

水センサスデータベースの流域管理への適用

Application of Water Census Database for Watershed Management

安陪 和雄¹ 辻倉 裕喜² 大八木 豊³ 安田 佳哉⁴

Kazuo ABE Hiroki TSUJIKURA Yutaka OYAGI Yoshiya YASUDA

¹ 正会員 工修 国土交通省中部技術事務所 (〒461-0047 名古屋市東区大幸南 1-1-15)

² 正会員 工修 国土交通省国土技術政策総合研究所 (〒305-0804 茨城県つくば市旭 1)

³ 正会員 工修 (株)建設技術研究所大阪支社 (〒540-0008 大阪市中央区大手前 1-2-15)

⁴ 正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 (〒305-0804 茨城県つくば市旭 1)

We applied “water census database”, which we had estimated by a distributed model in standard grid cell, to the watershed management of Kasumigaura where watershed management has been proposed for its water quality improvement. We took up “sewage connection rate in local sewage area” as an item of watershed management, suggesting “ $E_{CR-100/100P}$ ” which means the effect of river water quality improvement by growing sewage connection rate as an incentive index to local people. Growing sewage connection rate from the cell where $E_{CR-100/100P}$ is larger in a same municipality, contributes to more effective improvement of river water quality in other cells. So that way is thought to be useful method of watershed management for getting local people being cooperative.

Key Words : distributed model, watershed management, hydrological cycle, standard grid cell, GIS

1. はじめに

河川審議会では、「流域における水循環はいかにあるべきか」¹⁾の諮問に対して、健全な水循環系を構築するために必要な施策の一つとして、「水センサスの実施」を提案している。具体的には、以下の三項目を提示している。

- (1) 水量、水質等の基礎データを調査・整理し、共通のデータベースとして構築する。
- (2) これらのデータを活用して、水循環をより効果的に改善できるよう水循環のメカニズムを定量的に明らかにする。
- (3) データベースは、関係者が容易に活用できるように整備するとともに、インターネット等を通じて、広く一般に対して情報を公開する。

水循環を改善する主体は、行政、企業、地域住民等が構成する社会システムである。水循環を改善するためには、水センサスデータを社会システムに効果的に還元する必要がある。既往の水循環に関する研究は、工夫を凝らした流出モデルの開発および性能評価に主眼が置かれ

てきた。近年、分布型流出モデルが開発され、流域に不均一に分布する土地利用、土壌、地質、生活・工業・農業用水の取排水量等の諸データを水循環の定量化に反映することが可能となった。これは、流域全体の水循環のみならず流域を構成する地域の水循環についても定量化することが可能になったことを意味する。社会システムとの接点では、空間スケールの小さい地域の水循環を定量化することが重要な意味をもつと考えられるが、分布型流出モデルがこのような接点で現実の社会システムに適用されるには至っていない。

これには、作業プロセス上の観点から、以下に示す2つのハードルがあるためと考えられる。

- (1) 分布型流出モデルにより地域の水循環を定量化するためには、ベースデータとして当該地域の生活・工業・農業用水の取排水量等が必要である。一方、各用水データは地域単位で一元化されていないため、既存の統計資料を加工する必要があるが、この加工手法が確立されていない。
- (2) 仮に、(1)の作業を遂行し、分布型流出モデルにより地域の水循環が定量化されたとしても、現実の社会

システムにおいてアクションプログラムの青写真が描けるという保証はどこにもない。

著者らは、人口センサスデータ等、わが国の主要なセンサスデータが約1 km 四方の基準地域メッシュ²⁾(南北方向30秒東西方向45秒の区画)単位で整備されていることに着目し、霞ヶ浦流域を対象に地域の生活・工業・農業用水の取排水量を同一メッシュで作成した^{3,4)}。また、吉野らが開発した分布型流出モデル⁵⁾を同一メッシュに適用し、流域全体の水循環のみならず基準地域メッシュ単位における地域の水循環メカニズムを定量化した⁴⁾。さらに、これらの水循環データを水センサスデータとしてGISに収録し、WEBにより一般公開するデータベースを構築した⁶⁾。すなわち、河川審議会が提案している水センサスを実施しており、本研究では、このデータベースを用いて、現実の社会システムにおいて有効なアクションプログラムについて検討した結果を報告する。

