

29. 関西地方における環境容量の可視化と 災害リスクへの対応

大西 文秀

ヒト自然系 GIS ラボ (〒630-0133 奈良県生駒市あすか野南 2-6-17)

E-mail : f-onishi@m3.kcn.ne.jp

大都市圏における環境負荷や災害リスクの低減が叫ばれている。本稿では東日本大震災の教訓をもとに、関西地方を構成する 2 府 4 県のヒトと自然の関係を環境容量としてとらえ、環境性、資源性、災害性など環境容量の視点から大都市圏の災害リスクの実態とこれからの在り方を探りたい。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。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、資源、そして災害などについての包括的な環境情報の発信を目指した。本試算により、大都市圏である関西地方における環境容量や潜在力の定量把握が進み、低リスク社会への移行を推進するうえで必要となる、新しい国土計画や社会システム、また政策を創出するための一助になることを期待したい。

Key Words : *Kansai Region, environmental capacity, disaster risk, GIS, sustainable land use, policy scenario*

1. はじめに

大都市圏における環境負荷や災害リスクの低減が急務である。本稿では東日本大震災の教訓をもとに、関西地方の 2 府 4 県の環境、資源、災害性など環境容量の視点から災害リスクの実態とこれからの在り方を探りたい。

本試算では、関西地方を構成する、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県の 2 府 4 県におけるヒトと自然の関係を環境容量としてとらえ、GIS を活用した可視化により、関西地方の環境容量の特性を概観したい。環境、資源、災害問題には密接な関係があり、環境容量を視点に包括的な認識が進むことを期待したい。

2004 年から 2008 年までの 5 回の地球環境シンポジウムでは、我国の 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包括的な究明を進めた。また 2011 年には、茨城県や那珂川流域、また全国の主要 9 都道府県や、東日本大震災の被災地である東北地方の 6 県における環境容量の現状を報告した。

本年は、第 20 回地球環境シンポジウムが開催される京都府が立地する関西地方の環境容量を概観する。大都市圏である関西地方の環境容量の特性把握が進み、低炭素・低リスク社会の構築に寄与できることを期待したい。

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、関西地方を構成する、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県の 2 府 4 県とし、それらを構成する自治体 (市区町村) 単位で環境容量を試算した。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。

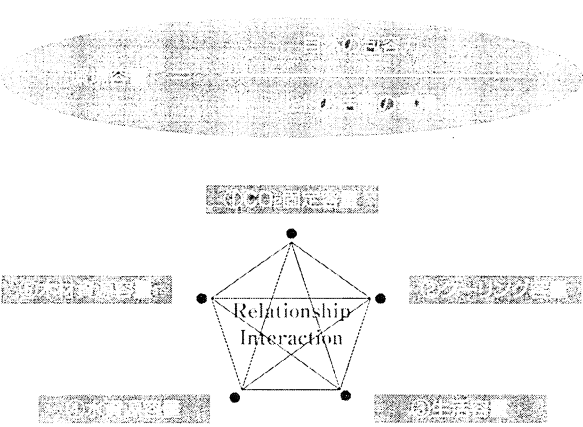


図-1 環境容量の概念と 5 指標の構成

1. CO₂固定容量	環境単位内に存在する森林資源の光合成による固定量 1人当たり排出量に環境単位内人口を乗じた総排出量
2. クーリング容量	地表面の形態の変化による冷却容量の現況量 環境単位が本来森林に覆われた状態で有した冷却容量
3. 生活容量	1人当たりの必要面積をもとに求めた環境単位での自給可能人口 環境単位での現況人口
4. 水資源容量	環境単位での潜在的な水資源量 1人当たり水需要量に環境単位内人口を乗じた総水需要量
5. 木材資源容量	環境単位内に存在する森林資源の成長による供給量 1人当たり木材需要量に環境単位内人口を乗じた総木材需要量

