

10. 岡山県児島湖流域における有機物循環の施策評価システム

EVALUATION SYSTEM OF ORGANIC MATTER CIRCULATION IN THE KOJIMA LAKE REGION IN OKAYAMA PREFECTURE

藤田 壮*・村野 昭人**・Wong Looi Fang***・渡邊 良夫*
Tsuyoshi FUJITA*, Akito MURANO**, WONG Looi Fang***, Yoshio WATANABE*

This research is aimed to calculate the amount of the generation pollution load and the amount of the flowing pollution load in the Kojima lake region in Okayama prefecture where the pollution load is accumulated and the problem of eutrophication is elevated. By using GIS tool, the region is divided into several catchments and the spatial distribution is analyzed to investigate for the situation of the pollution load. The regression analysis is used to examine which sector of the generation pollution load influences the flowing pollution load. As the result, the industry sector is found to be the most critical factor for TOC loading, whereas T-N loading is mainly influenced by agriculture sector, and T-P loading is greatly effected by household sector.

KEY WORDS : Organic Matter Circulation, Catchment, Pollution load, Kojima Lake Region, GIS

1 はじめに

本研究では有機物循環を促進する施策を評価するシステムの構築することを目的とし、岡山県児島湖流域における水系汚濁負荷量の算定を地理情報システム（GIS）を用いて行い、その発生特性を把握することを試みる。

児島湖は、岡山市街地の中心から 8km 南に位置しており、岡山市、玉野市、灘崎町の 2 市 1 町にまたがっている。その流域は岡山市、倉敷市、玉野市、総社市、灘崎町、早島町、山手村及び賀陽町の 8 市町村にわたっており、笹ヶ瀬川、倉敷川、鴨川の 3 つの二級河川が流入している。

児島湖は閉鎖性水域であるため富栄養化や汚濁が進行しやすい特性をもっている。流域の都市化や生活様式の変化などによって、生活廃水や工場・事業場排水、都市域からの排水等が流入しており、水質の悪化が進んできた。児島湖の湖畔は一部を除きコンクリート製の護岸に取り囲まれて親水性に乏しく、県民の憩いの場として水辺空間の利用がなされておらず、飲料水、工業用水としての利用もなされていない。

岡山県では、児島湖の環境保全を県政の重要課題の一つとして位置づけて、昭和 60 年に湖沼水質保全特別措置法に基づく指定湖沼の指定を受け、湖沼水質保全計画を策定し、下水道の整備等の事業を

* 東洋大学工学部環境建設学科

Toyo University, Faculty of Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering, Kujirai 2100, Kawagoe-shi, Saitama, Japan 350-8585, E-mail:fujita@eng.toyo.ac.jp

** 東洋大学 地域産業共生研究センター

*** 東洋大学大学院 工学研究科 環境・デザイン専攻

計画的に進めている。さらに、平成 3 年 3 月には児島湖環境保全条例を制定、平成 9 年 3 月には、この条例に基づき児島湖水辺環境整備基本計画を策定するなど、児島湖流域の水質保全のみならず総合的な環境保全施策を推進しており、大規模な浚渫事業や直接浄化施設の設置などが行われている。平成 12 年度の水質調査結果によると、児島湖の水質はやや改善傾向が見られ、各種施策の効果が出てきたものと考えられる。しかしながら、依然として環境基準（COD；5mg/L）の 2 倍程度で推移しており、非常に厳しい状況にあることに変わりはない。

また、県は平成 13 年 12 月に岡山県循環型社会形成推進条例を制定するなど、循環型社会に向けた取り組みを推進し、平成 16 年 3 月 29 日には岡山エコタウンプランとして、条例の行動計画となる基本構想を策定した。

2 児島湖流域における水系汚濁負荷の算出

国勢調査、工業統計、商業統計、農業集落カードから発生汚濁負荷量を算定して、岡山県における主要河川の水質、流量のデータから流下汚濁負荷量を算出する。それらを集水域単位で求めることに汚濁負荷の発生から流達間での地域間の関連性を以下の手順で明らかにする。

