

H19.5.19 沿環連ジョイントシンポジウム
流域から沿岸までの土砂動態が生物生息環境に及ぼす影響を考える
～ 陸域から海域への土砂供給変化に着目して～

底生生物の変化に見る河川生態系の変化 ～付着藻類を中心として～

戸田祐嗣
名古屋大学工学研究科

砂河床に繁茂した付着藻類

ダム，取水堰等の 河道内の横断構造物

- 流量の変換
- 土砂フラックスの変換
- 物質フラックスの変換，物質の変換
- 水質の変換

(本シンポジウム要旨集，藤田)

構造物下流域河道の生物生息環境への影響

- ・底生生物(主に付着藻類に着目して)
- ・礫河川，砂河川
- ・土砂フラックスの重要性

砂河川

明治用水頭首工 (34.6km地点)

灌漑期に30m³/sの取水

頭首工下流の流量の大幅な減少

取水により平水時の流量が低下すると...

河床への日射量が増大

河床材料(砂)の移動頻度が低下

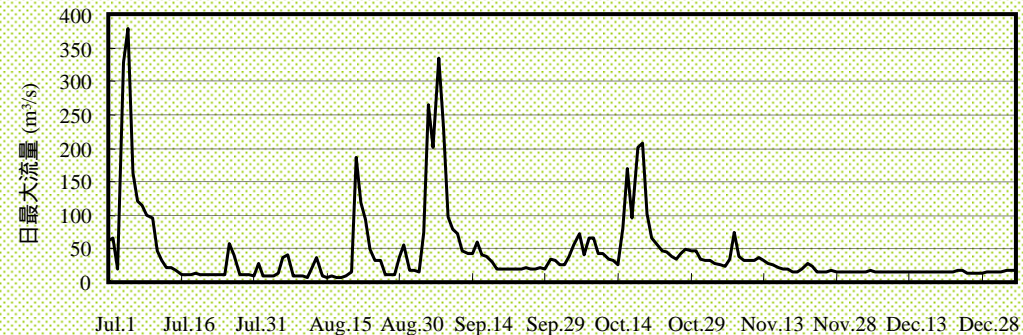


本来, 砂河床ではあまり見られない付着藻類が大量繁茂 (戸田ら, 2006)

矢作川(愛知県)河口より17km地点

・藻類の増殖実験

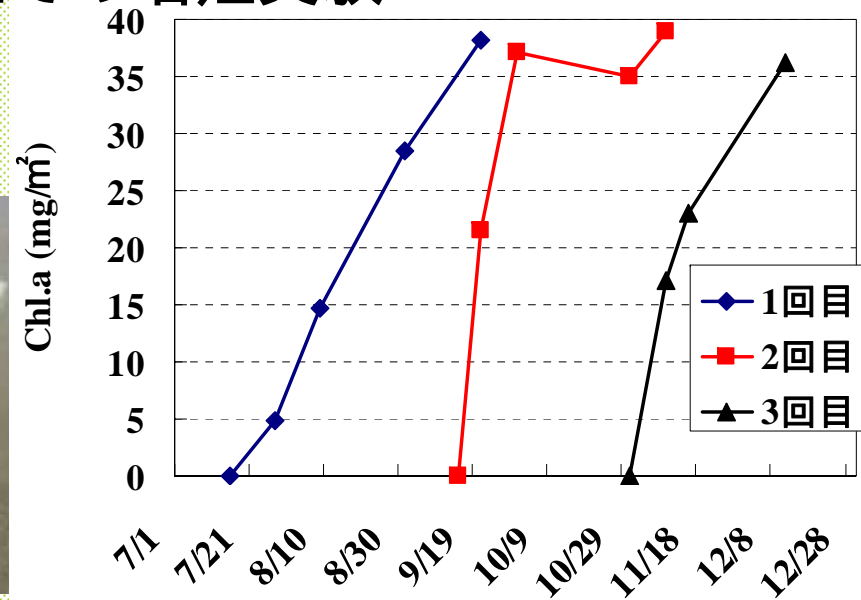
・藻類の空間分布の計測(GPS踏査)



