

24. 天竜川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

社会の持続性や自立性を高めるためには、地域における流域環境の改善が重要であるとの認識が進んでいる。本年の地球環境シンポジウムは、長野県茅野市で開催され、天竜川流域の源流である諏訪湖地域に立地することから、流域やそれを構成する自治体の環境容量の試算を通じ、天竜川流域のヒトと自然の包括的な関係を報告したい。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、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、エコロジカルな空間単位として重要視されている流域の環境容量の定量化や可視化が進み、流域圏の再生を進めるための環境計画や環境デザイン、またライフスタイルのあり方について、ヒトと自然の関係という視点から学際的な認識と検討が可能になると考えられる。

Key Words : *Chino-city, Suwa-city, Tenryugawa Watershed, environmental capacity, GIS, low carbon society*

1. はじめに

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、地域社会における流域環境の改善が重要であるとの認識が進んでいる。また、地球温暖化をはじめ、食糧やエネルギー問題が顕在化し、その対応が急務となっている。これらの課題の多くは、自然空間単位としての流域におけるヒトの活動の集積が、自然の包容力を超えたことにより起こるものと考えられ、流域環境容量を視点にした改善への取り組みが必要と考えられる。

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。^{1), 2), 3), 4), 5), 6), 7), 8), 9) 10), 11)}

本年の第 18 回地球環境シンポジウムは、長野県茅野市で開催され、天竜川流域の源流である諏訪湖地域に立地することから、流域やそれを構成する自治体の環境容量の試算を通して、天竜川流域のヒトと自然の包括的な関係を報告する。また別稿で報告している長野県や日本の主要流域における環境容量についても参照され、わが国の環境容量についての理解が進むことを期待する。

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、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。試算地域は天竜川流域とし、立地自治体は、2000 年時点での自治体区分、49 市町村 (11 市、16 町、22 村) とした。地域環境データは居住人口、年間降水量、森林蓄積量、土地利用別面積、1 人当たり原単位値をデータベース化した。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 の排出量と固定量の試算によりその需給量の関係を基本とした。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。

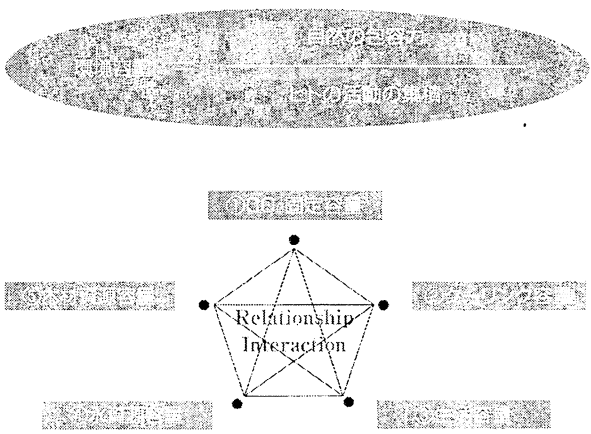


図-1 環境容量の概念と 5 指標の構成

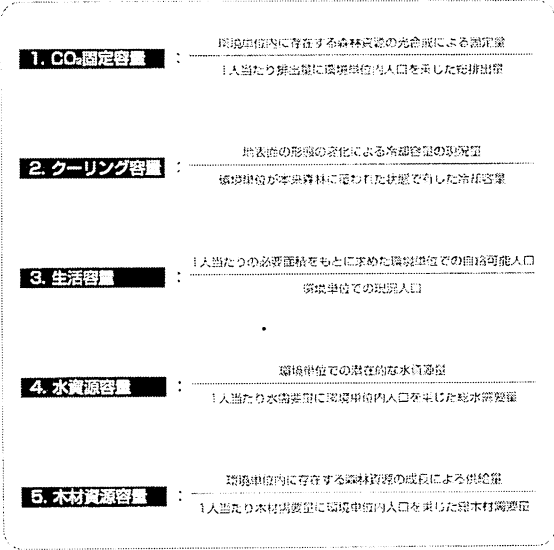


図-2 環境容量の 5 指標の試算方法

[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

以上の設定により試算した天竜川流域における環境容量をGISの3次元画像により図-3～7に示す。概観すると、天竜川流域全体での環境容量は、全国109の1級水系の順位では、高い方から、CO₂固定容量が42位、クーリング容量が36位、生活容量が71位、水資源容量が47位、木材資源容量が42位を示した。多くの指標で中庸よりやや高い容量値を示した。次に5指標の試算概要を示す。

