

 JWRC 水道ホットニュース	<p>(公財)水道技術研究センター 〒112-0004 東京都文京区後楽2-3-28 K. I. S 飯田橋ビル 7F TEL 03-5805-0264, FAX 03-5805-0265 E-mail jwrchot@jwrc-net.or.jp URL https://www.jwrc-net.or.jp</p>
---	--

米国バーモント州の「PFAS 処理技術文書」について (その3)

PFAS 処理技術文書(仮訳)

バーモント天然資源庁環境保全局

2024年8月

3.4 粒状活性炭 (GAC) と陰イオン交換 (AIX) の比較

3.4.1 GAC

GAC は、PFAS 分子全体が GAC 媒体の表面に結合する吸着プロセスを通じて PFAS をうまく除去する。炭素を活性化する過程で、細孔径が大きくなり、化合物が吸着できる内部表面積が増加する。GAC 媒体は、瀝青炭、木材、褐炭、ヤシ殻など、様々な炭素質材料から得られる。これらの異なる GAC 製品の性能は、対象とする有機汚染物質、EBCT、水理的負荷率、流入水の水質、床(ベッド)を通過する水の流量など、いくつかの要因によって吸着容量が大きく異なることがある(Rahman et al.)ほとんどの炭素質材料は、PFAS 吸着に有効であることが証明されているが、バーモント州の PFAS 処理用途の大部分には瀝青質の GAC が利用されている。最近の研究では、瀝青質の GAC 媒体は、ココナッツベースの媒体のような非瀝青質や亜瀝青質の GAC よりも高い PFAS 吸着と除去を示すことが示されている(McNamara ら、2018、Medina ら、2022、Pannu ら、2023)。瀝青質の GAC は、PFAS 化合物が吸着部位にアクセスできるようにする大きな輸送細孔が存在するため、PFAS を吸着する能力が高いが、非瀝青質の GAC は、より多くの PFAS 吸着部位へのアクセスを制限することができる狭い細孔構造を含む(Liu et al.)。媒体性能は、Medina ら、2022 及び Pannu ら、2023 による最近の研究に基づく、瀝青質 GAC の間でも変化する可能性がある。例えば、Medina ら、2022 は、Calgon Carbon F400 は、PFOA や PFOS のような長鎖 PFAS に対してより高い吸着能力を示したが、Calgon Carbon F600 は、PFBS やペルフルオロヘキサン酸(PFHxA)のような短鎖 PFAS に対してより高い吸着能力を示した。さらに、原水に含まれる PFAS の種類も媒体の選択に影響する可能性がある。このことは、除去対象の汚染物質の特性と濃度を理解し、それが媒体の選択にどのように影響するかを評価する必要性を浮き彫りにしている。

3.4.2 AIX

PFAS 化合物に対する親和性が高く、飲料水中の PFAS を除去できる PFAS 選択性 AIX 樹脂が

市販されている。AIX 樹脂は合成ポリマープラスチックビーズ又はゲル材料で作られている。AIX 樹脂の表面は、負に帯電したイオン(典型的には塩化物、Cl⁻)を樹脂上の正に帯電した官能基と結合させた溶液中で化学的に活性化される。PFAS 化合物は通常、負に帯電した陰イオンの「ヘッド」を持ち、樹脂上の負に帯電したイオンと交換される。したがって、PFAS 化合物は樹脂表面のプラスに帯電した交換部位に付着したままとなる。PFAS 選択性樹脂は、イオン交換と吸着の二重除去プロセスを実施し、吸着のみを使用する処理技術と比較して PFAS 除去能力を向上させる(Woodard et al.)この交換プロセスは、樹脂材料が PFAS 化合物を除去するのに十分な交換部位を持たなくなるまで続く。処理能力は、硫酸塩や硝酸塩のような競合する陰イオンの濃度や、樹脂交換のために選択された特定の PFAS ブレークポイントに依存する。PFAS の影響を受けた地下水を処理するためのイオン交換(IX)と GAC の性能とライフサイクルコストを評価するパイロット試験を実施した GSI Environmental Inc.の研究では、PFOA のブレークスルーに対する評価では、IX 樹脂 PSR2 Plus が最も優れた性能を発揮することがわかった。しかし、この結果は、パイロット試験中にブレークスルーが見られなかったため、データの外挿に基づいている(GSI Environmental Inc., 2021 年)。

