

<総説>

# 学際研究としての流域圏と地理情報システム・GIS —環境容量と流域圏からみた低炭素・低リスク社会—

大西 文秀\*

## はじめに

私たちの都市生活は多くの課題を抱えている。CO<sub>2</sub>排出量の削減、ヒートアイランドの緩和、食糧自給率の向上、バーチャルウォーターなど水資源問題への対応、国産材活用と森林資源の育成、そしてエネルギー問題などである。

地球環境問題が提示されたのは1970年前後であり、ローマクラブのレポート『成長の限界』やバックミンスター・フラーの『宇宙船地球号』などが発表され、地球の環境や資源の有限論など環境容量の概念が説かれた。同じ頃、我国では、エコロジカルな空間単位としての河川流域により、国土や地域を編成する「流域圏構想」が第3次全国総合開発計画（3全総）により発表された。

これらの影響を受けた筆者も流域（集水域）の環境容量に興味を持ったが、当時はデータやロジックも限定されたため、十分な検討は困難であった。しかし現代では、科学の進歩や環境情報の蓄積、また解析ツールとしての地理情報システム（GIS）の普及も進み、扱える領域は拡大しつつある。先般筆者は、日本のヒトと自然の関係を環境容量として捉え紹介した『環境容量からみた日本の未来可能性』や『GISで学ぶ日本のヒト・自然系』の出版などにより、第12回環境情報科学センター賞を受賞した。本稿では拙著の一部をご紹介します、流域圏研究の推進に役立てたい。

## 1. 日本のCO<sub>2</sub>固定容量の現実と低炭素・低リスク社会

我国では、CO<sub>2</sub>排出量の25%削減を、今後10年ほどの間に達成しようとしている。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、我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CO<sub>2</sub>量と自然（森林）が持つCO<sub>2</sub>固定量のバランスはどのような状況なのか？」と考えると、異なった見方ができる。図1～3に示す5つの環境容量の指標（CO<sub>2</sub>固定、クーリング、生活、水資源、木材資源容量）は、この様な疑問から考えたもので、CO<sub>2</sub>固定容量はそのひとつである。

