

# 湖山池の年間内部負荷量の試算

【水環境対策チーム】

岡本将揮、盛山哲郎、前田晃宏、成岡朋弘

## 要旨

湖山池の水質汚濁に対する内部負荷の寄与率を明らかにするために、室内実験から年間栄養塩溶出負荷量の推定を行った。その結果、窒素は 66.1 t/year、りんは 18.7 t/year であった。水質シミュレーションの内部負荷の計算値と比較すると、本研究ではリンの負荷量が約 4 倍高い値となった。また、外部負荷量と比較したところ、窒素は外部負荷と同程度であり、りんは約 3 倍大きい値であった。

## 1 はじめに

鳥取県東部に位置する湖山池では様々な水質浄化対策が行われているが、環境基準は未達成の状況である。当所では水質の汚濁要因のうち、内部負荷に着目した調査研究を実施しているところである。

本稿では水質汚濁に対する内部負荷の寄与率を把握するために栄養塩の溶出実験を行い、年間の内部負荷量の試算し、得られた内部負荷量を外部負荷量と比較した。また、汽水化前との内部負荷量の変化についても考察した。



図1 試料採取地点

## 2 方法

### 2.1 試料採取

季節ごとの底泥を用いて溶出試験をするために、おおむね四半期ごとに 2018 年 5 月 (春)、8 月 (夏)、10 月 (秋)、1 月 (冬) に採泥を実施した。調査地点は三津地先 (図 1) で、離合社製の不攪乱柱状採泥器 HR 型を用いて内径 11cm 長さ 50cm のアクリル管に底泥を泥厚 15cm 程度採取した。なるべく層構造を乱さぬように実験室に持ち帰り、実験開始まで冷暗所 (4°C) で現地直上水を入れたまま保管した。

### 2.2 室内実験

実験装置は図 2 に示すとおりに設置した。季節ごとの代表的な底層水環境を再現するため、各季節の水溫、塩分、D0 の代表値を表 1 のとおりに設定した。代表値の設定には湖山池溶存酸素・塩化物イオン濃度観測システム (<http://www.koyama-lake.info/>) の 2016 年のデータを参考にした。

D0 条件は、空気または窒素ガスを混合して通気することにより調整した (図 2)。塩分条件は人工海水 (日本製薬株式会社製、ダイゴ人工海水 SP) を蒸留水に溶解させて調製した。

開始直前に各アクリル管の現地直上水をぬき、表 1

のとおり水温、塩分、D0 を各条件に調製した水を底泥表層の構造を乱さないように静かに 2000mL 程度注水した。なお、装置を設置した時点を 0 日目とし、実験はすべて遮光条件で行った。

0、1、3、5、7、10、15 日目にガラス管から 50mL 採水した後、0.45 $\mu$ m のシリンジフィルターで濾過した試水を栄養塩自動分析装置 (SYNCA: ビーエルテック社製) にてアンモニア態窒素 ( $\text{NH}_4\text{-N}$ )、亜硝酸態窒素 ( $\text{NO}_2\text{-N}$ )、硝酸態窒素 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )、りん酸態りん ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) を測定した。窒素は溶存態無機態窒素 (DIN ( $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$  の和))、りんは溶存態無機態りん (DIP ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )) として評価した。

なお、試験は N=3 で行った。

### 2.3 年間溶出量の試算

得られた季節ごとの 1 平方メートルあたりの溶出量に湖底の泥質の面積を乗じて算定した。溶出速度は得られた溶出曲線の安定した部分を用いて計算し 3 本の溶出速度の平均値を用いた。

湖底の泥質面積は、岡本ほか (2015) <sup>(1)</sup> の底質の泥分率 90% 以上の部分を泥質と仮定した。

## 2.4 2010 年水質予測結果との比較

本研究の DIN 及び DIP の年間負荷量と 2010 年度に実施した水質シミュレーション<sup>(2)</sup>の全窒素 (TN)、全りん (TP) の汽水化前及び汽水化後の年間溶出量、及び外部負荷量 (いずれも計算値) を比較した。

それぞれ比較している形態は違うが、一般に底泥から溶出する TN、TP の形態は大部分が無機態 ( $\text{NH}_4\text{-N}$  及び  $\text{PO}_4\text{-P}$ ) のため、底泥溶出の DIN、DIP は TN、TP とほぼ近似できると考えられ、比較しても問題ないと判断した。