2. 1 発生汚濁負荷量の算出

発生汚濁負荷として、家計、工業、商業、農業、畜産業を取り上げて各セクターから排出される汚濁負荷を算定する。工業については工業統計中分類の全ての業種からの汚濁負荷を、商業は商業統計大分類の全業種からの汚濁負荷を、農業では稲作、麦、野菜からの汚濁負荷を、畜産業では肉用牛、乳用牛からの汚濁負荷を対象として算出している。評価項目としては、TOC、T-N、T-P を取り上げた。

(A) 発生汚濁負荷算出フロー

第一に、岡山県の家計、工業、商業、農業・畜産業のデータを収集する。データの収集にあたって、家計のデータは（財）日本地図センターから、平成 12 年国勢調査 地域メッシュ統計を、工業、商業のデータは、（財）経済産業調査会の経済統計情報センターから、工業メッシュ統計、商業メッシュ統計を、農業・畜産業は、（財）農林統計協会から、農業集落カードを用いた。第二に、家計、工業、商業の活動量データを GIS のメッシュポリゴンに帰属させる。農業・畜産業のデータについては、市区町村単位で表示されており、市区町村メッシュポリゴンに帰属させる。家計の活動量は人口、工業は製造品出荷額、商業は従業者数、農業の稲作、麦、野菜は作付面積、畜産業の肉用牛、乳用牛は販売目的で飼育されている家畜の頭数を用いた（表 1）。第三に、メッシュポリゴン、市区町村メッシュポリゴンを集水域ポリゴンに結合させ、活動量のデータを集水域単位で算出する。

表 1 汚濁負荷算出に用いたデータ

	分類と項目	スケール	入手先
国勢調査地域メッシュ統計	人口、世帯数、住宅形態（戸別・集合）	3次メッシュ	（財）日本地図センター
工業メッシュ統計	産業中分類、事業所数・従業者数・製造品出荷額	3次メッシュ	（財）経済産業調査会
商業メッシュ統計	産業中分類、商店数・売り場面積・年間商品販売額	3次メッシュ	
農業集落カード	地域農業集落、農家調査・家畜・人口・世帯員・土地農家数	市区町村	（財）農林統計協会

