

<報 文>

倉敷川中・下流部における北側流域からの 汚濁負荷についての一考察*

-排出負荷量及び流達負荷量の検討-

藤田和男**・林隆義***

キーワード ①児島湖 ②COD ③全窒素 ④全りん ⑤汚濁負荷

要 旨

児島湖の水質への影響が大きいと考えられる倉敷川中・下流部の北側流域に着目し、発生源別及び月別の汚濁負荷量を推計・調査した。原単位法による排出負荷量の推計では、COD と全りんでは農地系、全窒素では生活系の割合が最も大きくなった。現地調査法による流達負荷量の調査では、原単位法に流達率を掛けた流達負荷量推計値と近い値が得られた。また、季節別の推移を見ると、全りんは、かんがい期と非かんがい期で6倍の差があることがわかった。

1. はじめに

岡山県南部に位置する児島湖は、農業用水の確保を目的として造られ、昭和34年に完成した。流域面積は岡山県の面積の約13分の1にすぎないが、岡山市や倉敷市の中心部を含むため、流域内の人口は岡山県の人口の約3分の1を占めている¹⁾。

環境基準は、CODはB類型、全窒素及び全りんはV類型が当てはめられているが、流域内の発展に伴い水質の汚濁が進行したことから、昭和60年には湖沼水質保全特別措置法に基づく指定湖沼となった。その後、児島湖の水質は、生活排水対策等の推進につれて緩やかに改善されてきたが、近年は横ばい傾向が続いている¹⁾。

これまで、児島湖の汚濁負荷量は、主な流入河川である笹ヶ瀬川、倉敷川及びその他小河川等、流域別に全体を8つのブロックに分け、2とおりの方法で検討されている。具体的には、(1)統計データによる排出負荷量（流域の発生源（家庭、事業場、面源など）から周辺の水路や河川に流出する負荷量）²⁾の推計（以下「原単位法」という。）、(2)現地調査による流達負荷量（水質調査地点のある河川（倉敷川等）に到達した負荷量）²⁾の推定（以下「現地調査法」という。）が行われている^{1, 3)}。

原単位法は簡易である一方、原単位（対象区域の発生源別の面積又は人口当たり排出負荷量）や流達率（発生源からの負荷量のうち本川に流達する割合）⁴⁾の設定などに課題があり、厳密な流達負荷量を評価するには限界がある⁴⁾。

現地調査法は、水質や水量の測定（調査頻度は原則として月1回以上とすることが望ましい⁵⁾）に多大な労力がかかること、発生源（生活系、産業・畜産系、農地・自然系等）毎の排出負荷量が分からないなど、原単位法と比べて不利な点があるが、適切に調査地点と調査頻度を設定すれば、流達負荷量の総量並びに流入地点別の量及び季節変化がより直接的に分かる利点がある。

倉敷川中・下流部（^{みのる}稔橋から倉敷川河口部までの範囲とする。）については、これまでの調査において、倉敷川の北側の流域（以下「北側流域」という。）からの流達負荷量が大きいことが分かっている⁶⁾。そこで、水質改善に向けた現状把握のため、北側流域から倉敷川中・下流部に流入する汚濁負荷について、(1)原単位法による排出負荷量の推計及び(2)現地調査法による流達負荷量の推算から、地点別の流達負荷及び季節毎の発生状況等を検討したので報告する。

* A Study on Pollutant Load from the North Basin in the Middle and Downstream of the Kurashiki River -Review of Discharge Load and Runoff Load of Pollutant-

** Kazuo FUJITA (岡山県環境文化部環境管理課 (元岡山県環境保健センター)) Environmental Management Division, Department of Environment and Culture, Okayama Prefecture

