

『世界の河川事情と河川・流域再生の評価』

金沢学院大学大学院 教授 玉井 信行

1. はじめに

リバーフロント整備センターは1992年に国土交通省が「多自然型川づくり」を提唱して以来、この分野の技術的発展を支えてきた。この理念・技術指針は「多自然川づくり」へと展開した。さらに、リバーフロント整備センターは2006年11月に設立された「日本河川・流域再生ネットワーク」および「アジア河川・流域再生ネットワーク」の事務局を務めており、河川・流域再生の情報交換、技術移転に関する国際的な拠点の一つとして発展を続けている。

この論説では、河川・流域再生の基礎となる川の自然とそれを取り巻く社会状況の特徴を考え、それを基に河川・流域再生の評価を論ずる。

2. 川の流域を考える

(1) 空間的広がり

自然状態の川が有している三つの大きな特徴は、(a)攪乱と更新、(b)縦断方向と横断方向の連続性、(c)河床と河畔の構成材料とその形状の多様性である。これらの三つの因子は河川流域の生態系を支える基本であり、これらの因子が良好であるときには、流域の生態系機能も良好であると考えられる。

河川流域は分水嶺によって分割されるので、基本的には降水によってもたらされる流水の物理機能によって定められてくる。しかしながら、“流域”を単位とする分割・分類は、生き物の生活圏、人の生活圏、人の文化・伝統圏を分類するときにも有効である。

このように地域の区分として多くの場面で用いられる“流域”は、どの程度の空間的広がりを持っているのであろうか。世界の河川事情を考える初めに、川の流域の大きさを4つの国で考えてみる。東北アジアの3カ国とアメリカ合衆国である。表-1にそれぞれの国で流域面積が第1位の河川を挙げ、その流域面積と国全体の面積との百分率を示す。日本の場合

表-1. 各国における流域面積第1位の河川

		流域面積 (千 km ²)	国内面積割合 (%)
中国	長江	1,808.0	18.9
韓国	ハンガン	26.2	26.3
日本	利根川	16.8	4.4
USA	ミシシッピ川	3,250.0	33.7

だけが一桁の数値で、他の国では20%から30%の数値を示している。さらに、流域面積第5位までの河川の合計の流域面積と国土面積との比は、中国で40%、韓国で68%、日本で16%、USAで54%となる。例えば、韓国では5大河川を扱えば、国土面積の約7割の範囲を扱う事になることに比して、日本では5大河川を扱っても国土の2割以下の範囲しか扱わないことになる。

因みに、図-1に日本の5大河川の流域面積と全国の面積との比率を示す。

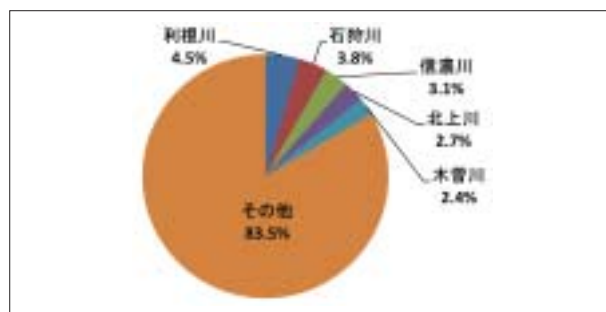


図-1. 日本の5大河川流域の国内面積比率

(2) エコリジョンと河川流域

世界自然保護基金の定義は、エコリジョンは地理的に異なった特徴的な生態系の集合体を含み、かつ次のような陸地および水圏の比較的大きな地域としている。(a)その地域の大多数の生物種の活動が、その地域の中で行われ;(b)その地域の環境を特徴づける共通点を共有する範囲で;(c)持続可能な生態学的相互作用を維持している。

流域の区分は分水嶺である。しかし、生物や人間はこれを超えて活動するので、基本的にはエコリジョンは河川流域より大きな空間を占めることになると考えられる。多くの生物種が地域の環境の特徴を共有する、そして生態学的相互作用を維持するためには多くの生物種が相互作用のもとに暮らして行ける空間が必要である。利根川流域ではそれだけの大きさの空間が不足すると容易に想像できるが、例えばミシシッピ川流域ほどの大きさが必要となるであろうか？

ミシシッピ川は日本の約8.5倍の流域面積を有している。上流部、中流部、下流部、デルタ地帯それぞれが広大な面積を有しており、それぞれの区分域で別々のエコリジョンが成り立つと考えることも

できる。遺伝子での同一性を考えるとすると、種の進化の過程で混じり合わない程度の距離が必要となる。ガラパゴス島のように、海洋で隔てられている場合には考えやすいが、河川流域ではどのような実態であろうか？

一方、人間生活や行動を考えると流域の中での繋がりとともに、文化圏という概念もある。文化圏は物理的な要素間の繋がりというよりは、生活を支える経済活動の繋がり、社会生活の中での価値観の共有から生まれるものである。文化圏はエコリージョンのような地理的に異なるといった自然要因の必然の結果ではなく、人の価値観が含まれている。

