

# 29.日本の主要流域における環境容量の試算とGISの活用

大西 文秀

竹中工務店 プロジェクト開発推進本部 (〒541-0053 大阪市中央区本町 4-1-13)

E-mail : ohnishi.fumihide@takenaka.co.jp

地球環境問題への対応が急務となる現在において、その達成には、地域における流域環境の改善や再生が重要であるとの認識が進みつつある。本試算では、わが国の主要流域のヒトと自然の関係を環境容量としてとらえ試算し、日本の環境容量の現状を概観する。具体的には、ヒトの活動の集積と自然がもつ抱擁力の定量的な関係をはかる指標としての環境容量の概念を設定し、数値モデルと地理情報システム (GIS) を用い環境容量を試算した。環境容量の試算モデルは、CO<sub>2</sub> 固定容量、クーリング容量、生活容量、水資源容量、木材資源容量の5指標を設定し、環境情報と科学知識の統合により構築した。本試算により、エコロジカルな空間単位としての、わが国における流域圏の環境容量の定量化や可視化が進み、国土全体のあり方や、低炭素社会への移行に必要な、持続可能な土地利用やライフスタイル、また政策シナリオについて、その展開を支える基礎的な学際研究が推進されることが考えられる。

**Key Words :** *environmental capacity, watershed, GIS, sustainable land use, policy scenario*

## 1. はじめに

持続可能な社会の達成には、地域における流域環境の改善や再生が重要であるとの認識が進んでいる。本試算では、わが国を構成する9地方の主要流域である、石狩川流域、北上川流域、利根川流域、信濃川流域、木曽川流域、淀川流域、太田川流域、吉野川流域、筑後川流域の9流域におけるヒトと自然の関係を環境容量としてとらえ、GISを活用し試算することにより、エコロジカルな空間単位としての流域圏の環境容量の定量把握を通して、日本の環境容量の厳しい現状を概観する。

2004年から2008年までの5回の地球環境シンポジウムでは、日本の大都市圏を対象に、3大都市圏の環境容量をテーマに発表を行った。また2009年には、これらの成果を活用し、沖縄県での環境容量の試算結果を報告し、地域における生活空間のヒトと自然の定量的な関係の究明やこれからのライフスタイルや産業、また、土地利用のあり方を考えていくための環境情報の発信とシステムの創造を目指した。<sup>1), 2), 3), 4), 5), 6), 7), 8), 9) 10), 11)</sup>

本年は、長野県茅野市で第18回地球環境シンポジウムが開催されるため、立地する長野県や天竜川流域における環境容量の試算について別稿で報告している。本稿での日本全国の主要流域の環境容量についての報告により、わが国の厳しい現状や、長野県や天竜川流域の環境容量の位置づけや特性把握が進むことを期待したい。

## 2. 環境容量の概念と試算手法

環境は、ヒトと自然が織り成す中でかたちづくられていく現象結果であり、ヒトと自然の関係を同時に定量的に捉えることが必要となりつつある。これはヒトの活動やその集積も自然の包容力に比べ小さい時代には不要であったかも知れないが、現在ではヒトの活動が自然の容量を超えつつあり必要不可欠となっている。本試算では、そのための考え方のひとつとしての環境容量の概念を活用した。環境容量は、「ヒトの活動の集積」と「自然が持つ包容力」の関係を示す指標として設定し、分母にヒトの活動量、分子に自然の包容力をもつ関数としての概念を持ち、そのバランス状況をはかる指標とした。複数の環境容量を試算するエコモデルを設定し、ヒト・自然系の全体像を包括的に概観することを目的とした。

エコモデルは、CO<sub>2</sub> 固定容量、クーリング容量、生活容量、水資源容量、木材資源容量の5指標を設定し、これにより、地球温暖化、水資源、食糧資源、森林資源などの地球規模から、都市のヒートアイランド、人口問題、ゲリラ豪雨のような地域レベルのものなど、地球環境保全のうえで重要視される現象に対応させている。また、ヒトの生活のなかでその改善への対応が可能と考えられるものや環境の構成要素のなかで高位に位置し、その改善により多面的な効果が期待できるものを対象にした。さらに、指標間の相互関係の理解が進むことにも配慮し

