

河川流域の水環境解析のための GIS モデルに関する研究

- 芦田川流域を中心に -

A study on the GIS model for the water environment analysis of river basin

- A case of Ashida river basin -

小寺 浩二¹⁾ 中山 祐介²⁾ 清水 裕太³⁾ 小野寺 真一⁴⁾

Koji Kodera, Yusuke Nakayama, Yuta Shimizu, Shin-ichi Onodera

¹⁾法政大学文学部地理学教室 ²⁾法政大学文学部地理学科・学生

³⁾法政大学大学院環境マネジメント研究科・院生 ⁴⁾広島大学大学院総合科学研究科

River basin GIS model whom can be made figure after water environmental information on the entire basin is arranged, and analyzed is necessary for the water environmental conservation, restoration, and management, etc. of the river basin. In this research, it aimed at a new river basin GIS model construction that made the best use of the Unit Basin Value Method for the pollution load analysis, and foreseen attempt was done for the Ashida river basin. As a result, the effectiveness of this technique was able to be shown though a further problem was clarified.

Keyword : Water environment, conservation, restoration, management, GIS, Unit Basin Value Method

1. はじめに

自然環境と人間活動の共生を考える上では河川流域の水環境を保全することが重要で、そのための研究が多くの分野で進められてきた。その過程で、地理学的手法や地理学的視点の有効性を確認・整理し体系化することの必要性が示され、「河川流域の水環境データベース」に関する研究が提言されて(小寺ほか,2000),本邦主要河川に関する様々な研究事例が提示された。また、「水環境再生」の視点から、「都市域の水辺空間再生」に関しても多くの研究が進められてきた(小寺ほか,2005 など)。その結果、GIS を活用した小流域原単位法の有効性が確認され、関連する研究が展開されてきた(菊池・小寺,2007 など)。

本研究では、それらの成果をふまえ、「流域管理」における地理学的手法・視点の有効性について検討を加え、今後の研究の方向性について提言する。

2. 水系網

2.1 水系網図の表現

水文学に関する研究では、水系網解析や流動系の把握などに河川の水系データを使用することが多い。また、分野に限らず様々な調査、研究を行う上で地域概略図や主題図の作成は必要で、その際に河川を表現する機会も多い。これまでは、紙地図等をペンでトレースして作成していたが、コンピュータが発達した現在では、GIS を用いてデジタルで処理することが多くなってきている。そういった流れを受けて、国土地理院をはじめとする様々な国の機関が地図のデジタル化に力を入れ、現在では様々なデータを一般に提供している。その一方で、河川等の水系の表し方が作成した機関によって不揃いであるという問題も浮上している。そのため、本研究では、はじめに従来の紙地図から作成する水系網に関して、縮尺の異なる地図とその水系網図の表現に関する考察を行う。そして現在入手出来る水系データをそれぞれ比較し、特徴を明確にした上で、使用目的に最適な表現方法と、データ選定・作成手順の簡易化、および作成時間の短縮に資することを目的とした。

原稿受付 2008 年 2 月 29 日

発行 2008 年 3 月 31 日

法政大学情報メディア教育研究センター

2.2 方法

はじめに、従来行われてきたアナログデータである紙地図から水系網を作成した。用いた紙地図は、国土地理院が発行している 50 万分の 1 地方図、20 万分の 1 地勢図、5 万分の 1 地形図の 3 段階の縮尺の地図であり、スキャナーでパソコンに取り込んだ後、ESRI 社製 ArcGIS Desktop 9.2 (ArcInfo) を使用し、ラスターベクタ変換支援エクステンション ArcScan の補助を受けながら水系網を作成した。

その後、2008 年 2 月現在、Web より入手または購入することができるデジタル水系データを対象に、基本的に ArcGIS Desktop 9.1 国内データ変換ツールを用いて、それぞれの独自フォーマットから GIS のデファクトスタンダードである Shape ファイルへコンバートを行い、ArcGIS Desktop 9.2 にてオーバーレイによる比較と、水系網解析による比較、水系データの差の地域特性の抽出を行った。その際、比較する元として、5 万分の 1 地形図より抽出した水系を基準とした。

