

韓国河川の物理的及び生態的な特性に関する研究

STUDY ON PHYSICAL AND ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF KOREAN STREAM

河川・海岸研究室 前任研究員 李斗漢
金恵珠自然計画環境研究所 所長 金恵珠

河川の物理特性と生態特性の間には深い関連性があるが、これに関する実証研究はあまり行われていない。本研究では、韓国河川の物理特性と生態特性について分析するために、韓国の中小河川の河床材料と物理構造、生態について調査を行うと共に、この調査結果に基づいて河川の水利特性と生態特性を分析した。分析を通じて、河床材料という観点でみると、砂河川の水利特性と砂利河川の水利特性が明確に異なるため、植生や底生生物の特徴が明確に現れていることが確認できた。この分析結果は、今後、河川復元や河川評価に活用できるものと思われる。

Key Words: 河道特性、河床材料、河床勾配、物理的な構造、生態特性

1. 序論

河川の河床材料の特性は、河川に供給される流砂の特性や河川の作用力の影響を受ける。河川に供給される流砂は、上流の地質や土壌によって異なり、河川に流れてきた流砂は流水の作用力に応じて各サイズ別に分級されて河川に存在する。即ち、各河川の河床材料には上流の地質特性や流水による作用力の特性が反映されている。また、流水による作用力は、河床の勾配や流量規模に支配的な影響を受ける。山本晃一(1994)によると、自然河川の中で勾配が同一な河道区間の場合、河床材料、遡流力、低水路幅、水深などの値が大体同じであるとしており、河道特性を支配する主要因子として各河川の平均延最大流量、河床材料の代表粒径、河床勾配などを設定している。

河川の物理的な構造とは、その河川が属する流域の地質特性や河川水の変化による物理変動をいう。例えば、蛇行性や蛇行による蛇行侵食、砂州の発達、横断の深さ、横断幅の変化特性、河床材料と、これによる瀬や沼などがある。物理特性は河川環境を構成する因子であり、ある物理特性を持つ環境中に生息している出現生物と物理特性には密接な関連性があると思われる。

LfU(1998)のBaden-Wuerttembergの河川タイプに関する研究では、粘土性・片麻岩などの河川の物理構造因子と、流量・河川水の化学性・地質性・生物(底生生物と魚類)の関連性を分析することで、河川特性を規定すると共に、河川を硅酸塩と炭酸塩河川に分類している。そして、LfU(2000)は、地質性と水化学的な因子間の関連性分析を

通じて河川タイプをまとめている。AQEM(2001)は、底生生物と河川の無生物的な要因(河川の化学性、物理的な構造)との関連性分析を行うことで各河川タイプにおける代表的な底生生物を究明すると共に、これを河川の生態評価に利用した。

本研究では、韓国河川の現場調査を行い、その結果に基づいて河床材料を中心に河道の物理的な特性について分析すると共に、河川の特性を構成する無生物的な環境因子と出現生物との関連性について調べた。

2. 研究方法

(1) 調査対象の河川

調査は、河道特性と物理-生態構造に分けて行われた。河道特性調査については、低水路護岸のない国内 17 河川 45 地点の河床材料について調査と分析を行った。物理-生態構造の調査については、砂河川 3 ヶ所、砂利河川 3 ヶ所を選択してその物理構造について調べると共に、この中で自然性の高い区間については生態調査を行った(図-1)。