藻類増殖実験



固定砂面上での増殖実験



藻類増殖の予測

比較
流量,
地形データ

平面2次元流れ
の解析

掃流力 τ

現地調査

平均粒径

限界掃流力 τ_c

$\tau_c \leq \tau$

比較

$\tau \leq \tau_c$

藻類の増殖解析

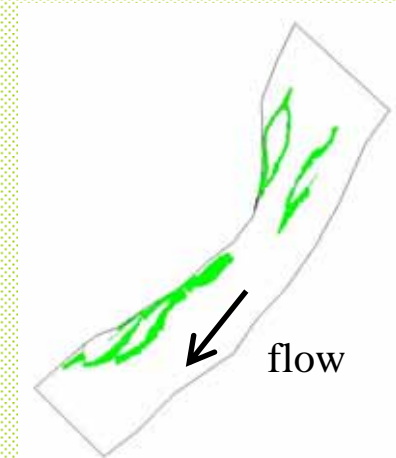
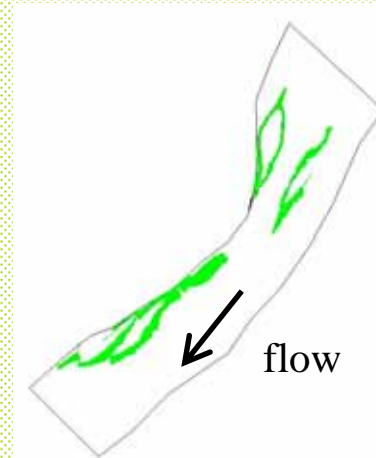
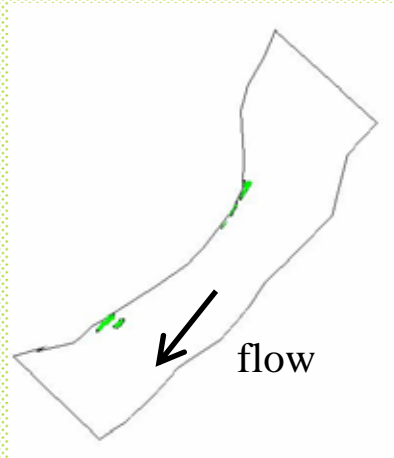
$$\frac{dM}{dt} = 0, M = M_0$$

(流される)

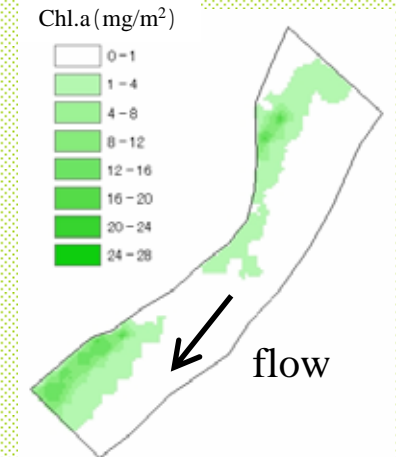
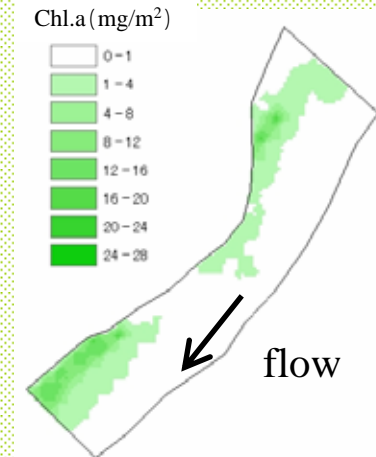
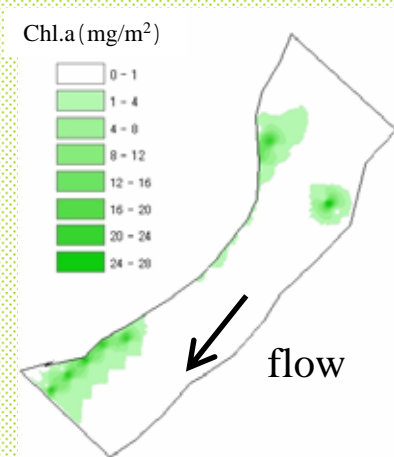
$$\frac{dM}{dt} = \mu M \left(1 - \frac{M}{K}\right)$$