従来の AIX 汚染物質除去(硝酸塩除去など)では、濃塩化物溶液で樹脂をすすぐことで樹脂を再生することができる。しかし、飲料水用途の PFAS 除去に使用される市販の樹脂は、単回使用である(EPA、2024b)。

3.4.3 GAC 対 AIX

各技術にはそれぞれの限界があり、本格的な処理設備を設置する前に評価する必要がある重要な考慮事項がある。GAC を使用した PFAS の除去は、PFAS 汚染物質が媒体内の細孔表面に吸着される活性炭媒体の吸着特性に依存する。GAC は、原水の共存汚染物質の存在と濃度、PFAS の種類、及び利用可能な処理スペースによって、他の処理技術よりも優先される場合がある。GAC は一般的に有機化合物の処理に使用される。したがって、PFAS 除去に加えて、共存汚染物質除去の利点が追加される可能性があるが、これは非標的化合物の吸着により媒体寿命を低下させる可能性がある。しかし、PFAS 選択性 AIX 樹脂は、吸着とイオン交換という 2 つの形態の汚染物質除去を使用するため、GAC フィルターよりも少ない媒体で済み、設置面積が小さく、EBCT が短いため、媒体寿命が長くなり、長期的な運転維持費(O&M)が削減される。PFAS の種類と共存汚染物質の存在も、処理設備の選択に影響を与える可能性がある(すなわち、高レベルの TOC は、AIX 樹脂の寿命よりも GAC の媒体寿命に大きな影響を与える可能性がある;原水の陰イオンの存在は、AIX の媒体寿命に影響を与える可能性がある)。GAC と AIX の両方の除去効率は、PFAS 鎖長、官能基、異性体構造(分岐又は直鎖)により影響を受ける可能性がある(McCleaf ら、2017)。さらに、スルホン酸官能基を持つ PFAS は、カルボン酸官能基を持つものよりも高い除去効率を示す(McCleaf et al., 2017)。2023 年の Pannu らによる研究では、短鎖の PFAS とカルボン酸官能基は、長鎖の PFAS とスルホン酸官能基よりも速く分解することが示された。これは、短鎖の PFAS とカルボン酸官能基は GAC 媒体への吸着性が低いためである。GAC は、短鎖 PFAS よりも長鎖 PFAS をより効率的に除去する(Murry ら、2021 年)。GAC 媒体の寿命は、TOC が PFAS 化合物と吸着部位を競合するため、TOC の存在によって悪影響を受ける可能性がある(Pannu ら、2023)。これらのことを考慮すると、処理設備の選択と設計は、最も費用対効果の高い PFAS 低減代替案を決定するために、詳細(媒体寿命、前処理法の選択など)にわたって正当性が示されなければならない。

媒体寿命を比較するために、EPA は GAC と AIX のベッド寿命式(bed life equations)を策定した(<https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-04/2024-pfas-tech-cost-final-508.pdf>)。ベッド寿命とは、ある技術が有効であり続け、目標とする除去効率を維持できる時間のことである。ベッド寿命とは、媒体が吸着化合物で飽和し、目標成分を効果的に除去できなくなるまでの時間である。これは、日数、月数、又は処理ベッド量(床容積)で表すことができる。GAC ベッド寿命式について、EPA は、既存のベッド寿命データ、複数の PFAS 化合物、測定

TOC 又は溶存有機物(DOC)、及び容器当たりの EBCT が 10 分である、6 件の査読済み出版物からデータをまとめた。PFAS 樹脂を使用する AIX の実規模床寿命データが入手できなかったため、EPA は、AIX の床寿命式について、Zeng ら(2020 年)の迅速小規模カラム試験(RSSCT)データを使用した。このデータを用いて、EPA は、重回帰を用いてモデルを作成し、その結果 GAC 及び AIX に関する PFAS 化合物固有の床寿命式を得た。これらの床寿命式は、潜在的媒体寿命の大まかな評価として使用することができるが、限界があり、現場固有の工学的分析やパイロット試験に取って代わるものと想定すべきではない。いくつかの仮定がなされており、方程式は、媒体の汚損、他の競合汚染物質の存在、フィルターを通るピーク需要の変動、又は平均日需要(媒体の寿命推定に使用、及び EBCT の違い)のような要因を考慮していない。従って、ベッド寿命方程式は、ベッド寿命を高く見積もる結果になるかもしれない。しかし、このような限界にもかかわらず、ベッド寿命計算は、パイロット試験又は他の方法の代わりに、代替案分析の一部として、サイト固有の水質組成に基づいて GAC と AIX を比較するのに有用であろう。