【CO₂固定容量】

天竜川流域全体では32.0%を示した。これは、全国の1級水系の平均値の48.9%から見ると、高い方から109の1級水系中の42位にあたる容量値である。41位は阿賀野川流域、43位は千代川流域である。また、天竜川流域を構成する市町村の試算結果は、平均値が177.9%、最大値が1186.5%（富山村・愛知県）、最小値が0.02%（豊田町・静岡県）を示した。

【クーリング容量】

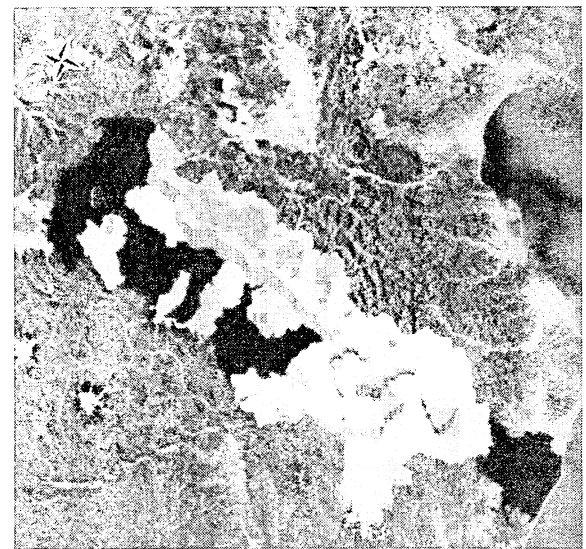
天竜川流域全体では88.5%を示した。これは、全国の1級水系の平均値の81.8%から見ると、高い方から109の1級水系中の36位にあたる容量値である。35位は四万十川流域、37位は子吉川流域である。また、天竜川流域を構成する市町村の試算結果は、平均値が83.3%、最大値が97.2%（浪合村・長野県）、最小値が34.6%（浜松市・静岡県）を示した。

【生活容量】

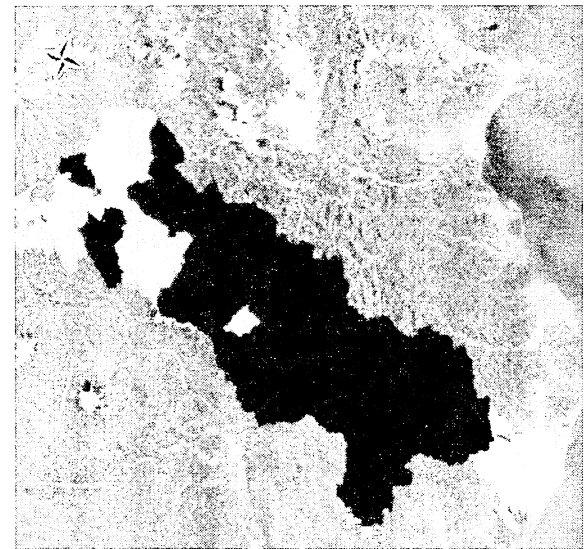
天竜川流域全体では71.1%を示した。これは、全国の1級水系の平均値の156.7%から見ると、高い方から109の1級水系中の71位にあたる容量値である。70位は九頭竜川流域、72位は土器川流域である。また、天竜川流域を構成する市町村の試算結果は、平均値が170.9%、最大値が730.9%（大鹿村・長野県）、最小値が20.6%（下諏訪町・長野県）を示した。

【水資源容量】

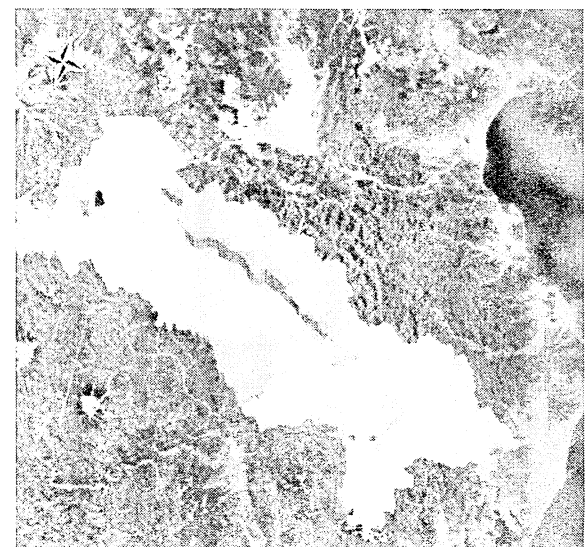
天竜川流域全体では1016.1%を示した。これは、全国の1級水系の平均値の1575.5%から見ると、高い方から109の1級水系中の47位にあたる容量値である。46位は留萌川流域、48位は千代川流域である。また、天竜川流域を構成する市町村の試算結果は、平均値が5852.2%、最大値が33160.5%（富山村・愛知県）、最小値が23.9%（浜松市・静岡県）を示した。



