

21. 日本の都道府県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、地域における改善や再生の効果が蓄積されることが重要であるとの認識が進んでいる。本研究では、わが国の主要都道府県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報告したい。具体的には、ヒトの活動の集積と自然がもつ包容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、CO₂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、わが国の主要都道府県の環境容量の定量把握や可視化が進み、国土全体のあり方や、低炭素・低リスク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と考えられる。

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

1. はじめに

地球環境問題や資源、また災害リスクへの対応が急務となる現在において、その達成には、地域における改善や再生の蓄積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地方における主要都道府県である、北海道、宮城県、東京都、新潟県、愛知県、大阪府、広島県、香川県、福岡県の9都道府県のヒトと自然の関係を環境容量としてとらえ、GISを活用し試算し、情報発信することにより、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、我国における3大都市圏の環境容量をテーマに発表を行った。また2009年と2010年には、これらの成果を活用し、沖縄や信州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やシステムの創造を目指した。

本年は、茨城県水戸市で第19回地球環境シンポジウムが開催されるため、立地する茨城県や那珂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都道府県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、茨城県や那珂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が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、そのための手法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、CO₂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、これらにより、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。CO₂ 固定容量とは、森林資源がもつ CO₂ 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、北海道、宮城県、東京都、新潟県、愛知県、大阪府、広島県、香川県、福岡県、の 9 都道府県とし、それらを構成する自治体(市区町村)単位で試算した。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。

〔CO₂ 固定容量〕

環境単位での CO₂ の排出量と可能 CO₂ 固定量の試算によりその関係を計ることを基本とした。CO₂ 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。

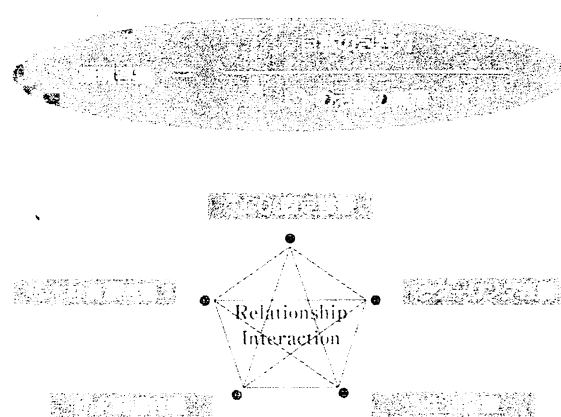


図-1 環境容量の概念と 5 指標の構成

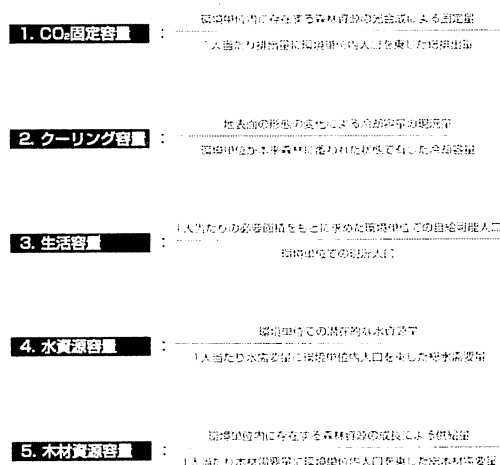


図-2 環境容量の 5 指標の試算方法

〔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の基本とした。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 都道府県の実環境容量を試算した。図-3～11には試算した5指標の実環境容量値をレーダーチャートに示す。レーダーチャートのパターンにより、9 都道府県の実環境容量の特性が視覚的に概観できる。本稿では低炭素化と関連の深い5 指標のなかのCO₂固定容量について、各流域の試算結果を概観する。図-12～20 には、3次元GISによるCO₂固定容量の解析結果を市区町

村単位で示す。
総合的に高い実環境容量を有する北海道や新潟県を除き、9 地方を代表する都道府県では実環境容量の低下傾向が見られ、特に、わが国の3大都市圏の中核である、東京都、大阪府、愛知県では実環境容量の低下傾向は極めて強いことが示された。次に図-12～20 には、3次元GISによるCO₂固定容量の解析結果を市区町村単位で示し概観する。

