

霞ヶ浦流域モデルによる排出負荷量の算出と河川水質予測

北村 立実, 根岸 正美 (茨城県霞ヶ浦環境科学センター)

Calculation of discharge load and prediction of river water quality by Kasumigaura basin model

Tatsumi KITAMURA, Masami NEGISHI

Abstract: To management of Lake Kasumigaura basin, GIS (Geographical Information System) model which reproduce water quality and quantity was developed with the database based on statistical information and monitoring data of rivers in the basin by using the models, discharge load in the basin was calculated. Moreover, effect of the several different countermeasures on the water quality of Sakura River was predicted.

Keywords : 霞ヶ浦流域 (Kasumigaura basin), 排出負荷量 (discharge load), 河川水質予測 (prediction of river water quality)

1. はじめに

霞ヶ浦は全国第2位の湖面積を誇り、湖水は生活用水、工業用水、農業用水に幅広く利用されている。また、漁業も盛んに行われ、流域住民と霞ヶ浦は密接な関係を保っている。しかし、霞ヶ浦の水質は環境基準を満たしておらず、依然として流域からの汚濁負荷が大きな割合を占めている。霞ヶ浦の水質を保全するためには流域からの負荷を効率的に削減することが重要である。また、近年ではGIS（地理情

報システム）を用いた流域管理システムの検討がなされている¹⁾。

そこで、本研究では霞ヶ浦流域情報をGISにデータベース化し、それを基に霞ヶ浦流域からの排出負荷量を算出した。さらに流域環境の変化に伴う河川水質の予測を行うことが可能な流域モデルを構築し、桜川流域における負荷削減対策を行った場合の効果について検討を行った。

2. データベースの構築

2.1 背景データ

国土地理院発行の数値地図 2500 及び数値情報 (KS-273)、流域自然環境調査データ作成作業（霞ヶ浦流域地区）報告書(H.17.2)及び国土交通省霞ヶ

北村：〒300-0023 茨城県土浦市沖宿町 1853
茨城県霞ヶ浦環境科学センター 水環境研究室
TEL：029-828-0963（内線 214）
E-mail：ta.kitamura@pref.ibaraki.lg.jp

浦工事事務所発行の霞ヶ浦・常陸利根川流域図を基に GIS ソフト(SIS Mapmodeller ver6.2)を用いて霞ヶ浦流域界, 市町村界, 河川流域界を作成した(図 1)。

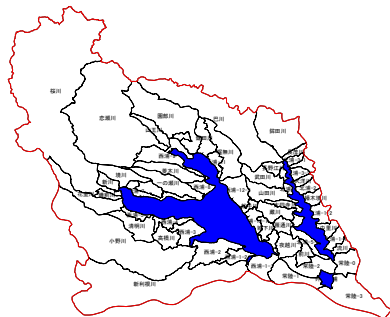


図 1 霞ヶ浦流域界と河川流域界

2.2 メッシュデータ

500m×500m として, メッシュ別項目別(表 1)に Microsoft Excel で作成した。また, 国土数値情報のオリジナルデータと背景データから市町村単位に区分することで現況(平成 16 年度)の市町村データ資料を入力し, 重み付け配分することにより, 現況のメッシュデータを再現した。

表 1 メッシュデータ一覧

項目	分類	項目	分類
人口	人口	ガス供給業	
処理形態別人口	下水処理人口	水道業	
	農業集落排水人口	旅館業	
	合併浄化槽人口	洗濯業	
	単独浄化槽人口	他の個人サービス業	
	し尿処理人口	医療業	
	自家処理人口	学術研究機関	
	食料品	その他のサービス業	
	飲料・たばこ・飼料	給食センター	
	繊維工業	と畜業	
	衣料その他の繊維製品	浄化槽(501人以上)	
	木材・木製品	単独浄化槽(201~500人)	
	宝具・装飾品	合併浄化槽(201~500人)	
	パルプ・紙・加工品	飲食店	
	出版・印刷・関連連品	肉牛	
	化学工業品	乳牛	
	石油製品・石炭製品	豚	
	プラスチック製品	山林	
	ゴム製品	水稲田	
	なめし革同製品・毛皮製品	ハス田	
	窯業・土石製品	転作田	
	鉄鋼製品	不作付田	
	非鉄金属製品	畑	
	金属製品	市街地	
	一般機械器具製品	その他	
	電気機械器具製品		
	輸送用機械器具製品		
	精密機械器具製品		
	その他の製造品		

