

# 地理情報システムを活用した霞ヶ浦流域の 流域管理に関する研究

阿見町、つくば市、土浦市を例として

Water Quality Management of Lake Kasumigaura Using GIS System

— Case study of Ami, Tsukuba, Tsuchiura —

松重一夫<sup>1</sup>・相崎守弘<sup>2</sup>・三浦真吾<sup>2</sup>

Kazuo Matsushige<sup>1</sup>・Morihiro Aizaki<sup>2</sup>・Shingo Miura<sup>2</sup>

1. 国立環境研究所

National Institute for Environmental Studies

2. 島根大学

Shimane University



NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

環境庁 国立環境研究所

# 地理情報システムを活用した霞ヶ浦流域の 流域管理に関する研究

— 阿見町、つくば市、土浦市を例として —

Water Quality Management of Lake Kasumigaura Using GIS System  
- Case study of Ami, Tsukuba, Tsuchiura -

松重一夫<sup>1</sup>・相崎守弘<sup>2</sup>・三浦真吾<sup>2</sup>

Kazuo Matsushige<sup>1</sup>・Morihiro Aizaki<sup>2</sup>・Shingo Miura<sup>2</sup>

1. 国立環境研究所  
National Institute for Environmental Studies
2. 島根大学  
Shimane University

NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

環境庁

国立環境研究所

## 序

湖沼の水環境保全は我々の生活環境に密接に結びついた重要な課題である。環境基準の指定以来、人の健康に係わる項目については改善が見られているものの、生活環境に係わる項目の達成率の向上はあまり見られず、アオコの発生などによって利水や親水に対して多くの障害をもたらしている。

工場排水規制や各種点源対策を中心とした規制的な排水対策を施すことにより、汚濁の進行は抑えることができつつあるが、現在の対策では現状維持が精一杯の状況である。さらなる改善には従来手法のみでは困難であり、発想の転換を伴ったリサイクル型地域エコ社会の構築による総合的な対策が必要な段階に至っている。

このような地域エコ社会の構築はまだ模索段階であるが、構築に当たっては精度の高い地域情報の集積が不可欠と考えられる。従来このような流域情報は主として数値情報のみが管理されてきたが、しかし、数値情報だけでは地域の特徴や特性は把握できず、また開発行為などに伴う流域環境の変化を適切に表したり予測することは困難である。

これらの流域管理のためには、流域の特徴を表す地図情報と数値情報の両方を組み合わせて使うことが必要となる。このような地図情報と数値情報の両方を扱うシステムとして地理情報システムがある。

従来、大型計算機でしか扱えなかった地理情報システムが、最近のコンピュータ技術のめざましい向上によりパーソナルコンピュータで取り扱える状況になってきた。

本研究では、パーソナルコンピュータで動作する地理情報システムを活用して市町村単位で管理可能な流域管理システムを構築することを目的として、霞ヶ浦流域の阿見町、つくば市および土浦市を対象に、町丁字単位での各種統計データを収集し、地図情報、航空写真、現地調査などによって、国勢調査区単位での人口、土地利用状況などの環境情報のデータベースを地理情報システム上に構築した。更に生活排水の処理形態別情報、下水道設備情報、農業集落排水設備情報および事業所情報をシステム上に整理した。また、降雨、水道、地下水利用、農業用水等の情報を整理して水の流れを明らかにした。

これらの情報をもとに小流域単位での流出水量、排出負荷量から流出水の平均水質の予測を行った。

これらのデータベースは地図情報として表示でき、また、地図上で特定地域を指定して、排水処理の処理形態を変化させた場合や各種開発行為に伴う水質変化の予測を行うこともできるシステムとして開発された。本システムおよび地理情報が流域保全のための各種対策に活用されることを期待したい。

2000年2月

地域環境研究グループ統括研究官  
森田 昌敏

## 目 次

1. はじめに	1
2. 研究方法	1
3. 調査地域の概要および小流域区分	3
4. 結果	5
5. 考察	12
6. まとめ	16

## 表 目 次

表 1	発生、排出負荷量、流出水量、予測水質および各種水質指標の求め方	17
表 2	計算に用いた原単位（茨城県資料）	18
表 3	阿見町における各小流域での土地利用比率	19
表 4	つくば市における各小流域での土地利用比率	20
表 5	土浦市における各小流域での土地利用比率	21
表 6	阿見町における各小流域での生活系排水の処理形態別人口	22
表 7	つくば市における各小流域での生活系排水の処理形態別人口	23
表 8	土浦市における各小流域での生活系排水の処理形態別人口	24
表 9	阿見町における月別降水量（1994年）	25
表 10	阿見町における各小流域からの流出水量とその内訳	26
表 11	つくば市における月別降水量（1961～1990年間の平均値）	27
表 12	つくば市における各小流域からの流出水量とその内訳	28
表 13	土浦市における月別降水量（mm）	29
表 14	土浦市における各小流域からの流出水量とその内訳	30
表 15	阿見町における各小流域からのCOD排出負荷量と予測水質	31
表 16	阿見町における各小流域からのT-N排出負荷量と予測水質	32
表 17	阿見町における各小流域からのT-P排出負荷量と予測水質	33
表 18	つくば市における各小流域からのCOD排出負荷量と予測水質	34
表 19	つくば市における各小流域からのT-N排出負荷量と予測水質	35
表 20	つくば市における各小流域からのT-P排出負荷量と予測水質	36
表 21	土浦市における各小流域からのCOD排出負荷量と予測水質	37
表 22	土浦市における各小流域からのT-N排出負荷量と予測水質	38
表 23	土浦市における各小流域からのT-P排出負荷量と予測水質	39
表 24	清明川河口部における実測水質値と予測水質値および流出率補正後の 予測水質の比較	40
表 25	土浦市における生活系排水の処理形態別COD負荷量（g/day）	41
表 26	清明川各地点での生活系排水の処理形態を変化させたときの 予測COD水質（mg/l）	42
表 27	清明川各地点での生活系排水の処理形態を変化させたときの 予測T-N水質（mg/l）	43
表 28	清明川各地点での生活系排水の処理形態を変化させたときの 予測T-P水質（mg/l）	44

## 目 次

図 1	調査地域の概念図	45
図 2	つくば市、土浦市および阿見町における市町村界および河川図	46
図 3	つくば市、土浦市および阿見町におけるデータ集約の基本最小構成単位	47
図 4	阿見町における河川図および流域区分図	48
図 5	阿見町における土地利用現況図（平成 2 年）	49
図 6	つくば市、土浦市および阿見町における市街地占有率の分布図	50
図 7	つくば市、土浦市および阿見町における水田占有率の分布図	51
図 8	つくば市、土浦市および阿見町における畑占有率の分布図	52
図 9	つくば市、土浦市および阿見町における森林占有率の分布図	53
図 10	つくば市における河川図および流域区分図	54
図 11	つくば市における土地利用現況図（平成 2 年）	55
図 12	土浦市における流域区分図	56
図 13	土浦市における土地利用現況図（平成 7 年）	57
図 14	つくば市、土浦市および阿見町における特定事業所の分布図	58
図 15	つくば市、土浦市および阿見町における下水道人口比率	59
図 16	つくば市、土浦市および阿見町における単独浄化槽人口比率	60
図 17	つくば市、土浦市および阿見町における合併浄化槽人口比率	61
図 18	つくば市、土浦市および阿見町における農村集落排水処理人口比率	62
図 19	つくば市、土浦市および阿見町における汲み取り処理人口比率	63
図 20	つくば市、土浦市および阿見町における各小流域からの COD 排出予測濃度	64
図 21	つくば市、土浦市および阿見町における各小流域からの T-N 排出予測濃度	65
図 22	つくば市、土浦市および阿見町における各小流域からの T-P 排出予測濃度	66
図 23	清明川河口部における実測流量（破線）と予測流量（実線）の比較	67
図 24	清明川河口部における COD の実測濃度（実線）と予測濃度（破線）の比較	68
図 25	清明川河口部における COD の実測濃度（実線）と流出率補正後の 予測濃度（破線）の比較	69
図 26	清明川河口部における T-N の実測濃度（実線）と流出率補正後の 予測濃度（破線）の比較	70
図 27	清明川河口部における T-P の実測濃度（実線）と流出率補正後の 予測濃度（破線）の比較	71
図 28	土浦市における生活系排水対策重点地域の抽出	72
図 29	生活系排水の処理形態を変化させたときの清明川での予測 COD 濃度変化	73
図 30	生活系排水の処理形態を変化させたときの清明川での予測 T-N 濃度変化	74

図 3 1	生活系排水の処理形態を変化させたときの清明川での予測 T - P 濃度変化	75
図 3 2	つくば市、土浦市および阿見町における各小流域からの COD 排出予測濃度 と点源比の関係	76
図 3 3	つくば市、土浦市および阿見町における各小流域からの T - N 排出予測濃度 と点源比の関係	77
図 3 4	つくば市、土浦市および阿見町における各小流域からの T - P 排出予測濃度 と点源比の関係	78

## 1. はじめに

湖沼の水環境保全は我々の生活環境と密接に結びついた重要な課題であるが、環境基準の指定以来、生活環境に係わる達成率の向上はあまり見られず、アオコの発生などによって利水や親水に対して多くの障害をもたらしている。工場排水規制や各種点源対策を中心とした規制的な排水対策を施すことにより、汚濁の進行は抑えることができつつあるが、現在の対策では現状維持が精一杯の状況である（環境庁、1997）。さらなる改善には従来の手法のみでは困難であり、総合的な流域管理が必要な段階に至っている（茨城県、1996）。

このような総合的流域管理の構築に当たっては精度の高い地域情報の集積が不可欠である。従来このような流域情報は主として数値情報のみが管理されてきた。しかし、数値情報だけでは地域の特徴や特性は把握できず、また開発行為などに伴う流域環境の変化を適切に表したり、予測したりすることは困難である。これからの流域管理のためには、地域の特徴を表す地図情報と数値情報の両方を組み合わせて使うことが必要となる（小林、平間、1996）。このような地図情報と数値情報の両方を管理するシステムとして地理情報システムがある。地理情報システムは情報量が膨大になるため従来は大型計算機でしか扱えなかったが（福島ら、1990；原沢ら、1992）、最近のコンピュータ技術のめざましい向上によりパーソナルコンピュータで取り扱える状況になってきた。このことは、一部の専門的知識の持ち主だけに可能であった流域管理の取り扱いが、特にコンピュータ技術について専門的知識を持たない者でも取り扱える状況に近づいていることを示している。

我々は、パーソナルコンピュータで作動する地理情報システムを活用して市町村単位で管理可能な流域管理システムを構築することを目的に研究を行った。このような流域管理システムを使うことにより、現状の解析や各種開発行為に伴う水質変化の予測を行うことが可能となった。

## 2. 研究方法

### 2.1 データの作成方法

対象とした市町村は霞ヶ浦流域にある阿見町、つくば市および土浦市である（図1）。資料収集およびデータの作成は1995年は阿見町を、1996年はつくば市を、1997年は土浦市を対象に行った。地図データの作成および表示は地理情報システム（GIS）ソフト（PC-Mapping、マブコン社）を使用した。このソフトはウインドウズ97（マイクロソフト社）上で作動し、表計算ソフト（マイクロソフトEXCEL、マイクロソフト社）からデータ転送し、リンクさせて使用することが可能である。

データ作成に使用した数値情報は、各市町村の都市計画基本調査の資料をベースに表計算ソフト（マイクロソフトEXCEL）上に整理した。都市計画基本調査は5年ごとにデータが更新されているが、今回用いたデータは阿見町およびつくば市については平成2年度のデータを、土浦市については平成7年度のデータを用いた。浄化槽の分布に関しては茨城

## 1. はじめに

湖沼の水環境保全は我々の生活環境と密接に結びついた重要な課題であるが、環境基準の指定以来、生活環境に係わる達成率の向上はあまり見られず、アオコの発生などによって利水や親水に対して多くの障害をもたらしている。工場排水規制や各種点源対策を中心とした規制的な排水対策を施すことにより、汚濁の進行は抑えることができつつあるが、現在の対策では現状維持が精一杯の状況である（環境庁、1997）。さらなる改善には従来の手法のみでは困難であり、総合的な流域管理が必要な段階に至っている（茨城県、1996）。

このような総合的流域管理の構築に当たっては精度の高い地域情報の集積が不可欠である。従来このような流域情報は主として数値情報のみが管理されてきた。しかし、数値情報だけでは地域の特徴や特性は把握できず、また開発行為などに伴う流域環境の変化を適切に表したり、予測したりすることは困難である。これからの流域管理のためには、地域の特徴を表す地図情報と数値情報の両方を組み合わせて使うことが必要となる（小林、平間、1996）。このような地図情報と数値情報の両方を管理するシステムとして地理情報システムがある。地理情報システムは情報量が膨大になるため従来は大型計算機でしか扱えなかったが（福島ら、1990；原沢ら、1992）、最近のコンピュータ技術のめざましい向上によりパーソナルコンピュータで取り扱える状況になってきた。このことは、一部の専門的知識の持ち主だけに可能であった流域管理の取り扱いが、特にコンピュータ技術について専門的知識を持たない者でも取り扱える状況に近づいていることを示している。

我々は、パーソナルコンピュータで作動する地理情報システムを活用して市町村単位で管理可能な流域管理システムを構築することを目的に研究を行った。このような流域管理システムを使うことにより、現状の解析や各種開発行為に伴う水質変化の予測を行うことが可能となった。

## 2. 研究方法

### 2.1 データの作成方法

対象とした市町村は霞ヶ浦流域にある阿見町、つくば市および土浦市である（図1）。資料収集およびデータの作成は1995年は阿見町を、1996年はつくば市を、1997年は土浦市を対象に行った。地図データの作成および表示は地理情報システム（GIS）ソフト（PC-Mapping、マブコン社）を使用した。このソフトはウインドウズ97（マイクロソフト社）上で作動し、表計算ソフト（マイクロソフトEXCEL、マイクロソフト社）からデータ転送し、リンクさせて使用することが可能である。

データ作成に使用した数値情報は、各市町村の都市計画基本調査の資料をベースに表計算ソフト（マイクロソフトEXCEL）上に整理した。都市計画基本調査は5年ごとにデータが更新されているが、今回用いたデータは阿見町およびつくば市については平成2年度のデータを、土浦市については平成7年度のデータを用いた。浄化槽の分布に関しては茨城

県浄化槽協会に登録されているデータを基に地図上に位置を記入し、地図情報と数値情報として整理した。

地図情報は、基本となる1/10,000都市計画白図をラスターデータとして地理情報システム上に取り込み、このラスター地図を基に地図情報をポリゴンデータとして直接パソコン上で作成した。土地利用現況図については、阿見町に関しては平成2年度に作成された土地利用現況図をベースに新たに原図を作成しシステム上に取り込んだ。つくば市に関しては他の地図情報と同様に都市計画白図をベースにパソコン上で作成した。土浦市に関しては、既にコンピュータデータとして国土地理院のフォーマットで作成されていたものがあったところから、これをPC-Mappingへ変換する作業を行った。

作成した地図情報は以下の通りである。土地利用現況図、市町村界図、国勢調査区図、河川図（図2）、流域図および小流域図、下水道整備区図、上水道整備区図、土地改良区図、点源情報として浄化槽設置位置図、特定事業所分布図、環境基準点での河川水質などである。

情報集約のフレームは以下の通りである。点源情報としては浄化槽の設置状況および特定事業所情報をデータベース化した。ポリゴン情報としては最小単位を土地利用区分とし、各種情報を集約する最小単位は、国勢調査区を基に阿見町では325、つくば市では1,080、土浦市では610に区分し、その区分を基本単位とした（図3）。この中に含まれる情報としては、土地利用区分および面積、人口、生活排水の処理形態別人口、事業所情報などである。土地利用ごとの面積は作成した土地利用現況図からGIS上で面測を行い集計した。人口は都市計画基本調査データを利用した。生活排水処理形態別人口は、単独浄化槽および合併浄化槽については収録データを、下水道人口に関しては下水道整備地域人口に茨城県の平均接続率である80%をかけて求めた。農村集落排水事業が行われている地域ではその地域の人口を農集利用人口とした。総人口からこれらの人口を差し引いた残りの人口を汲み取り処理人口とした。小流域単位での情報は、基本単位の情報を集約する形で整理した。

## 2.2 流出水量

流出水量は水質を決める上で大変重要な要素である。ここでは農業用水の使われている灌漑期と使われていない非灌漑期に分けて流出水量を求めた。流出水量の求め方を表1に示す。灌漑期では降雨由来の流出量、生活系由来の流出量および農業用水の和を総流出水量とした。非灌漑期では農業用水を除いた前者2つの和を総流出水量とした。降雨由来の流出量は流出係数を畑地を除いて50%として計算した。畑地からの流出計数は30%とした。生活系排水量は1人あたりの水使用量を300 l/dayとし、生活雑排水は250 l/day、尿尿は50 l/dayとして計算した。下水道利用者は系外排出とし、農村集落排水処理施設利用者は300 l/dayとして系内排出とした。下水処理終末処理場のある所では終末処理場排水として別途点源として取り扱った。農業用水の使用量は阿見町における15ヶ町村農業用水協同組合での聞き取り調査で、灌漑面積3,600 haに対して毎秒2.53m<sup>3</sup>の水量を24時間運転

で供給しているとのことから、1日あたりの供給水量を $125.5\text{m}^3/\text{ha}$ として計算した。灌漑期は5月から7月とした。農業用水の流出係数は80%として計算したが実際には地下水への漏水や蒸発散などで流出率はもっと低くなるものと考えられる。また繰り返し利用等についての調査は行っていない。事業所系の水量負荷については単独浄化槽70 l/人・day、合併浄化槽120 l/人・day、未処理排水50 l/人・dayとして計算した。工業用水については特定事業所の届け出データを利用した。

### 2.3 流出負荷量および水質

流出負荷量は流出水量とともに水質を決める重要な因子である。ここでは原単位法に基づいて流出負荷量を求めた。計算に用いた原単位（茨城県資料）を表2に示す。流出負荷量は自然系（面源）については自然系原単位に土地利用ごとの面積をかけて求めた。生活系については処理形態別人口に原単位をかけて求めた。事業所系については排出水量に排水規制値を乗じて求めた。これらの値から小流域ごとの総排出負荷量を求め、上記した流出水量で割ることによって排出予測濃度を求めた（表1）。

## 3. 調査地域の概要および小流域区分

### 3.1 阿見町

阿見町は霞ヶ浦に面した茨城県南部に位置する都市で近年急速に都市化が進行している。人口は約4.4万人、面積は約70  $\text{km}^2$ である。この町には清明川、桂川、乙戸川、花室川の4河川が流れており、そのうち清明川は霞ヶ浦への流入部までの大部分が阿見町に含まれている。清明川は台地上の都市化の最も進行している町の中心地に源流を持ち、その後農村地帯を流れて霞ヶ浦に流入している。建設省データ（富山、1994）によれば流域面積は25.5  $\text{km}^2$ 、長さ10.1  $\text{km}$ の河川である。桂川、乙戸川は小野川の支流である。桂川の源流は阿見町の台地上にあり、主に農村地帯を流れて小野川に注いでいる。乙戸川の源流は土浦市にある乙戸沼にあり、その後荒川沖の市街地を流れて阿見町に入り、阿見町では主に農村地帯を流れて小野川に注いでいる。花室川はつくば市に源流があり、阿見町で霞ヶ浦に流入している。

我々は地形的特徴から、阿見町を16の小流域に分割した（図4）。その内S1～S8までは清明川の流域、K1、2が桂川流域、O1～O3が乙戸川流域、H1、2が花室川流域、L1が霞ヶ浦の直接流入域である。花室川を除き番号の小さい方が上流域になる。土地利用現況図（図5）から各小流域ごとの土地利用の状況を整理した。このシステムでの阿見町全体の面積は65.43  $\text{km}^2$ であり、小流域でカバーしている面積は61.33  $\text{km}^2$ であった。残りの部分は高橋川流域に含まれる面積である。阿見町に含まれる清明川の面積は24.54  $\text{km}^2$ で、清明川流域の大部分が含まれていることが分かる。桂川の流域面積は13.82  $\text{km}^2$ 、乙戸川の流域面積は19.25  $\text{km}^2$ であった。阿見町全体で見ると市街地化率は約26%と低く、畑、森林、水田の占めている割合が高い。すなわち、現状では農耕地、山林、市街地がバ

ランスよく配置されているが、将来的には特に対策をとらない限り都市開発される可能性の高い地域と言える。各小流域での土地利用ごとの比率を表3に示す。また市街地占有率、水田占有率、畑占有率、森林占有率を図6～9に示す。清明川の上流部では市街地が占める面積が多く、特にS1の源流部では約80%に達している。中流部は水田、畑、森林の占める割合が高くなっているが、S4の地域は工場地帯として最近開発された地域である。S8では最近大規模な宅地開発が行われたところから市街地面積が高くなっている。桂川の上流部は森林が少なく、市街地、水田、畑が同程度の割合である。乙戸川の阿見町での上流部は市街地が40%を占め水田や森林は少ない。花室川流域は市街地化が進んでいる。

### 3.2 つくば市

つくば市は筑波山の南西麓に開けた学術研究都市で旧、谷田部町、筑波町、大穂町、豊里町、桜村が合併して1987年につくば市となった。面積260 km<sup>2</sup>、人口148,500人の都市である。つくば市には桜川、花室川、小野川、東谷田川、西谷田川、稻荷川、小貝川の7河川が流れている。この内、前の3つの河川は霞ヶ浦に流入し、残りの河川は牛久沼から小貝川を経て利根川に流出している。今回の調査で本来は小野川の上流部であった地域が、流路の付け替えにより稻荷川流域に変更になっていることがわかった。

我々は地形的特徴から、つくば市を36の小流域に分割した(図10)。その内1～12までは桜川の流域、13が花室川流域、14～16が稻荷川流域、17、18が小野川流域、19～26が東谷田川流域、27～35が西谷田川流域、36が小貝川流域である。土地利用現況図(図11)から各小流域ごとの土地利用の状況を整理した。このシステムでのつくば市全体の面積は259.1 km<sup>2</sup>であった。その内、桜川流域は32.1%、花室川流域が8.4%、小野川流域が2.5%、稻荷川流域が7.2%、東谷田川流域が21.0%、西谷田川流域が20.9%、小貝川流域が7.8%であった。すなわち、つくば市の約48%は霞ヶ浦流域であり、残りは小貝川流域であった。各流域単位で見ると、桜川流域は旧筑波町のほとんどを占めており、筑波山を含むため森林が多く、また水田も多い。花室川はつくば大学やつくば市中心部を源流とするため流域では市街地が多い。小野川流域は市街地化が進んでいるが水田もかなり残されている。稻荷川流域も市の中心部を源流とするため市街地が多い。東谷田川、西谷田川流域では畑地と市街地が多く、小貝川流域では水田、畑、市街地がそれぞれ同じ程度の割合を占めていた(表4、図6～9)。

### 3.3 土浦市

土浦市は霞ヶ浦の西岸に面した都市で、人口約13万人、面積約80 km<sup>2</sup>の都市である。土浦市には天の川、一ノ瀬川、境川、川尻川、新川、桜川、備前川、花室川、乙戸川の9河川が流れている。これら全ての河川が、霞ヶ浦に流入している。そのうち境川、新川、備前川は霞ヶ浦への流入部までの大部分が土浦市に含まれている。境川、新川はともに市街地化が進む農村地帯に源流を持ち、その後流下に伴い市街地を流れて霞ヶ浦に注いでいる。

備前川は土浦用水により上備前川と下備前川に分断され、上備前川は桜川に流入している。下備前川はその結果市街地に源流を持つ河川となっており、近年桜川から導水が行われている。建設省のデータ（富山、1994）によれば境川は流域面積19.9 km<sup>2</sup>、河川延長7.6 kmの河川である。新川は流域面積15.6 km<sup>2</sup>、河川延長3.2 kmの河川である。備前川は流域面積3.7 km<sup>2</sup>、河川延長4.3 kmの河川である。

我々は地形的特徴から、土浦市を19の小流域に分割した（図12）。その内101が天の川流域、201が一ノ瀬川流域、301～306が境川流域、401が川尻川流域、601～602が新川流域、801、802が桜川流域、901が下備前川流域、1201が花室川流域、1301が乙戸川流域、501、1101が霞ヶ浦直接流入域である。全流域で番号の小さい方が上流域になる。土地利用現況図（図13）から各小流域ごとの土地利用の状況を整理した。このシステムでの土浦市全体の面積は81.6 km<sup>2</sup>であった。その内、天の川流域が5.2%、一ノ瀬川流域が5.8%、境川流域が21.5%、川尻川流域が3.2%、新川流域が14.8%、桜川流域が9.5%、下備前川流域が6.1%、花室川流域が15.3%、乙戸川流域が9.0%であった。土浦市全体で見ると市街地化率は47.3%と高く、次いで水田、畑、森林の順となっており、かなり市街地化の進んだ地域である（表5、図6～9）。水田の中にはハス田を含んでいる。境川、新川、下備前川流域の土地利用を比較すると、市街地化率は下備前川流域69.2%、新川流域65.2%、境川流域44.3%と、下備前川、新川流域では特に都市化が進んでいる。境川流域では都市化が進んでいる小流域と農地が残されている小流域がある。また、土地利用状況とは少し異なるが、これらの流域の下水道施設面積を比較すると、新川流域54.5%、境川流域15.3%となっており、境川流域は市街地地域が散在していることを間接的に示している。

#### 4. 結果

##### 4. 1 生活排水の処理形態別人口分布

###### 4. 1. 1 阿見町

平成2年度の国勢調査での総人口は37,000人であった。流域別で見ると清明川流域に約15,000人、桂川流域に約8,000人、乙戸川流域に約11,000人、花室川流域に約2,500人となっていた。また、下水道人口は4,200名であった。単独浄化槽使用者は8,886名、合併浄化槽使用者は4,528名であった。この数値は、浄化槽協会に届け出のあった数値を用いたもので、下水道等に接続されて使われなくなった浄化槽を含んでいる可能性はある。残りは汲み取りにより尿尿処理場で処理されている人口とした。汲み取り人口は約2万人と推定された。その他、50人槽以上の浄化槽を設置している施設を事業所施設として区別し（図14）、そこで処理される人口は昼間移入人口として扱った。50人槽以上の浄化槽の分布状況は阿見町北部の市街地化が進んでいる地域に多く分布していた。

小流域ごとの処理形態別人口を表6に示す。また、下水道普及率、単独浄化槽普及率、合併浄化槽普及率、農村集落排水処理システム普及率および汲み取り人口比率を図15～19に示す。清明川上流部のS1、S2で人口が多く特に、S2では人口密度が18.0人/haと

乙戸川上流部のO1地域と並んで人口密集地域になっていた。清明川中下流部の集水域での人口密度は現状では低い。最も人口密度の高かった小流域は花室川の流域であった。

清明川流域では、下水道が整備されている地域は上流のS1、S2が中心であり、平成2年現在では下水道人口は流域人口の21%に留まっていた。それに対して単独浄化槽利用人口は流域全体で約22%あり、下水道整備地区のS1、S2地区でも24%に達していた。合併浄化槽利用者は清明川流域では9.3%に留まっていた。汲み取り人口は流域全体で53%に上っており、特に下水道整備予定地域であるS1、S2で高かった。これらの人口は下水道の整備に伴って下水道人口へ移行していくものと予測された。桂川上流部(K1)では汲み取り人口が43%、単独浄化槽利用者が約30%と高かったが、合併浄化槽利用者も19%と多かった。乙戸川流域のO3地域では54%の人が農村集落排水処理施設を利用していた。

#### 4.1.2 つくば市

平成2年度の国勢調査での総人口は143,000人であった。流域別で見ると桜川流域に29,000人、花室川流域に42,000人、小野川流域に2,800人、稲荷川流域に17,000人、東谷田川流域に26,000人、西谷田川流域に19,000人、小貝川流域に8,000人であった。また、下水道人口は54,000人、単独浄化槽使用者は19,000人、合併浄化槽使用者は5,600人であった。残りは汲み取りにより尿尿処理場で処理されている人口とした。汲み取り人口は約74,000人と推定された。その他、50人槽以上の浄化槽を設置している施設を事業所施設として区別し、そこで処理される人口は昼間移入人口として扱った。

小流域ごと(表7)で見ると花室川流域で人口が多く人口密度が19.2人/haになっていた。学園都市地域はほぼ下水道が整備されているが周辺地域は普及が進んでいない。接続率を茨城県全体の平均接続率80%と仮定すると全人口に対する下水道利用人口の割合は38%であった。学園都市地域の接続率はもっと高い可能性が大きいのでさらに詳細な検討が必要と思われる。つくば市の特徴として単独浄化槽の利用者の率(約13%)が高いことあげられる。これに対して、合併浄化槽利用者は全人口の3.9%にすぎない。事業所系では逆に合併浄化槽が多く単独浄化槽は少なかった。浄化槽等の処理能力から推定された昼間移動人口は約37,000人と推定されたが、国勢調査の結果では7,000人程度とされているところから過大評価の可能性が高い(図15~19)。

#### 4.1.3 土浦市

平成7年度の国勢調査での総人口は132,000人であった。流域別で見ると、天の川流域が873人、一ノ瀬川流域が7,345人、境川流域が21,476人、川尻川流域が354人、新川流域が32,011人、桜川流域が4,207人、備前川流域が17,149人、花室川流域が28,192人、乙戸川流域が17,621人、霞ヶ浦直接流入域が3,016人となっていた。また、下水道人口は平成7年度で66,000人、単独浄化槽使用者は14,000名、合併浄化槽使用者は9,700名であった。

しかし下水道施設地域に包含される単独浄化槽利用人口は8,900人、合併浄化槽利用人口は6,200人、農業集落排水処理施設地域に包含される単独浄化槽利用人口は226人、合併浄化槽利用人口は42人であり、使用されていない浄化槽を含んでいる可能性はある。その他残りは汲み取りにより屎尿処理場で処理されている人口とした。汲み取り人口は44,000人と推定された。その他、50人槽以上の浄化槽を設置している施設を事業所施設として区別し、そこで処理される人口は昼間移入人口として扱った。土浦市中心部の市街地化が最も進んでいる地域では、浄化槽がほとんど分布していなかった。これはこの地域が昔から市街地化が進んでおり、下水道が早くから施設されたためこの地域での浄化槽設置が進まなかったと推測された。

