

## 36. 北上川流域における環境容量の試算と GIS による可視化

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

社会の持続性や自立性、また防災性の向上には、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、北上川流域の下流域に立地する宮城県で開催されることから、流域やそれを構成する自治体の環境容量の試算を通じ、北上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、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流域の環境容量の定量化や可視化が進み、流域環境の再生を進めるための環境計画や土地利用、またライフスタイルや社会のあり方について、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 :** Kitakami-gawa Watershed, environmental capacity, GIS, low carbon society, low risk society

### 1. はじめに

社会の持続性や自立性、また防災性の向上には、自然空間単位としての流域環境の改善が重要で不可欠であるとの認識が進んでいる。多くの問題は、自然空間単位としての流域に対する認識や配慮の欠如や、流域におけるヒトの活動の集積が、自然の包容力を超えることにより発生すると考えられ、流域環境容量を視点にした、環境や資源、また災害問題などに包括的に対応する、流域環境システムへの理解と普及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、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 2010 年から 2012 年には、これらの成果を活用し、天竜川流域、那珂川流域、琵琶湖・淀川流域での環境容量の試算結果を報告し、地域の流域におけるヒトと自然の定量的な関係の究明を進め、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るための環境情報の発信やシステムの創造を目指した。

本年の第 21 回地球環境シンポジウムは、宮城県で開催され、北上川流域の下流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と GIS による可視化により、北上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宮城県や地方区分における環境容量についても参照され、我国の流域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、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。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。試算地域は北上川流域とし、立地自治体は、2000 年時点での自治体区分、63 市町村(9 市、46 町、8 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。

[CO<sub>2</sub> 固定容量]

環境単位での CO<sub>2</sub> の排出量と可能 CO<sub>2</sub> 固定量の試算によりその関係を計ることを基本とした。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。

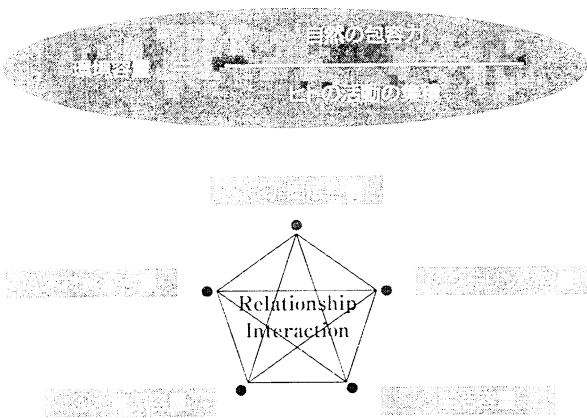


図-1 環境容量の概念と 5 指標の構成

|                         |                                                         |
|-------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1. CO <sub>2</sub> 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<br>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値<br>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<br>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<br>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<br>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

上記の設定により試算した北上川流域における環境容量をレーダーチャートとGISの3次元画像により図-3～8に示す。概観すると、北上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、CO<sub>2</sub> 固定容量が 52 位、クーリング容量が 63 位、生活容量が 25 位、水資源容量が 63 位、木材資源容量が 52 位を示した。

[CO<sub>2</sub> 固定容量]

北上川流域全体では 28.2%を示した。全国 109 の 1 級水系の平均値は 48.9%であり、高い方から 52 位にあたる容量値である。51 位は久慈川流域、53 位は留萌川流域である。また、北上川流域を構成する市区町村の試算結果は、平均値が 58.0%、最大値が 535.7%（宮城県花山村）、最小値が 0.0%（宮城県南郷町）を示した。

[クーリング容量]

北上川流域全体では 81.9%を示した。全国 109 の 1 級水系の平均値は 81.8%であり、高い方から 63 位にあたる容量値である。62 位は土器川流域、64 位は尻別川流域である。また、北上川流域を構成する市区町村の試算結果は、平均値が 77.1%、最大値が 94.4%（宮城県花山村）、最小値が 56.2%（宮城県小牛田町）を示した。

[生活容量]

北上川流域全体では 151.0%を示した。全国 109 の 1 級水系の平均値は 156.7%であり、高い方から 25 位にあたる容量値である。24 位は球磨川流域、26 位は鳴瀬川流域である。また、北上川流域を構成する市区町村の試算結果は、平均値が 233.2%、最大値が 692.6%（岩手県松尾村）、最小値が 25.4%（宮城県石巻市）を示した。