設定した。図-1, 2 には環境容量の概念と試算方法を示す。

次に 5 指標の概要を示す。CO<sub>2</sub> 固定容量とは、森林資源がもつ CO<sub>2</sub> 固定量と人間活動による排出量の関係で、主に地球温暖化に関する指標である。クーリング容量は、本来、森林により覆われた地表面がもつ冷却量と現在の地表面がもつ冷却量の関係で、主にヒートアイランド現象に関する指標である。また、生活容量は、生存に必要な都市や生産緑地面積から試算した、自給可能人口と現人口の関係であり、食料自給や人口問題に関する指標である。水資源容量は、降水の地中浸透量による利用可能水資源量と人間活動による水需要量との関係で、水資源や洪水災害問題に関係する指標である。また、木材資源容量は、森林の成長量から試算した可能木材供給量と人間活動による木材需要量との関係を示すものである。そして、これらを試算するためエコモデル式を設定した。

### 3. 地理情報システム (GIS) によるシステム化

環境容量の定量的な試算の考え方をもとに、地理情報システム (GIS) を用いて環境単位の設定や地域環境データの収録および試算指標の原単位値データなどのデータベースの構築を行った。試算地域はわが国の 9 地方を代表する、石狩川流域、北上川流域、利根川流域、信濃川流域、木曽川流域、淀川流域、太田川流域、吉野川流域、筑後川流域の 9 流域、およびそれらを構成する自治体とした。環境容量の試算年次は、2000 年とし、以下の考え方により試算式を構築した。

#### 【CO<sub>2</sub> 固定容量】

環境単位での CO<sub>2</sub> の排出量と固定量の試算によりその需給量の関係を基本とした。CO<sub>2</sub> 排出量は、1 人当たり排出量に環境単位内の人口を乗じることにより試算した。固定量は、森林蓄積量をもとに森林資源における光合成による固定量を数値化した。

#### 【クーリング容量】

環境単位が本来森林に覆われた状態で有した冷却容量が、地表面の形態の変化によりどのような変化をきたしたか、冷却容量の変化の試算を試みた。つまり、土地利用別の排熱吸収量をもとに環境単位での放散熱量の現況値と潜在値を算出し、そのバランスを数値化した。

#### 【生活容量】

人間の自給生活に必要な生産緑地面積と都市空間面積の視点からその空間容量を算出することを基本とした。本試算では、可耕地面積と可住地面積を基本に 1 人当たりの必要面積をもとに環境単位での自給可能人口と現況人口との関係を数値化した。