小流域ごと（表8）で見ると新川流域の市街部で人口が多く、人口密度が47.78人/haになっていた。この地域はほぼ下水道が整備されていた。土浦市では平成17年までの下水道設備計画が決まっているが、これより求められる下水道人口は平成10年度で約9万人、平成17年度で9万6千人となる。より早い時期での下水道の普及が望まれる。下水道接続率を茨城県全体の平均接続率80%と仮定すると全人口に対する下水道利用人口は平成7年度で49.7%、平成10年度で68.3%、平成17年度で72.9%となる。しかし、土浦市街部の様な地域では浄化槽の分布がほとんど見られないことから、接続率はもっと高い可能性が高い。また、天の川、一ノ瀬川流域および直接流入域の出島地域では汲み取り人口が約70%近くあり、市街地化率と反比例していた（図15～19）。

## 4. 2 流出水量

### 4. 2. 1 阿見町

流出水量は水質を決める上で大変重要な要素である。ここでは農業用水の使われている灌漑期と使われていない非灌漑期に分けて流出水量を求めた。降雨由来の流出量は阿見町において観測された平成6年度のデータ（表9）を基に求めた。小流域ごとの流出水量を計算した結果を表10に示す。降水量のデータから明らかなように平成6年度は9月に台風によって377 mmの大量の降雨があり、2、3月にも降水量が多かったところから平均降水量は非灌漑期（2.93 mm）の方が灌漑期（1.80 mm）の約2倍と高くなった。

清明川全体では灌漑期で日量約6万 $m^3$ 、非灌漑期では4万6千 $m^3$ の流出量となった。この値から年間流出量を計算すると $1.68 \times 10^7 m^3$ となり清明川の年平均河川流量 $1.8 \times 10^7 m^3$ （茨城県資料）と極めて近い数字が得られた。したがって、計算された推定流出量は実際の流出量に近い値が得られているものと推測された。

総流出水量に占める生活系排水量を各小流域ごとに見ると、清明川上流部では年平均値で24～28%と高くなっており、乙戸川上流でも生活排水の占める割合が高くなっていった。最も高かったのは花室川流域のH2地域で年平均値で54%となっていた。一方、灌漑期における農業用水の占める割合は清明川の中・下流部、桂川で高く総流出量の33～75%を占めていた。

#### 4. 2. 2 つくば市

降雨由来の流出量は、つくば市にある高層気象台におけるの30年間の平均降水量を用いた(表11)。下水道利用者は系外排出としたが下水道整備地域でも20%の人は下水道未利用者として計算した。前述した原単位を用いて小流域ごとの流出水量を計算した(表12)。つくば市では流量の連続測定を行っている適当な河川が見つからなかったところから、茨城県的环境基準点である東谷田川の丸山橋、西谷田川の境松橋における測定結果と比較した。丸山橋では年平均値で約7万 $m^3/day$ 、境松橋では約5万 $m^3/day$ の実測値が得られている。東谷田川、西谷田川の流域面積はほぼ等しいにも関わらず、流量に大きな違いが見られている原因は不明である。農業用水を利用しない非灌漑期の水量を積算すると東谷田川および西谷田川とも8万4千 $m^3/day$ と推定された。この値は東谷田川では1.2倍と比較的近く西谷田川では1.7倍の違いであった。この結果は流域単位で流出率が異なる可能性の高いことを示しており、今後の詳細な流量観測が望まれる。

総流出水量に占める生活系排水量を各小流域ごとに見ると、花室川流域および稲荷川流域で年平均値で約20~31%とかなり高い値が得られたが、他の小流域ではほとんど10%以下と生活系排水の占める率が低かった。これに対して灌漑期に農業用水が占める割合は桜川流域では50%を越える小流域が多かった。西谷田川や東谷田川では20~60%を占めていた。

#### 4. 2. 3 土浦市

降雨由来の流出量は土浦消防署における過去3年間の平均降水量を用いた(表13)。下水道利用者は系外排出とし、新川河口にある流域下水道の終末処理施設からの排水は点源として別途算出した。

前述した原単位を用いて小流域ごとの流出水量を計算した(表14)。土浦市では流量の連続測定を行っている適当な河川が見つからなかったため、茨城県的环境基準点である境川の境橋における測定結果と比較した。茨城県的环境基準点はその他にも新川の神天橋、備前川の小松橋、桜川の銭亀橋、花室川の阿見境橋と調査されているが、桜川、花室川は土浦市の一部しか流域に含んでおらず、また、新川、備前川では桜川からの導水が行われているため、水量の検証は行えなかった。境橋では実測値として年平均値で23,500 $m^3/day$ の値が得られている。表14に示した水量データから非灌漑期の水量を積算すると60,515 $m^3/day$ と推定された。この値は実測値の2.58倍となった。このような大きな違いが生じた原因は明らかではないが、事業所系の排水量を届け出データを使用したところから最大値を計算している可能性があり、このような大きな違いを生んだ可能性は考えられる。また、境橋は広大なハス畑の末端に位置していることから境川の水がハス畑の方に利用されて少なくなっている可能性も考えられる。

総流出水量に占める生活系排水量を各小流域ごとに見ると、市街地化の進んだ地域で年平均値が20%以上と高い割合を示した。他の小流域では10%以下のところが多かった。境

川では中流部で事業所排水の占める割合が高く40%を越える小流域も見られた。また新川河口には日量約5万6千 $\text{m}^3$ の流域下水道の処理水が流入しており、その影響が大きかった。

#### 4. 3 流出負荷量および予測水質

##### 4. 3. 1 阿見町

CODの小流域ごとの排出予測濃度を表15と図20に示す。花室川流域で43.7 mg/lという極めて高い値が予測された。清明川上流部での予測水質濃度も22.4 mg/lと高く、清明川の場合、最上流部で激しい汚濁が生じている様子が明らかになった。また市街地化の進んでいる乙戸川流域でも高い排出濃度が予測された。このような高い濃度が予測される地域では総排出負荷に対する生活系由来の負荷の占める割合が58~90%と高い比率であることが明らかになった。一方面源由来の負荷割合の高い地域では排出予測水質は7 mg/l以下となっていた。阿見町で降水量の基準年とした平成6年は灌漑期に比べて非灌漑期の方が台風の影響を受けて雨が多く、その結果非灌漑期の方が全体的にCOD濃度が低いという結果になった。しかしながら、水田が多く農業用水を多く使っている清明川中流部や桂川上流部では予測水質濃度は灌漑期の方が低くなった。

流達率を100%と仮定して清明川河口部でのCODの予測濃度を求めると灌漑期では7.7 mg/l、非灌漑期では11.8 mg/lとなった。清明川のCODの年変化は1988年から5年の値で6.4~9.5 mg/lを変動しており(年平均値7.6 mg/l 茨城県資料)、予測水質(年間平均10.8 mg/l)はそれより若干高い値となった。予測水質と実測値から流達率を求めると約70%となった。

総窒素濃度の小流域ごとの排出予測濃度を表16と図21に示す。市街地化の進んでいる清明川上流部、乙戸川および花室川では5.7~7.5 mg/lという高い濃度が予測された。水田の多い清明川中下流部では2 mg/l以下の濃度が予測された。

清明川河口部での予測総窒素濃度を求めると、灌漑期で2.3 mg/l、非灌漑期で3.5 mg/l、年平均値で3.2 mg/lとなった。この値は清明川河口部での1988年から5年までの平均値3.3 mg/lと比較すると同程度の値となった。予測水質の方が実測水質と同程度ということは流達率を考慮すると予測負荷量がかなり低めに見積もられていた可能性がある。面源からの窒素原単位が低めなことが考えられるところから今後さらに検討が必要と思われる。

同様にリンについての小流域ごとの排出予測濃度を表17と図22に示す。CODや総窒素濃度と同様に市街地化の進んだ地域で高く、水田の多い地域で低い傾向が見られた。

河口部での濃度を推定すると、灌漑期で0.22 mg/l、非灌漑期で0.33 mg/l、年平均値0.30 mg/lと推定された。この値は清明川河口部での平成元年から5年までの平均値0.22 mg/lに比べると若干高い値である。推定値と実測値から流達率を計算すると73%となった。

##### 4. 3. 2 つくば市

CODの排出予測濃度を表18と図20に示す。つくば市全体で灌漑期5.3、非灌漑期9.9 mg/l

と予測された。灌漑期は農業用水で希釈されるため予測濃度が低下した。市の中心部で高くなる傾向が見られた。桜川流域では比較的低い濃度が、花室川、稲荷川流域では高い濃度が予測された。つくば市全体で見ると生活系の負荷が全体の44%を占めていた。また生活系の排出負荷と発生負荷の比は44%と計算された。すなわち生活系排水の内56%は処理されていたが、残りは処理されないまま公共用水域に排出されていることがわかった。排出負荷が発生負荷の60%を越えている小流域が多くあり、これらの地域で重点的に生活排水対策をとっていく必要があると思われた。

全窒素濃度（表19、図21）はつくば市全体で灌漑期が1.6、非灌漑期が3.0 mg/lと予測された。生活系の占める割合が58%とCODに比べてさらに大きくなった。非灌漑期において3 mg/lを越える高い濃度がCODと同様に市の中心部の小流域で予測された。生活系排水の発生負荷に対する排出負荷の比はつくば市全体では35%とCODに比べて低下した。これは下水道人口および汲み取り人口が多いことが原因と考えられる。

全リン濃度（表20、図22）はつくば市全体で灌漑期0.13、非灌漑期0.24 mg/lであった。市の中央部で高い濃度が予測された。生活系の占める割合は72%とCODや全窒素に比べてさらに高い比率となった。生活系の発生負荷に対する排出負荷の比はつくば市全体で36%と全窒素の場合とほぼ同様であった。今後汲み取り人口が減少し、浄化槽を利用する人が増えると処理率が低下することが予測され、処理率を低下させない対策が必要である。

#### 4. 3. 3 土浦市

土浦市における小流域ごとの予測排出濃度を表21と図20に示す。COD濃度は土浦市全体で灌漑期9.8 mg/l、非灌漑期11.6 mg/lと予測された。灌漑期に農業用水で希釈されるため予測濃度が低下した。COD濃度は市の全域で高くなる傾向が見られたが特に中心部で高い値が予測された。土浦市全体で見ると生活系の負荷が全体の68.2%を占めていた。また、生活系の排出負荷と発生負荷の比は37%と計算された。すなわち生活系排水の内63.0%は処理されていたが、残りは処理されないまま公共用水域に排出されていることがわかった。

全窒素濃度（表22、図21）は土浦市全体で灌漑期が2.4 mg/l、非灌漑期が5.8 mg/lと予測された。生活系の占める割合が79.0%とCODに比べてさらに大きくなった。COD同様土浦市全体で高い値が予測されたが特に中心部で高くなった。生活系排水の発生負荷に対する排出負荷の比は土浦市全体では37%とCODと同様な値となった。

全リン濃度（表23、図22）は土浦市全体で灌漑期が0.20 mg/l、非灌漑期が0.47 mg/lであった。生活系の占める割合は85.1%とCODや全窒素に比べてさらに高い比率となった。生活系の発生負荷に対する排出負荷の割合は、土浦市全体で36%とCODや全窒素とほぼ同様であった。

排出負荷源別寄与率を求めたところCODについては生活雑排水が34%、市街地からの面現負荷が23%と高かった。

#### 4. 4 清明川における実測値と予測値の比較

表9に示した阿見町における降雨量と、農業用水量および生活用水量を用いて清明川における月別の平均流量を計算で求めた。この値と、茨城県が定期調査で測定している晴天時流量との比較を行った。その結果を図23に示す。2月、9月10月を除きおおむね良い一致を示した。2月は実測値が異常に低かったがその原因は明らかではない。9月は下旬に台風が来たため、平均降水量は高くなり、そのため予測水量も高くなっている。実測値は台風の来る前であったことから特に流量は増えていなかった。10月は逆に、実測値は台風の影響が残っていたため増加したが、今回の予測値ではその影響を考慮していないため低い値となった。しかしながら、台風のような事態を除けば清明川においてはおおむね今回用いた方法で月別の平均流量を求めることができるものと判断された。

次に、負荷排出量と予測水量から清明川河口での水質予測を行い、実測値と比較した。COD濃度の結果を図24に示す。実測値はCOD濃度10 mg/l前後で比較的変動が少なかった。5月は田植えの影響で濃度が高くなったものと推測される。10月以降は台風の影響で濃度が低下したものと推測される。これに対して予測値は大きく変動した。この原因としては、原単位法が年間負荷量を推定するために用いられているため、月ごとの原単位が決められていないこと、流出率をすべての条件で100%にしたことなどが考えられる。そこで、計算に用いる負荷量の中の水田からの負荷を5月および6月に集中させることによって排出負荷量を調節した。また、清明川におけるCODのL-Q曲線が(1)式によって与えられているところから、負荷流出量も水量によって変化するものと仮定した。

$$\text{清明川でのL-Q式} \quad L = 9.62 \times Q^{1.3} \quad (1)$$

ここでL：流出負荷量 (g/s)、Q：流量 (m<sup>3</sup>/s)

すなわち、(1)式から各流量での流出負荷量を算出し、清明川河口での流量5万m<sup>3</sup>/dayを基準として流出率を計算した。その流出率と日流量の関係を求めたところ(2)式が得られた。(2)式より予測流出流量について流出率を求め、流出負荷を補正した。

$$\text{小流域からの流出率(A)} \quad \log A = 1.08 \log Q + 1.30 \quad (2)$$

ここで、A：流出率(%）、Q：流量(×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d)

このような補正を行った後の予測値と実測値および補正を行わなかった場合の予測水質濃度を表24に示す。また補正後の予測値と実測値とを比較し図25に示した。予測値と実測値は良い一致を示したが、6月および9、10月で多少の違いが見られた。6月は水田からの負荷を加えて計算した値であるが、水田からの負荷は代掻きが行われる5月だけに与えた方がよいのかもしれない。また9、10月は台風の影響によるものと判断された。このような補正を行うことにより、今回収集した各種データから実際の水質をかなりの精度で予測可能であることが明らかとなった。

同様な検討を窒素およびリンに関しても行った(表24)。窒素およびリンについての清明川でのL-Q式では流量増加に伴って濃度の増加は見られていなかった(NのL-Q式：L = 2.35 × Q<sup>0.33</sup>、PのL-Q式：L = 0.370 × Q<sup>1.011</sup>) が、流域からの流出率をCODと同様に流量に

よって異なるように補正した方が、実測値をよく再現した。その結果を図26および27に示す。窒素については水田からの負荷を集中させた5、6月で予測値は濃度増加する結果となったが実測値は逆に低下した。リンに関しては実測値では濃度の経月変化がかなり見られたが、予測値では濃度変化が少ないという結果になった。

以上の結果から、今回収集した各種データから流出率を補正することにより、月別のCOD、T-N、T-P濃度の水質予測がかなりの精度で行うことが可能であり、精度の高いデータ収集が行われたことが明らかとなった。

## 5. 考察

湖沼の総合的流域管理はその必要性が認識され始めてきているが、具体的な方法に関しては確立した方法はない。総合的な流域管理のためには従来の数値情報だけでは不十分であり、地理情報も取り扱える地理情報システムが管理のための道具として最も適していると考えられる。本研究では、パーソナルコンピュータを使った流域管理システムを霞ヶ浦流域の阿見町、つくば市、土浦市において構築した。

本研究を通して、市町村における流域管理に必要な情報は現在のたて割り行政においては環境部局にほとんど集積しておらず、その集積に多くの時間を費やした。今回整理されたデータは、行政支援ツールとして十分役立つものであると自負できるが、その普及に当たっては便利さの認識を高めるための広報活動を積極的に行っていく必要性が感ぜられた。

本流域管理システムを活用して、河川のおおよその水質予測が可能となった。しかしながら、きめ細かい管理を行う上で、予測水量や予測水質を検証するためのデータが不足しており、この面での検討がさらに必要であることが分かった。特に流量に関しては実測データが不足しており検証が困難であった。従来、原単位法で推測される排出負荷量と実測水質の関係は必ずしも明確になっておらず、両者が目的に応じて別々に利用されてきたきらいがある。今回構築したシステムでは原単位法で推測される水質が、小流域からの流出率を水量に応じて変化させることにより再現できることが明らかになった。清明川ではL-Q式が作られており、その式に従って流出率を変化させることで良い結果が得られた。L-Q式は河川によって異なっていることが知られており、他の河川に適用するときにはそれぞれの河川に適した流出率を設定する必要がある。また流出率の基準となる流量をいくりにするかによっても結果は異なってくる。清明川の場合は平均流量に近い5万 $\text{m}^3/\text{day}$ を基準として用いることによって良い結果が得られた。清明川の窒素やリンについてのL-Q式からは窒素やリンの流出率は流量変化に関わらず一定に近い値になるはずであるが、予測結果では流出率の補正を行った方が実測値に近い結果が得られた。また、水田からの負荷を5、6月に集中させることにより、COD濃度の5月における増加を再現することができたが、6月の予測濃度は高くなりすぎた。また、窒素やリンの実測値では5、6月に濃度が上昇するという結果が得られておらず、水田からの負荷については、さらに検討する必要があると考えられた。実際の水田における物質収支の研究でも、霞ヶ浦流域におけ

る水田では、基肥や追肥を施肥する5月や7月を除き水田で負荷量が増大することはないようである（茨城大学農学部霞ヶ浦研究会、1977）ことから、水田負荷は5月だけに与えた方が良くように考えられた。また、経月的な水質変化を予測するためには、原単位法ではなく、各地域での月別の物質収支に基づいたシュミレーションの方が適していると考えられた。事業所排水については、事業所での浄化水準が向上しているところから、法律で定められた排水基準値を用いるのではなく、実測データを使用すべきであると考えたが、データ入手が難しく、本システムでは排水基準値を使用した。行政機関が本システムを利用する場合には実測値が利用できることからより精度の高い水質予測が可能になるものと考えられた。

本システムを流域管理に応用するメリットとしては、1) 重点対策地域の選定、2) 対策手法の検討、3) 対策手法の評価などが容易に行えることにあると思われる。以下にこれらの点について考察した。

#### 5. 1 重点対策地域の選定および対策の効果

土浦市を対象に、重点対策地点の選定を行った。重点対策地域の選定の指標として、生活系排水の処理率が低く、予測排出濃度の高い小流域を選択した。CODについて、予測排出濃度10 mg/l以上で、生活系排水の未処理率60%以上の小流域を抽出すると、流域番号501および401の霞ヶ浦直接流入域および川尻川流域が抽出された（図28）。流域番号501流域のデータを見ると、総人口2,130人で、その内、単独浄化槽使用率は13%、合併処理浄化槽使用率が11%で、汲み取り処理率が75%を占めていることが分かる（表8）。地図情報から、集落は県道に沿って分布しており、下水道または農業集落排水処理で処理しやすい分布状況である。また、下水道計画を見るとこの地域では平成17年度に下水道施設が完工予定となっている。下水道で生活系排水がすべて処理されるようになると、この流域からの負荷排出量は約半分に低下し、排出予測濃度もCOD 5 mg/l程度まで改善される。

問題としては、下水道ができる平成17年度までなにも対策を取らなくても良いかどうかである。

排出予測濃度で抽出すると流域番号306と901が抽出される。流域番号306流域は境川上流の流域であり、901は下備前川の流域である。それぞれの流域の流域特性を見ると人口密度が32.22人/haおよび34.20人/haと高く、市街地化率も70%以上と高い。境川上流の306流域は下水道施設の完工予定が平成10年度までに約半分、残りが平成17年度となっている。備前川流域の901流域はすべてが平成10年度完工予定地域となっている。表25に土浦市における各小流域からの処理形態別生活系負荷量を示す。土浦市全体としては、1,523 kg/day（点源総負荷量から602流域の流域下水道終末処理場からの負荷を除き、下水道の系外負荷分を加えた値）がCODの負荷量となる。これに対して単独処理浄化槽利用者からの負荷は21.5%、合併処理浄化槽利用者からの負荷は5.6%、汲み取り処理利用者からの負荷は55.5%となり、汲み取り処理利用者からの負荷割合が圧倒的に高い。306流

域と901流域を見ると流域からの負荷は90 kg/dayおよび195 kg/dayとなり、上述したそれぞれの処理方式からの負荷は、16.4%、2%、66%、および20.7%、3.2%、60.3%となる。下水処理場で処理される負荷割合は13%と9.6%となる。この結果を見ると、下水処理場利用者の割合が低く、汲み取り処理利用者からの負荷割合が高いことが分かる。両地域とも平成10年度でかなりの部分が下水道利用可能となることから、早急に接続することが必要と考えられる。ちなみに、汲み取り処理利用者が下水道利用に切り替わったと仮定すると、両地域からの生活系排出負荷量は18.5 kg/dayと58.7 kg/dayになり、面源負荷と合わせてそれぞれ51.6 kg/dayと126.5 kg/dayとなる。この値は平成7年度の排出負荷量に比べると16.5%および23.4%となり、予測水質濃度は3.5 mg/lと5.2 mg/lまで改善される。これらの地域では下水道の整備と早急な接続が重要と考えられる。

## 5. 2 改良型合併浄化槽導入効果の評価

阿見町においては1998年を目標に市街地域の下水道化計画が進行中である。ここでは、計画されている下水道が完備し、すべてが接続したと仮定したときの清明川の各地点（図4）での水質を下水完備という形で評価した。また、汲み取り処理人口が多いことから、下水道地域以外の地域で、汲み取り人口および単独浄化槽使用者が現在普及している合併浄化槽利用に切り替わったと仮定したときの水質を下水+合併という形で評価した。また、現在の合併処理浄化槽には窒素やリンの除去装置が付いていないところから、現在開発が進められている改良型合併浄化槽（排出濃度、COD 10 mg/l、T-N 10 mg/l、T-P 1 mg/l）が完成し、現状の合併浄化槽に変わって下水道整備地域以外の地域で全て利用されたと仮定したときの水質を（下水+改良型合併）という形で評価した。表26～28および図29～31にCOD、T-N、T-Pについての水質予測結果を示す。

阿見町の下水道は1998年に計画されているすべての地域の整備が完備する予定になっている。この時点での下水道利用人口は阿見町全体で約25,000人と予想され、清明川流域では10,500人、流域人口の71%が利用可能となる。清明川上流S1およびS2地域はほぼ全域が下水道地域に含まれるため総排出負荷量は現状の約36%まで低下するが、市街地からの面源負荷の割合が大きくなり、約60～80%が市街地由来の面源負荷となる。清明川河口での水質はCOD、T-N、T-Pそれぞれで年平均値として6.7、2.2、0.17 mg/lと予測され、上述した現状の水質に比較するとCOD、T-N、T-P濃度でそれぞれ約62%、68%、57%とかなり改善されるが、霞ヶ浦の水質改善のためにはまだかなり高い値である。

下水道が完備し、さらに単独浄化槽および汲み取り処理利用者が全て現状タイプの合併処理浄化槽利用に切り替わったと仮定すると、河口部でのCOD濃度は年平均で5.5 mg/lまで改善されるが、T-N濃度は2.4 mg/lと下水道完備に比べて濃度が上昇しており、T-P濃度も0.16 mg/lと水質改善効果は見られなかった。すなわち、現状タイプの合併浄化槽の普及は有機汚濁削減には効果があるが、富栄養化対策としては逆にマイナスの効果が現れることが明らかになった。これは、汲み取り処理により系外で処理されていたし尿由来の窒

素とリンのかなりの部分が合併処理浄化槽の処理効率が低いために系内に排出されることに原因がある。合併処理浄化槽で処理される窒素量より、新たに負荷されるし尿由来の窒素量の方が多いいことを示している。このような逆転現象は現在普及している合併浄化槽に窒素やリンを除去する3次処理の機能が備わっていないために生じてしまう。そこで、現在窒素およびリンの除去機能を持つ改良型の合併浄化槽の開発が進められている。

改良型合併浄化槽が完成し、現状の合併浄化槽に変わって下水道整備地域以外の地域で全て利用されたと仮定したときの河口部での年平均水質はCOD 4.5 mg/l、T-N 1.74 mg/l、T-P 0.12 mg/lまで改善されることが推定された。しかしこの値でも霞ヶ浦の環境基準値（COD 3、T-N 0.4、T-P 0.05 mg/l）に比べるとまだ高く、特に窒素とリンで高い値となった。

以上の結果は、下水道の整備が清明川の水質改善に対して、特に上流部で著しい効果を与えること、しかしそれだけでは河口部の水質改善には十分でないことを示した。また、現在普及している合併浄化槽をさらに普及させると、CODの水質改善には効果を発揮するが窒素濃度は逆に増加し、富栄養化対策としてはマイナス効果があることが明らかになった。このようなマイナス効果をなくすため、現在開発が進んでいる改良型合併浄化槽を普及させることが重要であることなどが示された。

### 5.3 流域管理目標の設定

流域管理を行うに当たって、管理目標があると対策が考えやすいが、管理指標としてどのような項目が実用的であるかが問題となる。排出予測濃度は1つの重要な管理指標であるが、排出負荷量および排出流量など具体的管理を行う場合にはかなり複雑になる。

図32～34に阿見町、つくば市、土浦市における各小流域からのCOD、T-N、T-Pの年平均排出予測濃度と点源比（総負荷中に点源からの負荷が占めている割合）の関係を示す。3町市とも類似した傾向を示しており、CODでは70%、T-NとT-Pでは約80%の点源比まで排出濃度は比例的に増加しており、それ以上の比率になると急激に濃度上昇が起きることが分かる。

このことから、点源比は流域管理の重要な指標となると推察される。とりあえず、点源比を50%以下に低下できれば、各小流域からの排出濃度をCODで10 mg/l以下、T-Nで3 mg/l以下、T-Pで0.2 mg/l以下に抑えることが可能と考えられる。

点源比は人間活動に由来する負荷割合を示している。生活系および事業所系の処理対策を行うことによってその削減は可能である。

つくば市および阿見町（平成2年）および土浦市（平成7年）の現状では大半の小流域で点源比が50%を越えており、予測水質および現状水質ともあまり良好とは言えない。とりあえず、点源比を50%以下に抑えることを目標に各小流域について流域対策を行っていくことを提案したい。

## 6. まとめ

霞ヶ浦流域市町村である阿見町、つくば市および土浦市を対象としてパソコン利用の地理情報システムを活用した流域管理システムを構築した。この流域管理システムでは、土地利用、生活排水の処理形態、水量などを地図情報および数値情報として整備した。また阿見町を16、つくば市を36、土浦市を19の小流域に分割し、それぞれの小流域からのCOD、全窒素および全リンの排出負荷量を算出し、同時に算出した排出水量と併せて排出濃度を算出した。排出濃度から予測される河川水質を阿見町の清明川で検証した。その結果、今回整備した流域データおよび原単位から河川水質が予測できた。

次に、現状の生活系の排水処理形態に対して、下水道が完備された場合、下水道と合併浄化槽が完備された場合、および下水道と改良型の合併浄化槽が完備された場合について清明川の水質予測を行った。下水道の整備により清明川上流部での水質改善は著しいが、市街地負荷が高いため、良好な水質状況までは改善されないことが分かった。下水道整備地域以外の地域に現在使用されている合併浄化槽を普及させた場合には河川のCOD濃度は改善されるが窒素濃度は増加することが予測された。リン濃度は普及前後で大きな違いは見られなかった。これは、現在使用されている合併浄化槽が窒素やリンなどの栄養塩除去装置を持たないためである。このことから、霞ヶ浦の水質改善のためには現在開発を進めている改良型の合併浄化槽の普及が望まれることを明らかにした。

また、流域管理の目標として総負荷量中に占める点源の比率を50%以下にすることを目標に管理することを提案した。

## 引用文献

- 福島武彦、原沢英夫、天野耕二、海老瀬潜一（1990）：流域管理とその支援システム（第1報）、環境システム研究、18:129-135
- 原沢英夫、福島武彦、天野耕二（1992）：流域管理とその支援システム（第2報）、環境システム研究、20:93-100
- 茨城県（1996）：茨城県環境白書
- 茨城大学農学部霞ヶ浦研究会（編）（1977）：霞ヶ浦、PP.203、三共出版社。
- 環境庁（1997）：環境白書
- 小林節子、平間幸雄（1996）：湖沼の水環境保全のための流域総合管理手法、水環境学会誌、19:121-131
- 富山暢（1994）：よみがえる霞ヶ浦、生成・過去・現在・未来、PP.198、霞ヶ浦水質浄化対策研究会。

表1 発生、排出負荷量、流出水量、予測水質および各種水質指標の求め方

発生・排出負荷量

生活系の発生負荷量	人口×発生負荷原単位
生活系の排出負荷量	処理形態別人口×処理形態別原単位
面源系の排出負荷量	土地利用別面積×土地利用別原単位
特定事業所の排出負荷量	排出水量×排水規制値

流出水量

家庭排水量	(下水道人口+単独槽人口+合併槽人口+農集排水人口)×0.3+汲み取り人口×0.25
事業所排水量	[事業所(単独槽)人口+事業所(合併槽)人口]×0.12+特定事業所排出水量
農業用水量	農業用水利用面積の水田利用面積×揚水量原単位×0.7
降水量	面積×降水量
生活系系内流出量	(単独槽人口+合併槽人口+農集排水人口)×0.3+汲み取り人口×0.25
生活系系外流出量	下水道人口×0.3
総水量(灌漑期)	事業所排水量+農業用水量+生活系系内流出量+(畑地面積×0.3+畑地以外の面積×0.5)×降水量
総水量(非灌漑期)	事業所排水量+生活系系内流出量+(畑地面積×0.3+畑地以外の面積×0.5)×降水量
総水量(年平均値)	[総水量(灌漑期)×92+総水量(非灌漑期)×273]÷365
家庭排水比	家庭排水量÷総水量(年平均値)×100
事業所排水比	事業所排水量÷総水量(年平均値)×100
農業用水比	農業用水量÷総水量(灌漑期)×100

水質計算

総排出負荷量	生活系排出負荷量+面源系排出負荷量+特定事業所排出負荷量
点源比	点源総排出負荷量÷総排出負荷量×100
面源比	面源総排出負荷量÷総排出負荷量×100
予測水質	総排出負荷量÷総水量
排出/発生	生活系総排出負荷量÷発生負荷量
面源比負荷量	総排出負荷量÷面積
人口比負荷量	総排出負荷量÷人口