さらに、GAC 及び AIX の処理コストを推計するために、浄水処理技術単位コストモデルが利用可能である (<https://www.epa.gov/sdwa/drinking-water-treatment-technology-unit-cost-models>)。EPA は、国の規制遵守費用を推計する目的でこれらのモデルを策定した。しかし、これらのモデルは、十分な配慮がなされる場合には、他の用途にも使用することができる。これらのモデルは、関連するコストデータ、サイト固有の設計構成、及び運転条件で調整した場合に、システムのサイト固有の処理費用の予備的推定値を作成する際に使用することができる。モデルには仮定とデフォルト値がプログラムされているが、水道システムの条件、設計仮定、及びその他の水道システム固有の要因に基づいて、GAC と AIX 処理コストの相対比較に使用できる。

これらのベッド寿命方程式及びコストモデルは、文書の代替案分析の一部として計画文書に提出されるか、又は規則の付属書 A、サブパート 1.2.3 を満たすための建設許可申請の一部として提出することができる。GAC を使用して PFAS を処理することを提案する水道システムは、規則の付録 A、サブパート 4.11.1 の要件を満たす代替分析を建設許可申請書に含めなければならない。コストモデル、非金銭的要因、及びその他の提出資料が、選択された代替案の十分な正当性を示さない場合、飲料水・地下水保護課は、パイロット、RSSCT、又は他のタイプのサイト固有の技術的正当性など、追加の正当性を要求することがある。

3.5 パイロット試験

処理設備の有効性は、処理される水、PFAS の種類、媒体の種類、EBCT、処理設備を通過するピーク流量、及び処理施設を通過する流量の一貫性によって影響を受ける可能性がある。ラボ試験及び／又はパイロット試験の実施は、サイト固有の水質及び運転条件による、異なる処理技術又は媒体タイプの有効性の評価に役立ち、前処理が必要かどうかを決定することができる。さらに、これらの試験により、本格的な処理設備への投資を行う前に、設計に対する潜在的な未知の影響を特定することができる。試験により、媒体の交換頻度や実際のライフサイクルコスト、維持管理コストの推定について、よりよく理解することができる。

水中の他の化合物が効果的な GAC 処理の妨げとなる可能性がある場合、GAC 処理の適用案について、天然資源庁長官からパイロット試験が要求される場合がある(規則の付録 A パート 4)。規則に記載されている処理設備の技術的設計基準を満たすことができない場合は、適切な処理を選択できるように他の選択肢を検討する必要がある場合がある。パイロット試験には、原水の水質が類似している類似システムのパイロット試験のレビューから、フルスケールのパイロットシステムの構築と評価まで、様々なものがある。

現在、バーモント州では、GAC が PFAS 除去に使用されている唯一の処理技術である。飲料水・地下水保護課は、AIX やその他の新技術の導入を選択した水道システムに対し、本格的なパイロットテストを要求する場合がある。

3.6 コスト評価

計画段階では、処理施設の設置及びライフサイクルコストを評価するコスト見積もりを完了しなければならない。各実現可能な代替案のコスト見積もりは、プロジェクトに関連する以下のコスト(建設、非建設、年間の維持管理コスト)の内訳を含めて評価されなければならない。建設予備費は非建設費として含めるべきである。技術的に実現可能な各代替案の説明には、コストの見積もりも含めなければならない。維持管理コストには、各代替案の値だけではなく、維持管理のカテゴリー別の大まかな内訳を含めるべきである。維持管理コストの見積もりには、次の内容を含めるべきである。

- 処理によって、水道システムが現在のオペレーターよりも高いクラスのオペレーターを得る必要がある場合の person 費(すなわち、給与、福利厚生、給与税、保険、研修)。
- エネルギーコスト(燃料費及び/又は電気代)
- プロセス薬品
- モニタリングとテスト
- 短期資産のメンテナンス/交換
- 専門サービス
- 残留物処理
- その他

