

沖縄県内河川における UV260/DOC を用いた水質評価

城間一哲

Evaluating Water Quality in River Waters of Okinawa Prefecture using UV260/DOC

Ittetsu SHIROMA

要旨： 沖縄県内の河川水における有機物の性質を明らかにするため、溶存有機炭素（DOC）と UV260 吸光度を測定し、両者の比（UV260/DOC）を指標として地域特性を評価した。地域別の比較では、北部地域では平均 $16.4 \text{ mAbs} \cdot \text{cm}^{-1} / \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ と低い値を示し、自然由来の有機物が主体であることが示唆された。一方、南部地域では $24.7 \text{ mAbs} \cdot \text{cm}^{-1} / \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ と高い値を示し、生活排水等の影響が認められた。中部地域は $19.4 \text{ mAbs} \cdot \text{cm}^{-1} / \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ と両者の中間値を示した。環境基準の指標である BOD 75%値が高値を示した実績のある地点では、UV260/DOC でも高値を示す傾向があり、人為由来汚染の寄与が推察された。

Key words： 溶存有機炭素（DOC）、紫外吸光度、UV260、難分解性溶存有機物

I はじめに

沖縄県は豊かな自然環境と多様な生態系を有しており、その中でも河川は地域社会の生活環境や農業・産業活動に密接に関わっている。しかしながら近年、都市化や観光開発、農業由来の排水に伴い、水質汚染の懸念が高まっている。特に、溶存有機炭素（DOC: Dissolved Organic Carbon）は水環境中の有機汚染の指標として重要であり、その性質を反映する指標として UV260 吸光度との比（UV260/DOC）が注目されている。UV260 吸光度は波長 260 nm における紫外吸光度であり、主に芳香族化合物や共役構造を持つ有機物の存在を示す。これを DOC と組み合わせることで水中の有機物の性質（芳香族性、有機汚染レベルなど）を推定できる¹⁾。

本研究では、沖縄県内の北部・中部・南部および離島の各地域において夏季に河川水を採取し、UV260 吸光度と DOC 濃度を測定した。その結果から、UV260/DOC を用いて、地域ごとの水質特性や汚染傾向を明らかにすることを目的とした。

II 方法

1. 調査試料

2023 年 7-9 月および 2024 年 7-9 月の夏季に県内 4 保健所が採取した公共用水域調査の河川水試料 29 検体に、筆者が自ら採取した河川水試料 9 検体を加えた計 38 検体を対象とした（図 1）。沖縄島の 36 検体について北部地域（①辺野喜川 114-⑮羽地大川 46 の 18 検体）、

中部地域（⑯漢那川 44-⑳比謝川 4 の 7 検体）、南部地域（㉑牧港川 102-㉓雄樋川 139 の 11 検体）に区分した。

2. 装置

UV260 の測定には島津製作所製紫外可視分光光度計 UV-2600i を、DOC の測定には Analytik Jena 製 TOC 計 multi N/C® UV HS を用いた。

3. 試薬

DOC 検量線用標準液には関東化学製特級用フタル酸水素カリウムを炭素源として用いた。フタル酸水素カリウムを超純水（Milli-Q 水）に所定量溶解し、 $1,000 \text{ mgC/L}$ のストック溶液を調製した。使用時にはこのストック溶液を段階的に希釈し、0, 0.5, 1, 2.5, 5, 10 mgC/L の 6 濃度の標準液を作製し、5 点以上の標準曲線を作成した。ブランク試料には Merck 製 MILLI-Q ADVANTAGE A10 で精製した超純水を用いた。サンプル酸化用酸溶液は富士フイルム和光純薬製特級用塩酸を 2 mol/L になるよう調製した。

4. 測定方法

試料を 5C ろ紙でろ過し、ろ液を測定試料とした。UV 吸光度は紫外可視分光光度計を用い、260 nm における吸光度を測定した。単位はセル長当たりのミリ吸光度として $\text{mAbs} \cdot \text{cm}^{-1}$ で表した。使用セルは石英セル（光路長：1 cm）とし、測定は室温（約 20-25℃）で実施した。DOC

