

1. 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

－わが国における首都圏、近畿圏、中部圏での流域環境容量の試算を通して－

A STUDY ON THE SUSTAINABLE POPULATION BASED ON THE WATERSHED ON THE THREE METROPOLITAN AREAS IN JAPAN BY USING GIS

大西 文秀 *

Fumihide ONISHI

ABSTRACT; Recently rapid increase of the world population and food demands become the global environmental problems. In our country, the population is now declining for the first time in 2005, but the self-support rate of food is in 20-30% and the extremely low situation. Therefore quantitative recognition for the population and distribution of them are very important for us. In this paper, Watershed Environmental Capacity (WEC) of Space based on watershed as an ecosystem was calculated on the Three Metropolitan Areas in Japan by using GIS. WEC of Space set it as quantitative relations between the present population and the self-sufficient population.

KEYWORDS; sustainable population, population problem, food resources, self-sufficient rate of food, watershed, watershed management model, watershed environmental capacity, GIS

1 はじめに

世界人口の急激な増加が、食糧やエネルギー需要に大きな影響を与え、地球規模での環境問題のひとつになっている。わが国においては、2005 年初めて人口が自然減となり、今後は急速な人口減少傾向が起これと予測されているものの、近年におけるわが国の食糧の自給率は 20～30% と極めて低い状況にある。従って、ひとりひとりが食糧自給や適正人口についての認識と理解を持つことは、わが国における持続可能な都市や地域、また国土の実現に向けて極めて重要と考えられる。

本研究では、国土の環境管理において重要性が再認識されている「流域圏」を単位として、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、流域環境容量のひとつである生活容量の算出を試みた。試算地域は首都圏、近畿圏、中部圏の 3 大都市圏とし、解析単位は、エコシステムとしての集水域を基調に異なったスケールを持つ階層的流域管理モデルを設定した。生活容量の試算は、可耕地面積と可住地面積を基本に自給に必要な一人当たり面積をもとに試算した自給可能人口と現況人口との関係を数値化した。

2 生活容量の概念構成と定量化手法の検討

2.1 生活容量の概念構成

環境容量の概念構成については、「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」(大西 2004、第 12 回土木学会地球環境シンポジウム講演論文集、185～190) および「流域を単位とした CO2 固定容量の試算と GIS の活用」(大西 2005、第 13 回土木学会地球環境シンポジウム講演論文集、299～304) に示す様に、ヒトの活動の集積と自然の包容力の関係を示す指標として 5 指標を設定し、系・System とし

* 株式会社 竹中工務店 プロジェクト開発推進本部

TAKENAKA CORPORATION, Project Development & Promotion Department

ての生態系をモデル化している。

具体的には、人間の活動による需要量と自然環境が保有する供給量、あるいは、自然環境が保有する現存量と自然環境がかつて保有したであろう潜在量とのバランス状況を試算するものとした。図-1 には、流域環境容量の概念と 5 指標を示す。

本研究で試算する生活容量はそのひとつであり、土地利用などの自然環境量の関数と、食糧生産構造などの科学的な関数、また、人間のライフスタイルや環境関連技術などの技術水準などによる一人当たり必要量の 3 関数により構成するものと概念設定した。具体的な試算方法は、分母に環境単位での現況人口、分子に一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を取ることで、自給可能人口と現況人口との関係を基本とした。次項に定量化についての考え方を示す。