2.3 紙地図より起こした水系網の比較

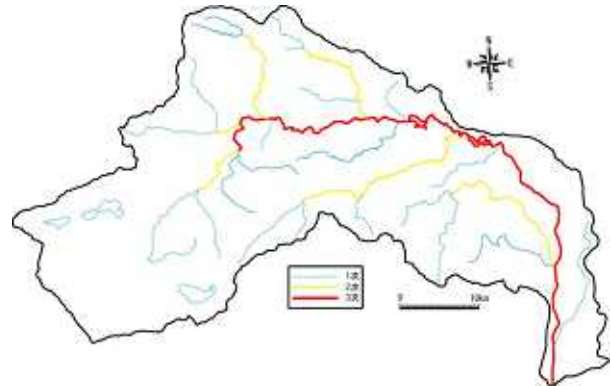
地形図に記載されている河川記号をトレースした。河川記号の定義は以下の通りである。「河川とは、平水時において、常時水流のある自然および人工の河・川をいい、1 条河川および 2 条河川に区分する。1 条河川とは、平水時の幅が 1.5 メートル以上 5 メートル未満の川をいい、2 条河川とは、平水時の幅が 5 メートル以上をいう。¹⁾」とされている。

2.4 使用したデジタル水系データ

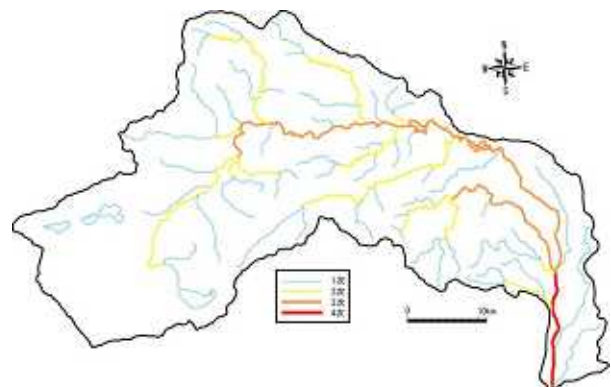
比較するために作成したそれぞれのデータの比較基準として使用したのが 5 万分の 1 地形図より抽出した水系網図である。この縮尺の水系網図はこれまで、水文学にて経験的に使用されてきた縮尺であり、既存の成果と比較もできることから、5 万分の 1 を基準の縮尺とした。その作成方法は様々あるが、今回は 5 万分の 1 地形図の地図画像をベースにデジタルトレースしたものを基準の水系網とした。

地球地図のフォーマットは、NIMA(米国国家画像地図局、現 NGA: National Geospatial- Intelligence Agency) の開発した VPF でありこれは、多様な地理データを記述する能力を有しており、トポロジー構造を有するなど本格的な GIS データフォーマットで

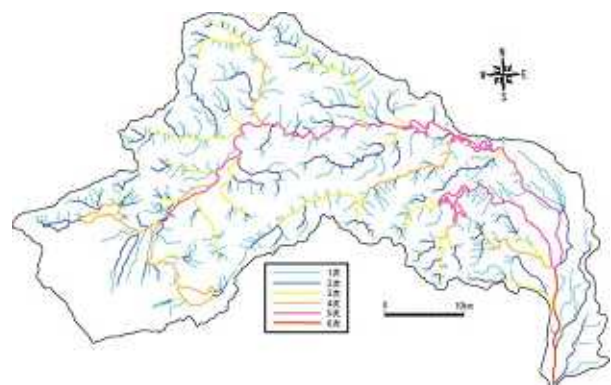
あるが、一般に普及率が低く使用できるソフトも限定的であるため、ArcGIS Desktop 国内データ変換ツールではコンバートすることが不可能であったため、今回は同データを変換して配布している Web サイトである「みんなの地球地図プロジェクト²⁾」より Shape 形式をダウンロードして用いた。なお、他の形式として EPS 形式、TIFF 形式も配布されている。



a) 50 万分の 1 地方図



b) 20 万分の 1 地勢図



c) 5 万分の 1 地形図

図1 縮尺が異なる地形図から作成した相模川水系網図
(森池ら, 2005)

1

<http://watchizu.gsi.go.jp/riyou/tizukigou/h11kasen-kosyuo-umi.htm>

2 <http://www.globalmap.org/>

国土数値情報は，2001年4月よりWebによる無償提供を行っている³。本データからは「流路（ks-272）昭和52年世界測地系1.0a」を分析に使用した。その作成方法は，計測基図上で設定した流域界・流路と50万分の1水系区分図の水系領域を，20万分の1地勢図に移写して流路位置の計測を行った後に，正規化計算を行っている⁴とされている。

