

一般財団法人 旭酒造記念財団

2024 年度 研究助成 報告書

雨水（あまみず）の積極的上水利用に向けた水質浄
化手引きの策定と水質管理アプリの開発

2024 年度 研究報告書

研究代表 中央大学 理工学部 人間総合理工学科

山村 寛

1. Introduction

地球温暖化に伴う海水温の上昇は、大気中の水蒸気量を増加させる一因と考えられている。その影響を受け、日本の年間降水量¹⁾はほぼ横ばいであるものの、1時間あたり100 mmを超える短時間強雨の発生回数は増加傾向にあり²⁾、降雨の局地化、集中化、激甚化が進行しつつある。これに伴い、水害の発生回数も増加傾向にある。年間の水害被害額³⁾の推移を見ると、平成30年7月豪雨（西日本豪雨）や令和元年東日本台風（台風19号）の影響で、2018年、2019年は被害額が突出しているが、それらの年を除いても、被害額は増加傾向を示している。

日本で発生する水害の中でも、特に被害規模が大きいのが洪水である。洪水は、市街地等の雨水を河川へ排出できずに生じる内水氾濫と、河川の水が堤防を越えたり、決壊させたりして氾濫する外水氾濫に分類される。近年、都市部において特に問題となっているのが内水氾濫であり、その被害の深刻さは東京都のデータ⁴⁾に示されている。1993年から2002年までの浸水被害のうち、内水氾濫による被害が80%を占めており、喫緊の対策が求められている。

内水氾濫に対するハード対策として、下水道施設の整備が挙げられる。下水道は、合流式と分流式に大別されるが、日本の都市部では合流式が広く採用されており、例えば東京都区部では、その総延長の約7割を占めている。合流式は施工が容易で建設コストを低く抑えられる一方で、降雨時の雨天時越流による水質汚濁や環境リスクが課題となっている⁵⁾。東京湾では、集中豪雨の際に、水浴場の水質基準を超える糞便性大腸菌群が検出された事例が報告されている⁶⁾。さらに、降雨が収まった後も菌群数が高い値を維持しており、放流された未処理下水が継続的に水質へ影響を及ぼしていることが推察される(図6)。

内水氾濫とそれに伴う水質汚濁という2つの課題に対応するためには、下水道への雨水流出を抑制する流域対策が河川改修などの対策と平行して重要となる。流域対策には、雨水浸透や雨水貯留があるが、用地確保や施工期間の観点から、特に都市部では迅速な整備が可能な雨水貯留が有効な手段となる。

雨水貯留方式は、大規模な移設で集中的に貯留するオフサイト貯留と、個々の敷地内で小規模に貯留するオンサイト貯留の導入が、最も合理的かつ現実的な選択肢である⁷⁾。

日本でオンサイト貯留の先進事例である東京墨田区では、区内801箇所、総容量26,780m³に及ぶ雨水タンクが設置されている。この施設は、理論上、東京都の豪雨対策目標(10mm/hr)の2割に相当する約2mmの降雨を抑制するポテンシャルを持つ⁸⁾。しかし、その効果はタ

ンクに空き容量があって初めて発揮されるものであり、利用が進まず、満水状態のままでは流出抑制は機能しない。

雨水利用が進まない根本的な原因は、衛生上の懸念と、それに根差した文化的・心理的な抵抗にある。第一に、貯留された雨水は、未処理のままでは飲用できず、実際に大腸菌が検出された報告例も存在する(村上, 2011)⁹⁾。第二に、たとえ安全性が確保されても、「雨水は汚い」という先入観が利用を妨げる。ある調査では、回答者の8割以上が雨水に否定的な印象を持ち、半数以上が飲用への抵抗感を示したという報告も存在する(近藤, 2022)¹⁰⁾。

このように、雨水タンクというハードウェアの普及だけでは、内水氾濫対策としては十分とは言えない。その治水ポテンシャルを最大限に引き出すためには、利用者の心理的障壁を乗り越え、雨水の積極的な利用を促す新たなアプローチが不可欠である。

以上の背景から、本研究は、雨水タンクによる流出抑制効果の最大化を目的とする。その実現には、利用者の心理的障壁と技術的な安全性の両面からのアプローチが不可欠である。この目的を達成するため、本稿では以下の3点を明らかにする。

- ① 雨水利用に対する心理的抵抗感の構造
- ② 貯留雨水を生活用水として利用する際のリスク
- ③ リスクを水道水質レベルにまで低減させる具体的な方策

これらを通じて、ハード対策（施設）とソフト対策（人の意識）を融合させた新しい雨水管理モデルを提示し、持続可能な都市の水環境構築に向けた実践的な知見を提供することが、本研究の意義である。

2. Material and Method

2. 1 心理的阻害要因の調査と分析

雨水利用に対する心理的阻害要因を特定するため、自由記述式のアンケート調査を実施した。調査対象は、2024年8月に開催された「雨水フェスティバル」の来場者121名である。調査手順として、まず参加者にUF膜処理水を試飲してもらい、その後「雨水に含まれているような有害物質」について自由記述させた。収集した回収データは、テキストマイニングソフト「KH Coder」による形態素解析の対象とし、特徴的な語句を抽出した。抽出された全語句は、その意味内容に応じて分類・集約され、最終的に4種類の心理的阻害因子に整理された。なお、この分類の妥当性は、第二著者によって検証された。

2. 2 雨水の水質評価とリスク因子の特定

本研究は、貯留雨水を水道水として利用する際の潜在的なリスクを評価するため、水質分析を実施した。分析項目は、HACH などの装置があれば、市民が簡易に測定可能な一般水質項目と、ICP-OES 等による高価な機器分析装置と訓練された技術者が必要な機器分析項目に分類した。

これらの測定結果を日本の水道水質基準と比較し、基準値を超過する項目をリスク因子として特定した。さらに、特定されたリスク因子のうち、金属類等の濃度を市民が容易に把握することを目的として、一般水質項目の測定値から推定する手法の構築も試みた。

呼称	指標	分析項目
一般水質項目	有機物指標	TOC（全有機炭素）、DOC（溶存有機炭素） UV254（紫外吸光度）、ABS600（可視光散乱度）
	栄養塩類	TN（全チッ素）、NO ₃ -N（硝酸態窒素）
	基本水質	SS（浮遊物質質量）、濁度、EC（電気伝導度）、pH、DO（溶存酸素）、ORP（酸化還元電位）
機器分析項目	金属濃度	Ca、Mg、Al、Cd、Cr、Zn、Pb、Na、B、Mn、Fe、Cu

2. 3 対象地域

本研究の対象地域は、雨水活用の先進地域である墨田区に設置されている 29 の公共の雨水タンクとした。29 箇所ある雨水タンクのうち、12 箇所は路地にある雨水タンク（路地尊）であり、管理は基本的に近隣の市民に委ねられている。一方で、残る 17 箇所は墨田区と東京都が利用、管理している雨水タンクとなる。路地尊の試料は、試料採取前に 20 回、手押しポンプを作動させることで、ポンプ内に滞留した水を排出した後に、共洗いした 250mL のポリプロピレン（PP）製瓶に採取した。区・都が管理するタンクからは、ポンプが設置されていないため、マンホールを空け、長柄の採水柄杓を使用して貯水槽から採水した。250 mL の PP 製瓶を同様に共洗いした後に、試料を採取した。試料採取は、タンクの種類に応じて以下の手順で実施した。採取した全ての試料は、分析まで 4℃で冷蔵保存した。

2. 4 水道水質基準項目 51 種類の分析

雨水の飲用利用における安全性をより詳細に評価するため、代表 5 試料について、水道

水質基準項目 51 項目に関する網羅的な分析を外部の専門機関（ユーロフィンアーステクノ）に委託した。

分析試料の採取にあたって、未処理の雨水は、水質分析と同様の方法で、対象とするタンクから約 20L 採取した。UF 膜ろ過した試料は、採取した原水のうちの半分を、孔径 100kDa の PAN 製 UF 中空糸膜を用いて膜ろ過処理することで準備した。これらの試料をクーラーボックスに入れ、外部の分析機関に冷蔵便で送付した。