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

上記設定により関西地方の2府4県の環境容量を試算した。図-3～8には、各府県全体での環境容量を5指標のレーダーチャートに示す。レーダーチャートにより視

覚的にも把握できるように、5指標とも我国の47都道府県では低い環境容量値を示しており、関西地方における災害時におけるリスクの高さが示されている。

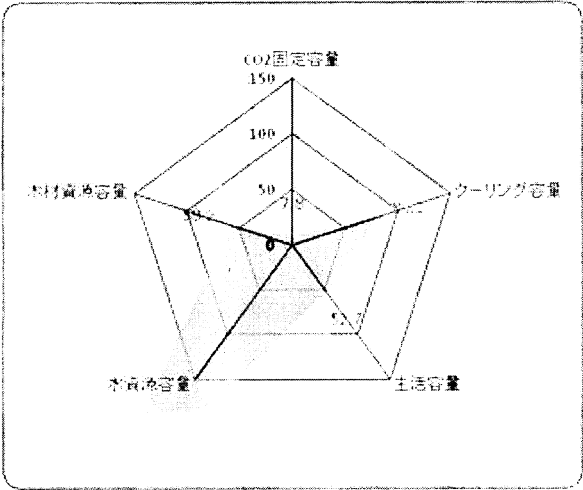


図-3 滋賀県の環境容量

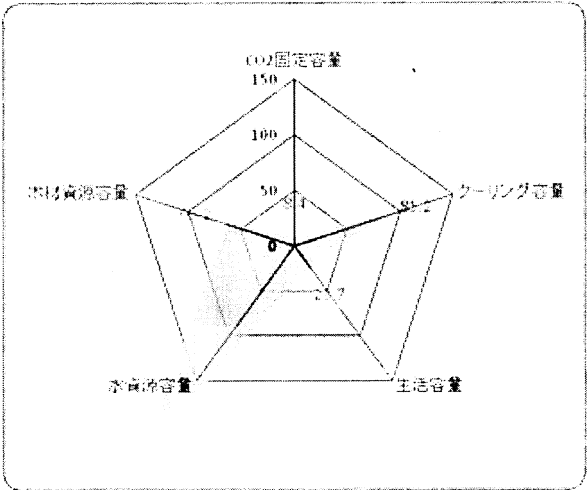


図-4 京都府の環境容量

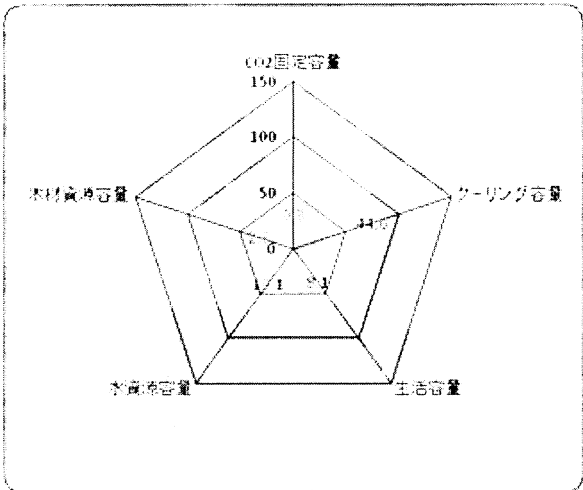


図-5 大阪府の環境容量

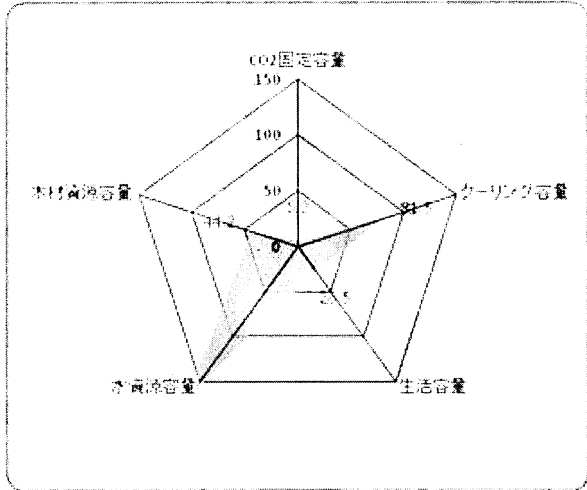


図-6 兵庫県環境容量

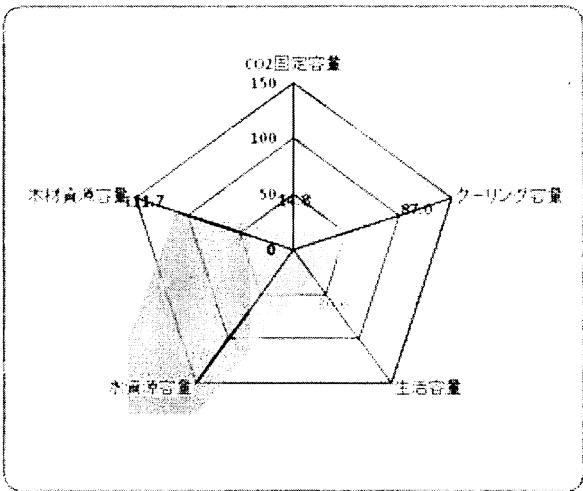


図-7 奈良県の環境容量

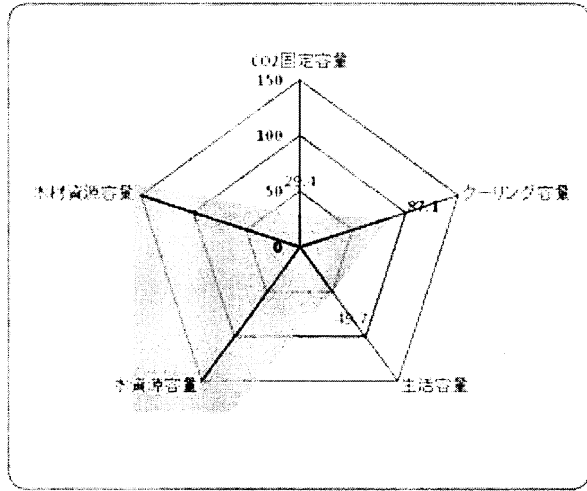


図-8 和歌山県の環境容量

また、図-9～14には、災害時のリスクと関連が強いと考えられる、5 指標のなかの生活容量について市区町村単位での3次元GISによる環境容量の試算結果を示す。次項では、2府4県の生活容量の試算結果を概観する。

〔滋賀県における生活容量〕