(B) 発生汚濁負荷量の算出

集水域単位での家計、工業、商業、農業、畜産業の活動量に汚濁負荷発生量原単位を掛け発生汚濁負荷量を算出する。算出のフローを図 1 に示す。

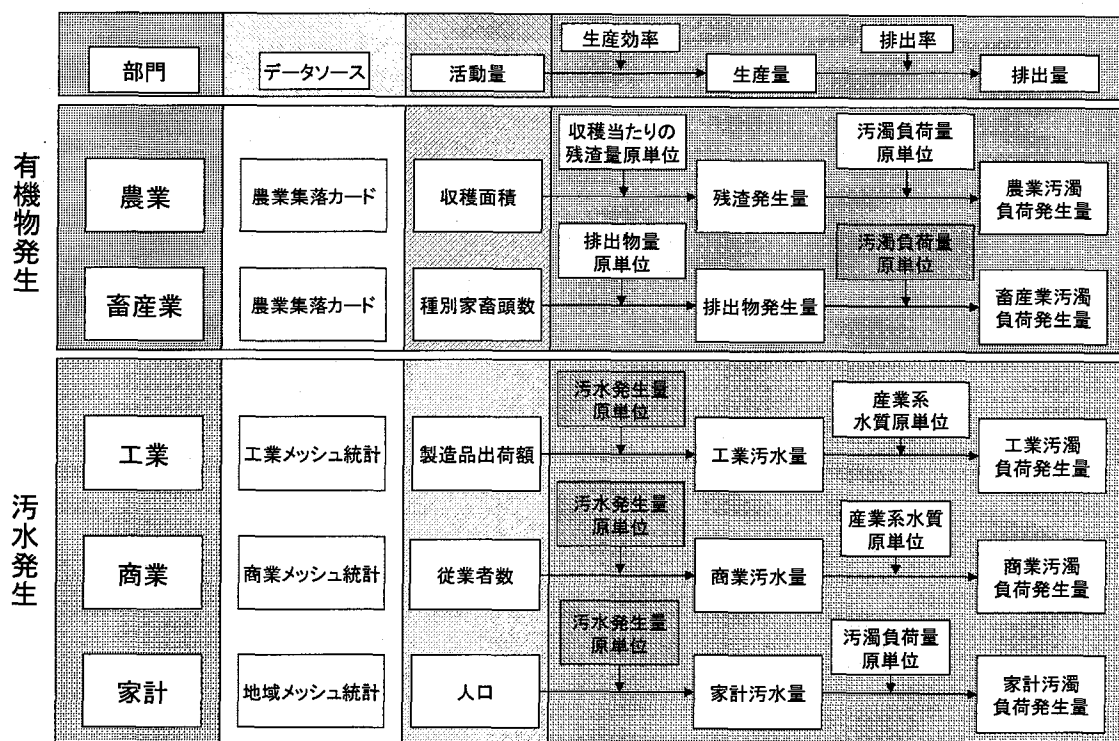


図1 発生汚濁負荷算出フロー図

家計については、BODの汚濁負荷含有率の原単位からTOCの原単位を求めている。工業、商業の汚濁負荷含有率の原単位としては、工業全体、商業全体で算出するために工業中分類の業種、商業大分類の業種の各汚濁負荷含有率原単位に、各業種の活動量で加重平均した値を用いる。

図2に算出した発生汚濁負荷の家計由来のTOCの分布を示す。色が濃いほど汚濁負荷が多いことを示している。県南部の岡山市、倉敷市付近で汚濁負荷が集中している。同様に、図3に工業由来のTOCの分布を、図4に商業由来のTOCの分布を、図5に農業・稲作由来のTOCの分布を、図6に農業・麦由来のTOCの分布を、図7に農業・野菜由来のTOCの分布を、図8に畜産業・肉用牛由来のTOCの分布を、図9に畜産業・乳用牛由来のTOCの分布を示す。