3. Results and Discussion

3. 1 雨水利用を阻害する心理的要因

表 1 心理的阻害要因に分類された語句

ガス成分由来の大気汚染物質として抽出された語句	微粒子成分の大気汚染物質として抽出された語句	化学物質成分の大気汚染物質として抽出された語句	病原性微生物成分として抽出された語句
ガス 排気 大気 煙 窒素 N, NO2, SOX 硫黄	物質 ごみ ほこり チリ ほこる 埃 PM2.5 ゴミ プラスチック 黄砂 花粉 砂 泥	酸性 化学 酸 放射能 有害 スモッグ ダイオキシン 汚れ 工場 成分 PFAS くさい カドミウム 鉄 毒	菌 バクテリア 鳥 ウイルス カビ トリ 菌類 細菌 雑菌 糞

表 1 に、「雨水に含まれていそうな有害物質」についてアンケートに自由記述があった項目を示す。テキストマイニングの手法で分析した結果、雨水利用に対する心理的阻害要因として挙げられた語句は、①ガス由来の大気汚染物質、②微粒子由来の大気汚染物質、③化学物質由来の大気汚染物質および④病原性微生物の 4 種類のカテゴリーに大別された。各カテゴリーの出現回数を図 1 に示す。出現回数は、微粒子成分が最も多く、次いでガス成分、化学物質が続いた。全体的に、病原性微生物よりも化学物質に対する不安感が高いことが明らかになった。

これらのうち、1 番目および 2 番目に出現回数が多かった「ガス成分由来の大気汚染物質」と「微粒子成分の大気汚染物質」については、近年の東京都におけるディーゼル車規制等の効果により、大気中の NOx 濃度が 1997 年比で約 50%減少する¹¹⁾など、大気環

境は改善傾向にある。このことから、現在では大気由来のガス成分が雨水水質に与える影響は限定的と考えられる。また、「化学物質」に関しては、水道水質基準外の物質が挙げられている一方で、基準項目に該当する物質の出現頻度は低いことが明らかになった。これは、市民の化学物質に対する認知が多様であることを示唆しており、実際に雨水中の濃度等に関する情報を得た上で、更なる調査が必要と考える。以上の考察から、本研究では、出現頻度が最も高かった「微粒子由来の大気汚染物質 (PM2.5、黄砂など)」を雨水利用における最大の心理的阻害要因とした。

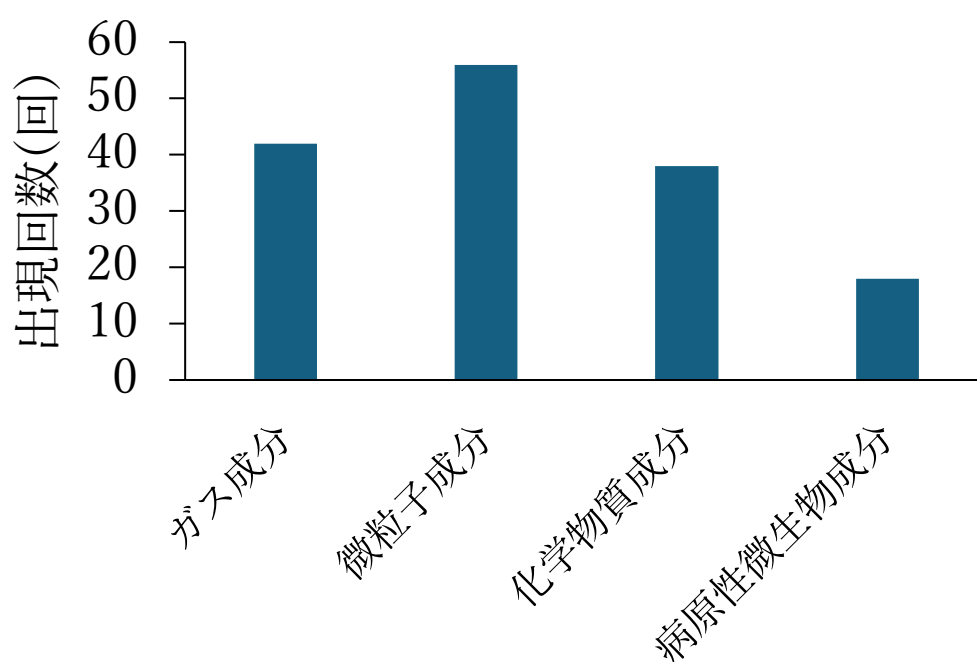


図 1. 飲用利用の心理的阻害因子ごとの出現回数

3. 2 雨水の水質評価とリスク因子の特定

前節で特定された心理的阻害要因である微粒子由来の大気汚染物質について、貯留された雨水への含有状況を検証すると共に、雨水を水道代替として飲用利用する際の潜在的风险を評価することを目的として、水質分析を実施した。墨田区と協議した結果、各貯水槽の水質情報およびタンク位置は、公表に伴って各自治組織へのリスクコミュニケーションが必要となることおよびセキュリティ上の観点から、本研究では全 29 地点を図 2 に示すようにコミュニティ毎に 8 つの区画に分け、各区画における測定値の

最大値を示すことで表現した。

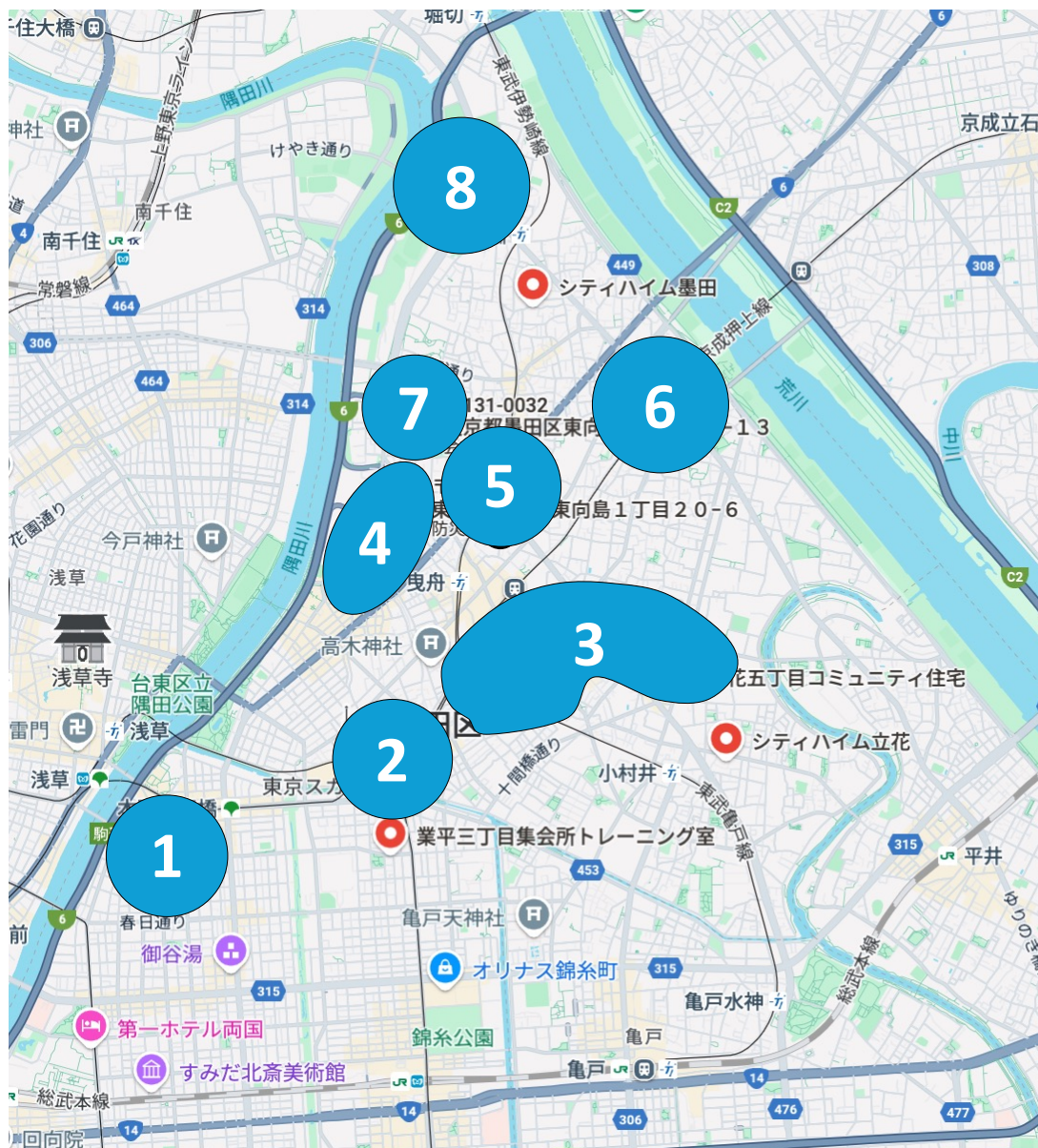


図 2. 8 区画に分類された雨水タンク群

3. 2. 1 一般水質項目の評価結果

図 3 に、タンクに貯留された雨水の溶存有機物濃度（DOC）を示す。DOCは水中の有機物汚染の指標であり、水道水質基準では3.0 mg/Lに定められている。浄水場では、水安全計画において、一般的に水質基準値の 50%を管理目標値として運用してい

