

流域水文学(2012 年度辻本担当分)

河川生態系

生態系 Ecosystem の構造と機能

物理基盤・(生元素)物質循環系・生物相の相互作用

各相のキーワード :

物理基盤(河相) : 移動床過程

生物相 : 生活史(個体, 個体群), 食物網(群集)

物質循環 * 生元素(無機物, 有機物) C, N, P, O, ……

各相の相互作用 :

物理基盤→生物相 生息場(Habitat)提供 生態的機能(Ecological function)

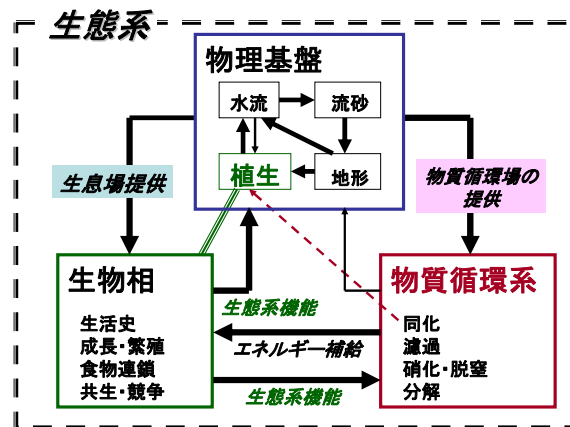
物理基盤→物質循環 物質循環生起場

生物相 → ← 物質循環

枯死・代謝 分解 一次生産・同化(光合成)

(物理場, 物質循環系に支えられた) 生物相 → 物理基盤・物質循環系(反作用)

生態系機能 (Ecosystem function)



人間のインパクト→物理基盤(土地改変, 流況変化, 流砂制御) ←環境影響評価 (EIA)

→物質循環系・生態系への影響 Environmental Impact Assessment

(生態系アセスメント)

河川生態系の特徴

- (1) スケールの階層性(入れ子構造)
流域→水系→セグメント→リーチ→ユニット→サブユニット→…
- (2) 連結性
縦断方向連続性 溪流→山地河川→谷底平野→扇状地河川→自然堤防帯河川
→三角州河川→感潮区間→沿岸域
横断方向連続性 濡筋⇔水際⇔一時水域⇔川原⇔(堤防)⇔氾濫原⇔隣接丘陵
鉛直方向連続性 表面流⇔伏流水 (Subsurface flow)
- (3) ダイナミズム (攪乱→更新)
- (4) 水・土砂・物質のフラックス網 (ストック→景観)

流域生態系

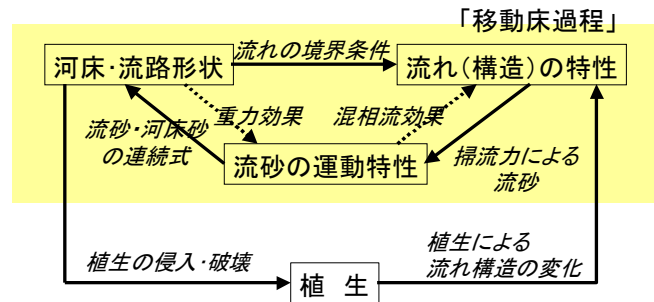
流域に散在する様々な「景観」が「水・物質フラックス網」で連結されている。

独自性がある
 地理的特徴+土地利用で「類型化」→**類型景観** ←生態系としての構造・機能

生態系の記述

物理基盤=河相

移動床相互作用系 水流・流砂・地形の相互作用(移動床過程)+河道植生



移動床過程の境界条件=流況, 流砂の境界条件

河相のキー=植生 (Vegetation) 生物としての植物 Plants

植生の影響: (抵抗) 流速低減→乱流混合の活発化(新たな輸送フラックス)
 局所流 洗掘・堆積
 →地形の複雑化(場の多様性)

プロセスの解明:

地形(流路・河床形状)→水流 開水路水理学
 水流→流砂 流砂機構
 流砂→地形変化 移動床水理学(流砂の連続式)
 地形→植生 植物生態学(社会学)
 植生※⇔水流 植生水理学 (※) 離散的障害物(構造物)

生物相

(1) 生息場(Habitat)

