

河川生態系の基礎理論



兵庫県立大学自然・環境科学研究所
兼) 兵庫県立人と自然の博物館
三橋 弘宗 1

川の環境の見方



水質だけが川の環境を
支配する要因ではない

2

森林の果たす役割



3

日差し除け効果



水温の上昇を防ぐ

水温上昇



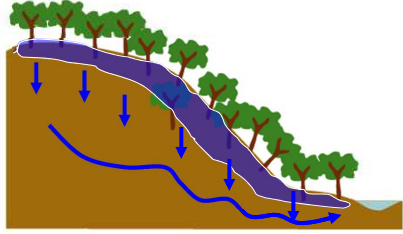
アマゴなどの冷たい水
を好む生物が棲めなく
なる

4

洪水と渇水の緩和

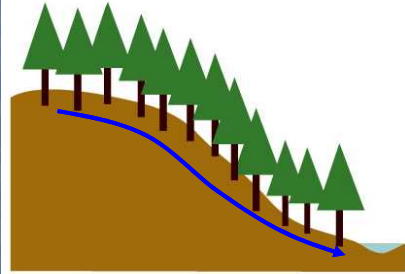
広葉樹林

水が染み込む
水が溜まる

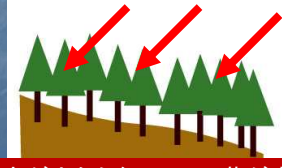


植林(針葉樹)