滋賀県全体での生活容量は、52.7%であり、全国47都道府県中では31位であった。関西地方では最も高い容量を有するが、自給可能容量の50%強である。滋賀県下の市町村の試算結果は、平均値が92.4%、最大値が215.6%（朽木村）、最小値が19.0%（大津市）を示した。

〔京都府における生活容量〕

京都府全体での生活容量は、23.7%であり、全国47都道府県中では42位であり、低い実態が示された。関西地方では、大阪府の8.1%に次いで低い容量値である。特に南部地域での低い容量が特徴である。京都府下の市区町村の試算結果は、平均値が74.3%、最大値が229.1%（南山城村）、最小値が4.6%（京都市中京区）を示した。

〔大阪府における生活容量〕

大阪府全体での生活容量は、8.1%であり、全国47都道府県中では46位であった。最も低い東京都の5.8%に次いで極めて低い状況である。府下のほぼ全域で容量値が20%以下を示し、災害発生時におけるリスクの高さが示されている。大阪府下の市区町村の試算結果は、平均値が12.0%、最大値が90.5%（能勢町）、最小値が3.1%（大阪市西成区）を示した。

〔兵庫県における生活容量〕

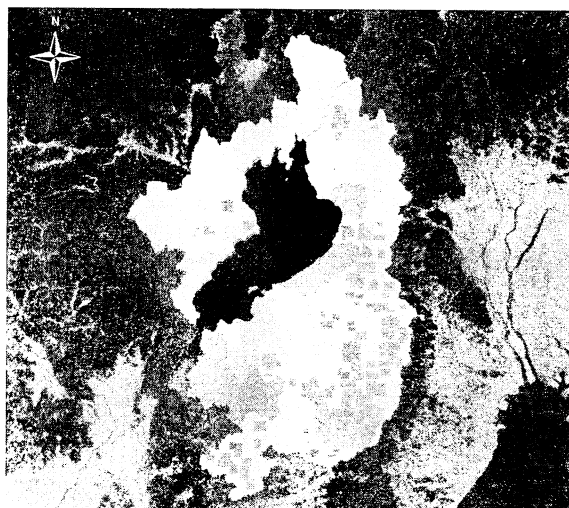
兵庫県全体での生活容量は、26.5%であり、全国47都道府県中では41位であった。兵庫県下の市区町村の試算結果は、平均値が76.6%、最大値が245.7%（村岡町）、最小値が4.9%（神戸市兵庫区）を示した。

〔奈良県における生活容量〕

奈良県全体での生活容量は、30.6%であり、全国47都道府県中では39位であった。奈良県下の市町村の試算結果は、平均値が83.1%、最大値が271.1%（月ヶ瀬村）、最小値が11.0%（王寺町）を示した。