[水資源容量]

北上川流域全体では 623.3%を示した。全国の 1 級水系の平均値は 1575.5%であり、高い方から 63 位にあたる容量値である。62 位は馬淵川流域、64 位は高瀬川流域である。また、北上川流域を構成する市区町村の試算結果は、平均値が 1459.3%、最大値が 14532.7%（宮城県花山村）、最小値が 19.1%（宮城県小牛田町）を示した。

[木材資源容量]

北上川流域全体では 213.2%を示した。全国の 1 級水系の平均値は 369.3%であり、高い方から 52 位にあたる容量値である。51 位は久慈川流域、53 位は留萌川流域である。また、北上川流域を構成する市区町村の試算結果は、平均値が 437.8%、最大値が 4045.0%（宮城県花山村）、最小値が 0.0%（宮城県南郷町）を示した。

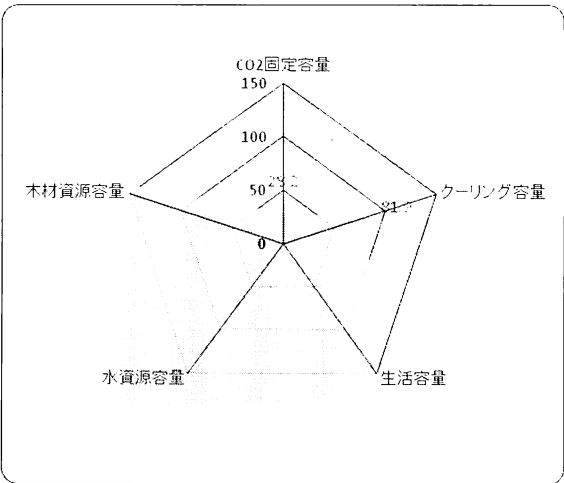


図-3 北上川流域の環境容量  
(5 指標レーダーチャート)

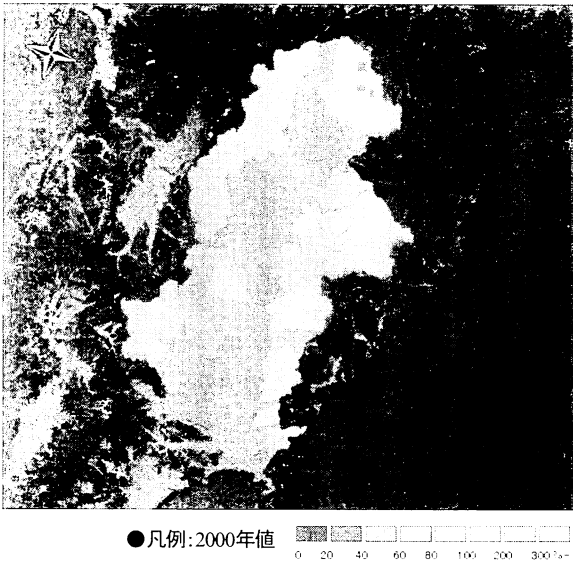


図-4 CO<sub>2</sub> 固定容量

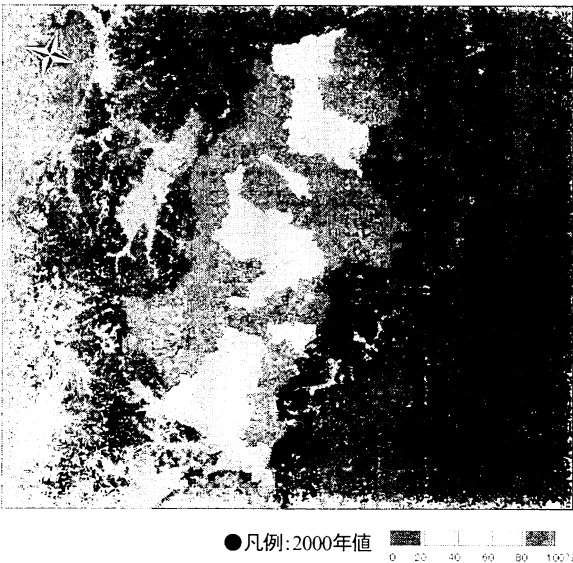


図-5 クーリング容量

## 5. 成果と課題

北上川流域の環境容量は、全国 109 の 1 級水系の流域では、生活容量以外は中庸より低い水準であった。しかし全国第 4 位の流域面積を持つ大型流域としては、高い環境容量を有していると考えられる。