水が表面を流れる



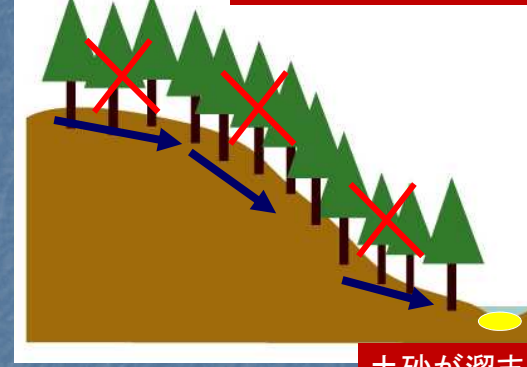
日光があたり、草が生える
落葉が溜まりやすい



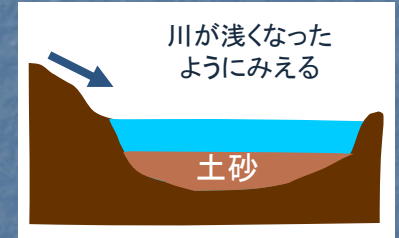
日光が当たらないので、草が生えない
落葉は雨などで流れやすい

土砂流出の防止

森林を伐採すると土砂が多量に流出する



土砂が溜まる



川が浅くなった
ように見える

土砂

土砂がたまる

川底が上がる

針葉樹の場合、流出量は大きい

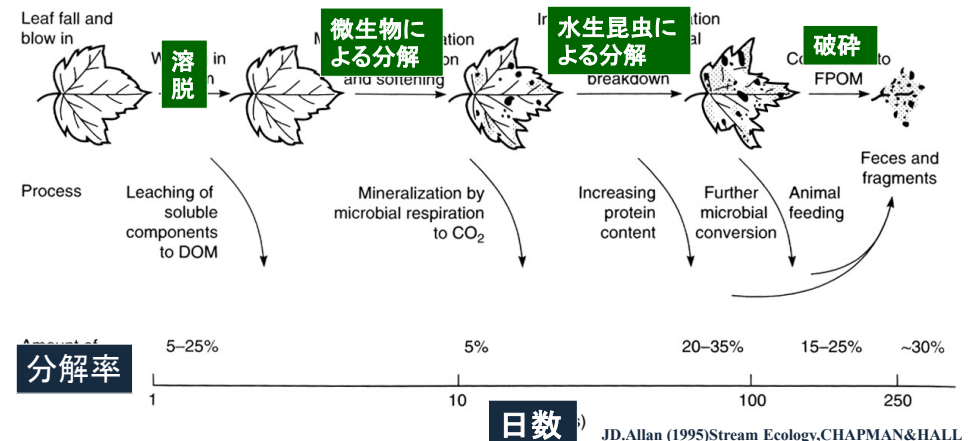
落葉の供給



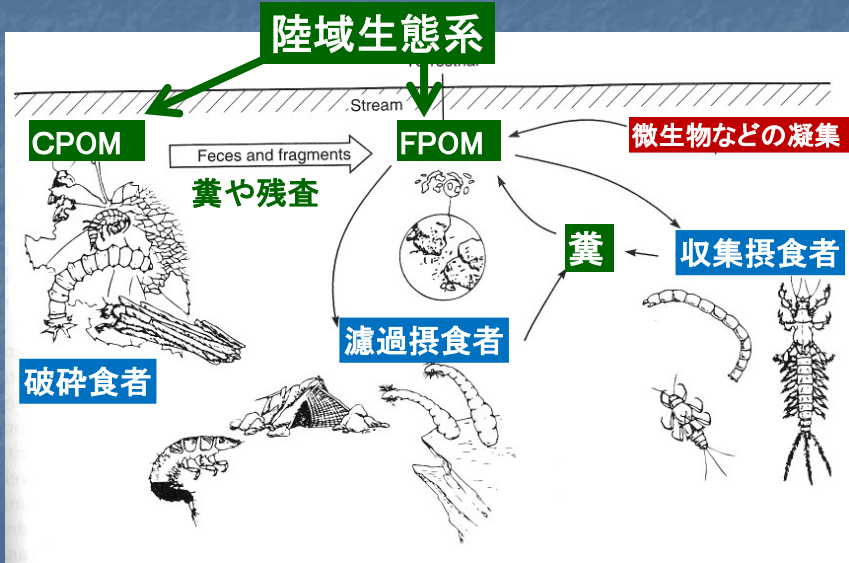
大量の落葉が秋に川に入る

落葉の供給

水生生物の餌になります

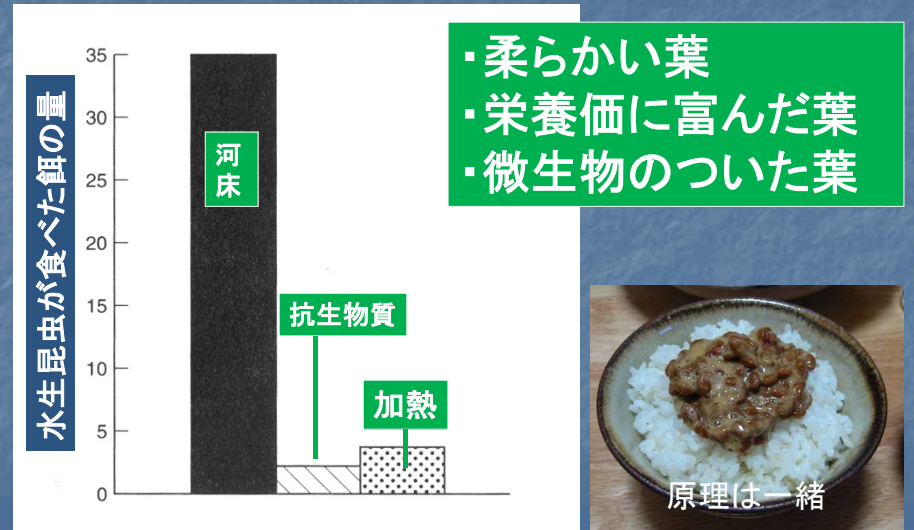


落葉にも落葉食にも多様性



JD.Allan (1995)Stream Ecology,CHAPMAN&HALL 9

落葉という餌:微生物で味付け!

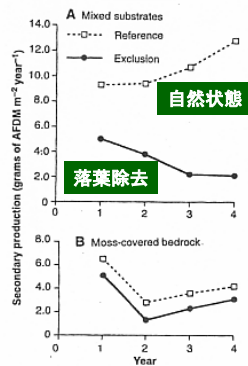


Kaushik and Hynes (1971)Arch.Hydrobiol.

落葉が川に入らないと...