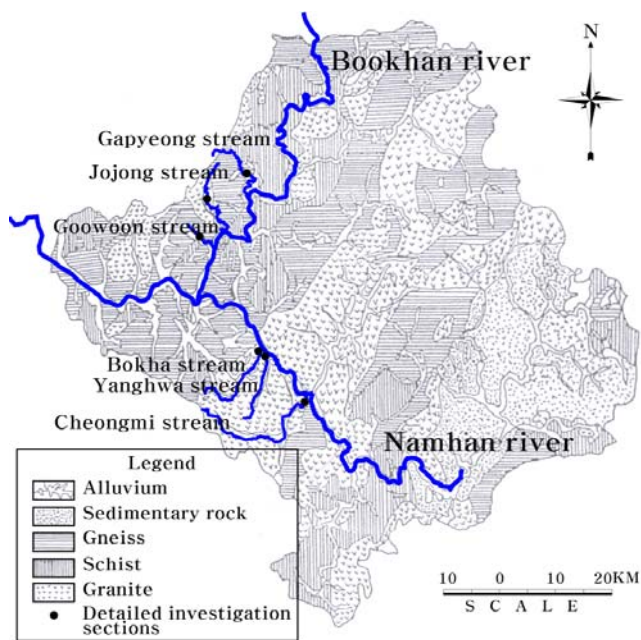


図-1 物理-生態構造の調査を行った河川

(2) 河床材料の調査及び分析

河床材料を採取する河川の横断線を決めた後、現場条件を考慮しながら、なるべく流心線に近い地点で採取した。採取地点は主に河床、あるいは高水時に河床材料の移動や堆積が発生する砂州部で行った。河床材料が砂の場合は一定体積採取法(Volumetric Sampling、図-1)を適用して採取し、室内で分析した。河床材料が砂利の場合は線格子法を適用して現場で調査を行った。砂と細かい砂利が混在する混合砂河床材料の場合は現場の状況をみながら一定体積採取法と線格子法を混用した。

収集された河床材料の粒度分布に関するデータを、代表粒径と分級度の関係、代表粒径と河床勾配の関係、無次元遡流力分析などに用いた。河床勾配については、1次元不等流モデルのHEC-RASの計算結果を用いて高水流量時のエネルギー勾配を平均し、これを河床勾配に設定した。

(3) 物理-生態構造調査及び分析

LAWA(2000)に基づいて河川の物理構造に関する調査を全河川延長に対して行うと共に、その結果に基づいて、各河川で最も自然性が高い区間を1kmずつ選定して重点調査区に設定した。

出現生物と河川の物理特性の相関性分析においては、重点調査区で出現した総62底生生物種及び個体数、各河川の重点調査区で5回以上出現した植物116種及びその出現頻度と河川タイプの尺度である「河道蛇行」「蛇行侵食」「横断砂州」「波浪の多様性」「深さの多様性」「横断侵食」「横断幅の変化」「河床材料の多様性」「河床構造の特異事項」の9項目の物理的な構造評価値を代入して行った(LAWA、2000)。

生物と環境要因との相関性分析には主に序列化手法を

用いた。序列化手法(Ordination)とは、生物種構成に基づく各サイトの類似度を、二つの尺度(Axis)で表現される空間上に距離で表すための多変量手法の総称であるが、これを用いる主な目的の一つは、全ての生物種の出現が少数の知られてない環境変数の変化によるものであるという仮定の中でデータ構造を模索するためである。

本研究では、底生生物には直接的な線形応答モデルRDA(Redundancy analysis)を植物には正準相関分析CCA(Canonical correspondence analysis)を分析モデルとして用いた。

RDAとCCAの結果値はOrdinationグラフで総合的に表すことができる。環境因子の方向はRDAとCCA両方とも矢印で表示されるが、矢印の長さが長いほど対象の環境因子は代入の生物種と強い相関関係があることを意味する。CCAでは生物種の分散が点で表示されるが、点から矢印に垂直に引いた線と矢印の接点が、矢印の頭の方に近いほどその生物種はその環境因子の影響を強く受けることを意味する。RDAにおいても生物種の分散は矢印で表わされるが、長さが長いほど豊富度高い種を意味し、グラフにおける表現力が大きい。また、グラフの中心点から伸びる角度は各変数間の相関関係を表す。矢印と矢印間の角度が小さいほど正の相関であり、矢印の方向が正反対の場合は負の相関が強い。

