

【調査研究】

見島湖の水質改善に向けた難分解性有機物等の実態把握に関する研究(第3報)
—見島湖内の実態調査まとめ—

Quantitative Estimation of Refractory Organic Matter and Other Substances for Water Quality Improvement in Lake Kojima(3rd Report)

-A Summary of the Actual Conditions Survey in Lake Kojima-

喜多真帆, 藤田和男, 浦山豊弘, 西村佳恵, 原田友昭

KITA Maho, FUJITA Kazuo, URAYAMA Toyohiro, NISHIMURA Yoshie, HARADA Tomoaki

要 旨

湖沼におけるCODが減少しない一因として難分解性有機物の影響が指摘されており、見島湖における難分解性COD及び難分解性有機物の実態を把握するため、令和4年度から6年度の3か年計画で調査を実施した。その結果、見島湖内のCOD平均値は7.5 mg/Lであり、このうち難分解性CODは63%(4.7 mg/L)を占めた。特に、難分解性の溶存態COD(以下「D-COD」という。)の割合(47%)が最も高かった。難分解性D-COD及び難分解性有機物の測定値は、かんがい期に上昇し、非かんがい期に低下する傾向が見られた。窒素及びりんは、生分解試験の前後で懸濁態から溶存態へと変化したまま残存することが確認され、生分解による減少はほとんど認められなかった。また、湖内4地点のUV/DOC比は21～37(mabs/cm)/(mg/L)であり、いずれの時期も土壌由来のDOMの影響があると考えられた。さらに、見島湖では非かんがい期に比べ、5月を含めたかんがい期に土壌由来のDOMの影響が強くなる傾向が確認された。

[キーワード：見島湖 難分解性COD 難分解性有機物 UV/DOC比]

[Key words : Lake Kojima Hard-to-degrade COD Hard-to-degrade organic matter UV/DOC ratio]

1 はじめに

見島湖は岡山県南部に位置する人造湖で、昭和34年に干拓地における農業用水の確保や塩害防止を目的として造成された。以来、県下最大の干拓地で水田農業の近代化を支えてきたが、流域の人口増加や産業の活発化により水質汚濁が進行したため、昭和60年に湖沼水質保全特別措置法に基づく指定湖沼に指定された。そこで岡山県では、5年ごとに定める「見島湖に係る湖沼水質保全計画」¹⁾に基づき、国、県、流域市町、県民、事業者等が一体となり、ハード及びソフト両面の対策を推進している。その結果、水質は長期的にみると改善傾向にあるものの、CODは平成18年頃から7～8mg/Lで横ばい傾向となっている。見島湖の水質汚濁に係る環境基準は、昭和46年12月28日付環境庁告示59号(以下「告示」という。)による湖沼のB類型に指定され、CODの基準値は5mg/L以下と定められているが、達成できていない状況が続いている。

他の湖沼等では、微生物では分解されにくい難分解性有機物の割合の増加が指摘されている^{2)～5)}が、見島湖における知見は乏しい。そこで、当センターでは、令和4年度から6年度の3か年計画で見島湖内の難分解性

有機物の実態調査を実施してきた。本報では、これまでに実施した調査の結果を取りまとめて報告する。

2 調査方法

2.1 試料採取

令和4年11月から令和6年8月までの2年間、各年の11月、2月、5月、8月(合計8回)に、図1に示す見島湖内4地点(締切堤防(樋門)(以下「樋門」という。)、湖心、笹ヶ瀬川河口部及び倉敷川河口部)でポリ容器に湖水を直接採取した。

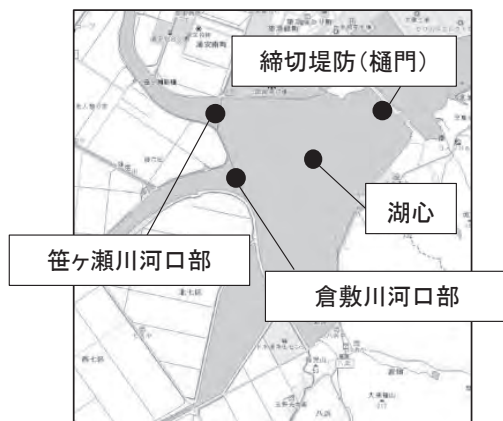


図1 調査地点図

2.2 生分解試験

既報^{6), 7)}に示したとおり、生分解試験はあらかじめ450℃で4時間加熱処理した5L広口ガラスビンに採取した各試料2Lを入れ、アルミホイルでガラスビンの口を完全密封しない程度に覆い、20℃の恒温状態の暗所で100日間200rpmに設定したマグネチックスターラーを用いて常時かくはんを行った。