*** Takayoshi HAYASHI (岡山県環境保健センター) Okayama Prefectural Institute for Environmental Science and Public Health

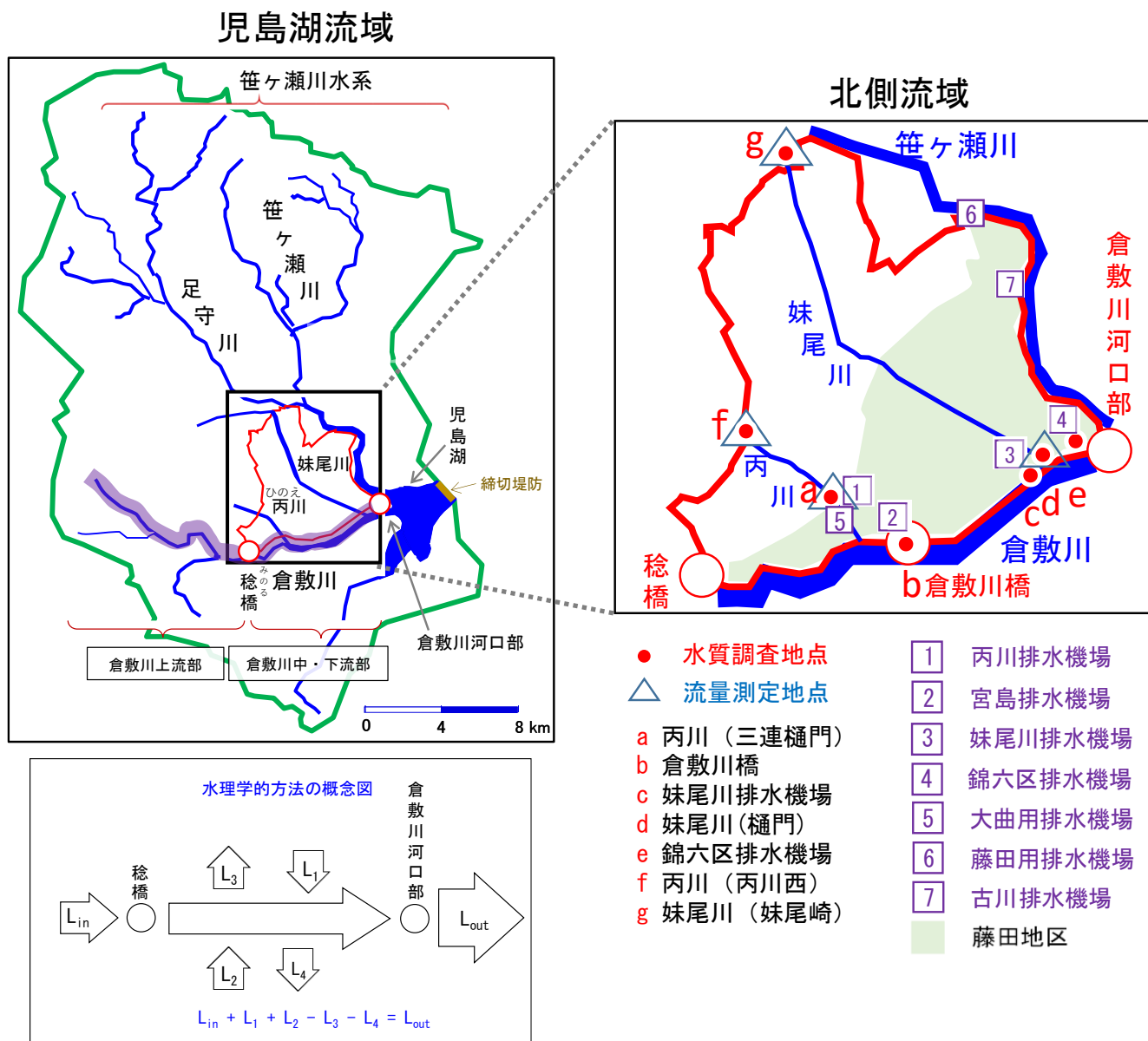


図1 調査対象流域の概況及び調査地点

2. 調査対象及び方法

2.1 調査地点及び時期

流域の概況及び調査地点を図1に示す。また、原単位法と現地調査法に用いたデータは、直近で同時期のものが入手可能な平成28年度の値を用いた。

2.2 原単位法

北側流域は、湖沼水質保全計画に基づく調査³⁾において範囲が示され、また排出負荷量の推計に必要な統計データが調査・集計されている。しかし、一部の区画（藤田地区）では、この区画を含む周辺区域分を併せたデータしか存在しない項目があるため、周辺区域との人口比により按分して求めた。

