日）
- 論文・報告原稿締め切り：2024年6月30日（日）

※詳細は会告をご覧ください。

2. 地下水・地盤環境に関する情報

「ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）と土の反応に関する研究事例の調査」

加藤 智大 （京都大学大学院）

吉村 比呂（前 京都大学大学院）

高井 敦史 （京都大学大学院）

勝見 武 （京都大学大学院）

ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）と土の反応に関する研究事例の調査

加藤 智大 （京都大学大学院）
吉村 比呂（前 京都大学大学院）
高井 敦史 （京都大学大学院）
勝見 武 （京都大学大学院）

1. はじめに

ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）は有機フッ素化合物類（PFASs）の一種であり、高い熱・化学的安定性、撥水・撥油性、表面張力低下能・耐薬品性といった特徴的な物性を有することから、工業、家庭、軍事用品など幅広い用途で使用されてきた¹⁾。しかし近年 PFOS は人々や生物に悪影響（毒性や蓄積性）を及ぼす有害な物質として注目され始め、国際的に製造・使用・輸出入の規制が課されつつある。その上、環境中での難分解性や長距離移動性も高いことから、世界中で PFOS による土壌・地下水汚染が問題となっている²⁾。日本では特に沖縄での PFASs による汚染が話題となっており、日本の暫定目標値（PFOS 及び PFOA の量の和として 50 ng/L 以下、PFOA：ペルフルオロオクタン酸）を超過する PFOS が検出される例もみられる³⁾。水環境や土壌地下水における PFOS の存在が顕在化しつつある中で、水質調査や水浄化に関する研究が環境工学分野で増えている。一方、土と PFOS の反応に関する情報は十分に蓄積されていないのが現状である。そこで本原稿では、土と PFOS の反応について、既往研究の調査を行って動向を取りまとめた。また、当研究チームが最近取り組んでいる研究成果も抜粋して紹介する。

2. 有機フッ素化合物類の特徴

ペル及びポリフルオロアルキル化合物（PFASs：Poly- and perfluoroalkyl substances）はフッ素化されたアルキル基を有する有機フッ素化合物類の総称であり、高い熱・化学的安定性、撥水・撥油性、表面張力低下能を有する物質である¹⁾⁴⁾。その有用性から、米国 3M 社が 1948 年に製造を開始して以来、泡消火剤、半導体、医療器具、自動車、日常用品（カーペット・衣服、ワックス、印刷紙、食品包装、化粧品）など、軍事・工業・家庭用製品と幅広い用途で使用されてきた¹⁾⁵⁾。

図-1 に示すように 9000 を超える種類の PFASs が存在し⁶⁾、分子構造の違いからペルフルオロアルキル酸・ペル及びポリフルオロアルキルエーテル酸（PFAAs）、PFAAs の前駆体、その他の PFASs（フルオロテロマー重合体（FPs）とペルフルオロポリエーテル（PFPEs））の 4 種類に分類される⁷⁾。PFAAs は完全フッ素化されたアルキル基である疎水基（ $-C_nF_{2n+1}$ ）と親水基で構成され、図-1 のように 6 種類に大別されることが多い。中でも、ペルフルオロアルキルカルボン酸（PFCAs）とペルフルオロアルキルスルホン酸（PFSAs）は代表的な PFAAs で、構造式はそれぞれ「 $C_nF_{2n+1}COOH$ ($n \geq 1$)」と「 $C_nF_{2n+1}SO_3H$ ($n \geq 1$)」である。

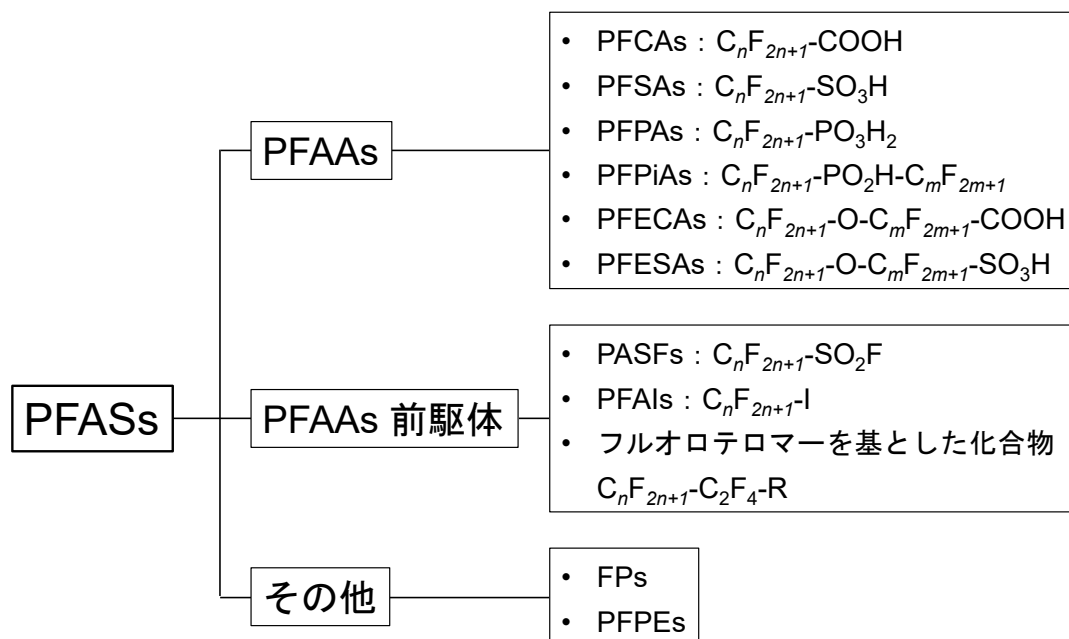


図-1 分子構造的観点からの PFASs の分類⁷⁾

表-1 主要な PFCAs、PFSA、PFAAs の前駆体

総称	名称	略称	炭素数	化学式
PFCAs	ペルフルオロブタン酸	PFBA	4	C ₃ F ₇ CO ₂ H
	ペルフルオロペンタン酸	PFPeA	5	C ₄ F ₉ CO ₂ H
	ペルフルオロヘキサン酸	PFHxA	6	C ₅ F ₁₁ CO ₂ H
	ペルフルオロヘプタン酸	PFHpA	7	C ₆ F ₁₃ CO ₂ H
	ペルフルオロオクタン酸	PFOA	8	C ₇ F ₁₅ CO ₂ H
	ペルフルオロノナン酸	PFNA	9	C ₈ F ₁₇ CO ₂ H
	ペルフルオロデカン酸	PFDA	10	C ₉ F ₁₉ CO ₂ H
PFSA	ペルフルオロブタンスルホン酸	PFBS	4	C ₄ F ₉ SO ₃ H
	ペルフルオロヘキサンスルホン酸	PFHxS	6	C ₆ F ₁₃ SO ₃ H
	ペルフルオロオクタンスルホン酸	PFOS	8	C ₈ F ₁₇ SO ₃ H
PFAAs の 前駆体	ペルフルオロオクタンスルホンアミド	PFOSA	8	C ₈ F ₁₇ SO ₂ NH ₂
	8:2 フルオロテロマースルホン酸	8:2 FTS	10	C ₈ F ₁₇ (CH ₂) ₂ SO ₃ H
	8:2 フルオロテロマーアルコール	8:2 FTOH	10	C ₈ F ₁₇ (CH ₂) ₂ OH

表-1 に PFCAs と PFSA に区分される物質の例を示す。物質名は炭素数と親水基の種類に由来する。親水基の種類が同じであれば、炭素の数が多く疎水基が長いほど疎水性が高くなるため、水に溶けにくくなる。つまり、PFCAs と PFSA はそれぞれ表の下に位置する物質ほど、疎水性が高い物質である。本原稿で対象とする PFOS は、図-1 では PFAAs のうち PFSA に分類され、表-1 では PFSA の 3 行目である炭素数 8 の物質として整理される。

