

<総説>

日本の流域圏におけるヒトと自然の関係 — 流域環境容量の GIS を活用した可視化 —

大西 文秀*

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。本稿では、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を活用し試算し可視化することにより、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し、流域圏の再生の一助としたい。

筆者は、40年前の卒論や修士論文、また1999年の博士論文でも、流域（集水域）の環境容量をテーマにしてきた。2004年から2008年までの土木学会の地球環境シンポジウムでは、日本の大都市圏を対象に、三大都市圏の環境容量をテーマに発表した。2009年は沖縄県の環境容量。また2010年から2014年には、天竜川、那珂川、琵琶湖・淀川、北上川、利根川の流域環境容量を、GISを用いた可視化により発表した。この間、『もうひとつの宇宙船をたずねて』（2002）、『GISで学ぶ日本のヒト・自然系』（2009）、『環境容量からみた日本の未来可能性』（2011）、『流域圏からみた日本の環境容量』（2013）などを上梓した。流域圏の環境容量を永くテーマにしたことにより、地球環境優秀講演賞（2010）や第12回環境情報科学センター賞（2012）など過分な光栄な賞をいただいた。一層精進したい。

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、そのバランス状態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

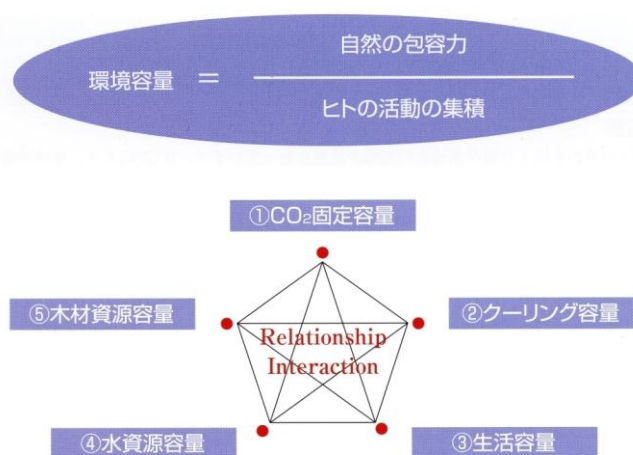


図-1 環境容量の概念と5指標の構成

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

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。(詳細は、参考引用文献を参照。)

【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間を基本とした。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観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。

【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。

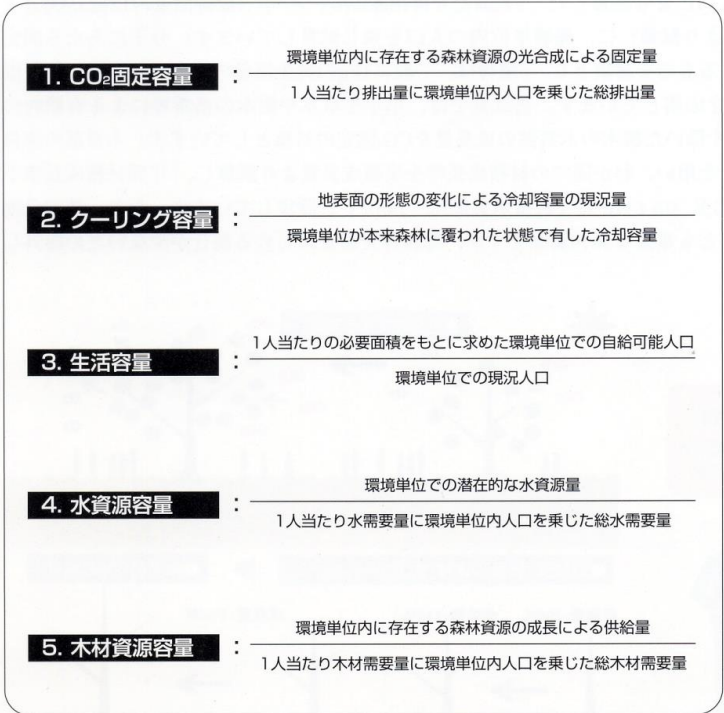


図-2 環境容量の 5 指標の試算方法

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. 日本の流域区分・全国 109 の一級水系の流域

日本には、社会経済や国土管理のために重要と定められた一級水系が 109 あり、自然空間単位・バイオリジョンとしての流域を持っている。図-3 には、日本の流域区分と 109 の一級水系の流域を示す。