Wallace (1997): 3年間の落葉取り除き実験

Trophic group	Stream	Abundance ± SD		Biomass ± SD	
		Pretreatment	Posttreatment	Pretreatment	Posttreatment
Mixed substrates					
Scrapers	Ref.	44 ± 45	17 ± 34	2 ± 3	3 ± 6
	Excl.	562 ± 469	367 ± 314	6 ± 4	6 ± 7
落葉食者 (Leaf eaters)	Ref.	1360 ± 847	2951 ± 1884	700 ± 306	764 ± 472
	Excl.	954 ± 588	554 ± 431**	401 ± 338	234 ± 250†
収集食者 (Collector feeders)	Ref.	53,733 ± 24,072	81,453 ± 41,703	339 ± 214	270 ± 100
	Excl.	30,940 ± 14,431	18,019 ± 9874**	158 ± 104	74 ± 37*
Filterers	Ref.	288 ± 337	414 ± 396	102 ± 93	38 ± 25
	Excl.	323 ± 546	188 ± 233	35 ± 32	27 ± 24
一次消費者 (Primary consumers)	Ref.	55,425 ± 24,446	84,835 ± 42,617	1143 ± 404	1075 ± 501
	Excl.	32,779 ± 14,927	19,128 ± 10,237**	600 ± 376	341 ± 257*
Invert. pred.	Ref.	6827 ± 2618	9519 ± 4649	672 ± 322	943 ± 352
	Excl.	4892 ± 2486	2883 ± 2121**	402 ± 259	179 ± 140**
サンショウウオ (Salamanders)	Ref.	5 ± 10	11 ± 13	58 ± 97	103 ± 140
	Excl.	4 ± 6	1 ± 2*	29 ± 35	5 ± 19*
Bedrock substrates					
Scrapers	Ref.	174 ± 162	239 ± 266	59 ± 73	17 ± 16
	Excl.	262 ± 195	383 ± 537	36 ± 54	25 ± 47
Shredders	Ref.	578 ± 367	901 ± 784	82 ± 63	73 ± 86
	Excl.	622 ± 605	608 ± 542	52 ± 53	40 ± 43
Gatherers	Ref.	15,554 ± 7822	11,929 ± 7509	186 ± 176	93 ± 88
	Excl.	12,191 ± 6974	11,613 ± 9,590	90 ± 50	62 ± 47
Filterers	Ref.	1127 ± 1446	1181 ± 1455	429 ± 380	241 ± 277
	Excl.	906 ± 764	715 ± 1073	337 ± 334	136 ± 115
1° consumers	Ref.	17,433 ± 8363	14,250 ± 7566	756 ± 565	424 ± 290
	Excl.	13,981 ± 9353	13,319 ± 10,665	515 ± 395	263 ± 101
Invert. pred.	Ref.	3043 ± 1437	2686 ± 1471	113 ± 64	59 ± 37
	Excl.	2532 ± 1038	2055 ± 1374	97 ± 94	42 ± 27
Salamanders	Ref.	0 ± 0	1 ± 4	0 ± 0	17 ± 10
	Excl.	0 ± 0	1 ± 5	0 ± 0	12 ± 73



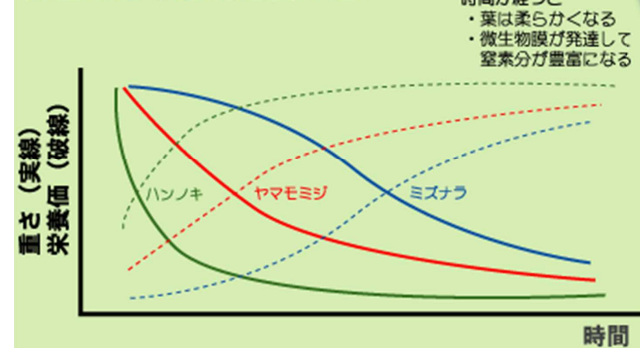
水生昆虫がいなくなる (Aquatic insects disappear)

Wallace, J. B., Eggert, S. L., Meyer, J. L., & Webster, J. R. (1997). Multiple trophic levels of a forest stream linked to terrestrial litter inputs. *Science*, 277(5322), 102-104.

森の多様性と川の生態系

タイムカプセル効果

樹種による分解速度の違い



- ・水生昆虫によって葉の好みがある (Aquatic insects have preferences for leaves)
- ・エサ利用と巣材利用で要求が異なる (Requirements differ for food use and nest material use)
- ・長い期間、エサが供給されることになる (Over a long period, food will be supplied)

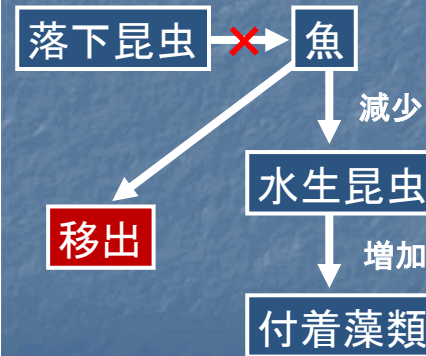
樹木も多様な方がいい



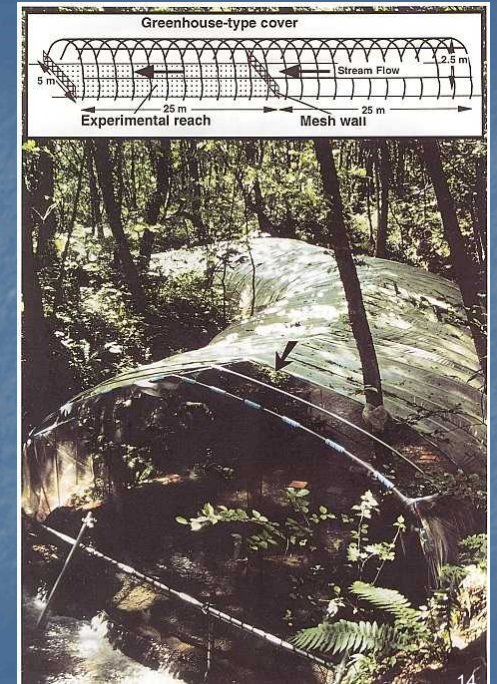
13

落下昆虫の供給

北海道大学苫小牧演習林
における大規模操作実験



Nakano, S et al. (1999)
Ecology 80(7), 2435-2441.