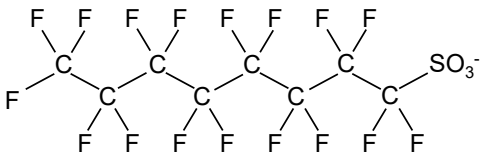
主要な PFAAs の前駆体を表-1 に示す。前駆体とは環境中で生分解等によってそれよりも炭素数の少ない PFAAs 等に変化する可能性のある物質のことを指す⁸⁾。例えば、好気性条件下では土壌微生物により、PASFs の 1 種であるエチルペルフルオロオクタンスルホン酸アミドエタノール (EtFOSE) から PFOS が、8:2 FTOH からペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOA) がそれぞれ生成される⁹⁾。図-1 に示される FPs は、フッ素樹脂である。ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) は米国デュポン社が商品化したテフロンという名で知られる。PFPEs は航空宇宙産業分野で 1960 年代から液体潤滑油として使用されており¹⁰⁾、現在は繊維製品や塗料として使用される。

3. PFOS の性質

本稿での調査対象であるポリフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS) は PFSA の代表的な物質である。表-2 に PFOS の主な性質を示す。PFOS は疎水基として炭素数を 8 つ、親水基としてスルホ基を有しており、比重は 1.25 g/cm³ で水より重い¹¹⁾。酸解離定数 pK_a は 1.0 より小さく¹²⁾、水溶液中で水素イオンを供与する能力が極めて高いため、ほぼ全ての分子がイオンで存在する。蒸気圧は、PFOS は 25°C で 0.85 Pa であり¹³⁾、水は 25°C で 3166 Pa なので¹⁴⁾、PFOS は水より揮発性が低い難揮発性物質と称される。

地盤中での化学物質の挙動は物質ごとに異なる。例えば無機物質である重金属等は、土粒子表面の電荷によって引き寄せられる。一方で、有機化学物質は土の有機質に含まれる疎水基 (親油基) と引き合う。そのため、化学物質と土の反応を評価する際には評価したい物質の親水性と疎水性を評価する必要がある、その指標として 1-オクタノール (油) と水に混合した際に、どちらに多く存在しているかを示す数値である、オクタノール/水分配係数 (Log K_{ow}) が用いられる。Log K_{ow} が 1 より大きければ水より油に溶けやすいことを意味する。PFOS の Log K_{ow} は 5.25 であり¹⁾、オクタノールと水の混合液では水に比べオクタノールに 10^{5.25} 倍移行しやすい。

表-2 PFOS の主な性質

化学構造式	
比重 (g/cm ³) ¹¹⁾ , 酸解離定数 pK _a ¹²⁾ , 蒸気圧 (kPa) ¹³⁾	1.25, <1.0, 8.5×10 ⁻⁴
オクタノール/水分配係数 Log K _{ow} ¹⁾	5.25
水中での半減期 (year) ¹⁵⁾	>41
水への溶解度 (mg/L) ¹⁵⁾⁻¹⁷⁾	3.7×10 ² -6.8×10 ² (真水), 12-25 (塩水)
	37100 (メタノール)
有機溶剤への溶解度 (mg/L) ¹⁸⁾	~13000 (アセトニトリル)
	110 (オクタノール)

水への溶解度は水温や水質が異なれば大きく変化する。例えば 20-25°C の純水中では 3.7×10^2 - 6.8×10^2 mg/L¹⁵⁾¹⁶⁾であるが、22-23°C の塩水中では 12.4-25 mg/L¹⁵⁾¹⁷⁾であり、純水と塩水では 1 オーダー程度異なる。疎水性が高いとされるポリ塩化ビフェニル (PCBs) の $\log K_{ow}$ は 4.46-8.18¹⁹⁾、水への溶解度は 5.4×10^{-2} - 2.5×10^{-1} mg/L²⁰⁾なので、PFOS は疎水性が高い一方で水にも溶けやすいという特異な性質を有することがわかる。

水中での半減期は 41 年より長く、PFOS は難分解性の物質といえる¹⁵⁾。25°C でのメタノールとアセトニトリルへの溶解度はそれぞれ 37100, ~13000 mg/L であり¹⁸⁾、水への溶解度に比べて 2, 3 オーダー大きい。メタノールやアセトニトリルに比べてオクタノールや水は親油性が低いことから、親水基と疎水基を併せ持つ PFOS は極性の高い有機溶媒であるメタノールやアセトニトリルへの溶解度が大きいことがわかっている。

以上から、PFOS は難揮発性と難分解性の物質であり、親水性と疎水性の双方を有する物質であることが整理された。これまでの土壌・地下水汚染の分野で研究されてきた重金属等や揮発性有機化合物とは異なり、PFOS は親水基と疎水基を併せ持ち、水と油の両方に溶け得るため、重金属等のように地盤中で土粒子に吸着され不飽和帯に留まるのか、揮発性有機化合物のように地下水帯に達して汚染が拡大するのかの解明が期待される。

4. PFASs に関する規制の動向・国内での調査状況

1938 年に 3M 社が PFASs を開発して以降、PFASs は半世紀以上にわたり世界中で様々な産業の発展に貢献してきた。しかし近年、PFASs の中でも特に PFOS と PFOA (以下、PFOS/PFOA と記載する) の生物への影響に関する研究が進み、人体に悪影響 (発がん性、胎児・乳幼児の発達障害、肝臓障害、免疫低下、甲状腺疾患など) を及ぼす可能性が指摘されている²¹⁾²²⁾。

PFOS/PFOA の有害性や環境汚染が報告され始めると、2009 年に「PFOS とその塩及び PFOSF (ペルフルオロオクタンスルホニルオリド)」が、2019 年に「PFOA とその塩及び PFOA 関連物質」がストックホルム条約 (POPs 条約) の付属書 B (製造・使用、輸出入の制限) に追加された²³⁾。POPs 条約は環境中での残留性、生物蓄積性、人や生物への高い毒性、長距離移動性が懸念される残留性有機汚染物質 (Persistent organic pollutants) の製造・使用・輸出入などを制限する国際条約である²³⁾。3M 社は 2000 年に PFOS/PFOA の製造中止を発表し、EU では 2006 年に PFOS 製品の禁止令を定め、製造・使用禁止を推進している²¹⁾。米国 EPA は 2016 年に飲料水中の PFOS 及び PFOA の合計濃度の暫定勧告値として 70 ng/L を発表した²⁴⁾が、2022 年には飲料水の生涯健康勧告値として PFOS で 0.02 ng/L、PFOA で 0.004 ng/L を提示した²²⁾。

日本国内でも、諸外国の動向を受けて、化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律 (化審法) で、2010 年に「PFOS とその塩及び PFOSF」、2021 年に「PFOA 又はその塩」が第一種特定化学物質に指定された²⁴⁾。2020 年 5 月には環境省が公共用水域及び地下水における暫定的な目標値として、PFOS と PFOA の合計値で 50 ng/L 以下を設定した²⁵⁾²⁶⁾。2022 年には PFOS/PFOA が水質汚濁防止法の指定物質に追加された²⁷⁾。2023 年度には環境省で PFOS/PFOA に関する専門家会議が開催され、国内でも注目が集まっている²¹⁾。