2. 水センサスデータベースと流域管理の接点

霞ヶ浦流域の課題の一つは、流域管理による湖沼水質保全である^{7,8)}。これには、下水道の整備等、行政サイドの取組に加え、家庭と下水道の接続促進、浄化槽の維持管理の確保、農地の施肥量の削減、事業場の排水自主管理の徹底等、地域住民、企業等が自らの役割に応じて行政と協働して必要な措置を実施していく必要がある。

著者らが分布型流出モデルを用いて基準地域メッシュ単位で構築した「水センサスデータベース」と「流域管理による湖沼水質保全に必要な措置」をオーバーラップさせると「家庭と下水道の接続促進」の切り口で接点を見出すことができる。行政サイドが計画を立案し下水道事業により管渠と終末処理場を建設しても管渠近傍にある家庭と管渠の接続がなされなければ従前どおり生活排水が処理されないまま河川に流入し、湖沼の富栄養化は抑制されない。特に単独浄化槽等に既に投資した家庭において、二重投資となるため下水道接続が進捗しづらいという現実がある。なお、流域内の多数の市町村では、浄化槽設置の有無によらず、下水道接続に補助金又は無利子融資を行っている(例えば、G町では、一戸当たり補助金上限額5万円、無利子融資上限額50万円の制度を設けている)。また、「下水道促進週間」の実施など、水洗化向上を視野に含めた広報活動を展開している。

「家庭と下水道の接続促進」には、下水道処理区域内に居住する地域住民の自発的な行動が必要である。これを実現可能な社会環境にするためには、彼らの自発的行動に動機を与えるような水センサスデータの還元方法を考える必要がある。

地域住民には、霞ヶ浦を身近に感ずる河川(霞ヶ浦に流入する河川)下流域の住民もいれば、霞ヶ浦から比較的遠い河川上流域の住民もいる。後者が前者よりも距離

の関係から霞ヶ浦の水質保全に関心が薄いのは容易に想像がつく。一方、後者は、河川上流域に居住するため、近傍を流下する河川の低水流量は、河川下流域に比べて少ない。下水道の接続促進は、近傍河川的生活排水の減少を伴うため、河川上流域における近傍の河川水質の向上は、河川下流域よりも期待できる。勿論、下水道の接続促進による近傍河川的生活排水の減少は、河川の上流域と下流域にかかわらず、最終的には湖沼水質の保全に寄与する。水センサスデータの還元方法としては、地域住民が家庭と下水道を接続することにより、近傍の身近な河川が顕著に向上し、かつ、湖沼の水質保全にも寄与するというストーリーが地域住民の動機形成になり易いもの考えられる。

茨城県では、1985年に霞ヶ浦が湖沼水質保全特別措置法の指定湖沼になったことを受けて、1986年から湖沼水質保全計画を5ヵ年毎に策定し、必要な施策を推進してきた⁷⁾。河川流域単位で汚濁負荷発生量を推定し、それぞれに削減目標を設定する手法で、施策立案のベースデータを作成してきた。一方、流域管理という視点で施策の推進を考えた場合、諸データが河川流域単位で整理されているために、霞ヶ浦の水質保全に比較的関心の薄い河川上流域の地域住民の自発的行動に動機を与えるような諸データの還元は容易ではない。