14

倒木の供給



- ・隠れ場
魚類、サンショウウオなど
- ・餌貯留
落葉がひっかかる
- ・餌場
細かい粒子がひっかかる

一見すると汚いですが、大切な生息場所

15

森と川が隣接する効果

落葉前: 川床は樹木に遮光されて暗い

落葉は分解されて無い

魚: 陸上からの落下昆虫を食べる

鳥: 森林性の昆虫を食べる

森林 → 河川



落葉後: 川床は明るい

落葉が河川に供給される

魚: 川の中の水生昆虫を食べる

鳥: 川から羽化する水生昆虫を食べる

河川 → 森林



川と森は相補的な関係がある

16

Nakano, S., & Murakami, M. (2001). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(1), 166-170.

川の自然環境に関する基本的な考え方



川の生態系が保たれている仕組みを理解しなければ、保全や再生することは、とても難しいです。

仕組みは一つだけじゃない
→ 生物多様性の数だけある

主な仕組みを集約して、見える化

17

淡水魚



アユ
⇒藻類食



イワナ
⇒肉食(無脊椎動物)



カワムツ
⇒雑食



ウナギ ⇒肉食(主に魚類)

18

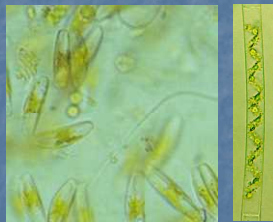
水生植物



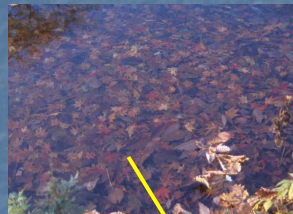
沈水植物



抽水植物



付着藻類
・ケイソウ、緑藻、ラン藻



細菌、カビ類

19

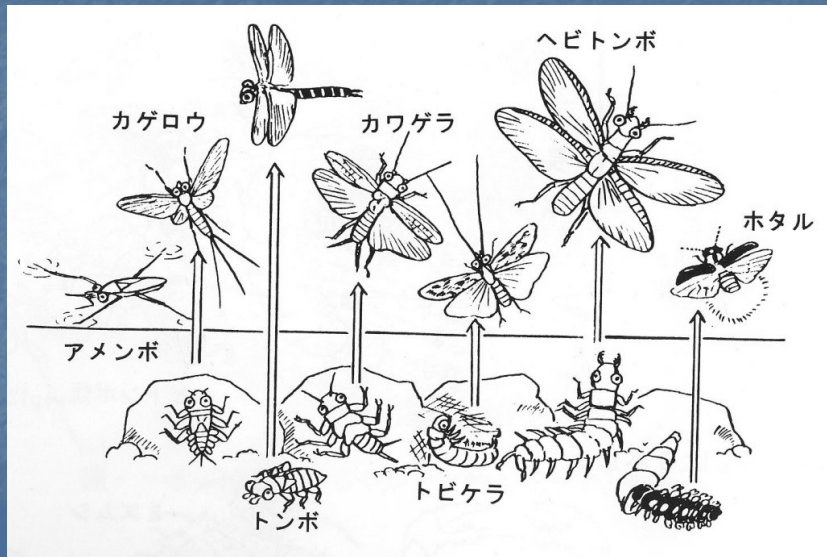
生物多様性を支える水生昆虫



色々な種類があると、どれか1種が減っても、魚の餌となる生物が無くなったりしない

20

水生昆虫の分類



絵: 稲田和久(水辺の楽校より)

水生昆虫は何を食べているのか？

肉食



オオヤマカワゲラ



ヘビトンボ



オジロサナエ

水生昆虫は何を食べているのか？

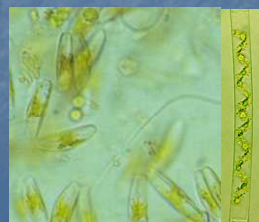
藻類食



ニンギョウトビケラ



エルモンヒラタカゲロウ



ケイソウ
緑藻
ラン藻

水生昆虫は何を食べているのか？

落葉食



トワダカワゲラ



マルバネトビケラ



ニッポンヨコエビ



コカクツツトビケラ

水生昆虫は何を食べているのか？

雑食(デトリス食)