生息適性(Habitat Suitability) ~ 物理指標・PHABSIM(Physical Habitat Simulation)

$$\Xi_{ik} = \prod_{j=1} \eta_{ijk}^{\gamma_{ij}} = \prod_{j=1} [f_{ij}(\xi_{jk})]^{\gamma_{ij}}, \quad \sum_{j=1} \gamma_{ij} = 1$$

i =対象とする種(生活史のステージ)

j =対象とする物理指標 ξ_j

k =対象とする面積要素 ΔA_k

生息適性(Habitat Suitability)← (0, 1)でランク付けする

$$\eta_{ij} = f_{ij}(\xi_j) \quad \leftarrow \text{選好曲線(preference curve)}$$

$$WUA = \sum_k \Xi_{ik} \Delta A_k \quad \text{Weighted Usable Area}$$

応用: 河川改修の影響評価

多自然川づくり(自然復元)の効果評価

課題：注目種 ←生態系アセスの技術ガイドライン
 生活史・生活環
 (産卵, 孵化, 仔稚魚; 摂餌; 避難←洪水・旱魃)

WUA～流量(Q) 関係の議論
 IFIM (Instream Flow Incremental Methodology)

(2) バイオマス Biomass

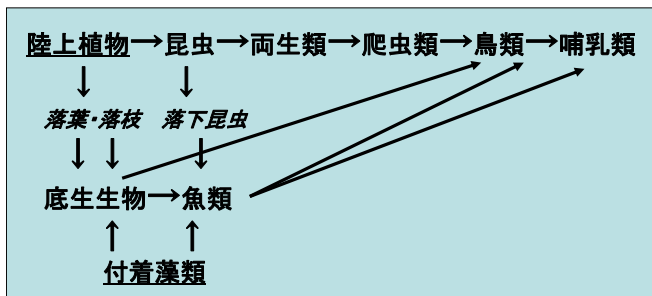
個体(成長), 個体群(種・繁殖), 群集(複数種←食物網(連鎖), 共生, 競争)

Population Dynamics Modeling

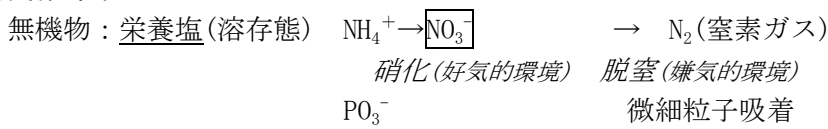
$$\frac{dM}{dt} = \mu M \left(1 - \frac{M_{\max}}{M} \right) \quad \text{Logistic equation}$$

M =バイオマス, m =増殖率, M_{\max} =最大バイオマス(環境容量)
 付加項=剥離率, 移入出, 多種のバイオマスの影響

※食物網 (Food web, Food chain)



物質循環系



↑ 有機物の分解 ↓ 一次生産・同化(←光合成)

有機物：粒状有機物 POM (Particulate Organic Matter) ⇔ 生物

落葉・落枝, 付着藻類の剥離, 川原植物の流失

動物の排泄物, 遺骸など

ダウンサイジング CPOM→FPOM

スパイラル 河道要素にストックされながら流下

TN, TP

河川生態系の特徴の詳細

(1) 階層性

流域～水系(一貫)～セグメント～リーチ～ユニット～サブユニット

(Structure) (Texture)

Duration(寿命, 更新)

