

湖山池の湖水中に含まれる難分解性有機物量に関する研究

【水環境室】

小川美緒・南條吉之・永美敏正・若林健二・山本浩康・奥田益算・初田亜希子

Study on recalcitrant organic substance quantity which is included for the lake water of Lake Koyamaike

Mio OGAWA, Yoshiyuki NANJO, Toshimasa NAGAMI, Kenji WAKABAYASHI, Hiroyasu YAMAMOTO, Masukazu OKUDA, Akiko HATSUDA

Abstract

In the lake water of Koyamaike, recalcitrant organic substance of COD average 2.71mg/l and TOC average 1.98mg/l exists. 5 and discharge of waste water disposal facility were sampled from 3 places in respect of the river water which flowed into Lake Koyama. The microbial degradation test was carried out (for 8 weeks, it is aerated by room temperature and negative condition). The recalcitrant organic substance quantity was calculated. As the result, the river water of main "Oteraya" was 9.78mg/l, and the discharge of agriculture colony effluent treatment facility of "Matsuho" was 6.47mg/l in the domestic sewage. The concentration was high. The proportion for COD of the recalcitrant organic substance was Lake Koyama, and they were about 60%, and in the discharge of the waste water disposal facility, they were 100% almost. River water of "Oteraya" of which the concentration was very high was 50%. 90% occupied the other river water in recalcitrant organic substance. River water of "Tougan" is 34,311kg/years, and river water of "Edagawa" is 28,737kg/years, it was abounding for. Contribution ratio to recalcitrant organic substance which was included for lake water was 17% and 14% each.

1 はじめに

近年、多くの湖沼において、流域発生源対策が行われているにもかかわらず湖内の化学的酸素要求量 (COD) は思うように減少していない。全国の湖沼の環境基準達成率は依然として40%で推移し、アオコや赤潮が頻繁に見られる。湖山池においても、下水道、農業集落排水処理施設等が設置され、湖内対策として浚渫が行われているが、環境基準湖沼A類型を達成できず、時々アオコが発生する湖沼となっている。環境基準湖沼A類型を達成しない原因の一つとして難分解性有機物の存在が考えられ、調査を行った結果、COD値のうち約6割が難分

解性有機物であり、湖水中に2～3mg/l程度存在していることが明らかとなった¹⁾。

難分解性有機物とは、微生物分解が出来ない有機物の総称で、湖水や河川水の主な難分解性有機物は、フミン酸やフルボ酸といった腐食物質や生物が分解し切れずに残った堆積物中の親水性酸 (糖酸、アミノ酸、ヒドロキシ酸など) であるという報告がある²⁾。その形態はFig. 1に示すように単一の化合物ではなく、フェノール性水酸基やカルボキシル基など種々の高分子弱酸を含んだ不均一な複合体である³⁾。難分解性有機物の及ぼす影響として、上水の塩素処理により発ガン物質であるクロロホルムなどのトリハロメタン生成に関わることや金属イオン

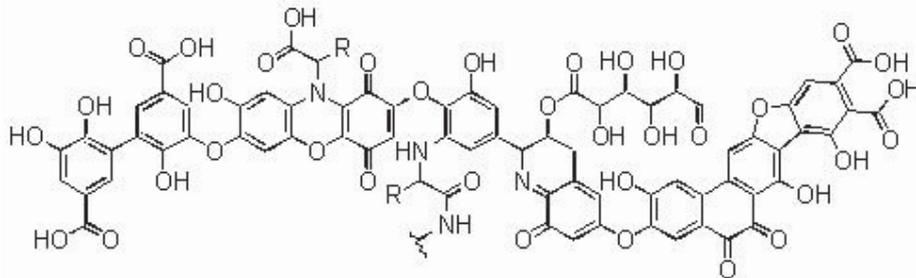


Fig. 1 Structural model of cauterization agent

と安定した錯体を形成するため、鉄不足により植物プランクトンの増殖が抑制されるといった生態系への影響が懸念されている²⁾。

また、銅などの有害金属に対する凝集能、六価クロムの無毒還元、地中の微量元素との錯体形成による拡散が報告されており⁴⁾、良い面にも悪い面にも作用している。

これらの背景から、湖水中に存在する難分解性有機物の流入源と考えられる河川水、污水处理施設放流水について難分解性有機物の排出量を調査し、効果的な削減対策への基礎資料を得ることを目的に考察した。