図-3 日本の流域区

- 【北海道地方】 1. 天塩川, 2. 渚滑川, 3. 湧別川, 4. 常呂川, 5. 網走川, 6. 留萌川, 7. 石狩川, 8. 尻別川, 9. 後志利別川, 10. 鵲川, 11. 沙流川, 12. 釧路川, 13. 十勝川
- 【東北地方】 14. 岩木川, 15. 高瀬川, 16. 馬淵川, 17. 北上川, 18. 鳴瀬川, 19. 名取川, 20. 阿武隈川, 21. 米代川, 22. 雄物川, 23. 子吉川, 24. 最上川, 25. 赤川
- 【関東地方】 26. 久慈川, 27. 那珂川, 28. 利根川, 29. 荒川, 30. 多摩川, 31. 鶴見川, 32. 相模川
- 【中部地方①北陸・甲信越】 33. 荒川, 34. 阿賀野川, 35. 信濃川, 36. 関川, 37. 姫川, 38. 黒部川, 39. 常願寺川, 40. 神通川, 41. 庄川, 42. 小矢部川, 43. 手取川, 44. 梯川, 67. 九頭竜川, 68. 北川
- 【中部地方②東海】 45. 狩野川, 46. 富士川, 47. 安倍川, 48. 大井川, 49. 菊川, 50. 天竜川, 51. 豊川, 52. 矢作川, 53. 庄内川, 54. 木曽川, 55. 鈴鹿川, 56. 雲出川, 57. 櫛田川, 58. 宮川
- 【関西地方】 59. 由良川, 60. 淀川, 61. 大和川, 62. 円山川, 63. 加古川, 64. 揖保川, 65. 紀ノ川, 66. 熊野川
- 【中国地方】 69. 千代川, 70. 天神川, 71. 日野川, 72. 斐伊川, 73. 江の川, 74. 高津川, 75. 吉井川, 76. 旭川, 77. 高梁川, 78. 芦田川, 79. 太田川, 80. 小瀬川, 81. 佐波川
- 【四国地方】 82. 吉野川, 83. 那賀川, 84. 土器川, 85. 重信川, 86. 肱川, 87. 物部川, 88. 仁淀川, 89. 四万十川

【九州地方】90. 遠賀川, 91. 山国川, 92. 筑後川, 93. 矢部川, 94. 松浦川, 95. 六角川, 96. 嘉瀬川, 97. 本明川, 98. 菊池川, 99. 白川, 100. 緑川, 101. 球磨川, 102. 大分川, 103. 大野川, 104. 番匠川, 105. 五ヶ瀬川, 106. 小丸川, 107. 大淀川, 108. 川内川, 109. 肝属川

5. 試算結果

上記の設定により、全国主要9流域の流域環境容量を試算した。図-4～12には、5指標の解析結果をレーダーチャートで示す。

レーダーチャートのパターンにより、日本の流域圏の環境容量の厳しい状況を概観することができる。また主要9流域の中では、東北地方の北上川流域や東海地方の木曽川流域、また四国地方の吉野川流域で環境容量が高い傾向が見られる。一方、関東地方の利根川流域や関西地方の淀川流域、また中国地方の太田川流域では、厳しい環境容量の状況が見られる。また、北海道地方の石狩川流域や北陸地方の信濃川流域、九州地方の筑後川流域はそれらの中庸の環境容量を有していると考えられる。