排出負荷量の推計に必要な基礎データは、生活系は、

生活系排水の処理形態別の人口及び原単位、産業・畜産系は、特定事業場毎に水量と水質から求めた排出負荷量、農地・自然系は、水田、畑、山林、市街地等の面積及び原単位である。

2.2.1 生活系

生活系は3形態（合併処理浄化槽、単独処理浄化槽、雑排水）を検討した。合併処理浄化槽と単独処理浄化槽の排出負荷量は、それぞれの人口データを地元市から入手し、原単位³⁾を乗じて算出した。雑排水は統計データ³⁾に準じて単独処理浄化槽人口、し尿処理施設人口及び自家処理人口の合計から求めた。ただし、藤田地区の雑排水人口の計算に必要なし尿処理人口は、この地区を含む周辺区域の人口と人口比³⁾から設定した。

なお、北側流域で発生する下水及びし尿は、全量が流域外の下水处理場又はし尿処理施設で処理される。また、北側流域に農業集落排水施設はない。

2.2.2 産業・畜産系

産業系は、2形態（特定事業場、非特定事業場）を検討した。特定事業場については、水質汚濁防止法等に基づく特定事業場³⁾の排出負荷量を集計し、非特定事業場については、その排出負荷量推計値データ³⁾を対象とする地区の人口比を乗じた値とした。

畜産系は、北側流域内の牛頭数³⁾から設定した。

なお、北側流域の豚頭数は0³⁾である。

2.2.3 農地・自然系

農地・自然系は4形態（水田、畑、山林、市街地等）を検討した。

水田と畑については、統計データ³⁾を用い、藤田地区は面積値を地元市から入手した。

山林については、統計データ³⁾から面積を推計し、藤田地区は土地利用基本計画図（おかやま全県統合型GIS）から推計した。

市街地等については、各区域の総面積から水田、畑及び山林面積を差し引いて求めた。

2.2.4 系外からの流入

北側流域には系外からの汚濁負荷が2地点（f、g）と2排水機場（〔5〕、〔6〕）から流入する（図1）。地点fとgからの負荷量は、次節に示すとおり、流量と水質から負荷量を求めた。2排水機場からの負荷量は文献値³⁾と公共用水域水質測定結果⁷⁾から求めた。

2.2.5 笹ヶ瀬川への流出

北側流域からの流出水の大部分は倉敷川に流出するが、一部は排水機場（〔7〕）³⁾から笹ヶ瀬川に流出する。笹ヶ瀬川に流出する負荷量の割合は、両河川（倉敷川と笹ヶ瀬川）への流量比率から求めた。

2.3 現地調査法

北側流域から倉敷川中・下流部への流達負荷量を、水質と水量から推算した。北側流域から流出する排水機場は文献³⁾から選定し、倉敷川中・下流部への流達負荷量は、図1に示す2地点（a、d）と4排水機場（〔1〕～〔4〕）の合計とした。

現地調査法の詳細は既報⁶⁾のとおりである。流量については、図1に示す4地点（図中a、d、f及びg）では巻き尺で川幅と水深、電磁流量計（東邦電探製TK-106X）で流速を測定し、流量を計算した。排水機場（〔1〕～〔7〕）

の流量は報告値³⁾を用いた。^{ひのま}丙川と妹尾川の流量は、既報⁶⁾に示すとおり、下流に位置する児島湖の水位低下速度と流量の関係から求めた。

水質は7地点（a～g）で、平成28年4月から平成29年3月まで月1回採水し、CODはJIS K0102の17、全窒素は同45.6、全りんは同46.3.4の方法で測定した。