2 実験方法

1) 調査対象地点

調査対象地点は、湖山池に流入する河川28本のうち、堀越、大寺屋、千代川の支流である東岸、枝川、長柄川の5本、污水处理施設7箇所のうち吉岡処理区(接続人口1579人、H15年)、松保処理区(接続人口856人、H15年)、福井処理区(接続人口202人、H15年)の3箇所について調査を行った(Fig. 2)。

2) 微生物分解試験

試料20 l 採水後、3分間ポリタンクを振とうさせて必要量を採り、ろ過したものとそのままの試料についてBOD、COD、TOCを測定した。ろ紙は、whatman[®]CF/Cガラスフィルター47mmを使用した。BODはJIS-K0102の21の方法で、CODはJIS-K0102の17の方法に従って行っ

た。TOCは、そのままの試料においては直前に10秒間攪拌を行いSHIMADZU TOC-5000全有機炭素計で測定した。残りの試料は、室温(18~25)で8週間、暗条件で曝気を行い、週に一度同様にBOD、COD、TOCを測定した。

3) 難分解性有機物量算出方法

CODとTOCについて毎週の測定値から指数平滑法による計算式を表し、最終測定値の指数平滑値を難分解性有機物量(mg/l)とした。

指数平滑法とは、時系列データから将来値を予測する際に利用される代表的な時系列分析手法であり、測定データのうちより新しいデータに重みを付け過去になるほど指数関数的に減少した少ない重みを掛けて移動平均を算出する加重平均法の一つである。計算式は以下のとおりである。

$$\text{予測値} = \alpha \times \text{前回実績値} + (1 - \alpha) \times \text{前回予測値} = \text{前回予測値} + \alpha \times (\text{前回実績値} - \text{前回予測値})$$

つまり、一つ前の実績値が予測値からどれほど外れたかを算出し、それに一定の係数 α を掛けた修正値を、一つ前の週の予測値に加減して新しい週の予測値を導き出している。これにより、特異な実測値があった場合には影響が出過ぎることは避けられ、微生物分解試験を行って得られた難分解性有機物量がほぼ正確に算出される。

4) 排出量等調査方法

河川水は、流速計による測定値(m/s)に断面積(m²)を乗じて流量(m³/s)を算出し、污水处理施設放流水につ

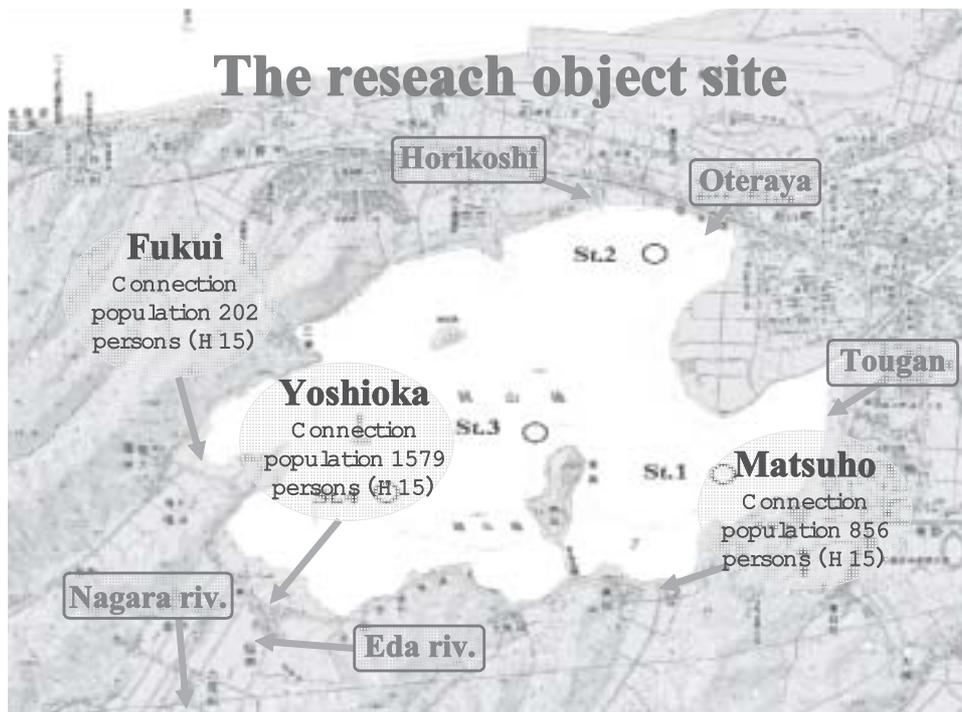


Fig. 2 Research object site

いては、H15年度汚水処理施設接続人口⁵⁾に240 (1/人/日)⁶⁾を乗じて単位を揃え排水量 (m³/s) 算出した。

湖山池は、表面積約6.8km²、平均水深約2.8m⁷⁾、滞留時間99日⁷⁾、貯水量19,200,000m³⁷⁾である。貯水量に難分解性有機物量をCOD値平均2.71mg/l¹⁾あるいはTOC値平均1.98mg/l¹⁾を乗じて、滞留時間99日の平均瞬間難分解性有機物量を算出し、365日から99日を割った値3.68を乗じて湖水中の年間蓄積量を算出した。