また，既存のデジタル標高モデル（DEM）から一定の手法を用いて，高低差から水の流れる方向（落水線）を作成することができるため比較の対象とした。その作成の方法は，ArcGIS Desktopのエクステンションの一つであるSpatial Analyst（もしくは3D Analyst）を用いて，国土地理院発行の50mメッシュ標高より落水線を作成した。ただし，作成の際のパラメータを変更することによって出力される河川も異なる。

2.5 結果

まず，作成した水系図をArcGIS上でレイヤー化し，オーバーレイ表示を行い基準図との支流の表現の比較を行った。その際，水系網解析における最も基本的な手法である，水系網の次数区分による比較を行った。本研究では，ストレーラー法，ホートン法およびシュリーブ法にて次数区分を行った。その結果，基準が1/50000地形図であるため，それより大縮尺である，1/25000，1/2500，DMに関しては細かい支流や用水路までも拾っているため支流数が多くなった。しかし，ストレーラー法による次数区分では，1/25000と1/50000の差はそれほど大きくはなかった。



図2 縮尺の違いによる水系網の表現の変化
(20万分の1と5万分の1)

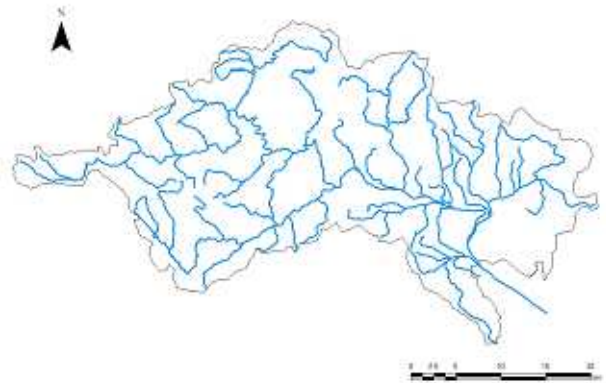


図3 国土数値情報による水系の表現



図4 地球地図による水系の表現

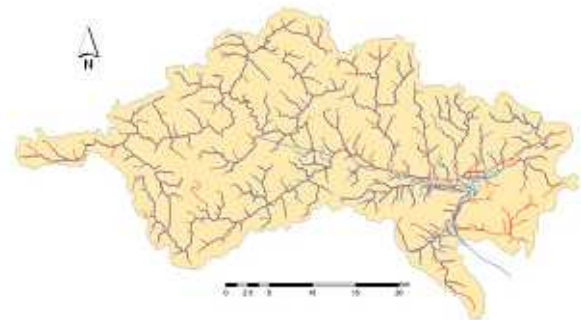


図5 DDMと5万分の1地形図の比較

3. 統計値

3.1 統計値の精度

GISを用いた流域モデルは，ポリゴンの持つ統計値を解釈することにより，様々な解析が成り立つ。多くの例が挙げられるが，水文学に関する研究，特に河川環境に関する研究では，河川に流入する汚濁負荷量の推定が盛んに行われている。負荷量の算定には各種統計値を用いるのだが，統計値の精度や種類も様々で，これらに関する比較・検討も重要だと考えられる。

³ <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>

⁴ <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/dls/meta/W15.html>

3.2 方法

2008年2月現在, Webより入手または購入することができる統計値とそのポリゴンを対象に, 基本的に ArcGIS Desktop 9.1 国内データ変換ツールを用いて, それぞれの独自フォーマットから GIS のデファクトスタンダードである Shape ファイルへコンバートを行い, 水系網の比較で行ったように, ArcGIS Desktop 9.2 にてオーバーレイによる比較と, 統計値の差の地域特性の抽出を行った。

3.3 使用した統計値

最新の行政界と旧行政界でのそれぞれの年鑑の人口統計値と, 統計 GIS プラザが web 上で公開している字単位の人口統計値, そして字単位の人口統計値を DEM から抽出した小流域単位に分割し直したものを比較の材料とした。

また, それぞれについてポリゴンの面積を ArcGIS Desktop 9.2 によって求め, 人口密度を計算し, それについても比較・検討を行った。



図6 人口分布図(最新行政界)