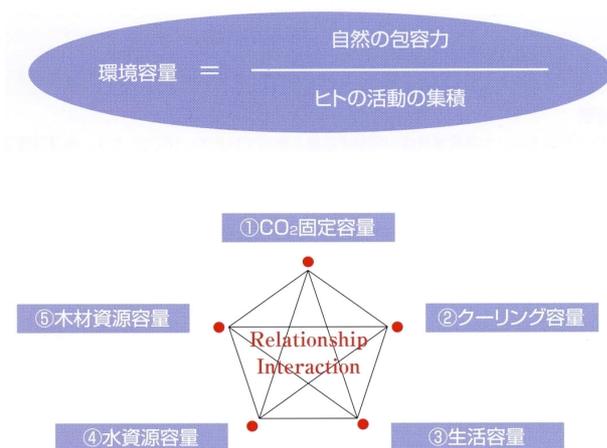


図1 環境容量の概念と5指標の構成

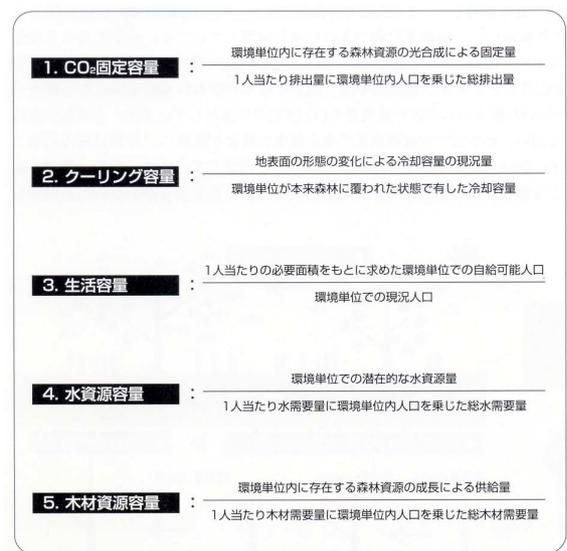


図2 環境容量の5指標の試算方法

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

図4には、関西地方の母なる川、淀川の流域におけるCO<sub>2</sub>固定容量の現状を、自治体区分のGISの3次元画像で示している。大阪、京都、大津市などの大都市が立地し、0~20%以下の極めて低い地域が広範囲に見られる。流域全体の容量は約3%であり、全国9地方を代表する9流域のなかで最も低い。図5は、東京都が立地する利根川流域（関東地方）の状況であり、全域では約4%と次に低い。最も高い吉野川流域（四国地方）が約35%、次に高い北上川流域（東北地方）や木曾川流域（東海地方）も30%弱であり、CO<sub>2</sub>固定容量が高い流域でも、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CO<sub>2</sub>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。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。

## 2. エコロジカルな空間単位としての流域圏

前項では、CO<sub>2</sub>固定容量について流域区分で紹介した。見慣れた自治体区分と比べ理解しにくいのが、流域は稜線で囲まれ景観のまとまりを形成する景観単位であり、河川の流れを中心にした水や物質循環の基本単位でもあることから、エコロジカルな環境単位として科学的にも認識されている。自治体区分と同様に国土を流域区分で示すことも可能である。例えば、CO<sub>2</sub>固定容量を都道府県区分と流域区分で示すと、図6、7のようになる。流域圏学会の発祥の四万十川流域は約110%で全国109の一級水系の流域中で11位。高知県は50%弱で全国47都道府県中1位である。我国では、森林や農耕地域、また集落や幹線交通などの立地も、流域を大切に考えられていたが、近代の急激な都市化による流域界を越えたスプロールや、グローバルな物資移動により、生活や社会基盤としての流域が保持する合理性が失われつつある。

このことは、我々の日常生活の中で知らないうちにエネルギー消費やCO<sub>2</sub>排出量を増大させ、エコロジカルな環境を乱し、災害リスクの増大、また生態系の生物多様性の低下を招き、その都度修復が必要になることから、結果的にCO<sub>2</sub>排出量を増加させ、十分な修復も難しいという悪循環の要因にもなりつつある。流域界や源流域を大切にし、図8、9のような、流域内の都市域と農山村域や自然域、また上流域と中流域、下流域、河口域の相互関係や、「もうひとつの宇宙船」としての流域の認識を深めることが改善には有効であろう。また地球の環境は、個々の流域がモザイクのように合わさって影響を受け決定される。従って流域圏は、複合領域や学際研究として理解し、改善を図る必要があるのではないだろうか。我々の生活の舞台であり、ハビタットとしての流域を再考し再生を進めることは、低炭素・低リスク社会への近道になり、生物多様性や生態系サービスの恩恵を受けることにもつながると考えられる。

$$1. \text{CO}_2 \text{固定容量} = \frac{\text{環境単位内に存在する森林資源の光合成による固定量}}{\text{1人当たり排出量に環境単位内人口を乗じた総排出量}}$$