河川再生・流域再生には“流域”と“生態系”や“潜在自然”という概念の両者が含まれており、エコリージョンの観点からのアプローチも重要であることに触れておきたい。

3. 内陸水運

世界の河川と日本の河川を比べた時に、非常に大きな差異がみられる項目が幾つかあるが、内陸水運もその一つである。

内陸水運は、国の直轄事業として管理・運営されている例が多い。アメリカ合衆国の場合は、航行可能な水路はすべて国が管理するという規定で、陸軍工兵隊が河川管理を担当している理由はここにあり、南北戦争のときにはミシシッピ川は兵員輸送の大動脈でもあった。これを示すように、ミシシッピ川沿いには、幾つかの有名な古戦場が点在している。ドイツにおいても内陸水運は国の管理であり、治水・利水・環境は州の管理である。

ミシシッピ川流域はアメリカの中央部を南北に縦断するように広がり、北部は石炭・鉄鉱石の大産地、中央部はトウモロコシ・大豆・小麦・牛肉など農産物の大産地、南部は工業地帯が広がっている。このためミシシッピ舟運はアメリカ物流の大動脈で、アメリカの内陸水運の6割以上を占めている。中国における長江も、地理的・社会的に同様な環境にある。



図-2. ミシシッピ川下流での外洋船



図-3. ミシシッピ下流部での平底荷船の編成
(最大横5列, 縦5列)

図-2、3にミシシッピ川下流における水運の状況を示す。平底荷船は一つが1200重量トンである。ミシシッピ下流では最大編成25隻の航行が可能であり、最大編成は3万重量トンに達する。

内陸水運の管理の要諦は、土砂の堆積を防ぐために水面勾配を大きくすること、船の運航のために水面勾配を抑えること、という相反する要素の釣り合いを上手に取ることである。

上に述べたような制御を行うために堰堤と閘門が設けられる。セントルイスより上流部のミシシッピ川では29の堰堤と閘門が設けられている。堰堤と閘門は川を横断する工作物であり、また、航路は所定の水深を保持するために浚渫が行われる。したがって、内陸水運が盛んな場所では、河川は相当大きな変状をうけることになるので、川の自然度を高く保つための努力と配慮が必要で、水運の管理においてはこのバランスを考える必要がある。



図-4. ミシシッピ川における堰堤と閘門 (Rock Island Rapids、アメリカ陸軍工兵隊資料)

環境省資料によれば、二酸化炭素排出量の原単位は、トラック0.158kg/トンキロ、船舶0.039kg/トンキロ、鉄道0.021kg/トンキロであり、二酸化炭素の排出量では舟運は低い値を示している。したがって、今後の低炭素社会の実現に向けては、舟運は有利な

位置にあり、物流においては今後も重要な役割を果たすものと考えられる。

4. 川と堤防

日本では堤防のない川を見ることは滅多にない。雨が降り川の水位が上がってくると、その流れの幅はどんどん広がってくる。これは自然の現象であり、流れが低地に止まっている限りは人間生活に被害はない。しかし、水位が非常に高くなり、人が住んでいる地域にまで水が及ぶことになると、これは避けたいので堤防を築くことになる。第2章で論じた自然状態の川でいえば、堤防は横断方向の連続性を変形するための構造物である。川の水位との関係で記述したように、人がいない地域、川の水位が高くない地域では堤防は必要ないことになる。

筆者の経験ではオーストラリアの河川は堤防がない場合が多い。図-5はその一例で、橋詰から撮った写真で、道路の築堤はあるが、川には堤防がなく水位が上がれば水面はどんどん広がって行く。図-6は北部準州にあるKakadu国立公園のYellow Watersの光景である。水が流れる部分だけがわずかに



図-5. 西オーストラリア州の川



図-6. Yellow Waters, Kakadu National Park, Australia



図-7. Fortescue River (西オーストラリア大学資料)

侵食されて定常的な水路となっているが、その先にはほとんど水平な土地が広がっている。

乾燥、半乾燥地域の川のもう一つの特徴は、1年の大半を通して水が見られない川が多いことである。図-7はFortescue川を横断する鉱山鉄道の橋の部分の写真である。橋は工場製品のボックスカルバートを並べただけであり、小さな洪水流量、遠隔地での建設を考えた効率的な設計となっている。

西オーストラリアを例にとって、堤防が見られない自然状態に近い川の光景を見てきた。一方、大河川下流部の沖積平野ではそこに住む人間の数が多く、大都市が発達する。このような場所では人間生活を守るために堤防は不可欠となり、堤防を治水の基本策として採用している場合も数多くある。

図-8に黄河は華北平野では天井川となっている状態を示す。黄河の水面は開封市の地盤より7m上を流れており、堤防がなくては人々の生活を守ることが出来ない。ミシシッピ川下流部、ライン川下流部、黄河下流部、長江下流部などでは、堤防、遊水地、放水路を中心とした治水策が採用されている。気象、地形などの自然の条件と、社会的な条件の組み合わせによって流域の土地利用や暮らし方が決定されていることが分かる。