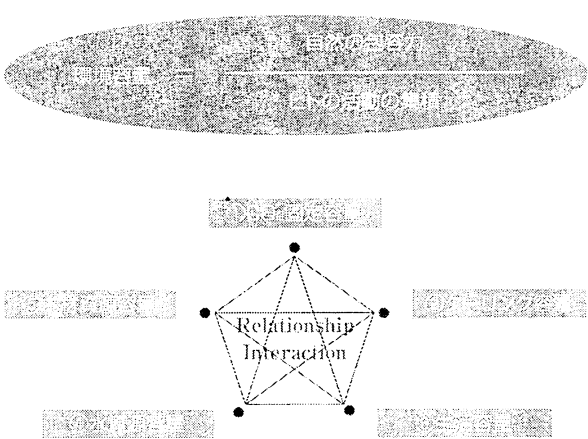


図-1 環境容量の概念と 5 指標の構成

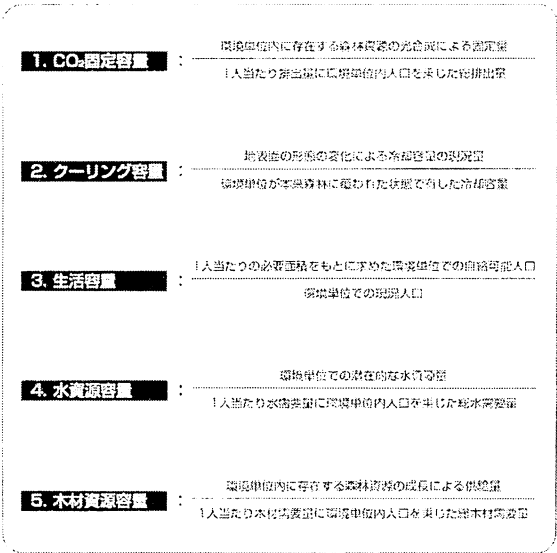


図-2 環境容量の 5 指標の試算方法

#### 【水資源容量】

環境単位での潜在的な利用可能な水資源量と総水需要の関係を基本とした。潜在的な水資源量は水資源賦存量を基本に水分浸透指数により土地に浸透する量を試算した。また、水需要量は 1 人当たり水利用量に環境単位内の人口を乗じ試算した。

#### 【木材資源容量】

環境単位での木材資源の需要量と森林材積の成長による供給量との関係を基本とした。材積の成長量は森林蓄積量をもとに試算した。また、需要量は 1 人当たり木材利用量に環境単位内の人口を乗じ試算した。

データは、国土交通省国土計画局が提供している国土数値情報を中心に活用した。また、演算には、GIS のアプリケーションソフトである、ESRI 社の ArcGIS を使用した。

## 4. 試算結果

上記設定により、9 流域の流域環境容量を試算した。本稿では低炭素化と関連の深い 5 指標のなかの CO<sub>2</sub> 固定容量について、各流域の試算結果を概観する。図-3～11 には、3 次元 GIS による CO<sub>2</sub> 固定容量の解析結果を示す。

### 〔石狩川流域における CO<sub>2</sub> 固定容量〕

石狩川流域全体での CO<sub>2</sub> 固定容量は、11.6%であり、主要 9 流域中では 6 位であった。石狩川流域下の市町村の試算結果は、平均値が 71.6%、最大値が 776.2%（南富良野町）、最小値が 0.0%（札幌市内の区域を中心に分布）を示した。

### 〔北上川流域における CO<sub>2</sub> 固定容量〕

北上川流域全体での CO<sub>2</sub> 固定容量は、28.2%であり、主要 9 流域中では 2 位であった。北上川流域下の市町村の試算結果は、平均値が 58.9%、最大値が 535.7%（花山村・宮城県）、最小値が 0.1%（小牛田町・宮城県）を示した。

### 〔利根川流域における CO<sub>2</sub> 固定容量〕

利根川流域全体での CO<sub>2</sub> 固定容量は、3.5%であり、主要 9 流域中では 8 位であった。利根川流域下の市町村の試算結果は、平均値が 26.0%、最大値が 862.9%（栗山村・栃木県）、最小値が 0.0%（東京都内の区域を中心に分布）を示した。

### 〔信濃川流域における CO<sub>2</sub> 固定容量〕

信濃川流域全体での CO<sub>2</sub> 固定容量は、11.8%であり、主要 9 流域中では 5 位であった。信濃川流域下の市町村の試算結果は、平均値が 46.6%、最大値が 667.2%（安曇村・長野県）、最小値が 0.0%（新潟県の河口域を中心に分布）を示した。

### 〔木曽川流域における CO<sub>2</sub> 固定容量〕

木曽川流域全体での CO<sub>2</sub> 固定容量は、27.4%であり、主要 9 流域中では 3 位であった。木曽川流域下の市町村の試算結果は、平均値が 159.2%、最大値が 3096.4%（藤橋村・岐阜県）、最小値が 0.0%（愛知県、岐阜県の河口域の自治体を中心に分布）を示した。

### 〔淀川流域における CO<sub>2</sub> 固定容量〕

淀川流域全体での CO<sub>2</sub> 固定容量は、2.4%であり、主要 9 流域中では 9 位であった。淀川流域下の市町村の試算結果は、平均値が 21.5%、最大値が 370.3%（朽木村・滋賀県）、最小値が 0.0%（大阪市内の区域を中心に分布）を示した。