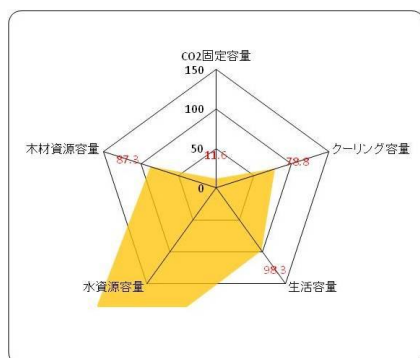


図-4 石狩川流域の環境容量

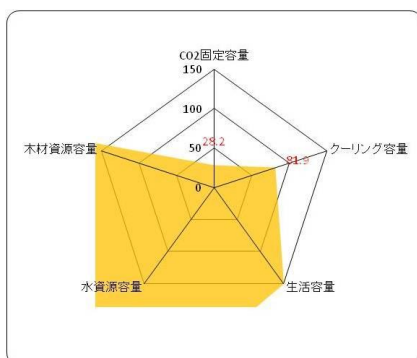


図-5 北上川流域の環境容量

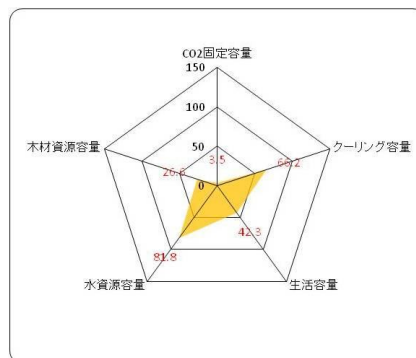


図-6 利根川流域の環境容量

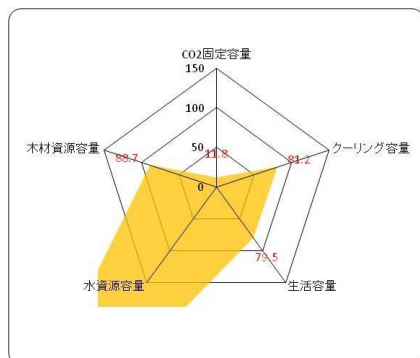


図-7 信濃川流域の環境容量

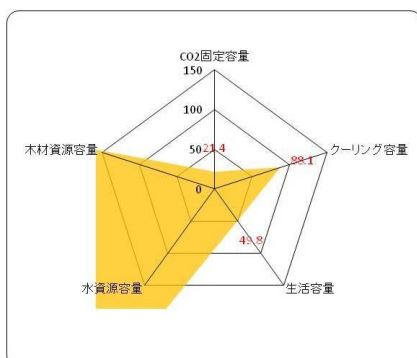


図-8 木曽川流域の環境容量

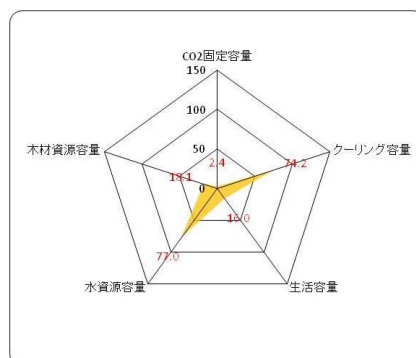


図-9 淀川流域の環境容量

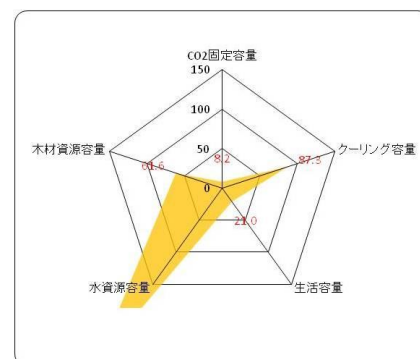


図-10 太田川流域の環境容量

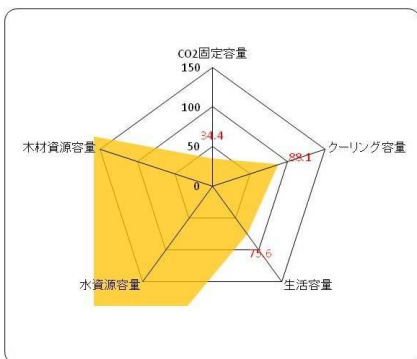


図-11 吉野川流域の環境容量

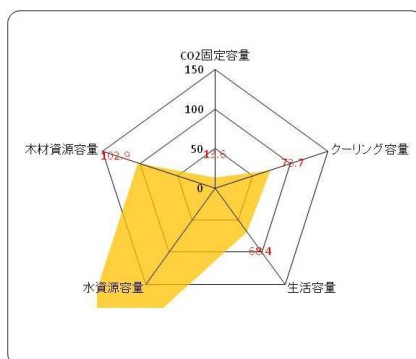


図-12 筑後川流域の環境容量

次に、主要9流域の5指標の環境容量の試算結果を示す。また図-13～21には、主要9流域内の環境容量の分布状況を把握するため、人口問題や食料自給と関連の深い5指標のなかの生活容量について、市区町村単位での、三次元GIS画像による解析結果を示す。

[石狩川流域における環境容量]

石狩川流域全体での環境容量は、CO₂ 固定容量が11.6%（主要9流域中6位、全国の109の一級水系の流域中83位）、クーリング容量が78.8%（同6位、同73位）、生活容量が98.3%（同2位、同48位）、水資源容量が336.8%（同5位、同86位）、そして木材資源容量が87.3%（同6位、同83位）を示した。