表2 計算に用いた原単位 (茨城県資料)

自然系原単位

	水田	畑地	山林地	ゴルフ場	降雨(湖面)	市街地
COD	7.19	2.45	3.83	3.83	6.95	15.30
全窒素	2.40	2.34	1.56	1.56	3.08	2.40
全リン	0.10	0.12	0.05	0.05	0.13	0.18

(kg/km<sup>2</sup>・day)

生活系原単位

	単独浄化槽	合併浄化槽	下水道	農業集落排水	くみ取り	発生原単位
COD	3.54	8.79	2.17	2.13	19.20	29.30
全窒素	4.50	7.20	3.28	2.70	3.00	12.00
全リン	0.66	0.59	0.09	0.30	0.40	1.17

(g/man・day)

	単独浄化槽	合併浄化槽	下水道	農業集落排水	くみ取り
水量負荷	0.05	0.30	0.30	0.30	0.25
排出形態	系内排出	系内排出	系外排出	系内排出	系内排出

(m<sup>3</sup>/man・day)

農業用水揚水量 125.5 (m<sup>3</sup>/ha/day)

根拠:15ヶ町村農業用水協同組合揚水量 5.23(m<sup>3</sup>/sec)24時間運転

灌漑面積 3600ha 灌漑期間 5月~7月

事業所原単位

	単独浄化槽	合併浄化槽	雑排水未処理
水量負荷	0.07	0.12	0.05

(m<sup>3</sup>/man・day)

表3 阿見町における各小流域での土地利用比率

小流域 No.	流域名	総面積 (ha)	市街地 (%)	水田 (%)	畑 (%)	森林 (%)	その他 (%)
S1	清明川	207	79.8	6.4	9.3	3.6	0.9
S2	清明川	471	43.0	12.9	24.1	17.5	2.5
S3	清明川	375	6.9	22.1	26.5	22.2	23.3
S4	清明川	60	97.5	0.0	0.0	0.0	2.5
S5	清明川	570	12.7	14.0	28.1	41.3	3.9
S6	清明川	440	11.7	24.2	31.5	28.6	4.0
S7	清明川	187	13.4	14.8	25.1	29.3	13.4
S8	清明川	140	22.6	18.6	25.8	14.8	18.2
K1	桂川	735	31.8	24.3	35.4	6.1	2.4
K2	桂川	572	15.4	11.9	38.0	32.6	2.1
O1	乙戸川	349	40.6	8.2	34.0	12.3	4.9
O2	乙戸川	913	17.7	12.3	33.5	30.3	6.2
O3	乙戸川	677	24.5	10.6	34.1	24.2	6.6
H1	花室川	81	80.2	15.6	0.4	0.0	3.7
H2	花室川	29	75.9	1.0	8.9	12.0	2.2
L1	直接流域	328	22.9	41.5	11.2	12.6	11.8
全体		6133	25.8	16.3	29.1	22.3	6.5

表4 つくば市における各小流域での土地利用比率

小流域 No.	流域名	総面積 (ha)	市街地 (%)	水田 (%)	畑 (%)	森林 (%)	その他 (%)
1	桜川	1323	8.1	11.8	1.7	76.6	1.8
2	桜川	358	15.5	51.4	16.2	10.8	6.1
3	桜川	1039	17.8	27.4	6.4	31.2	17.2
4	桜川	270	22.3	50.1	14.3	7.8	5.5
5	桜川	348	25.9	37.0	9.2	15.4	12.5
6	桜川	629	32.3	29.8	18.9	7.1	11.9
7	桜川	1407	14.8	32.9	7.8	38.8	5.7
8	桜川	298	17.0	22.6	26.9	25.6	7.9
9	桜川	447	12.4	21.1	4.7	54.3	7.5
10	桜川	364	21.1	49.6	19.6	5.2	4.5
11	桜川	370	31.2	29.0	4.3	17.5	18.0
12	桜川	1462	27.1	29.9	20.9	16.2	5.9
13	花室川	2182	62.3	8.2	17.2	8.4	3.9
14	稲荷川	190	36.5	20.3	35.1	4.8	3.3
15	稲荷川	268	66.6	6.4	21.6	3.7	1.7
16	稲荷川	1417	55.5	9.4	27.1	5.0	3.0
17	小野川	186	21.0	12.4	22.5	9.3	34.8
18	小野川	468	40.3	16.5	28.7	10.6	3.9
19	東谷田川	455	25.0	6.9	47.9	13.5	6.7
20	東谷田川	354	61.9	4.7	28.3	3.6	1.5
21	東谷田川	1457	32.3	13.6	41.9	10.0	2.2
22	東谷田川	1820	47.6	9.2	28.1	11.9	3.2
23	東谷田川	248	27.6	12.3	38.0	19.3	2.8
24	東谷田川	93	22.5	22.7	28.8	23.2	2.8
25	東谷田川	255	16.8	13.6	38.2	18.0	13.4
26	東谷田川	764	28.0	16.6	32.1	19.0	4.8
27	西谷田川	252	18.0	10.8	40.5	27.8	2.9
28	西谷田川	121	53.7	1.5	17.0	25.7	2.1
29	西谷田川	967	38.3	11.2	30.9	10.2	9.4
30	西谷田川	208	20.1	12.1	51.6	10.2	6.0
31	西谷田川	847	27.3	11.6	47.2	11.6	2.3
32	西谷田川	438	29.7	11.5	52.4	5.5	0.9
33	西谷田川	625	22.9	11.8	37.8	25.7	1.8
34	西谷田川	602	16.9	14.4	40.9	25.0	2.8
35	西谷田川	1364	25.4	18.8	27.4	22.1	6.3
36	小貝川	2016	20.9	24.6	28.4	11.2	14.9
全体		25912	31.4	18.3	25.0	18.9	6.4

表5 土浦市における各小流域での土地利用比率

小流域 No.	流域名	総面積 (ha)	市街地 (%)	水田 (%)	畑 (%)	森林 (%)	その他 (%)
101	天の川	428	25.5	19.6	33.4	17.6	3.9
201	一ノ瀬川	477	41.8	17.2	29.6	8.5	2.9
301	境川	420	36.8	14.5	32.9	13.3	2.5
302	境川	135	50.3	24.3	10.1	8.0	7.3
303	境川	251	74.5	4.2	11.6	8.9	0.8
304	境川	503	31.9	11.5	28.6	27.3	0.7
305	境川	154	13.5	78.1	0.7	0.0	7.3
306	境川	293	64.1	8.3	11.7	11.9	4.0
401	川尻川	259	54.6	7.7	24.3	11.6	1.8
501	直接流域	636	17.7	50.4	21.0	7.6	3.3
601	新川	455	35.1	37.4	12.4	5.0	10.4
602	新川	400	80.3	5.2	5.5	5.8	3.2
603	新川	349	87.3	4.3	0.2	0.1	8.1
801	上備前川	582	29.0	36.1	10.4	5.8	18.7
802	桜川	196	28.3	20.2	1.9	0.1	49.5
901	下備前川	501	69.2	10.8	5.4	8.9	13.7
1101	直接流域	133	50.2	25.4	11.7	4.4	8.3
1201	花室川	1249	50.8	15.1	14.2	14.7	5.2
1301	乙戸川	738	58.9	10.2	17.4	10.2	3.3
全体		8161	47.3	21.2	14.9	8.9	7.8

表6 阿見町における各小流域での生活系排水の処理形態別人口

ID	排出先 河川	総人口	下水道 人口	単独槽 人口	合併槽 人口	農集排水 人口	くみ取り 人口	事業所 (単独)	事業所 (合併)	小規模 事業所	昼間移入 人口	人口密度 (人/ha)
S1	清明川	2968	554	887	392	0	1414	602	425	279	1306	14.3
S2	清明川	8482	2507	1876	515	0	4002	626	692	418	1736	18.0
S3	清明川	578	0	68	92	0	428	208	0	10	218	1.5
S4	清明川	0	0	25	17	0	0	0	1544	42	1586	0.0
S5	清明川	887	0	115	77	0	695	0	0	0	0	1.6
S6	清明川	926	0	111	121	0	694	0	121	0	121	2.1
S7	清明川	423	35	46	24	0	318	107	135	0	242	2.3
S8	清明川	402	1	101	119	0	211	0	46	30	76	2.9
K1	桂川	6462	845	1924	1255	0	2770	733	1549	332	2614	8.8
K2	桂川	1475	0	245	120	0	1110	31	60	0	91	2.6
O1	乙戸川	6278	294	1628	588	0	3798	1153	411	30	1594	18.0
O2	乙戸川	3665	0	866	647	0	2152	209	46	0	255	4.0
O3	乙戸川	1061	0	331	76	584	363	214	2227	293	2734	1.6
H1	花室川	685	0	169	45	0	522	66	180	51	297	8.5
L1	直接流入	1172	1	441	396	0	542	30	205	208	443	3.6
H2	花室川	1793	0	53	44	0	1696	0	0	0	0	61.6
計		37257	4238	8886	4528	584	20714	3979	7641	1693	13313	

表7 つくば市における各小流域での生活系排水の処理形態別人口

ID	湧出先河川	国調区別人口	下水道人口	単独浄化槽人口	合併浄化槽人口	農業排水人口	くみ取り人口 +小規模事業所	事業所 (単独)	事業所 (合併)	小規模事業所	昼間移入人口	人口密度 (人/ha)
1	桜川	1819	0	15	20	0	1783	0	0	0	0	1.4
2	桜川	1027	42	85	55	0	844	25	45	0	70	2.9
3	桜川	3445	0	0	0	0	3445	0	0	0	0	3.3
4	桜川	888	38	66	0	0	784	0	250	0	250	3.3
5	桜川	2342	172	30	0	0	2166	0	0	23	23	6.7
6	桜川	2047	221	419	97	0	1359	197	1506	48	1751	3.3
7	桜川	5575	1286	0	0	0	4288	0	0	0	0	4.0
8	桜川	940	39	48	0	0	854	155	0	0	155	3.2
9	桜川	1149	168	0	0	0	982	0	0	0	0	2.6
10	桜川	1733	548	282	33	0	879	192	848	9	1049	4.8
11	桜川	647	0	0	0	0	647	0	0	0	0	1.8
12	桜川	7254	1381	7	0	0	5862	0	0	0	0	5.0
13	花室川	41805	29451	1604	725	0	11703	1132	3865	1677	6674	19.2
14	稲荷川	1129	239	291	97	0	560	67	53	58	178	5.9
15	稲荷川	5396	4030	1298	300	0	654	530	406	884	1820	20.1
16	稲荷川	10976	5612	2492	927	0	3275	1214	4292	1327	6833	7.7
17	小野川	571	0	101	20	0	450	21	45	0	66	3.1
18	小野川	2252	633	692	205	0	1142	106	323	421	850	4.8
19	東谷田川	1513	160	121	43	0	1188	61	60	0	121	3.3
20	東谷田川	919	81	83	52	0	746	0	85	42	127	2.6
21	東谷田川	4484	568	753	259	0	3115	234	627	211	1072	3.1
22	東谷田川	10611	4896	4456	1011	0	3612	1291	2179	3364	6834	5.8
23	東谷田川	873	403	118	0	0	369	0	0	18	18	3.5
24	東谷田川	170	0	28	0	0	142	0	0	0	0	1.8
25	東谷田川	726	0	180	22	0	524	100	0	0	100	2.8
26	東谷田川	6666	2190	1475	368	0	3055	675	1398	421	2494	8.7
27	西谷田川	816	0	54	8	0	754	0	0	0	0	3.2
28	西谷田川	163	0	39	7	0	127	0	0	10	10	1.4
29	西谷田川	2088	147	502	435	0	1334	0	399	331	730	2.2
30	西谷田川	703	19	131	7	0	546	0	240	0	240	3.4
31	西谷田川	3259	359	142	63	0	2697	144	87	0	231	3.8
32	西谷田川	1884	155	267	0	0	1461	165	0	0	165	4.3
33	西谷田川	1911	2	183	72	0	1652	25	500	0	525	3.1
34	西谷田川	1457	11	346	94	0	1008	358	148	1	507	2.4
35	西谷田川	6314	169	1415	522	0	4551	599	2202	341	3142	4.6
36	小貝川	7855	1061	1036	197	0	5658	216	476	102	794	3.9
計		143408	54081	18759	5639	0	74216	7507	20034	9288	36829	

表8 土浦市における各小流域での生活系排水の処理形態別人口

ID	排出先河川	総人口	単独浄化槽人口	合併浄化槽人口	下水道人口	農集排水人口	くみ取り人口	事業所(単独)	事業所(合併)	小規模事業場	昼間移入人口	人口密度(人/ha)
101	天の川	873	168	37	0	82	586	0	950	0	950	2.04
201	一ノ瀬川	7345	1015	418	3597	0	2403	676	565	87	1328	15.40
301	境川	5698	1230	1288	1555	0	2123	435	633	498	1566	13.55
302	境川	1370	143	50	760	0	445	0	192	18	210	10.12
303	境川	2800	355	110	1618	0	857	473	457	140	1070	11.16
304	境川	1703	213	380	1	0	1200	25	432	92	549	3.38
305	境川	460	23	35	0	0	402	0	0	0	0	2.98
306	境川	9445	651	210	5530	0	3079	148	158	25	331	32.22
401	川尻川	354	39	19	0	0	296	0	0	0	0	1.37
501	直接流入	2130	284	238	0	0	1608	55	75	0	130	3.35
601	新川	4747	739	707	1455	0	1968	495	2262	19	2776	10.42
602	新川	10573	292	51	7119	0	3110	193	447	9	649	26.42
603	新川	16691	106	42	12714	0	3829	65	21	0	86	47.78
801	上備前川	2337	621	307	219	93	1097	273	2505	0	2778	4.02
802	桜川	1871	197	90	655	0	824	523	555	0	1078	9.54
901	下備前川	17149	1773	720	8606	0	6133	743	1560	83	2386	34.20
1101	直接流入	886	116	217	123	0	440	0	264	10	274	6.65
1201	花室川	28192	3958	2824	12893	0	9022	1610	4172	505	6287	22.58
1301	乙戸川	17621	2490	1923	8814	0	4553	1022	2300	159	3481	23.89
計		132245	14413	9666	65659	175	43975	6736	17548	1645	25929	

表9 阿見町における月別降水量 (1994年)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平成6年 年平均
気温(°C)	3.9	4.0	5.9	13.5	17.5	20.2	25.8	27.1	26.6	18.2	10.7	6.1	15.0
雨量(mm)	38.5	57.5	125.0	42.5	93.5	55.5	16.5	49.0	377.0	36.5	54.0	19.5	80.4

資料: 阿見町勢要覧'95

表10 阿見町における各小流域からの流出水量とその内訳

地域	排出先 河川	農業用水	降水流出量 (灌漑期)	降水流出量 (非灌漑期)	総流出水量 (灌漑期)	総流出水量 (非灌漑)	総流出水量 (年平均値)	生活系系外 流出量	生活系系内 流出量	生活系排水 比(灌漑期) %	生活系排水 比(非灌漑期) %	農業用水比 (灌漑期) %
S1	清明川	50.2	1867	3038	2980.2	4101.8	3819.1	166.3	1063.4	35.7	25.9	1.7
S2	清明川	3482.6	4235	6893	9905.7	9081.4	9289.2	752.2	2188.6	22.1	24.1	35.2
S3	清明川	10858.3	3378	5498	14453.4	5715.5	7917.9	0.0	217.4	1.5	3.8	75.1
S4	清明川	0.0	536	873	1012.2	1348.9	1264.0	0.0	475.8	47.0	35.3	0.0
S5	清明川	7400.7	5128	8348	12760.3	8578.9	9632.8	0.0	231.4	1.8	2.7	58.0
S6	清明川	9974.7	3957	6442	14211.4	6721.0	8609.0	0.0	279.4	2.0	4.2	70.2
S7	清明川	916.2	1684	2741	2775.6	2916.6	2881.1	10.4	175.6	6.3	6.0	33.0
S8	清明川	2698.3	1261	2052	4091.7	2185.0	2665.6	0.4	132.5	3.2	6.1	65.9
K1	桂川	23193.7	6611	10762	32146.2	13103.1	17903.0	253.5	2341.2	7.3	17.9	72.2
K2	桂川	8660.8	5146	8377	14221.3	8791.2	10159.9	0.0	414.3	2.9	4.7	60.9
O1	乙戸川	1110.7	3137	5107	6338.6	7197.5	6981.0	88.3	2090.5	33.0	29.0	17.5
O2	乙戸川	5957.5	8220	13380	15245.6	14448.2	14649.2	0.0	1068.4	7.0	7.4	39.1
O3	乙戸川	5957.5	6097	9924	13174.4	11044.3	11581.2	0.0	1120.4	8.5	10.1	45.2
H1	花室川	105.4	727	1184	1101.1	1452.2	1363.7	0.0	268.5	24.4	18.5	9.6
L1	直接流入	21465.5	2949	4801	24872.0	5258.0	10201.8	0.2	457.2	1.8	8.7	86.3
H2	花室川	0.0	262	426	715.0	879.4	838.0	0.0	453.1	63.4	51.5	0.0
計		101832.1	55195	89846	170004.7	102823.0	119756.5	1271.3	12977.7			

(単位 m<sup>3</sup>/day)

表 1 1 つくば市における月別降水量 (1961 ~ 1990 年間の平均値)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
月平均	44.3	60.9	94.7	117.6	139.1	174.6	117.2	134.9	162.5	144.6	77.5	39.9	1307.8
日数	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
日平均	1.4	2.2	3.1	3.9	4.5	5.8	3.8	4.4	5.4	4.7	2.6	1.3	3.6

\*月別平年降水量(mm)1961~1990までの平均値

国立天文台 編 理科年表(1996)より

	総雨量	月平均雨量	日平均雨量
灌漑期(4~8月)	683.4	136.7	4.5
非灌漑期(9~3月)	624.4	89.2	2.9
年平均値	1307.8	109.0	3.6

表12 つくば市における各小流域からの流出水量とその内訳

ID	排出先 河川	家庭排水	事業所排水	農業用水	降水量 (灌漑期)	降水量 (非灌漑期)	生活系系内 流出量	生活系系外 流出量	総流出水量 (灌漑期)	総流出水量 (非灌漑期)	総流出水量 (年平均値)	生活系排水 比(灌漑期) %	生活系排水 比(非灌漑期) %	農業用水比 (灌漑期) %
1	桜川	456	958	12332	54031	36048	456	0	34428	22096	25204	1.3	2.1	35.8
2	桜川	266	117	14879	14622	9756	298	13	20690	5811	9561	1.4	5.1	71.9
3	桜川	861	928	15814	42451	28323	861	0	33356	17543	21529	2.6	4.9	47.4
4	桜川	227	43	8505	11028	7357	368	11	13066	4560	6704	2.8	8.1	65.1
5	桜川	602	634	10366	14214	9483	575	52	16461	6094	8707	3.5	9.4	63.0
6	桜川	561	368	13909	25672	17128	1559	66	25037	11128	14634	6.2	14.0	55.6
7	桜川	1458	105	28748	57476	38347	1152	386	52352	23604	30850	2.2	4.9	54.9
8	桜川	240	25	4635	12163	8115	323	12	9336	4700	5869	3.5	6.9	49.6
9	桜川	296	40	5649	18238	12168	256	50	13120	7471	8895	2.0	3.4	43.1
10	桜川	479	130	15395	14860	9915	978	164	21895	6500	10380	4.5	15.0	70.3
11	桜川	162	19	7895	15095	10071	162	0	14040	6145	8135	1.2	2.6	56.2
12	桜川	1882	343	35705	59724	39847	1554	414	59332	23627	32627	2.6	6.6	60.2
13	花室川	12460	2254	11719	89112	59455	9470	8835	54653	42934	45888	17.3	22.1	21.4
14	稲荷川	328	24	2737	7760	5178	378	72	5805	3068	3758	6.5	12.3	47.1
15	稲荷川	1852	120	1429	10945	7302	1987	1209	7447	6018	6378	26.7	33.0	19.2
16	稲荷川	3528	876	17230	57862	38605	6295	1684	44323	27094	31437	14.2	23.2	38.9
17	小野川	149	8	2705	7614	5080	188	0	5688	2983	3665	3.3	6.3	47.6
18	小野川	744	378	7488	19136	12767	1104	190	15424	7935	9823	7.2	13.9	48.5
19	東谷田川	394	29	2128	18590	12403	429	48	8617	6489	7025	5.0	6.6	24.7
20	東谷田川	251	10	1230	14468	9653	308	24	6712	5482	5792	4.6	5.6	18.3
21	東谷田川	1253	106	15342	59523	39713	1761	171	37086	21744	25611	4.7	8.1	41.4
22	東谷田川	4012	1427	12485	74357	49610	6949	1469	46046	33561	36708	15.1	20.7	27.1
23	東谷田川	249	0	1304	10121	6753	164	121	4928	3624	3953	3.3	4.5	26.5
24	東谷田川	44	0	1657	3812	2543	44	0	3061	1404	1822	1.4	3.1	54.1
25	東谷田川	192	17	2898	10428	6958	252	0	6712	3815	4545	3.7	6.6	43.2
26	東谷田川	1974	622	16172	31206	20820	2950	657	30089	13917	17993	9.8	21.2	53.7
27	西谷田川	207	10	1416	10290	6865	207	0	5101	3684	4041	4.1	5.6	27.8
28	西谷田川	46	23	0	4924	3285	52	0	1902	1902	1902	2.7	2.7	0.0
29	西谷田川	659	1485	8808	39512	26362	1062	44	23834	15026	17246	4.5	7.1	37.0
30	西谷田川	184	29	1752	8476	5655	323	6	4787	3035	3477	6.7	10.6	36.6
31	西谷田川	843	95	8001	34576	23069	897	108	20210	12208	14225	4.4	7.3	39.6
32	西谷田川	492	137	3521	17881	11930	554	46	9773	6252	7139	5.7	8.9	36.0
33	西谷田川	490	269	5759	25534	17036	805	0	15304	9545	10997	5.3	8.4	37.6
34	西谷田川	387	616	5943	24593	16408	689	3	14927	8983	10481	4.6	7.7	39.8
35	西谷田川	1769	26818	34805	55702	37164	3615	51	58420	23615	32388	6.2	15.3	59.6
36	小貝川	2103	564	40293	82355	54946	2327	318	72056	31763	41919	3.2	7.3	55.9
計		40517	37624	337629	947247	631991	49736	16212	727544	389910	475012			

(単位 m<sup>3</sup>/day)

表 1 3 土浦市における月別降水量 (mm)

月平均降水量

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	Ave
平成 6	41.9	66.9	128.7	34.3	94.0	61.0	93.0	89.2	276.2	33.3	44.0	23.2	82.1
平成 7	16.7	40.6	108.0	87.6	196.5	97.0	144.9	39.0	182.4	41.7	32.4	0.0	82.2
平成 8	17.3	29.2	88.2	57.1	100.1	43.3	172.8	20.6	290.7	54.3	85.1	24.9	82.0
AVE.	25.3	45.6	108.3	59.7	130.2	67.1	136.9	49.6	249.8	43.1	53.8	16.0	82.1

日平均降水量

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	Ave
平成 6	1.4	2.4	4.2	1.1	3.0	2.0	3.0	2.9	9.2	1.1	1.5	0.7	2.7
平成 7	0.5	1.5	3.5	2.9	6.3	3.2	4.7	1.3	6.1	1.3	1.1	0.0	2.7
平成 8	0.6	1.0	2.8	1.9	3.2	1.4	5.6	0.7	9.7	1.8	2.8	0.8	2.7

	総雨量			月平均雨量			日平均雨量		
	(5~7月)	(8~4月)	年値	(5~7月)	(8~4月)	年平均值	(5~7月)	(8~4月)	年平均值
平成 6	248.0	737.7	985.7	82.7	82.0	82.1	2.7	2.7	2.7
平成 7	438.4	548.4	986.8	146.1	60.9	82.2	4.7	2.0	2.7
平成 8	316.2	667.4	983.6	105.4	74.2	82.0	3.4	2.5	2.7
AVE.	334.2	651.2	985.4	111.4	72.4	82.1	3.6	2.4	2.7

:土浦消防署

表14 土浦市における各小流域からの流出水量とその内訳

ID	排出先 河川	家庭排水	事業所排水	農業用水	降水量 (灌漑期)	降水量 (非灌漑期)	生活系系内 流出量	生活系系外 流出量	総水量 (灌漑期)	総水量 (非灌漑期)	総水量 (年平均値)	家庭排水比 (年平均値) %	事業所排水 比(年平均値) %	農業用水比 (灌漑期) %
101	天の川	232	371	2134	15467	10239	603	0	9807	5409	6518	3.6	5.7	21.8
201	一ノ瀬川	2110	622	0	17248	11418	1877	1079	10103	7533	8181	25.8	7.6	0.0
301	境川	1753	452	13363	15209	10068	1836	467	22254	6659	10590	16.6	4.3	60.0
302	境川	614	86	1797	8692	5754	403	375	6521	3293	4107	15.0	2.1	27.6
303	境川	839	9561	0	9078	6010	10016	485	23905	22442	22811	3.7	41.9	0.0
304	境川	478	2872	0	18201	12049	3350	0	14281	11557	12244	3.9	23.5	0.0
305	境川	118	210	9192	5578	3693	328	0	12510	2379	4933	2.4	4.3	73.5
306	境川	2687	145	2271	10605	7021	1519	1659	8990	5010	6013	44.7	2.4	25.3
401	川尻川	91	0	0	9371	6204	91	0	4321	2892	3252	2.8	0.0	0.0
501	直接流入	559	21	23960	23018	15238	580	0	35101	7578	14515	3.9	0.1	68.3
601	新川	1427	1672	32808	18349	12147	2754	437	45980	10216	19230	7.4	8.7	71.4
602	新川	2800	58364	14189	10682	7071	59589	1989	137336	121392	125411	2.2	46.5	10.3
603	新川	4816	10	11570	12638	8366	1807	3814	19700	5996	9450	51.0	0.1	58.7
801	上備前川	646	367	41141	21049	13934	961	66	52555	8005	19234	3.4	1.9	78.3
802	桜川	424	110	7390	5216	3453	378	197	10479	2210	4294	9.9	2.6	70.5
901	下備前川	4863	969	5680	18141	12009	3788	2582	19313	10634	12822	37.9	7.6	29.4
1101	直接流入	247	32	4842	4822	3192	250	37	7422	1803	3219	7.7	1.0	65.2
1201	花室川	8158	5020	18892	45170	29902	10116	3868	55335	29241	35818	22.8	14.0	34.1
1301	乙戸川	5106	652	8970	26681	17663	3665	2644	25697	12532	15850	32.2	4.1	34.9
計		37968	81536	198199	295215	195431	103911	19699	521610	276781	338491			

(単位 m<sup>3</sup>/day)

表15 阿見町における各小流域からのCOD排出負荷量と予測水質

小流域 No.	流域名	総排出負荷 COD (kg/d)	COD 予測水質 (mg/l)			生活系比 (%)	面源比 (%)
			灌漑期	非灌漑期	年平均		
S 1	清明川	84.6	16.0	22.4	20.4	68	32
S 2	清明川	173.3	12.7	21.4	18.3	76	24
S 3	清明川	31.2	2.1	6.1	4.1	40	60
S 4	清明川	15.1	10.1	14.1	12.8	41	59
S 5	清明川	47.2	2.9	6.2	4.8	35	65
S 6	清明川	41.8	2.7	7.1	5.0	41	59
S 7	清明川	19.1	4.3	7.4	6.2	46	54
S 8	清明川	16.9	3.5	8.6	6.3	45	55
K 1	桂川	177.1	5.5	15.9	10.8	68	32
K 2	桂川	59.7	3.5	8.0	6.0	48	52
O 1	乙戸川	155.6	16.9	25.1	22.4	81	19
O 2	乙戸川	121.8	5.4	9.7	8.1	56	44
O 3	乙戸川	70.5	4.0	7.6	6.2	37	63
H 1	花室川	26.5	12.8	18.9	16.9	58	42
H 2	花室川	37.8	35.4	43.7	41.3	90	10
L 1	直接流入	50.7	2.3	10.2	5.4	49	51

表16 阿見町における各小流域からのT-N排出負荷量と予測水質

小流域 No.	流域名	総排出負荷 TN (kg/d)	TN 予測水質 (mg/l)			生活系比 (%)	面源比 (%)
			灌漑期	非灌漑期	年平均		
S 1	清明川	24.0	4.5	6.3	5.8	80	20
S 2	清明川	46.5	3.4	5.7	4.9	78	22
S 3	清明川	11.4	0.8	2.2	1.5	34	66
S 4	清明川	6.2	4.1	5.8	5.3	77	23
S 5	清明川	14.9	0.9	2.0	1.5	23	77
S 6	清明川	13.4	0.9	2.3	1.6	31	69
S 7	清明川	6.3	1.4	2.4	2.1	41	59
S 8	清明川	5.3	1.1	2.7	2.0	45	55
K 1	桂川	58.2	1.8	5.2	3.6	71	29
K 2	桂川	18.3	1.1	2.4	1.9	35	65
O 1	乙戸川	44.8	4.9	7.2	6.4	83	17
O 2	乙戸川	38.2	1.7	3.0	2.5	50	50
O 3	乙戸川	28.0	1.6	3.0	2.5	48	52
H 1	花室川	6.1	2.9	4.3	3.9	68	32
H 2	花室川	6.5	6.1	7.5	7.1	90	10
L 1	直接流入	16.0	0.7	3.2	1.7	53	47