図7 人口分布図(旧行政界)

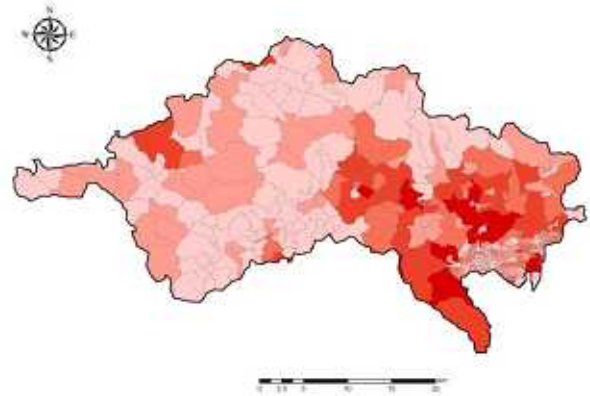


図8 人口分布図(字単位)

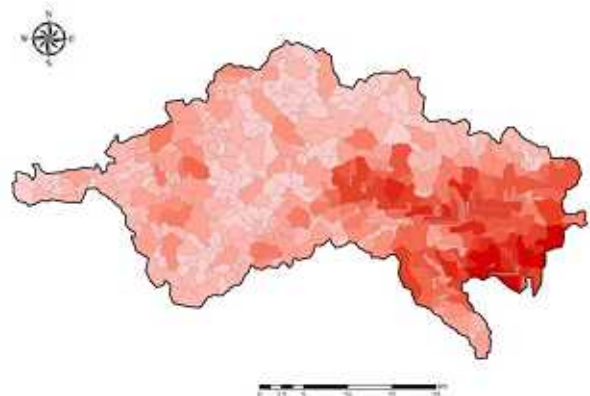


図9 人口分布図(小流域単位)

3.4 結果

それぞれの統計値で, ポリゴンの単位面積やデータ精度に差があり, 研究対象として適切なものを随時選択する必要がある。また, データの収録幅も考慮しなければいけない。

市町村単位での行政界は統計値が多く, 扱い易いものの, 河川流域での解析には一部で向かない。これは, 市町村行政界のポリゴンの大きさが問題である。一方, 統計 GIS プラザの字単位での統計値は, 現状ではもっとも小さいポリゴンで整備された統計値であり, 人口や世帯など限られた属性の統計値しか持たないものの, 農業センサスのメッシュやポリゴン, 点データなどを併せることにより, 小流域規模での小さなポリゴンでの精度を上げることが可能である。つまり, 現状では人為的由来からの生活負荷などを計算する際には, もっとも精度が高い統計値だと言える。しかし, この場合, 人口の値しか字単位のポリゴンの属性値はないため, 多重なデータを処理する必要がある, 比較的処理が複雑になってしまう可能性がある。

4. 土地利用

4.1 土地利用の比較

河川環境を把握する場合、流域内の土地利用に関する情報も重要になってくる。土地利用についても様々な情報源が存在し、それらについて比較・検討した事例は少ない。そこで、国土数値情報の土地利用メッシュと、生物多様性自然環境情報 GIS が公開している植生分類ポリゴンを国土数値情報に則すように再分類し、それらを比較した。また、DEM から抽出した小流域単位において3次流域とその余剰流域をブロック化し、併せて比較の材料とした。



