



持続性に向けた流域圏の挑戦 —それを支援する学と技術—

コラージュ&フォーラム 第2回「流域圏を基にこの国の形を創る」
東京大学弥生講堂 2010.2.14

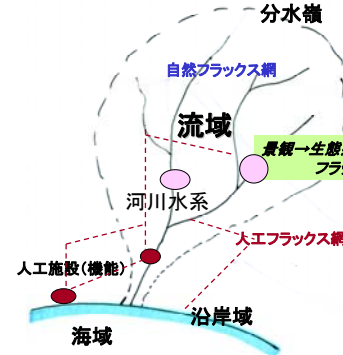
名古屋大学大学院工学研究科
辻本 哲郎

かつての人間の営みと自然

安全, 資源, 環境 **水循環**

流域 = 水循環の陸側の「単位」 ← 分水嶺で囲まれた領域
↓
降雨 → 河川流量(流出Runoff)
流砂系 → 物質循環 → 「生態系」(生物相が加わった)

流域 = 水, 土砂, 生元素, 生物などの輸送経路かつ輸送手段
フラックス網の集合体
(ルートだけでなく輸送量も含む概念)



そのさまざまな「地先」で,
「景観」(=生態系)が形成され,
「生態系サービス」が生み出されている。
Ecosystem Service 機能
→ その活用 → 人間活動
「風土」の醸成

環境の中での人間活動:

水循環 = 「環境」の基本

水文循環 (Hydrological Cycle)

降雨 → 流出 → 河川水系(陸水) → 海 → 蒸発散 → 大気圏流動
流域 (watershed, river basin) ← 分水嶺による区分

流砂系 → 地形変化(水成地形)

輸送だけでなく浸食(分散)・堆積(収斂)プロセスも

物質循環 (Material cycle) 土砂も含めてさまざまな物質(水環境に関わる)

水質に関わる「生元素」のように、輸送中に様態が変化するもの
(N, C, P, Oほか) 無機物, 有機物・生体

生物相 = 物質循環と相互作用(生産, 代謝, 分解など)

空間スケール

地先 ~ **流域** ~ 流域圏・地域 ~ より広域・国 ~ 大陸 ~ 地球 ~
(個人のレベル)(自然の水循環) (人間活動, 行政区域)

流域

水・物質のフラックス網

流域のなかに散在する「景観」 Landscape

これがフラックス網で連結されている

自然要素

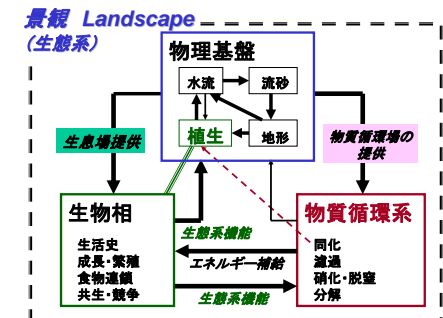
河川・水域

河川が作った地形 = 水成地形
(谷底平野, 扇状地, 自然堤防帯, 沖積平野, 三角州, ...)

それ以外の地形(丘陵, 山地)
植生 → さまざまな生物の生活史
(←食物網, 共生・競争)

人間活動

← 土地利用, 施設
(人工林, 水田, 畑地, 市街地)



流域圏の自然共生型環境管理技術開発

①自然共生型流域圏の持続性評価

生態系サービスの享受 ← 「健全な生態系」
 持続性への脅威である
 化石燃料枯渇, 温室ガス排出 (→温暖化), 生物多様性喪失 を抑制

生態系の構造と機能の解明

TB2 ← 「類型景観」の概念

各地先でのフラックス変化, 生態系サービスの評価

生態系機能の駆動源 であり,
 各地先の変化を流域圏に伝播する
 水・物質フラックス網の記述

TB1

流域圏全体での
 生態系サービスの統合評価

TB3

→②自然共生型流域圏構築への駆動

←さまざまな類型景観ごとの修復技術, 社会的施策その他

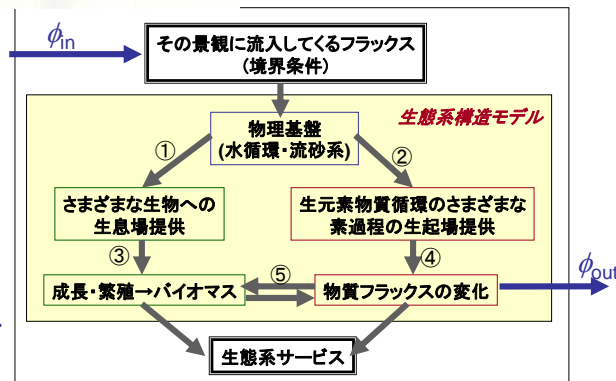


類型景観ごとに作成されるTB2

生態系のメカニズムのモデル化

→流入フラックスに対して,

フラックス変化
 生態系サービスを評価.

