第 VII 部門　　兵庫県南部沿岸とその流域における水中残留塩素の実態解明

神戸高専　都市工学専攻　学生員　○坂本　宇
神戸高専　都市デザイン工学科　正会員　宇野　宏司
神戸高専　都市デザイン工学科　正会員　柿木　哲哉

1.はじめに

瀬戸内海では，過去の富栄養化対策に加えて，近年は生物の多様性・生産性の確保や漁業生産との関係も踏まえ，栄養塩類の不足を含めた管理のあり方が政策上の検討対象となっている[1)2)]．このような沿岸環境の議論では，窒素・リンなどの栄養塩類に加えて，上水や下水，事業排水，冷却水など，人為的な水利用に関連する水質要因についても把握する必要がある．そこで本研究では，その一つとして残留塩素に着目し，河川から沿岸域に至る流域内の濃度水準や検出状況を整理する．本研究では，対象地域における遊離残留塩素濃度について，濃度水準，検出頻度を把握し，地点差および時期差として明らかにすることを目的とする．また，室内実験により残留塩素濃度条件を変化させた場合の DO，EC，pH および CO_2濃度（pCO_2計表示値の mg/L 換算）を同時測定し，各水質の指標の時間変化の特徴を把握することも目的とする．

2.研究手法

2-1.現地調査

現地調査では，まず残留塩素濃度を対象域の各地点で測定し，分布と全体の傾向を把握した．測定地点として，福田川の上流域の 4 地点と河口部の一地点を合わせた福田川定点 5 地点と，福田川下流域の 5 地点，都賀川 5 地点，淡路島の海岸 5 地点と河川 5 地点（計 10 地点），東播海岸 3 地点を設定し，残留塩素濃度を測定した．そのうえで，より詳細な把握のために福田川定点 5 地点を重点地点として設定し，残留塩素濃度に加えて水質指標である pH，DO，EC，CO_2濃度も同時に測定した．また，パックテストにより PO_4-P・COD・NO_3-N・NO_2-N・NH_4-N を測定し，栄養塩等の目安値を得た．

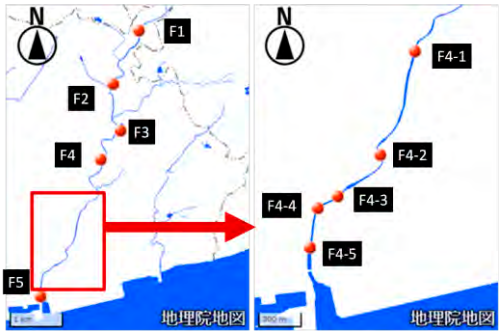


図 1　福田川定点 5 地点と下流域 5 地点

各地点での残留塩素濃度の測定は，同一地点で採水を 3 回行い測定した．測定機器として，ポータブル残留塩素濃度計を用いた．3 回の測定値の平均値と範囲（最小-最大）も結果として扱い，あわせて，検出数/3 および 0.00mg/L の出現回数/3 を併記した．

2-2.室内実験

室内実験では，残留塩素濃度を条件として設定し，遮光・半閉鎖条件を保ったまま機器のインターバル機能を用いて 24 時間の時間変化を追跡した．カルキ抜き水道水 3L を水槽に入れた後，設定した濃度になるように残留塩素濃度を調整し，観測を開始した．残留塩素濃度は，パターン①0.00mg/L・パターン②0.10mg/L・パターン③1.00mg/L の残留塩素濃度を設定した．また，生物要因を含めた条件としてアオミドロ（Spirogyra）を用いた．残留塩素濃度は初期の急変に対応するため 10 分間隔で測定し，DO・EC・pH・CO_2濃度は 30 分間隔で測定した．また，pCO_2計を 2 台用い，空気部と水中部を分離して同時測定した．

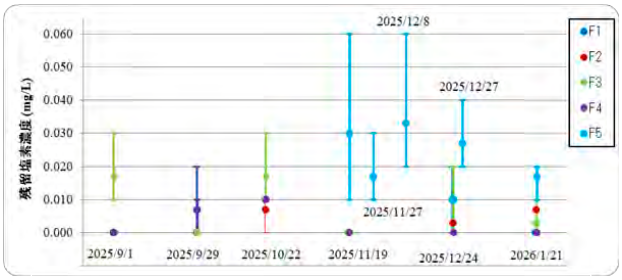


図 2　福田川定点 5 地点の残留塩素濃度の値

3.結果と考察

現地調査の結果として，福田川では残留塩素濃度が値の差異だけでなく，0.00mg/L の出現頻度が地点や調査日によって大きく異なることが確認された．残留塩素は一様な値として存在するのではなく，地点差と時期差を伴って不均一に観測されることが示された．福田川定点 5 地点では，同一地点でも調査日が変わると 0.00mg/L の出現やばらつきが変化し得ることが確認され，残留塩素濃度の残存性が時間的にも変動することが分かった．また，同一日の福田川内でも検出状況がそろわない事例がみられ，残留塩素濃度の値が地点ごとの条件の違いで変化する可能性が示された．例えば 2026/01/21 には，F5 で 0.01–0.02mg/L の範囲で 3 回とも検出された一方，同日の F4 では 3 回とも 0.00mg/L であった．