る場合が多い。本調査では、全ての区画で水道水質基準値を満たしたものの、管理目標値にあたる 1.5mg/L を超える区画が複数存在した。

図 4 に、浮遊懸濁成分（SS）および濁度で示される懸濁性成分の含有量を示す。SS は主に味覚の観点から、濁度は衛生上の観点（消毒効果の阻害等）からそれぞれ水道水質基準値が設けられている。SS は全区画で基準値を満たし、おいしい水の指標とされる 30～200mg/L の範囲に概ね収まっていた。一方、濁度については、ろ過処理後の出口基準である 0.1 度を超過する区画が 5 つあり、飲用利用の際に、病原性微生物による健康リスクが懸念される箇所が存在することが示された。

図 5 に、硝酸性窒素（NO₃-N）濃度の含有量を示す。NO₃-N は、主に乳幼児でのメトヘモグロビン血症の観点から、水道水質基準値が 10.0 mg/L と定められている。本調査では、全区画で水道水質基準値を満たすことが明らかになった。一般的に、多くの研究において、大気汚染由来の NO₃-N による雨水汚染が報告されている一方で、本研究では、すべてのタンクで NO₃-N による汚染は観察されなかった。

図 6 に、タンク貯留された水の pH を示す。pH は配管腐食や消毒の観点から、水道水質基準において 5.8～8.6 の範囲に定められている。本調査では、4 区画で基準値の上限を超過することが明らかになった。超過したタンクを調査した結果、タンクがコンクリート製の場合に、pH が上昇することが明らかになった。この原因として、コンクリート中のセメントが雨水中に溶出することで、pH が上昇したと予想される¹²⁾。pH が 8.6 を超えた場合には、配管やタンクからの金属溶出や炊飯時の変色など、利用上の障害が危惧される。

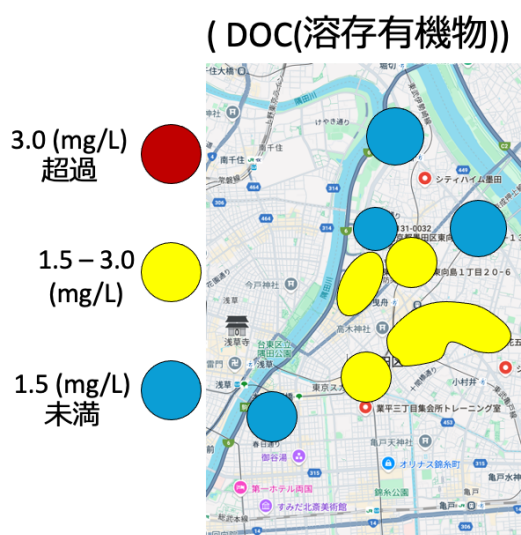


図 3. DOC のリスク評価

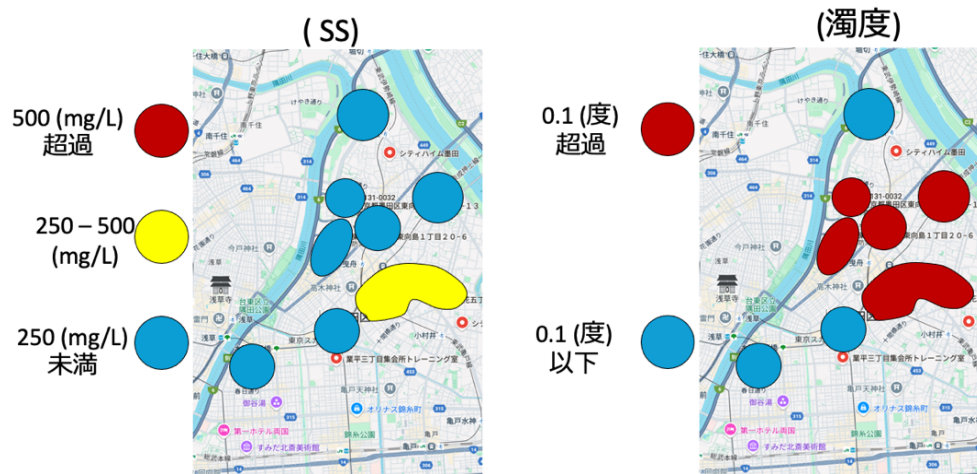


図 4. 懸濁性成分（SSおよび濁度）のリスク評価

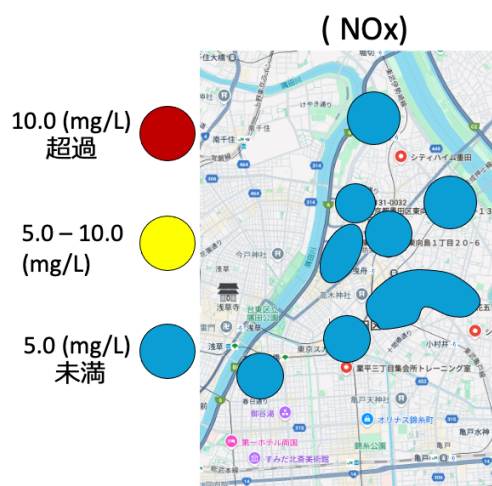


図 5. 硝酸態窒素のリスク評価

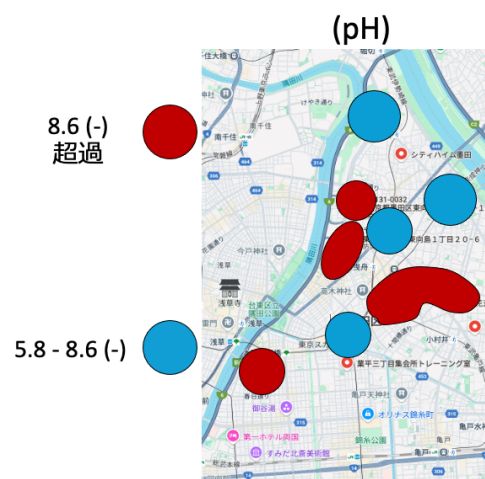


図 6. pH のリスク評価

3. 2. 2 機器分析項目の評価結果

図 7 に、雨水タンク水の硬度成分 (Ca および Mg) 濃度を示す。硬度成分が高い場合、石鹼の泡立ちを阻害するほか、水の味にも影響を与える。一般に、硬度が 10～100mg/L の範囲がおいしい水と定義されている。本水質検査では、全区画で水道水質基準を満たした。また、多くの試料がおいしい水の範囲内であったことから、味覚の観点でも雨水タンク水の評価は高く、洗濯等への利用にも適していることがわかる。

図 8 に、雨水タンク水のナトリウム (Na) 濃度を調査した結果を示す。Na は 200 mg/L を超えると水が塩水味になるため、味覚の観点から水道水質基準が定められている。本水質検査では、全区画で水道水質基準を満たしており、過去の研究で指摘されているように、雨水は水道水等と比較して、極めて総溶解固形物濃度 (TDS) が低いことが改めて示された。

図 9 に、雨水タンク水の鉄 (Fe) 濃度を調査した結果を示す。Fe は酸化した際に、濁りや赤水の原因となる。0.3 mg/L を超えた際に、洗濯物や衛生陶器にシミを付着させることがあるため、生活環境上の指標として水道水質基準に定められている。本研究では、全区画で基準値を満たしており、利用において鉄に起因する不都合は生じないことが明らかになった。

図 10 に、雨水タンク水の銅 (Cu) と亜鉛 (Zn) 濃度を調査した結果を示す。Cu および Zn は、水の味や色に影響を与える。亜鉛は 1mg/L を超えると水を白濁させ、銅は 1mg/L を超えると洗濯物等を青く着色することから、Fe と同様に、生活環境上の指標として水道水質基準に定められている。本研究では、両項目とも全区画で水道水質基準を満たしており、Cu および Zn に起因する異臭味や着色の懸念はないと考えられた。