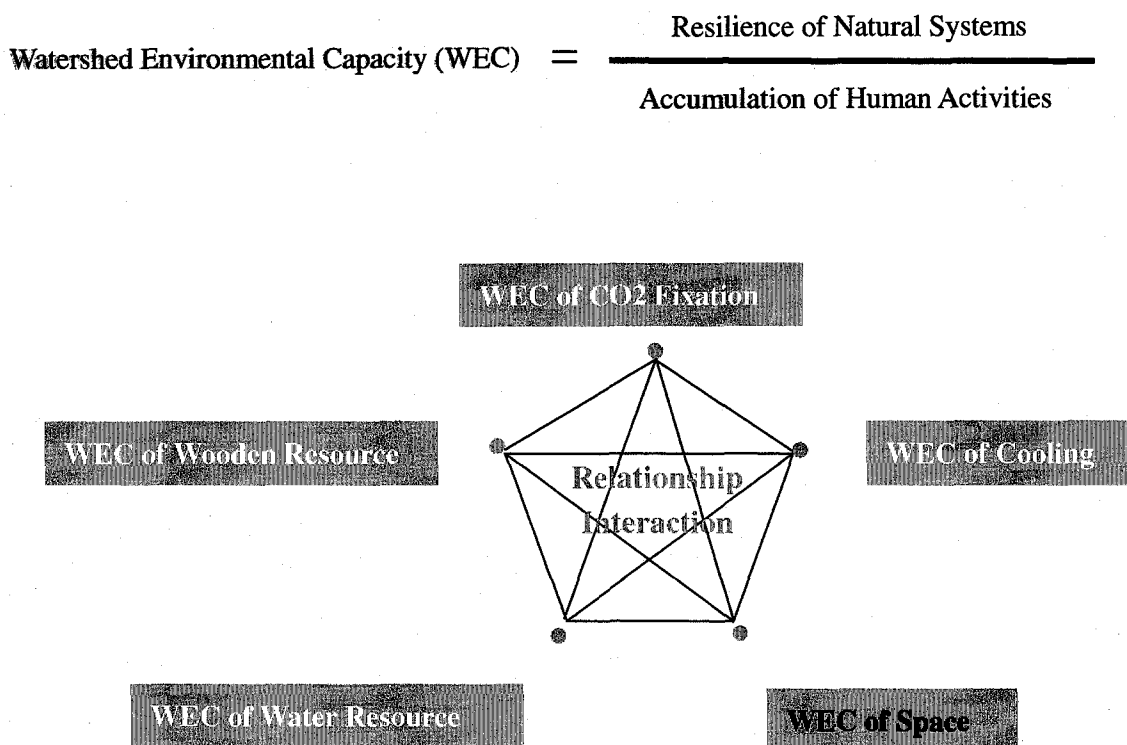


図-1 流域環境容量の概念と 5 指標

2.2 生活容量の定量化手法の検討

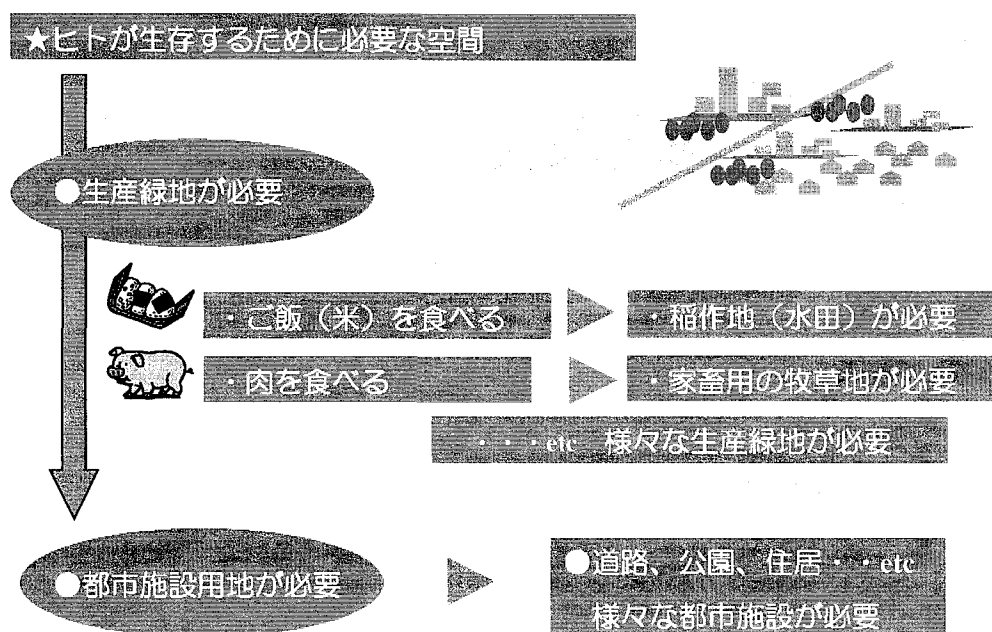
本試算では、必要生産緑地面積と必要都市空間面積の観点から、環境単位におけるヒトの自給可能人口と、現況人口との関係の究明することを基本とした。試算は、吉良竜夫(1971)が「地球に定員はあるか」で示した一人当たり必要面積を、地域レベルに適応させることにより行った。