2.3 地点データ

地点データ(表 2)について GIS に緯度経度を設定することで, 地点情報や観測データ等を GIS 上で表示可能とした。河川水質観測地点等の観測データは, 2001 年~2005 年の 5 年間の時系列データを Microsoft Excel により整備した。

表 2 地点データ一覧

項目	地点数	時系列データ	測定間隔	観測データ	単位
気象観測地点	25	○	1日	降水量	mm
				大気圧	hPa
				気温	℃
				水蒸気圧	hPa
				日照時間	hr
				風速	m/s
				積雪深	cm
農業取水施設	27	—	—	—	—
下水処理排水施設	7	—	—	—	—
農業集落排水施設	42	—	—	—	—
し尿処理排水施設	20	—	—	—	—
農業用水取水地点	28	—	—	—	—
湖沼放水地点	3	○	1日	—	—
河川流量観測地点	21	○	1日	—	—
河川水質観測地点	39	○	1ヶ月程度	流量	m ³ /s
				COD	mg/L
				T-N	mg/L
				T-P	mg/L
地下水位観測地点	20	○	1日	水位	m
河川代表地点	11	—	—	—	—
ボーリング代表地点	20	—	—	—	—

3 流域のモデル化

霞ヶ浦流域における水の流れや物質の流れを再現する解析モデルとして流域の地層を 4 層に分割(A 層~D 層)し, 現地土壌に応じた層ごとの水や物質の流れを表し, 流域を 3 次元的に表現する手法²⁾を適用した。

3.1 落水線の設定

国土地理院発行の国土数値情報の流路位置(KS-272)から単一水系域の 500m メッシュ毎に落水線を作成した。

3.2 蒸発散モデル

メッシュ毎に蒸発散量を算定した。接地境界は熱収支法で表し, 大気圧, 気温, 水蒸気圧, 日照時間, 風速等は AMedas 気象観測データを用いた。

3.3 流れ解析モデル

平面的にはメッシュ単位で, 鉛直的には 4 層(A 層~D 層)の多層系を用いて 3 次元的に表現した。地表面, A 層の流れ及び河川に対して kinematic wave 法を適用し, 蒸発散量は A 層から差し引いた。畑, 山林, 市街地, 水田と土地利用別に集中化した。水田は季節により土壌表面が変化するため, 灌漑期(4 月~8 月)を設定し, 畦畔越流や浸透を考慮した表面流出を設定した。

3.4 水質解析モデル

流れ解析モデルと同様に鉛直的に 4 層(A 層~D 層)のタンクを配置し, 土地利用に応じた負荷流出を再現した。点源流出負荷量, 面源流出負荷量, 層から層への浸透負荷量を算出し, A 層については堆積掃流, B~D 層では浸透, 土壌蓄積, 溶脱過程を

再現するモデルを適用した。河川では沈降等の自然浄化を考慮するモデルとした。

4 実流域への適用

霞ヶ浦の流入河川の1つである桜川における流量及び水質の実測値と計算値の比較を行った。計算期間は2年間とし、1年目は助走期間を設け、2年目を計算対象期間とした(図2)。

その結果、COD及びT-Pに関しては比較的良好な再現結果を得られたが、T-Nに関しては夏季に差が見られた。これは水田や河川の脱窒作用等がうまく考慮されていないことが考えられた。