図 11 に、雨水タンク水のマンガン (Mn) およびアルミニウム (Al) 濃度を調査した結果を示す。Mn および Al は濃度が高い場合に、それぞれ酸化マンガンを起因する黒水および水酸化アルミニウムに起因する白水の発生原因となることから、生活環境上の指標として、それぞれ 0.05 mg/L および 0.1 mg/L の水道水質基準が定められている。本研究では、Mn および Al が同じタンクで水道水質基準値を超過することが明らかになった。高濁度 (図 4) かつ高 pH (図 6) が観察されたタンクと同様のタンクで Mn および Al 濃度が超過したことから、雨水タンク内に蓄積した Mn や Al で構成される粘度粒子が嫌気条件下で溶出したか、Al の場合はコンクリートからの溶出が考えられる。

図 12 に、雨水タンク水の鉛 (Pb)、クロム (Cr)、ホウ素 (B) およびカドミウム (Cd) 濃度を調査した結果をそれぞれ示す。これらの 4 項目は、Pb は蓄積毒性、Cr は遺伝毒性、B は生殖器官への毒性、Cd は腎機能障害を誘発する可能性があることから、健康に関する指標として水道水質基準がそれぞれ 0.01 mg/L、0.02 mg/L、1.0 mg/L および 0.003 mg/L に定められている。本研究では、4 項目すべてが、全区画において水道水質基準を満たすことが明らかになった。ただし、1 区画で Cd 濃度が基準の 50% を超える値を示したことから、今後、継続的なモニタリングの必要性が示唆された。

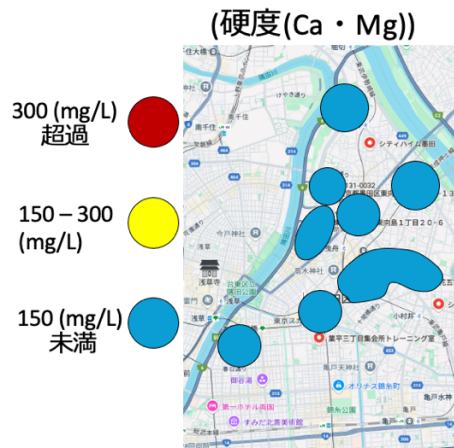


図 7. 硬度のリスク評価

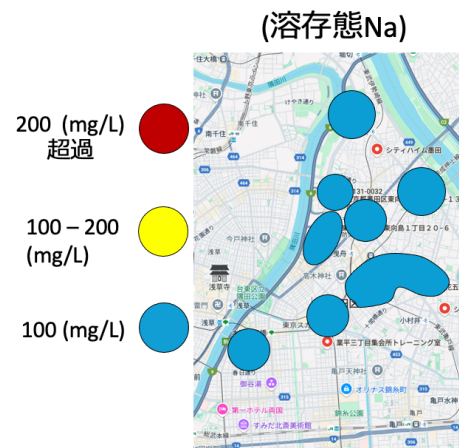


図 8. Na のリスク評価

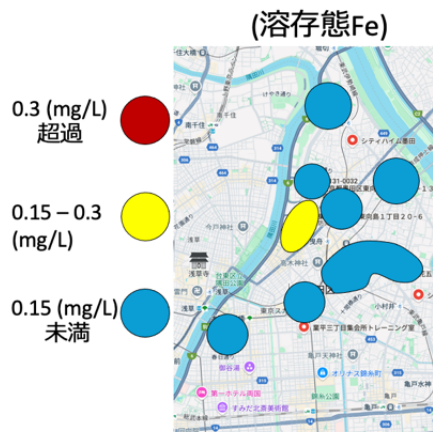


図 9. 鉄のリスク評価

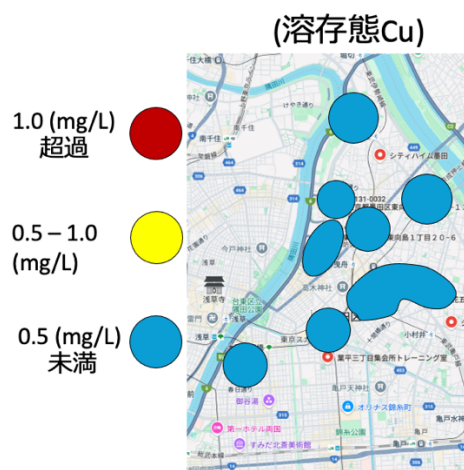


図 10. 各区画における Cu・Zn のリスク評価

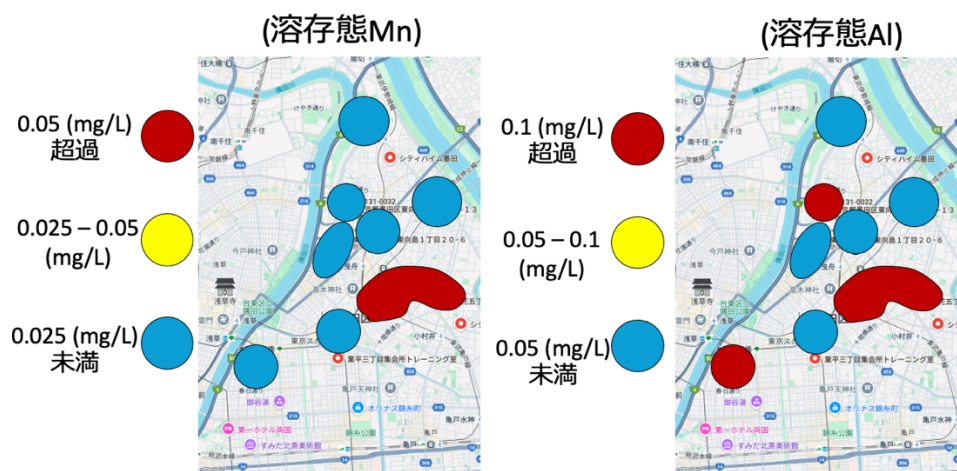


図 11. 各区画における Mn・Al のリスク評価

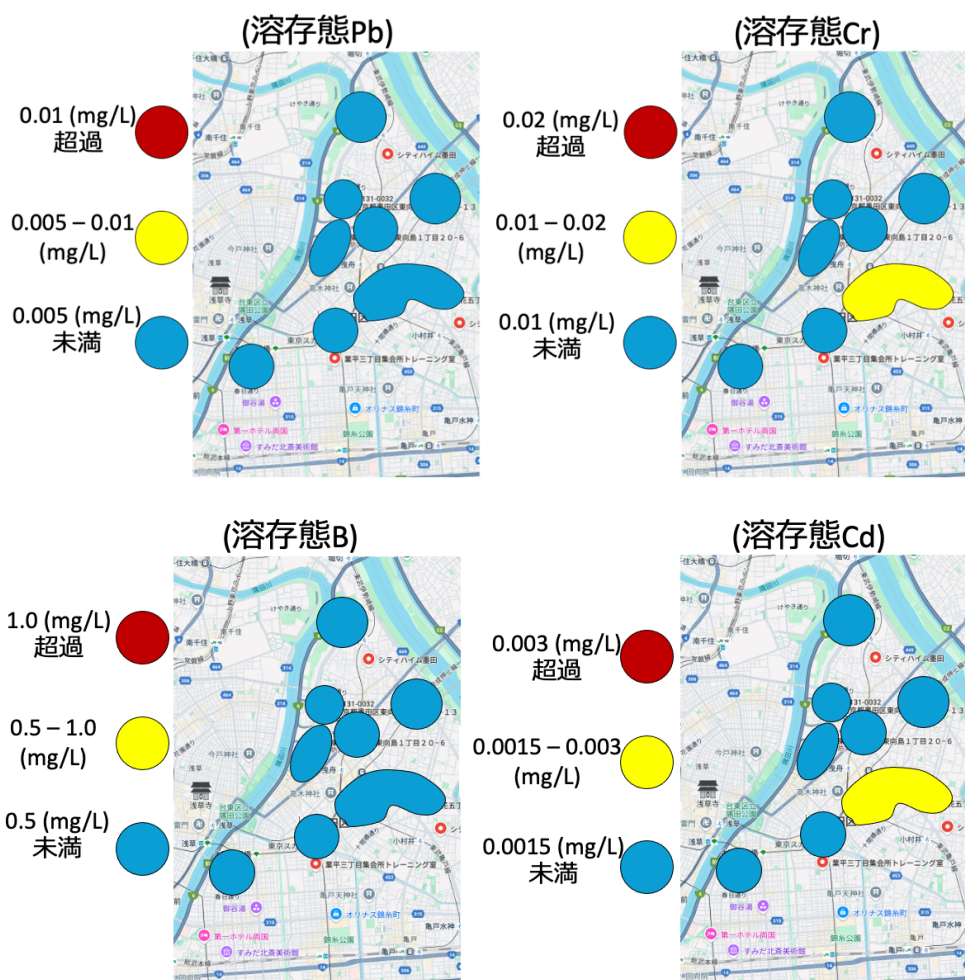


図 12. 各区画における Pb、Cr、B、Cd のリスク評価

3. 3 Al および Mn の簡易リスク評価手法の提案

雨水タンク水の水質測定調査から、墨田区の貯留雨水を飲用利用する際に、水道水質基準値を超過した項目として、濁度、pH、溶存態 Al、溶存態 Mn の 4 項目が抽出された。このうち、pH は市民でも測定可能な一方で、Al と Mn は機器分析装置が必要となるため、リスクを把握することが難しい。本研究では、Al および Mn 濃度と一般水質項目との相関から、市民が Al および Mn を管理・モニタリングする上で代替できる指標となる一般水質項目を探索した。