受益者の会計士やその他の既知の技術サービス・プロバイダーなど、他の情報源から得た情報も、この評価の作成に役立てることができる。

技術的に実行可能な代替案を比較するため、ライフサイクル現在価値コスト分析(代替案の比較のために現在と将来のコストを評価する工学経済学的手法)を完了しなければならない。解決策を計画する際に検討された実現可能な代替案は、全てライフサイクルコスト分析に含めなければならない。予想されるコストを理由に代替案を除外してはならない。ライフサイクルコスト分析により、代替案が許容可能なコストであるかどうかを示させること。この分析は、以下の要件を満たすものとし、技術的に実行可能な代替案ごとに繰り返すものとする。

- 1.分析では、全てのコストを現在のドルに換算すべきである。
- 2.使用する計画期間は 20 年とすることが推奨される。
3. 使用される割引率は、OMB 回覧 A-94 の付録 C から取得され、(www.whitehouse.gov/omb/circulars/a094/a94 appx-c.html) で参照できる「実際の」割引率とすべきである。
- 4.総資本コスト(建設費+非建設費)を含めなければならない。
- 5.年間維持管理コストは、一様系列現在価値(USPW)計算を用いて現在のドルに換算しなければならない。
6. 技術的に実現可能な各代替案について、正味現在価値(NPV)は、資本コスト(C)と、年間維持管理(USPW(O&M))費用の均一系列の現在価値の合計から、残存価値(SPPW(S))の単一支払い現在価値を差し引いたものとして計算される。すなわち、 $NPV = C + USPW(O\&M) - SPPW(S)$ である。
- 7.資本コスト、年間維持管理コスト、それぞれの現在価値、NPV を示す表を作成しなければならない。使用される全ての係数(主要な及び副次的な構成要素)、割引率、及び計画期間を表に示さなければならない。

ない。

8. コンサルティングエンジニア又は飲料水・地下水保護課によって適切であると判断された場合、短期資産コスト(例については、米国農務省(USDA)農村公益事業サービス速報 1780-2 の付録 A を参照)もライフサイクルコスト分析に含めなければならない。短期資産のライフサイクルは、建設中の設備に合わせて調整し、一般に受け入れられている設計寿命に基づくべきである。システム内の様々な機能には、様々なライフサイクルがある場合がある。

3.6.1 維持管理コスト

処理設備を検討する場合、連邦政府の資金援助が設置に利用できるかもしれないが、継続的な維持管理コストは水道システムの責任となる。したがって、維持管理コストの評価は、水道システムが選択した代替案に関連する継続的なコストを認識するために重要である。例えば、GAC は資本コストが安いかもしれないが、媒体の交換頻度が高いため、長期的な維持管理コストが高くなる可能性がある。一方、AIX は資本コストが高いかもしれないが、樹脂の交換頻度が低いため、長期的な維持管理コストが低くなる可能性がある。

試験済み又はパイロットデータから得られた対象 PFAS 化合物のブレイクスルー曲線は、実際の処理水質、選択した媒体の性能、媒体単価、及び予想される交換頻度を考慮することにより、処理設備のライフサイクルコストに情報を提供する。Murray ら(2021 年)では、GAC と AIX の処理技術の吸着能力を比較するベンチスケールカラム試験を実施し、PFAS のブレイクスルーと予想される交換頻度を考慮して、平準化された媒体コストを評価した。AIX は、GAC よりも平均媒体単価が高いにもかかわらず、より費用対効果の高い吸着剤であった。これは、AIX の吸着能力が高く、媒体交換の頻度が少ないためである。2022 年に Medina らによって実施された研究では、異なる処理技術に関するパイロットデータに基づく予測単位水処理コストは、代替吸着剤が最も低く、次いで AIX、そして GAC の順であった。これらの評価にもかかわらず、処理コストの評価は、サイト固有の水質とインフラのニーズを考慮し、個々の水道システムベースで取り扱うべきである。

EPA の耐用年数方程式と費用モデルは、現場固有の条件をすることにより、GAC 対 AIX の O&M 費用を評価するのに役立つが、最終的なライフサイクルコストは、実際に観測された媒体寿命、媒体廃棄費用及びロジスティクスなどの変化に基づいて変わることを認識することが重要である。