[北上川流域における環境容量]

北上川流域全体での環境容量は、CO₂ 固定容量が28.2%（主要9流域中2位、全国の109の一級水系の流域中52位）、クーリング容量が81.9%（同4位、同63位）、生活容量が151.0%（同1位、同25位）、水資源容量が623.3%（同3位、同63位）、そして木材資源容量が213.2%（同2位、同52位）を示した。

[利根川流域における環境容量]

利根川流域全体での環境容量は、CO₂ 固定容量が3.5%（主要9流域中8位、全国の109の一級水系の流域中101位）、クーリング容量が66.2%（同9位、同102位）、生活容量が42.3%（同7位、同94位）、水資源容量が81.8%（同8位、同103位）、そして木材資源容量が26.6%（同8位、同101位）を示した。

[信濃川流域における環境容量]

信濃川流域全体での環境容量は、CO₂ 固定容量が11.8%（主要9流域中5位、全国の109の一級水系の流域中82位）、クーリング容量が81.2%（同5位、同65位）、生活容量が79.5%（同3位、同66位）、水資源容量が533.1%（同4位、同72位）、そして木材資源容量が88.7%（同5位、同82位）を示した。

[木曽川流域における環境容量]

木曽川流域全体での環境容量は、CO₂ 固定容量が21.4%（主要9流域中3位、全国の109の一級水系の流域中62位）、クーリング容量が88.1%（同2位、同40位）、生活容量が49.8%（同6位、同84位）、水資源容量が849.9%（同2位、同55位）、そして木材資源容量が161.3%（同3位、同62位）を示した。

[淀川流域における環境容量]