3. 水センサスデータベースの流域管理への適用

茨城県では霞ヶ浦における流域管理手法を検討している⁸⁾。そこでは、図-1に示すように、県が構想している霞ヶ浦環境センター(仮称)に地域組織を統轄する「霞ヶ浦全流域協議会」を設置し、その傘下に、霞ヶ浦全流域を構成する各河川流域を対象とした「□□河川流域協議会」を設置し、各河川流域に存在する市町村がそれぞれの「○○市町村流域協議会・□□河川流域支部」として参加する構図を想定している。

表-1は、霞ヶ浦流域に行政区画(全域又は一部)が存在する市町村の内、下水道処理区域が存在する市町村の1995年における下水道人口、未接続人口、生活排水削減

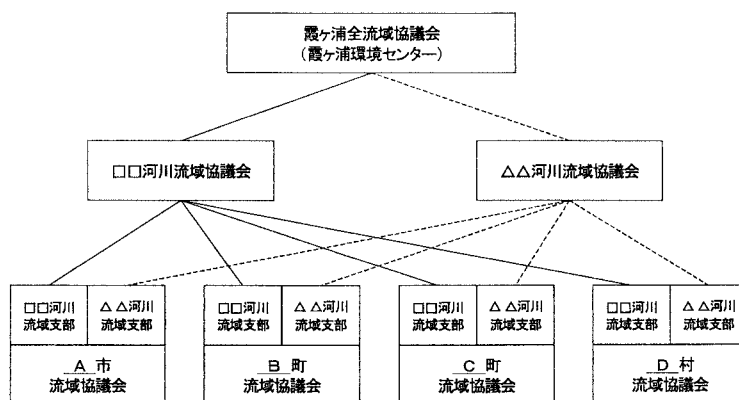


図-1 流域管理組織構想図 (茨城県資料⁹⁾)

表-1 各市町村の生活排水削減可能量等 (1995)

処理場	市町村	下水道人口 (人)	未接続人口 (人)	削減可能生活排水量 (m ³ /日)	削減可能COD負荷量 (t/日)
A	H市	88,381	13,360	3,659	190
	U市	25,395	8,531	2,330	136
	B町	23,849	10,777	2,374	160
	AA町	2,350	540	126	7
	AB町	1,422	303	75	4
	V町	10,893	948	215	13
	Q村	4,528	1,228	277	18
	計	156,818	35,687	9,056	528
B	A市	68,897	9,164	2,721	198
	D町	2,024	261	101	5
	I市	35,285	6,968	1,523	117
	C市	21,839	1,398	87	16
	J村	298	229	48	3
	L町	5,410	108	0	0
	G町	963	953	247	15
	計	134,717	19,080	4,727	355
C	AD町	14,415	2,417	754	35
	AC町	840	699	151	12
	計	15,255	3,116	905	48
D	AB町	1,649	560	132	8
E	AL町	9,466	2,260	515	43
	AN町	347	0	0	0
	計	9,813	2,260	515	43
F	AJ市	16,565	3,408	535	54
全	合計	334,816	64,112	15,870	1,035