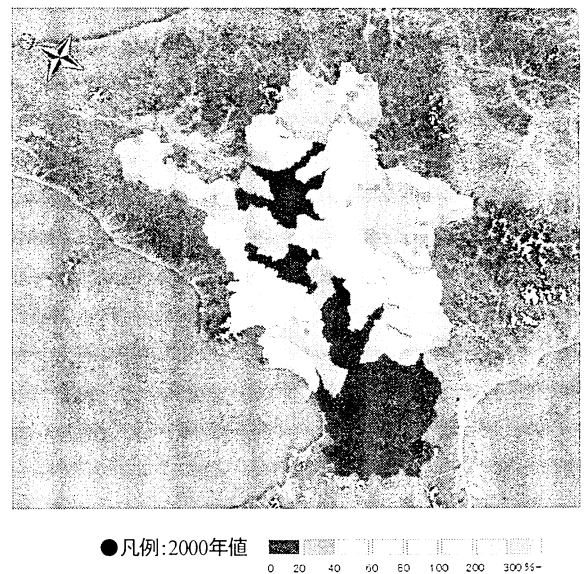


図-3 石狩川流域における CO<sub>2</sub> 固定容量

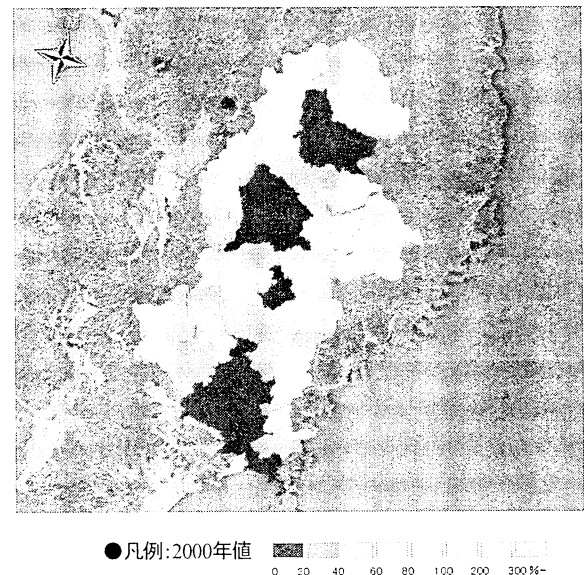


図-4 北上川流域における CO<sub>2</sub> 固定容量

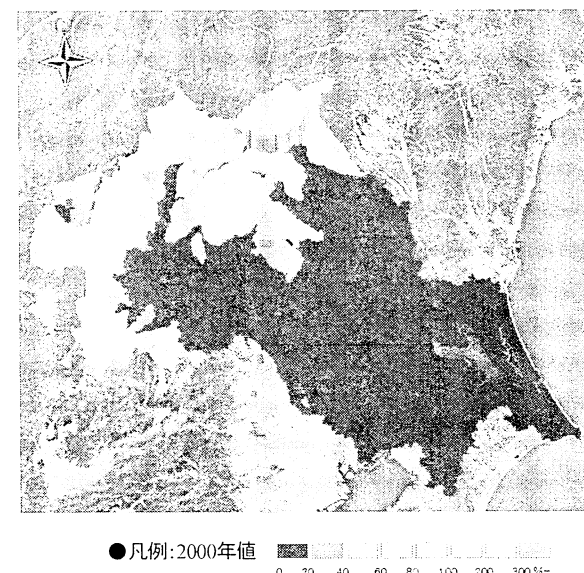


図-5 利根川流域における CO<sub>2</sub> 固定容量

### 〔太田川流域における CO<sub>2</sub> 固定容量〕

太田川流域全体での CO<sub>2</sub> 固定容量は、8.2%であり、主要 9 流域中では 7 位であった。太田川流域下の市町村の試算結果は、平均値が 169.5%、最大値が 931.8% (吉和村、広島県)、最小値が 0.0% (広島市・中区) を示した。