図 13 に pH と Al の相関プロットを示す。多くの水質項目でほとんど相関が見られなかった一方で、pH と Al との間に比較的高い相関関係（相関係数=0.66）が観察された。3. 2. 2 項で議論した通り、Al はコンクリートタンクから水酸化カルシウムが溶出することで基準値を超えたものと推察しており、水酸化カルシウムの溶出に伴って pH も上昇するため、Al 濃度が水道水質基準値である 0.2 mg/L となる pH=8.2 以下を確認することで、Al 濃度の基準値超過を把握できる可能性が示された。

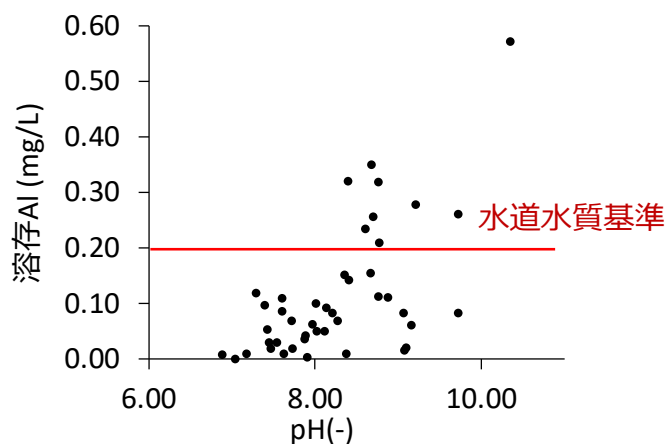


図 13 雨水タンク水における Al と pH の相関

前述したように、Mn はタンク中に混入した粘度粒子などが、嫌気性条件下で溶出した可能性が考えられる。図 14 に、濁度と Mn 濃度の相関プロットを示す。Mn が基準を超過した採水地点の溶存酸素（DO）を確認したところ、濁度が 1.0 mg/L 以上検出された他の採水地点よりも比較的低い値（0.56 mg/L）であった。これらの結果は、濁質から Mn が嫌気性条件下で溶出した上記の仮説を支持するものである。よって、Mn は、濁度と DO から、基準値超過を推測できる可能性が示された。

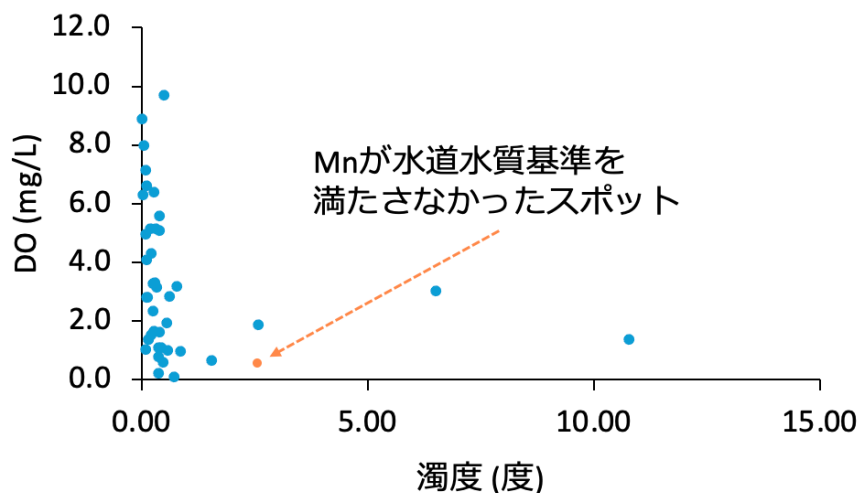


図 14 雨水サンプルの濁度と溶存酸素の散布図

3. 4 リスク低減手法の検討

水道水質基準値を超過した項目として、濁度、pH、Al、Mn の 4 項目が抽出されたが、これらのうち、pH、Al、Mn は基準値を満たすためには、酸注入、生物処理、および酸化吸着などが、コストおよび処理水の安定性の面から浄水処理では適用される場合が多い。一方で、これらの水処理は比較的大規模かつ高度な制御が必要となることから、分散した雨水タンク水への適用は極めて非効率と考える。一方で、濁質に対しては、近年、膜ろ過をはじめとして誰でも精密に固液分離ができる技術が開発されており、濁度が高い水に対しても、容易に水質基準値達成が見込める。本研究において、心理的阻害要因として挙げられている「微粒子由来の大気汚染物質 (PM2.5、黄砂など)」や「病原性微生物」は、膜ろ過により 100%の除去が見込めることから、これらの心理的阻害を克服する上でも、雨水の飲用利用において、膜ろ過技術が最も適しているものとする。

本研究では、調査した雨水タンクのうち、pH および Al、Mn 濃度について、水質基準範囲内だったタンクから、最も使用量が多い 5 つのタンク水 (表 2 に水質を示す) に対して UF 膜の処理を適用した。UF 膜処理水に対して、全水道水質基準 51 項目を測定した結果を表 3～7 に示す。

表 3～7 から、一般細菌を除く、すべての項目で水道水質基準を満たすことが明らかになった。UF 膜の孔径は一般細菌のサイズと比較して、はるかに小さいことを考えると、本来ならばろ過水中には一般細菌は含まれないはずである。一方で、本研究ではわずかながらあるが、5 箇所中 4 箇所の雨水タンク水において、ろ過水中に一般細菌が検出

された。これらは、恐らく採水中に大気中からコンタミしたものであると推測される。一般細菌が水道水質基準を満たさなかった 4 試料について、再度、採水を実施し、UF 膜でろ過後に一般細菌数を Kikkoman の Easy Plate AC により測定した結果、全ての試料で一般細菌は検出されなかった。これらの結果から、UF 膜を用いることで、雨水を水道水と同程度の飲用レベルにまで変換できることが示された。

表 2 51 項目検査に用いた雨水タンク水の水質

サンプルNo.	pH	Al(mg/L)	Mn(mg/L)
1	7.44	0.03	0.00
2	7.72	0.02	0.00
3	7.71	0.07	0.00
4	7.90	0.00	0.00
5	7.88	0.04	0.00

UF 膜で処理した雨水の 51 項目の水質を東京都水道局が公表する水質分析結果と比較した結果、溶存性のイオン類などの総量を示す蒸発残留物が極めて低いことわかる。消毒副生性物の生成に関わるトリハロメタン類などの濃度も非常に低いことが明らかになった。これらの結果は、雨水の飲用水源としての高いポテンシャルを示すものである。一方で、一部の雨水タンク水において、フェノール類の濃度および有機物濃度が基準値の半分以上であることが明らかになった。フェノール類は、主に大気中の排気ガス等に含まれており、大気から雨水に溶解することで濃度が増加したものと推測する。硝酸性窒素は、ディーゼル規制により大幅に雨水中の濃度が低減した一方で、フェノール類については、ガソリン等にも含まれており、大気中の濃度が未だに高い。光化学スモッグの原因にもなっており、フェノール燃料添加物を含まないガソリンの使用、もしくは EV 化などを推進することで、さらに雨水の水質を向上することができると考える。