日本では水質汚染の現況について、環境省が2020年から毎年全国的な水質調査を実施し、河川、湖沼、海域、地下水、湧水におけるPFOS/PFOAの濃度を公表している²⁸⁾⁻³⁰⁾。以下ではPFOSに限らず、PFOS/PFOAの調査状況を抜粋して示す。2020年では171地点中13都道府県の37地点で、2022年では1133地点中13都道府県の81地点で暫定基準値50ng/L以上の濃度が確認された。米軍嘉手納基地では過去にPFOSを泡消火薬剤として用いていたことから、2014年から2017年にかけて米軍が実施した調査で9500mg/LのPFOSがスプリンクラー付近で検出された報告がある³¹⁾。また、米軍普天間基地では2019年12月と2020年4月に、PFOSやPFOAを含有する泡消化剤の漏出事故が発生し、2020年では14万3830リットルの泡消化剤が基地外に流出した可能性が指摘されている³¹⁾。そのような中で沖縄県企業局は2018年から毎週、嘉手納基地周辺の比謝川取水場や嘉手納井戸群、大工廻川の水質調査を実施している³²⁾。

上述した調査をまとめると、環境省や沖縄県企業局が公表した環境水のPFOS/PFOAの濃度は毎年減少傾向にあると言える。一方で、PFOS/PFOAは難分解性の物質であるため、地下水・河川中の濃度は低下していても地盤中などに蓄積されている可能性がある。また、調査地点が汚染源の敷地外の場合には、地盤中で希釈や分散、吸着されて薄まりながら広がった後の濃度を分析している可能性も考えられ、汚染源にはさらに高濃度のPFOSが存在していることも考えられる。今後の方向性として、PFOSと土の反応を精緻に評価し、人々の健康影響リスク低減を図ることが期待される。

5. PFOSと土の反応

PFOSの土への反応メカニズムは疎水的吸着と電気的吸着が主だと言われている³³⁾。なお、厳密にはPFOSと土の反応は吸着(adsorption)とは断定できず、吸着を包含する広義の収着(sorption)を用いることが適当と考えられるが、本原稿では和訳の馴染みやすさ考えてsorptionにあたる言葉として吸着を用いて説明する。疎水的吸着は、土表面の有機物の疎水部とPFOSの疎水基の分子間力に起因する反応である。特に高分子の有機物とPFOSとの間に働く分子間力は非常に強いことが知られている。PFOSの土への吸着には疎水的吸着が最も寄与し、吸着量と有機炭素含有量は正の相関を示す可能性が指摘されている。

電気的吸着は、正に帯電した土粒子と負に帯電するPFOSの親水基のクーロン力に起因する。電気的吸着の強さは溶液のpHと土の鉱物組成に依存する。土の表面電荷はpHが鉱物の等電点よりも小さければ正に帯電し、大きければ負に帯電するからである。各種鉱物の等電点は、シリカで2.0、カオリナイトで約3.5、鉄の酸化物(マグネサイト、ヘマタイト、ゲータイト)で約6.0-7.0、アルミニウムの酸化物(コランダム、ギブサイト)で約9.0である³⁴⁾。そのためpH7以下の環境では、鉄とアルミニウムの酸化物の含有量が大きいほど電気的収着の発現が期待できる。土表面が負に帯電する場合でも、カルシウムイオン、マグネシウムイオンなどの二価の陽イオンが液相に存在すれば架橋効果によって収着が促進される可能性が指摘されている。

PFOSなどの界面活性剤には特有の反応メカニズムが存在し、ヘミミセル、ミセル、バイレイヤーの形成と言われている。ヘミミセルとミセルは、液相に高濃度でPFOSが存在する場合、

PFOS の疎水基が互いに分子間力により引き合うことで形成される。ミセルが形成される濃度は 4573 mg/L とされ、ヘミミセルはこの 0.001-0.01 倍の濃度で形成される³³⁾。バイレイヤー（アドミセルとも呼ばれる）は、疎水基を液相側に向けて電氣的に吸着した PFOS が疎水性の表面を作り出し、その表面に PFOS が疎水的吸着することで形成される。

6. PFOS と土の反応に関する研究事例

土壌・地下水汚染のリスク評価を行う際、汚染物質の地盤中での挙動（吸脱着、沈殿形成など）の把握が重要になる。汚染物質の土の反応を評価するための一般的な試験方法として、バッチ試験やカラム試験がある。バッチ試験とは、容器に土と水を入れて所定の時間振とうし、土と対象の汚染物質を接触させて溶液の平衡濃度を求めて土への吸着量を評価する試験である。一方でカラム試験は、カラムに充填した供試体に汚染物質を含む溶液を通水して、流出液中に含まれる汚染物質の濃度の経時変化を評価する。バッチ試験は操作が簡易である点、カラム試験は間隙内を水が通過する様子を評価できることから現実に近い点が利点として挙げられる。

表-3 に PFOS と土の反応を評価した先行研究を示す。これまで、地盤中での PFOS の移行特性の評価を目的として、PFOS 溶液と土を用いた吸着試験が世界で行われてきたことがわかる。

表-3 PFOS 土への吸着・脱着特性を評価した先行研究の例

著者	目的・評価項目	試料	パラメータ、備考
<u>バッチ試験</u>			
Ahmad et al. ³⁵⁾	吸着モデル化	粘土鉱物	CEC、比表面積
Ahrens et al. ³⁶⁾	土質特性の影響	表土 6 種	液固比、TOC
Guelfo and Higgins ³⁷⁾	共存物質の影響	表土 3 種	NAPL、他 PFASs
Higgins and Luthy ³⁸⁾	吸着速度	表土 5 種	酸化鉄、TOC
	土質・溶液特性の影響		pH、陽イオン濃度
Milinic et al. ³⁹⁾	TOC の影響、脱着特性	表土 6 種	TOC
Nguyen et al. ⁴⁰⁾	土質・溶液特性の影響	表土 10 種	様々な土質特性、pH
Pereira et al. ⁴¹⁾	溶液特性の影響	有機土壌 1 種	pH、陽イオン濃度
Tang et al. ⁴²⁾	溶液特性の影響	針鉄鉱と石英	pH、陽イオン濃度
Uwayezu et al. ⁴³⁾	溶液特性の影響	針鉄鉱	pH、溶存有機物
Wang et al. ⁴⁴⁾	吸着速度、溶液特性の影響	ベーマイト	pH、陽イオン濃度
Wei et al. ⁴⁵⁾	土質特性の影響、脱着特性	表土 6 種	様々な土質特性
吉村ら ⁴⁶⁾	沖縄の土の吸着特性評価	表土 4 種	振とう時間、PFOS 濃度
<u>カラム試験</u>			
Brusseau et al. ⁴⁷⁾	テーリングの評価	珪砂 2 種	通水期間
Wang et al. ⁴⁸⁾	テーリングの評価	表土 3 種	初期濃度、TOC

表-3 をみると先行研究のほとんどが、バッチ試験で PFOS と土の反応を評価していることが分かる。既往研究のほとんどがバッチ試験を用いて、PFOS と土の反応に寄与する土質特性や溶液の特性の解明に焦点をあてている。その中では、土の有機炭素含有量 (TOC) が PFOS の吸着に最も寄与することが報告されており、Milinovic et al.³⁵⁾は TOC から土への吸着量を推定できる可能性を述べている。さらに、TOC が同程度であれば、土の pH や陽イオン交換容量 (CEC)、比表面積、酸化鉄・酸化アルミニウム含有量に加え、PFOS 溶液中の pH や二価の陽イオン濃度が PFOS の吸着に寄与することが明らかになっている³⁸⁾⁴¹⁾⁴²⁾⁴⁴⁾。バッチ試験で脱着特性を評価した研究では、土に捕捉された PFOS は脱着しにくいことが示された³⁹⁾⁴⁵⁾。PFOS の研究でカラム試験を適用した事例は、活性炭や陰イオン交換樹脂を用いた PFOS 汚染水の浄化を目的としたものが多く⁴⁹⁾⁵²⁾、土との反応を評価した例は少ないが、Brusseau et al.⁴⁷⁾や Wang et al.⁴⁸⁾はカラム試験の結果得られた実験値と、移流分散方程式の解析解との乖離のメカニズム解明に向けた研究を行っている。