吉良の研究によると、必要な生産緑地面積は、ヒトの必要年間食料のカロリー換算値である約 100 万 Kcal と植物がもつ太陽エネルギーの固定メカニズムより、稲作地として 9.25 アール/人、食肉用の家畜用草地として 2.25 アール/人の生産緑地が必要であるとしている。また、必要な都市空間は、米国東海岸の都市と東京都のほぼ平均をとり、5 アール/人としている。図-2 には自給可能人口の試算の考え方を示す。

この研究成果をふまえ、本試算では、わが国における生産緑地と都市空間に対応する環境単位内の土地利用形態については、試算地域の平地林の多くは既に開発され消滅していることや、都市化の地形的な特性より、森林および水面を除いた土地利用形態を対象として設定した。

3 地理情報システム（GIS）による生活容量の試算モデルのシステム化

上記の考え方をもとに、生活容量の試算モデルを構築した。分母に環境単位内に存在する現況人口、分子に可耕地面積と可住地面積を基本に一人当たりの自給に必要な面積により試算した環境単位での自給可能人口をとり、現況人口と自給可能人口の定量的関係の試算を基本とした。定量試算は、前項で示した科学的知見である「環境知識」と「地域環境情報」を結合させた「環境容量試算モデル」を設定し行った。



吉良竜夫（1971）より大西が作成

図一 生産緑地と都市施設要地を視点にした自給可能人口の試算の考え方

試算地域は、首都圏、近畿圏、中部圏の3大都市圏とし、解析単位はエコシステムとしての自然空間単位の導入を基本とし、1級水系を基本とした集水域区分、それを細分化した支流区分、および自治体区分の異なったスケールの3階層の流域管理モデルを設定した。設定した環境単位は、近畿圏では集水域区分34単位、支流区分116単位、自治体区分394単位、首都圏では集水域区分28単位、支流区分124単位、自治体区分550単位、中部圏では集水域区分32単位、支流区分117単位、自治体区分459単位である。

上記環境単位での試算を行うために、地理情報システム（GIS）と国土数値情報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。試算年次は1990年と設定した。

地域環境データは、土地利用別面積、居住人口をデータベース化した。土地利用別の面積データは、国土交通省国土地理院が国土情報整備事業の一環として整備を進めている「国土数値情報」の一つである「KS-200-1」（国土地理院、1991）を用いた。本データは、同分類基準で日本全国をカバーするデジタルデータである。「KS-200-1」の土地利用区分は、「田」、「畑」、「果樹園」、「その他の樹木畑」、「森林」、「荒地」、「建物用地」、「幹線交通用地」、「その他の用地」、「内水地」、「海浜」、「不明」、「計」、「更新区分」である。

表一には、生活容量の試算式の構成を示す。

自給可能人口を求める部分の分子は、環境単位内の可耕地面積と可住地面積であり、国土地理院の国土数値情報「KS-200-1」を用い、試算地域の土地利用の状況から、「森林」、「果樹」、「その他樹林畑」および、「内水面池」を除いた土地を対象として設定した。また、分母の1人当たり必要な面積は吉良竜夫(1971)の研究を

応用し、「稲作地：9.25 アール」、「食肉用の家畜用草地：2.25 アール」、「都市空間：5 アール」を設定している。なお、分母の環境単位内の居住人口は「国政調査結果」（総理府、1990）を用い求めた。

データの入力と処理は、地理情報システム（GIS）のアプリケーションソフトである、「ARC/INFO」、「ArcViewGIS」、および、「EXCEL」により行った。

表－1 生活容量の試算式の構成

生活容量： 自給人口／現人口	$\frac{\text{環境単位内可耕地面積} + \text{可住地面積}}{9.25(\text{アール/人}) + 2.25(\text{アール/人}) + 5.0(\text{アール/人})} \times 100$ 環境単位内居住人口
---------------------------	--