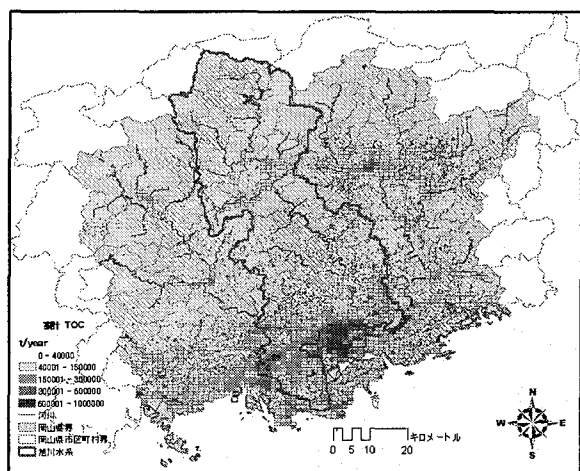


図2 家計部門からのTOCの分布図

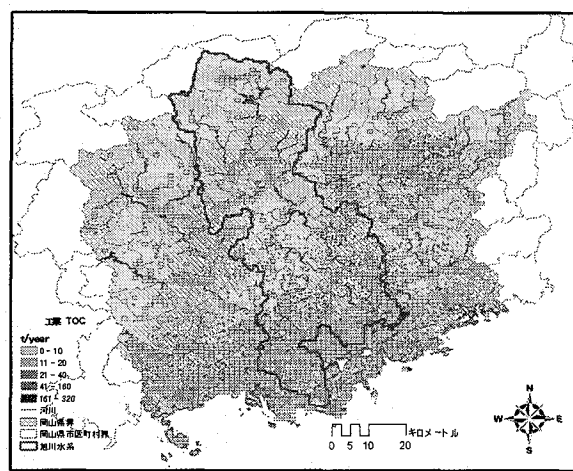


図3 工業部門からのTOCの分布図

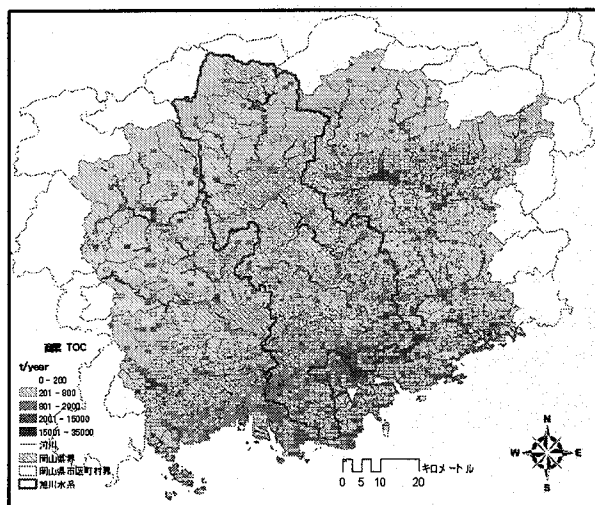


図4 商業部門からの TOC 分布図

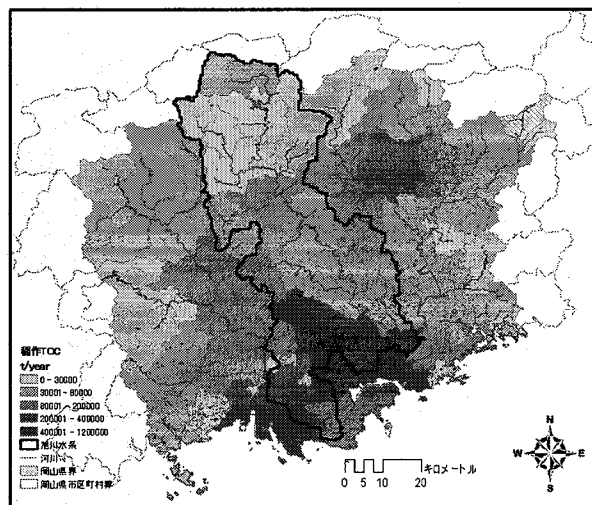


図5 農業部門稲作からの TOC 分布図

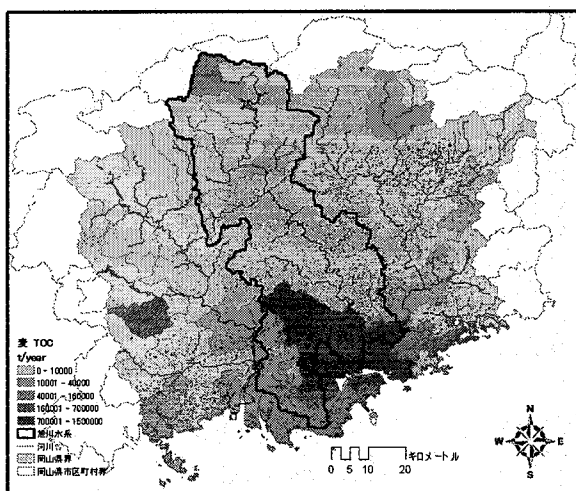


図6 農業部門麦からの TOC 分布図

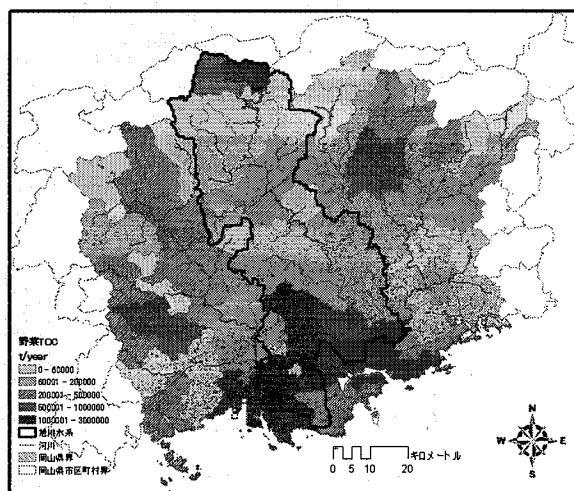


図7 農業部門野菜からの TOC の分布図

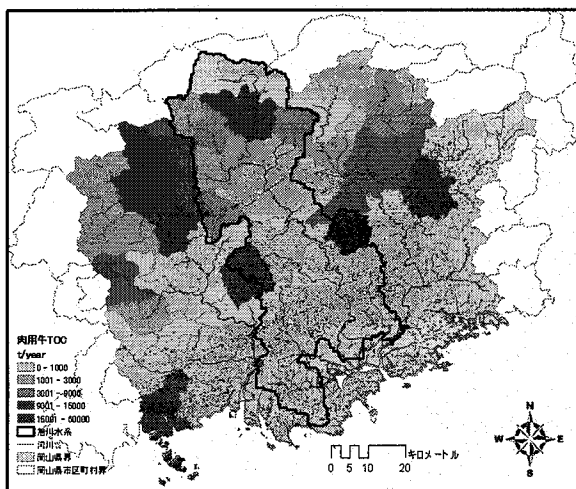


図8 畜産業部門肉用牛からの TOC 分布図

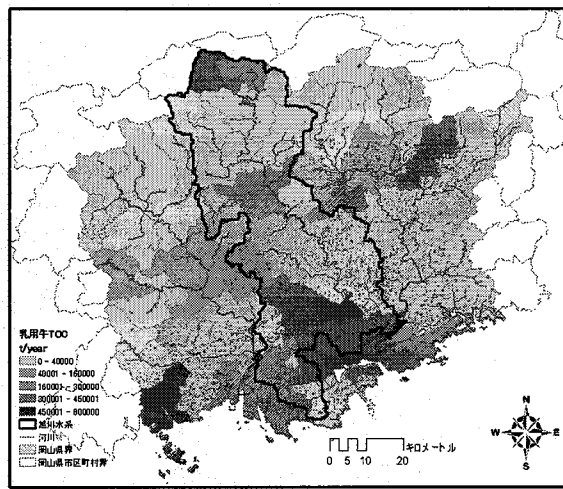
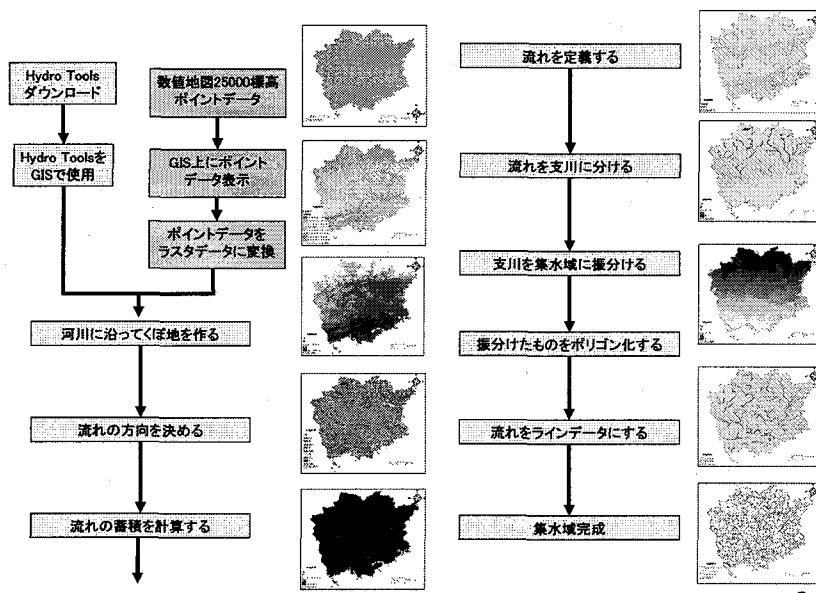


図9 畜産業部門乳用牛からの TOC 分布図

2. 2 集水域の設定

ここでは、降水に由来する表流水の集まる範囲として集水域を設定した。国土地理院から発行されている数値地図 25000 を用いて、ESRI ジャパン（株）の地理情報システムのツールである Hydro Tool を用いて集水域を設定した。集水域を設定するプロセスを図 10 に示す。

土地の標高データを基に、勾配を求めて水の流れを再現し、降水が川に流れ込む地域を区分している。



2. 3 流下汚濁負荷量の算出

流下汚濁負荷の算出にあたって、まず、岡山県を流れる河川の水質・流量のデータを収集した。水質データとしては、岡山県庁の生活環境部環境管理課が作成している「公共用水域及び地下水の水質測定結果」におけるデータを用いた。流量データは、国土交通省岡山県河川事務所が公表している 20 ヶ所について、速報版のデータを用いている。

次に、収集した水質・流量データの調査地点の、集水域での帰属を特定する。具体的には、調査地点の住所を調べ、アドレスマッチングサービスを利用し、GIS 上にポイントデータとして表示させる。児島湖流域を含む旭川水系の集水域における