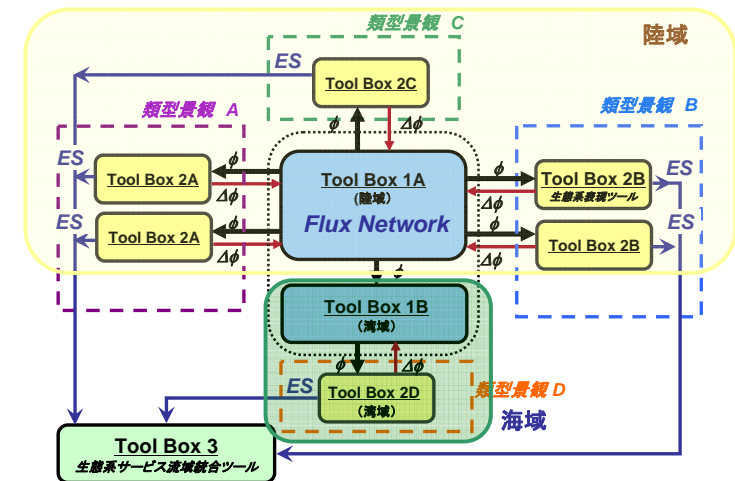


さまざまな類型景観と機能及びその変質・修復

位置	生態的機能	変質(修復)
森林	樹林生育	森林管理
河道(礫床)	底生生物, 魚類, 流下有機物	流況, 土砂, アーマリング, 砂礫堆(裸地)
河道(砂河川)	植生, 川原生物生息 流下有機物, 硝化・脱窒	流況・土砂, 河床低下, 砂州, 植生繁茂, 地形・表層
河道(感潮区間)	干満時浸透, 有機物, 脱窒	陸化・植生繁茂
河川→水田	生物生息	河川との横断的連続, NW, 用排水, 水管理, 施肥
複合農地 (灌溉施設・水田, 畑地)	脱窒, SS除去	
汽水湖沼	底泥, 脱窒	底泥, 水質(←農地, 住宅)
干潟	塩性植物, 底生生物, 物質循環	河川流砂・漂砂→地形変化
湾(浅場)	アサリ生息・漁獲, 浄化	河川流砂・流況→地形変化 浚渫, 干拓(埋立), 水産

流域圏を表現する基本Tool Box

Tool Box 1 フラックス網解析 陸域(流出型)と海域(流動型)で開発, 適用
 Tool Box 2 生態系表現モデル 「類型景観」ごとに開発, 個別景観に適用
 Tool Box 3 流域圏統合化モデル(標準化+総和)



TB1とTB2の連結

流域圏で開発されているTool Box 2

ES: 生態系サービス
 $\Delta\phi$: フラックス変化
 PM: 適用施策

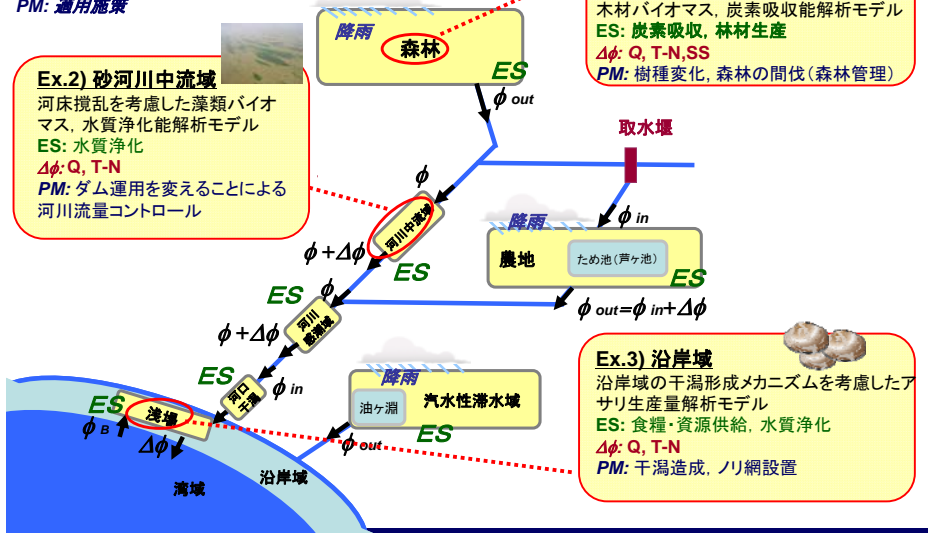
Ex.1) 森林域

森林生態系・物質循環系を考慮した
 木材バイオマス、炭素吸収能解析モデル
 ES: 炭素吸収, 林材生産
 $\Delta\phi$: Q, T-N, SS
 PM: 樹種変化, 森林の間伐(森林管理)