表 17 阿見町における各小流域からの T - P 排出負荷量と予測水質

小流域 No.	流域名	総排出負荷 T P (kg/d)	T P 予測水質 (mg/l)			生活系比 (%)	面源比 (%)
			灌漑期	非灌漑期	年平均		
S 1	清明川	2.77	0.5	0.7	0.7	88	12
S 2	清明川	5.26	0.4	0.7	0.6	89	11
S 3	清明川	0.84	0.1	0.2	0.1	60	40
S 4	清明川	0.50	0.3	0.5	0.4	79	21
S 5	清明川	0.98	0.1	0.1	0.1	46	54
S 6	清明川	0.93	0.1	0.2	0.1	53	47
S 7	清明川	0.50	0.1	0.2	0.2	65	35
S 8	清明川	0.42	0.1	0.2	0.2	65	35
K 1	桂川	5.89	0.2	0.5	0.4	84	16
K 2	桂川	1.40	0.1	0.2	0.1	58	42
O 1	乙戸川	5.28	0.6	0.9	0.8	91	9
O 2	乙戸川	3.31	0.1	0.3	0.2	72	28
O 3	乙戸川	2.20	0.1	0.2	0.2	66	34
H 1	花室川	0.65	0.3	0.5	0.4	80	20
H 2	花室川	0.81	0.8	0.9	0.9	94	6
L 1	直接流入	1.36	0.1	0.3	0.1	73	27

表18 つくば市における各小流域からのCOD排出負荷量と予測水質

小流域 No.	流域名	総排出負荷 COD (kg/d)	COD 予測水質 (mg/l)			生活系比 (%)	面源比 (%)
			灌漑期	非灌漑期	年平均		
1	桜川	112.3	2.6	5.4	4.3	39	61
2	桜川	45.6	2.0	8.7	4.7	44	56
3	桜川	145.5	3.7	8.8	6.5	52	48
4	桜川	38.8	2.7	9.8	5.9	45	55
5	桜川	76.2	4.0	12.5	8.2	64	36
6	桜川	97.7	3.6	10.4	7.0	46	54
7	桜川	175.6	2.9	8.3	5.7	47	53
8	桜川	37.5	3.5	9.0	6.5	50	50
9	桜川	45.7	2.9	6.8	5.1	42	58
10	桜川	56.3	2.4	10.5	5.7	50	50
11	桜川	43.6	2.7	7.9	5.3	29	71
12	桜川	228.5	3.4	10.7	6.9	51	49
13	花室川	548.3	8.8	15.4	13.0	56	44
14	稻荷川	34.7	5.3	13.0	9.5	55	45
15	稻荷川	81.4	10.8	18.7	15.8	63	37
16	稻荷川	299.5	6.3	14.1	10.7	52	48
17	小野川	23.3	3.5	8.8	6.4	49	51
18	小野川	85.2	4.9	12.2	8.8	53	47
19	東谷田川	55.4	5.2	9.6	8.0	48	52
20	東谷田川	54.9	6.6	11.4	9.6	31	69
21	東谷田川	191.6	4.4	10.1	7.7	44	56
22	東谷田川	376.5	7.3	13.6	11.2	55	46
23	東谷田川	26.8	4.4	8.4	6.9	36	64
24	東谷田川	9.7	2.8	7.8	5.3	35	65
25	東谷田川	29.8	3.8	8.8	6.6	51	49
26	東谷田川	164.8	5.0	14.1	9.7	67	33
27	西谷田川	30.2	4.8	9.1	7.5	52	48
28	西谷田川	15.4	6.1	9.0	8.0	23	77
29	西谷田川	135.8	4.6	9.4	7.4	42	58
30	西谷田川	26.6	4.8	10.2	7.9	54	46
31	西谷田川	114.6	4.8	10.5	8.1	50	50
32	西谷田川	67.0	5.7	11.9	9.3	55	45
33	西谷田川	80.2	4.4	9.4	7.3	51	49
34	西谷田川	71.6	4.0	8.6	6.6	52	48
35	西谷田川	497.5	5.5	10.7	8.7	81	19
36	小貝川	278.1	3.4	9.8	6.6	51	49

表19 つくば市における各小流域からのT-N排出負荷量と予測水質

小流域 No.	流域名	総排出負荷 TN (kg/d)	TN 予測水質 (mg/l)			生活系比 (%)	面源比 (%)
			灌漑期	非灌漑期	年平均		
1	桜川	39.3	0.9	1.9	1.5	41	59
2	桜川	13.0	0.6	2.5	1.3	38	62
3	桜川	44.8	1.1	2.7	2.0	54	46
4	桜川	9.7	0.7	2.4	1.5	37	63
5	桜川	25.2	1.3	4.1	2.7	70	30
6	桜川	31.4	1.1	3.4	2.7	55	45
7	桜川	42.4	0.7	2.0	1.4	32	68
8	桜川	10.3	1.0	2.5	1.8	39	61
9	桜川	11.4	0.7	1.7	1.3	26	74
10	桜川	17.2	0.7	3.2	1.8	51	49
11	桜川	9.8	0.6	1.8	1.2	20	80
12	桜川	51.9	0.8	2.4	1.6	38	62
13	花室川	134.8	2.2	3.8	3.2	63	37
14	稻荷川	9.6	1.4	3.6	2.6	54	46
15	稻荷川	25.0	3.3	5.7	4.8	75	25
16	稻荷川	88.8	1.9	4.2	3.2	63	37
17	小野川	6.3	1.0	2.4	1.7	40	60
18	小野川	26.0	1.5	3.7	2.7	59	41
19	東谷田川	15.4	1.5	2.7	2.2	35	65
20	東谷田川	11.8	1.4	2.4	2.1	30	70
21	東谷田川	53.4	1.2	2.8	2.1	38	62
22	東谷田川	107.9	2.1	3.9	3.2	62	38
23	東谷田川	7.4	1.2	2.3	1.9	27	73
24	東谷田川	26.7	0.8	2.1	1.5	24	76
25	東谷田川	9.2	1.2	2.7	2.0	41	59
26	東谷田川	48.5	1.5	4.1	2.8	65	35
27	西谷田川	8.1	1.3	2.4	2.0	34	66
28	西谷田川	3.3	1.3	1.9	1.7	22	78
29	西谷田川	33.5	1.1	2.3	1.8	36	64
30	西谷田川	8.1	1.4	3.1	2.4	42	58
31	西谷田川	30.0	1.3	2.8	2.1	36	64
32	西谷田川	17.7	1.5	3.1	2.5	43	57
33	西谷田川	21.9	1.2	2.6	2.0	39	61
34	西谷田川	22.1	1.2	2.6	2.1	42	58
35	西谷田川	67.8	0.8	1.5	1.2	57	43
36	小貝川	73.4	0.9	2.6	1.7	40	60

表20 つくば市における各小流域からのT-P排出負荷量と予測水質

小流域 No.	流域名	総排出負荷 T P (kg/d)	T P 予測水質 (mg/l)			生活系比 (%)	面源比 (%)
			灌漑期	非灌漑期	年平均		
1	桜川	2.44	0.1	0.1	0.1	62	38
2	桜川	1.01	0.04	0.2	0.1	63	37
3	桜川	4.12	0.1	0.2	0.2	77	23
4	桜川	0.74	0.1	0.2	0.1	59	41
5	桜川	2.86	0.2	0.5	0.3	87	13
6	桜川	2.91	0.1	0.3	0.2	74	26
7	桜川	3.12	0.1	0.1	0.1	59	41
8	桜川	0.85	0.1	0.2	0.1	64	36
9	桜川	0.76	0.04	0.1	0.1	52	48
10	桜川	1.47	0.1	0.3	0.1	72	28
11	桜川	0.66	0.04	0.1	0.1	39	61
12	桜川	4.27	0.1	0.2	0.1	61	39
13	花室川	13.47	0.2	0.4	0.3	76	24
14	稲荷川	0.91	0.1	0.3	0.2	73	27
15	稲荷川	2.84	0.4	0.7	0.6	85	15
16	稲荷川	8.75	0.2	0.4	0.3	77	23
17	小野川	0.52	0.1	0.2	0.1	64	36
18	小野川	2.83	0.2	0.4	0.3	79	21
19	東谷田川	1.24	0.1	0.2	0.2	57	43
20	東谷田川	0.97	0.1	0.2	0.2	45	55
21	東谷田川	4.41	0.1	0.2	0.2	58	42
22	東谷田川	14.12	0.3	0.5	0.4	83	17
23	東谷田川	0.56	0.1	0.2	0.1	48	52
24	東谷田川	0.19	0.1	0.2	0.1	46	54
25	東谷田川	0.78	0.1	0.2	0.2	66	34
26	東谷田川	6.68	0.2	0.6	0.4	87	13
27	西谷田川	0.63	0.1	0.2	0.2	58	42
28	西谷田川	0.26	0.1	0.1	0.1	38	62
29	西谷田川	2.63	0.1	0.2	0.1	54	46
30	西谷田川	0.66	0.1	0.3	0.2	63	37
31	西谷田川	2.74	0.1	0.3	0.2	62	38
32	西谷田川	2.28	0.2	0.4	0.3	75	25
33	西谷田川	3.33	0.2	0.4	0.3	79	21
34	西谷田川	5.46	0.3	0.7	0.5	88	12
35	西谷田川	218.96	2.4	4.7	3.8	99	1
36	小貝川	9.24	0.1	0.3	0.2	76	24

表 2 1 土浦市における各小流域からのCOD排出負荷量と予測水質

小流域 No.	流域名	総排出負荷 COD (kg/d)	COD予測水質 (mg/l)			生活系比 (%)	面源比 (%)
			灌漑期	非灌漑期	年平均		
101	天の川	51.3	4.3	8.5	6.8	42	58
201	一ノ瀬川	127.5	11.7	16.3	14.9	67	33
301	境川	123.4	12.7	17.4	15.9	72	28
302	境川	72.7	9.2	11.7	10.9	61	39
303	境川	156.8	10.3	11.7	11.3	80	20
304	境川	98.8	7.5	10.0	9.2	62	38
305	境川	23.2	6.3	9.0	8.1	46	54
306	境川	111.8	15.3	21.2	19.4	70	30
401	川尻川	32.7	6.3	9.3	8.3	21	79
501	直接流入	86.9	6.5	9.5	8.5	46	54
601	新川	137.6	10.6	14.4	13.2	67	33
602	新川	506.7	8.0	8.3	8.2	92	8
603	新川	127.1	14.7	20.7	18.8	61	39
801	上備前川	101.1	6.3	10.7	9.1	52	48
802	桜川	35.4	9.3	13.3	12.0	61	39
901	下備前川	244.1	17.4	23.4	21.5	75	25
1101	直接流入	27.9	9.2	13.3	12.0	50	50
1201	花室川	485.2	13.8	18.3	16.9	74	26
1301	乙戸川	259.7	14.3	19.7	18.0	70	30

表 2 2 土浦市における各小流域からの T-N 排出負荷量と予測水質

小流域 No.	流域名	総排出負荷 TN (kg/d)	TN 予測水質 (mg/l)			生活系比 (%)	面源比 (%)
			灌漑期	非灌漑期	年平均		
101	天の川	19.6	1.6	3.2	2.6	52	48
201	一ノ瀬川	42.6	3.9	5.5	5.0	74	26
301	境川	44.5	4.6	6.3	5.7	79	21
302	境川	31.0	3.9	5.0	4.7	82	18
303	境川	140.9	9.3	10.5	10.2	96	4
304	境川	44.3	3.4	4.5	4.1	76	24
305	境川	10.6	2.9	4.1	3.7	65	35
306	境川	23.7	3.2	4.5	4.1	72	28
401	川尻川	7.2	1.4	2.1	1.8	18	82
501	直接流入	24.1	1.8	2.6	2.4	38	62
601	新川	64.7	5.0	6.8	6.2	83	17
602	新川	628.4	10.0	10.3	10.2	99	1
603	新川	21.7	2.5	3.5	3.2	61	39
801	上備前川	36.8	2.3	3.9	3.3	65	35
802	桜川	12.0	3.1	4.5	4.1	63	37
901	下備前川	68.4	4.9	6.6	6.0	83	17
1101	直接流入	7.7	2.5	3.7	3.3	59	41
1201	花室川	187.2	5.3	7.1	6.5	85	15
1301	乙戸川	79.5	4.4	6.0	5.5	79	21

表 2 3 土浦市における各小流域からの T - P 排出負荷量と予測水質

小流域 No.	流域名	総排出負荷 T P (kg/d)	T P 予測水質 (mg/l)			生活系比 (%)	面源比 (%)
			灌漑期	非灌漑期	年平均		
101	天の川	1.69	0.1	0.3	0.2	71	29
201	一ノ瀬川	5.02	0.5	0.6	0.6	87	13
301	境川	5.05	0.5	0.7	0.7	89	11
302	境川	2.31	0.3	0.4	0.3	85	15
303	境川	17.54	1.2	1.3	1.3	98	2
304	境川	3.41	0.3	0.3	0.3	83	17
305	境川	1.21	0.3	0.5	0.4	86	14
306	境川	2.65	0.4	0.5	0.5	84	16
401	川尻川	0.54	0.1	0.2	0.1	32	68
501	直接流入	1.87	0.1	0.2	0.2	62	38
601	新川	7.43	0.6	0.8	0.7	92	8
602	新川	19.02	0.3	0.3	0.3	97	3
603	新川	2.35	0.3	0.4	0.3	75	25
801	上備前川	3.43	0.2	0.4	0.3	81	19
802	桜川	1.15	0.3	0.4	0.4	82	18
901	下備前川	8.23	0.6	0.8	0.7	91	9
1101	直接流入	0.67	0.2	0.3	0.3	72	28
1201	花室川	21.61	0.6	0.8	0.8	92	8
1301	乙戸川	8.56	0.5	0.7	0.6	88	12

表 2 4 清明川河口部における実測水質値と予測水質値および流出率補正後の予測水質の比較

年月	水量 (x10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /d)		流出率 (%)	COD (mg/l)			T-N (mg/l)			T-P (mg/l)		
	予測	実測		補正あり	補正なし	実測	補正あり	補正なし	実測	補正あり	補正なし	実測
1994年												
1月	2.00	3.02	42	9.4	22.5	9.8	2.8	6.7	3.4	0.28	0.66	0.49
2	2.99	0.09	65	9.8	15.1	9.9	2.9	4.5	2.8	0.29	0.44	0.22
3	5.41	5.18	124	10.3	8.3	8.9	3.1	2.5	3.0	0.30	0.24	0.20
4	2.22	1.64	47	9.5	20.3	8.5	2.8	6.0	3.5	0.28	0.59	0.28
5	7.70	4.41	181	15.3	8.4	14.0	4.5	2.5	2.4	0.36	0.20	0.29
6	6.28	4.58	145	15.0	10.4	9.1	4.4	3.0	1.9	0.36	0.25	0.21
7	4.66	1.99	105	10.1	9.7	9.2	3.0	2.9	2.2	0.30	0.28	0.40
8	2.41	1.30	52	9.7	18.6	8.3	2.9	5.6	1.3	0.28	0.55	0.25
9	15.87	2.68	378	11.3	2.8	7.7	3.4	0.8	1.8	0.33	0.08	0.21
10	1.92	4.32	40	9.4	23.8	4.7	2.8	6.7	2.2	0.28	0.68	0.11
11	2.68	1.90	58	9.7	16.8	7.0	2.9	5.0	2.3	0.29	0.49	0.35
12	1.25	2.07	25	9.0	36.0	5.4	2.7	10.7	2.4	0.26	1.05	0.21

流量に対する流出率補正  $\log A = 1.08 \log Q + 1.30$

A:流出率 (%), Q:流量 (x 10<sup>4</sup>/m<sup>3</sup>/d)

清明川への負荷量

水田負荷; 5-6月に集中

5-6月以外

5-6月

COD: 450109 g/d

650109 g/d

T-N: 134182 g/d

191249 g/d

T-P: 13201 g/d

15460 g/d

表 2 5 土浦市における生活系排水の処理形態別 COD 負荷量 (g/day)

ID	単独浄化槽	合併浄化槽	下水道(系外)	下水道(系内)	農集排水	くみ取り	事業所(単独)	事業所(合併)	点源総負荷
101	3820	325	0	2570	175	11242	0	3340	21473
201	23081	3674	7805	0	0	46130	5946	1987	80818
301	27970	11322	3375	0	0	40769	3826	2226	86112
302	4139	440	2713	0	0	12978	598	1589	19744
303	8073	967	3510	0	0	16453	4161	1607	31260
304	4844	3340	2	0	0	23049	220	1519	32972
305	523	308	0	0	0	7716	0	0	8546
306	14804	1846	12001	0	0	59111	1302	556	77618
401	887	167	0	0	0	5689	0	0	6743
501	6458	2092	0	0	0	30877	484	264	40175
601	19079	6215	3158	0	0	40468	5515	8147	79423
602	5753	448	14385	401265	0	55274	1100	657	464498
603	2410	369	27528	0	0	74049	572	74	77474
801	14122	2699	476	2100	198	21055	2401	8808	51382
802	2206	791	1450	0	0	13422	3439	1758	21617
901	40318	6329	18675	0	0	117746	6535	5485	176413
1101	2638	1907	266	0	0	8458	0	928	13931
1201	90005	24823	27978	0	0	173229	14162	14669	316887
1301	56623	16903	19126	0	0	87416	8990	8087	178019
	327752	84964	142448	405935	372	845133	59250	61699	1785105

表 2 6 清明川各地点での生活系排水の処理形態を変化させたときの予測COD水質 (mg/l)

	現状		下水完備		下水+合併		下水+改良型合併	
	灌漑期	非灌漑期	灌漑期	非灌漑期	灌漑期	非灌漑期	灌漑期	非灌漑期
S 1	33.7	21.4	16.7	9.4	15.3	8.6	13.6	7.6
S 2	23.3	20.0	10.3	8.6	8.6	7.1	7.3	6.1
S 3	12.2	15.4	5.7	7.4	4.6	6.0	3.9	5.1
S 4	12.6	15.4	6.4	8.0	5.3	6.7	4.3	5.4
S 5	9.8	12.2	5.5	6.9	4.6	5.8	3.8	4.7
S 6	8.1	10.9	4.8	6.7	4.0	5.5	3.3	4.5
S 7	8.1	10.6	4.9	6.5	4.1	5.4	3.3	4.4
S 8	7.8	10.4	4.8	6.5	4.0	5.3	3.3	4.4

表 2 7 清明川各地点での生活系排水の処理形態を変化させたときの予測 T-N 水質 (mg/l)

	現状		下水完備		下水+合併		下水+改良型合併	
	灌漑期	非灌漑期	灌漑期	非灌漑期	灌漑期	非灌漑期	灌漑期	非灌漑期
S 1	9.17	5.81	4.46	2.50	4.43	2.49	3.18	1.79
S 2	6.19	5.31	2.92	2.43	3.03	2.25	2.13	1.77
S 3	3.33	4.22	1.69	2.20	1.81	2.35	1.30	1.68
S 4	3.67	4.51	2.12	2.66	2.23	2.80	1.48	1.86
S 5	2.90	3.60	1.81	2.29	1.97	2.48	1.37	1.72
S 6	2.41	3.26	1.59	2.19	1.76	2.42	1.24	1.70
S 7	2.42	3.17	1.62	2.15	1.79	2.38	1.27	1.68
S 8	2.35	3.12	1.57	2.12	1.74	2.35	1.24	1.67

表 2 8 清明川各地点での生活系排水の処理形態を変化させたときの予測 T-P 水質 (mg/l)

	現状		下水完備		下水+合併		下水+改良型合併	
	灌漑期	非灌漑期	灌漑期	非灌漑期	灌漑期	非灌漑期	灌漑期	非灌漑期
S 1	1.04	0.66	0.38	0.21	0.33	0.19	0.25	0.14
S 2	0.69	0.60	0.26	0.21	0.22	0.18	0.16	0.13
S 3	0.36	0.45	0.14	0.18	0.12	0.16	0.09	0.11
S 4	0.38	0.47	0.18	0.22	0.16	0.20	0.11	0.13
S 5	0.29	0.36	0.14	0.18	0.13	0.17	0.09	0.12
S 6	0.23	0.31	0.12	0.17	0.12	0.16	0.08	0.11
S 7	0.23	0.30	0.12	0.17	0.12	0.16	0.08	0.11
S 8	0.22	0.29	0.12	0.16	0.12	0.16	0.08	0.11