以上のように、バッチ試験では PFOS の土の反応メカニズムの解明、カラム試験では PFOS の吸着特性のモデル化が行われている一方、日本国内で PFOS と土の反応を評価した事例は限られている。特に 4 章で示した懸案の沖縄の土壤汚染状況を解明するためには、沖縄の土を用いた研究が求められることから、当研究チームでは下記の研究を進めている。

7. 当研究チームの取り組み紹介

これまでに当研究チームが実施した研究のうち、沖縄の土と PFOS の反応をバッチ試験で評価した事例⁴⁶⁾を紹介する。研究成果は既にオープンアクセスの論文として発表されているため、詳しくは参考文献⁴⁶⁾を確認していただきたい。

吸着試験には沖縄県特有の土である中頭産マージと島尻マージの他に、一般的な土試料として珪砂 7 号とまさ土の 4 種類の土を使用した。表-4 に土の基礎物性を示す。バッチ試験では PFOS を含む溶液 (0.05-1 mg/L) と土の液固比が 10 L/kg となるように容器に入れて 200 rpm の回転数で振とうした。振とう後は遠心分離と孔径 0.45 μm のメンブレンフィルターでろ過をして検液中の PFOS 濃度や pH などを測定した。

図-2 にバッチ試験の結果 (文献⁴⁶⁾ を編集) を示す。図-2 a)は、振とう時間を 10 分から 96 時間の範囲で設定し、PFOS と土の反応速度を評価した結果である。実験から、低い濃度の PFOS 溶液を接触させると吸着率が大きくなること、珪砂 7 号に比べてまさ土の方が PFOS を吸着することが明らかになった。反応速度に着目すると、振とう 24 時間までは吸着率の変化率は大きい一方で 24 時間以上での変化率は小さく、振とう 24 時間程度で PFOS と土の反応は平衡に近づくことが示唆された。一次や二次反応モデルが一般的な反応速度として理解されていることから、本研究では両者を実験結果にフィッティングしたところ、図-2 a)に示すように二次反応モデルがより適合する結果となった。

図-2 b)は、PFOS 溶液の濃度が土との反応に及ぼす影響を評価したバッチ試験結果である。b)の実験では、a)から振とう 24 時間程度で反応が平衡に近づくことが明らかになったため、24 時

表-4 吸着試験に使用した土の基礎物性

		珪砂7号	まさ土	中頭産マージ	島尻マージ
土粒子密度 (g/cm ³)		2.63	2.72	2.75	2.77
粒度分布 (%)	砂分 [0.075-2 mm]	98.0	68.9	36.9	0
	粘土分 [<0.075 mm]	2.0	31.1	63.1	100
有機炭素濃度 (%)		0.03	0.12	0.09	0.44
水溶性成分の濃度 (mg/kg)	Mg	0.90	10	20	21
	Ca	5.2	76	397	101
	SiO ₂	88.2	50.4	56.7	31.7
	Fe ₂ O ₃	-	17.4	13.4	33.2
含有量 (%)	Al ₂ O ₃	7.0	16.1	20.1	26.2
	Others	4.8	16.1	9.8	8.2

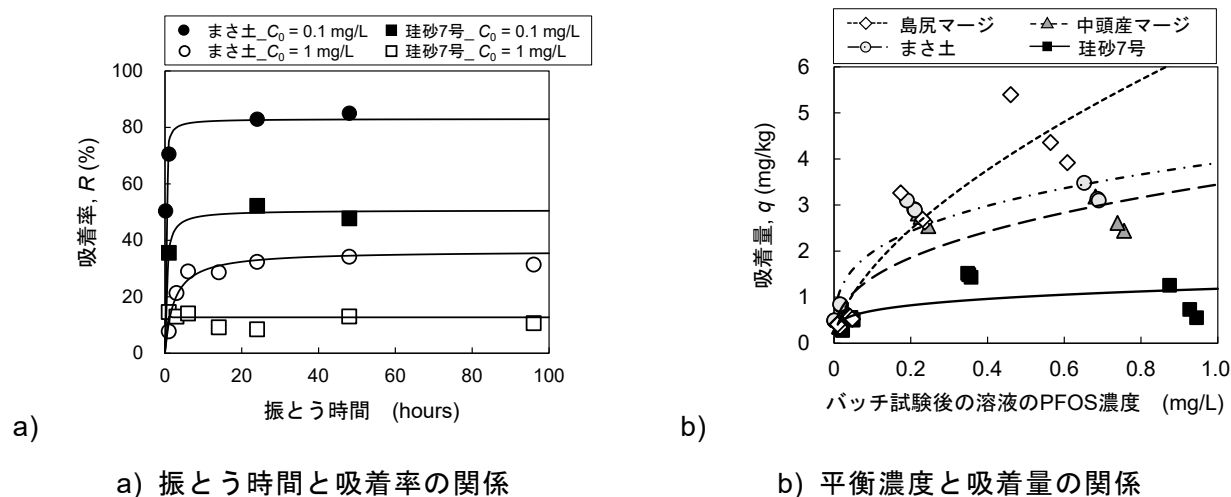


図-2 PFOS と沖縄の土の吸着試験結果 (文献⁴⁶⁾を編集)

間の振とう時間を適用した。実験の結果、高濃度領域で PFOS の吸着量が頭打ちとなる非線形モデルが適合すること、珪砂7号に比べて、まさ土・中頭産マージ・島尻マージの吸着量は大きいことが明らかになった。また、有機炭素濃度と PFOS の吸着量の関係性を評価したところ一定の相関関係が確認され、有機炭素含有量が高い土ほど PFOS が吸着される可能性が示唆された。6章で紹介したように土の有機炭素濃度が重要な指標となることは、日本の土でも同様な可能性が高いと言える。さらに本研究からは、PFOS の吸着量は土のアルミニウム含有量や細粒分含有率に影響される可能性も示唆された。

8. おわりに

本原稿では、最近注目を集めているペル及びポリフルオロアルキル化合物 (PFASs) のうち、特に報告事例が多い PFOS と土の反応に関する情報の整理を行った。PFOS は難揮発性と難分

解性が特徴で、水と油の両方に溶けやすい特異的な性質を有することから、土との反応に関する知見は十分に蓄積されていないのが現状である。そこで、土と PFOS の反応の既往研究を調査したところ、バッチ試験で土との反応メカニズムを評価した事例が増えつつあること、より現実に近い条件であるカラム試験の事例は限られていることが明らかになった。

当研究チームの事例紹介では、沖縄の土を対象としたバッチ試験の結果を示した。振とう 24 時間程度で反応が平衡に近づく可能性、有機炭素含有量が大きい土ほど PFOS が吸着される可能性が示唆された。しかしながら、4 種類の土を対象とした結果に基づく議論にとどまっていることから、今後は対象とする土の種類を増やして一般化を図ることが必要である。PFOS 濃度の測定は、pH や電気伝導率の測定と比べて高価で複雑な液体クロマトグラフィー質量分析法 (LC-MS/MS) が必要のため、一朝一夕には進まないことが課題であり、PFOS と土の反応を解明するためには、各機関で協働して知見の集積を進めることが重要だと言える。