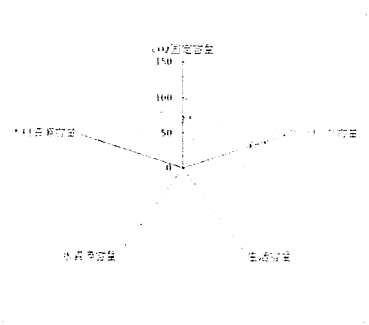


図-3 北海道の実環境容量

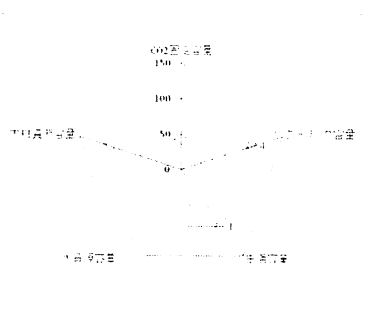


図-4 宮城県の実環境容量

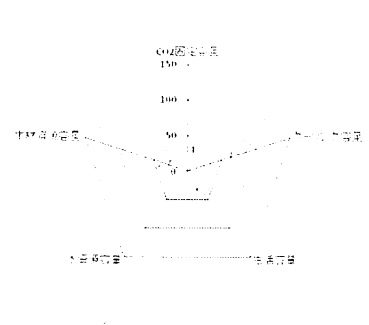


図-5 東京都の実環境容量

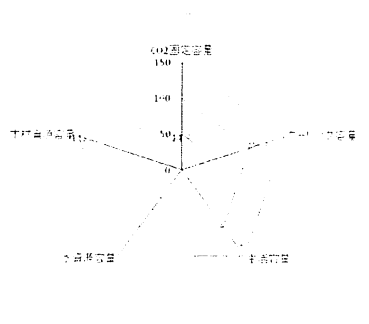


図-6 新潟県の実環境容量

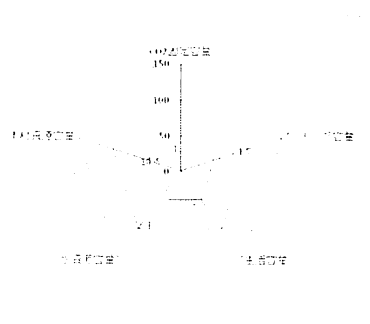


図-7 愛知県の実環境容量

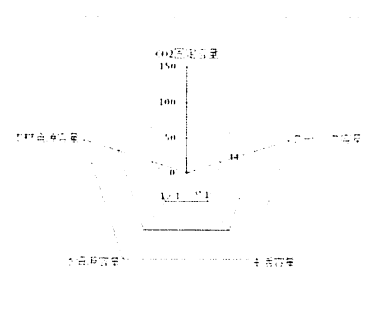


図-8 大阪府の実環境容量

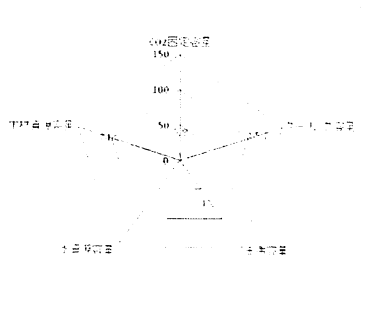


図-9 広島県の実環境容量

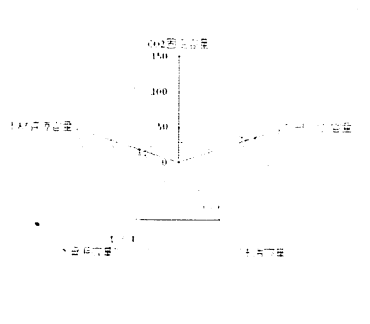


図-10 香川県の実環境容量

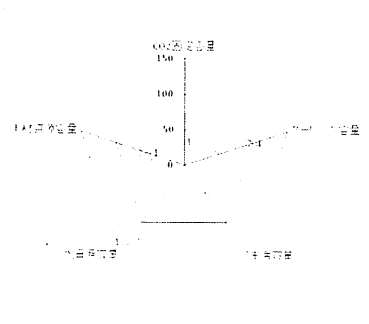


図-11 福岡県の実環境容量

〔北海道における CO₂ 固定容量〕

北海道全体での CO₂ 固定容量は、38.5%であり、全国 47 都道府県中では 4 位であった。北海道下の市町村の試算結果は、平均値が 178.3%、最大値が 1208.5%（丸瀬布町）、最小値が 0.0%（札幌市内の区域を中心に分布）を示した。

〔宮城県における CO₂ 固定容量〕

宮城県全体での CO₂ 固定容量は、9.6%であった。全国の 47 都道府県中では 31 位であった。宮城県下の市町村単位での試算結果は、平均値が 36.3%、最大値が 535.7%（花山村）、最小値が 0.0%（南郷町、多賀城市）を示した。

〔東京都における CO₂ 固定容量〕

東京都全体での CO₂ 固定容量は、0.4%であり、全国 47 都道府県中では 46 位であった。東京都下の市町村の試算結果は、平均値が 9.8%、最大値が 198.2%（檜原村）、最小値が 0.0%（東京都内の区域などを中心に分布）を示した。