図 10 集水域設定のフロー

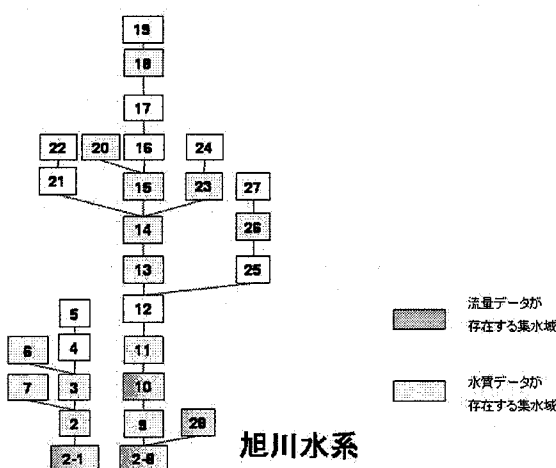


図 11 旭川水系の集水域の関係図

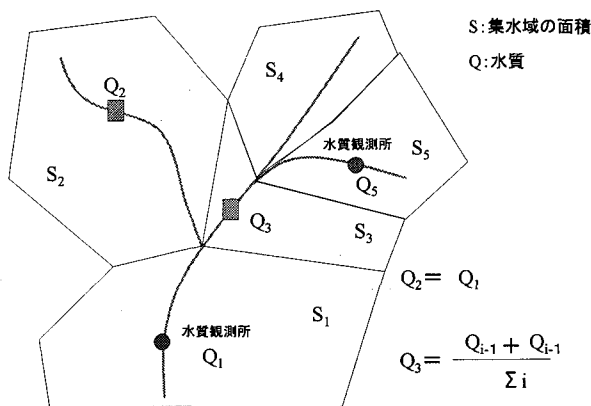


図 12 水質データ補正モデル

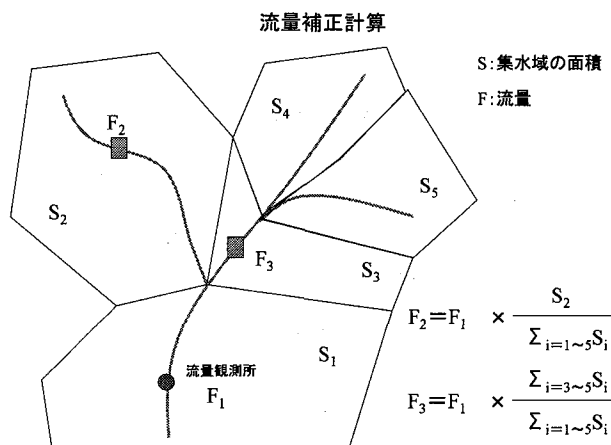


図 13 流量データ補正モデル

水質・流量データの有無を図 11 に示す。水質・流量データが無い集水域については、データが存在する集水域の水質・流量の値、集水域の面積を用い補正計算を行う（図 12, 13）。

3 発生汚濁負荷量と流下汚濁負荷量の相関性分析

3. 1 流域全体を対象とした比較

算出した発生汚濁負荷量と流下汚濁負荷量の比較を行う。表 2 に流下汚濁負荷と発生汚濁負荷の TOC, T-N, T-P のそれぞれの合計を示した。発生汚濁負荷量と流下汚濁負荷量を比較すると、TOC については約 0.45 倍、T-N は約 4.9 倍、T-P は約 3.0 倍、流下汚濁負荷量が多い結果となった。TOC については、流下中に自然浄化の効果が大きいことが推定される。T-N, T-P については肥料など農地からの越流負荷の影響が大きいことを示唆する結果となった。

表 2 流下汚濁負荷と発生汚濁負荷の比較

	発生汚濁負荷量	流下汚濁負荷量	流下/発生
	t/year	t/year	
TOC	92,722	41,649	0.45
T-N	11,397	55,805	4.90
T-P	1,175	3,517	2.99