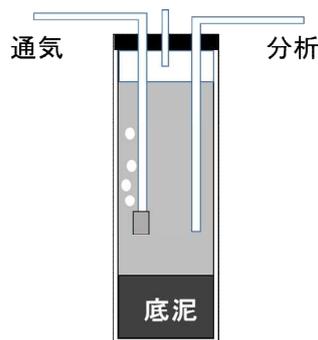


図2 実験装置の模式図

表1 各季節の条件設定

	水温 (°C)	塩分 (psu)	DO (mg/L)
春	20	5	5
夏	28	15	0
秋	15	10	5
冬	8	5	12

## 3 結果と考察

### 3.1 季節ごとの溶出速度

#### (1) 窒素

夏季の条件で溶出量が最大であり、春季、秋季、冬季の順で溶出速度は低下していった (図3)。DIN 溶出の高水温条件、嫌気条件で溶出が増大する報告があり<sup>(3)(4)</sup>、今回の結果ともよく符合する。この結果から夏季に窒素の溶出速度が大きいことが示唆された。

#### (2) りん

夏季の条件で溶出量が最大であった。これに対して春、秋、冬季の条件では、溶出量は低い値であった (図3)。この結果も先行研究<sup>(4)(5)</sup>と比べ、矛盾はなかった。この結果から夏季の条件では、ほかの季節に比べりんの溶出速度は速いことが示唆された。

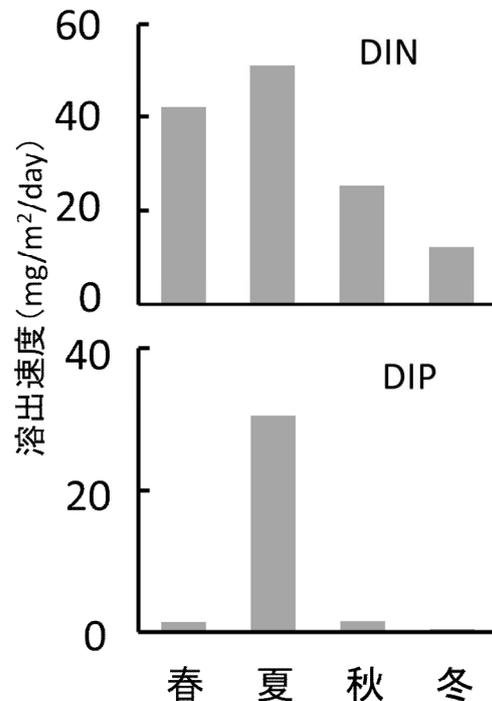


図3 各季節条件における溶出速度

### 3.2 年間溶出量の試算

#### (1) 内部負荷の計算値との比較

窒素は計算値と比べ、本研究の結果の方が約 1.5 倍程度大きい値になった。

また、りんの負荷量は本研究のほうが約 4 倍大きい結果となった (図5)。

本実験はバッチ法による試験のため、流動の影響がない。そのため、水質シミュレーションで想定されている条件とは大きく異なることが予想される。

さらに、りんの溶出速度は DO 条件によって大きく変化するため、年間の負荷量は底層水の貧酸素状態の期間に大きく左右されると考えられる。本研究では各季節条件の溶出速度が 3 ヶ月間一定に継続と仮定している。水質シミュレーション上では本実験よりも短い貧酸素条件の期間で計算されている可能性がある。