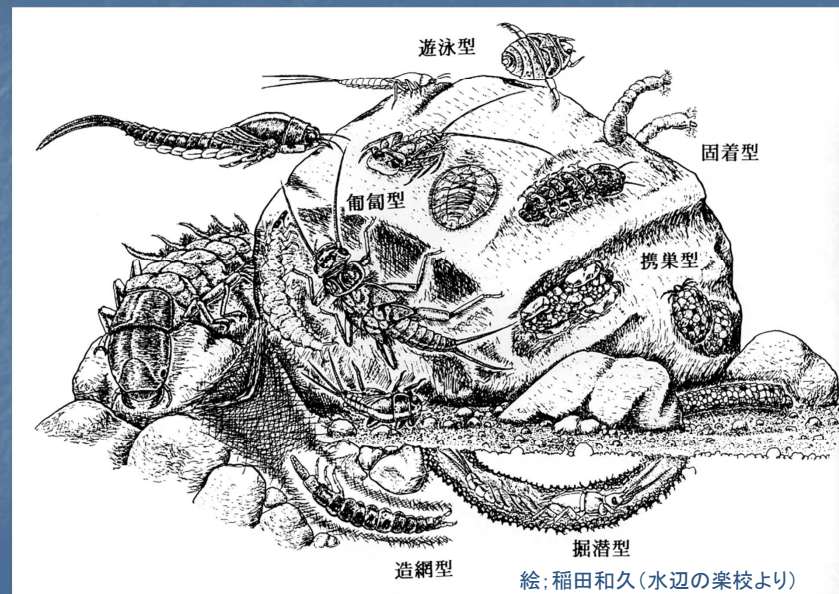
フタスジモンカゲロウ



ヒゲナガカワトビケラ

デトリス: 落ち葉の碎片、土壌、付着藻類の剥離物
動物遺骸、脱皮ガラなどを含むもの

水生昆虫の生活型

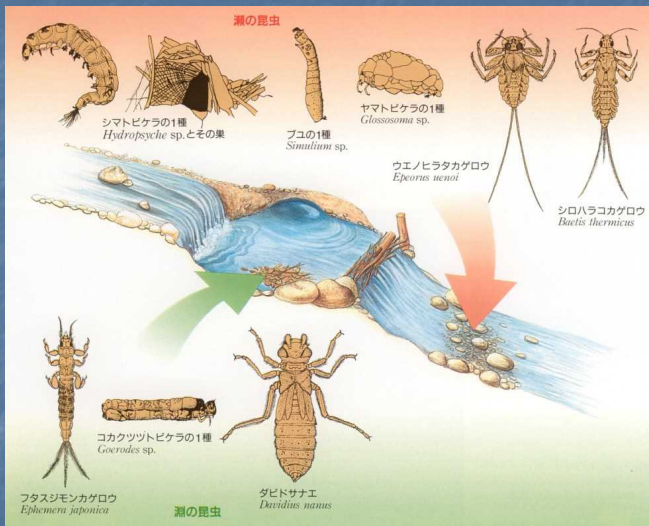


絵: 稲田和久(水辺の楽校より)

水生昆虫と微生物息場所分布



流れ・深さ・底質



上流と下流の違い

上流



- ・森林が卓越
- ・暗い
- ・流れが急
- ・大きな石が多い
- ・水は冷たい

中流



- ・やや開けている
- ・明るい
- ・流れは多様
- ・様々なサイズの石
- ・水温は中程度

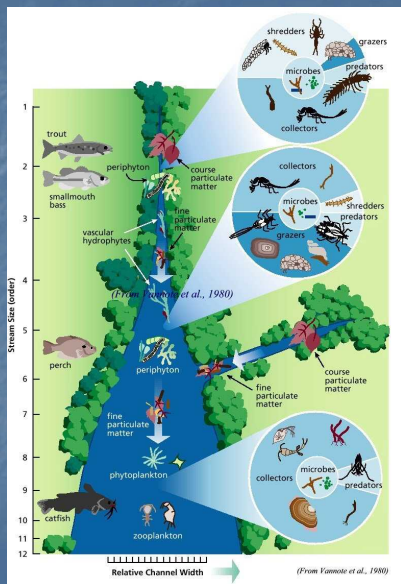
下流



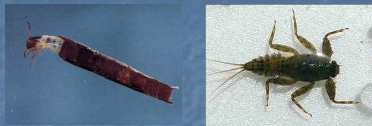
- ・開けている
- ・明るい
- ・流れは緩やか
- ・小サイズの石
- ・水温は高い