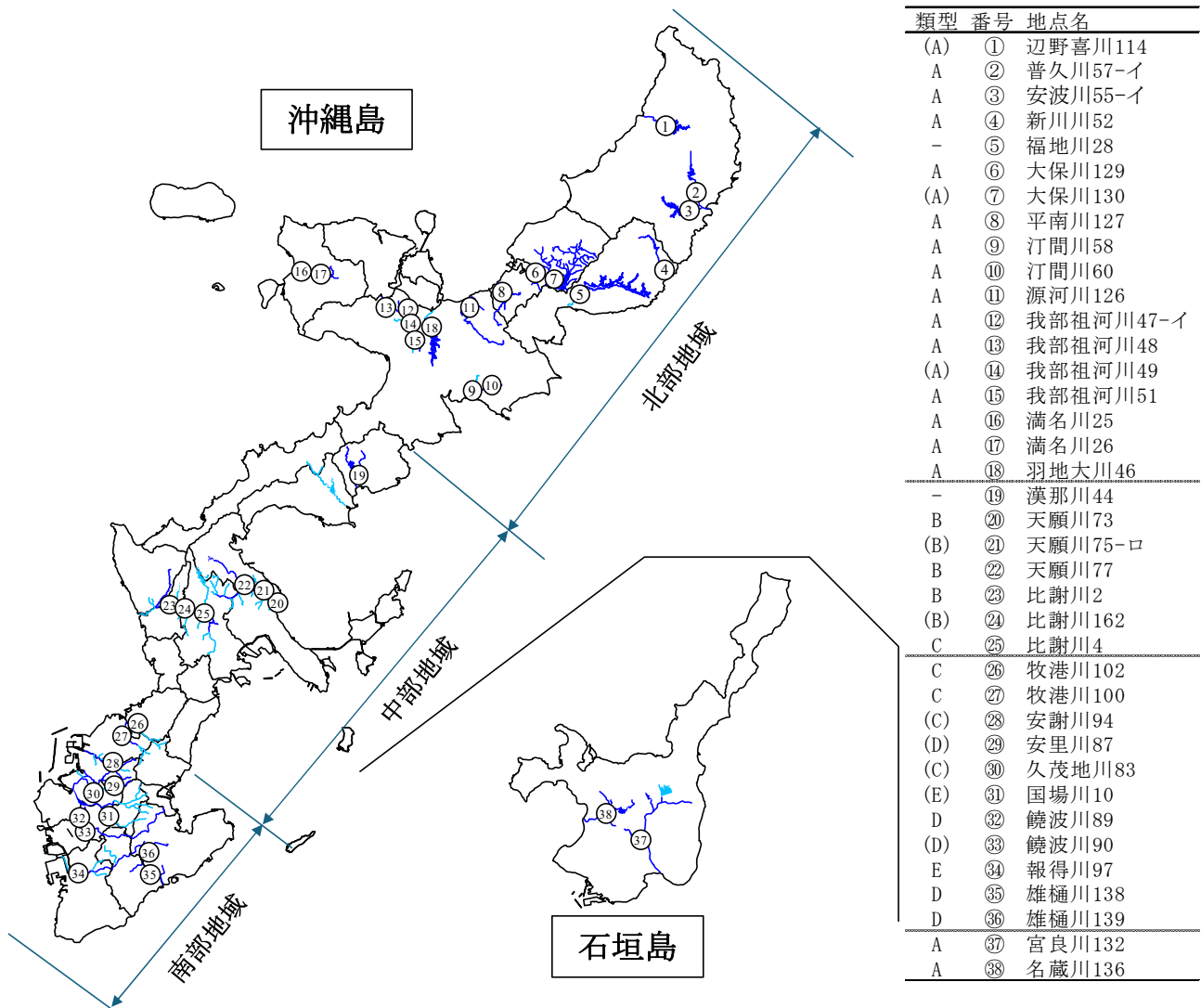


図1. 調査地点図. 類型欄の () なしは環境基準点, () 付きは補助点, 「-」は類型未指定を示す.

の測定は燃烧酸化-赤外線式自動計測法 (JIS K 0102-1 19.3:2021) ²⁾に準拠し実施した.

Ⅲ 結果および考察

1. 地域別の UV260/DOC の傾向

地点ごとの UV260/DOC の結果を図2, 水質タイプ別の UV260/DOC の文献値を表1に示した. 表1より UV260/DOC は自然河川で低く, 都市河川では高い傾向が示される.