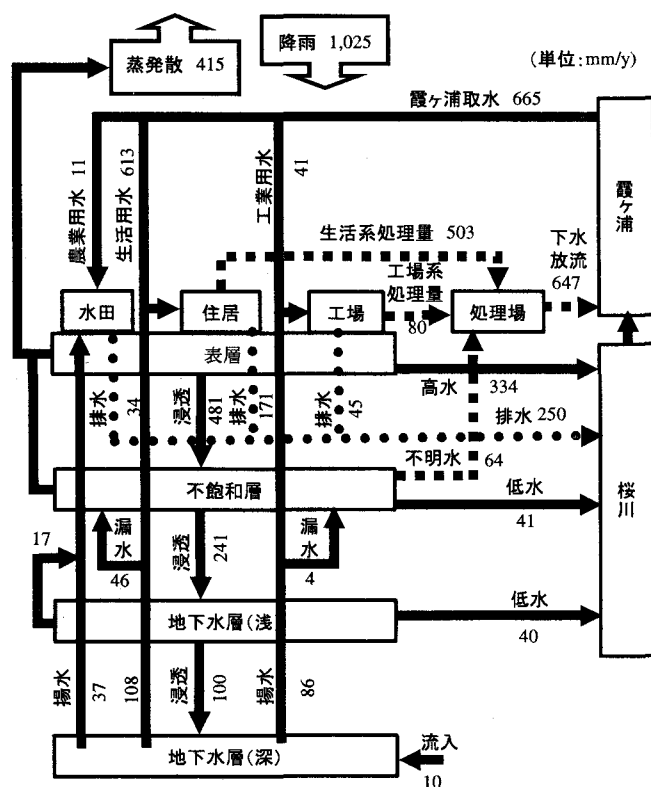
可能量等（未接続人口解消時）を示す。このようなデータの抽出は、著者らが、霞ヶ浦流域を構成する河川流域、市町村区域を共通する基準地域メッシュで分割し、それぞれに水センサスデータが配分されているデータベースを既に作成しているために、柔軟かつ容易に行うことができる。表-1 の合計欄に示したように、霞ヶ浦流域内では、1995 年時点で、64,112 人が下水道接続に至っておらず、これを解消することにより、15,870 m³/日の生活排水量、1,035t/日の COD 負荷量が削減される。

表-2 は、図-1 の流域管理組織図の構造に適合するように、第一段階としては河川流域毎に、第二段階としては各河川流域内に位置する市町村毎に、表-1 を変換し、下水道人口の最も多い上位 A、B、C 川について示したものである。表-2 は、河川流域において下水道未接続の解消により霞ヶ浦に流入する生活排水の削減可能量を市町村単位で比較したことを意味している。一方、下水道接続は地域住民の自発的な行為によって達成されるため、河川流域内における市町村間の削減可能量の比較だけでは、地域住民に対する動機形成には十分ではないと考えられる。

図-2 は、H 市内の都市域に位置する基準地域 1 メッシ

表-2 河川流域（抜粋）の生活排水削減可能量等 (1995)

流入河川	市町村	下水道人口 (人)	未接続人口 (人)	削減可能生活排水量 (m ³ /日)	削減可能COD負荷量 (t/日)
A	A市	24,438	3,250	882	69
	B町	7,000	3,163	620	42
	C市	21,262	1,361	80	16
	D町	2,024	261	101	5
	E町	0	0	0	0
	F村	0	0	0	0
	G町	0	0	0	0
	H市	11,298	1,708	429	22
	I市	174	34	23	2
	計	66,197	9,779	2,136	156
B	A市	31,640	4,208	1,308	96
	B町	3,074	1,389	358	24
	H市	13,912	2,103	491	25
	計	48,626	7,701	2,158	146
C	J町	298	229	48	3
	C市	577	37	7	0
	E町	0	0	0	0
	G町	963	953	247	15
	K町	0	0	0	0
	L町	5,410	108	0	1
	I市	35,112	6,933	1,500	116
	計	42,359	8,260	1,802	136

図-2 H市街地周辺の年間水収支
(メッシュコード：54400186)

メッシュにおける1995年の年間水収支である。このメッシュは、夜間人口：5,066人、昼間人口：10,332人、推定下水道人口：4,961人である。一方、H市の下水道接続率は、84.9%であり、これが仮に100%になると、生活系処理量は503から592(mm/y) (503×100/84.9)に増大し、河川への生活系排水量は、171から82(mm/y)に減少する。これは、河川（低水時）への降雨流出量における生活系排水量の比率が、2.1 {171/(41+40)} から1.0 {82/(41+40)} に減少することになり、都市域での下水道接続率の向上は地域の水循環に大きな影響を与えることが認められる。

図-2に示したように著者らが作成した水センサスデータは基準地域メッシュから河川（低水時）に流出する降雨流出量、生活系排水量、下水道に流入する生活系排水量等を含んでいる。