図1 調査地域の概念図

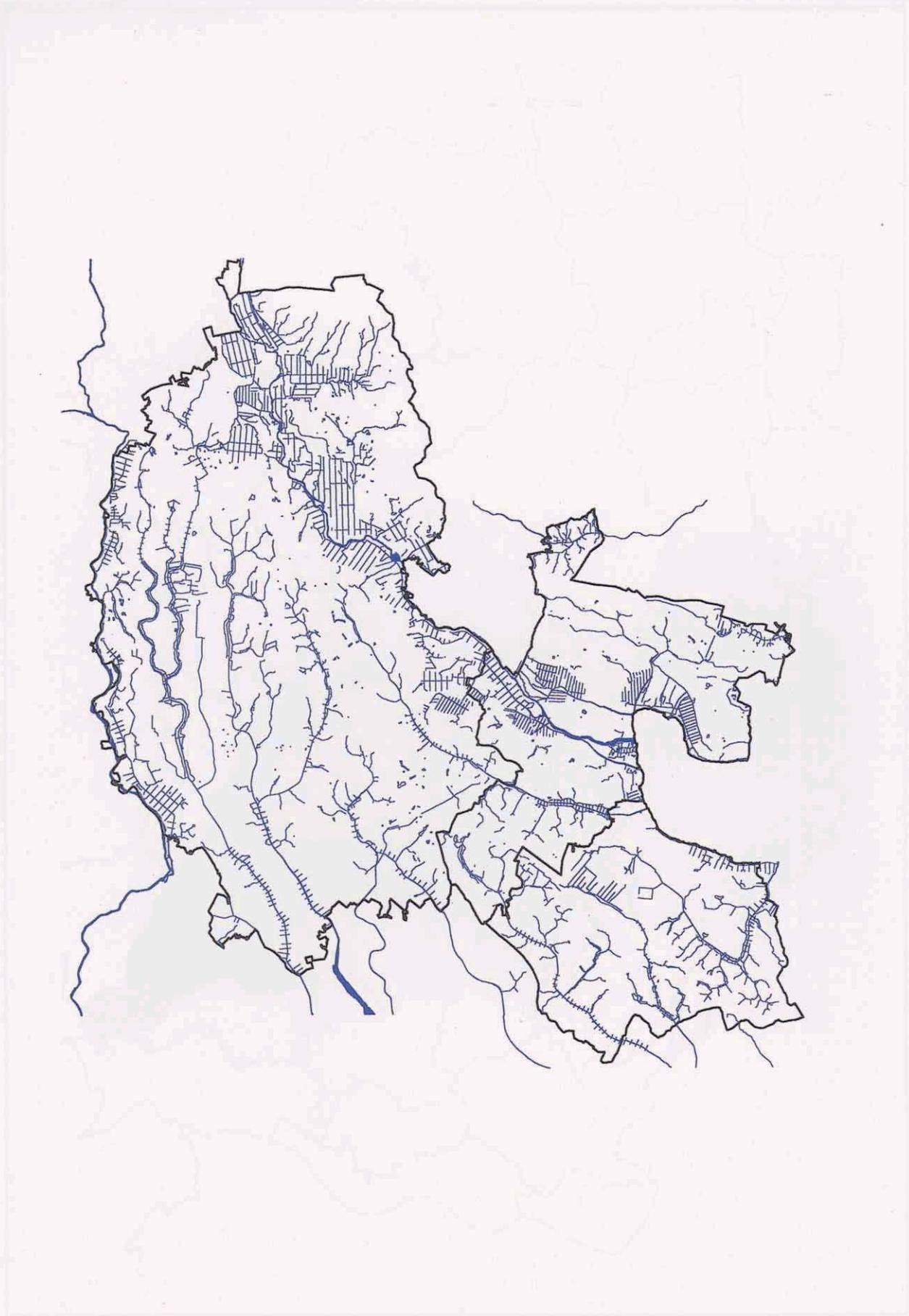


図2 つくば市、土浦市および阿見町における市町村界および河川図

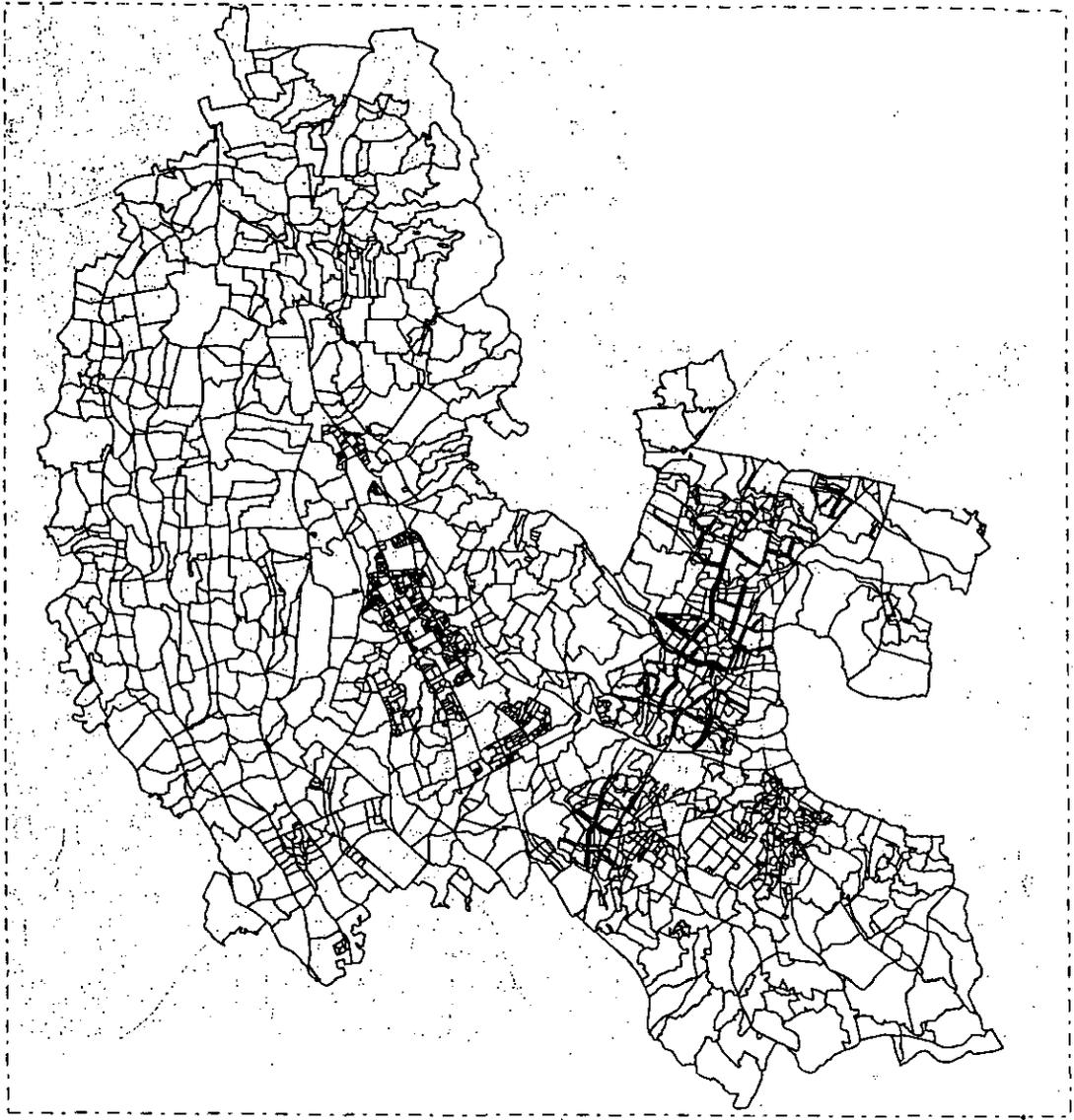


図3 つくば市、土浦市および阿見町におけるデータ集約の基本最小構成単位

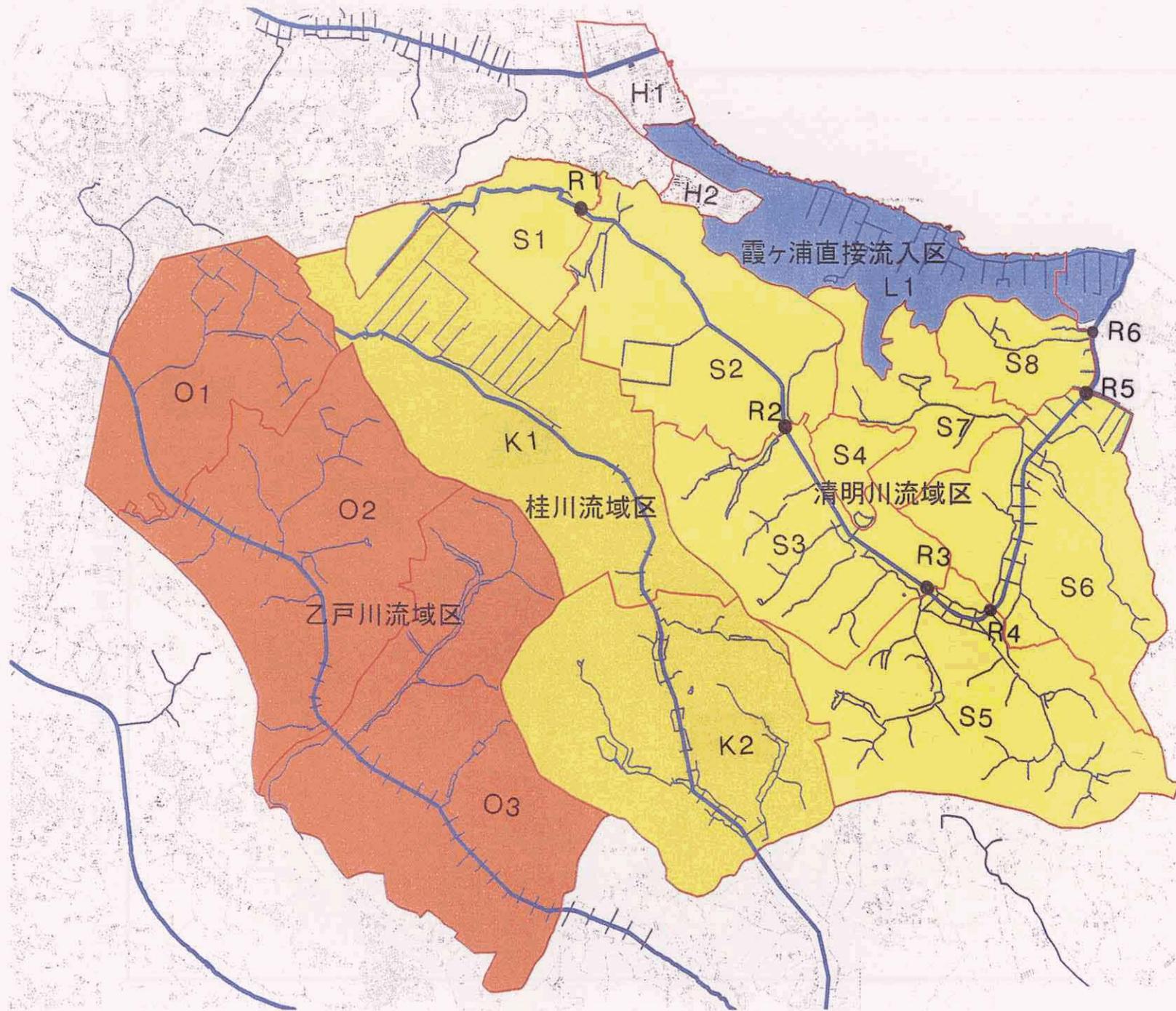


図4 阿見町における河川図および流域区分図

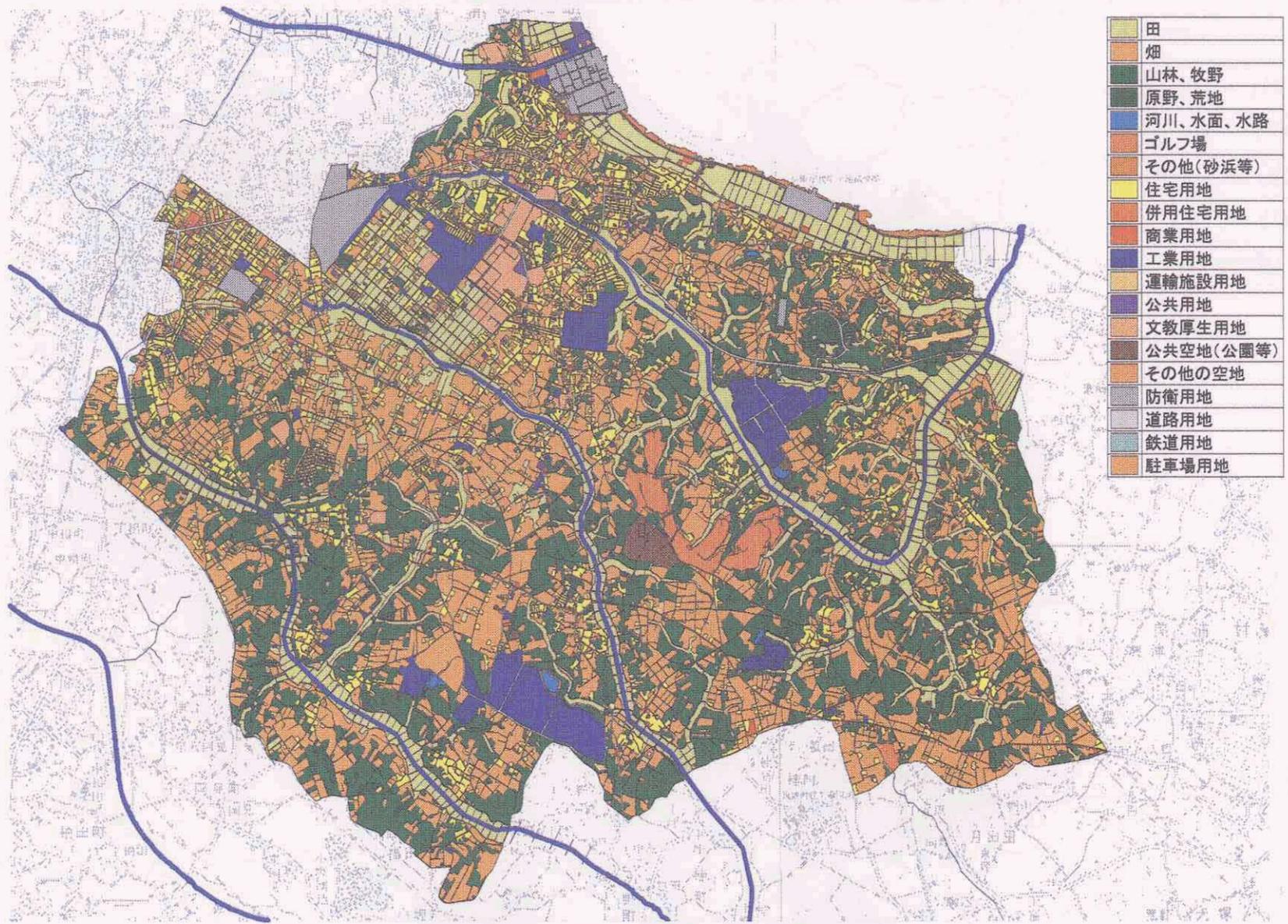


図5 阿見町における土地利用現況図(平成2年)

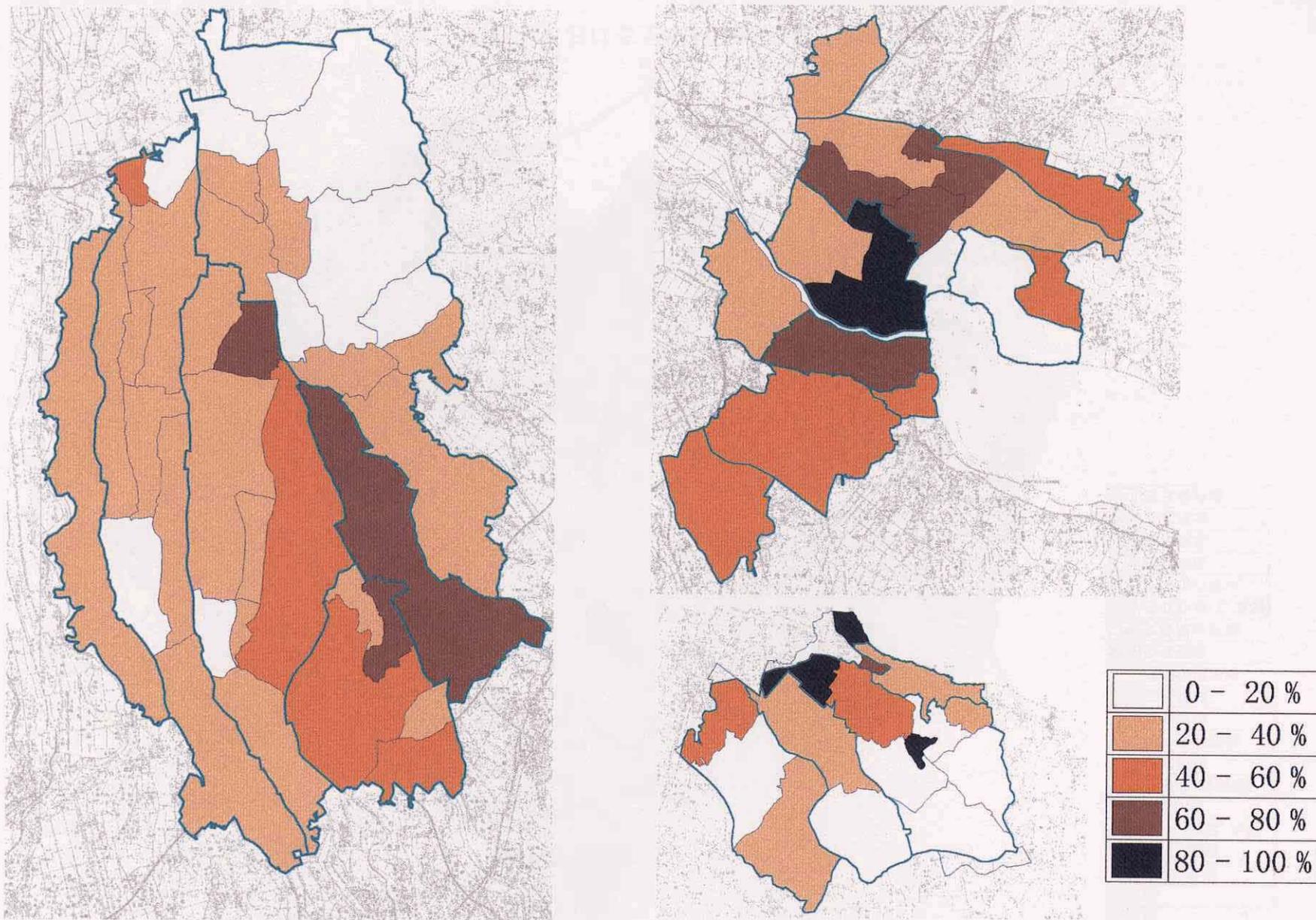
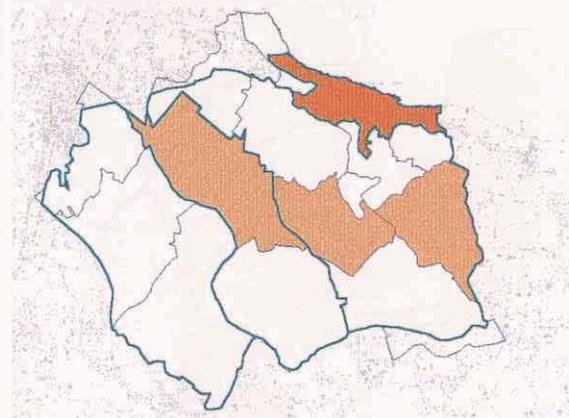
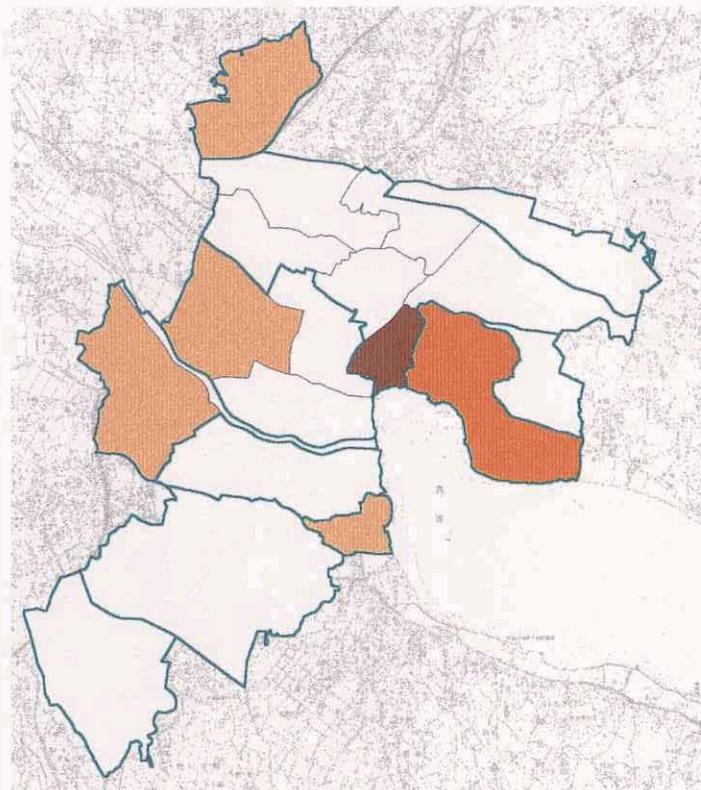
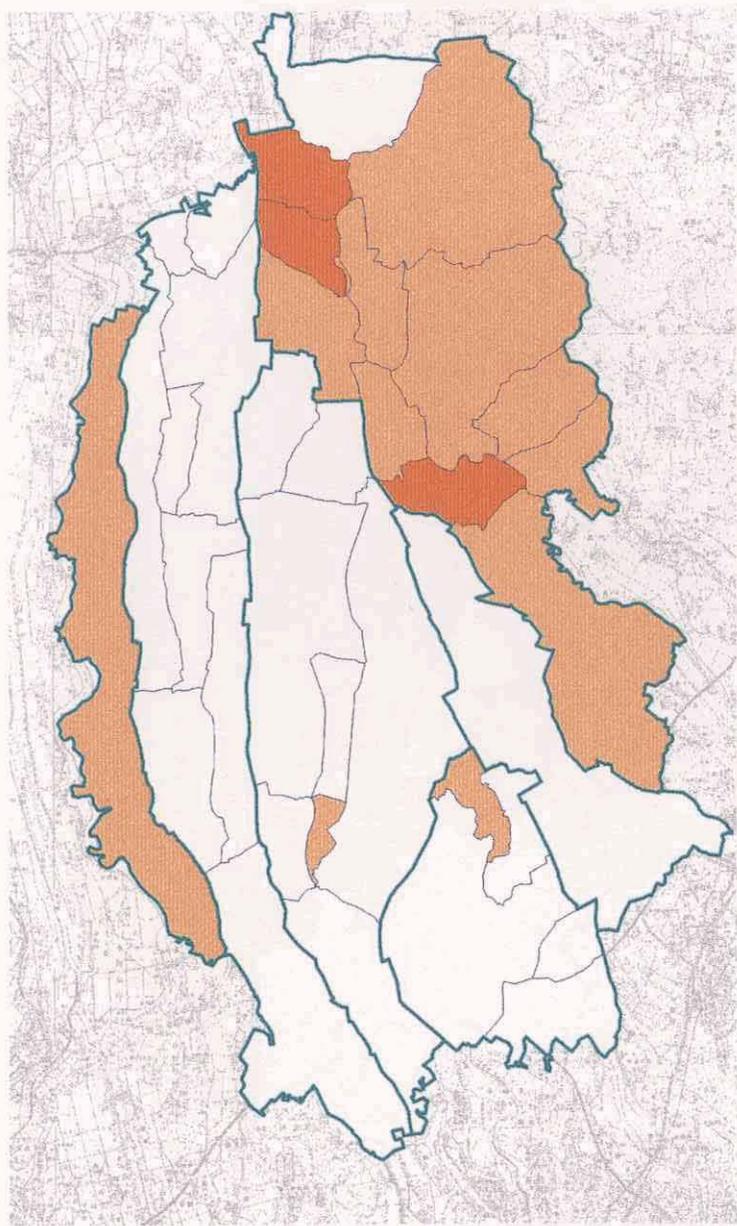


図6 つくば市、土浦市および阿見町における市街地占有率の分布図



	0 - 20 %
	20 - 40 %
	40 - 60 %
	60 - 80 %
	80 - 100 %

図7 つくば市、土浦市および阿見町における水田占有率の分布図

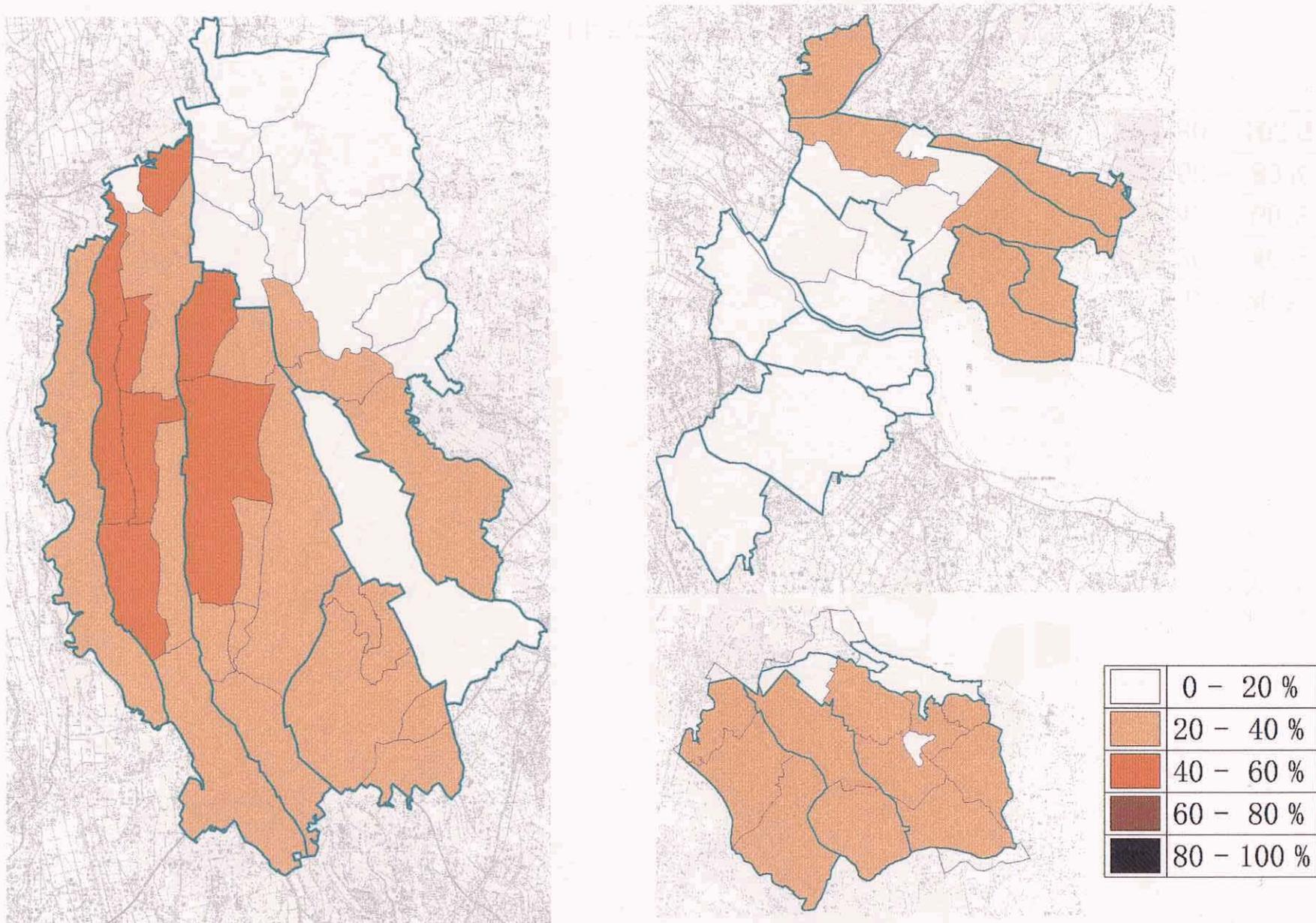
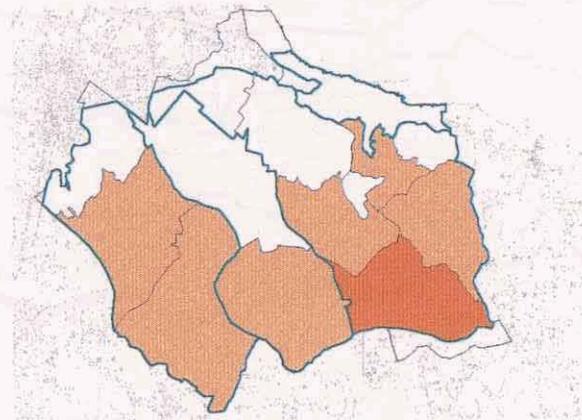
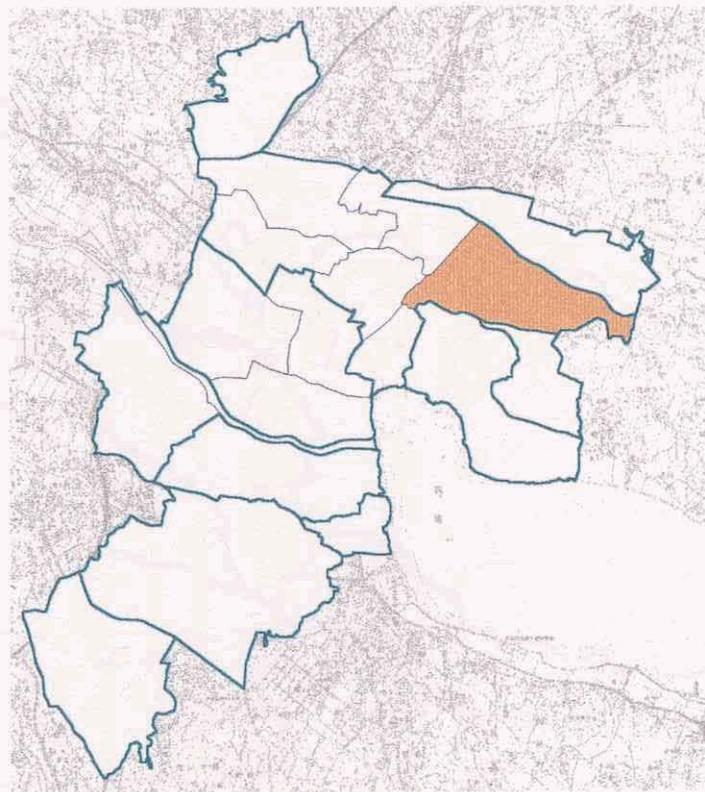
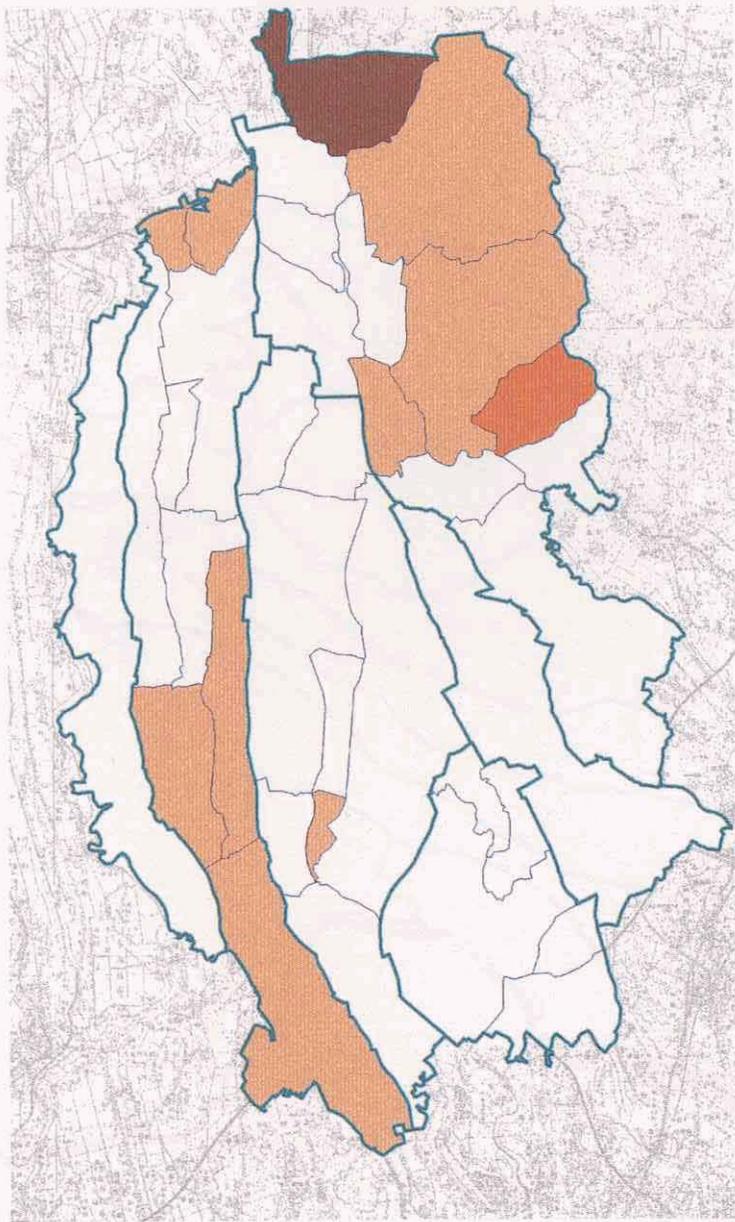


図8 つくば市、土浦市および阿見町における畑占有率の分布図



0 - 20 %
20 - 40 %
40 - 60 %
60 - 80 %
80 - 100 %

図9 つくば市、土浦市および阿見町における森林占有率の分布図

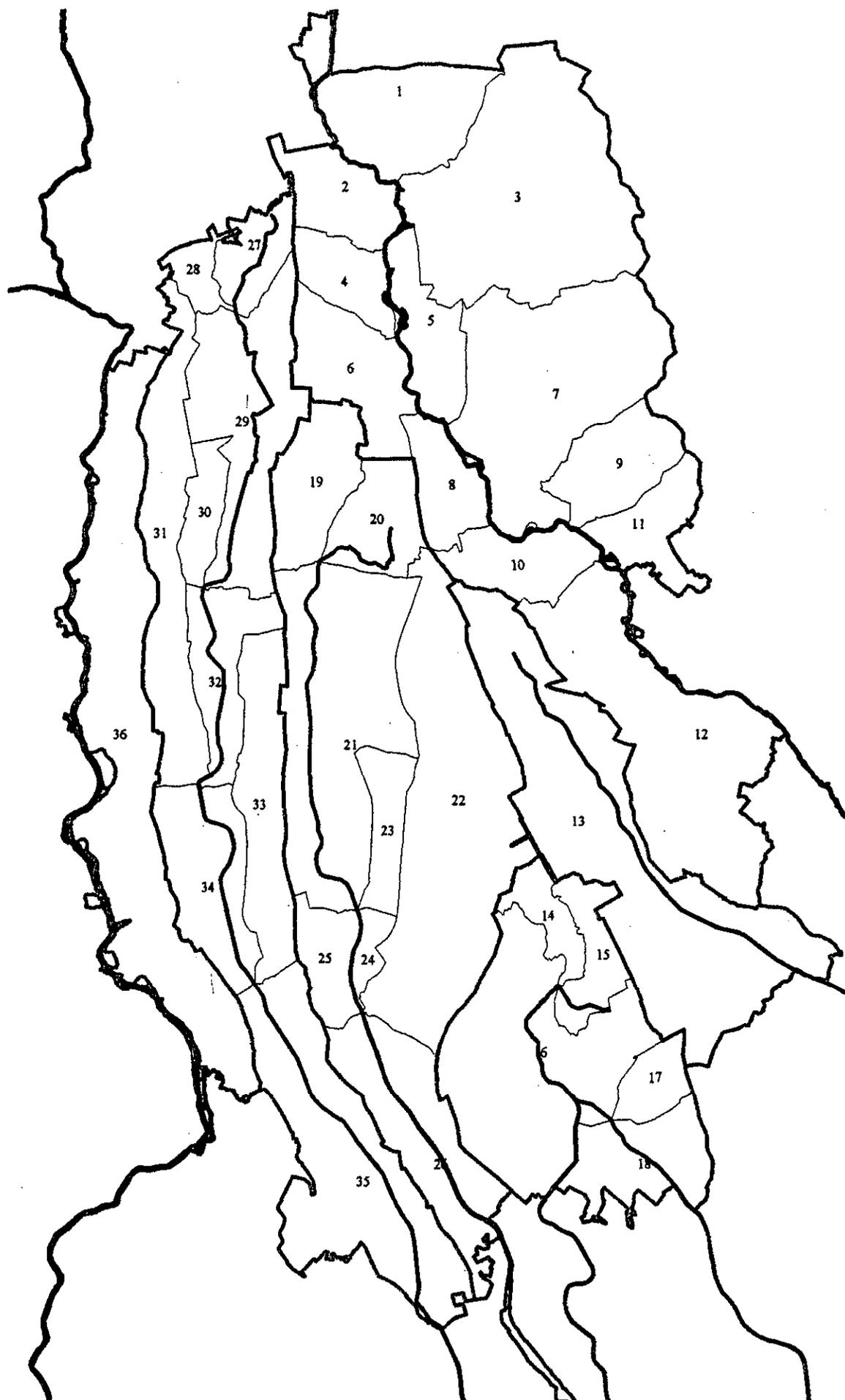


図10 つくば市における河川図および流域区分図

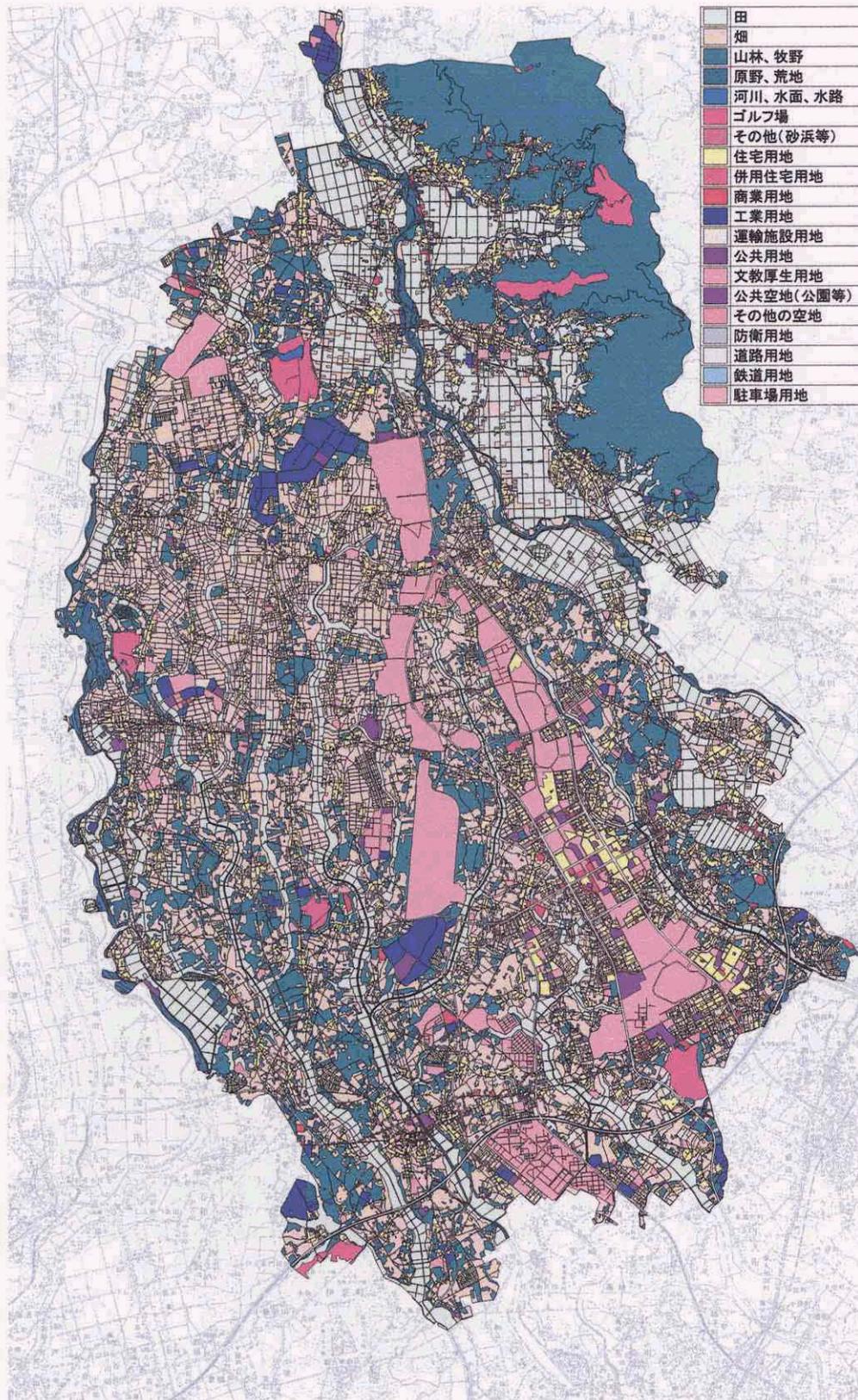


図11 つくば市における土地利用現況図(平成2年)