図3 CO<sub>2</sub>固定容量の試算方法

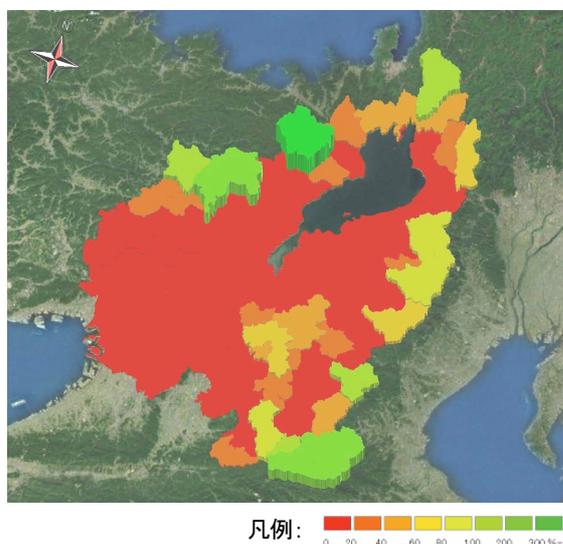


図4 淀川流域のCO<sub>2</sub>固定容量

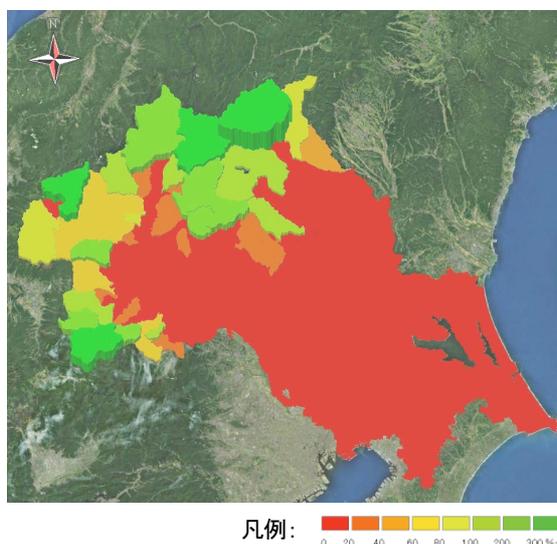


図5 利根川流域のCO<sub>2</sub>固定容量

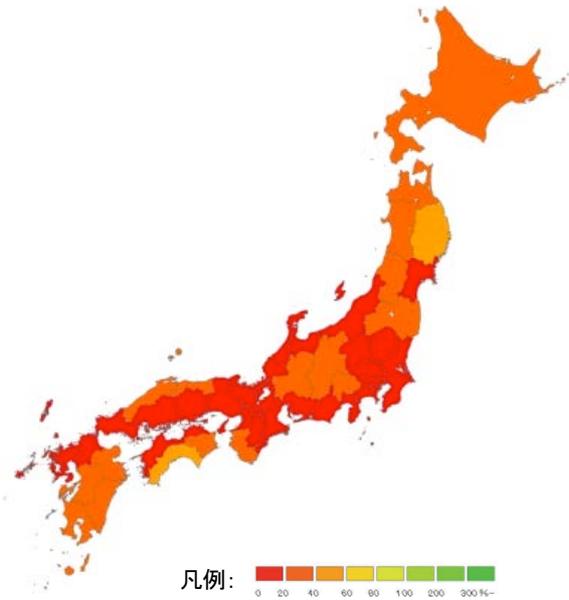


図6 日本のCO<sub>2</sub>固定容量（都道府県区分）

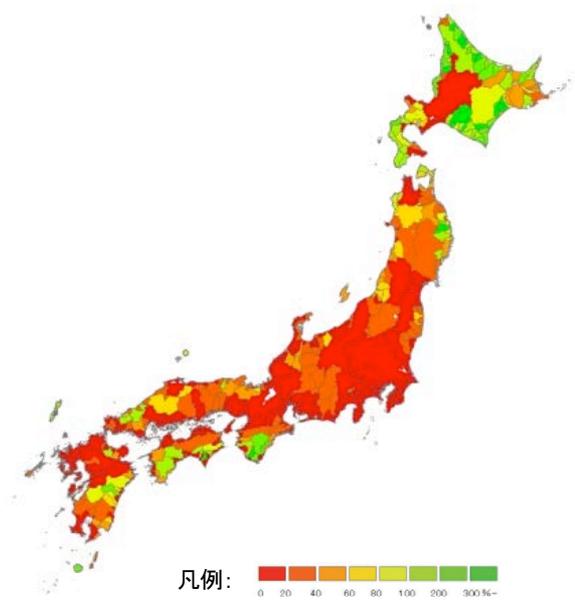


図7 日本のCO<sub>2</sub>固定容量（流域区分）

### 3. ライフスタイルや社会情勢と環境問題

環境問題には、「みんなが被害者であり加害者」という複雑な側面がある。我国では、産業部門などでCO<sub>2</sub>排出削減が進む一方、家庭やオフィスなど民生部門の排出量は増加傾向にある。テレビを例にすると、技術者により電力消費を抑えた液晶テレビなどが開発されているが、核家族化による台数の増加や画面の大型化などにより、消費電力は増加し、環境技術がダイレクトに環境保全に反映されにくい状況がある。またトウモロコシを原料にしてカーボンフリーなバイオエタノールを生産し、CO<sub>2</sub>の排出を抑える試みも見られるが、栽培のために熱帯雨林が大規模伐採され、生態系の破壊が発生し、また金融投機が生命を支える食糧市場を混乱させる現象も発生している。近年ではエネルギー負荷を抑えた環境建築への感心も高まり、住宅やオフィスでの削減も期待される場所である。

しかし環境技術を活用するのはヒトであり、使い方や考え方により効果は左右され、技術による解決にも限界がある。一人ひとりが環境保全への認識を新たにし、ライフスタイルや社会経済システム、また環境計画や環境デザインを再考すべき時代を迎えている。そのスタートラインになるのが流域圏からの視点ではないだろうか。