近傍を流れる河川の平均的な低水流量 Q は、(1)式で推定することができる。

$$Q = \sum (q + d + i + a) \quad (1)$$

Q ：当該メッシュ内を流下する河川の平均的な低水流量
 q, d, i, a ：当該メッシュ及び上流側にあるメッシュの河川（低水時）への降雨流出量、生活用水取排水量、工業用水取排水量、農業用水取排水量（取水の場合は負値）

下水道接続促進に伴う河川への生活排水削減量及び生活系負荷削減量は、下水道接続率が現況から100%にまで向上すると仮定すると(2)及び(3)式で推定することができる。

$$d_{CR-100} = d_{CR} \frac{100 - CR}{CR} \quad (2)$$

$$l_{CR-100} = l_{CR} - l_{100} \quad (3)$$

d_{CR-100}, l_{CR-100} ：下水道接続率が現況から100%に向上した場合の当該メッシュから河川に流出する生活排水削減量及び生活系負荷削減量

d_{CR} ：当該メッシュから河川に流出する現況の生活排水量

l_{CR}, l_{100} ：下水道接続率が現況及び100%時における当該メッシュから河川に流出する生活系負荷量(1人当たりの生活系負荷量原単位、メッシュ水洗化人口、下水道以外の生活排水対策の実施状況等を勘案して推定)

CR ：当該メッシュにおける現況の下水道接続率

(1),(2),(3)式より、現況の下水道接続率が100%にまで向上することによるメッシュ内を流下する河川の水質改善効果 E_{CR-100} を(4)式で評価する。

$$E_{CR-100} = \frac{l_{CR-100}}{Q - d_{CR-100}} \quad (4)$$

地域住民の動機形成に関連付けるためには、1戸当りの下水道接続による河川の水質改善効果を評価する必要がある。戸を人口で置き換え、100人の下水道未接続人口の解消による河川の水質改善効果 $E_{CR-100/100P}$ は(5)式で評価できる。

$$E_{CR-100/100P} = \frac{100E_{CR-100}}{ndpop_{NR}} \quad (5)$$

$ndpop_{NR}$ ：当該メッシュにおける下水道未接続人口

$$ndpop_{NR} = pop_{NR} \left[\left(\frac{1}{1+m} \right) mnpop + \left(\frac{m}{1+m} \right) mdpop \right] \quad (6)$$

pop_{NR} ：当該メッシュにおける下水道未接続人口（夜間）

$mnpop$ ：当該メッシュにおける夜間人口

$mdpop$ ：当該メッシュにおける昼間人口

m ：夜間に対する昼間の平均的な生活用水使用比率（勤務時間/勤務外時間=8時間/16時間=0.5と仮定）³⁾

図-3は、近傍を流れる河川の平均的な低水流量 Q と水質改善効果の大きい上位200メッシュの $E_{CR-100/100P}$ の関係を示す。低水流量 Q が日流量1,000トより大きくなると $E_{CR-100/100P}$ が急激に小さくなるのがわかる。

霞ヶ浦流域における市町村区域と河川流域の位置関係を図-4に示す。例えば、A市に着目すると、A市は、東半分程度が霞ヶ浦流域内に位置しているとともに、霞ヶ浦流域内のA市は、4つの入河川流域に分割される。このような市町村区域と河川流域の関係は、A市に限定されたものではなく、他の市町村においても同様である。すなわち、河川流域と市町村は、通常、地理的に一致しない。これは、流域管理の実施を困難にしている主要な理由の一つとも言われている¹⁰⁾。