〔新潟県における CO₂ 固定容量〕

新潟県全体での CO₂ 固定容量は、14.9%であり、全国 47 都道府県中では 23 位であった。新潟県下の市町村の試算結果は、平均値が 41.4%、最大値が 373.0%（上川村）、最小値が 0.0%（豊栄市、燕市、白根市などを中心に分布）を示した。

〔愛知県における CO₂ 固定容量〕

愛知県全体での CO₂ 固定容量は、1.9%であり、全国 47 都道府県中では 42 位であった。愛知県下の市町村の試算結果は、平均値が 36.9%、最大値が 1186.5%（富山村）、最小値が 0.0%（名古屋市の区域やの沿岸域の自治体などを中心に分布）を示した。

〔大阪府における CO₂ 固定容量〕

大阪府全体での CO₂ 固定容量は、0.3%であり、全国 47 都道府県中では 47 位であった。大阪府下の市町村の試算結果は、平均値が 1.2%、最大値が 27.3%（千早赤阪村）、最小値が 0.0%（大阪市内の区域などを中心に分布）を示した。

〔広島県における CO₂ 固定容量〕

広島県全体での CO₂ 固定容量は、9.8%であり、全国 47 都道府県中では 30 位であった。広島県下の市町村の試算結果は、平均値が 66.4%、最大値が 931.8%（吉和村）、最小値が 0.0%（広島市・中区）を示した。

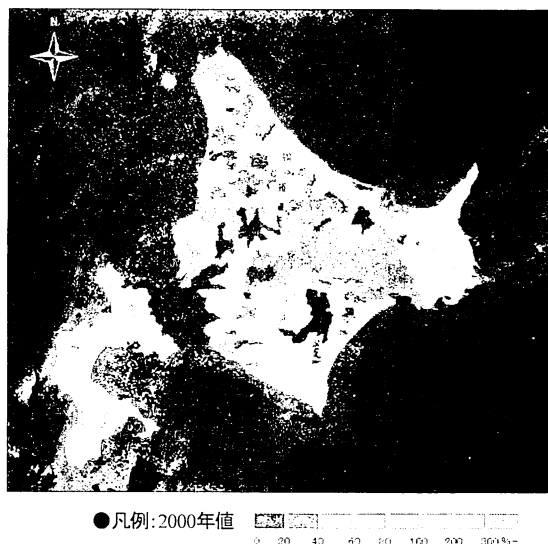


図-12 北海道における CO₂ 固定容量

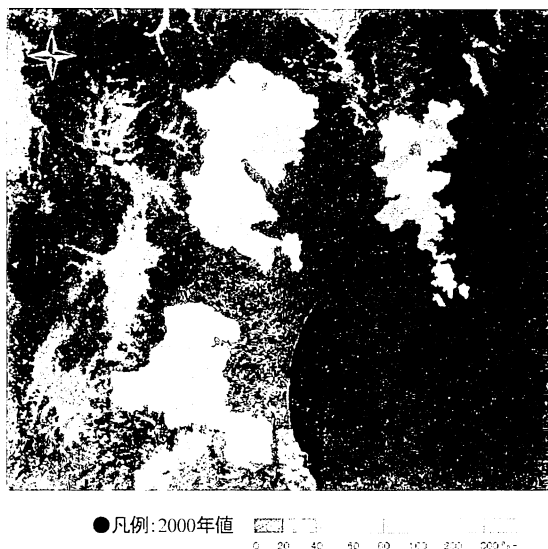


図-13 宮城県における CO₂ 固定容量

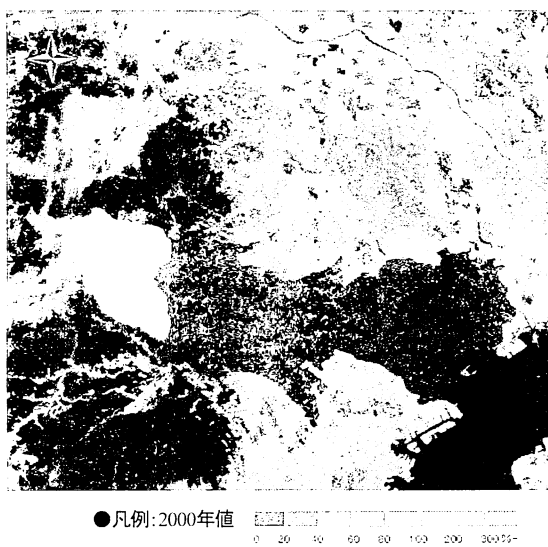


図-14 東京都における CO₂ 固定容量

[香川県における CO₂ 固定容量]