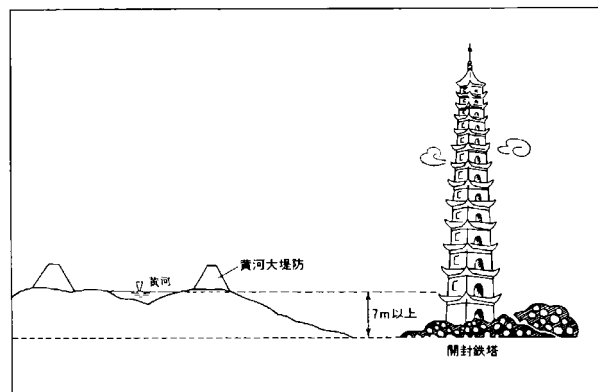


図-8. 開封市開宝寺塔と黄河水位・堤防の高さ

5. 河川・流域再生の評価について

第2章～4章においては地域的な川の違いに力点を置いて述べてきた。この章では世界の川を共通の対象として、河川・流域再生事業をどのように評価するかについて考察する。

河川流域の潜在自然能力の高さを N_1 から N_9 までの9段階で評価できると考える。“潜在自然度が高い”地域は、自然度が高く、将来にわたって高い自然度を保持できる確率が高い、自然条件がよい地域を示す。現在の生態系機能の保持・保全にも貢献しており、将来も貢献できる地域である。これを3段階に分け、 N_1 、 N_2 、 N_3 とよぶ。添え字の数が小さい方が優良であるとする。自然保全地域と呼ぶこともできよう。潜在自然度が中程度の地域を、 N_4 、 N_5 、 N_6 とよぶ。利・活用地域、田園地域とよぶこともできる。自然度が低い地域は、今後人間活動の影響によって劣化したら、自然度の復元は難しい地域である。例えば、都市地域はこれにあたり N_7 、 N_8 、 N_9 とよぶことにする。表-2にまとめを示す。

表-2. 潜在自然度による流域、地域の区分

潜在自然度が高い地域	N_1 、 N_2 、 N_3	自然保全地域
潜在自然度が中程度の地域	N_4 、 N_5 、 N_6	田園地域
潜在自然度が低い地域	N_7 、 N_8 、 N_9	都市地域

そして、これらの地域の広さを A_1 から A_9 で示すこととする。

潜在自然度が高い地域は、現在存在する生態系サービスの価値が高い。また、存在場所での価値だけでなく、周辺の生態系機能を支える能力も高いと考えられる。

自然度が高い3区域を自然保全区域とし、この地域の利活用は制限する政策を考えよう。この3区域は現在の自然に貢献するとともに、周辺地域の自然度を高く保つことに貢献できるし、さらに将来においてもこれが出来ることから2重に評価できると考えられる。そして、これらの9つの地域の単位面積当たりの生態系サービスの便益を B_1 から B_9 で示す

ことにする。生態系サービスの便益を定量化することは非常に難しい課題であるが、体系化の骨組みを示すことが重要であると考え、ここでは内容の細部にわたることなく進める。上で述べたように自然保全地域の便益は2重に評価できると考え、2乗する。生態系サービスの総和 S は、次の式で計算できる。

$$S = \sum_{i=1}^3 (B_i)^2 A_i + \sum_{i=4}^9 B_i A_i \quad (1)$$

河川・流域再生に話をもどそう。自然保全地域の自然度は人間の手で人工的には復元するのは難しいと考えることにしたので、河川・流域再生は田園地域と都市地域で考えることになる。 N_4 から N_9 が劣化した場合に復元を図ると考えるのである。ここで各地域の住民の数を n_4 から n_9 で示すことにする。都市地域では復元できる自然度は小さく、 N_i の増分 ΔN_i は小さいと推定される。しかし、受益者数 n_i は大きいので、都市地域における河川・流域復元の便益 B_i は大きくなることが予測される。

6. おわりに

この論説では河川流域、潜在自然、エコリージョン、生態系サービスという用語で表現される内容を取り上げてきた。河川流域の物理的な内容は明快に説明できるが、その中で暮らしを営む人間や生態系に関わる部分は複雑な内容を含んでいる。潜在自然、エコリージョン、生態系サービスなどは概念が難しいとともに、定量化することも難しい課題を多く含んでおり、それぞれの項目を明らかにするだけでも長い説明と、今後の進展が必要な部分がある。

しかし今回は、河川・流域再生事業の評価、特に経済的評価を含めた全体の体系を示すことを考えたので、現段階では明快な共通認識に達していない因子であっても敢えて含めて議論をした。世界の河川事情、河川・流域再生事業の理解にとって、基本的な枠組みを提供できれば幸いである。

参考文献

玉井信行編：河川計画論 - 潜在自然概念の展開、東京大学出版会、510pp.、2004.