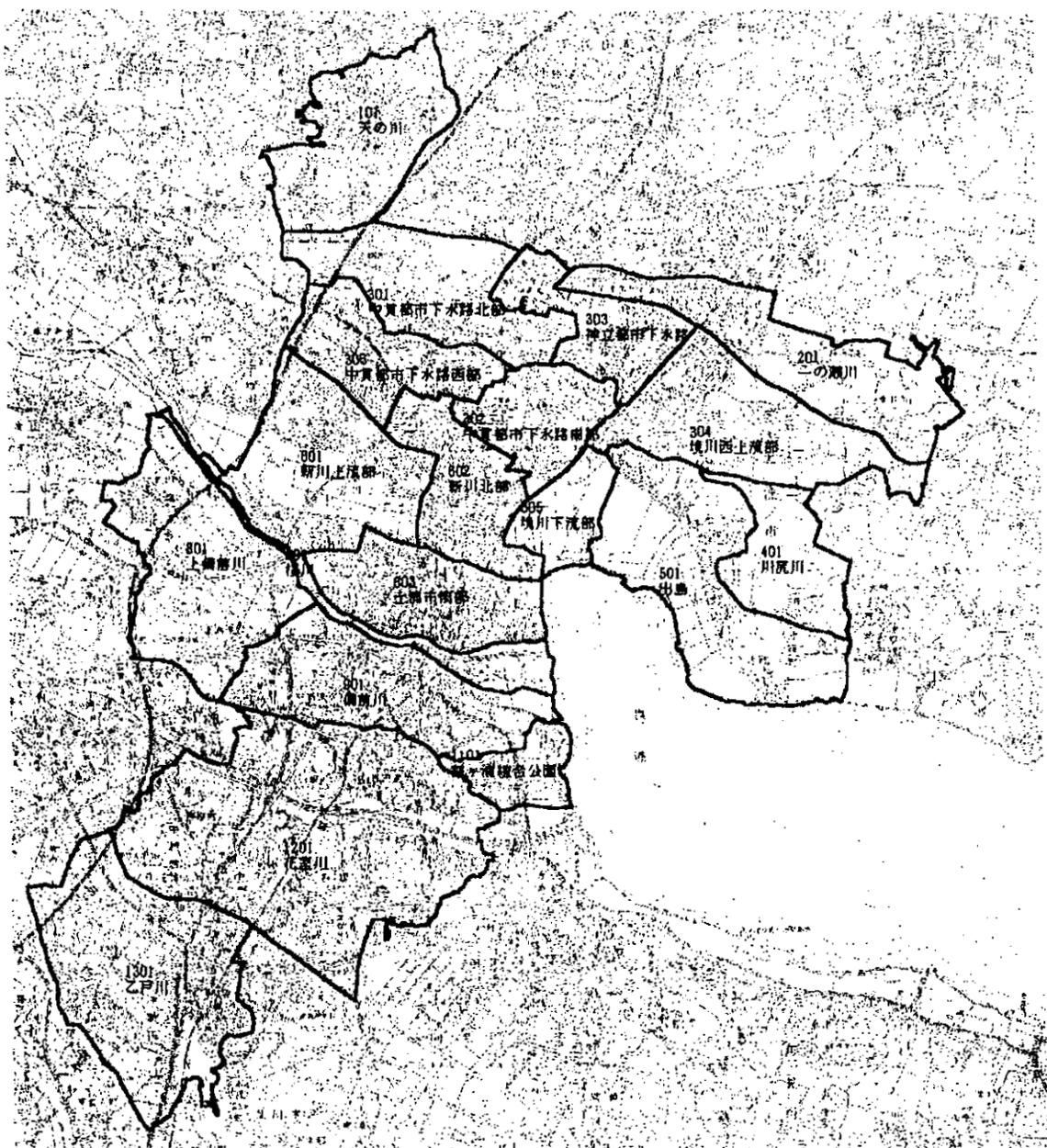


図12 土浦市における流域区分図

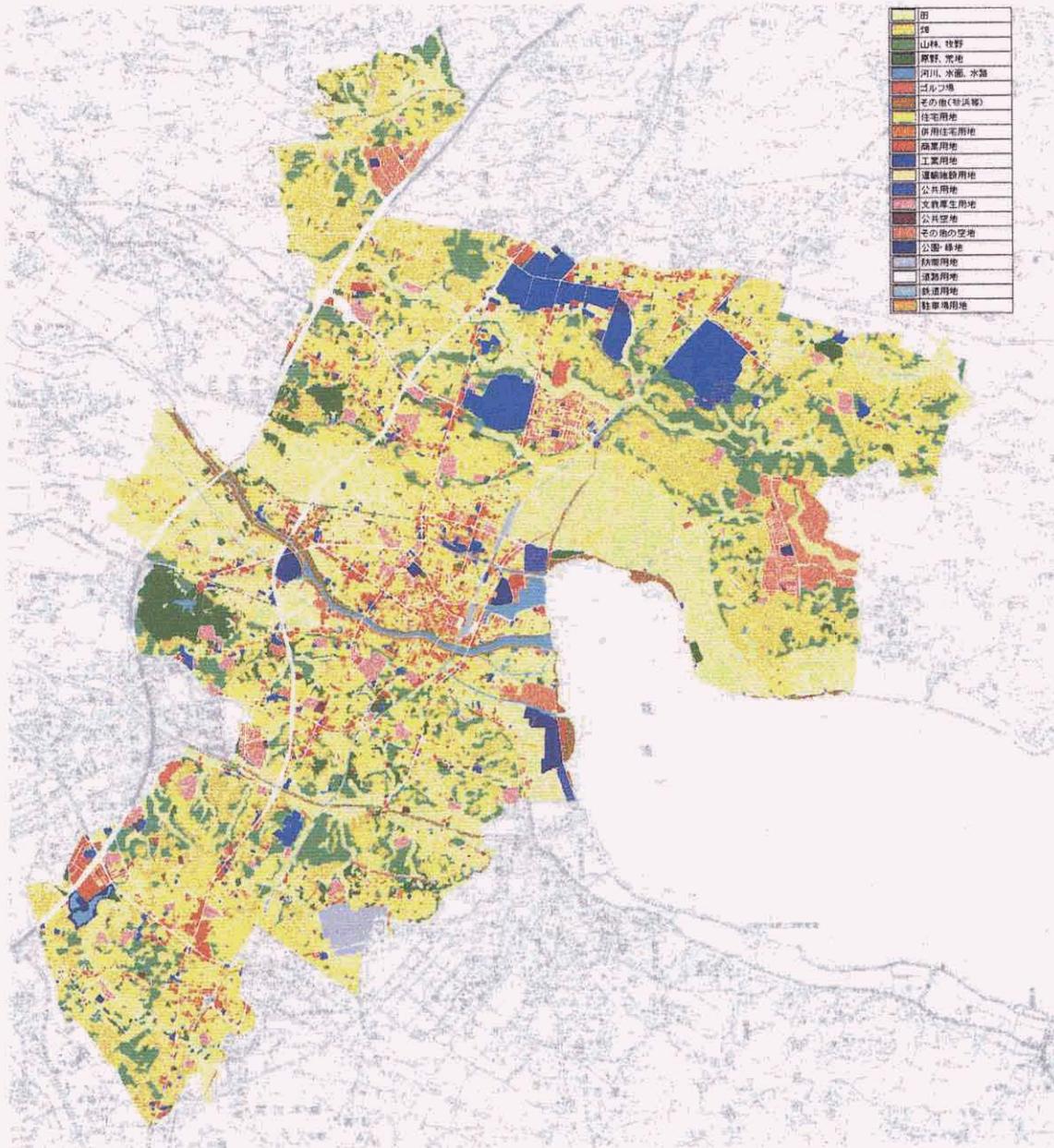


図13 土浦市における土地利用現況図（平成7年）

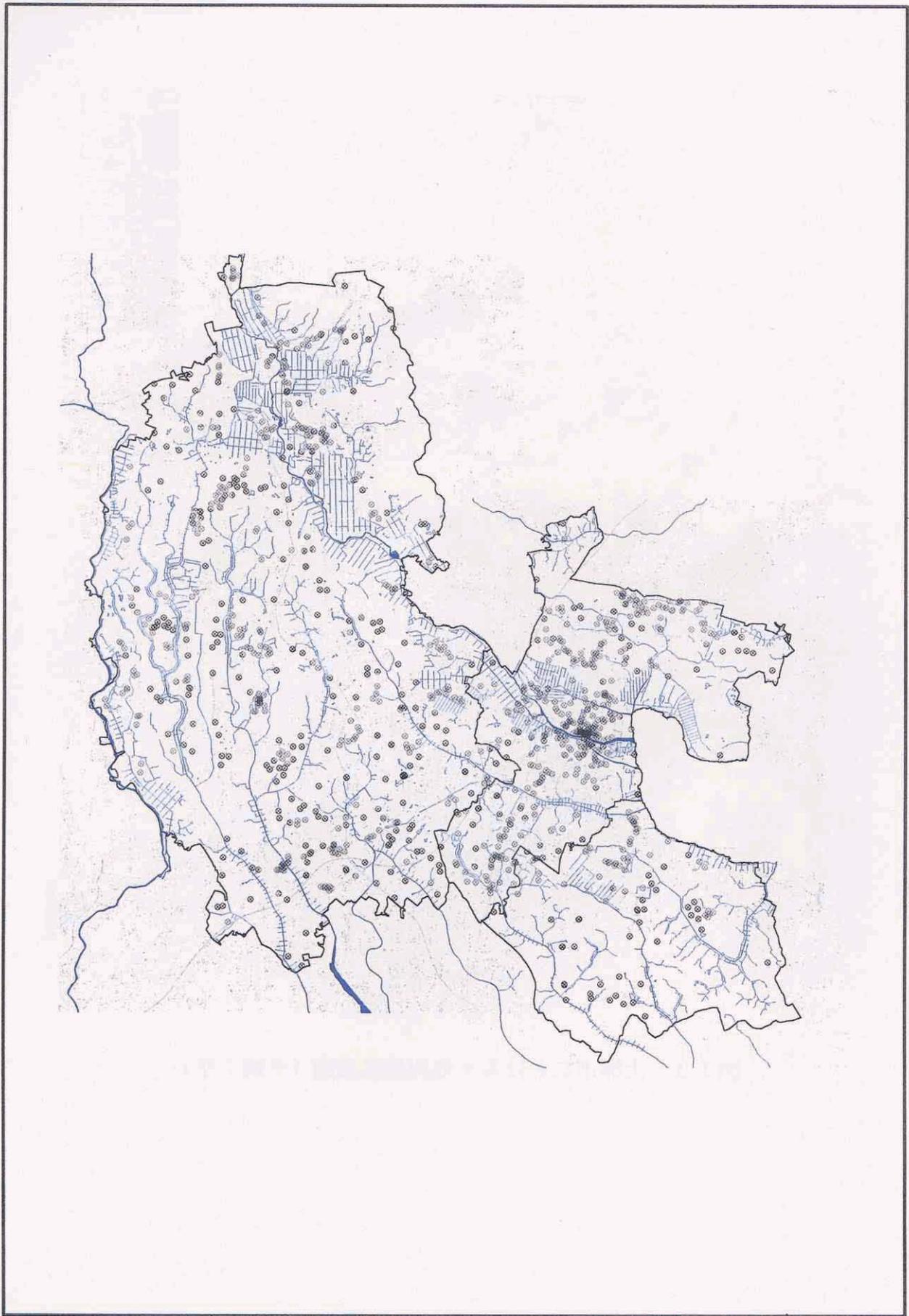


図14 つくば市、土浦市および阿見町における特定事業所の分布図

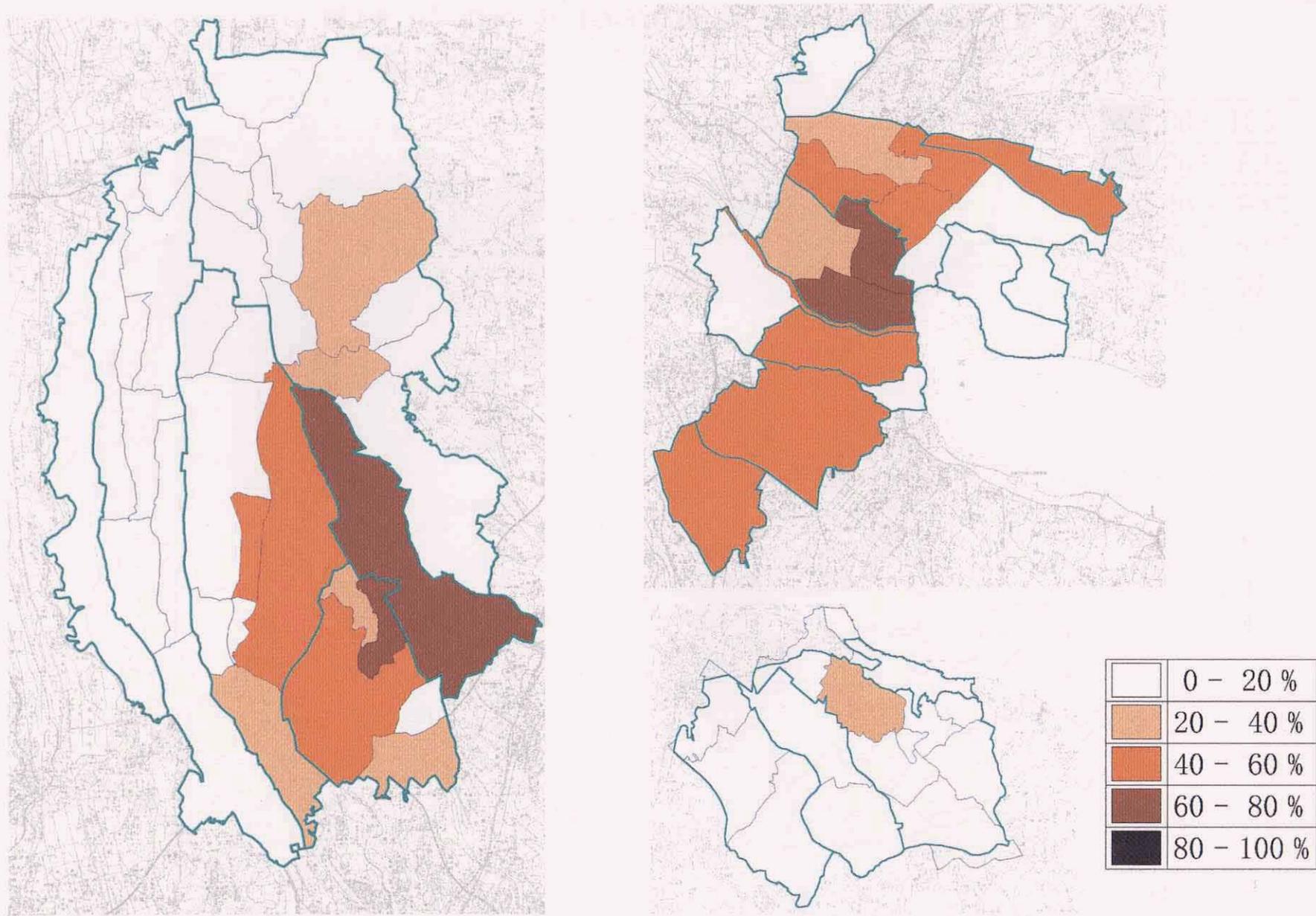


図15 つくば市、土浦市および阿見町における下水道人口比率

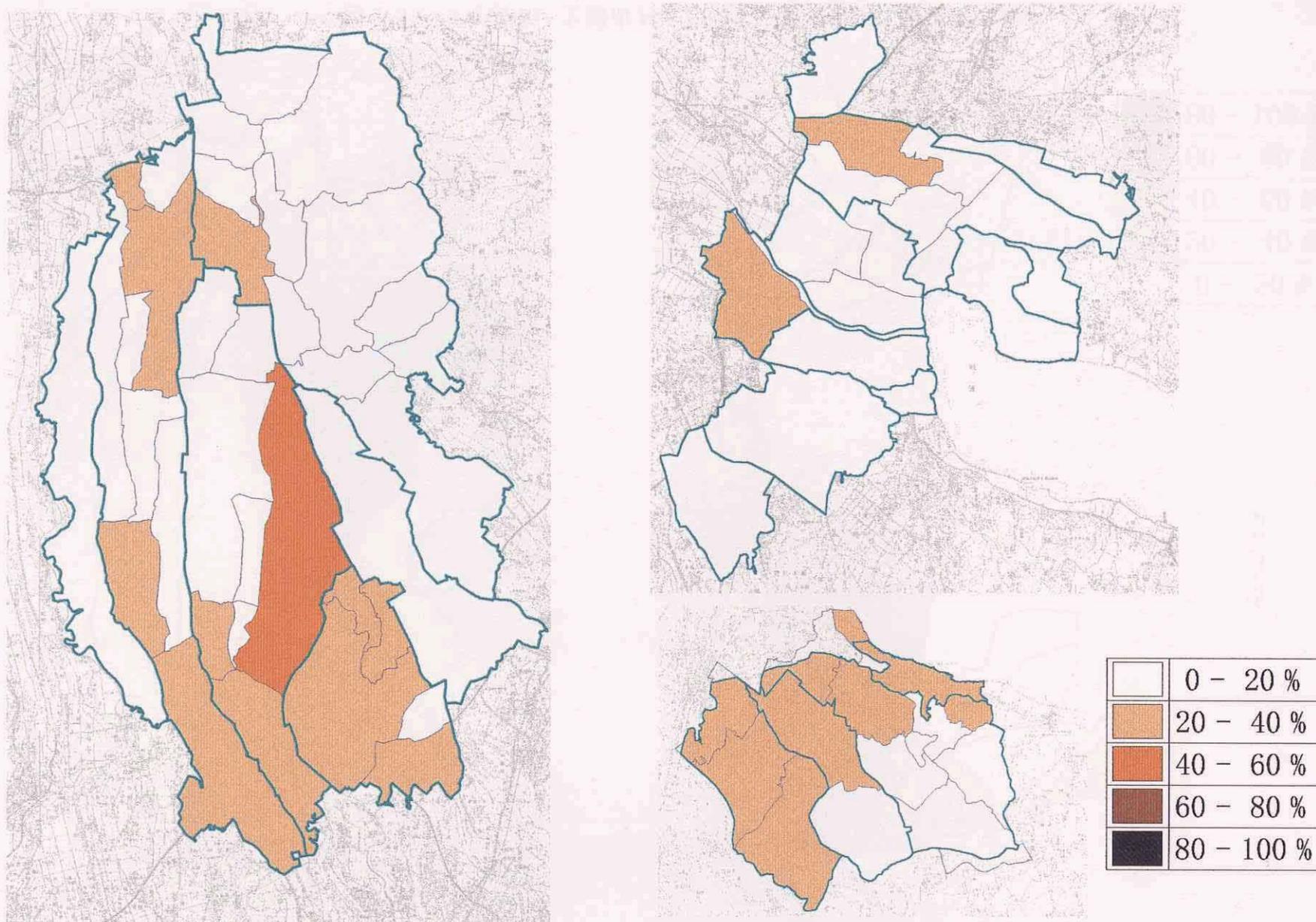
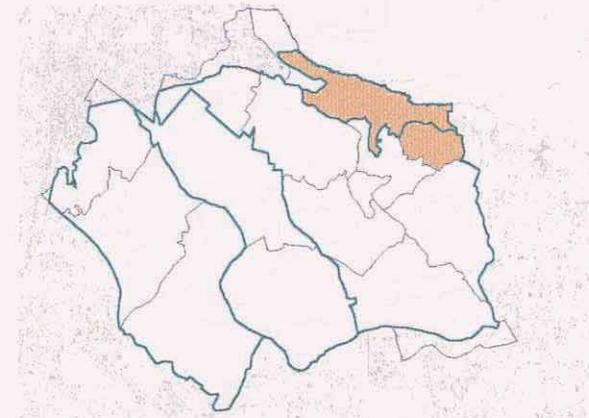
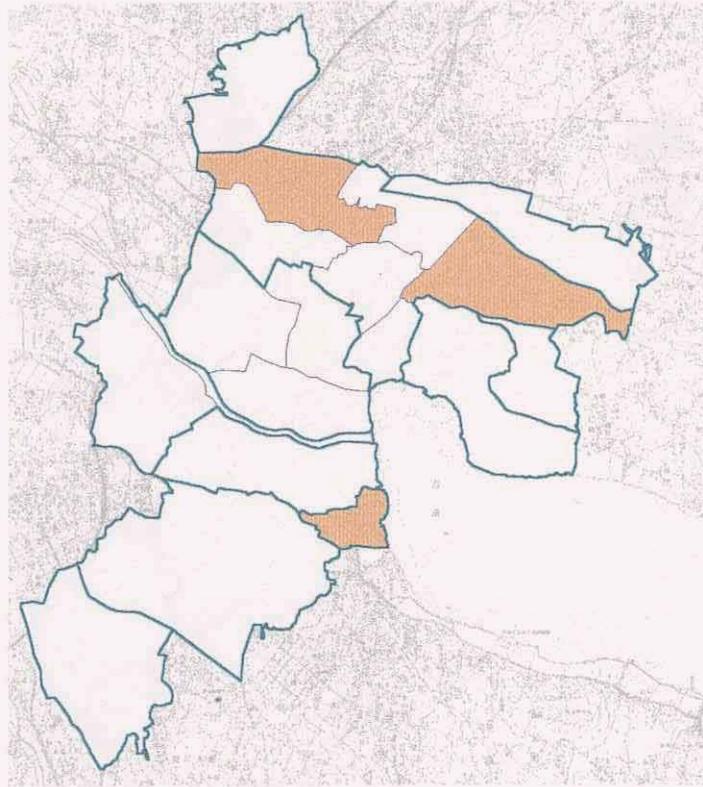
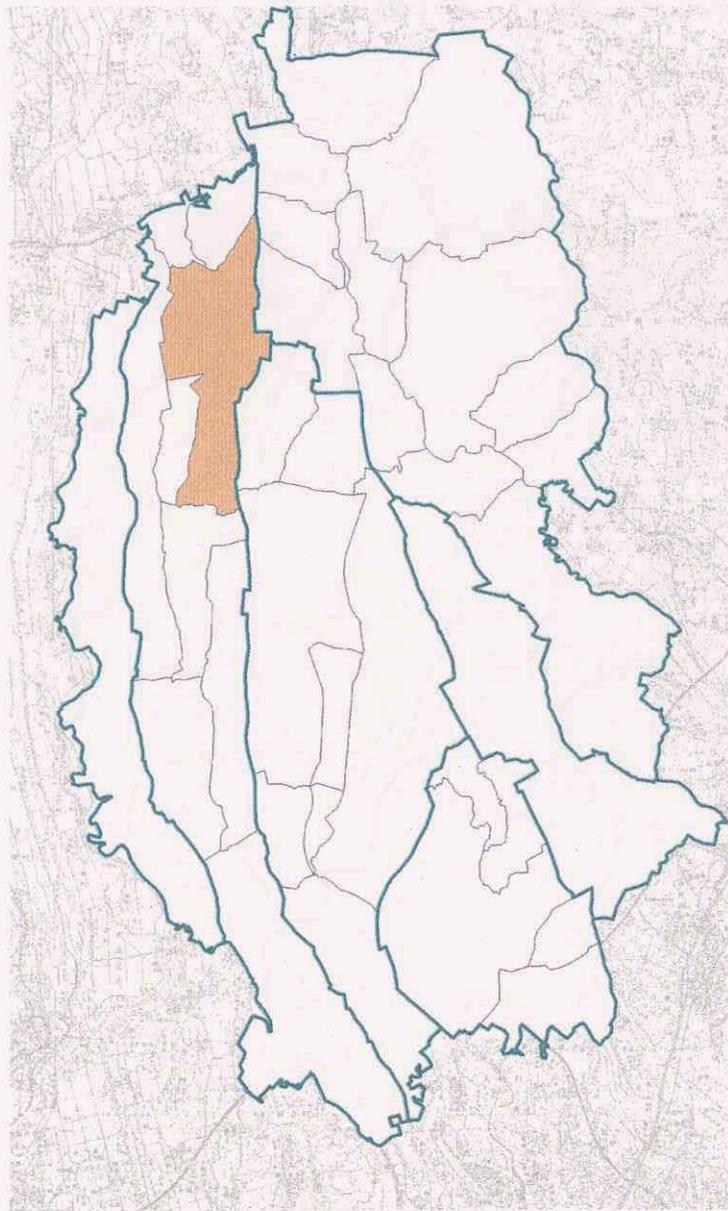


図16 つくば市、土浦市および阿見町における単独浄化槽人口比率



White	0 - 20 %
Light Orange	20 - 40 %
Orange	40 - 60 %
Dark Orange	60 - 80 %
Black	80 - 100 %