表1. UV260/DOC の分類

水質タイプ	UV260/DOCの文献値 mAbs・cm ⁻¹ /mg・L ⁻¹
山間部の自然河川 ^{3,4)}	5-10
都市部の影響を受けた河川 ⁵⁾	15-25
下水処理水や都市排水 ⁶⁾	20-30

北部地域では平均値は 16.4 mAbs・cm⁻¹/mg・L⁻¹ と比較的低い値を示した. これは, 森林に囲まれた自然環境下の流域が多いことによるものだと考えられた. なお, 表1に示す山間部の自然河川における文献値 5-10 mAbs・cm⁻¹/mg・L⁻¹ の範囲内に2地点が該当した. 一方, 南部地域の平均値は 24.7 mAbs・cm⁻¹/mg・L⁻¹ と UV260/DOC が高く, 芳香族性有機物の割合が多い傾向が認められた. これは沖縄県内で都市部にあたる南部地域での生活排水や産業排水の影響を反映している可能性が示唆された. なお, 表1に示す下水処理水や都市排水における文献値 20-30 mAbs・cm⁻¹/mg・L⁻¹ の範囲内に11地点中10地点が該当した. 中部地域については, 平均値は 19.4 mAbs・cm⁻¹/mg・L⁻¹ と北部地域と南部地域との間の値を示した.

次いで, UV260 と DOC の散布図を図3に示す. 北部地域の河川は左下側に, 南部地域の河川は中央上側にプロットされる傾向がみられた. また, 両濃度が高くなるにつれて UV260/DOC も増加する傾向が認められた. こ

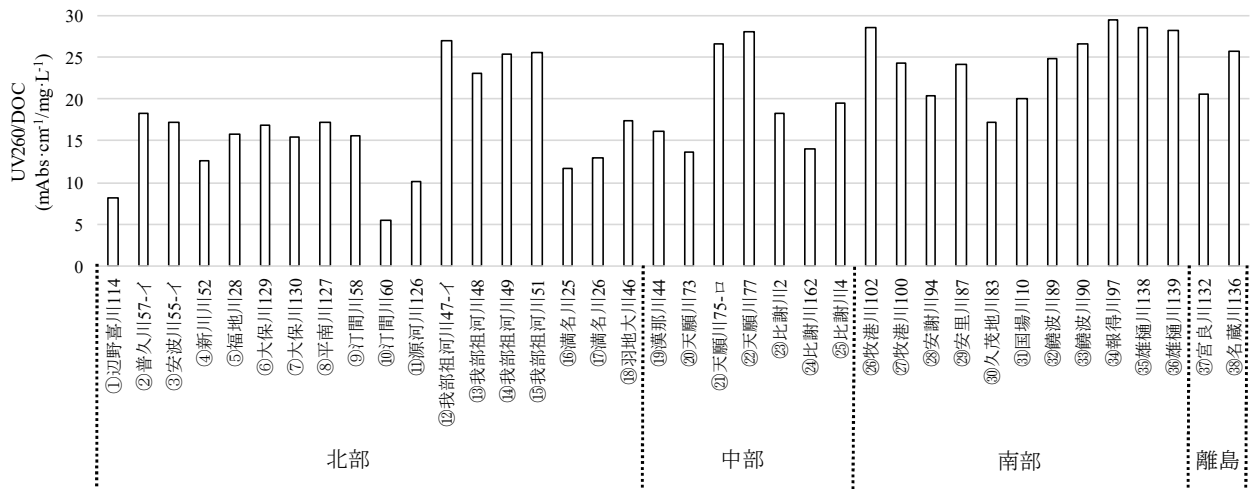


図 2. 調査地点における UV260/DOC.

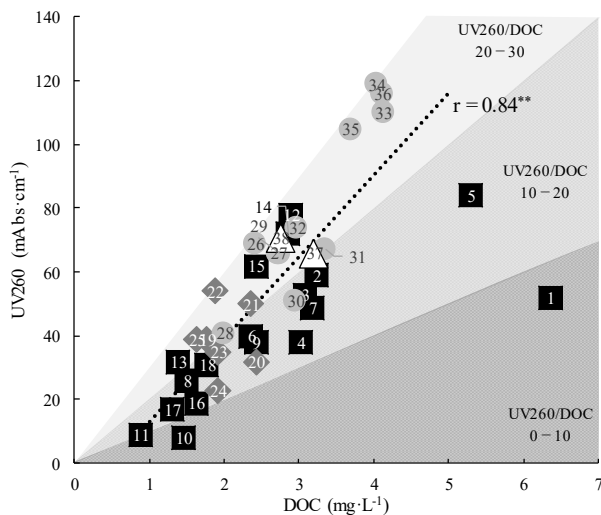


図 3. UV260 と DOC の散布図. □は北部地域, ◇は中部地域, ○は南部地域, △は離島地域, 数字は地点番号を示す. 近似直線 (点線) は外れ値 1 地点を除いた 37 地点を示す (**: $p < 0.01$).