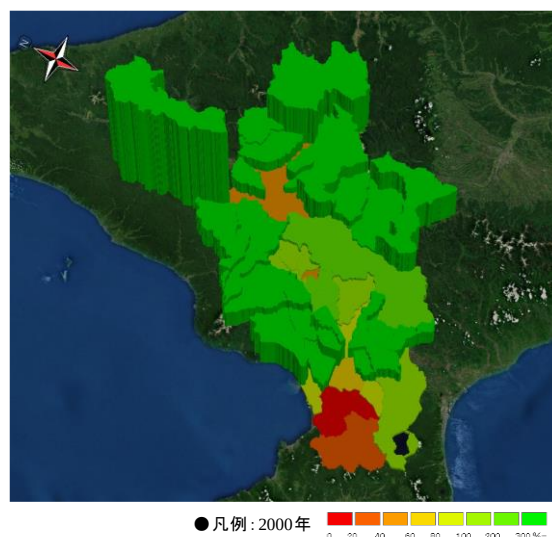


図-13 石狩川流域における生活容量

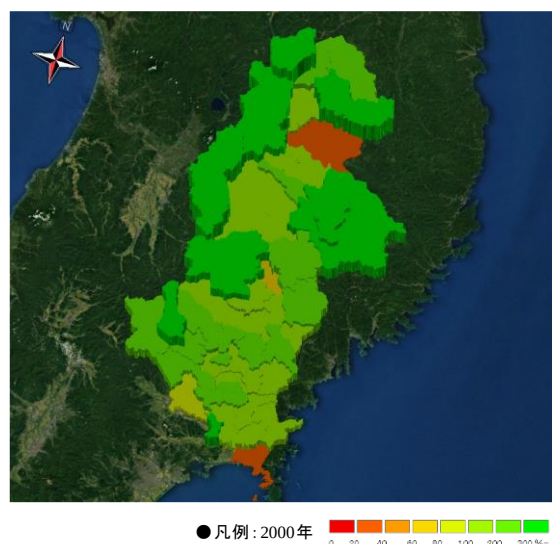


図-14 北上川流域における生活容量

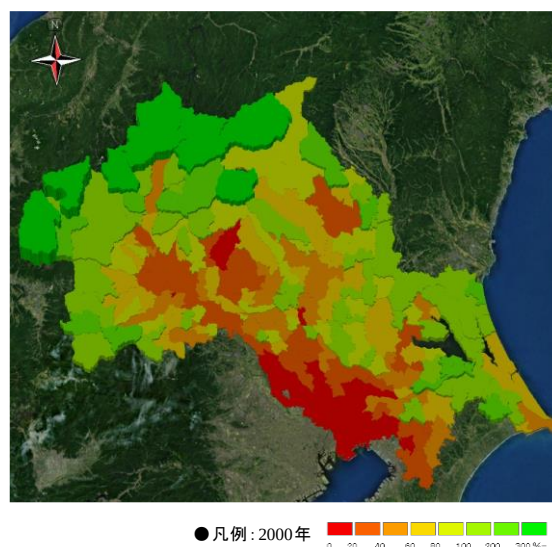


図-15 利根川流域における生活容量

淀川流域全体での環境容量は、CO₂固定容量が2.4%（主要9流域中9位、全国の109の一級水系の流域中104位）、クーリング容量が74.2%（同7位、同89位）、生活容量が16.0%（同9位、同105位）、水資源容量が77.0%（同9位、同104位）、そして木材資源容量が18.1%（同9位、同104位）を示した。

〔太田川流域における環境容量〕

太田川流域全体での環境容量は、CO₂固定容量が8.2%（主要9流域中7位、全国の109の一級水系の流域中89位）、クーリング容量が87.3%（同3位、同45位）、生活容量が21.0%（同8位、同102位）、水資源容量が268.5%（同7位、同91位）、そして木材資源容量が61.6%（同7位、同89位）を示した。

〔吉野川流域における環境容量〕

吉野川流域全体での環境容量は、CO₂固定容量が34.4%（主要9流域中1位、全国の109の一級水系の流域中40位）、クーリング容量が88.1%（同1位、同39位）、生活容量が75.6%（同4位、同69位）、水資源容量が1090.8%（同1位、同43位）、そして木材資源容量が259.9%（同1位、同40位）を示した。

〔筑後川流域における環境容量〕

筑後川流域全体での環境容量は、CO₂固定容量が13.6%（主要9流域中4位、全国の109の一級水系の流域中76位）、クーリング容量が73.7%（同8位、同90位）、生活容量が68.4%（同5位、同73位）、水資源容量が331.9%（同6位、同87位）、そして木材資源容量が102.9%（同4位、同76位）を示した。

6. 成果と課題

バイオリージョン（自然生命圏）としての流域は自然空間単位であり、どれもエコロジカルで魅力的な形態を有している。また日本には、社会生活や国土管理のために重要と定められた一級水系が109あり、自然空間単位・バイオリージョンとしての流域を持っている。