水道システムが処理設備を運用・維持することが可能であるかどうかを判断するためには、処理にかかる継続的な維持管理コスト(例えば、媒体交換戦略や残留物処理)を理解することが重要である。使用済み PFAS 含有処理残渣(すなわち、使用済み GAC 媒体又は単回使用 AIX 樹脂など)の管理及びコストは、水道システムの選択した代替案に影響を及ぼす可能性があるため、コスト評価において考慮されなければならない。PFAS 残留物の処分費用は、セクション 3.7 で詳述されているように、物質の種類、媒体上の汚染物質の濃度、又は施設までの距離(すなわち、遠方の処分施設までの輸送費用は、地方ではより高くなる可能性がある)に基づいて、大きく異なる可能性がある。PFAS 残留物処分のコストは、需要と利用可能な選択肢の進展に基づいて、時間とともに変化する可能性がある。従って、該当する可能性のある処分施設から直接入手した、最近の正確な費用見積もりが提供されるべきである。さらに、予備技術報告書(PER)には、選択された代替案を説明するコスト評価が必要であり、処理残留物の処分方法の正確な説明を含めなければならない。この情報は、設計の承認に必要である。

3.7 GAC 媒体及び AIX 樹脂の処分

必然的に、GAC 媒体と AIX 樹脂は使い果たされ、使用済み材料は破壊又は処分される必要がある。2022 年 バ ー モ ン ト 州 有 害 廃 棄 物 リ ス ト

(<https://dec.vermont.gov/sites/dec/files/wmp/HazWaste/Documents/VHWMR%20Effective%20Feb%2001%2C%202022%20Complete%20Document.pdf>), では、PFOA と PFOS を 20ppt 以上の濃度で含む液体廃棄物は有害廃棄物とみなされる。ただし、2024 年 7 月以降は、PFAS の除去に使用された使用済み処理残渣には適用されない。さらに、これらの使用済み PFAS 含有物質の破壊と処分は、現在、連邦政府によって規制されていない。これらの PFAS 処理残渣が将来どのように扱われるかについては、規制上の不確実性がある。EPA は、放出の可能性が低く環境暴露を最小化し、環境への PFAS 放出を抑制する可能性が高い破壊又は処分方法を選択することを推奨している(EPA, 2024c)。商業的に利用可能な破壊・処分技術は、埋立、熱処理、地下注入である。

PFAS 処理残渣の取扱いには様々な手法があるが、これらの選択肢は使用済み物質の種類によって異なる。使用済み GAC の破壊/処分の選択肢は、埋立地での処分、再生、又は焼却である。埋立地での処分について、EPA は、廃棄物の PFAS 濃度が比較的高い場合、資源保全再生法(RCRA)サブタイトル C の埋立を推奨している。サブタイトル C の埋立は、廃棄物からの一部の PFAS の環境放出及び移行を最小化するため、最も厳しい環境管理が実施されている(EPA, 2024c)。現在バーモント州で操業している唯一の埋立地である NEWSVT 埋立地(Casella)は、PFAS を含む物質を扱う際の制約とプロトコルがあり、処分費用が高くなる可能性が高い。従って、埋立の選択肢は、PFAS 含有廃棄物を州外の施設に輸送することであろう。再生(GAC にのみ適用)は、吸着した PFAS 化学物質の熱破壊に高温を利用する確立された技術であり、その後、再生した炭素を飲料水以外の用途に使用することができる。バーモント州では、GAC 媒体はバージン GAC に適用される AWWA 基準 B604 に適合することが義務付けられている。熱処理の一種である焼却は、高温燃焼と焼却を使用して、有機物質と汚染物質を破壊し、制御する。しかし、PFAS 破壊用途における焼却については、この技術による破壊性能や副生成物の形成を評価するなど、より多くのデータが必要である。(EPA, 2024c)。

飲料水用途の PFAS 除去に使用される AIX 樹脂は、使い捨て(再生不可能)である。従って、使用済み樹脂の取扱いに利用できる選択肢は、埋立処分又は焼却処分である。AIX 樹脂の処分に関する EPA の推奨は、GAC と同様である。

焼却に関する不明点は、AIX 樹脂も同様である。しかし EPA は、単回使用の AIX 樹脂の AIX 処分は、焼却よりも安価である可能性があるとしている。PFAS 物質及び PFAS 含有物質の破壊及び処分に関する詳細情報が入手可能である(<https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-04/2024-interim-guidance-on-pfas-destruction-and-disposal.pdf>)。

現在までのところ、使用済み処理残渣の取扱いには様々な手法が存在している。GAC 処理は、これまでのところ、バーモント州の飲料水から PFAS を除去するために使用されている唯一の技術である(現在、AIX 樹脂を使用しているシステムはない)。現在、バーモント州の公共水道システムの使用済み媒体の処分を支援している業者は、Clear Water Filtration と Culligan の 2 社のみである。