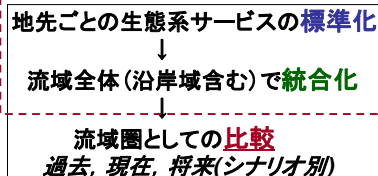
Ex.2) 砂河川中流域

河床攪乱を考慮した藻類バイオマス、水質浄化能解析モデル
 ES: 水質浄化
 $\Delta\phi$: Q, T-N
 PM: ダム運用を変えることによる河川流量コントロール

Ex.3) 沿岸域
 沿岸域の干潟形成メカニズムを考慮したアサリ生産量解析モデル
 ES: 食糧・資源供給, 水質浄化
 $\Delta\phi$: Q, T-N
 PM: 干潟造成, ノリ網設置



自然共生指標(持続性指標)での評価



Tool Box 3 の構築

ESの標準化

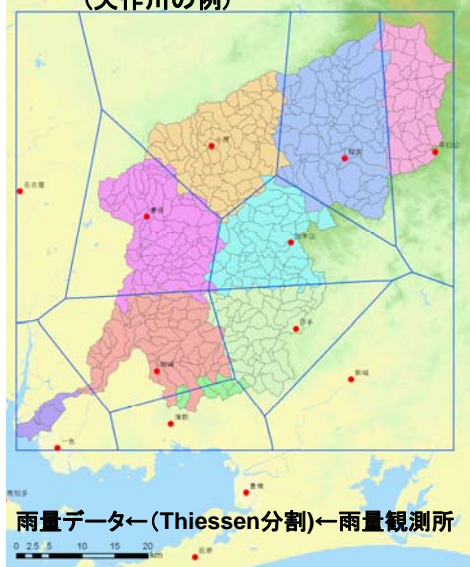
- 持続性指標
- 自然共生度
- 生態系健全化
- 生態系サービス享受
- 温暖化抑制
- 化石燃料代替 (温室ガス削減)
- 生物多様性保全

生態系サービス(ES)の定義と分類		プロジェクトで扱っているESの例
生態系サービス: 生態系から人々が得る恵み		
調整サービス (気候・洪水・水質)	水質浄化	滞水域における微細土粒子の沈澱(st3,4) / 河川や浅海域における有機物分解(st4,5) / 好気条件下におけるリン酸態リンの溶出抑制(st4) / 滞水域における脱窒(st4) / 植物による栄養塩類の取り込み(st4) / 二枚貝による水質浄化(st4,5)
基盤サービス (栄養塩管理・生物多様性・土壌形成)	炭素吸収	森林(st3)・河川の流路と河畔(st4)・沿岸域(st4)・内湾(st3)の植物による一次生産
供給サービス (食糧・水・木材)	物質・水循環	森林による水源涵養(st3) / 河川による水・土砂・物質の輸送・供給(st4)
文化的サービス (レクリエーション)	多様性の維持	河川の水と土砂の流れによる微細地形の形成(st4) / 河川氾濫による避難場の提供(st3,4) / 水域ネットワークによる生息場の提供(st4)
	食糧生産 資源生産	森林における木材の生産(st3) / 河口域・沿岸域における二枚貝の生産(st4,5)

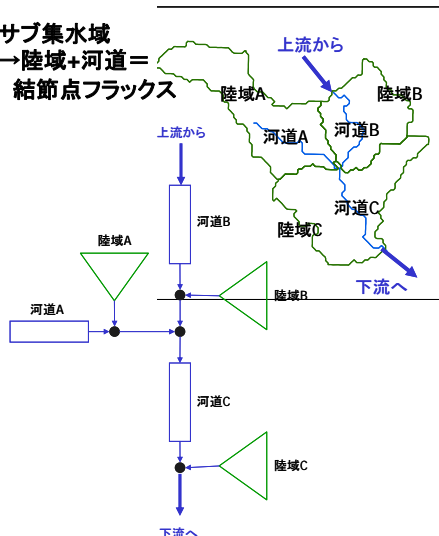
参考) 国連ミレニアム生態系評価

陸域TB1の構成

流域のサブ集水域分割 (矢作川の例)