試料処理方法は既報^{6), 7)}で示したとおり、試料採水日を0日目とし、100日後に残存するCODを難分解性COD、100日目までに減少したCODを易分解性CODとした。同様に100日後に残存する有機物を難分解性有機物、100日目までに分解される有機物を易分解性有機

物とした。

2.3 有機物濃度等の測定方法

各項目の分析方法を表1に示す。なお、ガラス繊維ろ紙(Whatman GF/F)はあらかじめ450℃で2時間強熱処理したものを使用した。

3 結果及び考察

3.1 難分解性CODと難分解性有機物

図2～5に地点別の難分解性及び易分解性の溶存態COD(以下「D-COD」という。)並びに難分解性及び易分解性の懸濁態COD(以下「P-COD」という。)の測定結果をそれぞれ示す。なお、令和5年8月の湖心は生分解試

表1 各項目分析方法

分析項目	分析方法
COD	JIS K0102 17 100℃における過マンガン酸カリウム酸素消費量
溶存態COD(D-COD)	ろ紙(WhatmanGF/F)でろ過したろ液のCODを測定
懸濁態COD(P-COD)	COD - (D-COD)
TOC	JIS K0102 22.2 燃烧酸化-赤外線式TOC分析法(島津製作所製TOC-L)
溶存態TOC(DOC)	ろ紙(WhatmanGF/F)でろ過したろ液のTOCを測定
懸濁態TOC(POC)	TOC - DOC
全窒素(T-N)	JIS K0102 45.6 流れ分析法(ビーエルテック製SWAAT28)
溶存態窒素(D-N)	ろ紙(WhatmanGF/F)でろ過したろ液のT-Nを測定
全リン(T-P)	JIS K0102 46.3.4 流れ分析法(ビーエルテック製SWAAT28)
溶存態リン(D-P)	ろ紙(WhatmanGF/F)でろ過したろ液のT-Pを測定
UV(波長260nmにおける吸光度)	ろ紙(WhatmanGF/F)でろ過したろ液を塩酸でpH2に調整後、波長260nmの吸光度を測定(島津製作所製UV-1900i)

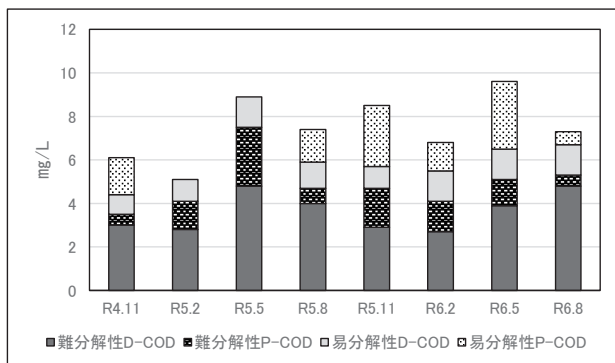


図2 易分解性及び難分解性COD(樋門)

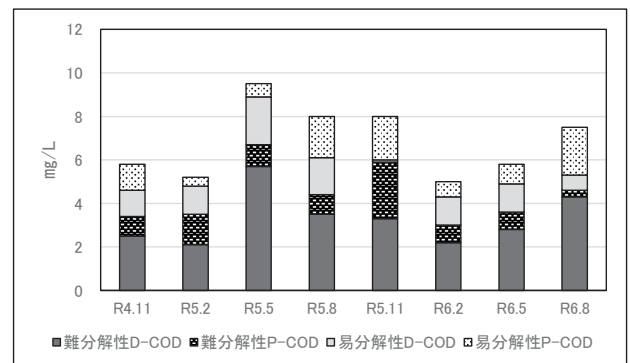


図4 易分解性及び難分解性COD(笹ヶ瀬川河口部)