### 4. ヒトと自然の適正ライン・環境容量

「ヒトと自然の関係を大切にしよう。」と言われ久しい。しかし我々はこれを十分に理解できているのだろうか。生きものは、自らの棲みかを大切にしますが、我々ヒトは逆に環境問題を引きおこしてきた。その解決を目指し多くの研究や改善がなされた。しかし40年以上を経た現在も、地球規模での環境問題や災害問題、資源問題は存在し、悪化の速度を速めている。今、「ヒト・自然系」を考えることが急務である。図10、11には、ヒト・自然系の推移と環境容量が対応する領域を示す。自然生態系内の人間生態系が増加し、生態系の恒常性や生物多様性が低下している。環境容量はヒト社会と自然生態系のバランスを測り、より良い社会や生活のあり方や規模を探る指標である。

「ヒトと自然の関係」は情緒的な言葉であったが、近年では生態系サービスという概念でも扱われ、環境容量という指標を通して、GISを活用し科学的でビジュアルな情報提供が可能になりつつある。本稿で紹介できなかった、クーリング容量、生活容量、水資源容量、木材資源容量も、低炭素・低リスク社会の実現や地球環境問題を考えるうえで重要な指標であり、それらを個別に考えるのではなく、相互作用を持つということの認識も重要である。CO<sub>2</sub>排出削減が話題の中心になりがちであり、特定の側面で議論が進むことが多いが、私たちの都市生活が持つ課題の多くは相互関係を持っており、環境総体として、相互作用のなかで包括的に考えるべき時代である。都市は単独では持続できない。資源やエネルギー供給を担ってきた国や地域の余力も低下し、都市や地域の自立性の向上が急務になっている。ヒトと自然の適正ラインを探るうえで、環境容量という指標が果たす役割は大きい。

## 5. 可視化により、学際研究と情報発信をサポートする地理情報システム・GIS

地理情報システム・Geographic Information System(GIS)を用いると、私たちの周りの様々な環境現象について、その構成要素ごとに情報を管理し再統合することができ、多様なシミュレーションが可能になる。また、位置情報や時間軸を持つ、面、線、点などの空間情報で構成され、マップ形式の出力により、視覚的に理解しやすい。

住む環境におけるヒトと自然の関係は、重要な指標だが、環境の構造域のようなものであり目には見えず認識が困難である。このようなデータをGISの助けを借りて解析することにより、「見える化」でき、わかりやすい情報発信が可能になる。私たちのライフスタイルにもよい影響を与えるのではないだろうか。また合意形成やミチゲーシヨンのための情報のコミュニケーションツールとしての活躍が期待できるのではないだろうか。