落葉 ⇒ 落葉(細粒化) ⇒ 藻類
藻類

上流と下流の違い



一次生産量/消費者呼吸量 < 1



一次生産量/消費者呼吸量 = 1



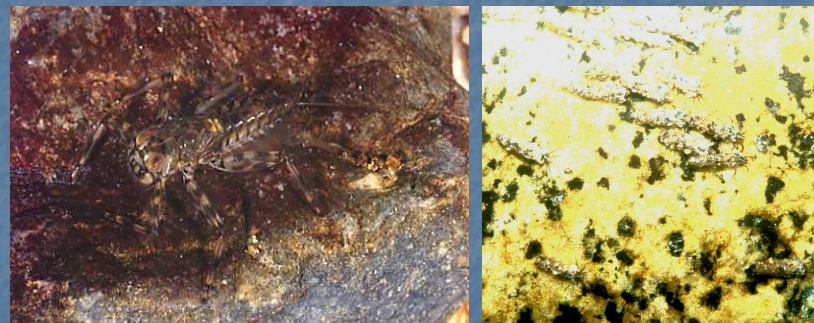
一次生産量/消費者呼吸量 > 1



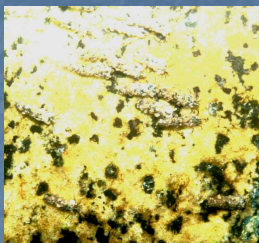
河川連続体仮説
(River Continuum Concept) 29

Kennedy, J. G., Henriksen, J. A., Heasley, J., Cade, B. S., & Terrell, J. W. (2009). Application of the hydroecological integrity assessment process for Missouri streams.