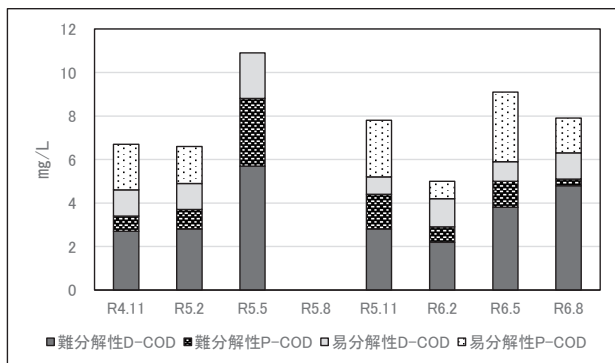


図3 易分解性及び難分解性COD(湖心)

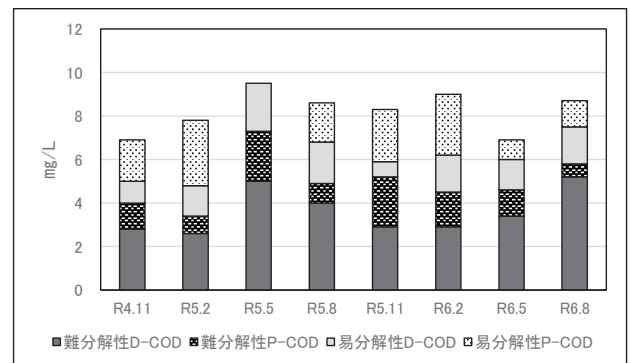


図5 易分解性及び難分解性COD(倉敷川河口部)

験後の水量が減少していたため、意図しない蒸散が生じたと判断し、欠測とした。全4地点の2年間の平均はCOD7.5mg/Lに対し、難分解性COD4.7mg/L、難分解性COD比率は63%であり、環境基準値に近い濃度の難分解性CODが湖内に存在していることが示唆された。湖内のCODの内訳は、難分解性D-CODが47%、難分解性P-CODが17%、易分解性D-CODが17%、易分解性P-CODが19%であり、難分解性D-CODは、難分解性COD全体の約7割を占めていた。また、難分解性D-CODの測定値は地点間による差異が少なく、かんがい期(6月1日から9月30日まで)⁸⁾である8月に向けて上昇し、非かんがい期である2月に向けて低下する傾向がみられた。

図6～9に地点別の難分解性及び易分解性の溶存態TOC(全有機炭素)(以下「DOC」という。)並びに難分解性及び易分解性の懸濁態TOC(以下「POC」という。)の測定結果をそれぞれ示す。TOCの内訳は、難分解性DOCが56%、難分解性POCが6%、易分解性DOCが18%及び易分解性POCが19%であり、難分解性DOCは、難分解性有機物全体の約9割を占めていた。難分解性DOCの測定値は、地点間による差異が少なく、かんがい期である8月に向けて上昇し、非かんがい期である2月に向けて低下する傾向がみられ、CODの傾向と似通っていた。これは、CODとTOCは相関があり近似的二

次曲線で表現できる傾向があるため^{9)・10)}だと考えられる。しかしながら、難分解性COD及び難分解性有機物に占める溶存態の割合がそれぞれ約7割及び約9割と異なっていた理由については、現時点では不明である。そのため、今後も調査を継続して原因を究明する必要があると考える。

3.3 生分解試験前後の全窒素と全りん

児島湖は、告示に基づきV類型に指定され、全窒素1.0mg/L以下及び全りん0.1mg/L以下の環境基準値が定められているが、近年、湖内4地点の全窒素は1.1～1.2mg/L、全りんは0.17～0.27mg/Lで推移しており⁸⁾、環境基準の達成が困難な状況が続いている。

図10～13に地点別の生分解試験前(以下「0day」という。)と生分解試験後(以下「100day」という。)の全窒素(T-N)濃度とT-N濃度に占める溶存態窒素(D-N)濃度の割合(以下「D-N比率」という。)を示す。T-N濃度については、湖内4地点のいずれの時期においても0dayと100dayの測定値に大きな差はみられなかったが、D-N比率については、湖内4地点の全ての時期で100dayが0dayを上回っていた。

図14～17に地点別の0dayと100dayの全りん(T-P)濃度とT-P濃度に占める溶存態りん(D-P)濃度の割合(以下「D-P比率」という。)を示す。T-P濃度については、T-N濃度と同様に湖内4地点のいずれの時期において