本稿で環境容量を試算した主要9流域、北海道地方の石狩川流域も特徴的な形態をしており、札幌市や旭川市などが立地している。東北地方の北上川流域には、盛岡市や石巻市などが立地している。関東地方の利根川流域は、国内では最大の流域面積を有している。中部地方・北陸甲信越の信濃川流域は、上流には長野市や松本市が立地し、河口には新潟市が立地している。中部地方・東海の木曽川流域では、木曽三川を集め伊勢湾に流入している。関西地方の淀川流域は、琵琶湖

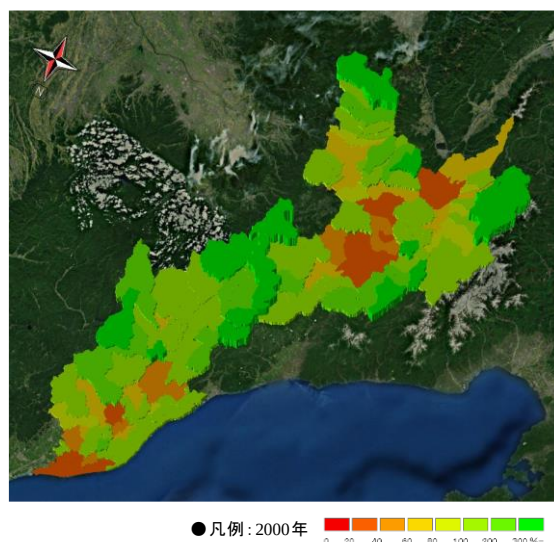


図-16 信濃川流域における生活容量

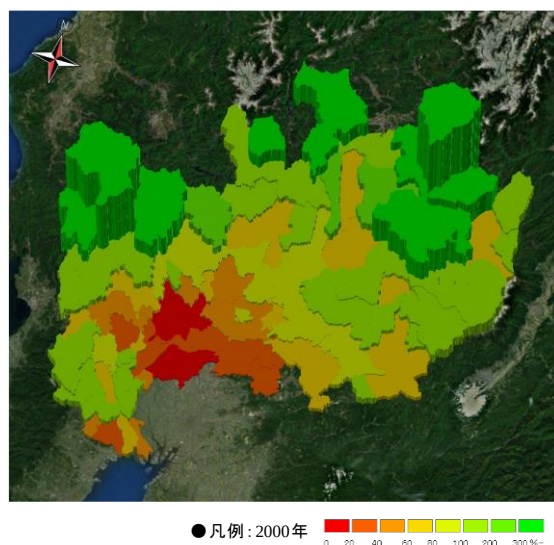


図-17 木曽川流域における生活容量

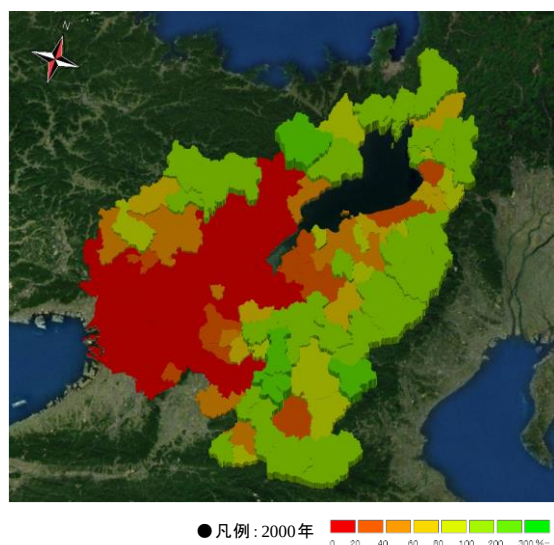


図-18 淀川流域における生活容量

を有し、大阪市、京都市、大津市が立地している。中国地方の太田川流域には、河口に広島市が立地し、中国地方最大の人口を有している。四国地方の吉野川流域には、河口に徳島市が立地し、源流は高知県にある。また、九州地方の筑後川流域は九州地方最大の流域面積を有し、これらや他の流域が合体し国土を形成している。