4 3大都市圏における生活容量の試算結果

図－3 には、生活容量の試算結果を示す。

圏域全体では、首都圏、近畿圏、中部圏の容量は 24.5%、22.7%、40.8%を示した。近畿圏や首都圏では、自給可能人口の 4～5 倍の人口を有していることが明らかになった。非常に低い容量と言え、現況人口が自給可能人口を大幅に上回っていると考えられる。

4.1 首都圏における生活容量

集水域区分での試算結果は、平均値が 76.9%、最大値が 575.6%、最小値が 4.4%を示した。支流区分での試算結果は、平均値が 77.3%、最大値が 575.6%、最小値が 4.4%を示した。自治体区分での試算結果は、平均値が 81.0%、最大値が 1020.0%、最小値が 4.2%を示した。

地域的には、生活容量は太平洋に流入する集水域で容量が高く、東京湾や相模湾に流入する集水域で低い傾向がある。自給可能な人口に余裕のある環境容量が 100%以上の環境単位は、集水域区分では、九十九里、富士川水系の釜無川水系、早川水系、利根川水系の吾妻川水系、片品川水系など 5 単位であり、集水域区分の 17.9%である。支流区分では、鬼怒川水系、多摩川水系、久慈川水系、霞ヶ浦水系、釜無川水系、荒川水系、酒匂川水系、那珂川水系、吾妻川水系、富士川水系、早川水系、利根川上流、渡良瀬川水系、片品川水系などの集水域の上流域を中心とした環境単位や、房総半島、九十九里などの地域で 30 単位みられ、支流区分の 24.2%におよんでいる。また、自治体区分では 153 の環境単位で見られ自治体区分の 27.8%におよんでいる。

4.2 近畿圏における生活容量

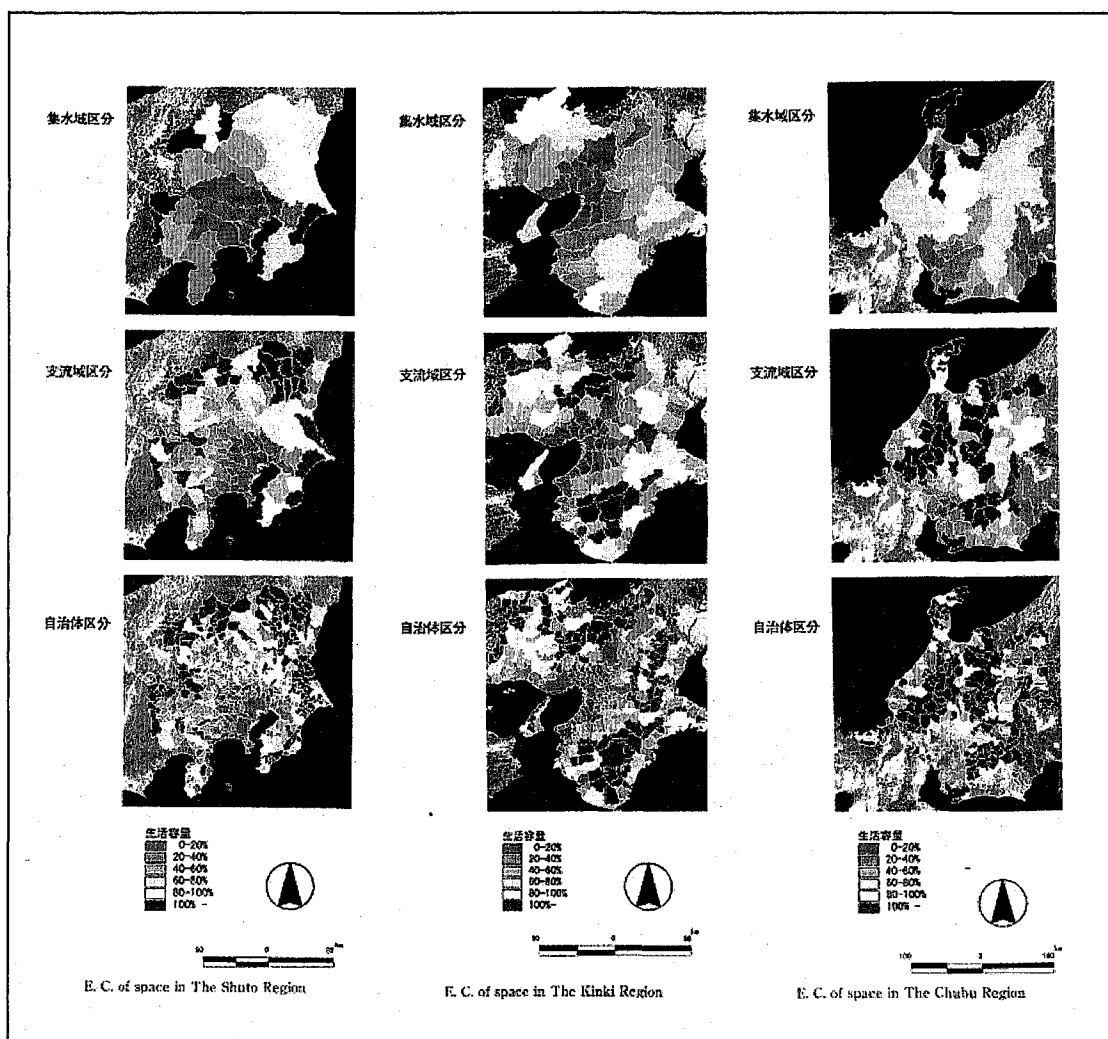
集水域区分での試算結果は、平均値が 47.9%、最大値が 110.6%、最小値が 5.8%を示した。支流区分での試算結果は、平均値が 68.3%、最大値が 265.4%、最小値が 4.5%を示した。自治体区分での試算結果は、平均値が 71.6%、最大値が 364.4%、最小値が 4.4%を示した。