地域分布を分析したところ、流下汚濁負荷量が最も多いエリアは、高梁川水系の河口部となった（図 14）。これは流域上流部からの負荷よりも高梁川の河口付近にある水島工業地帯をはじめとする大規模な工業集積の影響が大きいことがうかがえる。一方で、発生汚濁負荷量が最も多いのは旭川水系河口部の児島湾に流入している集水域となった（図 15）。発生汚濁負荷の約 5 割を農業稲作からの負荷量が、約 3 割を家計からの負荷量が占めていることから（図 16）、児島湖周辺は干拓地であり稲作が盛んであること、旭川水系の河口部分には人口が多い岡山市都市部からの汚濁負荷の発生が影響していることが、その原因と推測される。

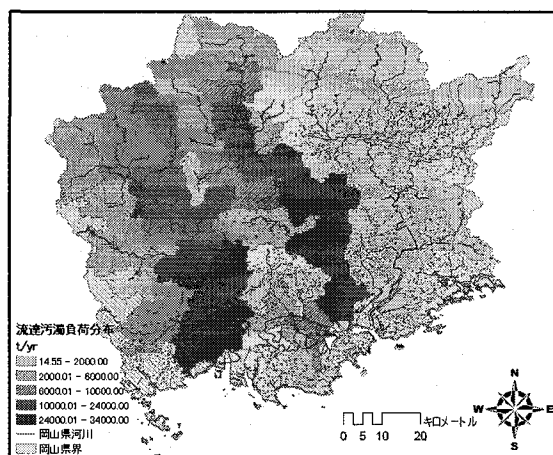


図 14 流下汚濁負荷量 TOC の分布

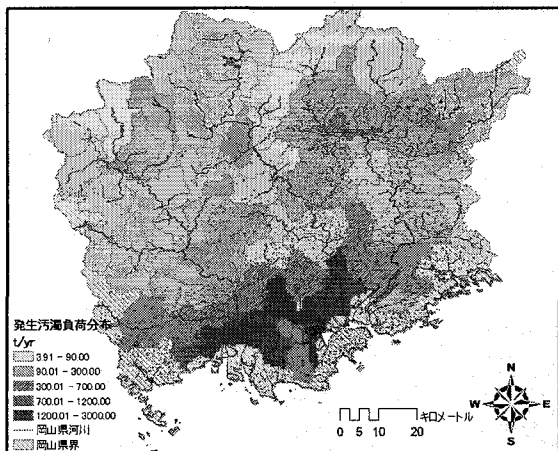


図 15 発生汚濁負荷量 TOC の分布

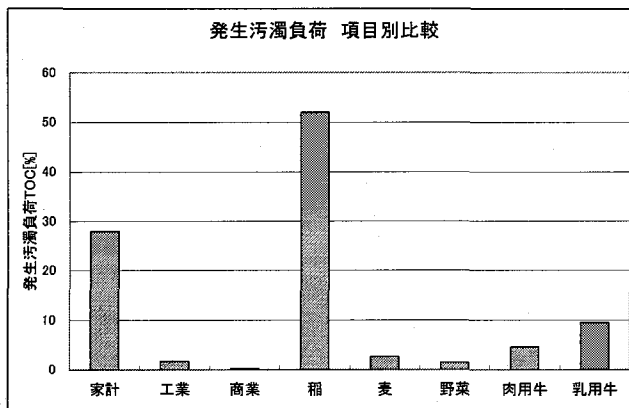


図 16 部門別の発生汚濁負荷量

3. 2 集水域ごとの比較

旭川水系について、各集水域の発生汚濁負荷量と流下汚濁負荷量を比較した(図 17)。図の左側が上流域の集水域、右側が下流域の集水域を示す。

全部門の発生汚濁負荷量の総和と流下汚濁負荷量の単回帰分析の結果、決定係数が TOC では 0.87, T-N は 0.35, T-P は 0.65 となり T-N について発生汚濁負荷量と流