また、以下の推計方法（以下「水理学的方法」という。）による流達負荷量の概算も行った。概念図を図1（左下）に示す。

$$L_{in} + L_1 + L_2 - L_3 - L_4 = L_{out}$$

ここでLは月毎の水質と水量を掛けて求めた負荷量であり、L_{in}：稔橋の負荷量、L₁：北側流域からの負荷量、L₂：南側流域からの負荷量、L₃：北側流域への取水により取り出される負荷量、L₄：南側流域への取水により取り出される負荷量、L_{out}：倉敷川河口部の負荷量である。

河川水質は公共用水域水質測定結果⁷⁾を用いた。水量について、L_{in}の水量は、児島湖全体の水量³⁾に稔橋地点の流量比率調査結果⁸⁾の比を掛けて求めた。L₁の水量は前節に示すとおり2地点（a、d）と4排水機場（〔1〕～〔4〕）の合計である。L₂の水量は該当する排水機場データ³⁾から求めた。L₃の水量は前節に示す排水機場（〔5〕）データ³⁾を用いた。L₄の水量は調査データ³⁾を用いた。

3. 結果及び考察

3.1 原単位法

原単位法による北側流域の発生源の区分を生活系、産業・畜産系及び農地・自然系（系外からの流入水を除く）の3つに分類したときの各割合を表1、より詳細な発生源別排出負荷量推計値を図2に示す。CODと全りん排出負荷量は農地・自然系からの割合がそれぞれ52%と60%で最も大きく、全窒素は生活系の割合が58%で最も大きいと推計された。COD及び全りんは農地・自然系の中でも水田の面積や原単位が大きいと推定されたため、他の発生源と比べ排出負荷量が大きくなった。一方、全窒素は単独処理浄化槽の原単位が比較的大きいため、排出負荷量が大きくなった。

原単位法による北側流域からの排出負荷量に、系外から流入する負荷量を合わせると、COD負荷量は642t/年、全窒素負荷量は194t/年、全りん負荷量は32t/年と推計された。