図17 つくば市、土浦市および阿見町における合併浄化槽人口比率

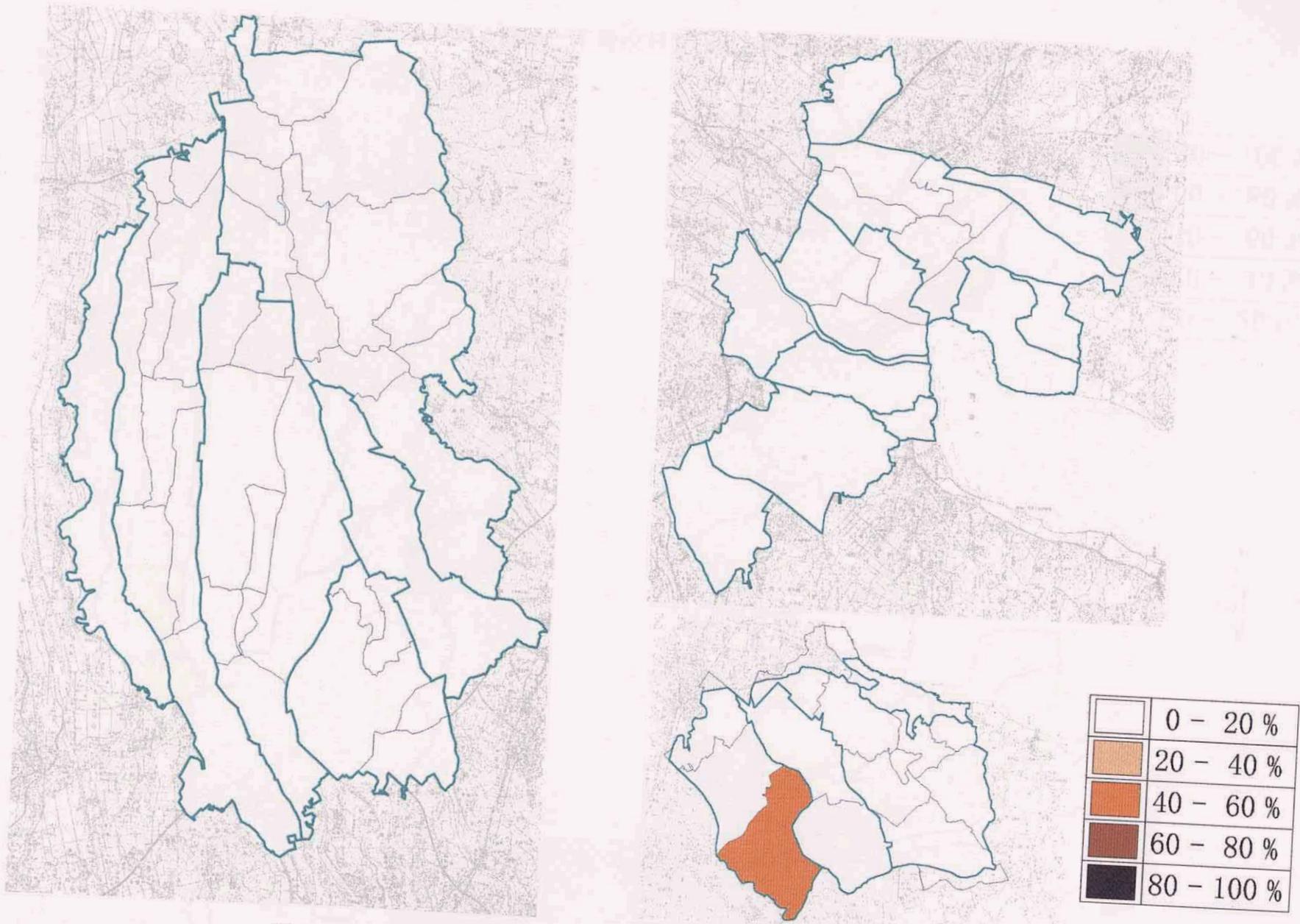


図18 つくば市、土浦市および阿見町における農村集落排水処理人口比率

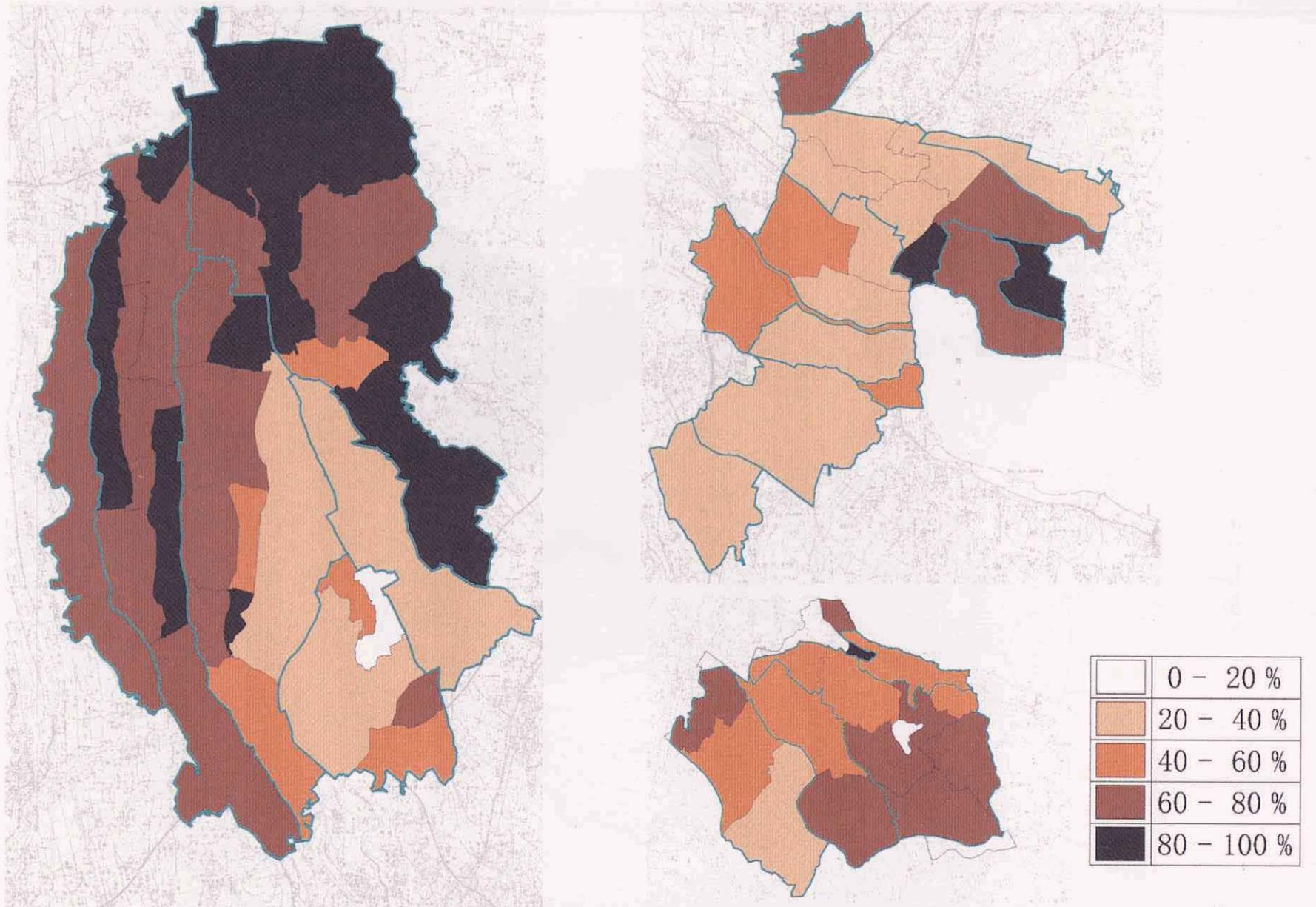


図19 つくば市、土浦市および阿見町における汲み取り処理人口比率

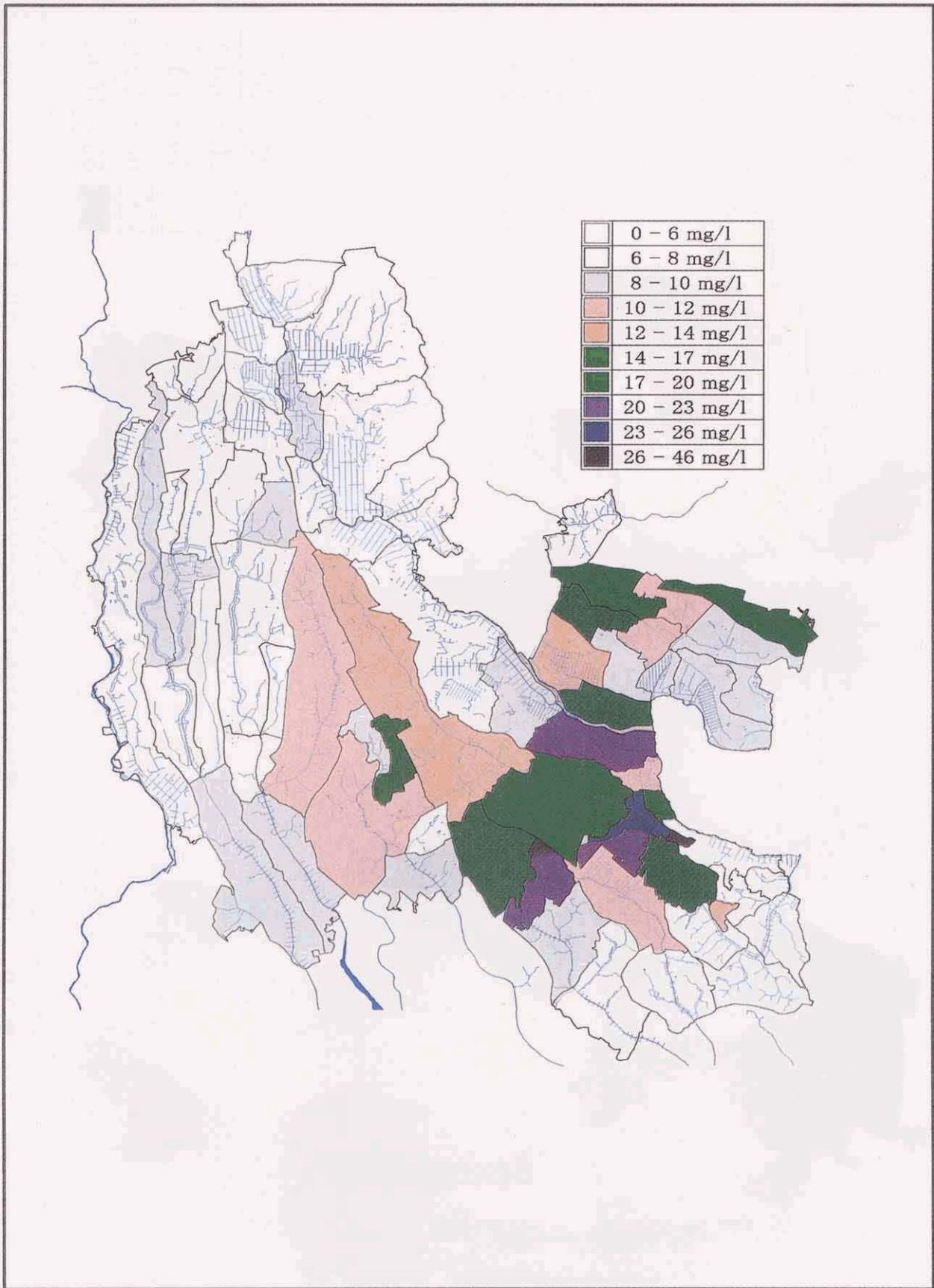


図20 つくば市、土浦市および阿見町における各小流域からのCOD排出予測濃度

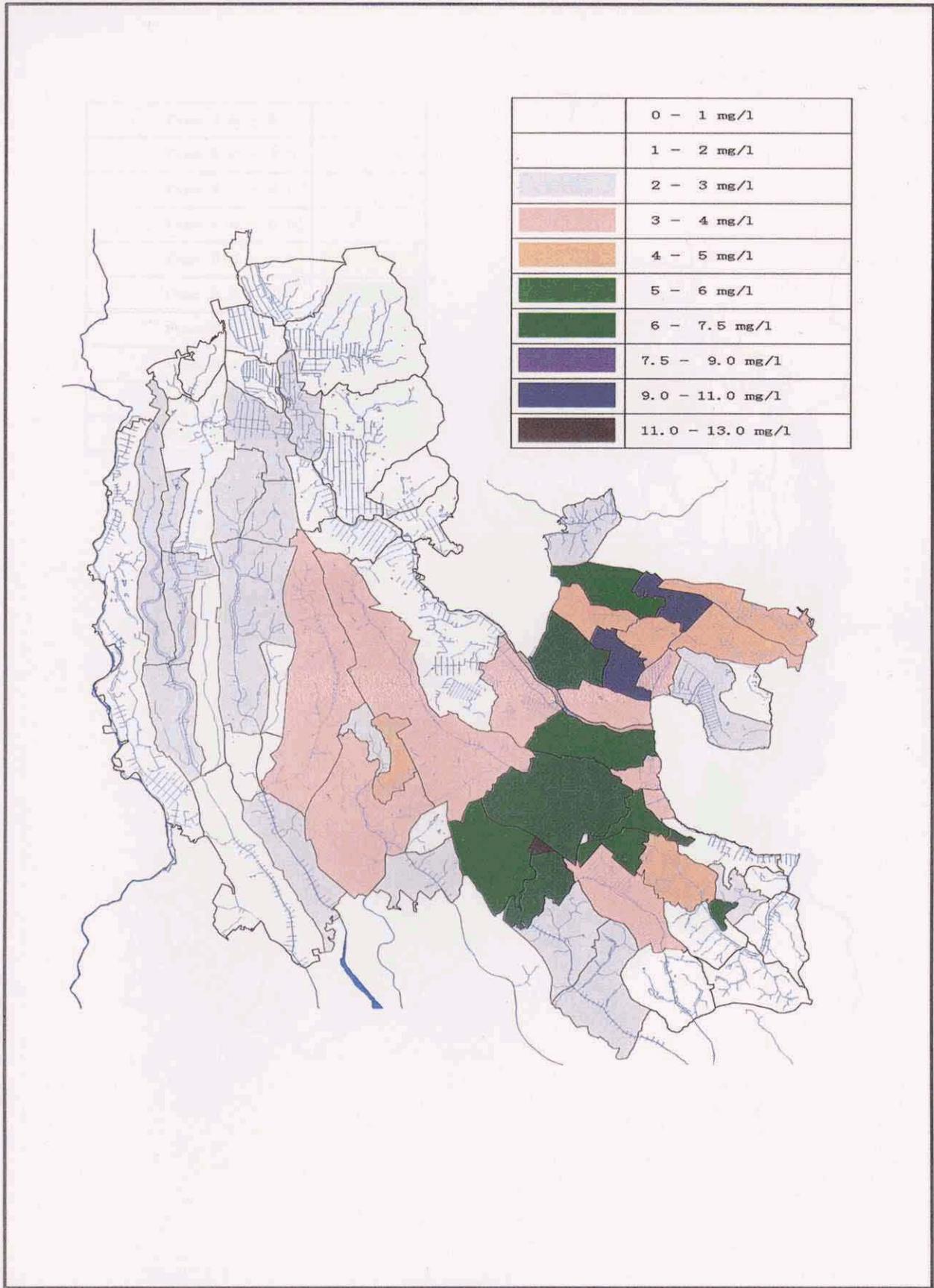


図2 1 つくば市、土浦市および阿見町における各小流域からのT-N排出予測濃度

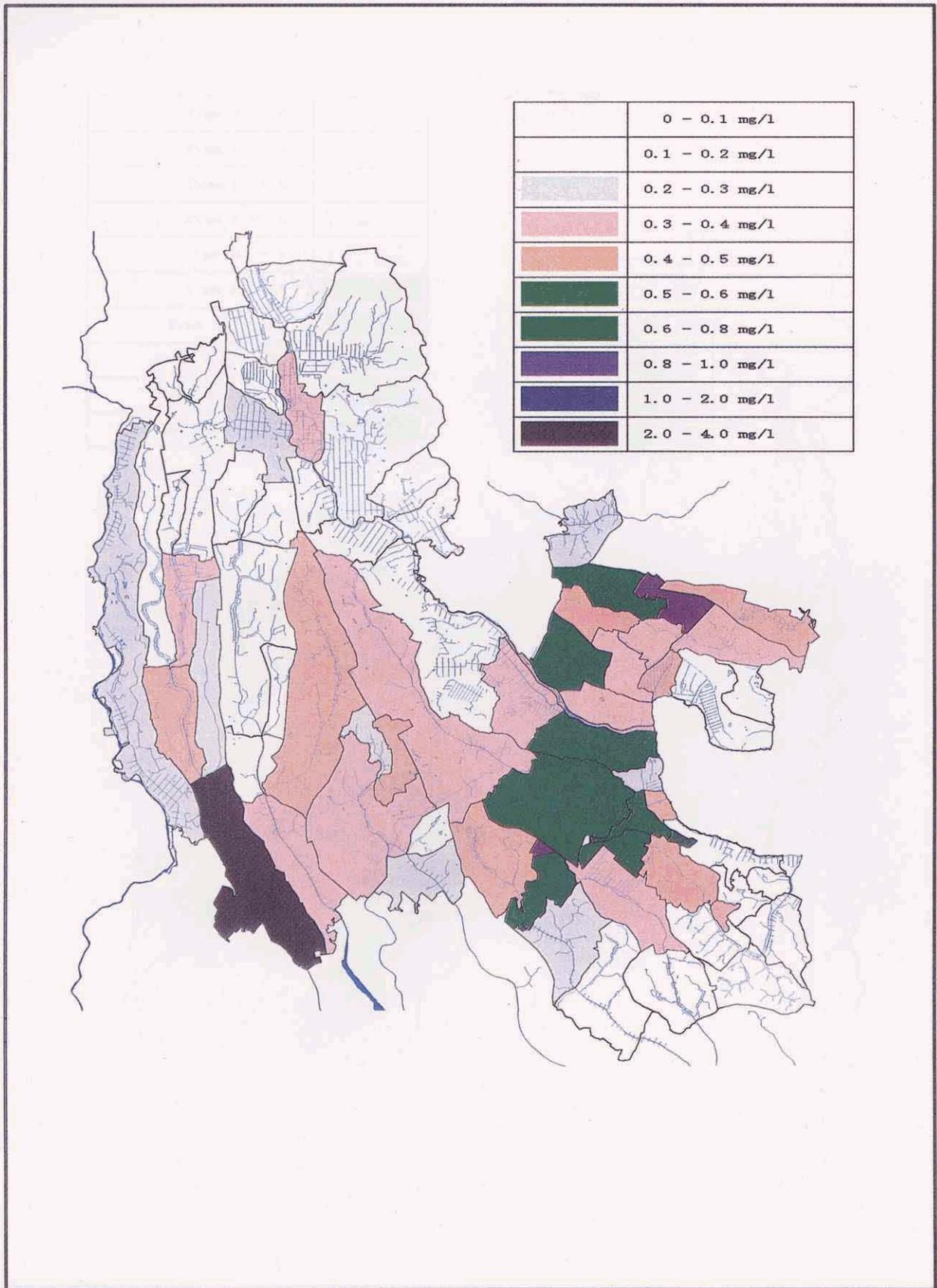


図 2 2 つくば市、土浦市および阿見町における各小流域からの T - P 排出予測濃度

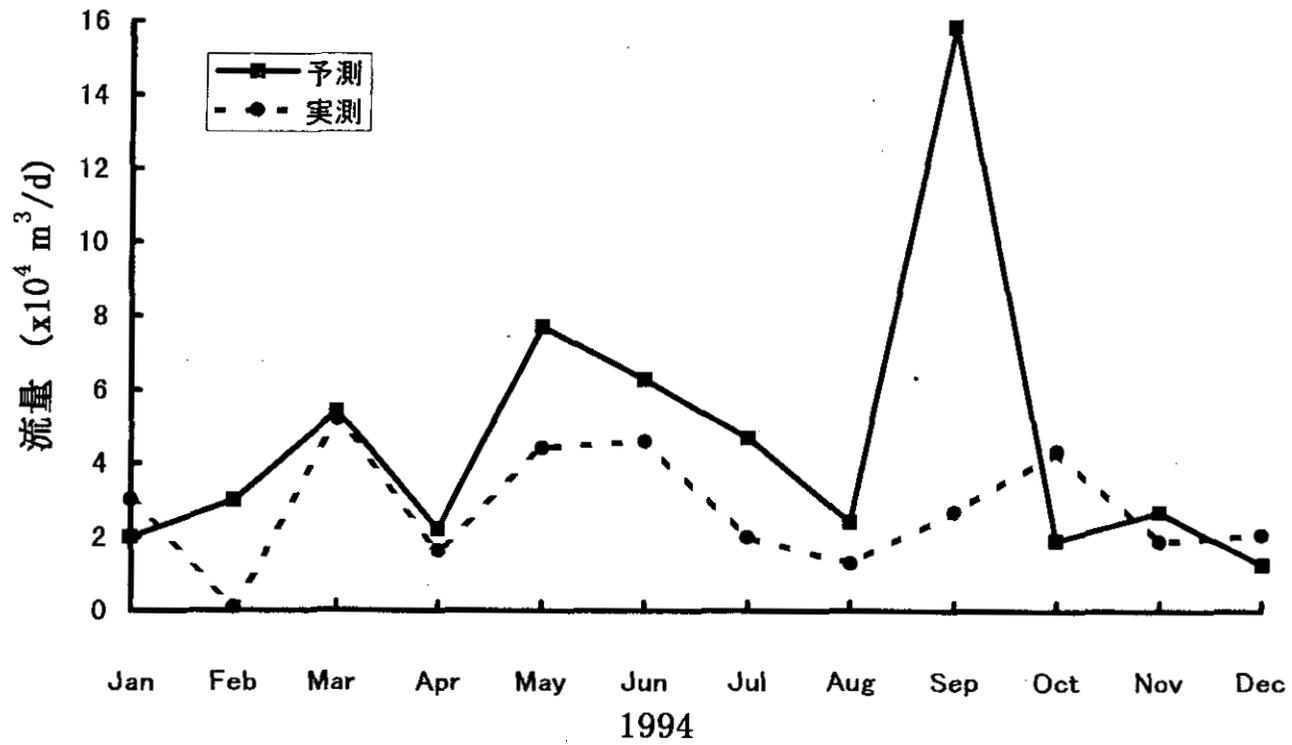


図 2 3 清明川河口部における実測流量（破線）と予測流量（実線）の比較

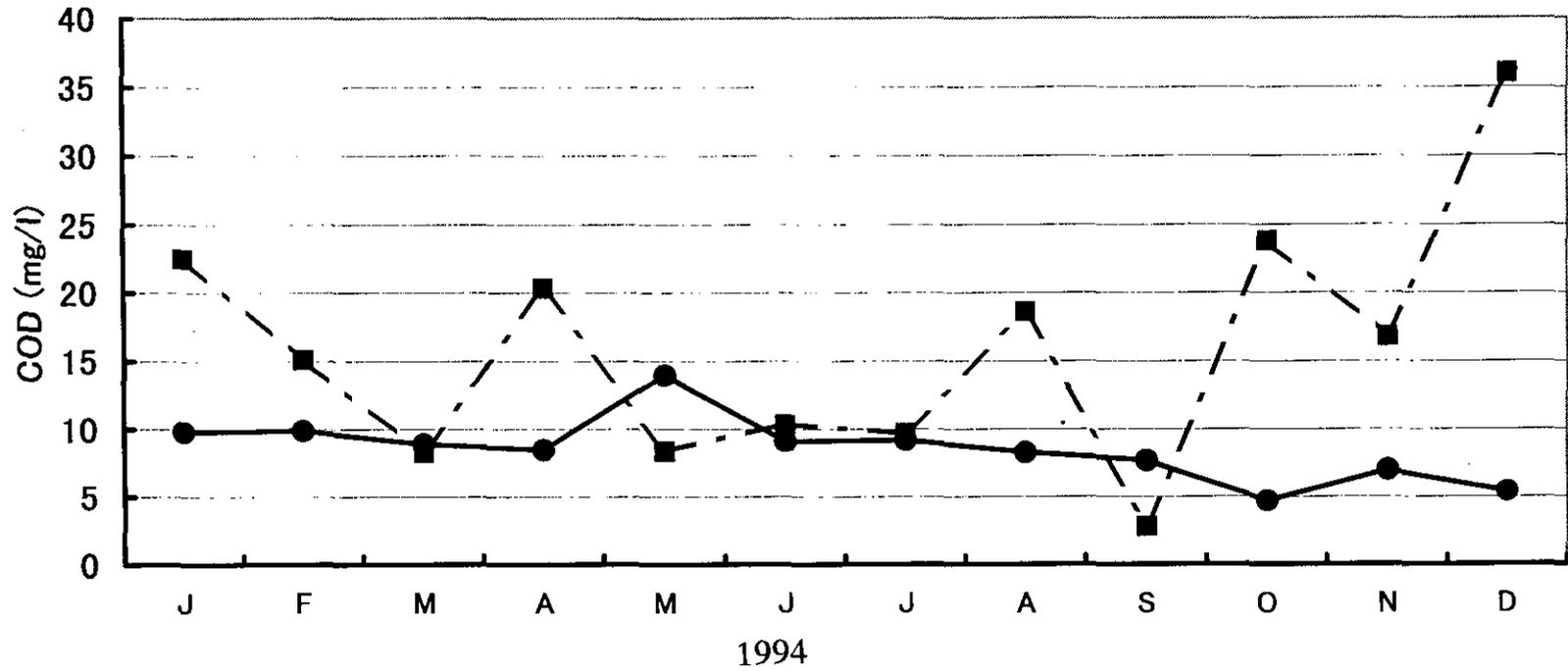


図24 清明川河口部におけるCODの実測濃度（実線）と予測濃度（破線）の比較

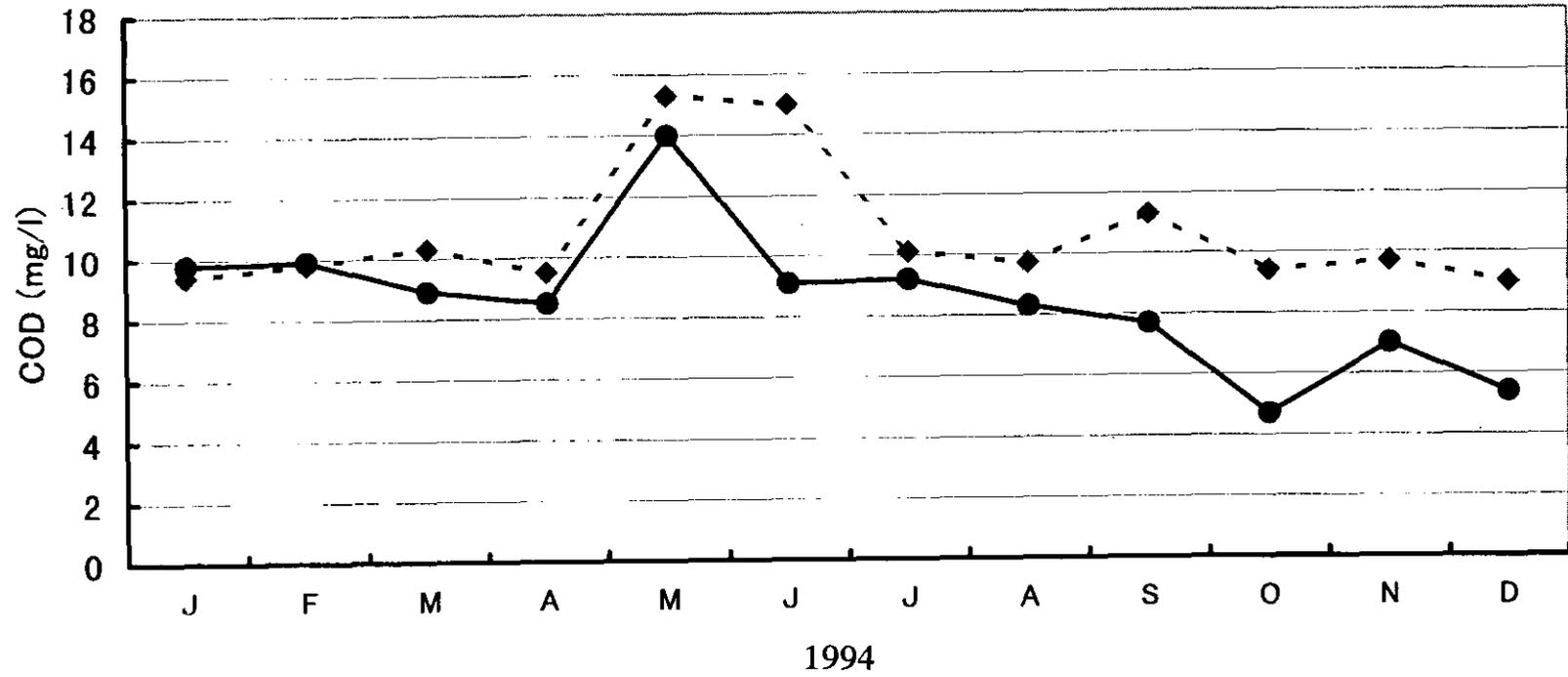


図25 清明川河口部におけるCODの実測濃度（実線）と流出率補正後の予測濃度（破線）の比較

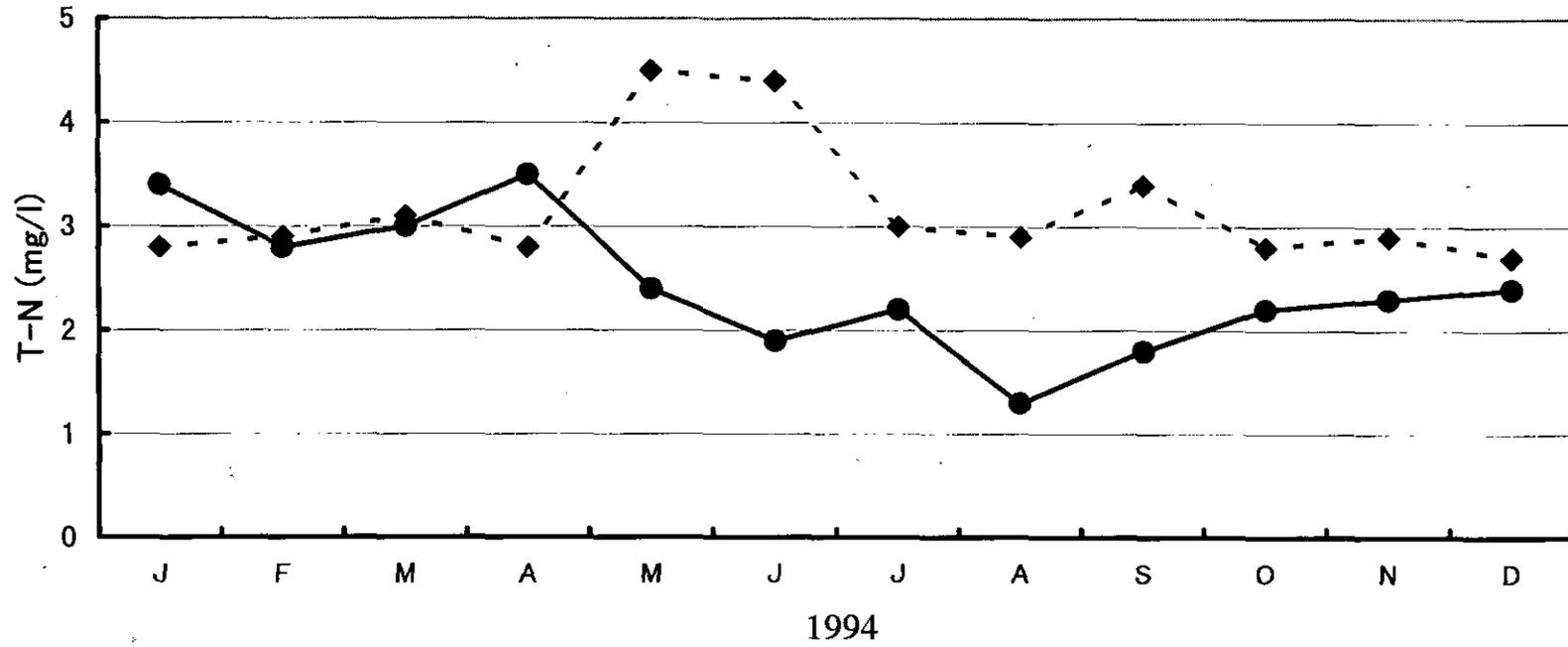


図26 清明川河口部におけるT-Nの実測濃度(実線)と流出率補正後の予測濃度(破線)の比較

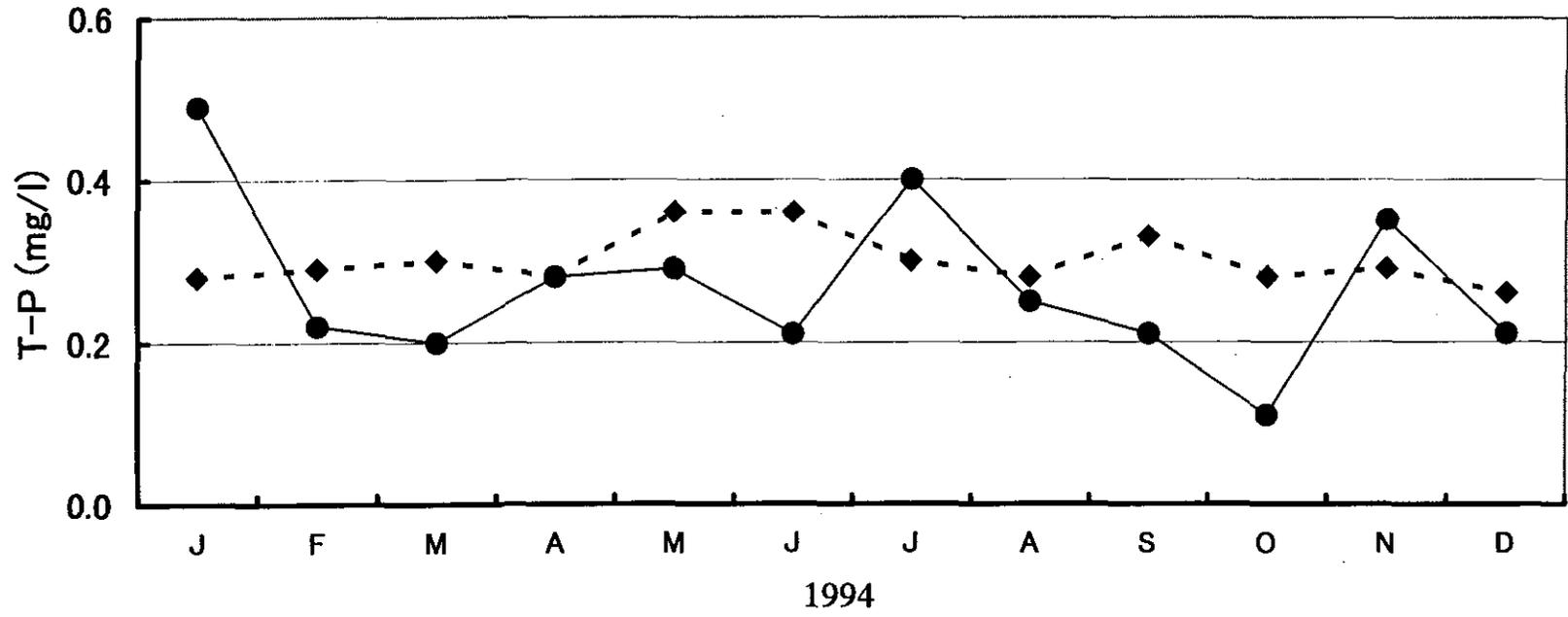


図27 清明川河口部におけるT-Pの実測濃度(実線)と流出率補正後の予測濃度(破線)の比較

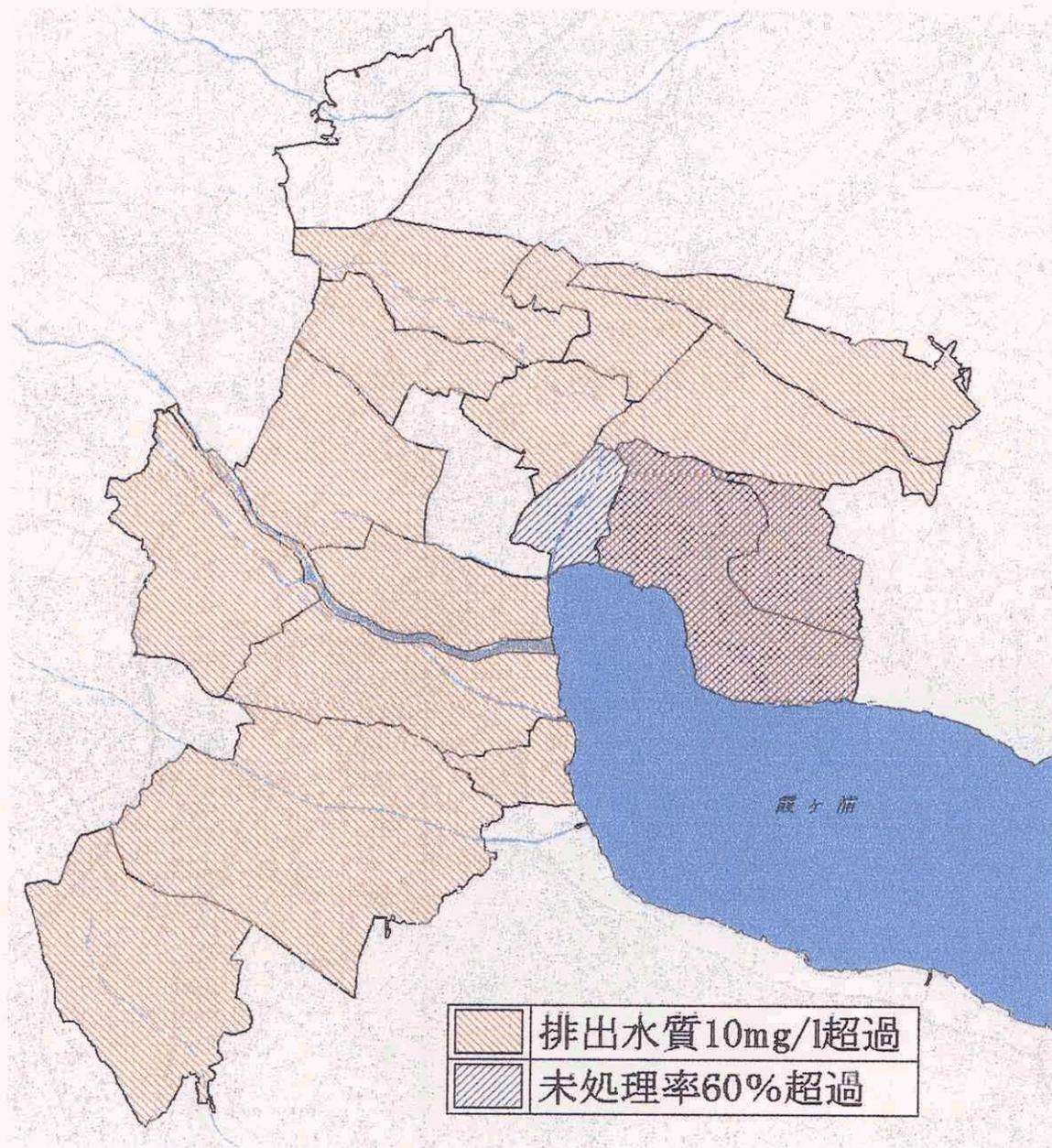


図28 土浦市における生活系排水対策重点地域の抽出

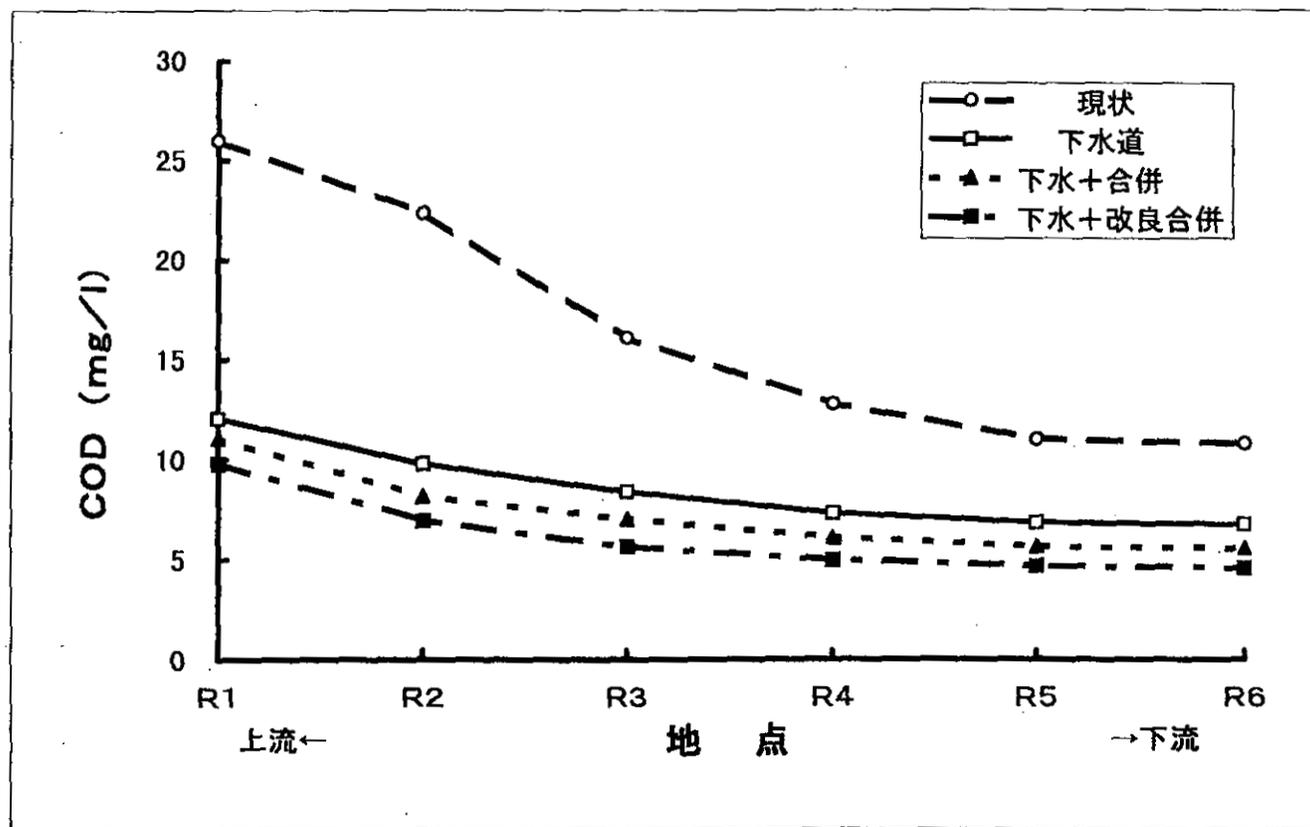


図 2 9 生活系排水の処理形態を変化させたときの清明川での予測 COD 濃度変化

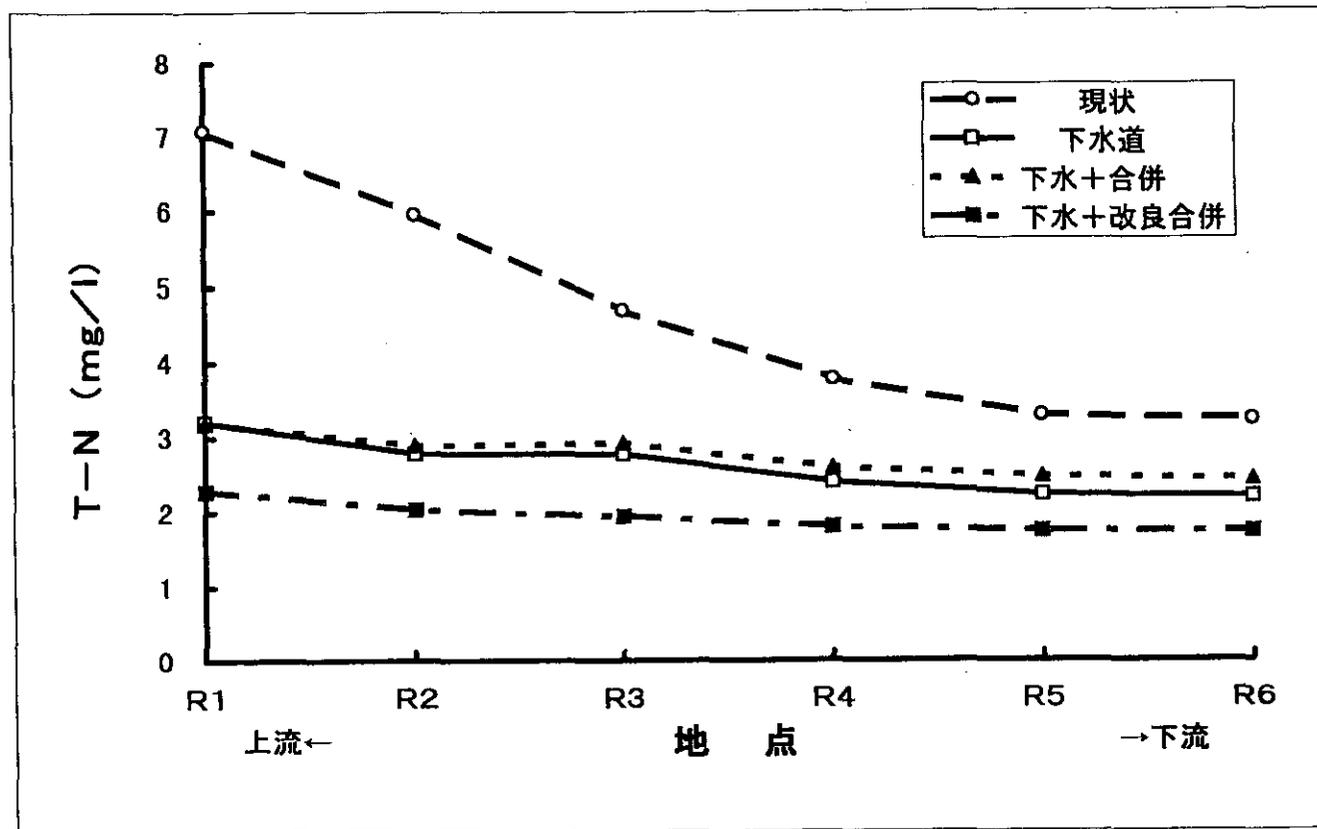