枝川及び長柄川の流量は「湖山池環境負荷削減事業」に係る鳥取大学工学部提供流量データのH14.4～H16.11の下流データの平均値を使用した。

これらのデータから、河川水や汚水処理場放流水の難分解性有機物量の年間排出量及びそれらの湖山池に蓄積する難分解性有機物量への寄与率を求めた。

3 結果及び考察

1) 各採水地点に存在する難分解性有機物

各採水地点から8週間の微生物分解を行い指数平滑法で算出した難分解性有機物について、Table 1に示した。

その結果、COD値は大寺屋の河川水が18.99mg/lとかなり高かった。微生物分解後に得た難分解性有機物濃度は9.78mg/lと半減したがそれでも高く、大寺屋の河川水は住宅密集地域を流れており家庭雑排水が直接流れ出ている個所もあるのが原因と考えられる。

次に農業集落排水処理施設放流水の難分解性有機物量は4～5mg/lと高い。初期COD値との差も少なくBOD値を各処理工程によって下げることが可能であるが、BOD値に影響されない難分解性有機物の存在は除去されていないことがいえる。その他の河川水については人口密集地域を流域にもつ枝川が初期COD値、難分解性有機物値とも高かった。

本研究では試料全量中の難分解性有機物として考察した。溶存態という見地からみれば、長枝川に存在する難分解性有機物のうち溶存態は5割余りと少なかったが、他の地点においてはおよそ7～8割が溶存態の有機物であった。

CODの難分解性有機物が占める割合については、難分解性有機物の算出法の関係から100%を超える結果も出たが、概ね人口密集地域を流れる河川水については大寺屋が5割、枝川が7割程度であるが、その他の河川水や汚水処理施設放流水については湖山池に排出されるCOD値の9割以上が難分解性有機物で占められていたことがいえる。

2) 各採水地点に存在する難分解性有機物の湖山池への排出量

各採水地点に存在する難分解性有機物の湖山池への排出量について河川の流量や汚水処理量から求めた結果をTable 2に示した。

その結果、湖山池の年間蓄積量は1.91×10⁵kg/年であった。湖山池への流入水の年間排出量は千代川支流の東岸が3.43×10⁴kg/年、枝川が2.87×10⁴kg/年と多かった。これらは人口密集地域を流れる河川であった。人為的な排出が自然由来の流出かは不明である。汚水処理場放流水について難分解性有機物濃度は高いが排出量としての影響は比較的小さかった。しかしながら処理施設からの排出は無視出来ない状況である。

3) 各採水地点に存在する難分解性有機物の湖山池への寄与率

各地点の年間排出量を湖山池の年間蓄積量で割って算出した難分解性有機物の湖山池への寄与率(%)は、Fig. 3のとおりであった。今回調査した汚水処理施設放流水3地点、河川水5地点から排出する難分解性有機物量の合計で湖水中の難分解性有機物存在量の4割を占めた。

今回調査を行った地点以外にも難分解性有機物の蓄積の原因として、微生物由来の堆積物など湖沼内部で生産

Table 1 Recalcitrant organic substance of the each point

Collecting place		After collected COD (mg/l)	The recalcitrance COD			Recalcitrant content rate (%)
name	division		COD (mg/l)	D-COD (mg/l)	dissolution rate (%)	
Oteraya	river water	18.99	9.78	7.81	79.8	51.5
Horikoshi	river water	2.98	2.69	2.21	82.1	90.3
tougan	river water	2.50	2.72	2.14	78.6	108.8
Eda riv.	river water	5.44	4.05	3.07	75.8	74.4
Nagara riv.	river water	3.58	3.68	2.06	55.9	102.8
Yoshioka	treated sewage	5.02	4.40	3.31	75.2	87.6
Fukui	Agriculture colony drainage	5.26	5.12	4.40	85.9	97.3
Matsuho	Agriculture colony drainage	6.08	6.47	5.70	88.0	106.4