これは、水中有機物の多くが紫外線を吸収する性質を有するため、紫外吸収度を示す UV260 と有機物総量を示す DOC が比例関係をとることに起因すると考えられる。実際、全 38 地点の相関解析では両者の間に有意な正の相関が確認され ($r = 0.69$, $p < 0.01$), 外れ値と判断された①辺野喜川 114 を除くと、相関はさらに強まった ($r = 0.84$, $p < 0.01$)。したがって、本調査河川においても両指標は概ね比例関係にあるといえるが、一部の地点では成分特性 (芳香族性や腐植物質の割合など) の違いにより外れ値が生じた可能性がある。自然河川では UV260, DOC および UV260/DOC がいずれも低いのに対し、都市河川では濃度の上昇とともに芳香族性の高い有機物の流入によって UV260/DOC が高まることが示唆された。

2. 特徴的な地点

北部地域では、我部祖河川 4 地点の平均値は $25.2 \text{ mAbs} \cdot \text{cm}^{-1}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ と同河川を除いた北部地域 14 地点の平均値の $13.9 \text{ mAbs} \cdot \text{cm}^{-1}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ を大きく上回った。また、北部地域内の河川の多くが図 3 のグラフ左下側にプロットされたのに対し、⑫我部祖河川 47-イ, ⑭我部祖河川 49 および⑮我部祖河川 51 の 3 地点は、グラフ中央付近にプロットされ DOC に対する UV260 が高い傾向を示した。既往の調査において当該流域には生活排水による影響の可能性が報告がされている⁸⁾。特に、⑮我部祖河川 51 においては過去 10 年間 (2014–2023 年) で 9 回環境基準 (BOD75%値) を超過している⁷⁾。よって、生活排水を主とした汚染の影響により UV260/DOC が高くなったと考えられた。一方、①辺野喜川 114 および⑩汀間川 60 の 2 地点はそれぞれ 8.2 および $5.5 \text{ mAbs} \cdot \text{cm}^{-1}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ と極めて低値であった。これらは上流にダムを有し、採取地点周辺には顕著な人為由来の汚染源は確認されなかったことから、溶存有機物中に紫外線吸収性の低い腐植物質が多く含まれている可能性が考えられた。

中部地域では、河口付近を除く天願川 2 地点の平均値は $27.3 \text{ mAbs} \cdot \text{cm}^{-1}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ であり、同じ中部地域を流れる比謝川 2 地点の平均値の $16.1 \text{ mAbs} \cdot \text{cm}^{-1}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ と明らかな差がみられた。天願川では、汚濁負荷量の 83% を生活排水が占めているという報告がある⁹⁾。特に、②天願川 77 については過去 10 年間 (2014–2023 年) で 3 回環境基準 (BOD75%値) を超過している⁷⁾。こちらも生活排水を主とした汚染の影響により UV260/DOC が高くなったと考えられた。

南部地域では、③報得川 97 が $29.5 \text{ mAbs} \cdot \text{cm}^{-1}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ と調査地点の中で最も高い値を示した。また、同地点に南部地域の③饒波川 90, ⑤雄樋川 138 および⑥雄樋川 139

を加えた4地点は、図3のグラフ中央上側に集中してプロットされる傾向が確認された。これらの河川はDまたはE類型と下位類型であり、人為由来汚染の影響が示唆されている。報得川については、汚濁負荷量の75%を生活排水が占めているという報告⁹⁾があり、^④報得川97では2022年度にはBOD75%値は24 mg/Lと高値を示し、環境基準を超過した⁷⁾。饒波川については、長堂川を含めた国場川全流域では汚濁負荷量の61%を生活排水が占めているという報告⁹⁾があり、^③饒波川90では2019年度にはBOD75%値は4.8 mg/Lと高値を示した⁷⁾。雄樋川については、汚濁負荷量の80%を畜舎排水が占めているという報告¹⁰⁾があり、^⑤雄樋川138では2017年度にはBOD75%値は5.5 mg/L、^⑥雄樋川139では2023年度には6.6 mg/Lと高値を示した⁷⁾。よって、これらの河川は生活排水または畜舎排水を主とした汚染の影響によりUV260/DOCが高くなったと考えられた。