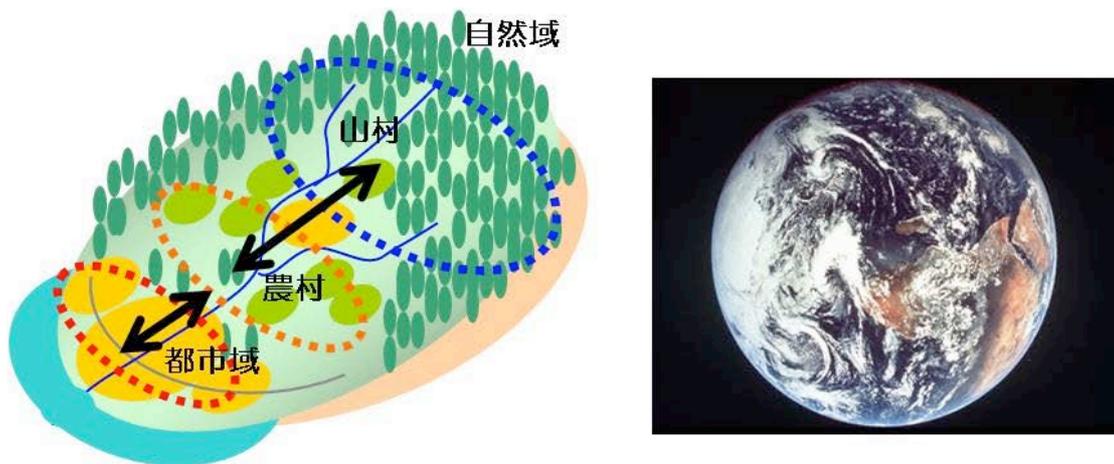


図8 流域圏における都市、農村、山村の相互関係

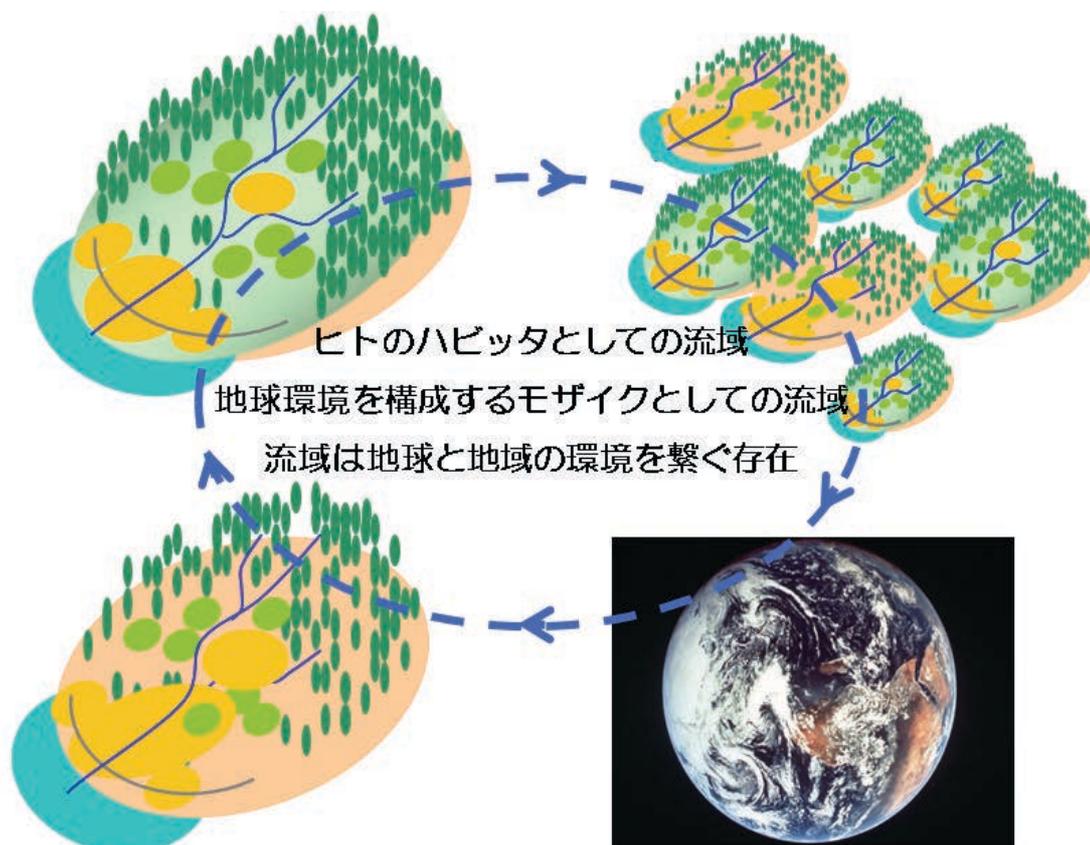


図9 地球と地域の環境をつなぐ流域

筆者は、ヒトと自然の関係を、流域というエコシステムとしての自然空間単位を解析単位とし、環境情報と科学知識の統合により、ヒトの活動の集積と自然が持つ包容力のバランスを測る「環境容量」として捉え、見えるかたちでの情報発信を進めてきた。このようなGISによる可視化した情報発信により、ヒトの環境認識や、ライフスタイルを進化させ、その結果、持続可能な環境の創造、都市や流域圏、国土の再生を実現できるのではないかと考えている。地理情報システム・GISはまさに地球の未来をひらくツールなのかも知れない。