図30 生活系排水の処理形態を変化させたときの清明川での予測T-N濃度変化

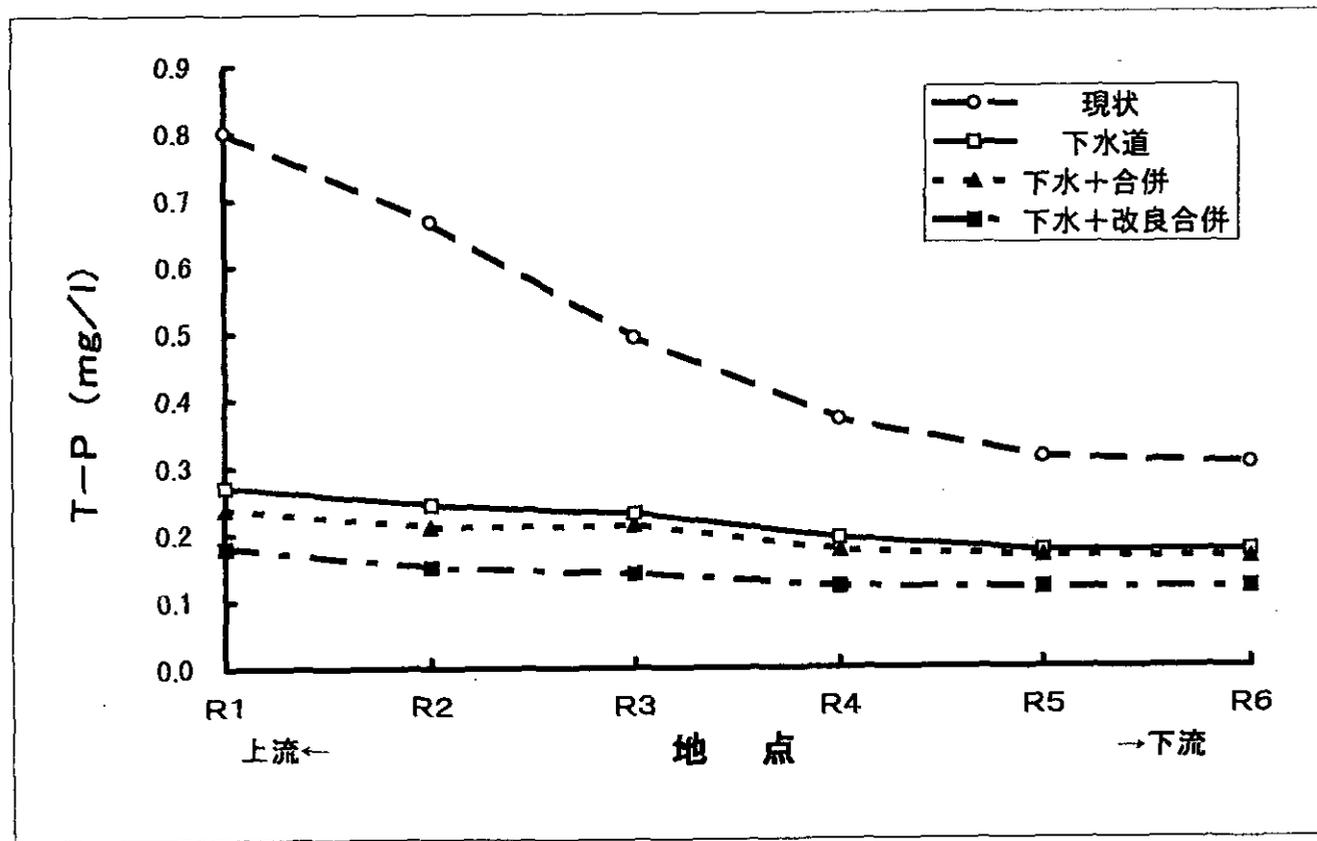


図31 生活系排水の処理形態を変化させたときの清明川での予測T-P濃度変化

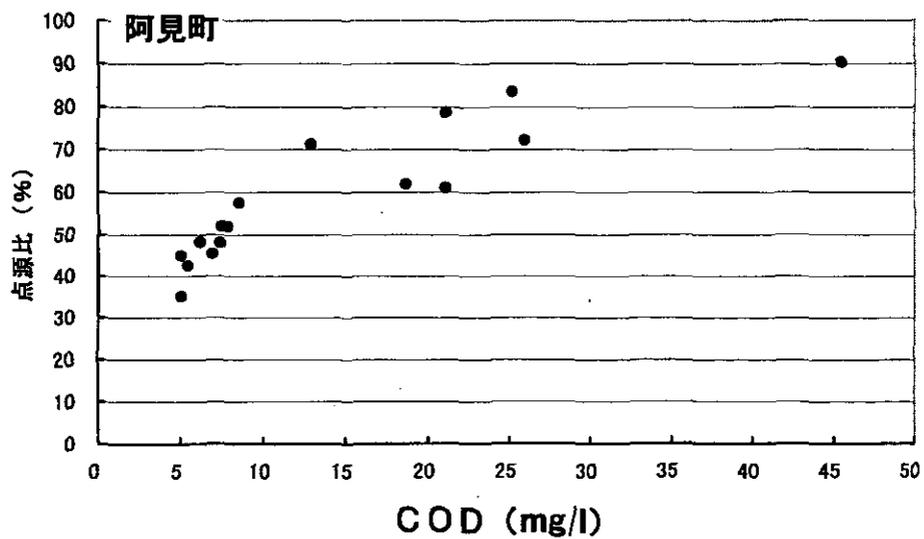
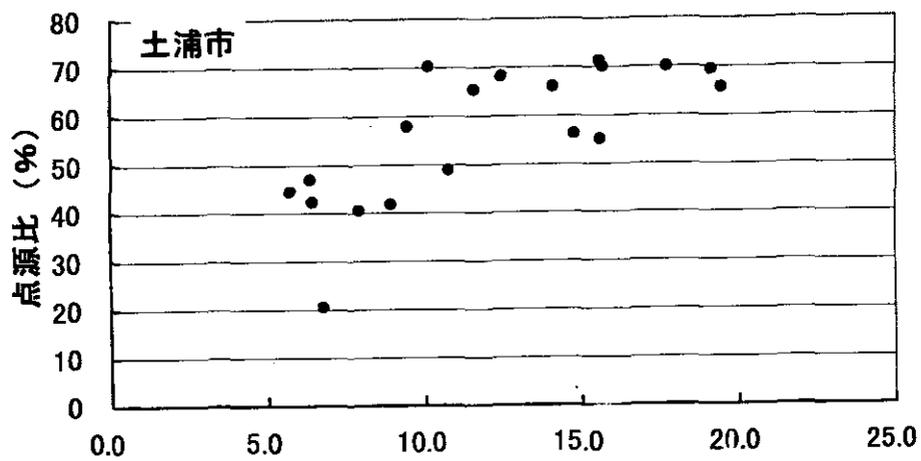
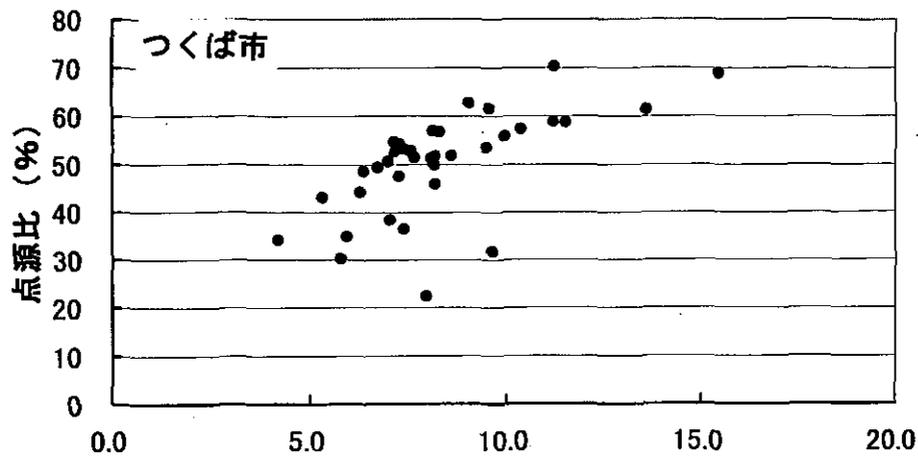


図32 つくば市、土浦市および阿見町における各小流域からの  
COD排出予測濃度と点源比の関係

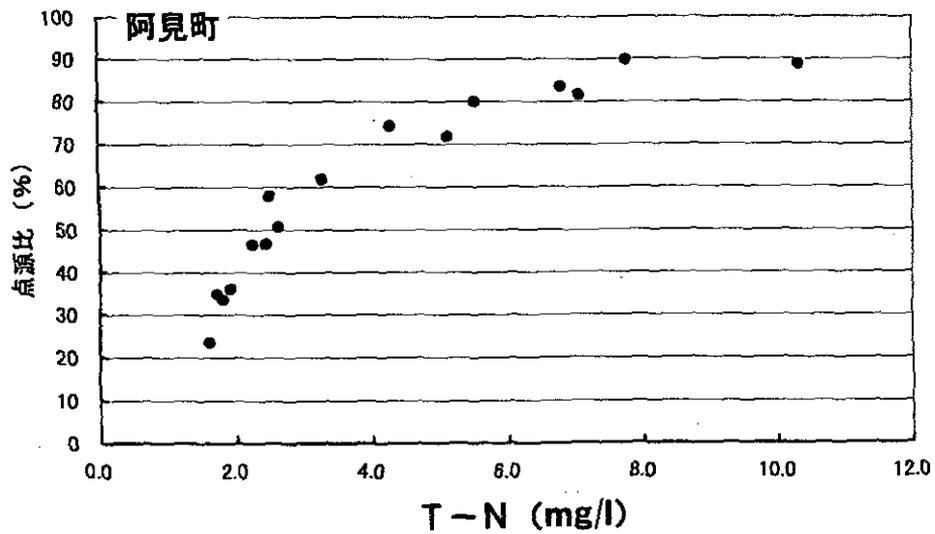
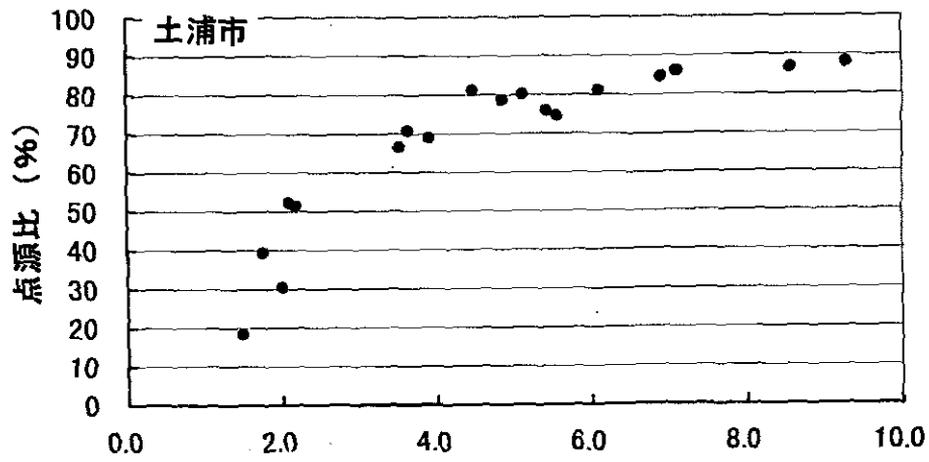
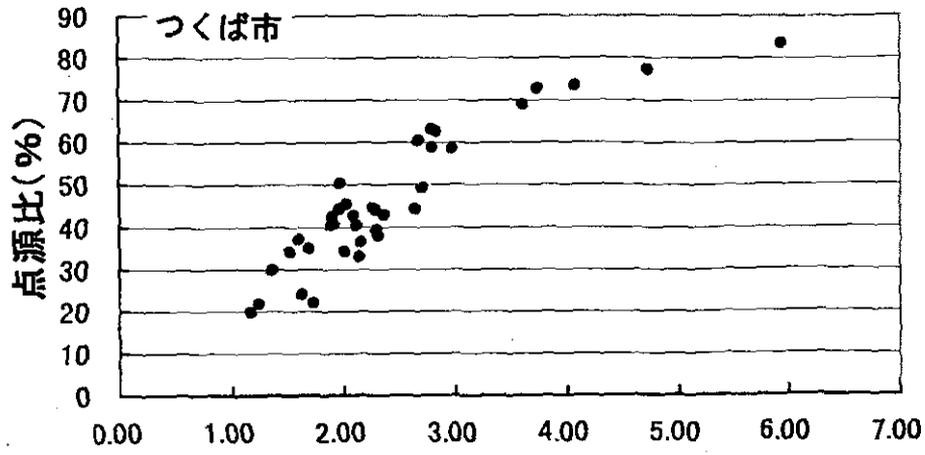


図 3 3 つくば市、土浦市および阿見町における各小流域からの  
T-N排出予測濃度と点源比の関係

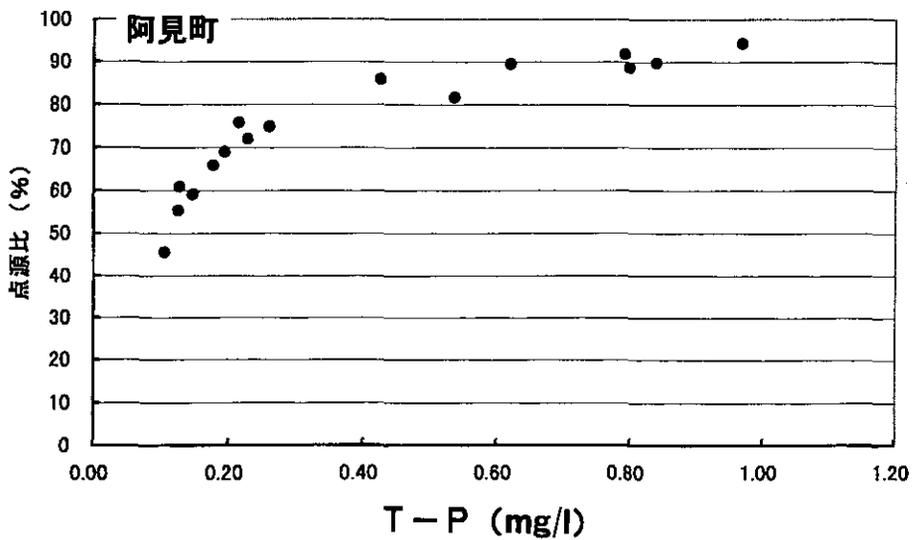
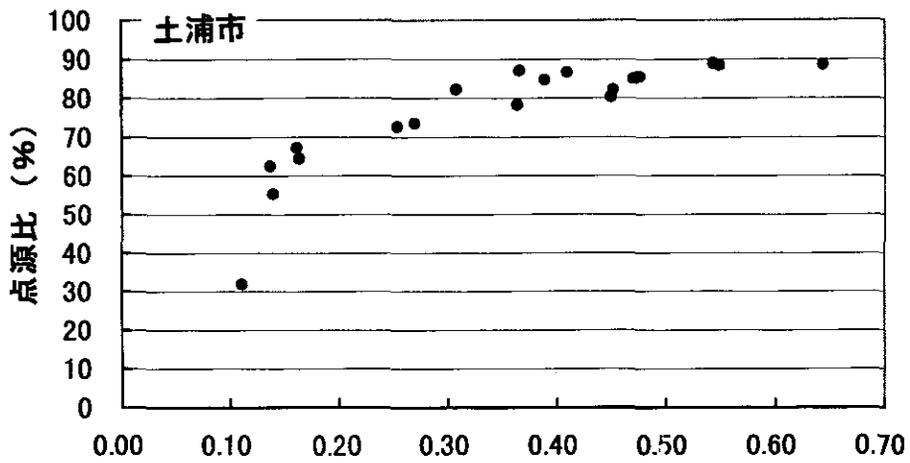
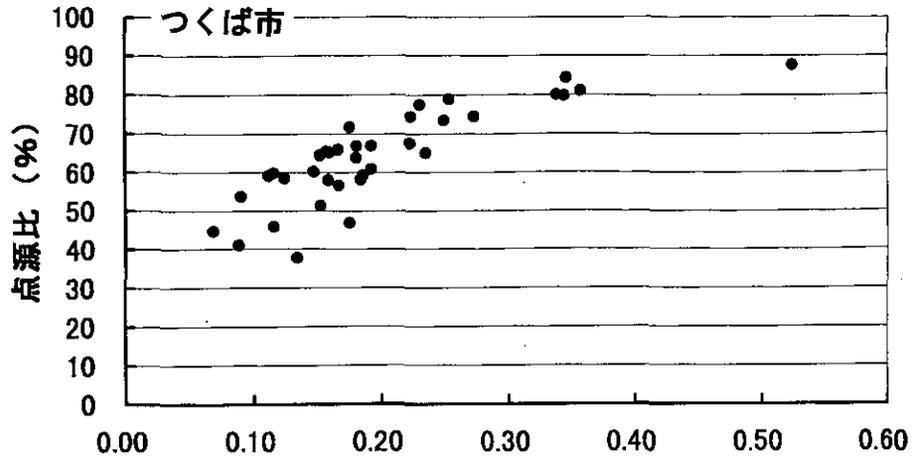


図34 つくば市、土浦市および阿見町における各小流域からの  
T-P排出予測濃度と点源比の関係

RESEARCH REPORT FROM  
THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES, JAPAN

No.150

国立環境研究所研究報告 第150号  
(R-150-2000)

---

【平成11年11月26日編集委員会受付】

【平成11年12月20日編集委員会受理】

平成12年2月28日発行

発行 環境庁 国立環境研究所

〒305-0053 茨城県つくば市小野川16番2

電話 0298-50-2343 (ダイヤルイン)

---

印刷 株式会社 エリート印刷

〒300-1211 茨城県牛久市柏田町3259

Published by the National Institute for Environmental Studies  
16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-0053 Japan  
FEB 2000