表 3. サンプル No. 1 の水道水質基準 51 項目検査の結果

試験検査項目	試験検査結果	基準値	試験検査項目	試験検査結果	基準値
一般細菌	1200 CFU/ml	100以下	総トリハロメタン	0.001 mg/L以下	0.1 以下
大腸菌	不検出	検出されないこと	トリクロロ酢酸	0.002 mg/L以下	0.03以下
カドミウム及びその化合物	0.0003mg/L未満	0.003以下	ブロモジクロロメタン	0.001 mg/L以下	0.03以下
水銀及びその化合物	0.00005mg/L未満	0.0005以下	ブロモホルム	0.001 mg/L以下	0.09以下
セレン及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.01以下	ホルムアルデヒド	0.008 mg/L以下	0.08以下
鉛及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.01以下	亜鉛及びその化合物	0.014 mg/L	1.0以下
ヒ素及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.01以下	アルミニウム及びその化合物	0.01 mg/L以下	0.2以下
六価クロム化合物	0.002 mg/L未満	0.02以下	鉄及びその化合物	0.02 mg/L以下	0.3以下
亜硝酸態窒素	0.004 mg/L未満	0.04以下	銅及びその化合物	0.005 mg/L以下	1.0以下
シアヌ化物イオン及び塩化シア ン	0.001 mg/L未満	0.01以下	ナトリウム及びその化合物	0.8 mg/L	200以下
硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	0.54 mg/L	10以下	マンガン及びその化合物	0.001 mg/L以下	0.05以下
フッ素及びその化合物	0.05 mg/L未満	0.8以下	塩化物イオン	1.2 mg/L	200以下
ホウ素及びその化合物	0.05 mg/L未満	1.0以下	カルシウム、マグネシウム等(硬 度)	8 CaCO3 mg/L	300以下
四塩化炭素	0.0002 mg/L未満	0.002以下	蒸発残留物	20 mg/L	500以下
1,4-ジオキサン	0.005 mg/L未満	0.05以下	陰イオン界面活性剤	0.02 mg/L以下	0.2以下
シス-1,2-ジクロロエレン及び トランス-1,2-ジクロロエチレン	0.0004 mg/L未満	0.04以下	ジェオスミン	0.000001 mg/L以下	0.00001以下
ジクロロメタン	0.001 mg/L未満	0.02以下	2-メチルイソボルネオール	0.000001 mg/L以下	0.00001以下
テトラクロロエチレン	0.001 mg/L未満	0.01以下	非イオン界面活性剤	0.002 mg/L以下	0.02以下
トリクロロエチレン	0.001 mg/L未満	0.01以下	フェノール類	0.0033 mg/L	0.005以下
ベンゼン	0.001 mg/L未満	0.01以下	有機物(全有機炭素TOCの)	0.4 mg/L	3以下
塩素酸	0.06 mg/L未満	0.6以下	pH値	6.9(19°C)	5.8-8.6
クロロ酢酸	0.002 mg/L未満	0.02以下	味	異常なし	異常なし
クロロホルム	0.001 mg/L未満	0.06以下	臭気	異常なし	異常なし
ジクロロ酢酸	0.002 mg/L未満	0.03以下	色度	0.5 度未満	5以下
ジブromクロロメタン	0.001 mg/L未満	0.1以下	濁度	0.1 度未満	2以下
臭素酸	0.001 mg/L未満	0.01以下			

表 4. サンプル No. 2 の水道水質基準 51 項目検査の結果

試験検査項目	試験検査結果	基準値	試験検査項目	試験検査結果	基準値
一般細菌	2000 CFU/ml	100以下	総トリハロメタン	0.001 mg/L未満	0.1 以下
大腸菌	不検出	検出されないこと	トリクロロ酢酸	0.002 mg/L未満	0.03以下
カドミウム及びその化合物	0.0003mg/L未満	0.003以下	ブロモジクロロメタン	0.001 mg/L未満	0.03以下
水銀及びその化合物	0.00005mg/L未満	0.0005以下	ブロモホルム	0.001 mg/L未満	0.09以下
セレン及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.01以下	ホルムアルデヒド	0.008 mg/L未満	0.08以下
鉛及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.01以下	亜鉛及びその化合物	0.007 mg/L	1.0以下
ヒ素及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.01以下	アルミニウム及びその化合物	0.04 mg/L未満	0.2以下
六価クロム化合物	0.002 mg/L未満	0.02以下	鉄及びその化合物	0.02 mg/L未満	0.3以下
亜硝酸態窒素	0.004 mg/L未満	0.04以下	銅及びその化合物	0.005 mg/L未満	1.0以下
シアヌ化物イオン及び塩化シア ン	0.001 mg/L未満	0.01以下	ナトリウム及びその化合物	3.2 mg/L	200以下
硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	0.37 mg/L	10以下	マンガン及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.05以下
フッ素及びその化合物	0.05 mg/L	0.8以下	塩化物イオン	1.5 mg/L	200以下
ホウ素及びその化合物	0.05 mg/L未満	1.0以下	カルシウム、マグネシウム等(硬 度)	39 CaCO ₃ mg/L	300以下
四塩化炭素	0.0002 mg/L未満	0.002以下	蒸発残留物	67 mg/L	500以下
1,4-ジオキサン	0.005 mg/L未満	0.05以下	陰イオン界面活性剤	0.02 mg/L未満	0.2以下
シス-1,2-ジクロロエレン及び トランス-1,2-ジクロロエチレン	0.0004 mg/L未満	0.04以下	ジェオスミン	0.000001 mg/L	0.00001以下
ジクロロメタン	0.001 mg/L未満	0.02以下	2-メチルイソボルネオール	0.000001 mg/L未満	0.00001以下
テトラクロロエチレン	0.001 mg/L未満	0.01以下	非イオン界面活性剤	0.002 mg/L未満	0.02以下
トリクロロエチレン	0.001 mg/L未満	0.01以下	フェノール類	0.0033 mg/L	0.005以下
ベンゼン	0.001 mg/L未満	0.01以下	有機物(全有機炭素TOCの)	0.6 mg/L	3以下
塩素酸	0.06 mg/L未満	0.6以下	pH値	7.7 (19°C)	5.8-8.6
クロロ酢酸	0.002 mg/L未満	0.02以下	味	異常なし	異常なし
クロロホルム	0.001 mg/L未満	0.06以下	臭気	異常なし	異常なし
ジクロロ酢酸	0.002 mg/L未満	0.03以下	色度	1.4 度	5以下
ジブromクロロメタン	0.001 mg/L未満	0.1以下	濁度	0.1 度未満	2以下
臭素酸	0.001 mg/L未満	0.01以下			

表 5. サンプル No. 3 の水道水質基準項目検査の結果

試験検査項目	試験検査結果	基準値	試験検査項目	試験検査結果	基準値
一般細菌	120 CFU/ml	100以下	総トリハロメタン	0.001 mg/L未満	0.1 以下
大腸菌	不検出	検出されないこと	トリクロロ酢酸	0.002 mg/L未満	0.03以下
カドミウム及びその化合物	0.0003mg/L未満	0.003以下	ブロモジクロロメタン	0.001 mg/L未満	0.03以下
水銀及びその化合物	0.00005mg/L未満	0.0005以下	ブロモホルム	0.001 mg/L未満	0.09以下
セレン及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.01以下	ホルムアルデヒド	0.008 mg/L未満	0.08以下
鉛及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.01以下	亜鉛及びその化合物	0.080 mg/L	1.0以下
ヒ素及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.01以下	アルミニウム及びその化合物	0.03 mg/L	0.2以下
六価クロム化合物	0.002 mg/L未満	0.02以下	鉄及びその化合物	0.02 mg/L未満	0.3以下
亜硝酸態窒素	0.004 mg/L未満	0.04以下	銅及びその化合物	0.005 mg/L未満	1.0以下
シアニ化物イオン及び塩化シアニ	0.001 mg/L未満	0.01以下	ナトリウム及びその化合物	12 mg/L	200以下
硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	1.7 mg/L	10以下	マンガン及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.05以下
フッ素及びその化合物	0.09 mg/L	0.8以下	塩化物イオン	5.1 mg/L	200以下
ホウ素及びその化合物	0.06 mg/L	1.0以下	カルシウム、マグネシウム等(硬度)	23 CaCO ₃ mg/L	300以下
四塩化炭素	0.0002 mg/L未満	0.002以下	蒸発残留物	76 mg/L	500以下
1,4-ジオキサン	0.005 mg/L未満	0.05以下	陰イオン界面活性剤	0.02 mg/L未満	0.2以下
シス-1,2-ジクロロエレン及び	0.0004 mg/L未満	0.04以下	ジェオスミン	0.000001 mg/L	0.00001以下
トランス-1,2-ジクロロエチレン			2-メチルイソボルネオール	0.000001 mg/L未満	0.00001以下
ジクロロメタン	0.001 mg/L未満	0.02以下	非イオン界面活性剤	0.004 mg/L	0.02以下
テトラクロロエチレン	0.001 mg/L未満	0.01以下	フェノール類	0.0012 mg/L	0.005以下
トリクロロエチレン	0.001 mg/L未満	0.01以下	有機物(全有機炭素TOCの)	1.3 mg/L	3以下
ベンゼン	0.001 mg/L未満	0.01以下	pH値	7.7 (17℃)	5.8-8.6
塩素酸	0.06 mg/L未満	0.6以下	味	異常なし	異常なし
クロロ酢酸	0.002 mg/L未満	0.02以下	臭気	異常なし	異常なし
クロロホルム	0.001 mg/L未満	0.06以下	色度	4.8 度	5以下
ジクロロ酢酸	0.002 mg/L未満	0.03以下	濁度	0.1 度未満	2以下
ジブロモクロロメタン	0.001 mg/L未満	0.1以下			
臭素酸	0.001 mg/L未満	0.01以下			