付着藻類の繁茂領域

現地観測



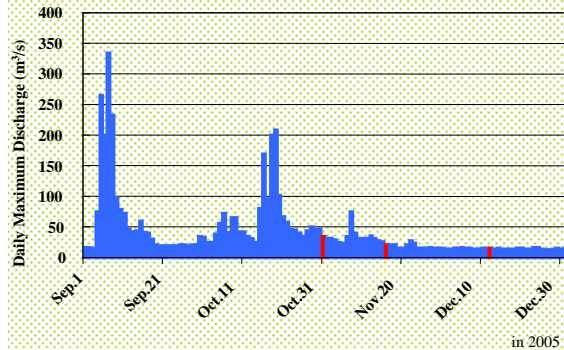
数値計算



2005/10/31

11/16

12/12



流量制御による藻類生産力の変化(数値実験)

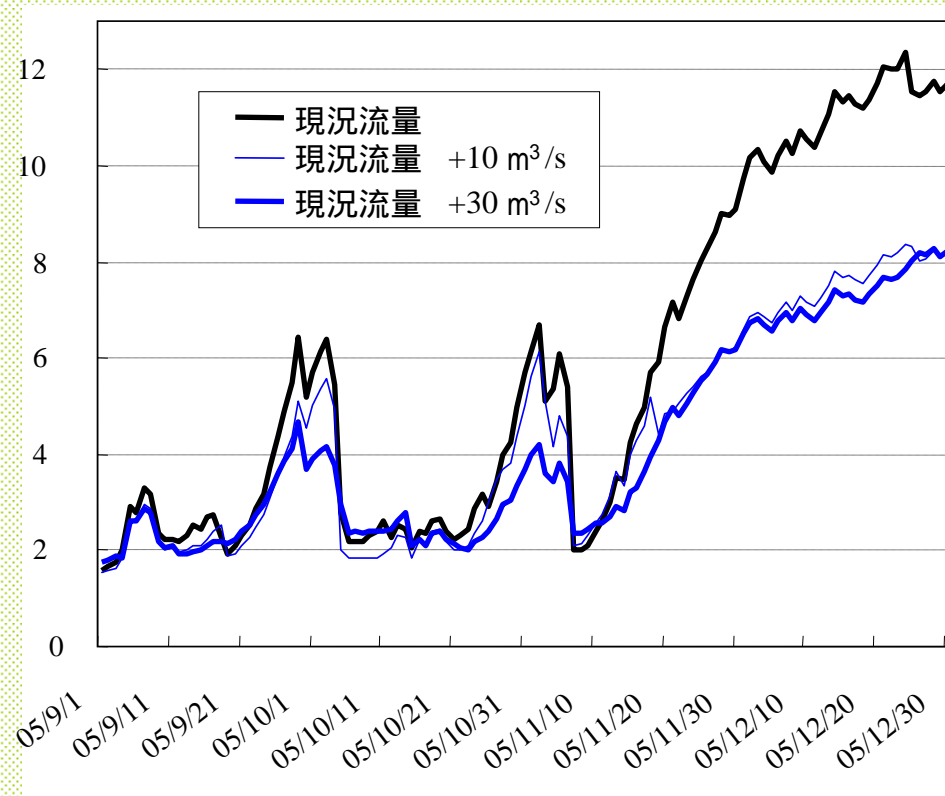
取水量を減らし流量を回復していくと...

現況流量

現況流量+10m³/s

現況流量+30m³/s (取水なし)

Chl.a (mg/m²)