住居表示が、〇〇県△△市××等となっているように、地域住民は、行政区域には日頃から慣れ親しんでいる。一方、河川流域単位での情報が提供されてこなかったこ

$E_{CR-100/100P}$ （水質改善効果（COD：mg/l））

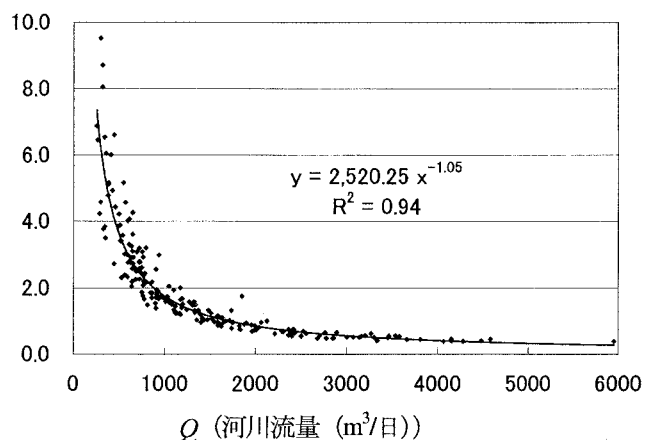


図-3 $E_{CR-100/100P}$ と Q の関係

ともあって、自分が〇〇川流域（特に霞ヶ浦流域を構成する中小の河川流域）にいるという意識はほとんどないと言っても過言ではない。

図-1の流域管理組織構想図では、霞ヶ浦全流域協議会を構成する河川流域協議会が、河川流域と地理的に重なり合ういくつかの市町村の流域支部により構成されている。そこでは、種々の情報が河川流域単位で整理された上で、種々の議論がなされることを想定しているものと考えられる。しかし、地域住民において河川流域単位の流域意識が十分に醸成されていない現段階では、河川流域単位の情報の整理はそれほど有効ではないものと考えられる。

そこで、より現実的な情報提供の手法として、図-1の「霞ヶ浦全流域協議会」の傘下に霞ヶ浦流域に行政区域（全域又は一部）が存在する市町村が直接にぶら下がる通常の組織系統を踏襲し、その枠組内における情報提供のあり方を検討した。

図-5は、A市と下水道処理区域（B処理場）の位置関係である。下水道処理区域は、人口密集地域を囲い込むように設定されるため、霞ヶ浦流域及び河川流域の地理的な配置との整合性は認められない。

図-6は、霞ヶ浦流域の水循環を基準地域メッシュ単位で定量化するために設定した河道網をA市周辺において示したものである。本研究では、基準地域メッシュ内に必ずひとつの河川が存在するものとして、分布型流出モデルを基準地域メッシュ単位で適用している。

図-7は、A市において、下水道処理区域を含む基準地域メッシュを対象に算出した $E_{CR-100/100P}$ を相対的にグラデーション表示したものである。下水道接続率の向上により近傍河川の水質改善効果が見込まれるメッシュは74個あり、 $E_{CR-100/100P}$ の最大値、最小値、平均値はそれぞれ、8.712、0.003、2.322であった。

表-3は、A市において、 $E_{CR-100/100P}$ 大きい順番に並べたものである。仮に、今後5年間（湖沼水質保全計画の実施期間）において、霞ヶ浦流域内の下水道接続率を現況から100%に向上させる目標が立てられた場合、A市に