図 10 3次流と余剰水流の流域ブロック



図 11 メッシュによる土地利用



図 12 植生分類による土地利用

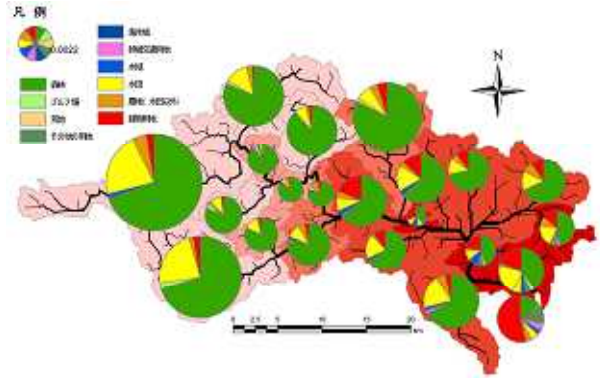


図 13 土地利用メッシュによる面積比

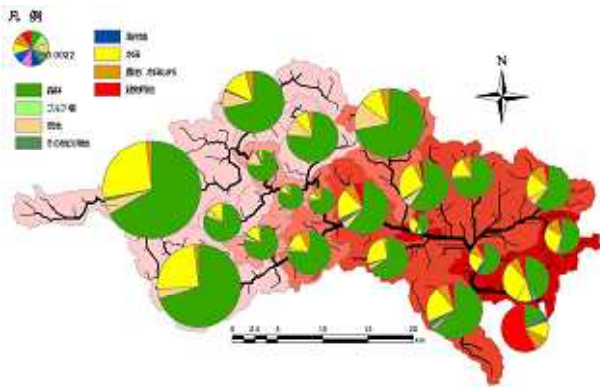


図 14 植生分類による面積比

4.2 土地利用ごとの面積の差

与えられた土地利用情報を元に、各土地利用における面積の差を、国土数値情報土地利用メッシュと植生分類のものから計算をした。植生分類は主に土地利用メッシュの森林にあたる部分を細分化しているため、森林以外の土地利用については土地利用メッシュに則すように再分類を行った。また、土地利用メッシュはメッシュ型のデータ形式であるが、植生分類は自由ポリゴンで記述されているため、再分類については注意を払った。

表 1 植生分類と土地利用メッシュの相関

土地利用	植生分類	土地利用	植生分類
森林	サカキ-コジイ群落	田	水田雑草群落
	シラカシ群落		牧草地
	スギ・ヒノキ群落	農地	常緑果樹園
	ヨシクラス		落葉果樹園
	ヌマズヤオーダ		畑地雑草群落
	アカマツ植林	荒地	伐跡群落
	アカマツ群落		採石場
	アラカン群落		工場地帯
	クリ-ミズナラ群落	建物用地	市街地
	ケヤキ群落		緑の多い住宅地
コナラ群落	用地	造成地	
コハノソバツツシ群落	水域	開放水域	
ススキ群落	ゴルフ場	ゴルフ場	