単位面積当たりの藻類量

礫河川

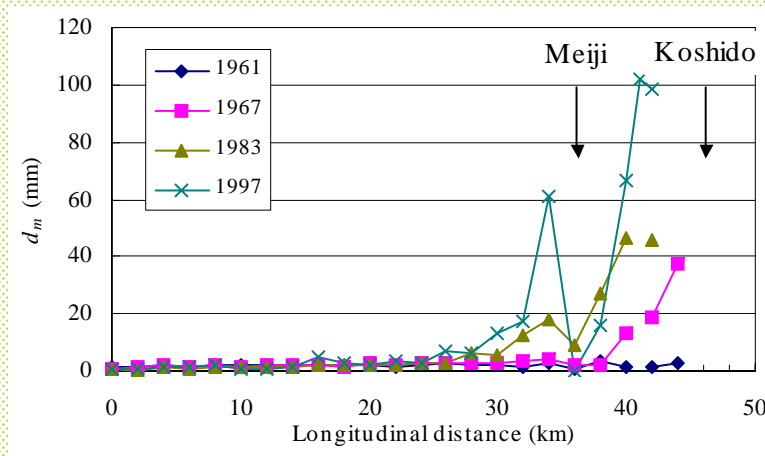
ダム直下の礫床河川

- ・河床のアーマー化
- ・ダムによる流量の変化
- ・縦断地形の変化

河床の攪乱頻度の低下

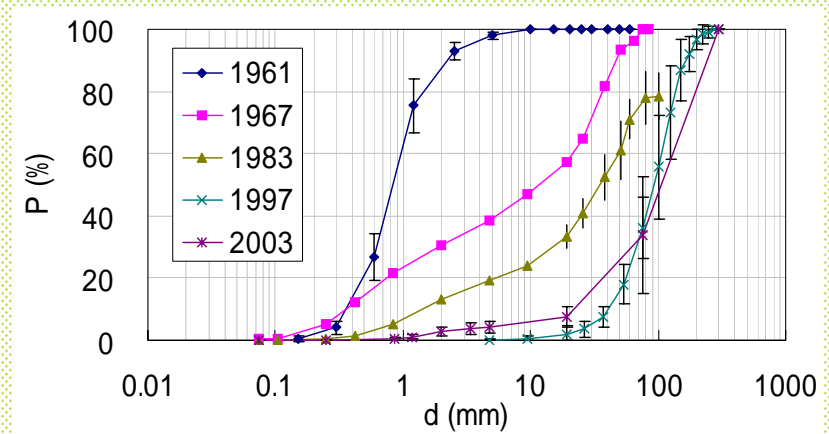
藻類 : 北村ら, 2001

底生昆虫: 田代ら, 2004



矢作川(愛知県)河口より42km地点

- ・藻類量の計測
- ・砂の衝突による藻類剥離実験



河床攪乱頻度の変化

北村ら(2001)河技論



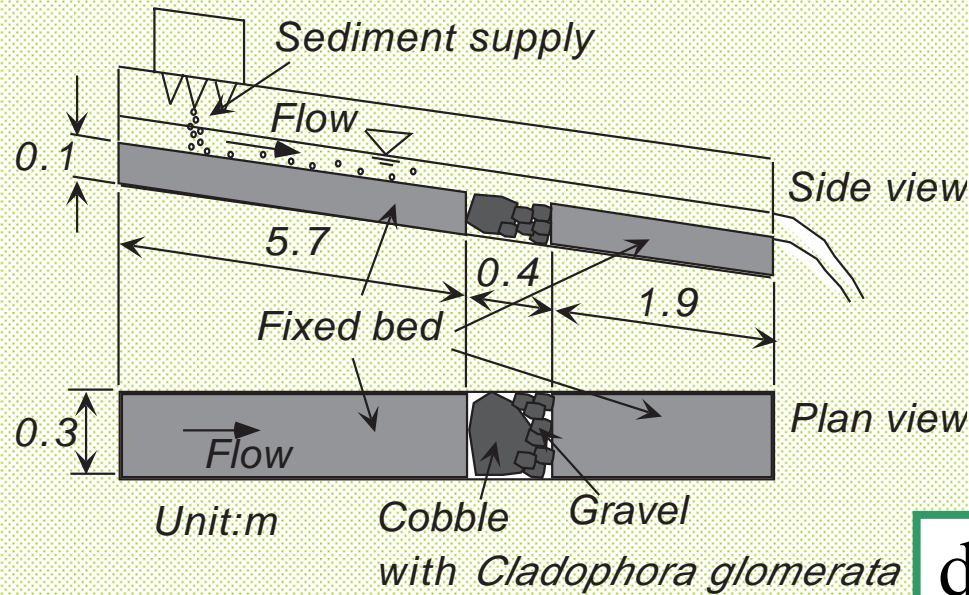
生態系の不可逆的変質



糸状緑藻の異常繁茂

砂利投入による強制剥離

北村ら (2000) 河技論



Experimental setup

10(cm)



Before experiment



After experiment

$$\frac{dA}{dt} = -pA$$

$$A / A_0 = \exp(-pt)$$

p : 剥離率(s^{-1})