### 〔吉野川流域における CO<sub>2</sub> 固定容量〕

吉野川流域全体での CO<sub>2</sub> 固定容量は、34.4%であり、主要 9 流域中では 1 位であった。吉野川流域下の市町村の試算結果は、平均値が 217.5%、最大値が 1916.7% (別子山村・愛媛県)、最小値が 0.0% (徳島県の河口域を中心に分布) を示した。

### 〔筑後川流域における CO<sub>2</sub> 固定容量〕

筑後川流域全体での CO<sub>2</sub> 固定容量は、13.6%であり、主要 9 流域中では、4 位であった。筑後川流域下の市町村の試算結果は、平均値が 82.7%、最大値が 896.3% (上津江村・大分県)、最小値が 0.0% (福岡県、佐賀県の河口域を中心に分布) を示した。

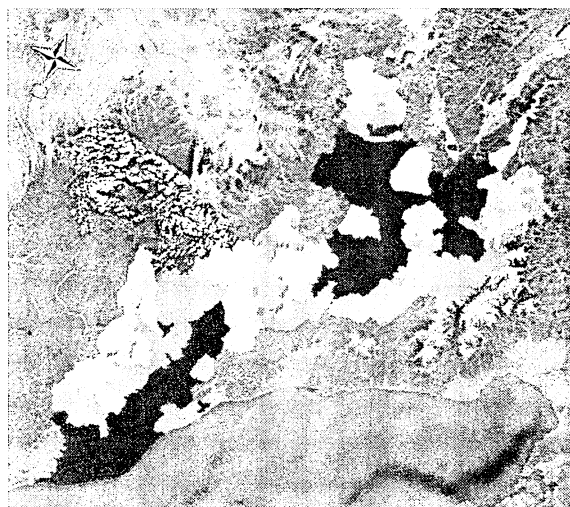
## 5. 成果と課題

我国では、CO<sub>2</sub> 排出量の 25%削減を、今後 10 年ほどの間に達成しなければならない。この目標は京都議定書での 6%に対し 4 倍にあたる削減値であり、我国の排出量の増加傾向からは意欲的な目標であることを疑う余地はない。

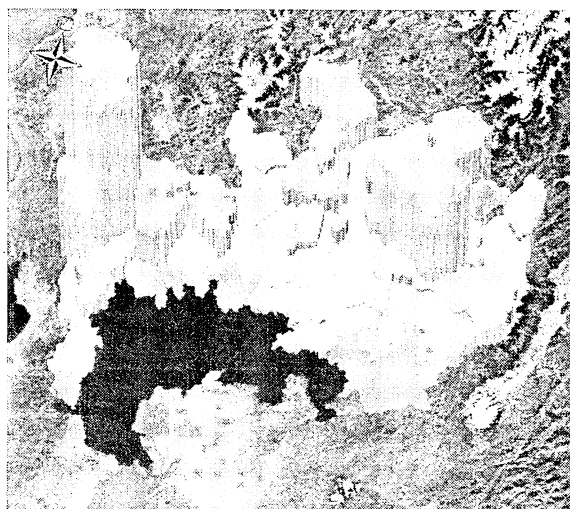
一方、ヒトと自然の関係という基本に戻り、「ヒトが排出する CO<sub>2</sub> 量と自然（森林）が保有する CO<sub>2</sub> 固定量のバランスはどのような状況なのだろうか？」と考えると、異なった見方ができる。5つの環境容量の指標（CO<sub>2</sub> 固定容量、クーリング容量、生活容量、水資源容量、木材資源容量）はこの様な疑問から設定したもので、CO<sub>2</sub> 固定容量はそのひとつである。

関西地方の母なる川・淀川の流域における CO<sub>2</sub> 固定容量の流域全体の容量は約 3%であり、全国の各地方を代表する 9 流域のなかで最も低い。東京都が立地する利根川流域は全域では約 4%と次に低い。最も高い吉野川流域（四国地方）が約 35%、次に高い北上川流域（東北地方）や木曽川流域（東海地方）が 30%弱であり、CO<sub>2</sub> 固定容量が高い流域でも、排出量の 3 分の 1 ほどしか固定できない状況にある。