水生生物の棲み分け



水生生物の棲み分け

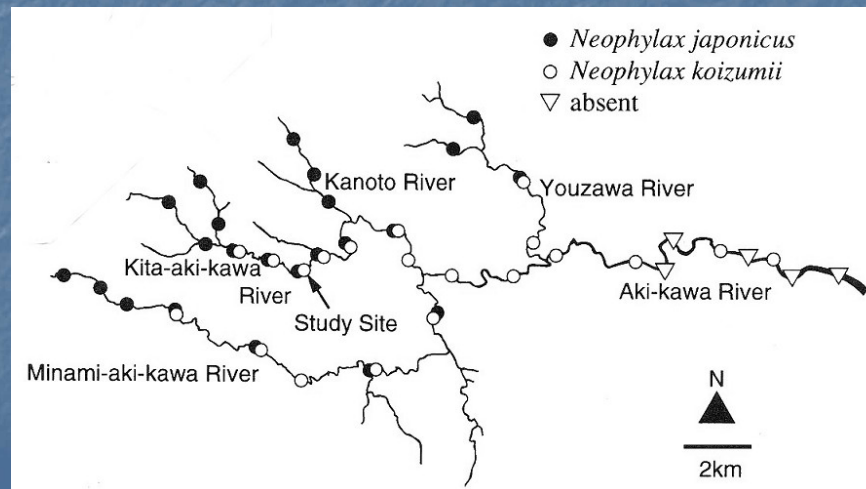


アツバエグリトビケラ属
⇒付着藻類食者



水生生物の棲み分け

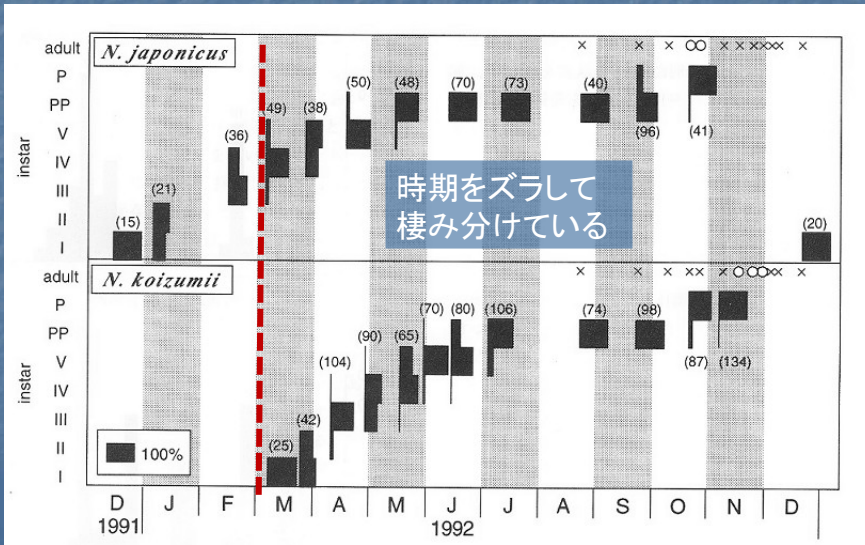
近縁2種の流程分布の状況



水生生物の棲み分け

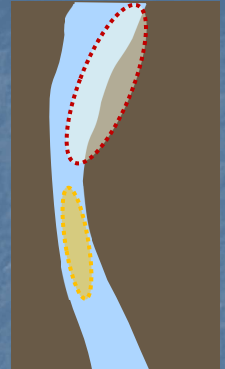
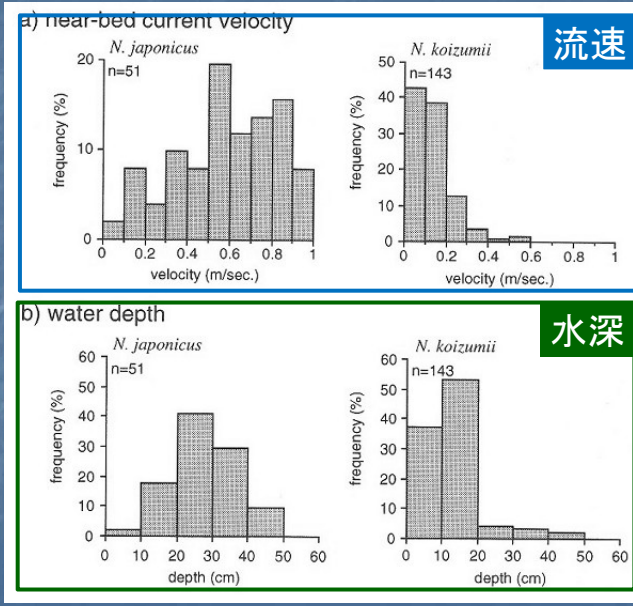
2種の生活史

三橋(2000; 陸水誌)



水生生物の棲み分け

三橋(2000; 陸水誌)



同所的に生息する場所で、同じ時期での棲み分け

瀬と淵 ~流れの多様性が大切~



局所的に温度が違う: 湧水の効果!



サーモグラフィー

砂州の後ろ側には水が湧きやすい

洪水の役割と生物の生存



37

洪水の役割と生物の生存

- 上流から土砂を運搬して川底に隙間をつくる
 - ✓ 生息場所の確保
 - ✓ 水質浄化能の向上
- 増えすぎた生物を減少させる
 - ✓ 川原の多年生草本
 - ✓ 外来種、底生動物など

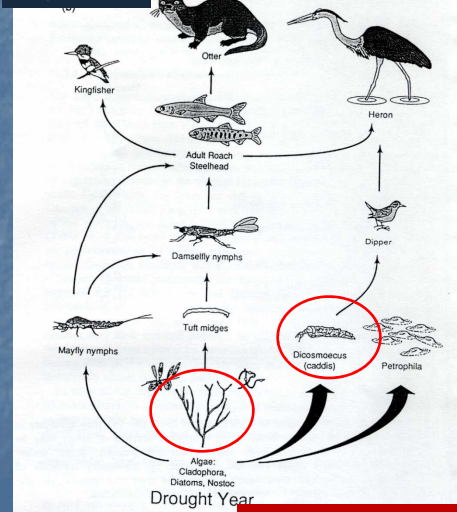
38

カリフォルニア州の魚類の例

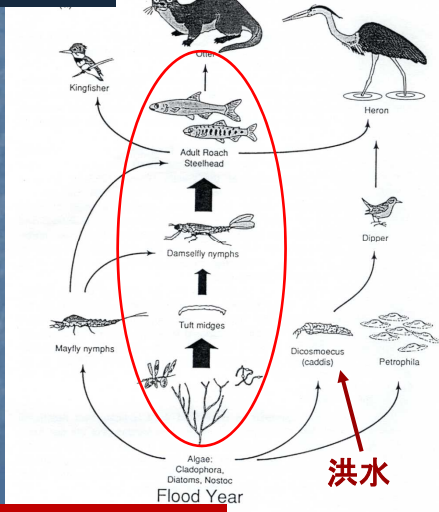
魚の産卵床を一生懸命造成したが、魚が増えない！？

Power, M. E. et al. (1996). Food Webs Springer, Boston, MA.