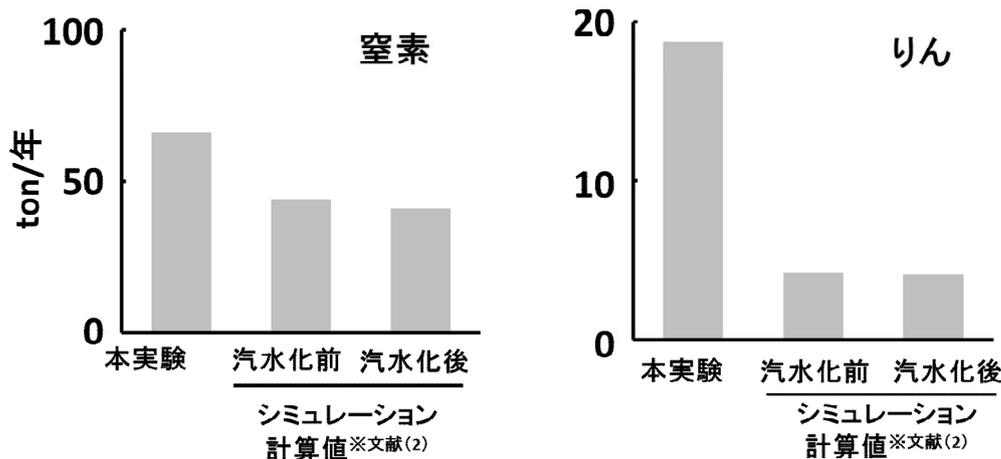


図4 水質シミュレーションの内部負荷計算値との比較

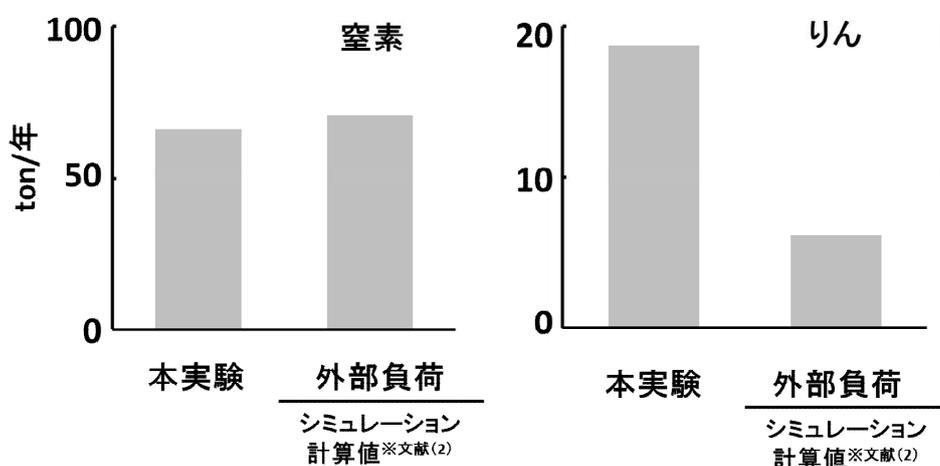


図5 水質シミュレーションの外部負荷計算値との比較

## (2) 外部負荷との比較

窒素は内部負荷、外部負荷ともに、ほぼ同等の値であった。これに対して、りんは内部負荷の方が約3倍高い値となった。しかし、窒素、りんともに両負荷とも無視できない負荷量はあることがわかる。

## 4 まとめ

湖山池の底質からの年間負荷量を試算し、2010年度水質シミュレーションの結果と比較したところ、窒素はおおむね同等であったが、りんは本研究のほうが4倍高い値となった。また、外部負荷と比較したところ、窒素は両負荷ともに同等であったがりんは内部負荷の方が約3倍高い値となった。しかし、内部負荷、外部負荷とも無視できない負荷量はあるため、両方の面から汚濁負荷対策を考える必要がある。

る。

## 5 引用文献

- (1) 岡本将揮, 森 明寛, 前田晃宏, 増川正敏, 奥田益算, 木下博登: 鳥取県衛生環境研究所報, 56, 26-32, (2015)
- (2) 鳥取県: 平成 22 年度湖山池水質予測計算業務報告書 (2011)
- (3) 白柳康夫, 大矢正代: 横浜市公害研究所報, 15, 57-66, (1991)
- (4) 岡本将揮, 森明寛, 前田晃宏, 増川正敏, 盛山哲郎: 第 17 回世界湖沼会議講演プロシーディングス, 1168-1170 (2018)
- (5) 小林節子, 西村肇: 水質汚濁研究, 14, 253-260, (1991)

## 6 付表

溶出試験に供した底質（表層0～3cm）の理化学分析結果  
 全有機炭素量、全窒素、全りんのみ溶出試験終了後の底質も分析している  
 分析方法：底質調査方法（2012）

	採取日		乾燥減量 (%)	強熱減量 (%)	全有機炭素量 (mg/g)	全窒素 (mgN/g)	全りん (mgP/g)	硫化物 (mgS/g)
春	2018年 5月24日	溶出試験前	76.1	16.2	33	5.3	1.0	3.6
		溶出試験後	-	-	38	5.5	1.1	-
夏	2018年 8月9日	溶出試験前	69.2	15.8	34	4.7	1.0	4.0
		溶出試験後	-	-	35	4.3	1.0	-
秋	2018年 10月23日	溶出試験前	76.1	17.0	38	5.1	1.4	4.2
		溶出試験後	-	-	33	4.9	1.4	-
冬	2019年 1月17日	溶出試験前	77.1	17.1	38	5.6	1.6	4.1
		溶出試験後	-	-	36	5.2	1.3	-

## **Trial calculation of the amount of annual internal load in Lake Koyama-ike**

Masaki OKAMOTO, Tetsurou SEIYAMA, Akihiro MAEDA, Tomohiro NARUOKA

### *Abstract*

To reveal a contribution ratio of internal load of the water pollution in Lake Koyama-ike, we estimated the amount of annual nutrient diffusion by laboratory experiments. As a result, as for nitrogen, 66.1ton/year, phosphorus were 18.7ton/year. Compared with the internal load value of the water quality simulation in 2010, the value of this survey is approximately four-fold. Furthermore, compared with the external load value of that simulation, nitrogen was same level as external load, phosphorus was approximately three-fold.