地域的には、生活容量は日本海に流入する集水域で容量が高い傾向がある。自給可能な人口に余裕のある容量が 100%以上の環境単位は、集水域区分では、鳥取県境の 110.6%の 1 単位であり、集水域区分の 2.9%にあたる。また、支流区分では、円山川水系、日高川水系、木津川水系、由良川水系、千種川水系、琵琶湖水系、加古川水系、有田川水系、桂川水系、熊野川水系、日置川水系、宮川水系などの集水域の上流域を中心とした環境単位や、丹後半島、鳥取県境などの地域にみられ、24 単位存在し、支流区分の 20.7%におよんでいる。また、自治体区分では 109 の環境単位で見られ自治体区分の 27.7%におよんでいる。

4.3 中部圏における生活容量

集水域区分での試算結果は、平均値が 65.1%、最大値が 194.3%、最小値が 12.6%を示した。支流域区分での試算結果は、平均値が 128.8%、最大値が 866.0%、最小値が 8.0%を示した。自治体区分での試算結果は、平均値が 115.6%、最大値が 1375.4%、最小値が 8.0%を示した。

地域的には、生活容量は日本海に流入する集水域で容量が高く、伊勢湾や太平洋に流入する集水域で低い傾向がある。自給可能な人口に余裕のある環境容量が 100%以上の環境単位は、集水域区分では、黒部川水系、小矢部川水系、庄川水系、常願寺・黒部川源流水系など 4 単位であり、集水域区分の 12.5%である。支流域区分では、揖斐川水系、飛騨川水系、豊川水系、小矢部川水系、庄川水系、犀川水系、九頭竜川水系、天竜川水系、矢作川水系、長良川水系、千曲川水系、木曽川水系、黒部川水系、神通川水系、常願寺川・黒部源流水系、大井川水系、手取川水系などの集水域の上流域を中心とした環境単位や、能登半島、若狭湾などの地域にみられ、41 単位的环境単位であり、支流域区分の 35.0%におよんでいる。また、自治体区分では 174 の環境単位で見られ自治体区分の 37.9%におよんでいる。



図一3 生活容量の試算結果 (3大都市圏・3階層モデル)