参考文献

- 1) 村上道夫, 滝沢 智: フッ素系界面活性剤の水環境汚染の現況と今後の展望, 水環境学会誌, Vol. 33, No. 8, pp. 103-114, 2010.
- 2) Yukioka, S., Tanaka, S., Suzuki, Y., Echigo, S., Karrman, A. and Fujii, S., “A profile analysis with suspect screening of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in firefighting foam impacted waters in Okinawa, Japan”, Water Research, Vol. 184, 116207, 2020.
- 3) 田中周平, 北地優太, 李 文驕: 航空軍事施設周辺土壌の PFASs 含有量の鉛直分布と地下水との関係, 環境工学研究フォーラム論文集, Vol. 79, No. 25, pp. 23-25049(1)- 23-25049(7), 2023.
- 4) 近藤行成: 界面活性剤の定義と種類, 色材協会誌, Vol. 89, No. 2, pp. 59-63, 2016.
- 5) 雪岡 聖, 田中周平, 鈴木裕識, 藤井滋穂, 清水尚登, 齋藤憲光: 化粧品中のペルフルオロ化合物類生成ポテンシャルの把握と前駆体の探索, 土木学会論文集 G (環境), Vol. 72, No. 7, pp. III_87-III_94, 2016.
- 6) National Institute of Environmental Health Sciences, “Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances”, 2024/2/6 閲覧, <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/pfc/index.cfm>.
- 7) Gluge, J., Scheringer, M., Cousin, I. T., DeWitt, J. C., Goldenman, G., Herske, D., Lohmann, R., Ng, C. A., Trier, X. and Wang, Z., “An overview of the uses of per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS)”, Environmental Science: Processes & Impacts, Vol. 12, No. 12, pp.2345-2373, 2020.
- 8) Gebbink, W. A., Bignert, A. and Berger, U., “Perfluoroalkyl Acids (PFAAs) and Selected Precursors in the Baltic Sea Environment: Do Precursors Play a Role in Food Web Accumulation of PFAAs?”, Environmental Science & Technology, Vol. 50, pp. 6354-6362, 2016.
- 9) 遠藤和人, 尾形有香: 最終処分場からの PFASs, PCNs の長期的な排出予測に向けて, 廃棄物資源循環学会誌, Vol. 32, No. 1, pp. 50-62, 2021.
- 10) Shogrin, B., Jones, W. R., and Herrera-Fierro, P., “Spontaneous dewetting of a perfluoropolyether”,

- NASA Technical Memorandum, 106964, 1995.
- 11) Interstate Technology and Regulatory Council [ITRC], “Fact Sheets: PFAS Water and Soil Regulatory and Guidance Values Table Excel File”, 2024/2/6 閲覧, <https://pfas-1.itrcweb.org/>.
 - 12) Cheng, J., Psillakis, E., Hoffmann, M. R. and Colussi, A. J., “Acid Dissociation versus Molecular Association of Perfluoroalkyl Oxoacids: Environmental Implications”, *The Journal of Physical Chemistry A*, Vol. 113, pp. 8152-8156, 2009.
 - 13) 鶴岡佑樹, 大石雅也, 鈴木義彦, 松本直樹, 森 一星 : PFOS, PFOA, PFHxS による土壌・地下水汚染の調査・対策の現状, 第 27 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, Vol. 27, pp. 1-6, 2022.
 - 14) アズビル株式会社 : 飽和水蒸気圧表, 2024/2/6 閲覧.
<https://www.azbil.com/jp/product/factory/download/catalog-spec/SP1-CV2014-Sec10-3.pdf>,
 - 15) Mahinroosta, R. and L. Senevirathna, L., “A review of the emerging treatment technologies for PFAS contaminated soils”, *Journal of Environmental Management*, Vol. 255, 109896, 2020.
 - 16) Pubchem, “Perfluorooctanesulfonic acid”, 2024/2/6 閲覧,
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/74483>.
 - 17) 環境省 : パーフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS) 及びその塩について, 2024/2/6 閲覧.
<https://www.env.go.jp/council/09water/y095-16/mat05.pdf>.
 - 18) Meng, P., Deng, S., Du, Z., Wang, B., Huang, J., Wang, Y., Yu, G. and Xing, B., “Effect of hydro-oleophobic perfluorocarbon chain on interfacial behavior and mechanism of perfluorooctane sulfonate in oil-water mixture”, *Scientific Reports*, Vol. 7, 44694, 2017.
 - 19) Hawker, D. W. and Connell, D. W., “Octanol-water partition coefficients of polychlorinated biphenyl congeners”, *Environmental Science & Technology*, Vol. 22, No. 4, pp. 382-387, 1988.
 - 20) U. S. EPA: Ambient water quality criteria for polychlorinated biphenyls, 1980, 2024/2/6 閲覧,
<https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-03/documents/ambient-wqc-polychlorinatedbiphenyls-1980.pdf>.
 - 21) 藤崎幸市郎, 中村太郎, 塩尻大輔, 生越 恵, 鎌田明秀 : PFOS 等およびその前駆体を対象にした物性比較と土壌・地下水中の挙動に関する特性の評価について, 第 28 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, Vol. 28, pp. 426-431, 2023.
 - 22) U. S. EPA, “Drinking Water Health Advisories for PFOA and PFOS”, 2024/2/6 閲覧,
<https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/drinking-water-health-advisories-pfoa-and-pfos>.
 - 23) 経済産業省 : POPs 条約, 2024/2/6 閲覧,
https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/int/pops.html.
 - 24) 経済産業省 : 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律 (化審法), 2024/2/6 閲覧,
https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/kasinhou/index.html.
 - 25) 厚生労働省 : 水道水質基準, 2024/2/6 閲覧,

- <https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/index.html>.
- 26) 環境省：要監視項目及び指針値（人の健康の保護に係る項目），2024/2/6 閲覧，
<https://www.env.go.jp/water/impure/item.html>.
- 27) 環境省：水質汚濁防止法に基づく指定物質の追加について，2024/2/6 閲覧，
https://www.env.go.jp/council/content/i_18/000074263.pdf.
- 28) 環境省：令和元年度 PFOS 及び PFOA 全国存在状況把握調査の結果について，2024/2/6 閲覧，
<https://www.env.go.jp/press/108091.html>.
- 29) 環境省：令和 2 年度有機フッ素化合物全国存在状況把握調査の結果について 1，2024/2/6 閲覧，
<https://www.env.go.jp/press/109708.htm>.
- 30) 環境省：令和 3 年度公共用水域水質測定結果及び地下水質測定結果について，2024/2/6 閲覧，
https://www.env.go.jp/press/press_01089.html.
- 31) ジョン・ミッチェル，小泉昭夫，島袋夏子，阿部小涼：永遠の化学物質 水の PFAS 汚染，岩波ブックレット，pp. 52-65，2020.
- 32) 沖縄県企業局：企業局における有機フッ素化合物の検出状況及び水道水の安全性について，2024/2/6 閲覧，
<https://www.eb.pref.okinawa.jp/oheb/309/619>.
- 33) Du, Z., Deng, S., Bei, Y., Huang, Q., Wang, B., Huang, J. and Yu, G., “Adsorption behavior and mechanism of perfluorinated compounds on various adsorbents—A review”, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 274, pp. 443-454, 2014.
- 34) 福士圭介：粘土によるイオン吸着のモデリング，*粘土科学*，Vol. 47, No. 2, pp. 99-103, 2008.
- 35) Ahmad, A., Tian, K., Tanyu, B. and Foster, G. D., “Effect of Clay Mineralogy on the Partition Coefficients of Perfluoroalkyl Substances.”, *Environmental Science and Technology Water*, Vol. 3, pp. 2899-2909, 2023.
- 36) Ahrens, L., Yeung, L.W.Y., Taniyasu, S., Lam, P.K.S. and Yamashita, N., "Partitioning of perfluorooctanoate (PFOA), perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctane sulfonamide (PFOSA) between water and sediment." *Chemosphere.*, Vol. 85, No. 5, pp. 731-737, 2011.
- 37) Guelfo, J. L. and Higgins, C. P., “Subsurface Transport Potential of Perfluoroalkyl Acids at Aqueous Film-Forming Foam (AFFF)-Impacted Sites”, *Environmental Science and Thechnology*, Vol. 47, pp. 4164-4171, 2013.
- 38) Higgins, C.P. and Luthy, R.G., “Sorption of perfluorinated surfactants on sediments”, *Environmental Science and Technology*, Vol. 40, No. 23, pp. 7251-7256, 2006.
- 39) Milinovic, J., Lacorte, S., Vidal, M. and Rigol, A., “Sorption behaviour of perfluoroalkyl substances in soils”, *Science of the Total Environment*, Vol. 511, pp. 63-71, 2015.
- 40) Nguyen, T. M. H., Bräunig, J., Thompson, K., Thompson, J., Kabiri, S., Navarro, D. A., Kookana, R. S., Grimison, C., Barnes, C. M., Higgins, C. P., McLaughlin, M. J. and Mueller, J. F., “Influences of Chemical Properties, Soil Properties, and Solution pH on Soil-Water Partitioning Coefficients of Per- And Polyfluoroalkyl Substances (PFASs).”, *Environmental Science and Technology*, Vol. 54, pp.