安定状態



洪水後



洪水の欠如による食物網の変化

39

洪水の役割と生物の生存



植物群落が隠れ家になる

隠れ場所がない

40



水辺に植物があると大丈夫

河道の攪乱によって河原が形成



洪水がないと河原が維持されない
草ぼうぼうになる！

支流の機能

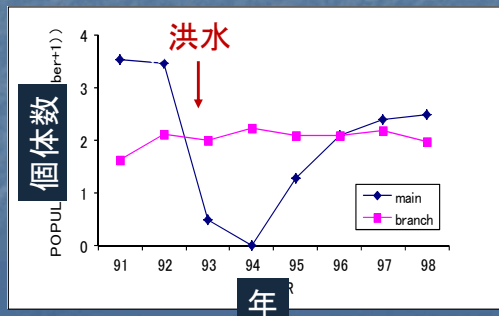
- ・避難場所
- ・餌供給源
- ・産卵場所



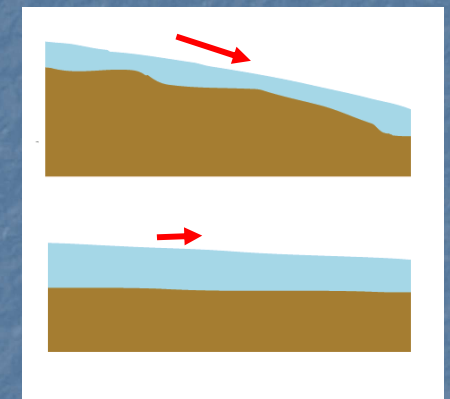
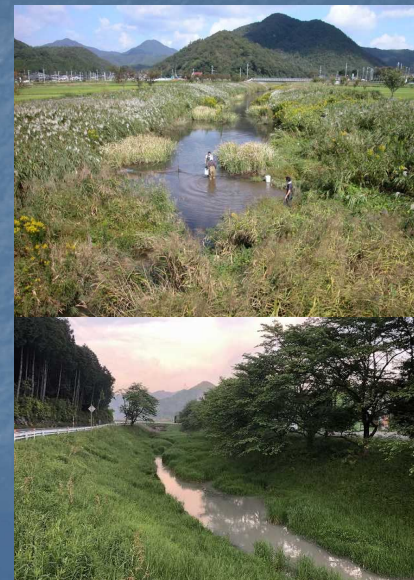
愛知県豊川の事例:

筒巢性トビケラ (*Neophylax*)

- ① 支流は個体数は少ないが安定している
- ② 本流は個体数は多いが不安定である



なだらかな河川や合流点も避難場所に



1/1000程度で植生があれば、
逃げ場は担保される。

田んぼとの連続性は大切



ナマズやコイ、フナ、ドジョウは、用水路を通じて水田や小水路を繁殖場としている

円山川水系の事例
(河川と用水路の連続性)

45

川の性質をきめる要素

水質と水温



46

水質の悪化と生物の関係

- 直接的に生物にとって毒になる
水銀、金属、塩素、環境ホルモン
- 富栄養化が引き起こされる
窒素やリンの過剰供給

栄養→微生物の大発生→酸素の消耗→酸欠

栄養→毒を作る生物の大発生→毒物死
(アオコなどのラン藻)

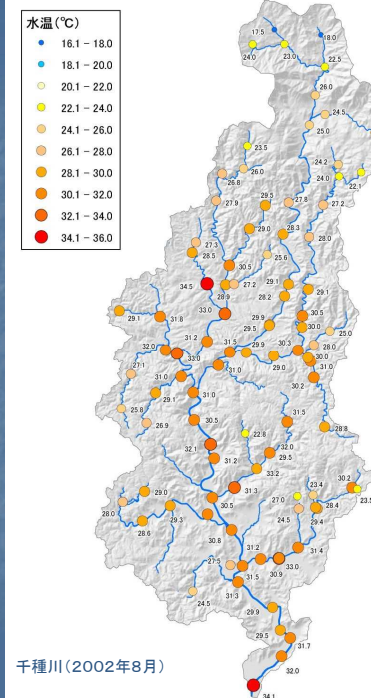
47

川の水温分布

上流から下流で
約20℃異なる

水温:

- 生物の代謝活性に影響する
- 物質生産や分解速度に影響
- 生物の分布限界を決める



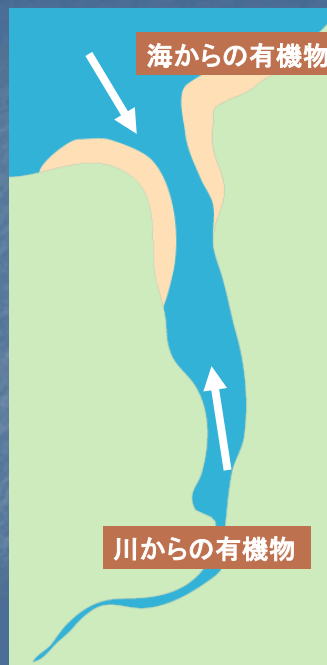
千種川(2002年8月)

干潟という生態系

安易に破壊されやすいが
最も重要な生態系



物質の集積地点で、生産力が高い
⇒水質浄化能力に富む
⇒渡り鳥が栄養を運ぶ



49



・潮の満ち引きで干潟に堆積

50

川の生態系を考えるポイント

河川環境を支配する

要因は数多く、地域性がある！

川のしくみを知ること
⇒保全のために最も大切なこと

51