3. 調査結果

(1) 河床材料の特徴

国内河川の調査結果を図示して比較すると図-2の通りである。分級度の区分については、砂、分級度が大きい砂利、分級度が小さい砂利の大きく3つの特性を持つグループに区分できる。粒径2mm以下の砂については、河床材料の代表粒径と分級度が比例関係にあり、日本の基準では花崗岩風化地帯の特性を持つグループに属する。しかし本研究では、細かい砂利に属する粒径が代表粒径になる場合がなかったため、日本基準で中間帯あるいは推移帯に属する材料がなかった。砂は無次元遡流力が0.2から1.0の分布を表す。

砂利材料は、分級度10を基準に分級度が大きいグループと小さいグループに分けられるが、日本基準では山間急流部では分級度が小さく、扇状地や一般的な山間地では分級度が大きい。しかし、本研究では分級度の差異がはっきり示された地形特性について明確に把握することができなかった。

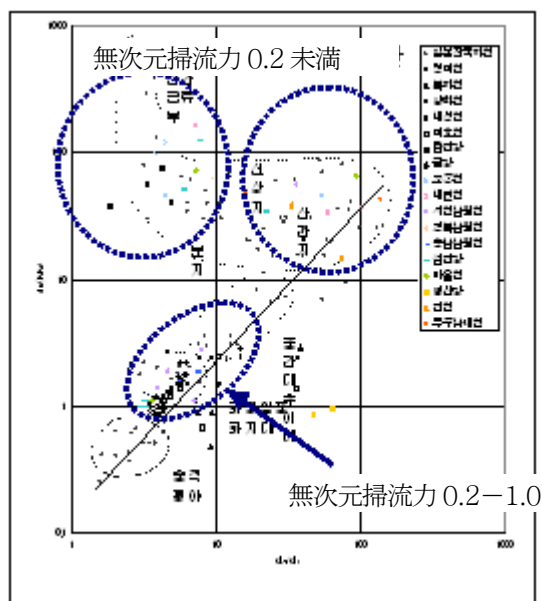


図-2 河床材料の分級度特性

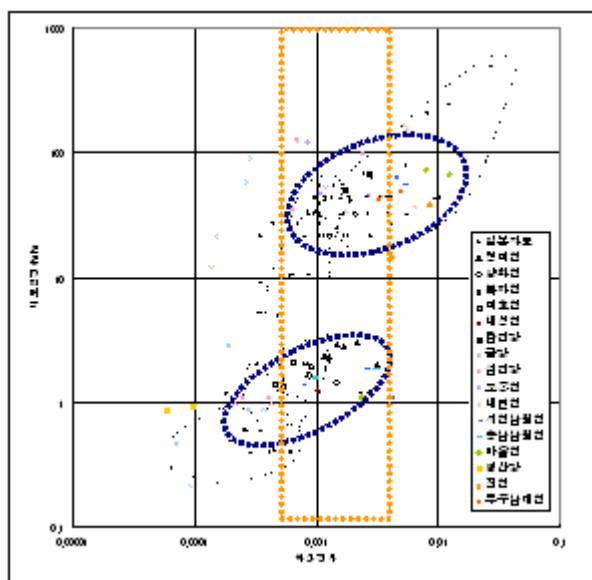


図-3 河床材料と勾配の関係

河道特性を把握するためのもう一つの有用な関係は河床勾配と代表粒径の関係(図-4)である。河床勾配は、各河川の流量規模を考慮していないが、河床に働く作用力の尺度として意味があり、作用力と河床材料の代表粒径には相当な関係があることが分かる。河川特性に関する従来のアプローチでは縦断距離による河床材料の粒径や、縦断距離による河床勾配の変化について統計的な分析をしているが、河床勾配と河床材料を直接結び付けて分析した例は少ない。

河床材料と代表粒径の関係においても、砂利と砂は違う様相を示す。河床のアーマー化や流れが停滞する区域など特異値を除くと、砂利と砂いずれも河床勾配と河床材料は比例関係にあるがその形は異なる。即ち、砂利と砂の両方を考慮した一つの河床勾配-代表粒径関係式は