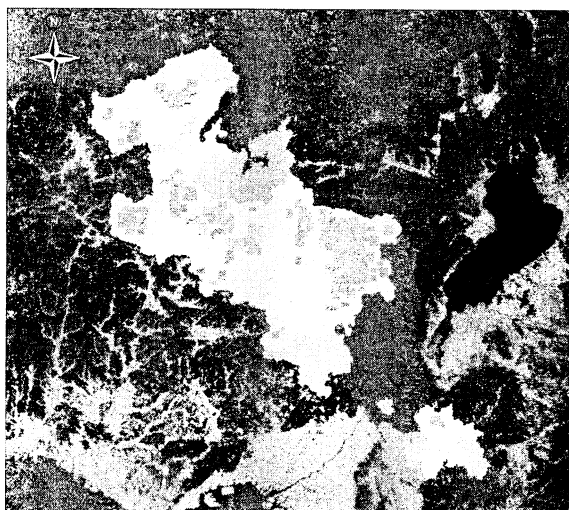
〔和歌山県における生活容量〕

和歌山県全体での生活容量は、49.7%であり、全国47都道府県中では34位であった。関西地方では滋賀県の52.7%に次いで高い容量を有するが、自給可能容量の約50%である。和歌山県下の市町村の試算結果は、平均値が94.9%、最大値が211.1%（美里町）、最小値が18.6%（新宮市）を示した。



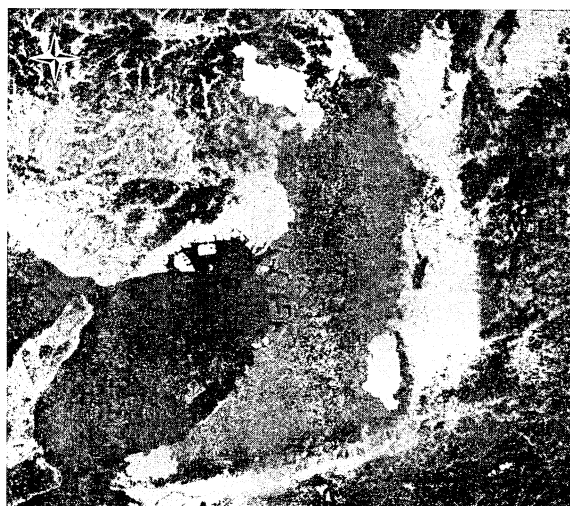
●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100 200 300%+

図-9 滋賀県における生活容量



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

図-10 京都府における生活容量



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

図-11 大阪府における生活容量

5. 成果と課題

関西地方の2府4県全体における環境容量の試算結果を概観すると、CO₂固定容量（5.8%、全国9地方中8位）、クーリング容量（81.2%、同5位）、生活容量（21.5%、同9位）、水資源容量（172.1%、同8位）、木材資源容量（43.6%、同8位）の5指標とも、わが国の9地方では極めて低い状況にある。特に、食糧の自給率や人口密度に関係した指標である生活容量は、全国9地方中、最も低く、自給可能人口の約5倍の人口を有し、災害リスクが極めて高いことを示すとともに、関西地方の将来を考えるうえで改善を図るべき指標と考えられる。

また、生活容量を府県別に概観すると、滋賀県（52.7%、47都道府県中31位）は自給ラインの約半分を有する。京都府（23.7%、同42位）、兵庫県（26.5%、同41位）、奈良県（30.6%、同39位）は自給ラインの23～30%。また大阪府（8.1%、同46位）は自給ラインの10%に満たず、全国的にも容量の低い地方であると言える。

昨年、茨城大学で開催された、第19回地球環境シンポジウムでは、東日本大震災の被災地である東北地方における環境容量の試算と災害リスクについて報告した。関西地方と比較して示すと、東北地方全体での生活容量は113.8%、全国9地方中2位であり、東北地方の6県の生活容量は、自給ラインを下まわった宮城県（70.1%、47都道府県中20位）を除き、福島県（105.0%、同6位）、青森県（119.0%、同5位）、山形県（125.1%、同4位）、秋田県（149.4%、同3位）、岩手県（154.5%、同2位）と、自給ラインを上回り、1位の北海道の243.7%に続く極めて高い状況であった。

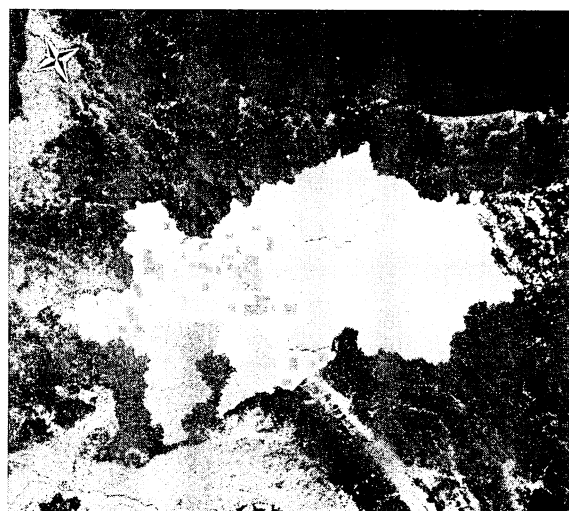
環境容量や人口密度の視点からも、我国のなかでは恵まれた東北地方においてさえ、甚大な被害が発生したことは、大都市圏が多く存在する我国をはじめ、世界の都市域における災害リスクの高さを示すものと考えられる。また、農業、漁業、畜産業、発電などを通じて、首都圏や全国の都市地域の生活や社会を支えてきた東北地方が甚大な被害を受けたことは、我々の生活や社会のあり方に大きな影響と教訓を与えた。