6 研究の成果と今後の課題

世界人口の急激な増加やその分布状況が、食糧やエネルギー需要に影響を与え、地球規模での環境問題の発生要因のひとつになっている。国連統計では現在の世界人口は約 65 億人と推計されており、2050 年には約 90 億人に増加すると予測されている。わが国においては、2005 年初めて人口が自然減となったが、2006 年 2 月現在約 1 億 2774 万人と推計され、食糧の自給率も極めて低い状況にある。したがってこの人口規模と分布については、産官学にとどまらずひとりひとりの認識が不可欠と考えられる。

本研究では、生態系・エコシステムとして国土管理において重要視されている「流域圏」を解析単位として、3 大都市圏における自給可能人口の定量試算を基本に、現況人口との関係を生活容量として捉え試算し地域分布を明らかにした。当試算により、首都圏や近畿圏では自給可能人口の 4~5 倍の人口を有していることが明らかになった。近年のわが国における食糧自給率が約 20~30%であり、江戸時代、鎖国の時代の人口が 2000~3000 万人とされ、現人口がその 4~6 倍ほどである。これらのことからモデルによる試算としては妥当な数値と考えられる。また一方、適正人口の範囲で存在する環境単位も見られた。その割合は集水域区分では低い、流域区分では 20.7~35.0%、自治体区分では 27.7~37.9%に達しており、著者の予想を大きく上回った。人口分布については、地域の格差が大きく集水域の中核都市への人口集中をあらためて示す結果となった。

わが国における持続可能な人口の規模やその分布については、果たして改善や再生が可能か疑問視せざるをえない現実的な難問が山積していることは紛れもない事実であろう。しかし、集水域区分、流域区分、自治体区分の異なった 3 スケールによる試算により、ヒトと自然の基本とも考えられる自給可能人口、あるいは適正人口とその分布状況について、実際に生活する地域において階層的かつ定量的な認識が可能になった意味は大きいと考えられる。さらに、改善によりもたらされる効果や、環境に直接影響を与える環境計画などの諸活動やライフスタイルの新しいあり方について、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り、持続可能な社会システムの構築の一助になるものと考えられる。

参考引用文献：

- 吉良竜夫 (1971) 生態学から見た自然、河出書房新社、東京、295 pp.
- 大西文秀 (2002) 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、159pp.
- 大西文秀 (2004) 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、185-190、土木学会
- 大西文秀 (2005) 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、299-304、土木学会
- 大西文秀ら (1995) 集水域を単位とした環境容量を求める新しい試み、環境情報科学、24-1:59-71、環境情報科学センター
- 大西文秀ら (1997) GIS を用いた地域環境容量の 3 大都市圏比較、GIS 学会講演論文集、6:119-204、地理情報システム学会
- 大西文秀ら (1998) 淀川水系、大和川水系での地域環境容量の変動に関する基礎的研究、ランドスケープ研究発表論文集、61-5:737-742、日本造園学会
- 大西文秀 (1999) 集水域を基調とした環境容量の概念形成と定量化および変動構造に関する基礎的研究、博士(学術)学位論文、大阪府立大学、216pp
- 大西文秀 (2003) 集水域を系とした GIS による 3 大都市圏での環境容量の試算、日本陸水学会第 68 回大会講演要旨集、48-49、日本陸水学会
- 大西文秀 (2003) GIS を用いた集水域研究と学際研究へのチャレンジ、陸水物理研究会・日本陸水学会 2003 年札幌合同大会、14、発表要旨集
- 大西文秀 (2004) もうひとつの宇宙船をたずねて、-Operating Manual for Spaceship River Basin by GIS-、BIO-City27 号:103、バイオシティ
- 大西文秀 (2004) 近畿圏における GIS を用いた集水域研究と学際研究への応用、日本景観生態学会第 14 回大会発表論文集、56、日本景観生態学会
- 大西文秀 (2005) 集水域のポテンシャルを視点にした水資源容量の試算と GIS の活用、2005 年度春季学術大会、発表要旨集 No.67、83、日本地理学会
- 大西文秀 (2005) ヒューマンハビタットとしての集水域の学際研究と GIS の応用、日本生態学会 52 回研究大会要旨集、136、日本生態学会