河床材料の移動により付着藻類は剥離・更新される

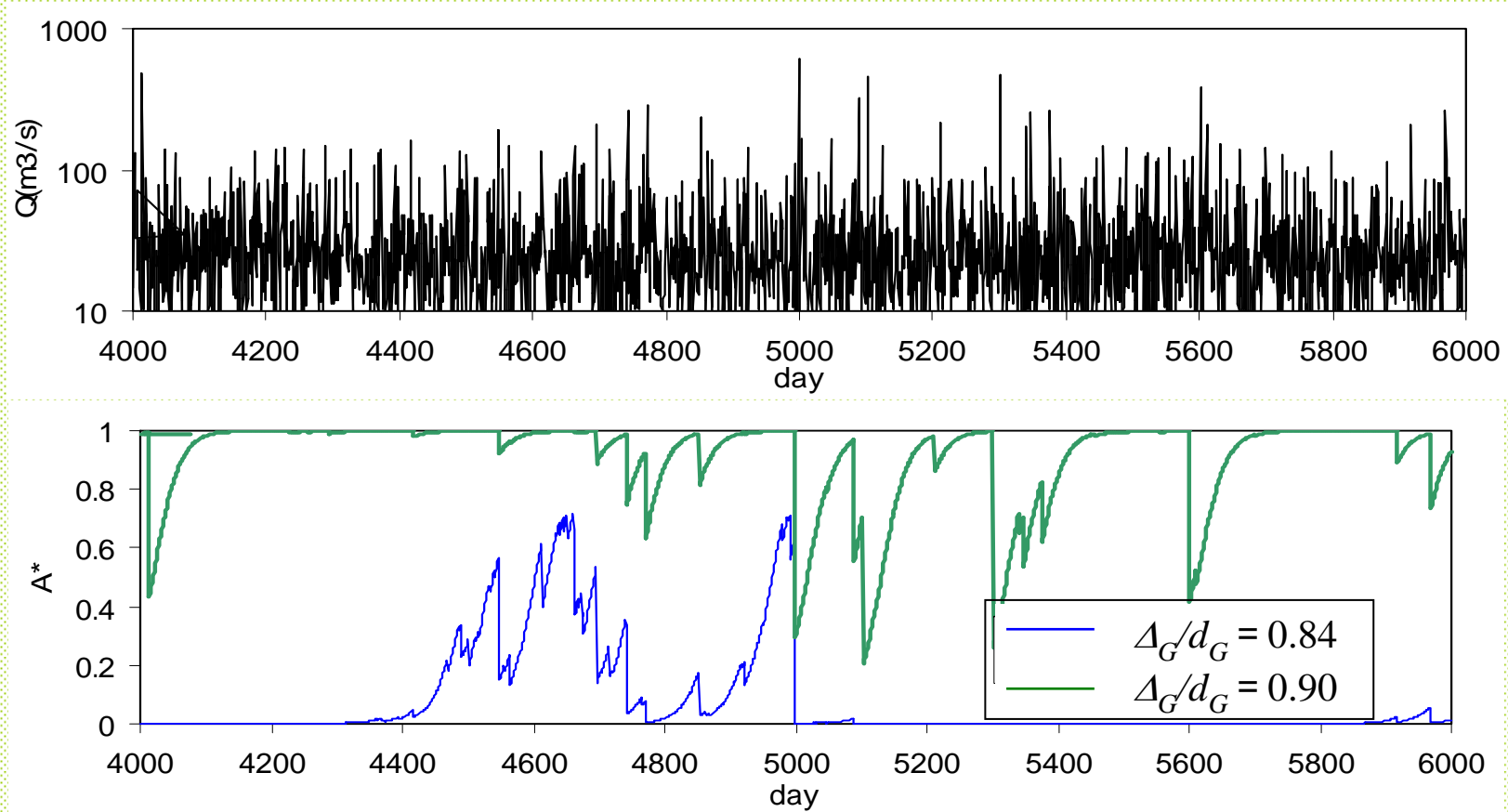


「攪乱」低下は付着藻類の異常繁茂の要因

付着藻類の繁茂動態解析

$$\frac{dA^*}{dt} = \varepsilon(1 - A^*)A^* - pA^* \quad \text{辻本ら (2002) 河技論} \\ (\tau_{*c} = 0.05, \varepsilon = 0.05(\text{day}^{-1}))$$