サブ集水域 → 陸域+河道 = 結節点フラックス



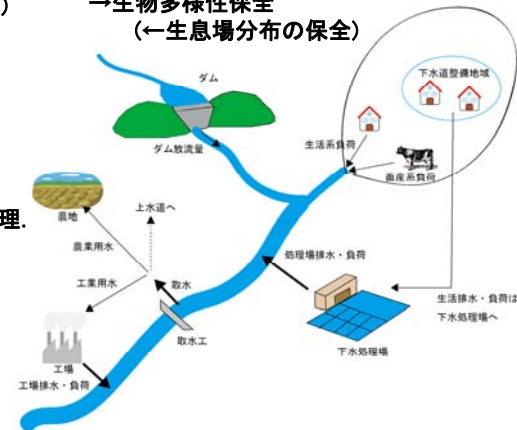
人口, 土地利用面積その他のデータベース (1kmメッシュデータ)
 ↓ GIS
 サブ集水域データ(に変換)
 = サブ集水域陸域特性

人工系の付加

- 点源 → 結節点でフラックス増減
- ・ダムによる流量変化(放流量)
 - ダム流入量
 - ↓ ← 操作規則・貯水位
 - ダム放流量
- ・取水工による流量変化(取水量)
 - 農地 (降雨として再配分)
- ・下水処理場(放流量+負荷)
 - ← 性能
- 面源 → 陸域モデル
- ・生活系負荷(処理形態別人口)
 - 合併浄化槽, 単独浄化槽, 計画収集, 自家処理, 未処理, 下水道整備(負荷0)
- ・畜産系負荷(牛, 豚, 鶏頭数)
- ・工業系負荷(排水量+負荷)
 - ↑ 工業出荷額

生態系サービスの向上施策

- 地先景観保全(生態系としての健全化)
- フラックス網の健全化
 - 生態系サービスの享受
 - フラックス網の健全化
 - エネルギー代替
 - 生物多様性保全 (← 生息場分布の保全)



陸域TB1解析システム

OO川.xls 条件入力ファイル

サブ集水域分割と接続状況
 地形(面積, 勾配, 河川幅,)
 人口, 土地利用, 工業出荷額, 家畜頭数,
 雨量(時系列)

←GIS *前作業*
 ←メッシュデータの変換
 ←Thiessen分割

パラメータ設定.xls パラメータ入力ファイル

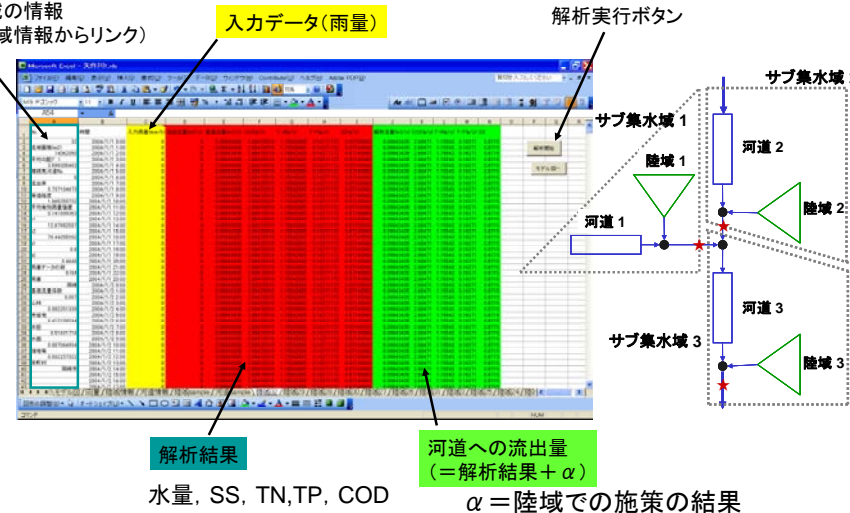
地形別, 土地利用別, 家畜種数, 下水処理形態別に想定されるパラメータ

└b_parameter_1.csv 陸域のパラメータファイル
 └r_parameter_1.csv 河道のパラメータファイル

└SB1_陸域1.xls 陸域ファイル
 └ :
 └SB1_河道1.xls 河道ファイル
 └ :
 └ :

陸域ファイル

陸域の情報
 (陸域情報からリンク)