15883–15892, 2020.

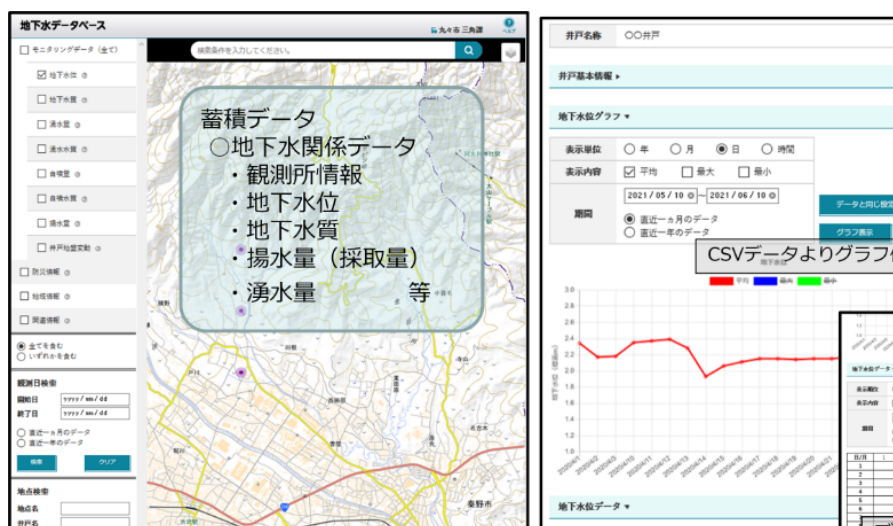
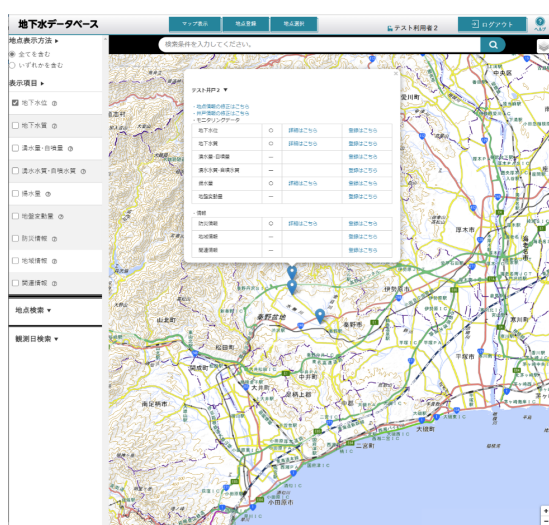
- 41) Pereira, H. C., Ullberg, M., Kleja, D. B., Gustafsson, J. P. and Ahrens, J., “Sorption of perfluoroalkyl substances (PFASs) to an organic soil horizon e Effect of cation composition and pH”, *Chemosphere*, Vol. 207, pp. 183–191, 2018.
- 42) Tang, C. Y., Fu, Q. S., Gao, D., Criddle, C. S. and Leckie, J. O., “Effect of solution chemistry on the adsorption of perfluorooctane sulfonate onto mineral surfaces”, *Water Research*, Vol. 44, pp. 2654–2662, 2010.
- 43) Uwayezu, J. N., Yeung, L. W. Y., Backstrom, M., “Sorption of PFOS isomers on goethite as a function of pH, dissolved organic matter (humic and fulvic acid) and sulfate”, *Chemosphere*, Vol. 233, pp. 896–904, 2019.
- 44) Wang, F., Liu, C. and Shih, K., “Adsorption behavior of perfluorooctanesulfonate (PFOS) and perfluorooctanoate (PFOA) on boehmite”, *Chemosphere*, Vol. 89, pp. 1009–1014, 2012.
- 45) Wei, C., Song, X., Wang, Q. and Hu, Z., “Sorption kinetics, isotherms and mechanisms of PFOS on soils with different physicochemical properties.” *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol. 142, pp. 40-50, 2017.
- 46) 吉村比呂, 岡田雄臣, 高井敦史, 加藤智大, 雪岡 聖, 田中周平, 保高徹生, 勝見 武 : 日本固有の土への PFOS の吸着特性評価, *材料*, Vol. 73, Vo. 1, pp. 64-69, 2024.
- 47) Brusseau, M. L., Khan, N., Wang, Y., Yan, N., Glubt, S. V. and Carroll, K. C., “Nonideal Transport and Extended Elution Tailing of PFOS in Soil”, *Environmental Science and Technology*, Vol. 53, pp. 10654–10664, 2019.
- 48) Wang, Y., Khan, N., Huang, D., Carroll, K.C. and Brusseau, M.L., “Transport of PFOS in aquifer sediment: Transport behavior and a distributed-sorption model.” *Science of the Total Environment*, Vol. 779, 146444, 2021.
- 49) McCleaf, P., Englund, S., Östlund, A., Lindegren, K., Wiberg, K. and Ahrens, L., “Removal efficiency of multiple poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs) in drinking water using granular activated carbon (GAC) and anion exchange (AE) column tests.” *Water Research*, Vol. 120, pp. 77-87, 2017.
- 50) Aly, Y.H., McInnis, D.P., Lombardo, S.M., Arnold, W.A., Pennell, K.D., Hatton, J. and Simcik, M.F., “Enhanced adsorption of perfluoro alkyl substances for in situ remediation.” *Environmental Science: Water Research and Technology*, Vol. 11, 2019.
- 51) Park, M., Wu, S., Lopez, I.J., Chang, J.Y., Karanfil, T. and Snyder, S.A., “Adsorption of perfluoroalkyl substances (PFAS) in groundwater by granular activated carbons: Roles of hydrophobicity of PFAS and carbon characteristics”, Vol. 170, 115364, 2020.
- 52) Niarchos, G., Ahrens, L., Kleja, D.B. and Fagerlund, F., “Per- and polyfluoroalkyl substance (PFAS) retention by colloidal activated carbon (CAC) using dynamic column experiments.” *Environmental Pollution*, Vol. 308, 119667, 2022.