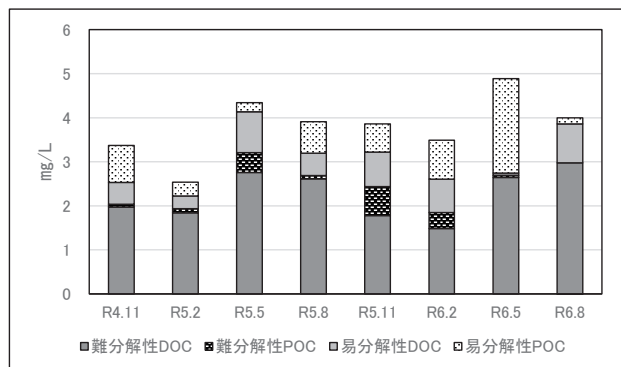


図6 易分解性及び難分解性有機物(樋門)

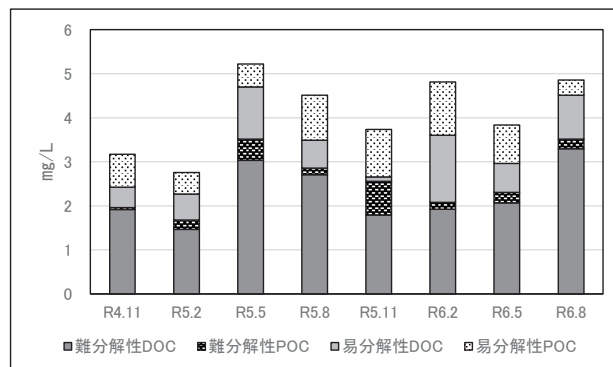


図8 易分解性及び難分解性有機物(笹ヶ瀬川河口部)

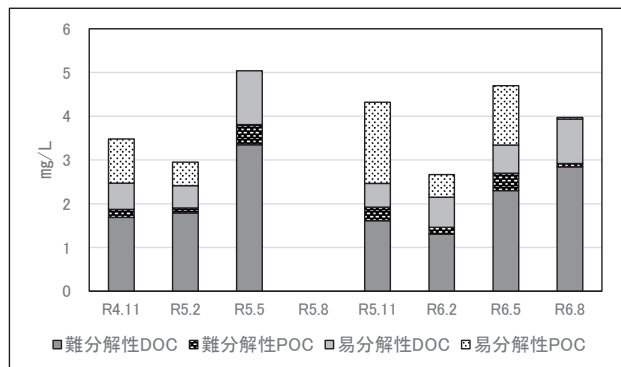


図7 易分解性及び難分解性有機物(湖心)

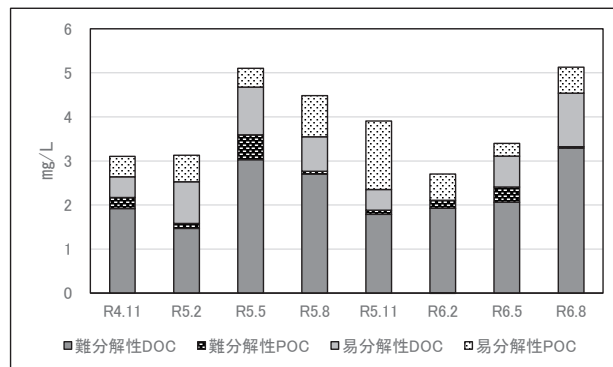


図9 易分解性及び難分解性有機物(倉敷川河口部)

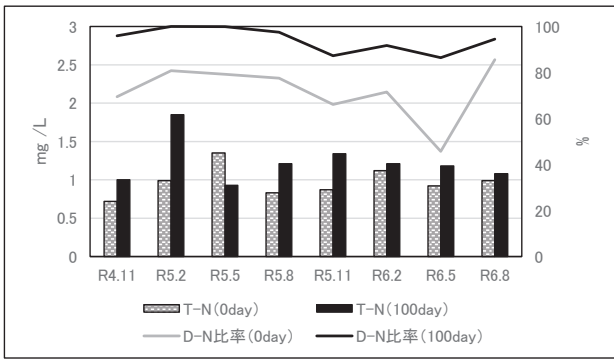


図 10 T-N 濃度 (樋門)