表1 発生源別排出負荷量割合

	生活系	産業・畜産系	農地・自然系
COD	39 %	9 %	52 %
全窒素 [※]	58 %	11 %	30 %
全りん	35 %	5 %	60 %

※ 端数処理により合計が100%とならならない。

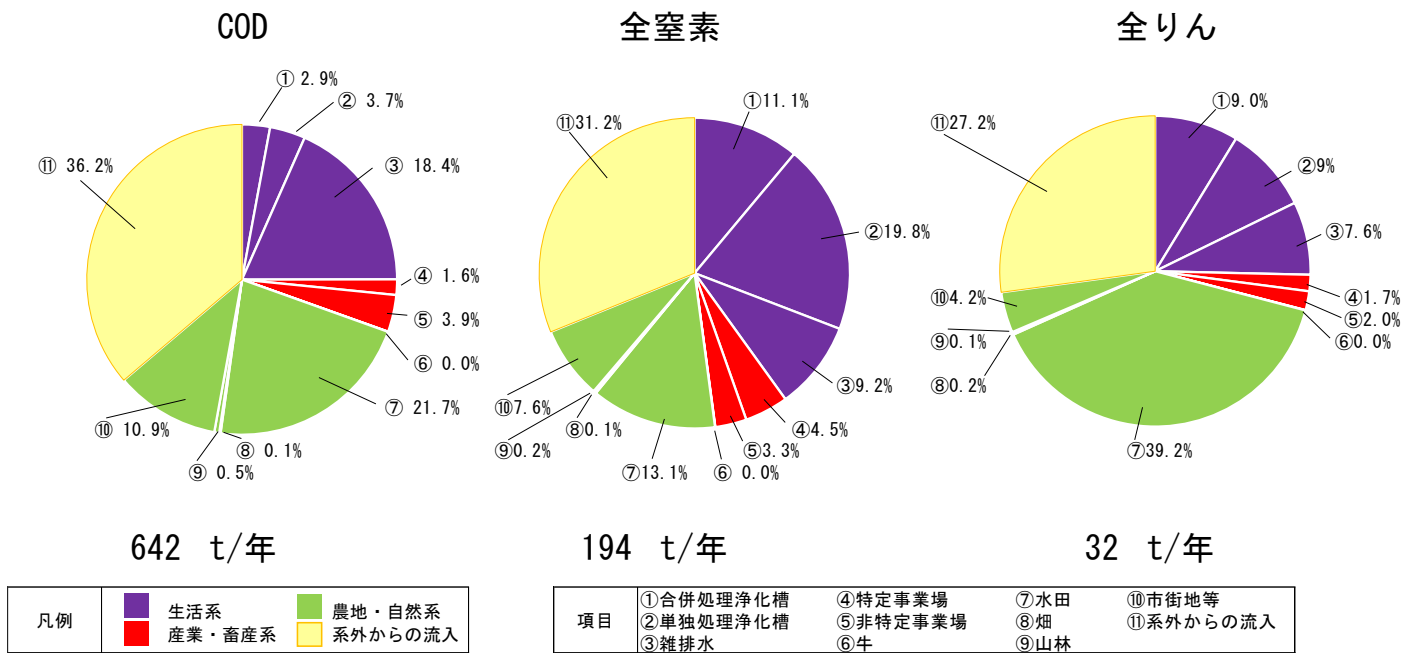


図2 原単位法による発生源別の排出負荷量割合

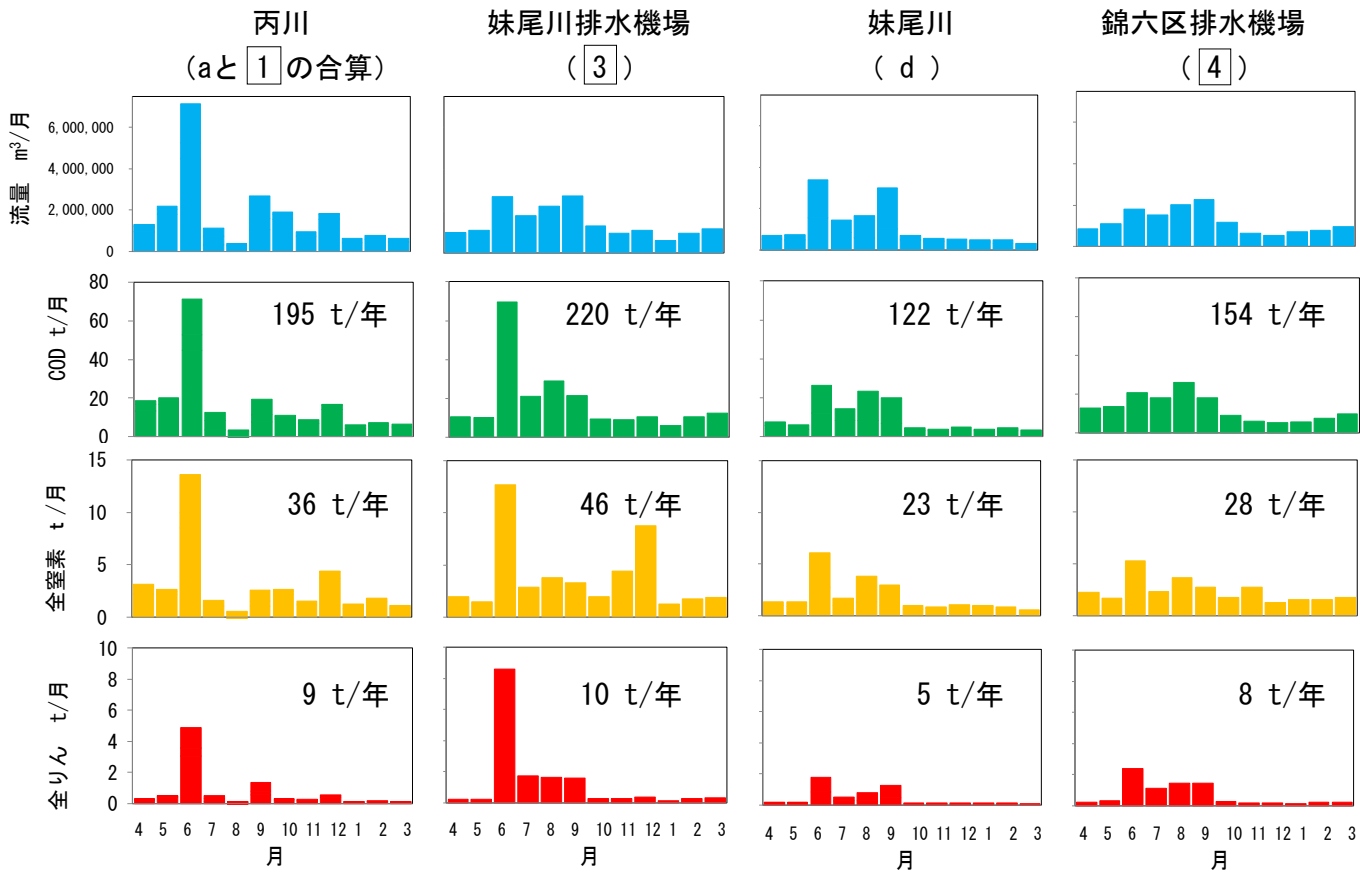


図3 現地調査法による月別の流量及び流達負荷量

3.2 現地調査法

現地調査法による地点別及び季節別の流達負荷量推算結果を図3に示す。ただし[2]宮島排水機場については、値がわずかであるため記載を省略した。北側流域から倉敷川へのCOD流達負荷量は692t/年、全窒素流達負荷量は133t/年、全りん負荷量は32t/年と推計された。

北側流域から倉敷川中・下流部への流入水の平均的な水質の目安とするために、上記流達負荷量を、丙川、妹尾川、妹尾川排水機場及び錦六区排水機場の流量の年間合計値で除したところ、CODが9.8mg/L、全窒素が1.9mg/L、全りんが0.35mg/Lだった。児島湖湖心の水質（平成28年度平均値：COD 7.3mg/L、全窒素1.2mg/L、全りん0.18mg/L）と比較して、特に全りんは1.9倍高い値であった。