Clear Water Filtration は、使用済み媒体の埋立処分に US Ecology と Absolute のサービスを利用している。廃棄物処理業者は使用済み媒体を処理し、州外の施設に輸送する。媒体が使用済みとなると、容器から真空吸引され、55 ガロンドラム缶に移される。いったん取り出された使用済み媒体は、媒体の PFAS 濃度を決定するために、EPA Method 1633 を用いて PFAS を分析しなければならない。濃度が 20ppt を超えると、処分費用が大幅に増加する可能性がある。使用済み媒体の PFAS 濃度がこの 20ppt の閾値を超える可能性は高いが、処分費用がどの程度増加するかの見積もりは現在のところ不明である。最終的な処分費用は、媒体の量と PFAS 濃度に左右されるため、費用評価には不確実性が伴う。

Culligan は、使用済み媒体の GAC 再生サービスについて、Calgon Carbon Corporation と直接契約を結んでいる。Calgon Carbon の再生サービスの契約を設定する際、Culligan は使用済みメ

ディアに潜在的に負荷されている水と汚染物質の特性を提供する。Culligan は、使用済み媒体をスーパーサック(約 40~50 立方フィート)に備蓄する。スーパーサック 3~4 袋が満杯になると、媒体を再生するため、貨物便で Calgon Carbon に送り返す。再生された活性炭は飲料水以外の工業プロセスに使用され、新しい GAC 媒体が浄水処理に使用される。使用済み媒体の処理に再生手法を用いることで、PFAS を含む媒体を埋立地に送ることを避け、環境放出の可能性を減らすことができる。

適切な処分戦略と実際のコストの徹底的な評価は、計画文書の一部として実施されなければならない。残留物処分戦略を評価する際に考慮すべきいくつかの点は、選択された媒体タイプ(例:GAC 対 AIX)、媒体の量、容器の交換又は使用済み媒体の真空除去、及び媒体交換手法(すなわち、両方の容器の媒体を交換するか、又はリード/ラグ切り替えを実施する)である。AIX は GAC よりも PFAS に対する能力が高いことが知られており、その結果、同様の処理目標を達成するために必要な樹脂の量は少なくなるが、使用済み媒体中の PFAS 濃度は高くなる可能性がある。さらに、異なる媒体タイプの交換頻度と選択された手法も考慮しなければならない。例えば、処理設備がリード/ラグ構成で設計されている場合、リード容器内の媒体は除去され、新しい媒体と交換される。ラグ容器は、現在ではリードとして運転されている。1つの容器からの媒体のみが交換されるので、これは本質的に媒体交換コストを半分に削減する。しかしながら、ラグ容器は現在リードの位置にあり、分配システムへの流入ポイントでのブレイクスルーがすでに発生している場合、両方の容器に新しい媒体がある場合と比較して、能力は減少するであろう。処分方法におけるこれらの違いを考慮し、計画文書には、選択されたシステムの設計と運用を表す処分コスト評価を含めなければならない。

(注) 「続き」は、今後の水道ホットニュースで紹介する予定である。

(作成) 理事長 安藤 茂

配信先変更のご連絡等について

「JWR C水道ホットニュース」配信先の変更・追加・停止、その他ご意見、ご要望等がございましたら、会員様名、担当者様名、所属名、連絡先電話番号をご記入の上、下記までEメールにてご連絡をお願いいたします。
〒112-0004 東京都文京区後楽2-3-28 K. I. S飯田橋ビル7F (公財)水道技術研究センター ホットニュース担当
E-MAIL : jwrchot@jwrc-net.or.jp

TEL 03-5805-0264 FAX 03-5805-0265

また、ご連絡いただいた個人情報は、当センターからのお知らせの配信業務以外には一切使用いたしません。

水道ホットニュースのバックナンバーについて

水道ホットニュースのバックナンバー(第58号以降)は、下記アドレスでご覧になれます。

バックナンバー一覧 <https://www.jwrc-net.or.jp/publication-outreach/hotnews/>

水道ホットニュースの引用・転載について

水道ホットニュースの引用・転載等を希望される方は、上記ホットニュース担当までご連絡をお願いいたします。なお、個別の企業・商品・技術等の広告にはご利用いただけません。