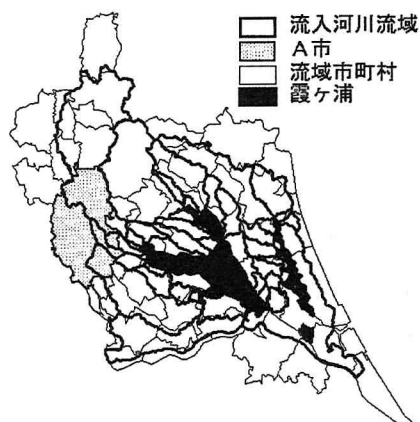


図-4 市町村区域と河川流域の位置関係

において、表-3の順番で、各メッシュ内の未接続人口に対して協力を要請することが近傍の河川の水質改善効果が

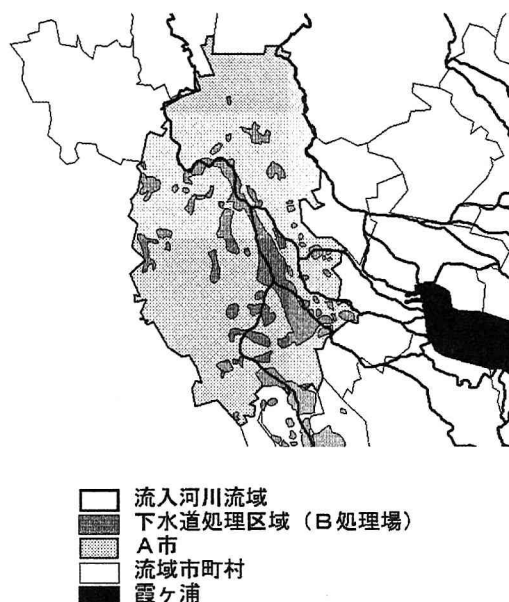


図-5 A市と下水道処理区域（B処理場）の位置関係

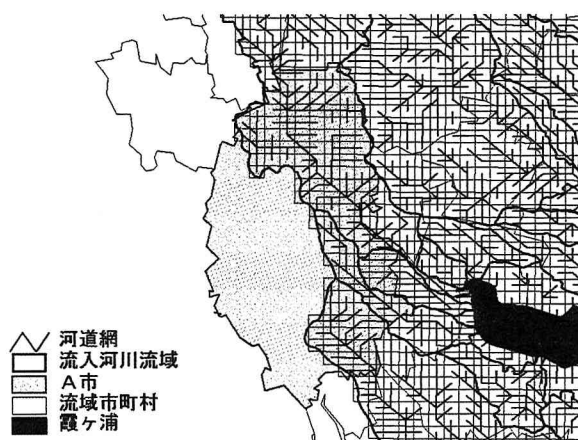


図-6 A市周辺における河道網の設定状況

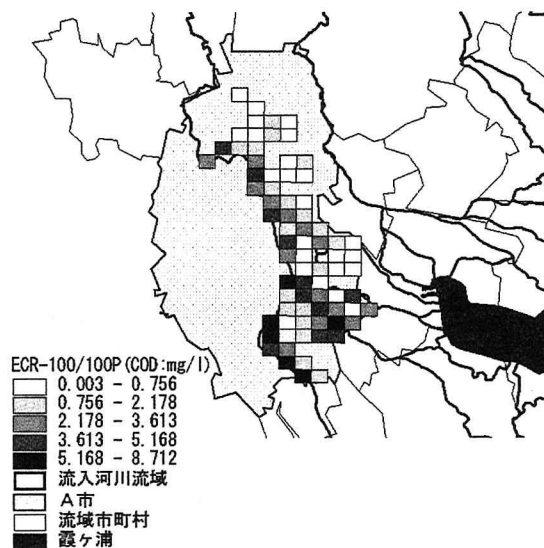


図-7 A市における $E_{CR-100/100P}$ の算出結果

表-3 A市における近傍河川の水質改善効果 $E_{CR-100/100P}$ 等（降順）

順位	メッシュコード*	流入河川	下水道人口 (人)	未接続人口 (pop_{NR}) (人)	未接続人口 (夜間と昼間) ($ndpop_{NR}$) (人)	河川流量 (Q) (m^3 /日)	削減可能生活排水量 (d_{CR-100}) (m^3 /日)	削減可能COD負荷量 (l_{CR-100}) (t/日)	水質改善効果 (COD) $E_{CR-100/100P}$ (mg/l)
1	54400161	A川	3,875	515	526	319	90.8	10.5	8.712
2	54400067	A川	79	11	24	319	9.9	0.6	8.059
3	54400038	A川	121	16	83	447	36.9	2.2	6.617
4	54400029	A川	612	81	98	343	18.2	2.1	6.546
5	54400057	A川	274	36	42	359	14.4	0.9	6.058
6	54400098	A川	2,568	342	313	410	96.9	5.9	6.013
7	54400047	A川	573	76	70	388	21.9	1.3	5.168
8	54400099	B川	5,339	710	811	550	146.6	16.9	5.167
9	54401047	B川	846	113	96	383	28.7	1.7	5.115
10	54400151	A川	267	36	39	429	13.2	0.8	4.932
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
74	54401122	D川	117	16	13	537,059	3.8	0.2	0.003