Table 2 The discharge of recalcitrant organic substance of the each point

Collecting place		The recalcitrance COD (mg/l)	Flow rate		For first discharge (kg/day)	discharge /year (kg/year)
name	division		(m^3/s)	(kg/day)		
Oteraya	river water	9.78	3.15×10^{-2}	2.72×10^6	26.6	9.71×10^3
Horikoshi	river water	2.69	6.46×10^{-3}	5.58×10^5	1.50	548
tougan	river water	2.72	4.00×10^{-1}	3.45×10^7	94.0	3.43×10^4
Eda riv.	river water	4.05	2.25×10^{-1}	1.94×10^7	78.7	2.87×10^4
Nagara riv.	river water	3.68	6.90×10^{-2}	5.96×10^6	21.9	8.00×10^3
Yoshioka	treated sewage	4.40	4.39×10^{-3}	3.78×10^5	1.67	608
Fukui	Agriculture colony drainage	5.12	5.61×10^{-4}	4.84×10^4	0.25	90
Matsuho	Agriculture colony drainage	6.47	2.38×10^{-3}	2.05×10^5	1.33	485
Collecting place		The recalcitrance COD (mg/l)	impoundment		The recalcitrance COD quantity the average the moment (kg/99days)	for accumulation /year (kg/year)
The average of lake water 4 sites			(m^3)	residence time		
Koyamaike		2.71	1.92×10^7	99 days	5.20×10^3	1.91×10^5

されたものが考えられる。湖山池のCOD平均値は4.70 mg/l (H9年~H17年の平均値 $n=96$)⁸⁾のうち38.6%が湖沼の内部生産によるものである⁹⁾。難分解性有機物がCODの6割を占めるとすると、内部生産による難分解性有機物量は濃度で約1mg/lということになる。これが4割近くを占めることが考えられる。残りは、今回調査対象にならなかった流入河川23本(福井川、三山口川を除いては小河川のみ)、污水处理施設4箇所由来であるものと考えられる。

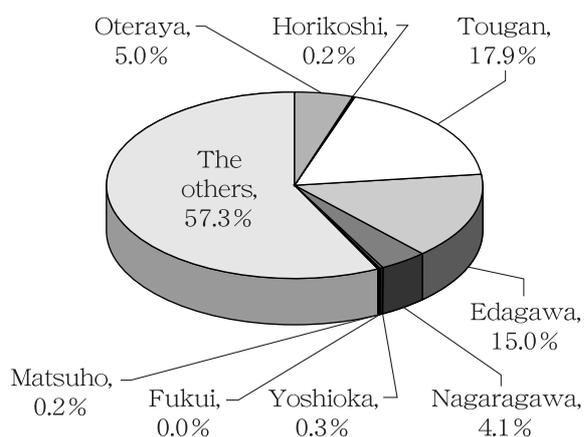


Fig. 3 The contribution ratio of recalcitrant organic substance to Koyamaike

4) CODとTOCについての考察

湖沼の環境基準がCOD値によるため、これまで難分解性有機物がCOD値について考察してきた。しかしながら、有機物絶対量の観点から言えば、TOC値による考察も必要である。水道水においては2003年の改正により従来の過マンガン酸カリウムのCODに変えてTOCが採

用されている。本研究ではTOCによる考察も併せておこなった。難分解性有機物のTOCに関する結果をTable 3にまとめた。

これによると、各地点の採水後のTOC値はCOD値に比例している結果であった。微生物分解試験後の難分解性有機物濃度をCOD値と比較して見ると、大寺屋においてCODによると難分解性有機物が半分含まれていたのに対し、TOCでは難分解性有機物は4分の1程度しか含まれていなかった。大寺屋の難分解性有機物のCOD値は無機的な酸素要求量の影響によって高い値となった可能性も考えられる。また、湖山池への寄与率も全ての地点の年間排出量は3割程度であった。有機物量をTOC値で判断するかCOD値で判断するかによって考察が違ってくる可能性が考えられる結果となった。

4 まとめ

本研究では、湖山池に流入する河川水5本と污水处理施設放流水3箇所について難分解性有機物量を調査した結果、以下の結論及び今後検討すべき点が得られた。

- 1) 湖山池湖水に流入する河川水28本のうち5本、污水处理施設放流水7箇所のうち3箇所について難分解性有機物量を測定した結果、住宅密集地域を流れる大寺屋の河川水が 9.78mg/l と高く、農業集落排水処理施設放流が $4\sim 5\text{mg/l}$ と高かった。污水处理施設放流水については、BOD値に影響されない難分解性有機物の存在が除去されていないことがいえる。除去技術が課題となる。