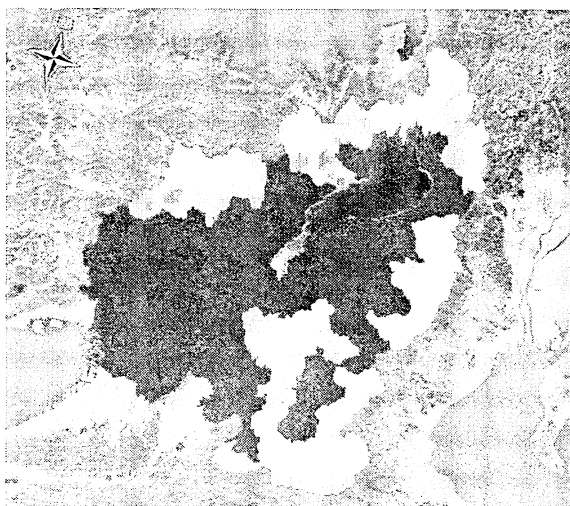
日本全域でも森林が保有する CO<sub>2</sub> の固定可能量は、総排出量の約 10%と考えられるが、この極めて低い現状はあまり知られていない。25%削減の達成により、排出量と固定量は均衡が保てると想像されるかも知れないが、実態は極めて厳しく、後世にとって十分な目標なのか心配になるところである。



●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100 200 300%  
図-6 信濃川流域における CO<sub>2</sub> 固定容量



●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100 200 300%  
図-7 木曽川流域における CO<sub>2</sub> 固定容量



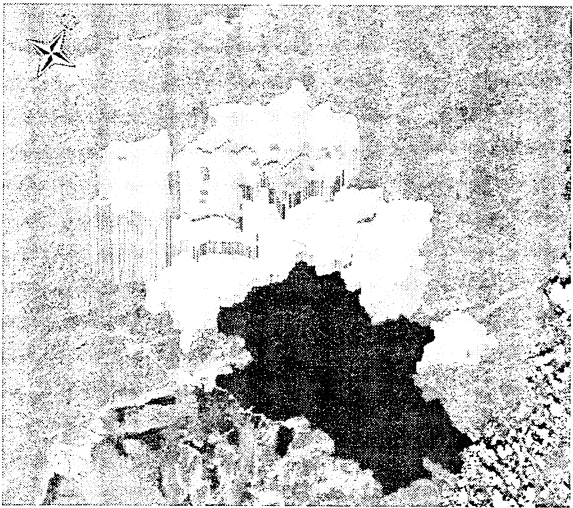
●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100 200 300%  
図-8 淀川流域における CO<sub>2</sub> 固定容量

低炭素社会の推進や地球環境問題への対応を実践するには、環境技術や環境デザイン、またライフスタイルを環境にやさしいものに変換していくことが求められ、これらを統合させ、市民や国民をリードする新しい政策シナリオが必要になる。低炭素化との関連では、排出量の削減に加えて CO<sub>2</sub> の固定源である森林育成も一体に考えなければならない。CO<sub>2</sub> 排出削減が達成されても、固定源の森林が減少しては解決にならず、環境容量の概念を活用した言わば、「ヒトと自然の 2 変数を持つ政策シナリオ」が必要になるだろう。