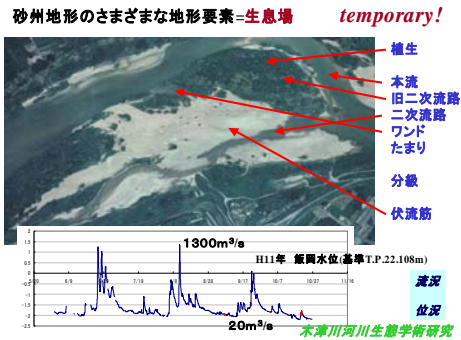
空間スケール

時間スケール

集合体 ← → 構成要素



セグメント→リーチ



ユニット→サブユニット

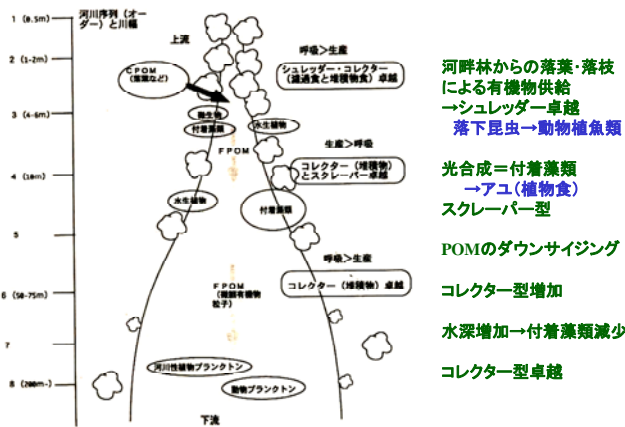
(2) 縦断方向連続性・固有性

セグメント

溪流～山地河川～谷底平野～扇状地河川～沖積地河川(自然堤防帯)～三角州河川～感潮河川
 河床勾配: 1/50 1/200 1/1000 1/100000
 河床材料: 巨石 巨礫 礫 粗砂 細砂 シルト
 河床形状: 礫環, 礫段, 交互砂州 複列砂州 小規模河床形態
 (Step-pool, Antidunes) 瀬・淵(Riffle-pool)

河川連続体仮説(River Continuum Concept)

Vannote, R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummings, J.R. Sedell and C.E. Cushing: The river continuum concept, Canadian Jour. Fisheries & Aquatic Sciences, Vol.37, pp.130-137, 1980.



河川連続体仮説(River Continuum Theory)
Vannote et al.(1980)の図を谷田が改変したもの

セグメントに応じた固有な生物構成... 典型性(アセスメントの注目種のひとつ)
生活史上必要な「移動」 回遊魚→遡上, 降下

(3) 横断方向連続性・固有性

本流～一時水域～水際～湿地～陸域～植生域～氾濫原～丘陵

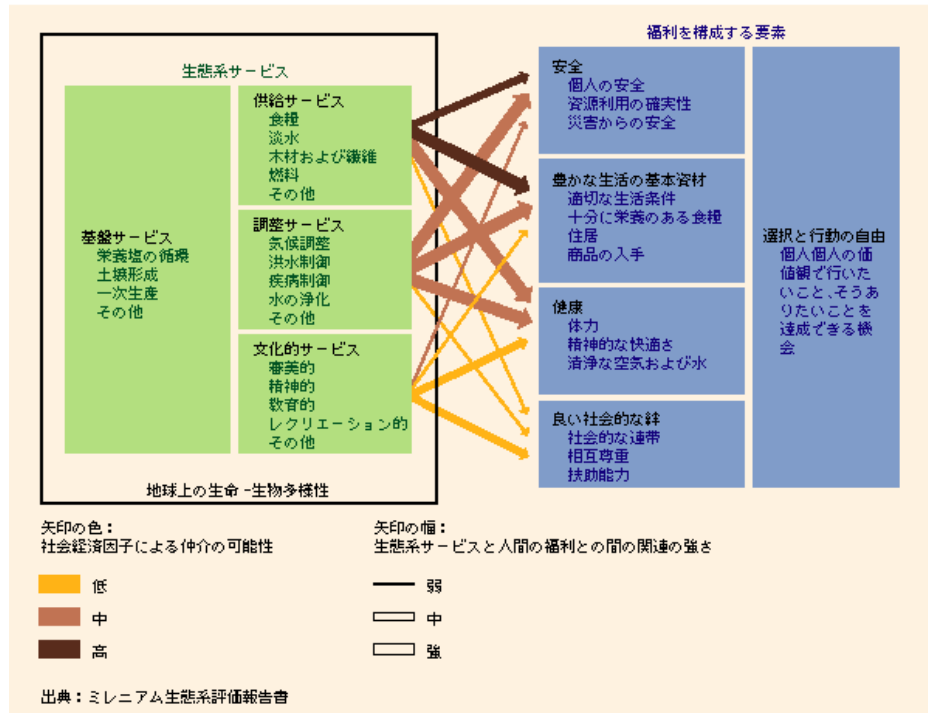
(4) 攪乱

洪水=場の更新→生物の更新→「遷移」を進めない =動的平衡
 冠水 位況→一時水域 ←横断的連続性
 流砂・移動床過程 場の変化, 付着藻類の剥離

栄養塩・有機物の捕捉・流失, 生物の移入出
 生活史上のトリガー コイ科の魚類の産卵など

生態系サービスと生物多様性

生態系機能→生態系サービス



生物多様性

Shannon-Wiener 指数
$$H' = -\sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i$$

H' =種多様度, s =種数, P_i =全個体数中種 i の個体の出現割合

Simpson の多様度指数
$$D = 1 / \sum_{i=1}^s p_i^2$$

リベット種仮説 (Rivet species hypothesis)

重複余剰種仮説 (Redundant species hypothesis)