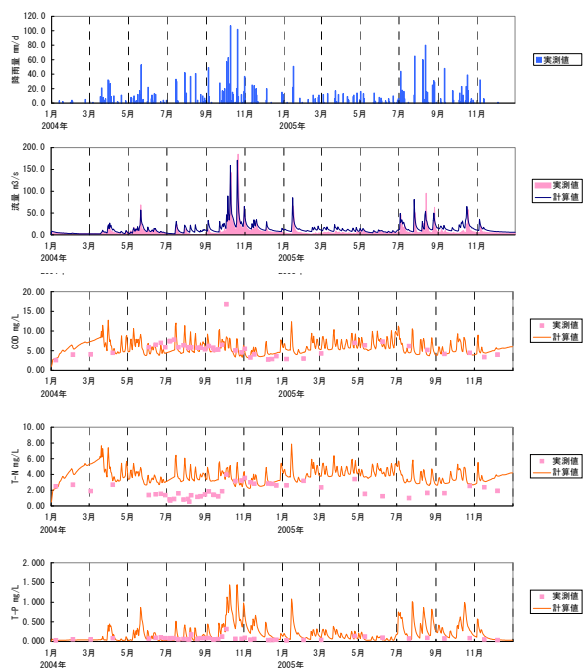


図2 河川流量と水質の実測値と計算値の比較

5 排出負荷量の算出

第4期霞ヶ浦水質保全計画の排水量、排出負荷原単位を参考に項目毎に排出負荷量を算出し、霞ヶ浦流域の排出負荷量を積算した。また、GISにより算出した排出負荷量と茨城県資料(平成16年度ベース)との比較を行った(図3)。その結果、GISによる算出でCOD: 23,760 kg/日、T-N: 12,840 kg/日、T-P: 588, 茨城県資料でCOD: 22,224 kg/日、T-N: 11,800 kg/日、T-P: 586 kg/日となり、COD及びT-N

でGIS算出値の方が少し高い傾向を示した。

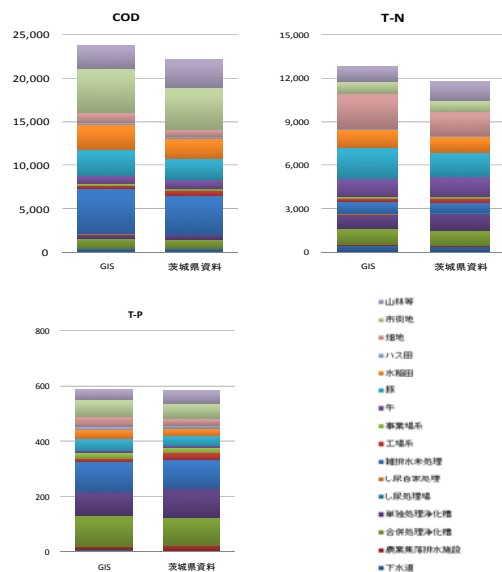


図3 GIS算出と茨城県資料による霞ヶ浦流域からの排出負荷量の比較

6 施策による排出負荷量と河川水質の変化

霞ヶ浦流域モデルを用いて、霞ヶ浦流域において最大面積を誇る桜川流域(図4)を対象に負荷削減対策のシナリオを設定し、排出負荷量の変化と河川水質への効果を検討した。環境基準地点である銭亀橋の河川水質から予測した。

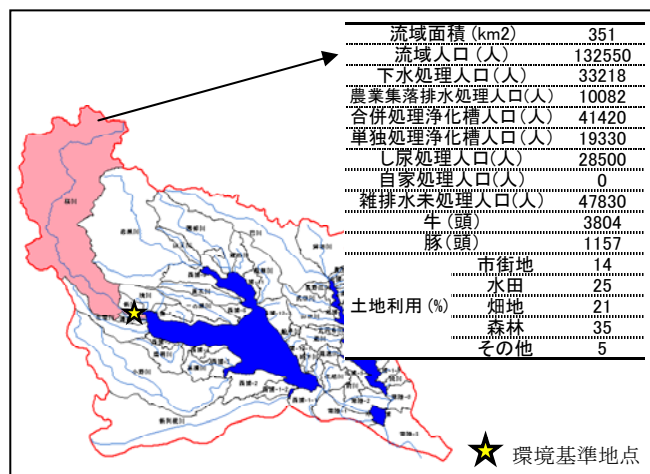


図4 桜川の流域図及び流域状況

本モデルにより桜川流域の排出負荷量を形態別に算出した(表3)。CODは雑排水未処理の点源負荷や市街地の面源負荷による排出負荷が大きいが、T-Nは合併処理浄化槽、畜産の点源負荷や水田、畑の面

源負荷の割合が大きい。T-P は合併処理浄化槽や雑排水未処理等の点源負荷の割合が大きい。シナリオは生活系の点源負荷の削減を主に設定した（表 4）。

表 3 桜川流域の形態別排出負荷量

	点源負荷 (kg/日)											
	下水道	農業集落排水	合併処理浄化	単独処理浄化	し尿処理	自家処理	雑排水未処理	工場	事業場	牛	豚	
COD	0	15	240	68	0.91	0	910	12	19	118	88	
T-N	0	11	246	148	0.38	0	142	3.1	22	158	62	
T-P	0	2.5	24	13	0.04	0	19	0.4	2.4	0.9	1.3	

	面源負荷 (kg/日)					
	水田	ハス田	畑	市街地	山林等	合計
COD	475	23	192	777	589	3526
T-N	244	6	398	122	240	1802
T-P	5.7	1.3	6.0	9.1	8.3	94