3. 地下水・地盤環境トピックス

(1) 地下水データベース

地下水マネジメント推進プラットフォームのホームページでは、国・地方公共団体等が収集・整理する地下水位、地下水質、採取量及びこれらに関する観測所情報等のデータを相互に活用するための地下水データベースが構築され、2023年6月に公表されました。当面の運用、申請は、地方公共団体に限られています。

地下水データベースでは、「地下水位」、「地下水質」、「地盤変動」、「揚水量」といった基礎情報、および「地域の名水・湧水」や「防災井戸」等の関連情報をマップ上に地点登録し、地下水関係者間における情報共有や、地域への情報提供に活用することができます。環境学習の教材等としてのグラフ化機能の活用、観光マップとしての地域情報画面の利用、また、利用データをエクスポートして地下水解析の参考資料とするなど、幅広く活用できます。



参考：

内閣官房水循環政策本部「地下水マネジメント推進プラットフォーム」
<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gmpp/guide/reports/report.html>

(2) 関連学会誌

○日本地下水学会誌

日本地下水学会が発行する「地下水学会誌」の2023年の掲載内容を紹介します。地下水学会誌のバックナンバーは、J-STAGE (Japan Science and Technology Information Aggregator, Electronic: 科学技術情報発信・流通総合システム) で公開されていますので、ご参照ください。

【2023年2月第65巻第1号】

巻頭言

若手育成のための Early Exposure (榊原厚一)

特集「土砂災害と地下水」

まえがき (竹内真司)

論説

2021年に熱海市で発生した盛り土の崩壊により土石流を生じた原因の考察 (安田進)

宅地崩壊と地下水 (釜井俊孝)

資料

大規模地すべり地での地下水挙動と地すべり対策のための調査 (檜垣大助)

論文

環境トレーサー分析と物質移行解析を用いた都市域における大気 SF₆ 濃度の時間変化の復元
(柏谷公希・堀太至・山本駿・多田洋平・裕隆太・小池克明)

石油系炭化水素を対象とした発光バクテリアを用いた簡易土壌汚染評価手法の開発 5

—アルカン混合成分に関する急性毒性評価— (杉田創・駒井武)

技術報告

山地源流域における湧水中の六フッ化硫黄濃度の長期変動

(長野倭介・辻村真貴・恩田裕一・岩上翔・榊原厚一・浅井和由)

訪問記

名水を訪ねて (140) 埼玉県の名水 (島野安雄・藪崎志穂)

【2023年5月第65巻第2号】

論文

多孔質体の熱物性が固相と液相間の熱平衡・熱非平衡下の熱輸送に与える影響

(万代俊之・濱本昌一郎・RAU Gabriel C・小松登志子・西村拓)

資料

水循環基本計画の一部見直しについて (伴尚志)

地下水を語る

私の発想の原点 —地下水研究を始めたばかりの研究者に向けて— (中屋真司)

訪問記

名水を訪ねて (141) 南九州の名水

(利部慎・小嶋紳介・石橋未来)

【2023年8月第65巻第3号】

巻頭言

地下水研究コミュニティのさらなる発展に向けて

(杉田文)

論説

不均一な土中の溶質移動と動相不動相モデル

(取出伸夫)

論文

2016年熊本地震後の湧水の金属成分の挙動

(前田敏孝・細野高啓・木庭亮一・渡邊和博・本田智宣・鍋田亜由美)

蛍光染料の濃度低下メカニズムの解明と濃度低下に対する対処方法の提案

(杉山歩・中田弘太郎・長谷川琢磨)

越後平野 G 1 層中の地下水流動と水質形成

(町田功・坂東和郎・藤野丈志・五十石浩介・野内冴希・小西雄二・井川怜欧・松本親樹

・バトデンベレル バヤンズル・福本幸一郎)

短報

北アルプス東麓の長野県葛温泉水の同位体・化学組成とその湧出機構

(岩竹要・二口克人・山本慎介)

地下水を語る

地下水研究から社会を学ぶ

(益田晴恵)

訪問記

名水を訪ねて (142) 奈良盆地とその周辺の名水

(藪崎志穂・島野安雄)

【2023年11月第65巻第4号】

特集「トンネルと地下水」

巻頭言

(竹内真司)

技術報告

瑞浪超深地層研究坑道掘削における湧水抑制対策

(見掛信一郎)

福岡市地下鉄七隈線トンネル陥没事故における地下水の変化と事故後の対応

(三谷泰浩)

中央新幹線の土被りトンネル掘削時における地質、地下水状況と施工上の対応

(佐藤岳史)

技術報告

比貯留係数 S_s の文献値に関する考察

(進士喜英・小松満)

訪問記

名水を訪ねて (143) 甲州市の名水

(中村高志)

○地盤工学会誌

【2023年9月号 Vol.71 No.9 Ser.No.788】

環境問題と地盤工学

総説

環境問題と地盤工学 (勝見 武)

報告

乱れの少ない自然地盤試料の多段階カラム試験による重金属等の吸着脱着
ー自然由来重金属等含有建設発生土の盛土設計に向けてー (打木弘一)

報告

失敗せずに土壌の分配係数を導出できるバッチ吸着試験方法の提案 (三浦拓也)

報告

粘土の物理化学特性に及ぼす温度の効果
(小河篤史・高井敦史・肴倉宏史)

報告

自然由来重金属等を含有する掘削土の利活用を見据えた検討
ー西大阪地域に分布する沖積粘土層を例としてー (伊藤浩子)

報告

微生物DNA情報から深部地下環境を評価するための分析手法の体系化 (杉山歩)

報告

数値解析を用いた油汚染土壌のバイオパイル処理における盛土内部酸素濃度の推定
(河村大樹・石森洋行)

報告

原位置不溶化处理地盤における汚染物質の挙動評価
(日野良太・三浦俊彦・福武健一・西田憲司・森下智貴・日笠山徹巳・江草伸之)

報告

地盤環境中における1,4-ジオキサン挙動特性に関する実験的考察 (中島誠)

報告

複合リサイクル材料によるふっ素・六価クロム・カドミウム・鉛の不溶化 (蓬萊秀人)

報告

事故由来放射性物質含有土に対する湿式分級の有効性 (高畑修)

【2023年12月号 Vol.71 No.12 Ser.No.791】

地盤汚染対策の信頼性向上と合理化に向けて

総説

地盤環境汚染対策の合理化に向けて

(乾徹)

論説

科学的合理性の高い溶出源評価の古くて新しい考え方

(肴倉宏史)

論説

人為由来の地下水汚染リスク評価の課題

(中島誠・鈴木弘明)

論説

地盤環境問題におけるリスク認知と価値観の移り変わり

議論の記録と実務的課題の共有に向けて

(渡邊保貴・龍原毅・小澤一喜・大塚義一)

報告

再生資材の環境安全性評価試験の現状と課題

(加藤雅彦・乾徹・肴倉宏史)

報告

上向流カラム通水試験の国際・国内標準化とその活用

(保高徹生・藤川拓朗・肴倉宏史)

報告

長期安定性評価のための還元条件・乾湿繰返し暴露を考慮した溶出試験案

(小川翔平・加藤雄大・加藤雅彦・肴倉宏史)

報告

地盤汚染対策の信頼性向上と合理化に向けて

自然由来重金属等を含む掘削土を活用した対策盛土とそのモニタリング (門間聖子)

報告

建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応

“自然由来マニュアル”の改定

(品川俊介)

報告

吸着層工法に適用する吸着層材料の性能評価方法

(井本由香利・保高徹生)

○廃棄物資源循環学会誌

【2023年7月第34巻第4号】

巻頭言

放射能で汚染された廃棄物の処分と資源循環について思う (米田稔)

特集「建設分野における土資源の健全な循環にむけて」

土について (勝見武)

建設発生土等の有効利用にかかわる現状と課題 (金井仁志)

循環資材の環境安全品質評価方法の動向と課題 (肴倉宏史)

建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアルの改訂 (品川俊介)

盛土規制法等による建設発生土の扱いに関する規制と今後の展望 (高野昇)