大きいという観点から有効であると考えられる。また、優先順位の低いメッシュ内の未接続人口については、そのメッシュに着手する前には、他のメッシュの下水道接続率が既に相当向上しているため、それらとの相対比較により地域住民の動機形成が期待されるものと考えられる。

4. 結論と今後の課題

(1) 結論

本研究は、基準地域メッシュ単位で構築した水センサスデータベースを霞ヶ浦の流域管理に適用したものである。得られた成果を要約すると以下ようになる。

- 1) 地域住民の自発的行動の動機形成に資する指標として、当該メッシュにおける下水道未接続人口 100 人の解消による近傍河川の水質改善効果を示す指標 $E_{CR-100/100P}$ を提案した。
- 2) 霞ヶ浦流域を対象に $E_{CR-100/100P}$ について算出するとともに、 $E_{CR-100/100P}$ を用いて行政から地域住民へのアプローチが容易になる情報提供の手法を例示した。

(2) 今後の課題

本研究では、流域管理項目として、「家庭と下水道の接続促進」をとりあげた。この他の項目としては、「単独浄化槽から合併浄化槽の転換」、「農地の施肥量の削減」、「事業場の排水自主管理の徹底」等がある。これらの流域管理項目についても、データが基準地域メッシュ単位で整備されていれば、本研究と同様の手法で流域管理への適用が可能である。今後、これらの流域管理項目に係るデータの取得およびGIS化が望まれる。

謝辞：貴重な資料を提供していただいた茨城県生活環境部霞ヶ浦対策課、同土木部下水道課に感謝致します。

参考文献

- 1) 国土交通省河川審議会答申：新たな水循環・国土管理に向けた総合行政のあり方について、流域における水循環はいかにあるべきか、平成 11 年 3 月
(<http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai/shingi/index.html>)
- 2) 建設省国土地理院：数値地図ユーザーズガイド（改訂版），pp1-4，1994
- 3) 安陪和雄，大八木豊，安田佳哉：基準地域メッシュ単位における人工系水循環の推定，環境システム研究論文集，Vol. 29，pp. 321-330，2001
- 4) 安陪和雄，大八木豊，辻倉裕喜，安田佳哉：分布型流出モデルの広域的適用，水工学論文集，Vol. 46，pp. 247-252，2002
- 5) 吉野文雄，吉谷純一，堀内輝亮：分布型流出モデルの開発と実流域への適用，土木技術資料，Vol. 32-10，pp. 54-59，1990
- 6) 安陪和雄，大八木豊，安田佳哉：流域管理のための水循環データベースの構築，第9回世界湖沼会議発表文集，第5分科会，pp. 341-344，2001
- 7) 田淵俊雄：霞ヶ浦の水質保全と流域管理，月刊下水道，Vol. 22，No. 6，pp. 8-11，1999
- 8) 小沢敏克：霞ヶ浦の現状と再生へのビジョン，月刊下水道，Vol. 22，No. 6，pp. 4-7，1999
- 9) 霞ヶ浦流域管理研究会：霞ヶ浦における流域管理手法の検討結果報告書，2000
- 10) Neil S. Grigg，浅野孝監訳：水資源マネジメントと水環境，pp459-462，技報堂出版，2000

(2002. 9. 30受付)