表 6. サンプル No. 4 の水道水質基準項目検査の結果

試験検査項目	試験検査結果	基準値	試験検査項目	試験検査結果	基準値
一般細菌	0 CFU/ml	100以下	総トリハロメタン	0.001 mg/L未満	0.1 以下
大腸菌	不検出	検出されないこと	トリクロロ酢酸	0.002 mg/L未満	0.03以下
カドミウム及びその化合物	0.0003mg/L未満	0.003以下	ブロモジクロロメタン	0.001 mg/L未満	0.03以下
水銀及びその化合物	0.00005mg/L未満	0.0005以下	ブロモホルム	0.001 mg/L未満	0.09以下
セレン及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.01以下	ホルムアルデヒド	0.008 mg/L未満	0.08以下
鉛及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.01以下	亜鉛及びその化合物	0.007 mg/L	1.0以下
ヒ素及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.01以下	アルミニウム及びその化合物	0.06 mg/L	0.2以下
六価クロム化合物	0.002 mg/L未満	0.02以下	鉄及びその化合物	0.02 mg/L未満	0.3以下
亜硝酸態窒素	0.004 mg/L未満	0.04以下	銅及びその化合物	0.005 mg/L未満	1.0以下
シアニ化物イオン及び塩化シアニ	0.001 mg/L未満	0.01以下	ナトリウム及びその化合物	9.4 mg/L	200以下
硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	4.6 mg/L	10以下	マンガン及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.05以下
フッ素及びその化合物	0.12 mg/L	0.8以下	塩化物イオン	16 mg/L	200以下
ホウ素及びその化合物	0.05 mg/L未満	1.0以下	カルシウム、マグネシウム等(硬度)	63 CaCO ₃ mg/L	300以下
四塩化炭素	0.0002 mg/L未満	0.002以下	蒸発残留物	130 mg/L	500以下
1,4-ジオキサン	0.005 mg/L未満	0.05以下	陰イオン界面活性剤	0.02 mg/L未満	0.2以下
シス-1,2-ジクロロエレン及び	0.0004 mg/L未満	0.04以下	ジェオスミン	0.000001 mg/L未満	0.00001以下
トランス-1,2-ジクロロエチレン			2-メチルイソボルネオール	0.000001 mg/L未満	0.00001以下
ジクロロメタン	0.001 mg/L未満	0.02以下	非イオン界面活性剤	0.005 mg/L	0.02以下
テトラクロロエチレン	0.001 mg/L未満	0.01以下	フェノール類	0.0005 mg/L未満	0.005以下
トリクロロエチレン	0.001 mg/L未満	0.01以下	有機物(全有機炭素TOCの)	1.7 mg/L	3以下
ベンゼン	0.001 mg/L未満	0.01以下	pH値	7.8 (17℃)	5.8-8.6
塩素酸	0.10 mg/L	0.6以下	味	異常なし	異常なし
クロロ酢酸	0.002 mg/L未満	0.02以下	臭気	異常なし	異常なし
クロロホルム	0.001 mg/L未満	0.06以下	色度	1.8 度	5以下
ジクロロ酢酸	0.002 mg/L未満	0.03以下	濁度	0.1 度未満	2以下
ジブロモクロロメタン	0.001 mg/L未満	0.1以下			
臭素酸	0.001 mg/L未満	0.01以下			

表 7. サンプル No. 5 の水道水質基準項目検査の結果

試験検査項目	試験検査結果	基準値	試験検査項目	試験検査結果	基準値
一般細菌	300 CFU/ml	100以下	総トリハロメタン	0.001 mg/L未満	0.1 以下
大腸菌	不検出	検出されないこと	トリクロロ酢酸	0.002 mg/L未満	0.03以下
カドミウム及びその化合物	0.0003mg/L未満	0.003以下	ブロモジクロロメタン	0.001 mg/L未満	0.03以下
水銀及びその化合物	0.00005mg/L未満	0.0005以下	ブロモホルム	0.001 mg/L未満	0.09以下
セレン及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.01以下	ホルムアルデヒド	0.008 mg/L未満	0.08以下
鉛及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.01以下	亜鉛及びその化合物	0.37 mg/L	1.0以下
ヒ素及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.01以下	アルミニウム及びその化合物	0.02 mg/L	0.2以下
六価クロム化合物	0.002 mg/L未満	0.02以下	鉄及びその化合物	0.02 mg/L未満	0.3以下
亜硝酸態窒素	0.004 mg/L	0.04以下	銅及びその化合物	0.007 mg/L	1.0以下
シアニ化物イオン及び塩化シアニ	0.001 mg/L未満	0.01以下	ナトリウム及びその化合物	15 mg/L	200以下
硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	2.4 mg/L	10以下	マンガン及びその化合物	0.001 mg/L未満	0.05以下
フッ素及びその化合物	0.1 mg/L	0.8以下	塩化物イオン	12 mg/L	200以下
ホウ素及びその化合物	0.05 mg/L未満	1.0以下	カルシウム、マグネシウム等(硬度)	60 CaCO ₃ mg/L	300以下
四塩化炭素	0.0002 mg/L未満	0.002以下	蒸発残留物	140 mg/L	500以下
1,4-ジオキサン	0.005 mg/L未満	0.05以下	陰イオン界面活性剤	0.02 mg/L未満	0.2以下
シス-1,2-ジクロロエレン及び	0.0004 mg/L未満	0.04以下	ジェオスミン	0.000001 mg/L未満	0.00001以下
トランス-1,2-ジクロロエチレン			2-メチルイソボルネオール	0.000001 mg/L未満	0.00001以下
ジクロロメタン	0.001 mg/L未満	0.02以下	非イオン界面活性剤	0.004 mg/L	0.02以下
テトラクロロエチレン	0.001 mg/L未満	0.01以下	フェノール類	0.0016 mg/L	0.005以下
トリクロロエチレン	0.001 mg/L未満	0.01以下	有機物(全有機炭素TOCの)	2.4 mg/L	3以下
ベンゼン	0.001 mg/L未満	0.01以下	pH値	7.8 (17℃)	5.8-8.6
塩素酸	0.22 mg/L	0.6以下	味	異常なし	異常なし
クロロ酢酸	0.002 mg/L未満	0.02以下	臭気	異常なし	異常なし
クロロホルム	0.001 mg/L未満	0.06以下	色度	4.0 度	5以下
ジクロロ酢酸	0.002 mg/L未満	0.03以下	濁度	0.1 度未満	2以下
ジブロモクロロメタン	0.001 mg/L未満	0.1以下			
臭素酸	0.001 mg/L未満	0.01以下			

Conclusion

本研究は、都市部における雨水タンクの治水能力を最大限に活用するため、雨水利用を阻害する心理的要因と科学的リスクの両面からアプローチし、以下の結論を得た。

1. 心理的阻害要因の特定: 市民が雨水利用に抱く不安は、主に「微粒子由来の大気汚染物質」と「病原性微生物」に対する懸念に起因することを明らかにした。
2. 科学的リスク因子の抽出: 墨田区の貯留雨水を網羅的に分析した結果、主要なリスク因子は「濁度」「pH」「溶存態アルミニウム(Al)」「溶存態マンガン(Mn)」の4項目に集約されることを特定した。一方で、鉛やカドミウム等の重金属による健康リスクは極めて低いことも確認した。
3. リスク低減策の提示: 抽出されたリスクに対し、Al は pH、Mn は濁度と溶存酸素を代替指標として簡易的に評価できる可能性を示した。さらに、物理的な対策として UF 膜ろ過が極めて有効であり、濁度成分と病原性微生物を同時に除去できることを示した。
4. 飲用レベルへの到達可能性の証明: 適切な水源（タンク）を選定し、衛生管理下で UF 膜処理を施すことにより、貯留雨水が水道水質基準 51 項目を全て満たす、安全な飲用水レベルに到達可能であることを実証した。