成立しないことを意味する。特に、河床勾配が 1/200 から 1/2,000 の範囲内では河床材料が砂利や砂の場合がある。これは河川の河床材料が河床勾配だけでなく供給流砂の質に大きな影響を受けていることを表す。

(2) 物理-生態構造

砂利河川と砂河川の物理構造に関する調査結果を図-4 に示した。

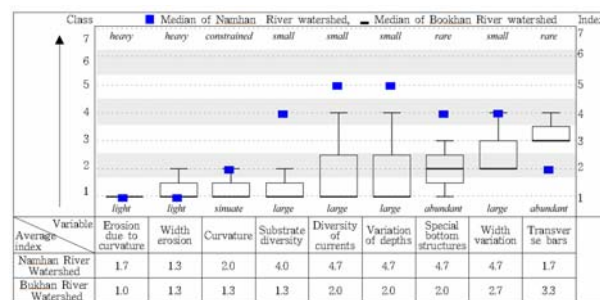


図-4 物理構造に関する調査結果

底生生物は総 62 種が出現した。下表のとおり北漢江水系の砂利河川で共通的に出現した種は 15 種である。植物及び植生については、砂利河川では木本類が、砂河川では草本類が優勢な特性を示した。調査河川の共通種については、砂利河川はネコヤナギなどの 29 種だったが、砂河川でのみ出現した共通種は 7 種であって砂河川の場合は共通種が少なかった。一方、二つのタイプの河川において高い頻度で出現した種はヨモギ、ツルヨシ、カナムグラであり総 9 種の共通種が調査された。

「河床材料の多様性」(EN6)、「河道蛇行」(EN4)、「横断侵食」(EN2)の 3 項目が底生生物の種の分散における有効な環境因子グループとして選定された。これにより、出現した全体の底生生物 62 種と上記の 3 つの物理的な構造項目について RDA を行った。その結果、底生生物種と環境因子との相関係数(R)は 0.989 と大変高い相関関係を示した。図-5 の矢印の長さで示したとおり「河床材料の多様性」(EN6)と「河道蛇行」(EN4)項目が底生生物種の分散に強い影響を及ぼしており、これに比べて「横断侵食」(EN2)は影響が相対的に少なかった。

表-1 植生調査の結果

Variable	Plants from low-flow channel to the levee	Appearance frequency
Species of cobble stream	1: <i>Salix gracilistyla</i>	107
	2: <i>Equisetum arvense</i>	81
	3: <i>Carex dispalata</i>	71
	4: <i>Clematis apiifolia</i>	64
	5: <i>Chelidonium majus</i> V. <i>asiaticum</i>	45
	6: <i>Stephanandra incisa</i>	42
	7: <i>Amphicarpaea edgeworthii</i> V. <i>trisperma</i>	40
	8: <i>Rosa multiflora</i>	40
	9: <i>Oenothera odorata</i>	36
	10: <i>Youngia sonchifolia</i>	34
	11: <i>Commelina communis</i>	32
	12: <i>Persicaria hydropiper</i>	29
	13: <i>Aster yomena</i>	25
	14: <i>Lactuca indica</i> V. <i>laciniata</i>	25
	15: <i>Setaria viridis</i>	24
	16: <i>Securinea suffruticosa</i>	22
	17: <i>Viola mandshurica</i>	22
	18: <i>Hosta longipes</i>	21
	19: <i>Viola acuminata</i>	20
	20: <i>Lysimachia vulgaris</i> V. <i>davurica</i>	20
	21: <i>Festuca ovina</i>	17
	22: <i>Miscanthus sinensis</i> V. <i>purpurascens</i>	17
	23: <i>Morus alba</i>	16
	24: <i>Viola verecunda</i>	14
	25: <i>Rubia akane</i>	12
	26: <i>Chenopodium album</i> V. <i>centrorubrum</i>	8
	27: <i>Rhus chinensis</i>	8
	28: <i>Fimbristylis dichotoma</i>	8
	29: <i>Glycine soja</i>	4
Species of sand stream	30: <i>Phragmites communis</i>	62.5
	31: <i>Artemisia selengensis</i>	59
	32: <i>Salix koreensis</i>	33.5
	33: <i>Bromus japonicus</i>	33.5
	34: <i>Rubia cordifolia</i> var. <i>pratensis</i>	15
	35: <i>Agropyron tsukushiense</i> V. <i>transiens</i>	14.5
Common species of cobble and sand stream	36: <i>Agropyron ciliare</i>	8
	37: <i>Artemisia princeps</i> V. <i>orientalis</i>	312.5
	38: <i>Phragmites japonica</i>	306
	39: <i>Humulus japonicus</i>	215
	40: <i>Phalaris arundinacea</i>	189.5
	41: <i>Erigeron annuus</i>	124.5
	42: <i>Stellaria aquatica</i>	101
	43: <i>Erigeron canadensis</i>	87.5
	44: <i>Rumex crispus</i>	59
	45: <i>Persicaria perfoliata</i>	46.5