表 4 シナリオ一覧

シナリオ	内容
① 現況	現況
② 単独処理浄化槽の廃止	単独浄処理化槽の廃止 合併処理浄化槽への転換
③ 下水道接続率の上昇	単独処理浄化槽及び合併処理 浄化槽から下水道への接続

排出負荷量に関しては、COD、T-N、T-P 共にシナリオ③が最も大きく削減された(図 5)。

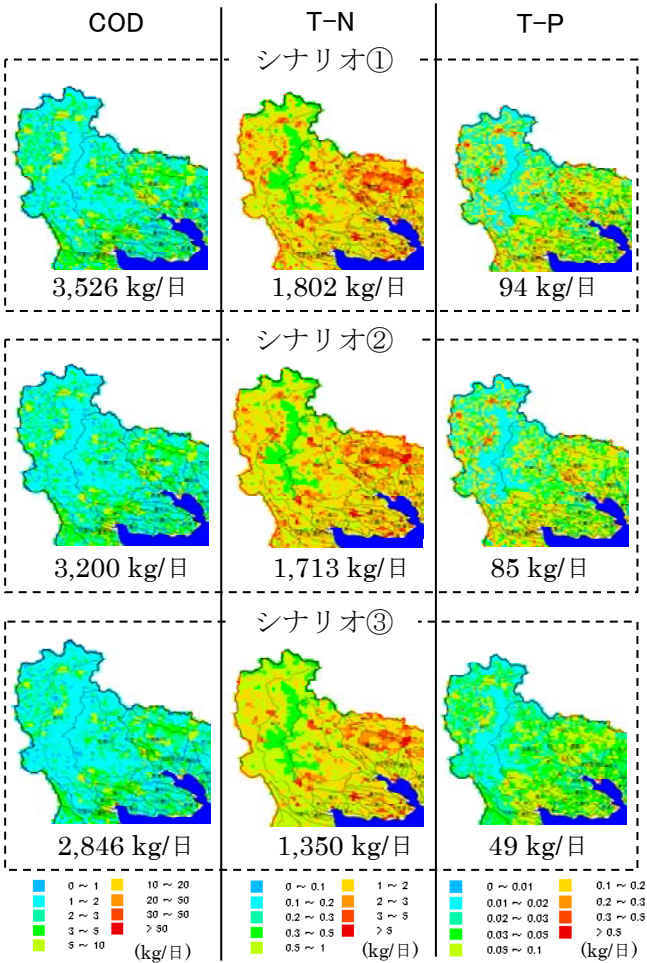


図 5 各シナリオによる桜川流域の排出負荷量の変化

下水道に接続することにより、生活排水をすべて

下水処理場に集めて処理するため、流域からの排出負荷量が大きく削減されたと考えられる。

河川水質の予測に関しては排出負荷量の変化と同様な傾向でシナリオ③が大きく改善され、COD では -1.3 mg/L 、T-N で -1.0 mg/L 、T-P では -0.02 mg/L という予測結果となった（表 5）。桜川流域は面源系の排出負荷割合も大きいいため、点源負荷と面源負荷の削減対策をうまく組み合わせることで、さらに効果的に削減することが可能と考えられる。

表 5 桜川流域のシナリオ別河川水質変化

	シナリオ①	シナリオ②	シナリオ③
COD (mg/L)	4.1	3.6	2.8
T-N (mg/L)	2.9	2.7	1.9
T-P (mg/L)	0.15	0.14	0.13

7 おわりに

霞ヶ浦流域の流域情報データや河川水質結果等を GIS に入力することで霞ヶ浦流域データベースを構築し、原単位法を適用することで排出負荷量を算出した。さらに、各メッシュに流域の流れ解析モデルと水質解析モデルを組み込み、流域から河川への負荷の流れを再現する霞ヶ浦流域モデルを作成した。これにより流域施策のシナリオを設定し、その効果を GIS によって可視的に表現・評価することが可能となった。今後、霞ヶ浦流域モデルにより河川流域毎に排出負荷の特徴を整理し、それに応じた流域管理を検証するツールとして役立てたい。

謝辞

本研究は文部科学省から特別電源所在県科学技術振興事業補助金の交付を受けて実施した。

参考文献

- 1)市川新(1999) 地理情報システム(GIS)を用いた流域管理のあり方と今後の課題,「システム/制御/情報」, 43, 8, 402-411.
- 2)林珍赫・小尻利治・友杉邦雄(2003) 流域環境評価のための GIS ベース分布型流出モデルの展開,「水文・水資源学会誌」, 16, 5, 541-555.