さらに、流達負荷量の総量を月毎で見ると、かんがい期（6月～10月）の全りんの月平均値（5.3t/月）は非かんがい期（0.9t/月）と比較して約6倍の高い値であり、CODと全窒素でも約2倍の値を示した。

3.3 2つの調査から

2つの調査で得られた結果と、倉敷川の水量及び水質から水理学的方法で概算した結果を表2に示す。

なお、北側流域全体の排水機場の流量比率から、原単位法により推計された発生源のうち8%が笹ヶ瀬川、92%が倉敷川に流出するとした。また、原単位法による排出負荷量と現地調査法による流達負荷量は、根本的な考え方が異なり、そのままでは同列に論じることはできない。

そのため、排出負荷量に流達率を乗じて流達負荷量に換算することで両者を比較することとした。流達率（流達負荷量÷排出負荷量）は、児島湖流域の排出負荷量（COD 3,618t/年、全窒素 1,228t/年、全りん 166t/年）³⁾と流達負荷量（COD 3,852t/年、全窒素 985t/年、全りん 126t/年）³⁾の比から推計し、COD 1.07、全窒素 0.80及び全りん0.76とした。なお、この値は過去に報告された倉敷川の流達率（平成16年度、COD>1.00、全窒素 0.85及び全りん0.73）⁸⁾とも近い値である。

なお、笹ヶ瀬川への流出による倉敷川への流達負荷量推計値への影響については、原単位法では、笹ヶ瀬川への流出が増加する分、倉敷川に流出する負荷量の値は減少するため、これを差し引く必要があるが、現地調査法や水理学的方法では、いずれも倉敷川での流量から流達負荷量を推計しており影響はない。