生長に関する項 破壊に関する項



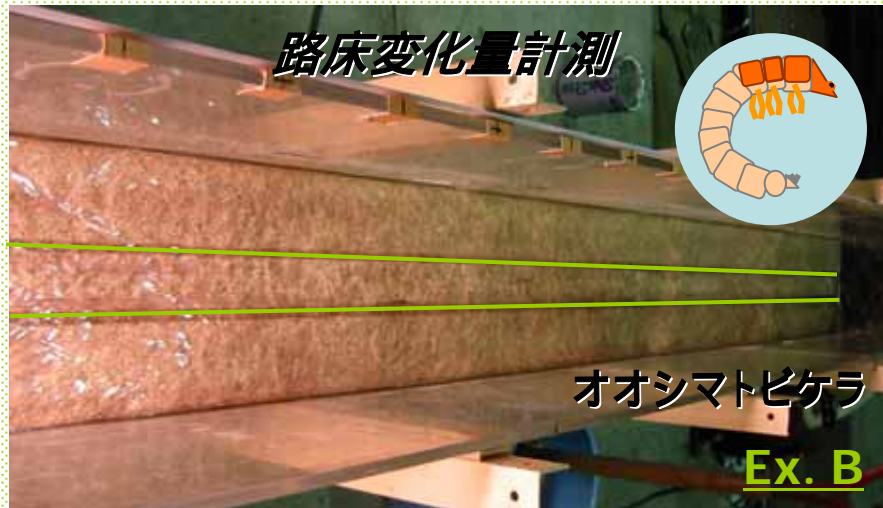
藻類の無次元植被率 A^* ($=A/A_0$) の時間変化

造網型トビケラによる河床固化

室内実験(田代・渡邊・辻本, 2004)



砂利を敷き詰めた路床上のタイル隙間に営巣



固定床の隙間の砂面上に営巣させる

現地観測(田代・皆川・萱場, 2007)