本稿での、日本全国の主要な9流域の試算結果により、流域におけるヒトの活動の集積と自然が持つ包容力の関係を、定量的に包括的に把握することが可能になり、流域環境容量の厳しい状況が把握できた。また三次元のGIS画像により、流域内の環境容量の分布状態を見ることが可能になり、流域に立地する大都市により、流域全体の環境容量が大きな影響を受けていることを把握することができた。

大都市は単独では持続することができない。周辺地域の支えがあり、始めて持続することができると考えられる。「上流域と下流域」、「都市域と自然域」、「都市域と農山村域」などの相互関係への理解や認識が必要である。また、流域圏の階層構造により、環境への影響圏の予測も可能になる。

日本の国土は、バイオリージョンとしての流域が、モザイクのように組み合わせり構成されており、それぞれの流域におけるヒトと自然の関係が、バランスを保つことにより、国土全体の持続性やヒトと自然の関係も、そのバランスが維持されると考えられる。

わが国における、流域環境の改善は必要不可欠であり、改善が国土や生活や社会にもたらす効果や影響は大きいと考えられる。長期にわたり改変された流域環境の改善は容易ではない。しかし流域環境容量の概念を活用し英知を結集して、流域環境の改善計画を策定し実行していくことが、国土における環境性、資源性、防災性の向上への礎になるものと考えられる。

(原稿受付 2014年7月22日)

【参考引用文献】

- 1) 大西文秀 (2013) :『流域圏からみた日本の環境容量』－日本のバイオリージョン・全国109流域3D-GIS MAP－,第12回環境情報科学センター賞 受賞記念出版, 222p オールカラーページ, 大阪公立大学共同出版会.
- 2) 大西文秀 (2011) :『環境容量からみた日本の未来可能性』－低炭素・低リスク社会への47都道府県3D-GIS MAP－,第12回環境情報科学センター賞 受賞対象書籍, 183p オールカラーページ, 大阪公立大学共同出版会.
- 3) 大西文秀 (2009) :『GISで学ぶ日本のヒト・自然系』－全国環境容量GIS MAP－,第12回環境情報科学センター賞 受賞対象書籍,167p オールカラーページ, 弘文堂.
- 4) 大西文秀 (2009) :「日本のバイオリージョン・流域の