離島地域では、^⑧名蔵川136が25.7 mAbs・cm⁻¹/mg・L⁻¹と比較的高値を示し、同じA類型の我部祖河川と同程度であった。また、同河川は、図3のグラフでは同じ石垣島内を流れる^⑦宮良川132より左側にプロットされ我部祖河川や南部地域の河川と類似した。同河川については、前述の河川とは異なり過去10年間(2014–2023年)のBOD75%平均値は0.7 mg/Lと低い⁷⁾。同河川の上流にはダムや畑が分布しているが、明確な汚染負荷源となる特定施設等は確認されなかった。福島ら¹¹⁾によると、腐植物質を多く含む畑や森林流出水でUV260/DOCが高値を示したことが報告されている。このことから、同河川におけるUV260/DOCの高値は必ずしも人為由来汚染に起因するとは限らず、森林由来の腐植物質の流出など自然由来の要因が寄与している可能性が考えられる。

IV まとめ

UV260/DOCは、単なる有機物濃度ではなく、有機物の質的性質に着目した水質評価を可能にする。本研究では、地域ごとの比較を通して、南部地域の都市化の影響や北部の自然河川の保全状態が定量的に示された。ただし、UV260/DOCの高値は必ずしも人為由来汚染を意味するわけではなく、自然由来の腐植物質による影響の可能性もある。したがって、UV260/DOCの解釈の際には、他の有機汚染指標(例えばBOD、COD、FDOM)や流域情報(土地利用)と組み合わせることが必要である。さらに、UV260/DOCは季節により変動しやすいことが知られているが¹⁾、本調査は夏季の採取に限定していたた

め、季節変動の影響は十分に評価されていない。今後は季節に応じた調査を行い、UV260/DOCに関する理解を深めることが望まれる。

V 参考文献

- 1) 細井健太郎・大森真貴子(2017) 香宗川における懸濁態及び溶存有機物の起源と富栄養化. 高知県衛生環境研究所報, 34 : 67–75.
- 2) 日本規格協会(2025) JISハンドブック 53 環境測定 II 水質. 日本規格協会, 東京都, pp.660–664.
- 3) Aiken, G. R., McKnight, D. M., Wershaw, R. L. and MacCarthy, P. (1985) Humic Substances in Soil, Sediment, and Water: Geochemistry, Isolation and Characterization. pp.527-559.
- 4) Thurman, E. M. (1985) Organic Geochemistry of Natural Waters. pp.304-312.
- 5) Leenheer, J. A. and Croué, J. P. (2003) Characterizing aquatic dissolved organic matter. Environmental Science and Technology, 37 (1) : 18A-26A.
- 6) Westerhoff, P. and Anning, D. (2000) Concentrations and characteristics of organic carbon in surface water in Arizona: influence of urbanization. Journal of Hydrology, 236 (3–4) : 202-222.
- 7) 沖縄県(2025) 令和5年度水質測定結果(公共用水域及び地下水). <<https://www.pref.okinawa.jp/kurashikankyo/kankyo/1004750/1004435/1004755/1018612/1004765.html>>. 2025年9月アクセス.
- 8) 沖縄県(2011) 我部祖河川流域実態調査業務報告書. 29pp.
- 9) 沖縄県(2025) 生活排水. <<https://www.pref.okinawa.jp/kurashikankyo/kankyo/1004750/1004435/1004755/1018616/1004766/index.html>>. 2025年9月アクセス.
- 10) 沖縄県(2025) 平成11年(1999年)第7回 沖縄県議会(定例会). <<https://www2.pref.okinawa.jp/oki/Gikairep1.nsf/GoZentai/19990705000000?OpenDocument#19990705090140>>. 2025年9月アクセス.
- 11) 福島武彦・今井章雄・松重一夫・井上隆信・小澤秀明(1997) 湖水溶存有機物の紫外吸光度: DOC比の特性とその水質管理への利用. 水環境学会誌, 20, 6 : 397–403.