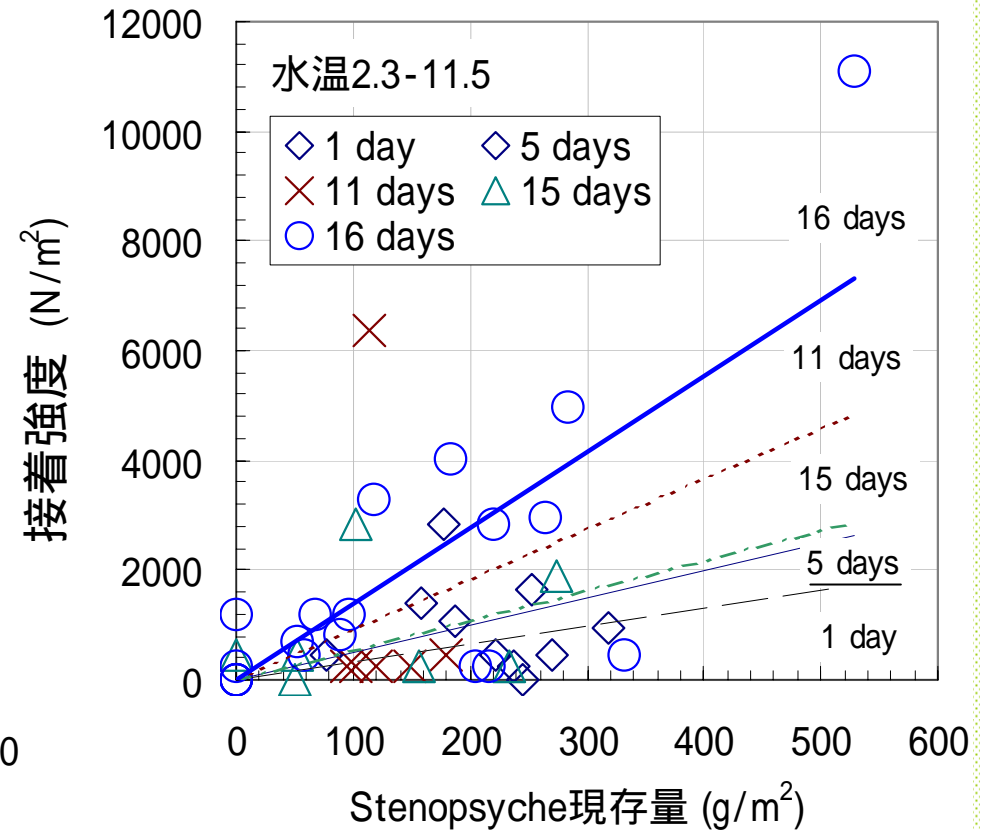
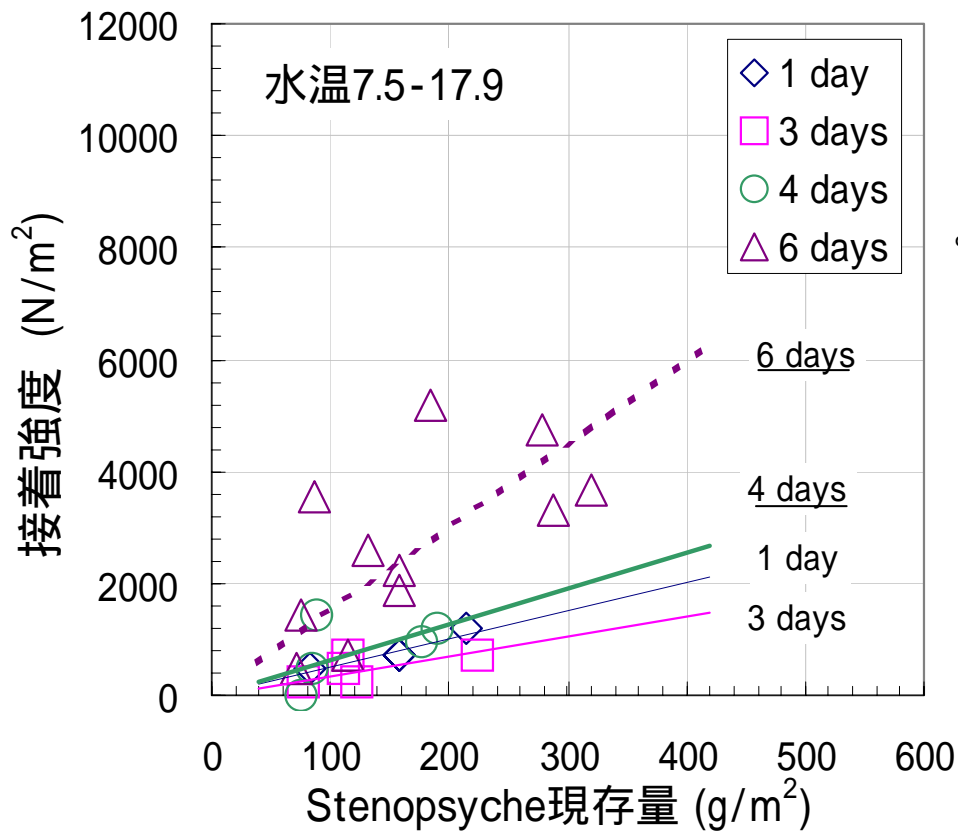
「河床固化」測定装置
既往研究(Downes et al. 1997; Takao et al. 2006)を参考に、ばねばかり(置針型)と熊手から作成。

ヒゲナガカワトビケラによる接着強度の変化

田代・渡邊・辻本(2004)河技論

Group 1 (水温7.5-17.9)

Group 2 (水温2.3-11.5)