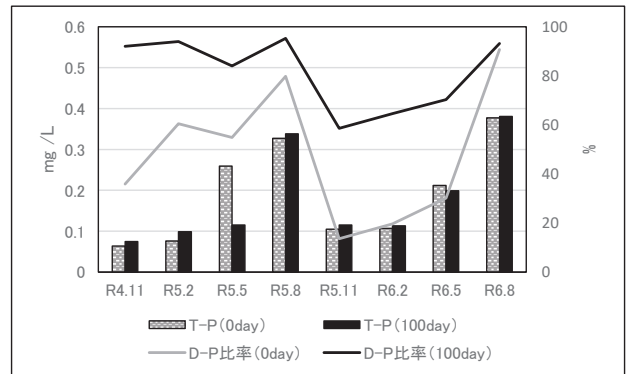


図 14 T-P 濃度 (樋門)

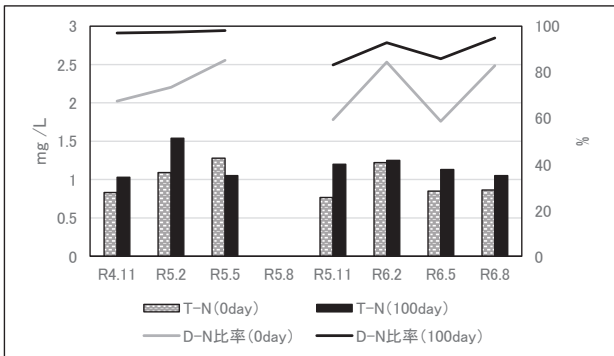


図 11 T-N 濃度 (湖心)

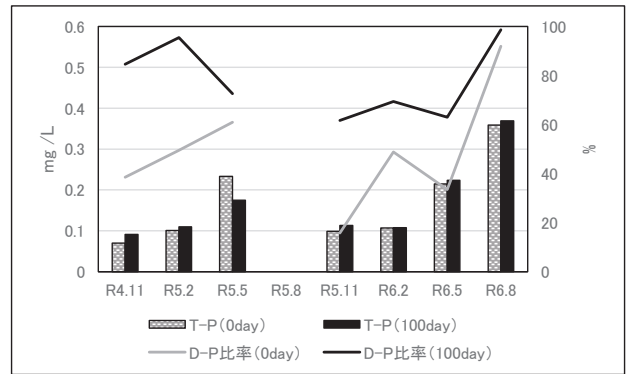


図 15 T-P 濃度 (湖心)

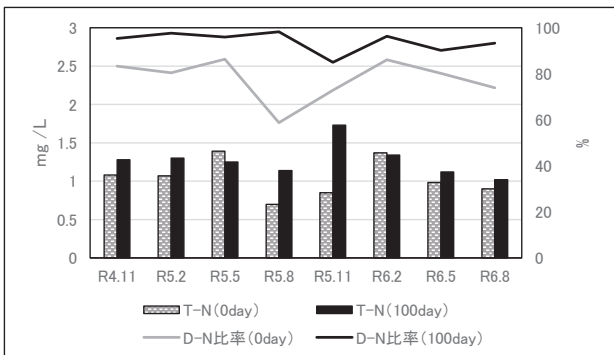


図 12 T-N 濃度 (笹ヶ瀬川河口部)

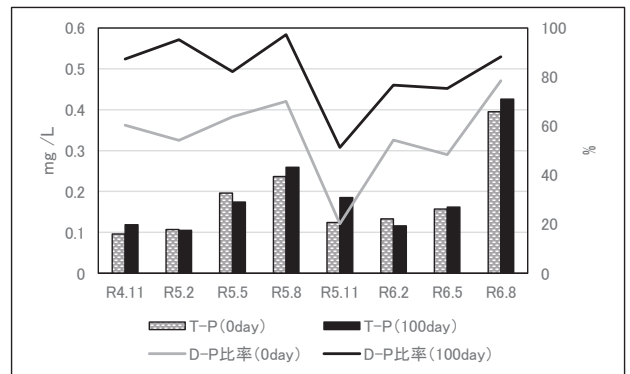


図 16 T-P 濃度 (笹ヶ瀬川河口部)