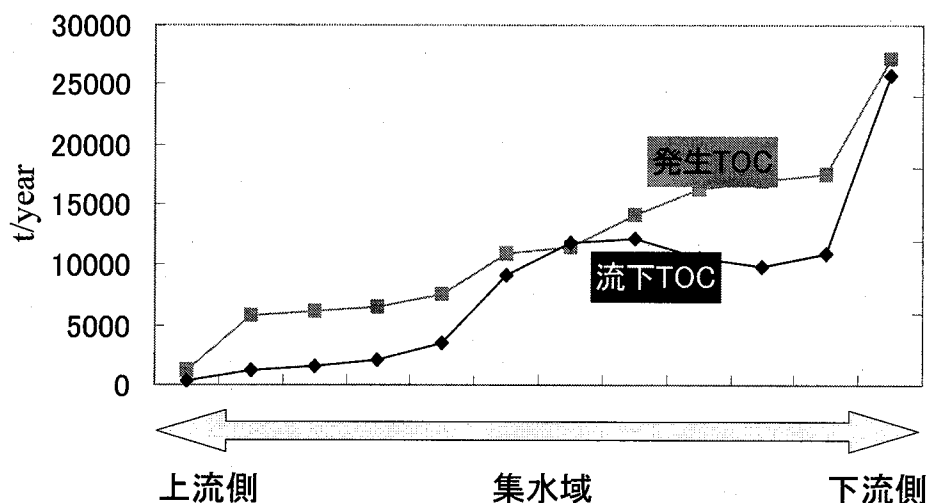


図 17 発生汚濁負荷量と流下汚濁負荷量の比較

下汚濁負荷量の乖離が大きい。家計、工業、商業、農業、畜産業の各部門からの発生汚濁負荷量と、下水道整備率を説明変数とした重回帰分析を行い、説明力の強い変数を選択した結果、TOC は 0.91, T-N は 0.92, T-P は 0.76 と高い相関を示し、流下汚濁負荷に最も影響を与える要素は、TOC については発生汚濁負荷の工業であり、T-N については発生汚濁負荷の農業であり、T-P については発生汚濁負荷の家計であることがわかった。農業系の非点源の負荷が流下汚濁負荷量に大きな影響を与えることが示唆された。

4 まとめ

本研究では、富栄養化や水質汚濁が進んでいる児島湖流域を対象として、発生汚濁負荷量と流下汚濁負荷量を算出し、児島湖流域の汚濁負荷の特性について把握した。

はじめに、国勢調査、工業統計、商業統計などの都市活動データを基に、市区町村別、3 次メッシュ統計を主とした地理情報システムを構築し、有機性廃棄物である食品残渣、食品加工残渣の発生量の空間分布を作成した。さらにに集水域の設定を行い、集水域ごとの発生汚濁負荷量の空間分布を把握した。次に、河川水質・水量のデータから、集水域ごとの流下汚濁負荷量を算出した。その結果、発生汚濁負荷量については農業の稲作と家計の寄与が大きいことがわかった。その分布は旭川水系、高梁川水系の河口部で集中しているが、吉井川水系の中流部にあたる津山市付近でも若干汚濁負荷の分布が見られた。流下汚濁負荷量については旭川水系、高梁川水系の中流域から下流域にかけて汚濁負荷が広がっていることが分かった。

次に集水域ごとの発生汚濁負荷量と、流下汚濁負荷量との間の相関関係を重回帰分析を用いて調査し、流下汚濁負荷量に与える影響が大きい要素を抽出することを試みた。

今後の課題として、水質浄化技術を導入するシナリオをいくつか設定した上で、技術導入に伴うエネルギー消費量、必要なコストを算出し、水質浄化技術の評価フレームを構築することが挙げられる。

謝辞

本研究は文部科学省・私立大学学術研究高度化推進事業「東洋大学地域産業共生研究センター」(平成 16 年度～平成 20 年度)の一部として行われた。また、本研究の遂行にあたり、岡山県河川事務所調査設計課の方には多くのご支援・ご協力いただいた。ここに記して深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 栗栖雅宜・藤田壮・盛岡通：武庫川流域圏における有機物資源リサイクルシステムの構築と評価，環境システム研究論文集 Vol. 31, pp333-342, 2003
- 2) 篠田成郎・守利悟朗・和田裕典・山川淳平・田中雅彦・渡辺美帆・片桐猛：物質循環状態評価に基づく新しい流域環境指標の提案，第12回地球環境シンポジウム講演論文集，pp213-218, 2004
- 3) 児島湖ハンドブック：岡山県生活環境部，2002
- 4) 経済産業調査会：<http://support.esri.com/>
- 5) 農林統計協会：<http://www.aafs.or.jp/>
- 6) 公共用水及び地下水の水質測定結果：岡山県発行