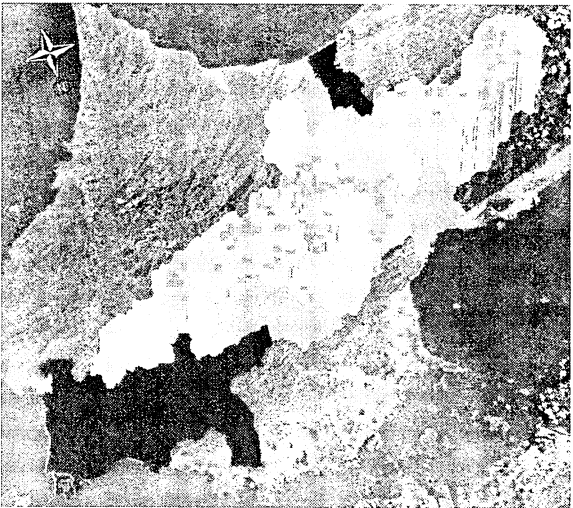
また川の恵みにより発展した日本の多くの都市にとっては、流域圏の再生も基軸となる重要な課題であり、多様性に富んだ持続可能な土地利用の回復が不可欠であろう。多様性のある土地利用の実現には、多様性のある産業形態が必要であり、多様性のある産業形態の実現には、多様性のある就労形態が必要になる。この実現には、ヒトと自然の総体としての地域文化の重要性を再認識し、文化の多様性を大切に再考することが重要であり、地方の自立や内需の再構築にも繋がっていく。流域は地球と地域の環境を繋ぐ架け橋であり、地球や都市の未来は、私たちが流域と如何に親しくつきあえるのかにかかっているのではないだろうか。

# 参考引用文献

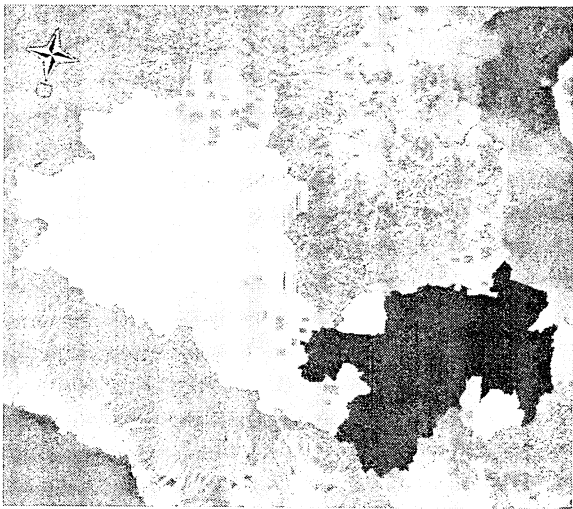
- 1) 太田幸雄 : 「わたしの本棚 -GIS で学ぶ日本のヒト・自然系-」 土木学会誌、2 月号、pp53、土木学会、2010.
- 2) 大西文秀 : 『GIS で学ぶ日本のヒト・自然系』-GIS Map Book for Japanese Humanity and Nature-、弘文堂、2009.
- 3) 大西文秀 : 『もうひとつの宇宙船をたずねて』 -Operating Manual for Spaceship River Basin by GIS -、遊タイム出版、2002.
- 4) 大西文秀 : 学際研究を視点にした流域管理モデルの構築と GIS の応用、第 12 回地球環境シンポジウム講演論文集、2004.
- 5) 大西文秀 : 流域を単位とした CO<sub>2</sub> 固定容量の試算と GIS の活用、第 13 回地球環境シンポジウム講演論文集、2005.
- 6) 大西文秀 : 流域圏を視点にした持続可能な人口規模の試算と GIS の活用、第 14 回地球環境シンポジウム講演論文集、2006.
- 7) 大西文秀 : 流域圏を視点にした水資源容量の試算と GIS の活用、第 15 回地球環境シンポジウム講演論文集、2007.
- 8) 大西文秀 : 流域圏を視点にしたクレーニング容量の試算と GIS の活用、第 16 回地球環境シンポジウム講演論文集、2008.
- 9) 大西文秀 : 沖縄における環境容量の試算と GIS の活用、第 17 回地球環境シンポジウム講演論文集、2009.
- 10) 大西文秀 : 流域環境容量、環境キーワード小辞典、ニュースレター、第 37 号、土木学会地球環境委員会、2005.
- 11) 大西文秀 : 地球環境貢献賞受賞、流域圏を視点にした水資源容量の試算と GIS の活用、ニュースレター第 42 号、土木学会地球環境委員会、2007.



●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100 200 300%  
図-9 太田川流域における CO<sub>2</sub> 固定容量



●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100 200 300%  
図-10 吉野川流域における CO<sub>2</sub> 固定容量



●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100 200 300%  
図-11 筑後川流域における CO<sub>2</sub> 固定容量