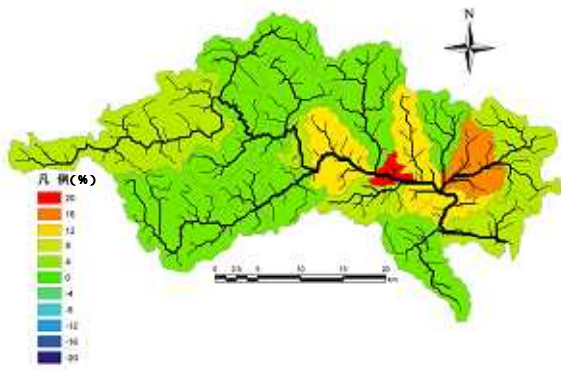


図15 水田の割合の差（植生分類 - 土地利用マップ）

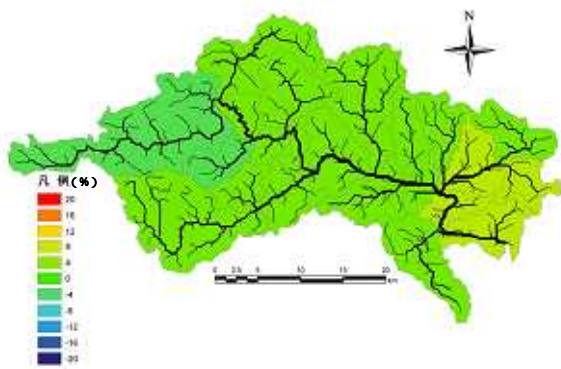


図16 農地の割合の差（植生分類 - 土地利用マップ）

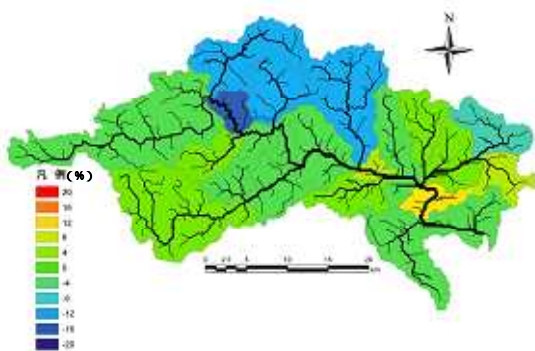


図17 森林の割合の差（植生分類 - 土地利用マップ）

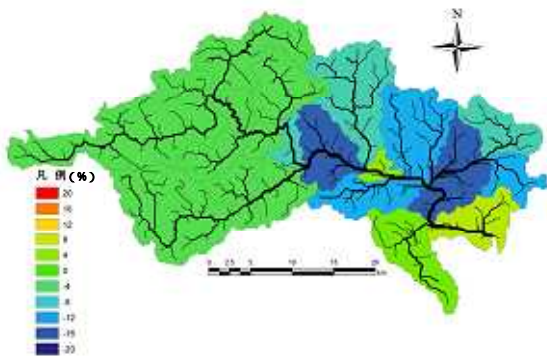


図18 建物用地の割合の差(植生分類 - 土地利用マップ)

5. 小流域原単位法

5.1 小流域原単位法による解析

以上のことから、現在、流域モデルなどは、統計値が比較的揃っている市町村行政界を元に解析が行われる事例が多い。しかし、河川環境の保全・再生・管理のための流域モデルには、行政界の特定ではなく、小流域の特定が重要であるため、統計値を小流域に分割した上で解析することが望まれる。

そこで、小流域ごとに生活系、農業系、畜産系に負荷の由来を分け、それぞれについて総窒素負荷量を算出し、合わせて総負荷量とする解析を試みた。

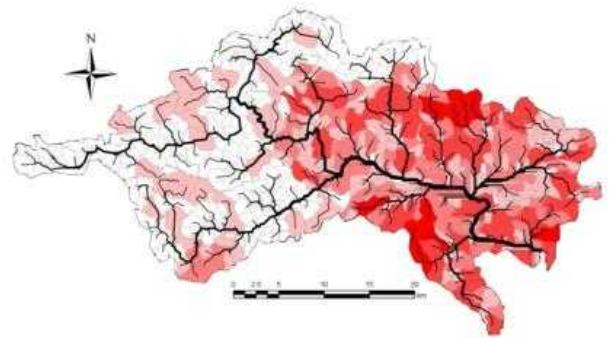


図19 生活由来の総窒素負荷量

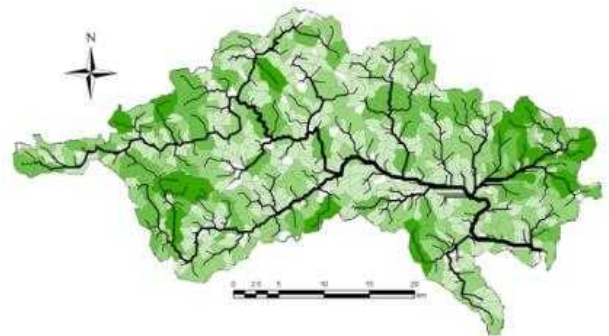


図20 農業由来の総窒素負荷量

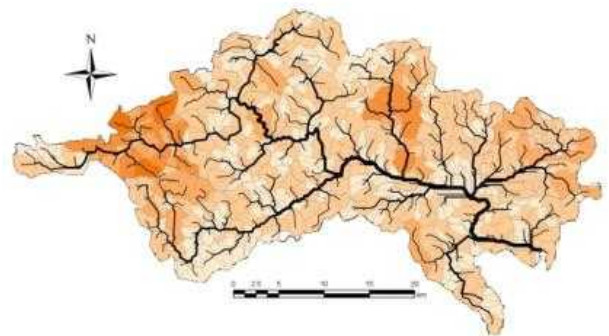


図21 畜産由来の総窒素負荷量

5.2 結果

生活系の負荷量算定には、統計 GIS プラザの字単位統計値、農業と畜産の負荷量算定には広島県年鑑の統計値を用いた。原単位法に使用した係数は下水道整備指針のものを使用した。また、1970年、1985年、2000年の異なる年代の統計値を使用し、負荷の遷移も解析した。これらにより、小流域ごとの負荷量と年次遷移が明らかとなった。

表2 採用減単位一覧

項目	畜産系		生活系		農地系	
	牛 (g/頭 d)	豚 (g/頭 d)	し尿 (g/人 d)	雑排水 (g/人 d)	水田 (kg/km ² y)	畑地 (kg/km ² y)
BOD	640	200	14	26	3210	5580
COD	530	130	13	14	2680	8830
T-N	378	40	7.6	1.6	1940	3570
T-P	56	25	0.76	0.41	32.9	37.1
SS	3000	700	13	25	-	-