●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100 200 300%
図-3 CO₂固定容量



●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100%
図-4 クーリング容量



●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100 200 300%
図-5 生活容量

〔木材資源容量〕

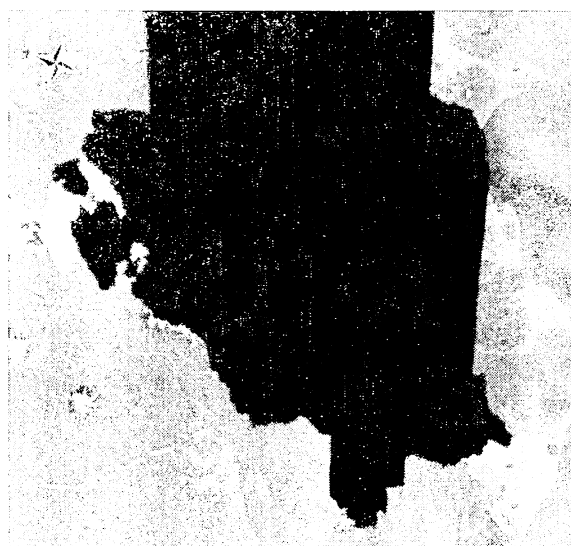
天竜川流域全体では 241.6%を示した。これは、全国の 1 級水系の平均値の 369.3%から見ると、高い方から 109 の 1 級水系中の 42 位にあたる容量値である。41 位は阿賀野川流域、43 位は千代川流域である。また、天竜川流域を構成する市町村の試算結果は、平均値が 1343.7%、最大値が 8959.3%（富山村・愛知県）、最小値が 0.14%（豊田町・静岡県）を示した。

5. 成果と課題

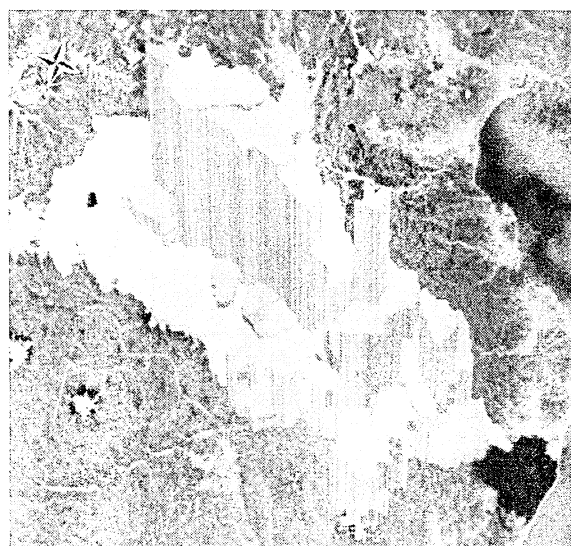
天竜川流域の環境容量を概観し特徴的なことは、源流域と河口域で環境容量が低いことであり、わが国では平均的な、河口域の低い環境容量を豊かな上流域が支えるという形と異なる特長を持っていることである。これは河口域に浜松市、源流域に茅野市や諏訪市などの都市が立地するという流域特性によるものである。流域全体での環境容量値は、109 の 1 級水系中で概ね中庸より良い状況であるが、市町村単位で見ると、CO₂ 固定容量では、上流域から中流域、また河口域の広い範囲で 20%以下の低い状況である。流域全体で比較的高い容量を保持できているのは、環境容量の高い左岸地域に支えられているという特性によるものである。このような流域特性を持つため、流域に関係する行政や市民により先進的な環境保全や災害防止活動が展開されてきた。今後も流域環境の改善や再生がさらに重要視され、流域における都市域でのライフスタイルや環境計画、また環境デザインのあり方には一層の注意や改善が必要になると考えられる。

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 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.
- 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.
- 8) 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.
- 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-6 水資源容量



● 凡例:2000年値
0 20 40 60 80 100 200 300%-
図-7 木材資源容量