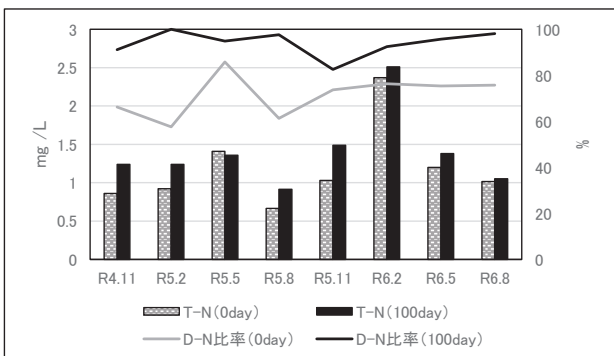


図 13 T-N 濃度 (倉敷川河口部)

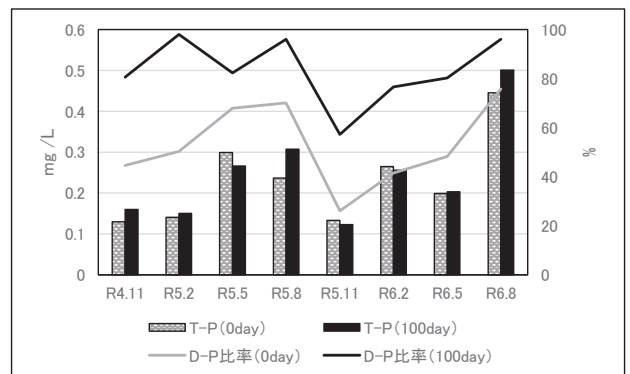


図 17 T-P 濃度 (倉敷川河口部)

も 0day と 100day の測定値に大きな差はみられなかったが、D-P 比率については、湖内 4 地点の全ての時期で 100day が 0day を上回っていた。

これらの結果は、窒素及びりんは生分解試験において懸濁態から溶存態に変化するもののおおむね残存することを示唆しており、生分解による大幅な減少は見込めないと考えられた。淀川、大和川流域及び海域における調査でも同様の報告がされている¹¹⁾。

3.4 発生源の推定 (UV/DOC 比)

波長 260nm の紫外線吸光度 (UV) と DOC の比 (UV/DOC 比) は水塊によって異なり、土壌由来の DOM の UV/DOC 比は 23 ~ 58 (mabs/cm) / (mg/L), 内部生産由来の UV/DOC 比は 12 (mabs/cm) / (mg/L), 生活排水や下水処理場由来の UV/DOC 比は 10 ~ 17 (mabs/cm) / (mg/L) と報告されている^{12)~14)}。図 18 に地点別の生分解試験前の UV/DOC 比を示す。湖内 4 地点の UV/DOC 比は 21 ~ 37 (mabs/cm) / (mg/L) であり、いずれの時期も土壌由来の DOM の影響があると考えられた。

また、令和 5 年、6 年のいずれも、5 月と 8 月の UV/DOC 比は、他の時期と比較して高い傾向が認められた。児島湖流域の稲作地帯は、6 月 1 日から 9 月 30 日までがかんがい期とされているが、本調査では、かんがい期に先立つ 5 月にも土壌由来の DOM の影響が強くなる傾向が認められた。そのため、児島湖ではかんがい期を考慮して発生源の推定を行う必要があると考える。

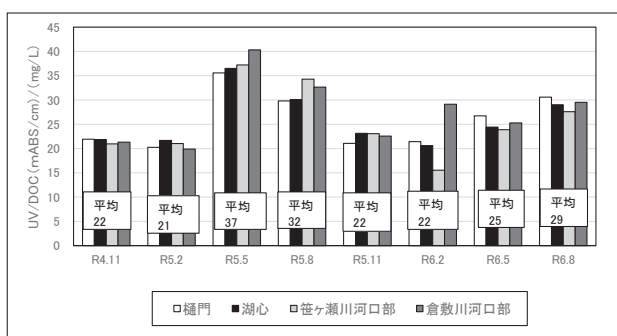


図 18 UV/DOC 比 (地点別)