本試算における関西地方の環境容量は極めて低いものであり、災害発生時のリスクの大きさが危惧される。我国の低リスク・低炭素社会を考えるうえで先頭に立って改善を進める必要のある地方である。環境容量が高いことは地域の潜在力に余裕があり、環境容量の低下は、環境に負荷をかけ災害リスクや生活・社会環境の不合理の増大を招くことを意味する。課題は多いが、環境容量の概念を活用することにより、災害性、環境性、資源性を高め、災害リスクの増大が危惧される、関西地方をはじめとした大都市圏や国土全体の改善が進み、未来可能性を高めることにつながることを期待したい。



●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100 200 300%

図-12 兵庫県における生活容量



●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100 200 300%

図-13 奈良県における生活容量



●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100 200 300%

図-14 和歌山県における生活容量

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) 宇根 寛：「書評-GIS で学ぶ日本のヒト・自然系-」、「地図中心」2010-2、vol449、44、日本地図センター、2010.
- 4) 上田純一：「書評-GIS で学ぶ日本のヒト・自然系-」、OMUP ニュースレター、第19号、pp2-3、大阪公立大学共同出版会、2009.
- 5) 平田更一：「書評-GIS で学ぶ日本のヒト・自然系-」、「測量」2009-11、vol704、37、日本測量協会、2009.
- 6) 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、地球環境貢献賞、ニュースレター第48号、土木学会地球環境委員会、2011.
- 7) 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-、第12回環境情報科学センター賞(2012) 受賞対象書籍、183p、大阪公立大学共同出版会(OMUP)、2011.
- 8) 大西文秀：『GIS で学ぶ日本のヒト・自然系』-GIS Map Book for Japanese Humanity and Nature-、第12回環境情報科学センター賞受賞(2012) 対象書籍、弘文堂、2009.
- 9) 大西文秀：『環境容量』、『地球環境学事典』、総合地球環境学研究所編、pp530-531、弘文堂、2010.
- 10) 大西文秀：『環境容量と流域圏から見た低炭素社会』、『融』vol. 18、pp29-32、(財) 大阪地域環境調査会、2010.
- 11) 大西文秀：『日本のバイオリージョン・流域の環境容量』、『BIO-City』No. 42、pp 2-5、ピオシティ、2009.
- 12) 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-、159p、遊タイム出版、2002.
- 13) 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、地球環境貢献賞受賞、ニュースレター第42号、土木学会地球環境委員会、2007.
- 14) 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.
- 15) 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.
- 16) 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.
- 17) 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.
- 18) 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.
- 19) 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.
- 20) 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.
- 21) 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.
- 22) 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.
- 23) 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.
- 24) 大西文秀：GISで観る信州のヒトと自然、地球環境フォーラム講演論文集、第18回地球環境シンポジウム、諏訪東京理科大学2010.
- 25) 大西文秀：茨城県における環境容量の試算とGISの活用、第19回地球環境シンポジウム講演論文集、2011.
- 26) 大西文秀：那珂川流域における環境容量の試算とGISの活用、第19回地球環境シンポジウム講演論文集、2011.
- 27) 大西文秀：日本の都道府県における環境容量の試算とGISの活用、第19回地球環境シンポジウム講演論文集、2011.
- 28) 大西文秀：東北地方における環境容量の試算と災害リスク、第19回地球環境シンポジウム講演論文集、2011.

受賞紹介

第12回 環境情報科学センター賞 受賞

「ヒトと自然の関係の可視化を目指し、日本の環境容量をマップ化した書籍の出版」、大西文秀、2012

対象書籍

●『環境容量からみた日本の未来可能性』
-GIS Map Book for Japanese Futurability-、
大西文秀、大阪公立大学共同出版会(OMUP)、2011.

●『GISで学ぶ日本のヒト・自然系』
-GIS Map Book for Japanese Humanity and Nature-、
大西文秀 弘文堂、2009.