全国 9 地方を代表する、石狩川、北上川、利根川、信濃川、木曽川、淀川、太田川、吉野川、筑後川の 9 流域中では、CO<sub>2</sub> 固定容量が 2 位、クーリング容量が 4 位、生活容量が 1 位、水資源容量が 3 位、木材資源容量が 2 位と高い容量値を示した。特に生活容量は、同 2 位の石狩川流域の 98.3% を上回る 151.0% を示し、唯一自給可能容量の 100% を超えている。しかしクーリング容量では 81.9% で同 4 位、水資源容量も 623.3% で同 3 位と中庸の順位を示した。クーリング容量の低下要因は、流域の耕地化や都市化による排熱吸収量の低下、水資源容量においても、森林減少による降水の地中浸透量の低下や、冬の積雪量が少なく、流域の年間降水量も全国の年間平均降水量より少ないことが要因と考えられる。

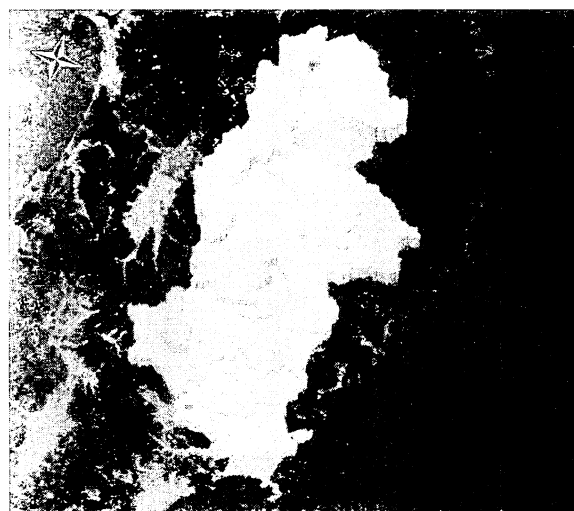
北上川流域の豊かな環境容量を保持しつつ、森林育成を進め、低下した環境容量の回復を図る活動が必要であると考えられる。

### 参考引用文献

- 1) 大西文秀：『流域図からみた日本の環境容量』-GIS Map Book for Japanese River Basin-、222p、大阪公立大学共同出版会、2013.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 大西文秀：『環境容量からみた日本の未来可能性』-GIS Map Book or 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、2011.
- 5) 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 (2012) 受賞対象書籍、弘文堂、2009.
- 6) 大西文秀：琵琶湖・淀川流域における環境容量の試算と GIS による可視化、第 20 回地球環境シンポジウム講演論文集、2012.
- 7) 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、地球環境優秀講演賞、土木学会地球環境委員会、2011.
- 8) 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.
- 9) 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.

### 【受賞報告】 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.



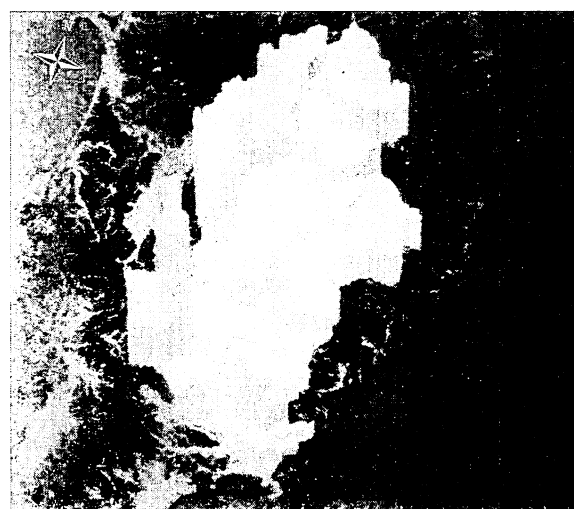
●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100 200 300%

図-6 生活容量



●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100 200 300%

図-7 水資源容量



●凡例:2000年値 0 20 40 60 80 100 200 300%

図-8 木材資源容量