福田川下流域でも同じ日でも地点ごとに 0.00mg/L の出方が違い，残留塩素の残りやすさは一様ではなかっ

Sora SAKAMOTO, Koji UNO and Tetsuya KAKINOKI
r121515@g.kobe-kosen.ac.jp

た．したがって残留塩素濃度は各地点の周辺条件で検出状況が左右されると考えられる．検出されやすい地点では消費が小さく残りやすく，0.00mg/L が多い地点では流入が少ないか，流入しても短時間で消費されやすい環境の可能性がある．

福田川定点 5 地点では，残留塩素濃度に加えて pH，DO，EC，CO_2濃度を同時に測定した結果，同じ日でも地点によって水質の状態が異なることが確認された．また，パックテストの結果，COD は概ね 7～8mg/L で推移し，福田川 5 地点の PO_4-P と無機態窒素（NO_3-N・NO_2-N・NH_4-N）はいずれも概ね 0～数 mg/L 以下の低濃度域に収まった．以上より，栄養塩は目安値として全体に低～中程度の水準に位置づけられる．

福田川以外の地点でも残留塩素濃度を測定した結果，河川や沿岸域で残留塩素が検出される地点がある一方で，0.00mg/L が多く出現する地点もみられ，検出状況が場所や時期で異なることが確認された．

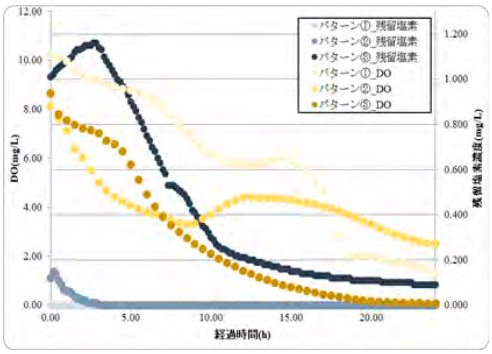


図 3　DO と残留塩素濃度の時間変化

室内実験では，残留塩素条件によって残留塩素濃度の低下の速さが異なることが確認された．パターン②の条件では約 3 時間で 0.00mg/L となった一方，パターン③の条件では低下しつつも 24 時間後に 0.09mg/L が残存した．同時に測定した水質指標では，pH 低下，DO 低下，水中 CO_2濃度増加などの時間変化がみられ，変化量には条件差が示された．低残留塩素条件で DO 低下と CO_2増加が相対的に大きく，高残留塩素条件でそれらが小さい傾向は，残留塩素の残りやすさが水中で起きている反応や変化の進行度合いと同時に観測され得ることを示している．

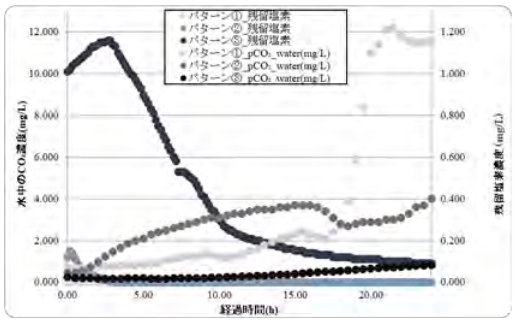


図 4　水中 CO_2濃度と残留塩素濃度の時間変化

4.結論・今後の課題

現地調査では，福田川の定点 5 地点と下流域で残留塩素濃度が地点・調査日によって大きく変わり，0.00mg/L の出現頻度にも差がみられた．さらに室内実験では，残留塩素条件の違いにより，DO や CO_2濃度の時間変化にも差が現れた．このように，残留塩素濃度は塩素を含んだ水の流入の有無だけでなく，滞留・生物活動の影響も受けて観測される．したがって，残留塩素濃度は，単独で発生源や環境影響を特定する指標ではないが，他の水質項目や水理・気象条件と組み合わせることで，人為的水利用や水域内の反応環境を把握する補助指標となり得る．

今後の課題として，降雨や出水，潮汐などによる短期的な変化を捉え，0.00mg/L の出現頻度やばらつきが短期間でどの程度変わるかを確認することが求められる．また，室内実験で見られた残留塩素条件と水質指標の関係が，実際の河川でも同じように成り立つかを整理する必要がある．流れ方や水温など現地の条件を踏まえてデータを見比べ，残留塩素濃度をその水域の状態を判断する手がかりとして使えるようにすることも課題である．



図 5　室内実験の様子

参考文献

1)環境省：栄養塩類管理計画(栄養塩類増加措置)策定に関するガイドライン，2022 年 3 月，https://www.env.go.jp/content/000127313.pdf.
2)兵庫県：兵庫県栄養塩類管理計画の進捗状況(資料 3)，2022 年 10 月 21 日，https://www.kankyo.pref.hyogo.lg.jp/download_file/view/29174/21375.