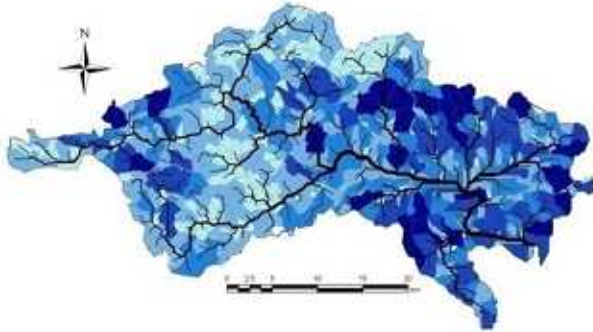


図22 総窒素負荷量算定結果(1970年)

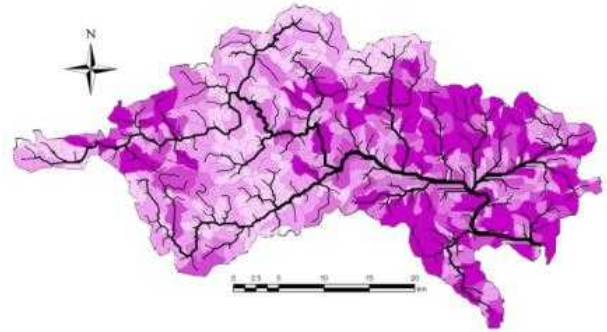


図25 総リン負荷量算定結果(1970年)

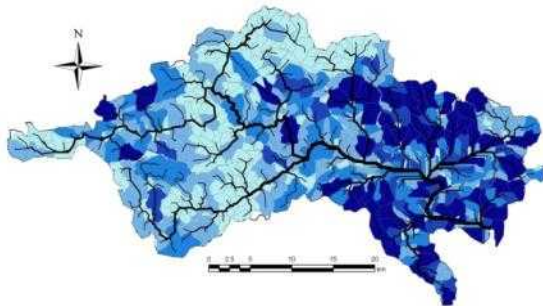


図23 総窒素負荷量算定結果(1985年)

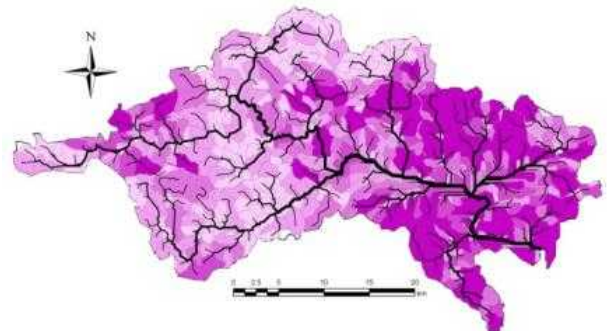


図26 総リン負荷量算定結果(1985年)

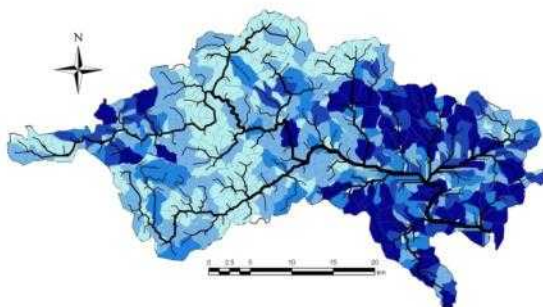


図24 総窒素負荷量算定結果(2000年)

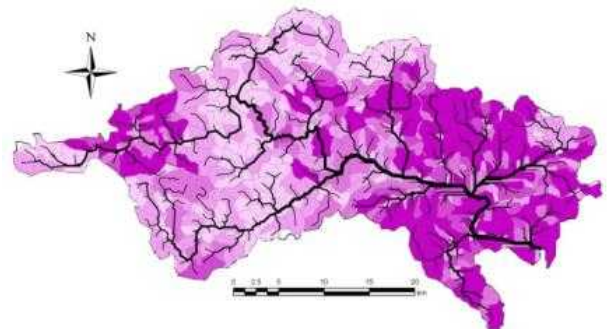


図27 総リン負荷量算定結果(2000年)