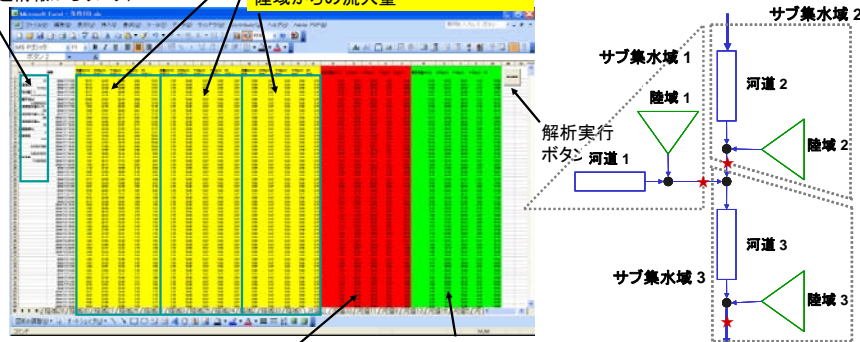


河道3を対象としたファイル

河道ファイル

河道の情報
 (河道情報からリンク)

入力データ(リンク)
 上流河道1からの流入量
 上流河道2からの流入量(合流)
 陸域からの流入量 } 上流からの流入フラックス



計算の実行

対象時系列 例) 2004年1年間
 時間間隔 = 1時間

対象流域条件 地形
 人口, 土地利用, 経済活動等
 (〇〇年)
 ←施策カテゴリー-A

対象パラメータ 土地利用ごとの流出係数や
 負荷原単位に関わる量
 ←施策カテゴリー-B

修復技術(施策) 生態系(景観)の変質で
 $\Delta\phi$, ΔES
 ←施策カテゴリー-C

計算の実行 施策実施後の計算に当たって,
 施策実施地先より上流には影響は伝播しない
 →計算の節約

SBNo	計算順	陸域数	河道数	陸域計算	河道計算
1	17	13	13	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
2	14	28	29	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
3-1	8	34	34	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
3-2	9	38	38	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
4-1	1	33	33	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
4-2	2	26	26	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
5	3	34	35	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
6-1	12	22	22	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
6-2	13	24	24	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
7-1	15	33	33	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
7-2	16	34	34	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
8-1	10	31	31	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
8-2	11	22	22	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
9-1	4	35	35	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
9-2	5	24	24	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
10-1	6	24	24	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
10-2	7	26	26	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE
		481	483	17	17

陸域再計算 河道再計算 一括再計算

サブ集水域群

海域TB1

湾内流動シミュレーション



沿岸での水・物質挙動

沿岸類型景観での生態系機能評価

海域TB2

生態系サービス ES

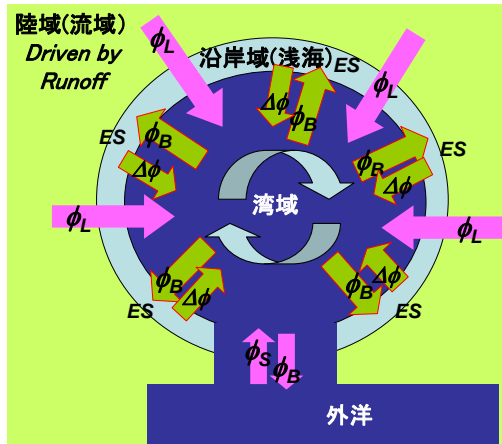
TB3

ESの標準化と流域圏全体での統合化

陸域TB2 陸域での生態系サービス

陸域からの流入フラックス 陸域TB1

外洋からの流入



まとめ

人間活動の持続性(快適性)

安全・資源・環境

自然の成り立ち(流域に散在する景観とフラックス網)に頼っていた (生態系サービス)

人口増・経済効率優先→人工施設・高エネルギー依存

自然(健全な生態系)の喪失, 資源枯渇, 温暖化

地球規模の「持続性」への脅威

地球規模・次世代への持続性が視点になった.

「持続性の脅威」の抑制

資源枯渇

(化石燃料, 水資源, 生物資源)

温暖化

(温室ガス)

生物多様性喪失

=生態系の質劣化

↓
様々な社会シナリオがあるなかで

自然共生型 優位性

効果(生態系サービス)の評価

シナリオ実現への学貢献=効果の呈示 (アセスメント)



コントラストのある地形
メリハリのある気候(アジアモンスーン)
ダイナミックな生態系
生態系サービスの効率化が期待される
人口増→減少

通用性