まとめ

- 湖内の COD の平均値は 7.5 mg/L で、このうち難分解性 COD は 63% (4.7 mg/L) であった。また、難分解性 D-COD (47%) の割合が最も大きかった。
- 難分解性 COD 及び難分解性有機物に占める溶存態の割合がそれぞれ約 7 割及び約 9 割と異なっていた理由については、現時点では不明である。そのため、今後調査を継続して原因を究明する必要がある。

- 難分解性 D-COD 及び難分解性 DOC の測定値は地点間による差異が少なく、かんがい期 (6 月 1 日から 9 月 30 日まで) である 8 月に向けて上昇し、非かんがい期である 2 月に向けて低下する傾向がみられた。
- 窒素及びりんは、生分解試験において懸濁態から溶存態に変化したまま残存することが示唆され、生分解による大幅な減少は見込めないと考えられた。
- UV/DOC 比から、児島湖では、かんがい期に先立つ 5 月にも土壌由来の DOM の影響が強くなることが示唆された。

文 献

- 岡山県：児島湖に係る第 8 期湖沼水質保全計画, (令和 4 年 3 月), 2022
- 岸本直之：栄養塩不足による溶存有機物の難分解化の実態について, 水環境学会誌, 47 (10), 360-364, 2024
- 陣野宏宙, 浦 伸孝, 桑岡莉帆, 橋本京太郎, 植野康成：諫早湾干拓調整池等における有機物特性に関する研究, 水環境学会誌, 42 (4), 177-184, 2019
- 岡本高弘, 佐藤祐一, 早川和秀, 古角恵美：難分解性有機物を含めた有機物による琵琶湖の水質汚濁メカニズムについて, 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター研究報告書, 5, 25-35, 2009
- (公財)琵琶湖・淀川水質保全機構 琵琶湖・淀川水質浄化研究所：琵琶湖・淀川流域の難分解性有機物に関する調査・分析の手引書(案)〈概要版〉, (平成 28 年 12 月), 2016
- 喜多真帆, 北村雅美, 沖 拓哉, 林ひかる, 坂口浩範：児島湖の水質改善に向けた難分解性有機物等の実態把握に関する研究(第 1 報), 岡山県環境保健センター年報 47, 15-18, 2023
- 喜多真帆, 北村雅美, 西村佳恵, 沖 拓哉, 坂口浩範：児島湖の水質改善に向けた難分解性有機物等の実態把握に関する研究(第 2 報), 岡山県環境保健センター年報 48, 11-16, 2024
- 岡山県：児島湖ハンドブック, (令和 7 年 3 月), 2025
- 佐藤紗知子, 嵯峨友樹, 江角敏明, 野尻由香里, 崎 幸子ら：公共用水域における有機物指標としての TOC の重要性, 陸水学雑誌, 78, 59 - 65, 2017
- 藤井滋穂, 宗宮 功：CODCr 測定および利用に関する 2, 3 の知見, 水質汚濁研究, 第 10 巻, 第 10 号,

631 - 634, 1987

- 11) 吉田光方子：大阪湾流入の陸域由来による大阪湾海域の難分解性有機物及び窒素、リンに関する研究，平成 25 年度特定非営利活動法人瀬戸内海研究会議大阪湾海域研究助成制度 成果報告書，2013
- 12) 環境省国立環境研究所：湖沼において増大する難分解性有機物の発生原因と影響評価に関する研究(特別研究)平成 9～11 年度，国立環境研究所特別研究報告 SR-36-2001，2001
- 13) 福島武彦，今井章雄，松重一夫，井上隆信，小澤秀明：湖水溶存有機物の紫外部吸光度：DOC 比の特性とその水質管理への利用，水環境学会誌，20，397 - 403，1997
- 14) 安田能生弘，古澤佑一，川畑陵介，牧野雅英，亀井としら：河北潟における難分解性有機物に関する実態調査(最終報)，石川県保健環境センター研究報告書，52，1 - 6，2015
- 15) 古田世子，池谷仁里，池田将平，藤原直樹，岡本高弘ら：琵琶湖に棲息する緑藻 *Staurastrum arctiscon* (Desmidiaceae) の生分解特性に関する研究，水環境学会誌，37(3)，103-109，2014
- 16) 岡山県：令和 6 年度指定湖沼汚濁負荷量削減状況調査報告書，(令和 7 年 2 月)，2025