また「河床材料の多様性」(EN6)と「河道蛇行」(EN4)は正の相関関係が強く「横断侵食」(EN2)はその他の二つの環境因子との相関が弱かった。そして図-5のAグループ(グラフの左上)はEN6及びEN4と正の相関がある底生生物種であり、「河床材料の多様性」(EN6)と「河道蛇行」(EN4)が少ない環境をいうが、種25、52、54などは「河道蛇行」(EN4)が少ないこと、そして、種9、11、28、37、56などは「河床材料の多様性」(EN6)が少ないことと密

接な相関関係を示している。一方、Dグループ(グラフの右下)は、上記のAグループとは反対の物理構造を示している。即ち、Dグループの種の中で4、5、14、29、35、36、43、49などは「河道蛇行」(EN4)が大きいことと、種3、20、32、45、55などは「河床材料の多様性」(EN6)が豊かなことと強い相関関係を示した。

一方、Cグループは「横断侵食」(EN2)と正の相関にあり、横断侵食が多い地域を好むことが分かる。特に、7、18、26、34、42、57、60、61、62種などではCグループの性格が強く表われている。一方、BグループはEN2と負の相関関係にあり「横断侵食」(EN2)が小さいことを示し、これに属する種は種30、51などである。

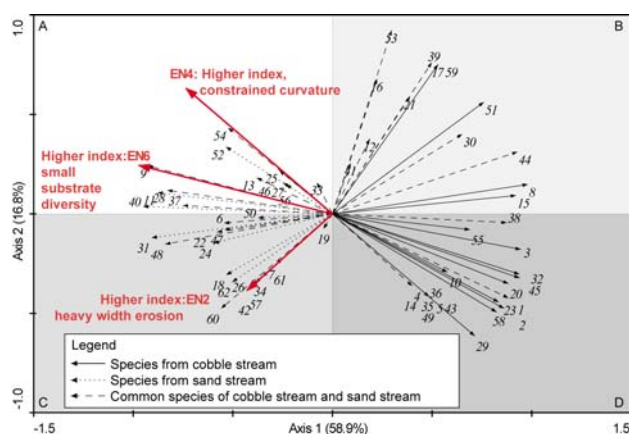


図-5 物理構造と底生無脊椎動物の相関性

物理構造と植物の相関性は図-6及び表-1に示した。「横断侵食」(EN2)「横断砂州」(EN3)「河床材料の多様性」(EN6)「波浪の多様性」(EN7)項目が植物分散に有効な環境因子として選定された。