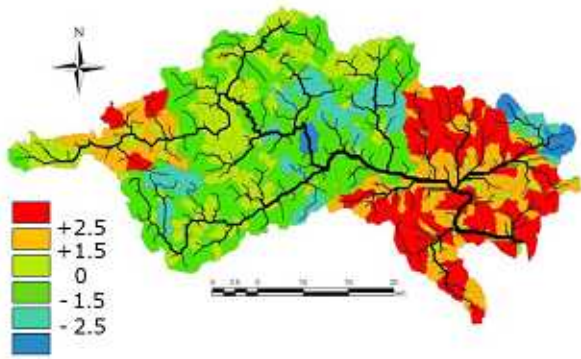


図 28 総窒素負荷量の遷移(1970年から2000年)



図 29 総リン負荷量の遷移(1970年から2000年)

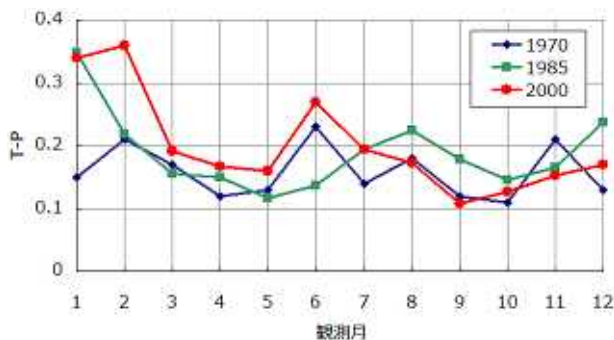


図 30 実測値の総リン負荷量季節変化

都市化の影響で人口が増している下流域と、畜産の影響が多い一部の上流域で値が高くなっていくという地域性が見られた。

また、30年間で値の変化は少なかったものの、これは実測値からも同様のことが言える。しかし、小流域規模で解析することにより、従来の行政区分割モデルよりもより詳細に水環境の推定をすることが可能となった。これにより、より河川流域の水環境保全・再生・管理のための材料としての価値を帯びることとなった。

6. おわりに

以上のことから、単位小流域を用いた汚濁負荷解析の有効性が明確となったが、生活系由来の負荷量に関しては、下水処理方法による再検討が必要であり、農業系由来の負荷量に関しては、農作物による修正も必要であるなどの、課題も明らかとなった。

今後は、現地水文観測による実測値を用いた負荷量との比較方法や、時空間スケールの異なる水文データを小流域の属性として抽出する手法の開発などを経て、水収支・物質収支の解析が可能な GIS モデルへと発展させたい。

参考文献

- [1]小寺浩二ほか、「水環境」の地理学と河川流域データベース」、日本地理学会「水環境の地理学研究グループ」第4回研究集会資料、2000年
- [2]小寺浩二,住野静香,後藤武正,清水祐太,徳原知靖、「都市の水環境再生に関する地理学的研究 - 水文地理学の視点から -」、日本地理学会発表要旨集, 67、2005年
- [3]小寺浩二,清水祐太,中山祐介、「河川流域の水環境保全・再生・管理に関する地理学的研究」、日本地理学会発表要旨集, 72、2007年
- [4]小寺浩二,清水裕太,中山祐介、「河川流域の水環境保全・再生・管理のための GIS モデルに関する予察的研究 - 芦田川流域を事例に -」、陸水物理研究会報, 29、2007年
- [5]清水裕太,小寺浩二,徳原知靖,中山祐介、「河川流域の水環境データベースに関する地理学的研究 - 芦田川流域の事例 -」、日本地理学会発表要旨集, 72、2007年
- [6]清水裕太,小寺浩二、「原単位法を用いた河川流域の汚濁負荷量推定に関する研究 - 荒川水系入間川流域の事例 -」、法政大学情報メディア教育研究センター研究報告, 20、2007年
- [7]中山祐介,清水裕太,徳原知靖,小寺浩二,小野寺真一,高橋英博,澤野美沙、「芦田川流域の水環境保全・再生・管理に関する研究 - 小流域原単位法を基にした GIS 流域モデルへ向けて -」、日本水文学会要旨集, 72、2007年
- [8]中山祐介、「小流域原単位法 芦田川流域の栄養塩流出の見積もり」、陸域環境研究会「流域の窒素循環と物質輸送」、2007年