原単位法と現地調査法は方法論が異なり、各方法による流達負荷量の値は厳密には一致しないことから、いずれも真の値からいくらかの偏差があると考えられるものの、概ねCOD流達負荷量は約600～700t/年、全窒素流達負荷量は約100～140t/年、全りん流達負荷量は約20～30t/年、児島湖流域全体に占める割合もCODが16～18%、全窒素が9～15%、全りんが17～25%と、いずれも同程度の値であった。

北側流域は面積で見ると児島湖流域の9%に留まるが、負荷量はより高い割合を占めている。この要因の検討のため指標の比較を行った（表3）。その結果、流域面積に対する単独処理浄化槽人口、雑排水人口及び水田の割

表2 北側流域の負荷量推計値の比較 t/年

	流達負荷量			
	児島湖流域全体 ²⁾	①原単位法×流達率	②現地調査法	同左（水理学的方法）
COD	3,852	629 (16 %)	692 (18 %)	654 (17 %)
全窒素	985	143 (15 %)	133 (14 %)	92 (9 %)
全りん	126	23 (18 %)	32 (25 %)	22 (17 %)

() 内は、北側流域の流達負荷量が流域全体の流達負荷量に占める割合。

表3 流域の主な指標の比較

	児島湖流域	北側流域
夜間人口/面積 (人/ha)	12	9
単独処理浄化槽人口/面積 (人/ha)	1.2	2.5
雑排水人口/面積 (人/ha)	1.9	3.5
水田面積/面積 (%)	20%	55%
山林面積/面積 (%)	40%	5%
市街地面積/面積 (%)	34%	39%

合が高いことが理由と見られた。

北側流域からの負荷量削減対策を考えた場合、CODでは農地・自然系の水田と生活系の雑排水、全窒素では単独処理浄化槽、全りんでは水田に対する対策が重要と考えられた。特に児島湖湖心の水質はりんが環境基準の2倍程度で推移していること¹⁾から、水田の対策が重要と思われる。生活排水については、近年、単独処理浄化槽から下水道又は合併処理浄化槽への転換が進められており¹⁾、今回の検討においても転換を促進する施策の重要性が示された。

4. まとめ

倉敷川中・下流部の北側流域からの汚濁負荷を検討した。

- ・原単位法による評価が有用であるとともに、現地調査法を組み合わせることで、季節変化を含めたより総合的な汚濁負荷量の評価が可能となることが示された。
- ・原単位法により、北側流域からの倉敷川中・下流部への流達負荷量は、CODが629t/年、全窒素が143t/年、全りんが23t/年と推計された。また現地調査法により推算した流達負荷量はCODが692t/年、全窒素が133t/年、全りんが32t/年で、両法とも近い値を示した。
- ・原単位法から、排出負荷量の発生源別の割合は、COD

と全りんでは水田、全窒素では単独処理浄化槽が最も大きいと考えられた。

- ・季節変動について、特に全りんは、かんがい期は非かんがい期に比べて約6倍と高い値であった。

5. 引用文献

- 1) 岡山県：児島湖ハンドブック，2021
- 2) 武田育郎：よくわかる水環境と水質，オーム社，東京，2010
- 3) 岡山県：平成29年度指定湖沼汚濁負荷量削減状況調査報告書，2018
- 4) 國松孝男，村岡浩爾：河川汚濁のモデル解析，技報堂出版，東京，1989
- 5) 日本水質汚濁研究協会：湖沼環境調査指針，p.18，2007
- 6) 藤田和男，小川知也，吉岡敏行：倉敷川流域の水量及びリン負荷量の推定．岡山県環境保健センター年報，41，29-40，2017
- 7) 岡山県：平成28年度公共用水域水質測定結果（詳細版），<https://www.pref.okayama.jp/page/541625.html>（2022.2.1アクセス）
- 8) 岡山県：平成17年度指定湖沼汚濁負荷量削減状況調査報告書，2006