4つの物理的な構造項目の中で「横断砂州」(EN3)と「河床材料の多様性」(EN6)項目が植物の出現に最も強く影響し、「横断侵食」(EN2)「波浪の多様性」(EN7)はそれより影響が少なかった。そして「横断侵食」(EN2)「河床材料の多様性」(EN6)「波浪の多様性」(EN7)は正の相関関係を示し、「横断砂州」(EN3)は上記3項目と負の相関関係を示した。

CCA結果、代入された植物種は下図のようにA、B、Cの3グループに分けられる。この中、Aグループは「横断砂州」(EN3)とは正の相関関係を、「横断侵食」(EN2)「河床材料の多様性」(EN6)「波浪の多様性」(EN7)とは負の相関関係を示している。物理構造の特性が、横断砂州が少なく横断侵食は弱く河床材料の多様性と波浪が多様な河川環境を示している。このような特性が強く表われる種は特にAグループのa種であり、北漢江水系の砂利河川の加平川で出現した種である。

BグループはAグループとは反対の物理構造と相関性を示した。「横断砂州」(EN3)が相対的に多く「横断侵食」(EN2)が強く「河床材料の多様性」(EN6)「波浪の多様性」(EN7)が少ない河川環境で出現する種グループであり、南

漢江水系の砂河川で出現する種である。特にBグループ種の中、影表示したb種はこのような指示性が強いものであった。一方、Cグループは砂利と砂河川で同時に出現している種であり、代入された物理構造との明確な相関関係は示されなかった。

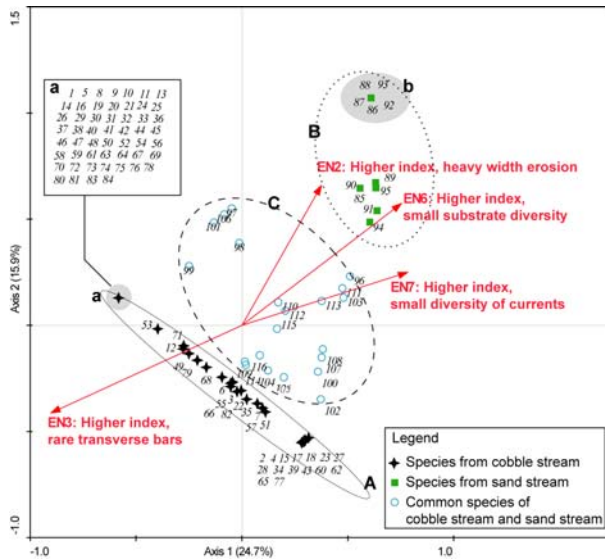


図-6 物理構造と出現生物の相関性

4. 結論

韓国の中小河川の物理構造及び生態について調査を行い、その特性について分析した。調査によると、河床材

料や勾配の特性において、砂利河川と砂河川は明確に区分されており、底生生物及び植生に関する調査結果においても明確な傾向が確認できた。とりわけ、植生や底生生物に関する調査では、環境因子と出現の相関性を分析することで生物生息を支配する物理環境因子について究明した。

本研究では、河床材料と河道特性が強い相関関係を示しており、このような相関関係が河川の生息環境に大きく影響していることを確認することができた。本研究の結果を今後、河川の復元や評価に活用できるものと期待する。

参考文献

- 1) 山本 晃一 (1994) 沖積河川学, 山海堂
- 2) AQEM(2001) Experiences with different stream assessment methods and outlines of an integrated method for assessing streams using benthic macroinvertebrates.
- 3) LAWA(Laenderarbeitsgemeinschaft Wasser) (2000) Gewaesserstrukturguetekartierung in der BRD. 1. Auf. Schwerin.
- 4) LfU(Landesanstalt f. Umweltschutz Baden-Wuerttemberg) (1998) Handbuch Wasserbau 2, 41. Regionale Bachtypen in Baden-Wuerttemberg..
- 5) LfU(Landesanstalt f. Umweltschutz Baden-Wuerttemberg) (2000) Hydrochemische und biologische Merkmale regionaler Bachtypen in Baden-Wuerttemberg. Karlsruhe.