香川県全体での CO₂ 固定容量は、2.2%であり、全国 47 都道府県中では 41 位であった。香川県下の市町村の試算結果は、平均値が 6.9%、最大値が 72.6% (琴南町)、最小値が 0.2% (宇多津町、香南町、飯山町を中心に分布) を示した。

[福岡県における CO₂ 固定容量]

福岡県全体での CO₂ 固定容量は、3.1%であり、全国 47 都道府県中では、40 位であった。福岡県下の市町村の試算結果は、平均値が 17.4%、最大値が 522.6% (矢部村)、最小値が 0.0% (福岡市の区域や、大川市、柳川市、筑後市などを中心に分布) を示した。

5. 成果と課題

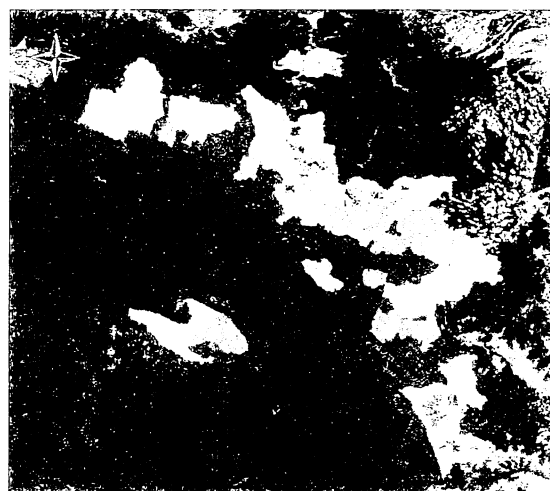
主要都道府県における CO₂ 固定容量は、北海道の 38.5%、新潟県の 14.9%を除き、9.8% (広島県) ~0.3% (大阪府) と、10%以下の容量であり、極めて低い状況であった。

わが国では、CO₂ 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、わが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 CO₂ 量と自然 (森林) が保有する CO₂ 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 (CO₂ 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、CO₂ 固定容量はそのひとつである。

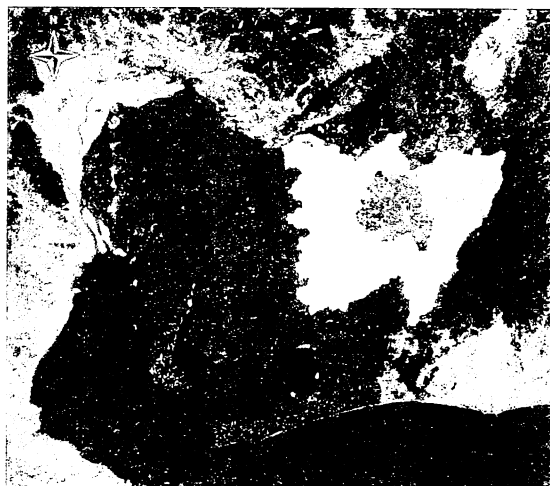
本試算から、CO₂ 固定容量が高い北海道でも、排出量の 3 分の 1 ほどしか固定できない状況にある。日本全域でも森林が保有する CO₂ の固定可能量は、総排出量の約 10%と考えられるが、この極めて低い現状はあまり知られていない。CO₂ 排出量の 25%削減の達成により、排出量と固定量は均衡が保てると想像されるかも知れないが、実態は極めて厳しく、後世にとって十分な目標なのか心配になるところである。

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、それらを統合させ、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 CO₂ 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。CO₂ 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



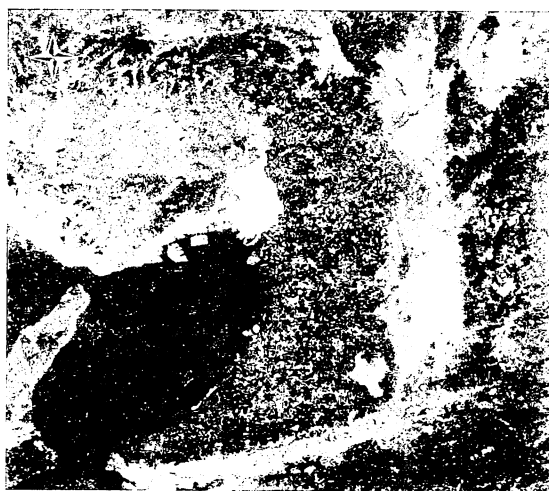
●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100 200 300%