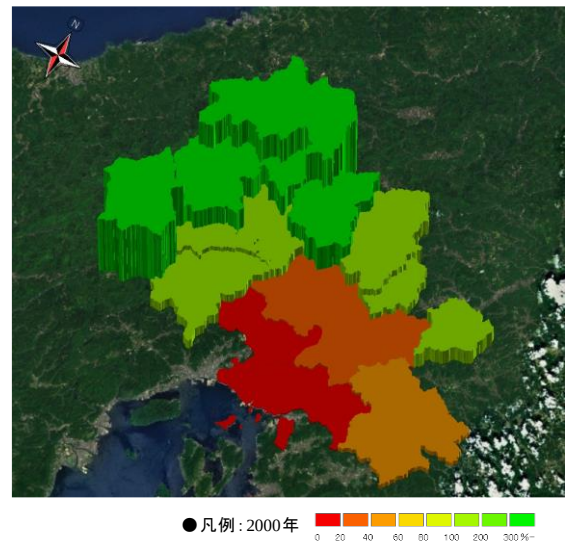


図-19 太田川流域における生活容量

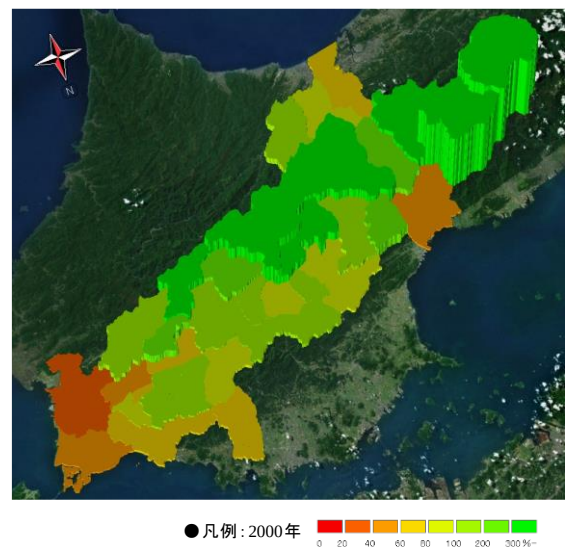


図-20 吉野川流域における生活容量

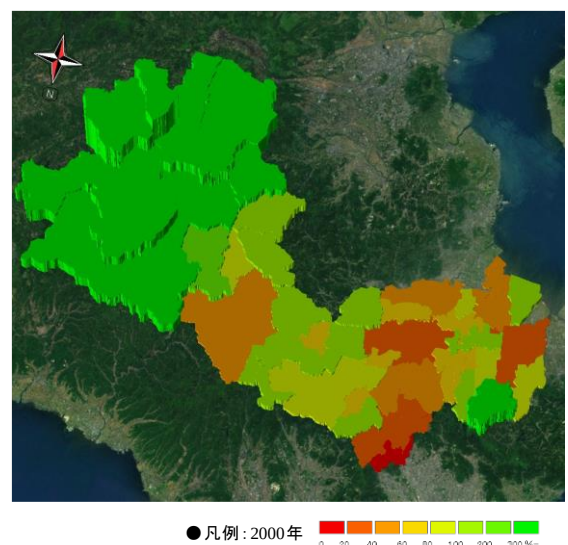


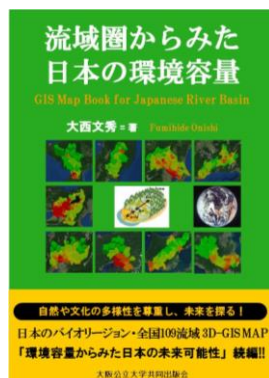
図-21 筑後川流域における生活容量

環境容量」,『BIO-City』No.42,pp 2-5, ビオシティ.

- 5) 太田幸雄 (2010):「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.
- 6) 松岡譲 (2009):「土木技術者と地球温暖化」,『GIS で学ぶ日本のヒト・自然系』,大西文秀,pp136, 弘文堂.
- 7) 大西文秀 (2014):利根川流域におけるヒトと自然・環境容量の GIS による可視化, 第22回地球環境シンポジウム講演論文集, 土木学会地球環境委員会.
- 8) 大西文秀 (2014): 四万十川と四国地方の流域におけるヒトと自然の関係, 流域圏学会誌, 第3巻第1号,流域圏学会.
- 9) 大西文秀 (2013): 学際研究としての流域圏と地理情報システム・GIS,流域圏学会誌,第2巻第2号,流域圏学会.
- 10) 大西文秀 (2013): 高知県および四国地方における環境容量の試算と GIS による可視化, 流域圏学会誌,第2巻第2号, 流域圏学会.
- 11) 大西文秀 (2013): 北上川流域における環境容量の試算と GIS による可視化, 第21回地球環境シンポジウム講演論文集, 土木学会地球環境委員会.
- 12) 大西文秀 (2012): 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, 土木学会地球環境委員会.
- 13) 大西文秀 (2011): 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,土木学会地球環境委員会.
- 14) 大西文秀 (2010): 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,土木学会地球環境委員会.

【関連受賞】

- 1) 大西文秀 (2012): 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」, 環境情報科学センター.
- 2) 大西文秀 (2010): 地球環境優秀講演賞 受賞,「日本の主要流域における環境容量の試算と GIS の活用」, 土木学会地球環境委員会.
- 2) 大西文秀 (2007): 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」, 土木学会地球環境委員会.



第12回 環境情報科学センター賞 受賞楯