● 自然生態系に占める人間生態系の割合が増加することにより、生態系の安定性や恒常性、生物多様性が低下してきた。この関係改善が急務！

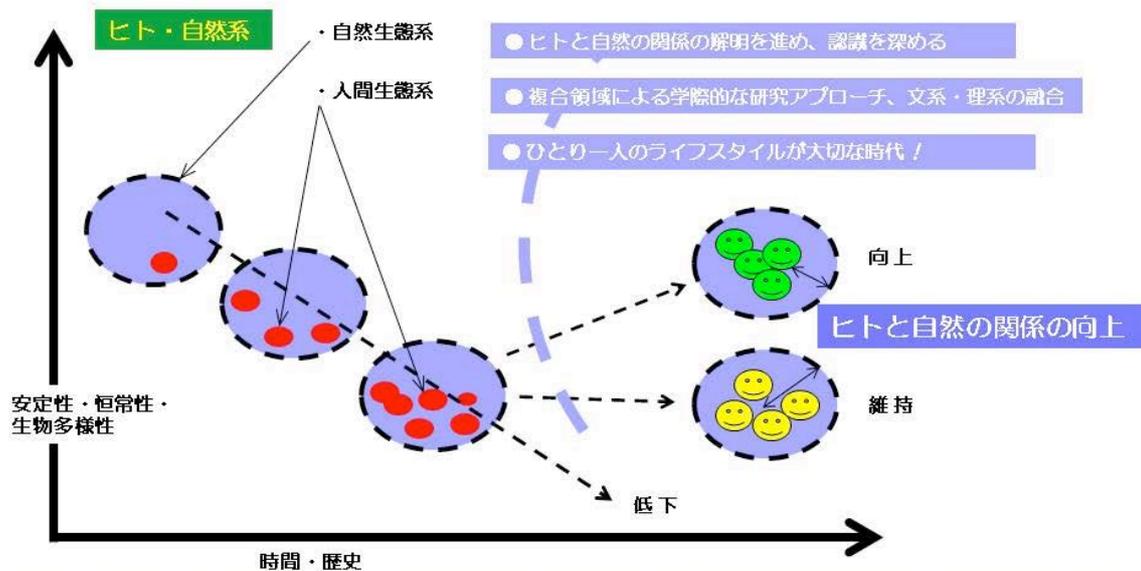


図10 ヒト・自然系の推移

● ヒト社会と自然生態系のバランス関係をとらえる。  
● ヒト社会と自然生態系の関係を測り、より良いヒト社会の規模やあり方を探る。

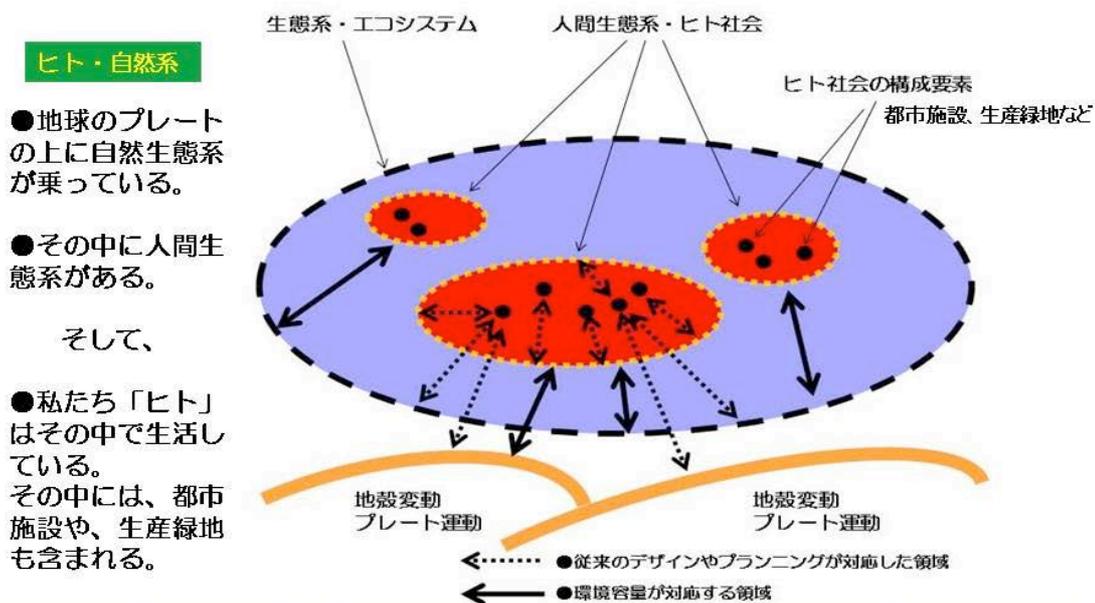


図11 ヒト・自然系と環境容量が対応する領域

## 6. 低炭素・低リスク社会への新しい政策シナリオ

低炭素・低リスク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、これらを統合させ、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CO<sub>2</sub>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。CO<sub>2</sub>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はつながらず、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リオ」が必要になるだろう。

また川の恵みにより発展した我国や世界の多くの都市にとっては、流域圏の再生が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る。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、自然や文化の多様性を大切にし、再考することが重要であり、地域の自立や内需の再構築にもつながっていく。流域は地球と地域の環境をつなぐ架け橋であり、地球や地域の未来は、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。

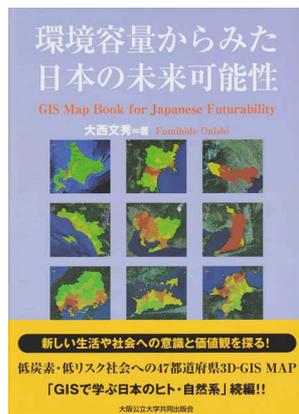
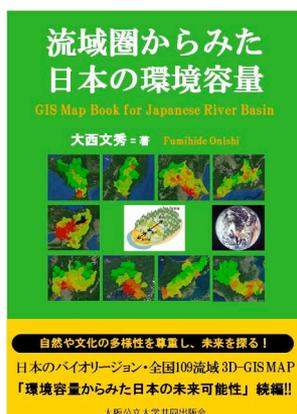
(原稿受理 2013年8月1日)

### 【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－, 222p, 大阪公立大学共同出版会 (2013年9月, 受賞記念出版予定) .
- 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, 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』, 第12回環境情報科学センター賞受賞対象書籍, 弘文堂.
- 4) 大西文秀 (2009): 「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, 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.
- 9) 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.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 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.

### 【受賞報告】

- 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 (2011): 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.



第12回 環境情報科学センター賞 受賞楯