本研究の成果は、ハード（技術）とソフト（人の意識）を融合させた新しい雨水管理モデルを提示するものである。このモデルは、既存のインフラの価値を再評価し、持続可能な都市の水環境構築に貢献する実践的な知見となる。

参考文献

- [1] 国土交通省，気象庁，日本の年降水量，URL：
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn_r.html，(2025年2月26日最終閲覧)
- [2] 気象庁．大雨や猛暑日など(極端現象)のこれまでの変化．国土交通省．URL：
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html (2025年2月26日最終閲覧)
- [3] 国土交通省．1年間の水害被害額の概要．URL：
<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001766898.pdf> (2025年2月26日最終閲覧)
- [4] 国土交通省．近年の降雨及び内水被害の状況．下水道設備の現状について URL：

<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/content/001320996.pdf> (2025 年 2 月 26 日最終閲覧)

[5] 総務省．合流式・分流式下水道について．URL：
[https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/jichi_gyousei/c-
gyousei/gesuido_zaisei/pdf/050715_s3-1.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/jichi_gyousei/c-gyousei/gesuido_zaisei/pdf/050715_s3-1.pdf) (2025 年 2 月 26 日最終閲覧)

[6] 森田弘昭. (2003). 都市の水循環における雨天時汚濁負荷流出現象の影響解析. 土木技術資料 = *Civil engineering journal*: 土木技術の総合情報誌, 45(5), 42-47.

[7] 日本下水道協会, (2019, 3 月), 下水道施設計画・設計指針と解説 前編

[8] 東京都豪雨対策基本方針

[9] 村上道夫, 稲葉愛美, 原本英司, 章希聞, 中村高志, 屋井裕幸, ... & 佐野翔一. (2012). 低炭素型住宅へ向けた雨水利用の可能性 住宅における用途別雨水利用を目的とした屋根排水の水質評価. 住総研研究論文集, 38, 235-244.

[10] 近藤晶, 三寺潤, & 笠井利浩. (2022, November). 雨を水資源として再認識するための意識変容ツールの開発—「雨を飲む」という非日常体験を通して. In 環境情報科学論文集 Vol. 36 (2022 年度 環境情報科学研究発表大会) (pp. 138-143). 一般社団法人 環境情報科学センター.

[11] 東京都環境局．東京都の待機環境の現状．URL：
[https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/documents/d/kankyo/torikumi-pm25_ox-
report2019-files-1-1](https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/documents/d/kankyo/torikumi-pm25_ox-report2019-files-1-1) (2025 年 2 月 26 日最終閲覧)

[12] 兵頭正浩, 佐藤周之, & 桑原智之. (2008). 2058 セメント結合材から環境水中へ溶出する重金属類の定量的評価に関する研究 (エコ・緑化コンクリート). コンクリート工学年次論文集 = Proceedings of the Japan Concrete Institute/日本コンクリート工学会 編, 30(2), 343-348.

付録

表 4. 各区画での測定値(最小値 - 最大値)

サンプルNo.	TOC (mg-C/L)	DOC (mg-C/L)	UV255 (-)	TN (mg-N/L)	ABS600 (-)	SS (mg/L)	濁度 (度)	電導度 (mS/m)	硝酸態窒素 (mg-N/L)	pH (-)	DO (mg/L)	水温 (°C)	ORP (mV)
水道水質基準	3	-	-	-	-	500	2	-	10	5.8-8.6	-	-	-
1	0.88 - 0.88	0.90 - 0.90	0.031 - 0.031	2.09 - 2.09	0.001 - 0.001	140 - 140	0.02 - 0.02	56.2 - 56.2	2.0 - 2.0	8.7 - 8.7	6.32 - 6.32	17.1 - 17.1	254 - 254
2	2.05 - 2.05	2.09 - 2.09	0.058 - 0.058	1.05 - 1.05	0.001 - 0.001	100 - 100	0.07 - 0.07	21.2 - 21.2	0.7 - 0.7	7.5 - 7.5	1.05 - 1.05	16.6 - 16.6	262 - 262
3	0.32 - 11.01	0.33 - 1.60	0.005 - 0.045	0.38 - 3.42	0.001 - 0.052	0 - 380	0.08 - 10.76	2.1 - 49.6	0.0 - 2.8	6.9 - 10.3	0.12 - 5.61	21.0 - 33.0	11 - 244
4	0.34 - 0.85	0.40 - 1.60	0.004 - 0.014	0.57 - 1.36	0.001 - 0.007	60 - 160	0.09 - 0.86	3.8 - 9.9	0.2 - 1.2	7.4 - 9.1	0.96 - 3.3	19.1 - 32.1	155 - 241
5	0.68 - 2.32	0.66 - 2.44	0.007 - 0.020	1.19 - 6.07	0.001 - 0.003	60 - 90	0.09 - 0.38	8.2 - 24.0	0.9 - 4.7	7.4 - 7.7	5.11 - 6.63	16.1 - 19.0	246 - 387
6	0.62 - 0.84	0.59 - 0.92	0.006 - 0.013	1.06 - 2.34	0.001 - 0.003	0 - 150	0.01 - 0.49	14.1 - 41.0	0.8 - 2.3	7.5 - 8.4	7.18 - 9.74	7.5 - 15.7	272 - 483
7	0.45 - 0.64	0.37 - 1.14	0.006 - 0.007	0.51 - 0.52	0.003 - 0.004	100 - 100	0.17 - 0.36	8.2 - 16.2	0.0 - 0.3	8.6 - 9.2	0.80 - 5.18	23.1 - 27.7	160 - 244
8	0.79 - 0.79	0.67 - 0.67	0.024 - 0.024	0.98 - 0.98	0.001 - 0.001	50 - 50	0.04 - 0.04	16.7 - 16.7	0.9 - 0.9	8.0 - 8.0	8.0 - 8.0	15.5 - 15.5	276 - 276

表 5. 重金属などの詳細項目における各区画での測定値(最小値 - 最大値)

サンプルNo.	Mg (mg/L)	Al (mg/L)	Ca (mg/L)	Cd (mg/L)	Pb (mg/L)	Cr (mg/L)	Zn (mg/L)	Na (mg/L)	B (mg/L)	Mn (mg/L)	Fe (mg/L)	Cu (mg/L)
水道水質基準	300	0.2	300	0.003	0.01	0.02	1	200	1	0.05	0.3	1
1	0.71 - 0.71	0.35 - 0.35	4.88 - 4.88	0.000 - 0.000	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	55.07 - 55.07	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00
2	1.65 - 1.65	0.03 - 0.03	17.99 - 17.99	0.000 - 0.000	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.16 - 0.16	10.71 - 10.71	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.01 - 0.01	0.00 - 0.00
3	0.00 - 0.22	0.00 - 0.57	2.65 - 22.03	0.000 - 0.002	0.00 - 0.00	0.00 - 0.01	0.00 - 0.1	0.08 - 71.87	0.00 - 0.13	0.00 - 0.06	0.00 - 0.11	0.00 - 0.04
4	0.00 - 0.00	0.02 - 0.1	5.27 - 20.95	0.000 - 0.000	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.01 - 0.09	0.03 - 7.46	0.00 - 0.12	0.00 - 0.00	0.00 - 0.29	0.00 - 0.01
5	0.04 - 3.65	0.01 - 0.07	2.87 - 21.68	0.000 - 0.000	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.45	8.19 - 13.29	0.00 - 0.04	0.00 - 0.01	0.00 - 0.06	0.00 - 0.00
6	0.31 - 4.63	0.01 - 0.05	13.1 - 21.48	0.000 - 0.000	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.05	1.52 - 14.26	0.00 - 0.05	0.00 - 0.00	0.00 - 0.01	0.00 - 0.01
7	0.00 - 0.00	0.06 - 0.23	13.62 - 14.13	0.000 - 0.000	0.00 - 0.00	0.00 - 0.01	0.01 - 0.01	2.15 - 2.42	0.03 - 0.12	0.00 - 0.00	0.00 - 0.09	0.00 - 0.01
8	0.00 - 0.00	0.05 - 0.05	19.81 - 19.81	0.000 - 0.000	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	6.31 - 6.31	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00	0.00 - 0.00

謝辞

本研究は、一般財団法人 旭酒造記念財団の助成によって実施されました。末尾となりますが、心よりお礼申し上げます。

以上