Table 3 TOC data of the recalcitrant organic substance

Collecting place		After collected TOC (mg/l)	The recalcitrance TOC			Recalcitrant content rate (%)	For first discharge (kg/day)	discharge /year (kg/year)	The contribution ratio (%)
name	division		TOC (mg/l)	DOC (mg/l)	dissolution rate (%)				
Oteraya	river water	17.67	4.31	4.18	96.9	24.4	11.7	4.28×10^3	2.9
Horikoshi	river water	1.41	1.19	1.13	94.9	84.4	0.66	242	0.1
tougan	river water	1.41	1.58	1.23	77.8	112.1	54.6	1.99×10^4	13.5
Eda riv.	river water	2.44	2.26	1.79	79.2	92.6	43.9	1.60×10^4	10.8
Nagara riv.	river water	1.15	1.00	0.99	99.0	87.0	5.96	2.17×10^3	1.4
Yoshioka	treated sewage	1.87	2.67	2.01	75.2	142.8	1.01	369	0.2
Fukui	Agriculture colony drainage	4.02	3.43	3.45	100.0	85.3	0.17	61	0.0
Matsuho	Agriculture colony drainage	3.33	3.44	3.18	92.4	103.3	0.71	258	0.1
Collecting place		The recalcitrance TOC (mg/l)	impoundment		The recalcitrance TOC quantity the average the moment (kg/99days)	for accumulation /year (kg/year)	The contribution ratio (%)		
The average of lake water 4 sites			(m^3)	residence time					
Koyamaike		1.98	1.92×10^7	99 days	3.80×10^3	1.40×10^5	100		

2) 溶存態の難分解性有機物は、長柄川では全量の5割余りと少なかったが、他の地点においてはおよそ全量の7~8割であった。CODの難分解性有機物が占める割合は、大寺屋が5割、枝川が7割程度とであるが、その他の河川水や污水处理施設放流水については湖山池に排出されるCOD値の9割以上が難分解性有機物で占められていた。

3) 湖山池の年間蓄積量は 1.91×10^5 kg/年であった。湖山池への流入水の年間排出量は千代川支流の東岸が 3.43×10^5 kg/年、枝川が 2.87×10^5 kg/年と多かった。污水处理場放流水について難分解性有機物濃度は高いが排出量としての影響は比較的小さかった。しかしながら処理施設からの排出は無視出来ない状況であるといえる。

4) 難分解性有機物の湖山池への寄与率(%)は、今回調査した污水处理施設放流水3地点、河川水5地点から排出する難分解性有機物量の合計で湖水中の存在量の4割であった。残り6割は、湖沼の内部生産によるものや今回調査対象にならなかった流入河川23本、污水处理施設4箇所由来であるものなどが考えられる。

5) 難分解性有機物をCOD値について考察してきたが、有機物絶対量の観点からTOCによる考察も併せて行った。その結果、各地点の採水後のTOC値はCOD値に比例していた。しかし湖山池への寄与率は調査対象全地点の年間排出量は3割程度であった。難分解性有機物濃度でみると大寺屋ではCOD値の半分が難分解性有機物であったのに対し、TOCでは4分の1程度しか含まれていなかった。大寺屋の難分解性有機物のC

OD値は無機的な酸素要求量の影響によって高い値となった可能性も考えられる。有機物量をTOC値で判断するかCOD値で判断するかによって考察の方向が違ってくる可能性が考えられる結果となった。

参考文献

- 1) 小川美緒、初田亜希子、奥田益算、南條吉之：湖沼中の難分解性有機物に関する研究、鳥取県衛生環境研究所報、第44号、P89-91 (2003)
- 2) 森田昌敏、今井章雄、松重一夫編：特別研究、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(平成9~11年度)、国立環境研究所特別研究報告、(2001)
- 3) G. R. Aiken et al. Eds. : Humic substances in soil, sediment and water geochemistry, isolation and characterization, Wiley, New York, p.4. (1985)
- 4) 福嶋正巳：ぶんせき, No. 9, P655 (1998)
- 5) 守山信敏：湖山池流域污水处理施設の接続人口の推移、鳥取市下水道管理課計画係提供データ、(2004)
- 6) 國松孝男、村岡浩爾：河川汚濁のモデル解析、技報堂出版、(1989)
- 7) 全国湖沼環境保全対策推進協議会編：全国湖沼資料集<第16集>、(2004)
- 8) 鳥取県衛生環境研究所水環境室：湖山池測定結果S48から、(2004)
- 9) 南條吉之：富栄養湖におけるキレート物質による藻類増殖促進作用に関する研究 - 湖山池を例として -、(2001)