建設汚泥のリサイクル活性化に向けた取り組みと課題 (野口真一)

令和5年度廃棄物資源循環学会・春の研究討論会

総括報告, 企画セミナー報告

会議報告

2023年度春の韓国学会 (KSWM) 共催報告 (河井紘輔, 浅利美鈴)

環境省・廃棄物資源循環学会共催セミナー報告

[環境研究総合推進費 SII-6 セミナー] 水銀に関する水俣条約の有効性を考える
—— 条約発効5周年を機に —— (日下部 武敏)

支部特集/支部だより

支部だより: 北海道支部「第33回研究発表会・見学会」開催報告

(4) 関連学会等の主な行事カレンダー

日時	主催	イベント名	開催場所
2024年5月25日(土)	公益社団法人日本地下水学会	日本地下水学会2024年春季講演会	オンライン 東京(日本大学文理学部)
2024年5月26日(日)～31日(金)	公益社団法人日本地球惑星科学連合	JpGU 日本地球惑星科学連合2024大会	オンライン 千葉(幕張メッセ)
2024年6月13日(木)～14日(金)	一般社団法人廃棄物資源循環学会(主管学会)、公益社団法人地盤工学会、公益社団法人日本地下水学会、公益社団法人日本水環境学会、一般社団法人土壌環境センター	第29回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会	山形県 (山形テルサ)
2024年7月23日(火)～25日(木)	公益社団法人地盤工学会	第59回地盤工学研究発表会	北海道旭川市 一部オンライン配信有
2024年9月2日(月)～6日(金)	公益社団法人土木学会	令和6年度土木学会全国大会	宮城(東北大学ほか)
2024年9月10日(火)～9月13日(金)	公益社団法人農業農村工学会	2024年度(第73回)農業農村工学会大会講演会	青森(弘前大学)
2023年9月11日(水)～13日(金)	公益社団法人日本水環境学会	第27回日本水環境学会シンポジウム	盛岡
2024年10月17日(木)～19日(土)	公益社団法人日本地下水学会	日本地下水学会2024年秋季講演会	新潟(アオーレ長岡:予定)
2024年11月29日(金)	公益社団法人地盤工学会関西支部・地下水地盤環境に関する研究協議会	Kansai Geo-Symposium 2024 —地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム—	大阪(関西大学)
2025年3月17日(月)～19日(水)	公益社団法人日本水環境学会	第59回日本水環境学会年会	札幌

4. 関連書籍の販売・編集後記

下記のシンポジウム論文集は、在庫がございます。古い論文集等は平成23年度より価格を改定いたしておりますが、残部わずかの場合もございますので、ご購入される際にはお早めにお申込みください。

◆シンポジウム発表論文集 (送料別)	会員価格(単価)
Kansai Geo-Symposium 2022 (CD-ROM) —地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム—	1,500円 (送料別)
Kansai Geo-Symposium 2021 (CD-ROM) —地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム—	1,500円 (送料別)
Kansai Geo-Symposium 2020 (CD-ROM) —地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム—	1,500円 (送料別)
Kansai Geo-Symposium 2019 (CD-ROM) —地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム—	1,500円 (送料別)
Kansai Geo-Symposium 2018 (CD-ROM) —地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム—	1,500円 (送料別)
Kansai Geo-Symposium 2017 (CD-ROM) —地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム—	1,500円 (送料別)
Kansai Geo-Symposium 2016 (CD-ROM) —地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム—	1,500円 (送料別)
Kansai Geo-Symposium 2015 (CD-ROM) —地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム—	1,500円 (送料別)
Kansai Geo-Symposium 2014 (CD-ROM) —地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム—	1,500円 (送料別)
Kansai Geo-Symposium 2013 —地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム—	2,000円 (送料別)
シンポジウム2012 (CD-ROM) —巨大災害と地下水・地盤環境—東日本大震災を教訓として—	2,000円 (送料別)
シンポジウム2011 (CD-ROM) —水環境の保全と育水—	2,000円 (送料別)
シンポジウム2010 (CD-ROM) —水の都における水環境・水資源と安心快適社会—	2,000円 (送料別)
シンポジウム2009 —安心快適社会・地球温暖化・地下水—	2,000円 (")
シンポジウム2008 —地盤環境の保全—	2,000円 (")
シンポジウム2007—流域圏の水循環再生と地下水利用—	1,000円 (")
シンポジウム2005—地下水の有効利用と諸問題—	1,000円 (")
シンポジウム2004—地下水の涵養と流動保全—	1,000円 (")
シンポジウム2003	1,000円 (")
シンポジウム2002—大都市の地下水問題—	1,000円 (")
シンポジウム2001	1,000円 (")
シンポジウム2000	1,000円 (")
シンポジウム'99—地下水の流動保全と地下水環境—	1,000円 (")
シンポジウム'98—地下水の流動保全と環境問題—	1,000円 (")
シンポジウム'97—地下水に関する予測と実際—	1,000円 (")
シンポジウム'96—地下水に係わる環境問題—	1,000円 (")
シンポジウム'95—地下水に係わる諸問題と対策—	1,000円 (")
シンポジウム'94—地下水の挙動と水質問題—	1,000円 (")

【申込方法】

ご希望の書籍名、冊数、お届け先等をご記入の上、Fax 又は E-mail にて、地下水地盤環境に関する研究協議会 事務局までお申し込みください。

◆◆◆◆ 編集後記 ◆◆◆◆

会員の皆様には、平素より本研究協議会の活動に対し格別のご支援・ご協力を賜り心から御礼申し上げます。

「地下水・地盤環境に関するお知らせ」は、当協議会の活動報告をはじめとして、会員の皆様から寄せられました会員情報などの掲載を通じて、会員相互の情報交換や交流を行う場としております。また近

年は、会員の皆様には本誌をメール配信させていただき、ホームページ上で内容を公開いたしております。今後とも、当協議会が社会に対して広く情報を発信し、活動していくことを祈念いたします。

また、*Kansai Geo-Symposium 2023* では、祝日開催にも関わらず多くの皆様にご参加いただき誠にありがとうございました。ほぼコロナ禍の前と同様の内容で開催することができ、4年ぶりにポスターセッション・コーヒープレイクも復活しました。会場は大いに盛り上がり、活発なディスカッションや交流をしていただくことができました。

会員の皆様には、会員専用ページから地下水位・水質データや過去の刊行物（非売品）をダウンロードしていただけます。ログインIDとパスワードは、下記事務局までお問い合わせください。次年度も会員の皆様に様々な情報をご提供できるよう努めてまいる所存です。そのためには、幅広い分野でご活躍されている会員の皆様のご協力が不可欠でございます。今後とも様々な側面からのご支援いただきたく、何卒よろしくお願い申し上げます。また対外的にも本協議会の存在を積極的に周知していただき、会員の増員にご協力いただければ幸いに存じます。

最後になりましたが、ここで紙面をお借りしまして、情報をご提供いただきました皆様方には改めて御礼申し上げます。なお、掲載情報のご提供は随時受け付けておりますので、研究成果や技術情報、地下水・地盤に関する業界の動向等、皆様のご投稿をお待ちしております。本誌が会員相互の情報交換や交流にあたって有効活用されるよう、周辺の方々にもご閲覧いただけましたら幸いです。

本研究協議会の活動について、ご意見ご要望等がございましたら、下記事務局までご連絡ください。



地下水地盤環境に関する研究協議会 事務局
大阪府中央区大手前 2-1-2

国民會館大阪城ビル 6階

(一財) GRI財団 内

Tel : 06-6941-8833 Fax : 06-6941-8883

E-mail : gwjim@geor.or.jp