図-15 新潟県における CO₂ 固定容量



●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100 200 300%

図-16 愛知県における CO₂ 固定容量



●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100 200 300%

図-17 大阪府における CO₂ 固定容量

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しつつ、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つなぐ架け橋であり、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) 松岡 譲：「土木技術者と地球温暖化」、『GIS で学ぶ日本のヒト・自然系』（2009、大西文秀）、pp136、弘文堂、2009
- 3) 大西文秀：『環境容量からみた日本の未来可能性』-GIS Map Book for Japanese Futurability-、大阪公立大学共同出版会、2011.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 大西文秀：学際研究を視点と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.
- 7) 大西文秀：流域を単位としたCO₂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.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 大西文秀：流域圏を視点にしたクーリング容量の試算とGISの活用、第16回地球環境シンポジウム講演論文集、2008.
- 11) 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.
- 12) 大西文秀：長野県における環境容量の試算とGISの活用、第18回地球環境シンポジウム講演論文集、2010.
- 13) 大西文秀：天竜川流域における環境容量の試算とGISの活用、第18回地球環境シンポジウム講演論文集、2010.
- 14) 大西文秀：日本の主要流域における環境容量の試算とGISの活用、第18回地球環境シンポジウム講演論文集、2010.
- 15) 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.
- 16) 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.

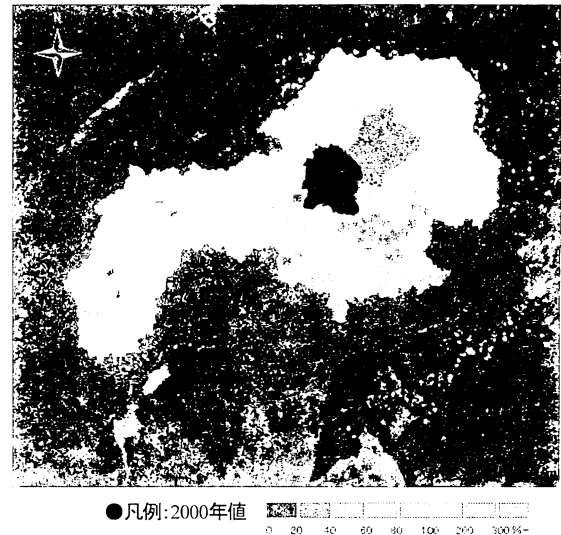


図-18 広島県におけるCO₂固定容量

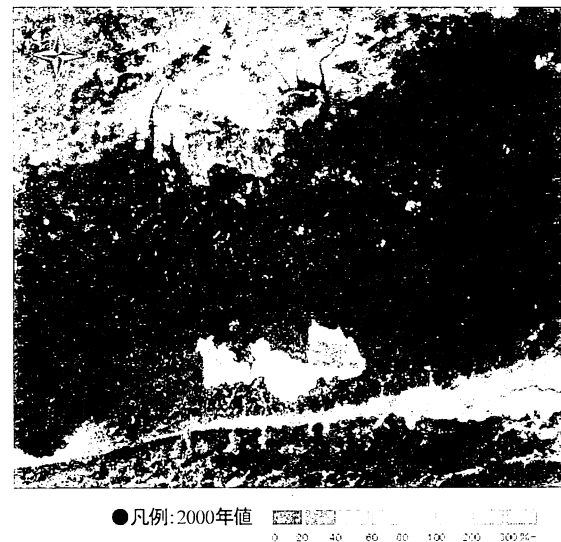


図-19 香川県におけるCO₂固定容量

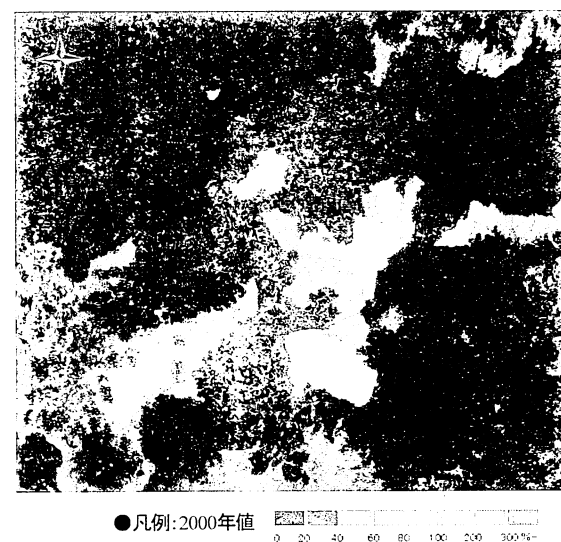


図-20 福岡県におけるCO₂固定容量