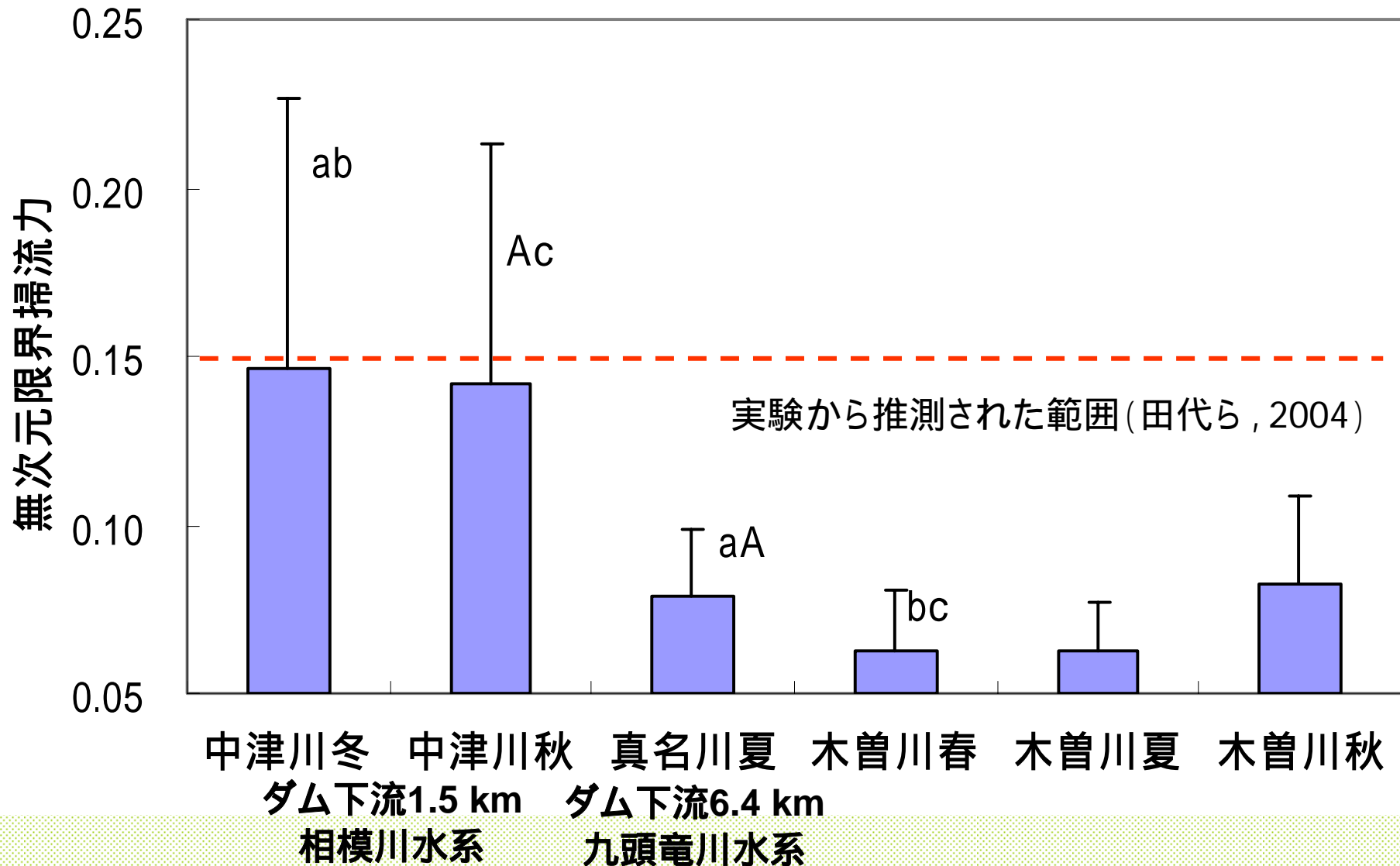


接着強度は以下の諸量により変化する!?

営巣日数 営巣現存量 営巣期間中の水温

実河道における固化の現況

田代・皆川・萱場(2007)土技資



まとめ

砂河川:

取水による平水流量低下
砂の移動頻度の低下
付着藻類の繁茂

礫河川

アーマー化, 通過細砂量の低下
藻類の更新頻度の低下, 河床表層の空隙の増加
大型糸状藻類の異常繁茂
造網型生物による河床固化

(たとえ地形を変化させなくても)

移動, 通過する土砂が底生生物群集の更新には重要

まとめ

- ・ 藻類や底生生物に関する成長，剥離の素過程を現地，実験室で計測
流量，流砂量変化の影響を数値モデルで予測

検証出来ていない

- ・ 川の中で糸状藻類等が大量発生する影響
川のローカルな問題としては・・・
アユの餌資源の減少
単調な生物群衆構成へ
繋がる水域への影響は？
トータルのC(カーボン)負荷量への影響は小さいだろう
大規模攪乱時に分解されにくい有機物をパルス的に供給

まとめ

- ・ 河畔植生を考慮に入れた場合には？

付着藻類, 底生昆虫 通過土砂量により制御(更新)できる可能性

一方, 河畔植生にとっては..

砂州の主構成材料の移動なしに, 細砂だけを増やすと, ますます生息域を拡大するのでは.

主構成材料と通過土砂をセットで考えなくてはいけない

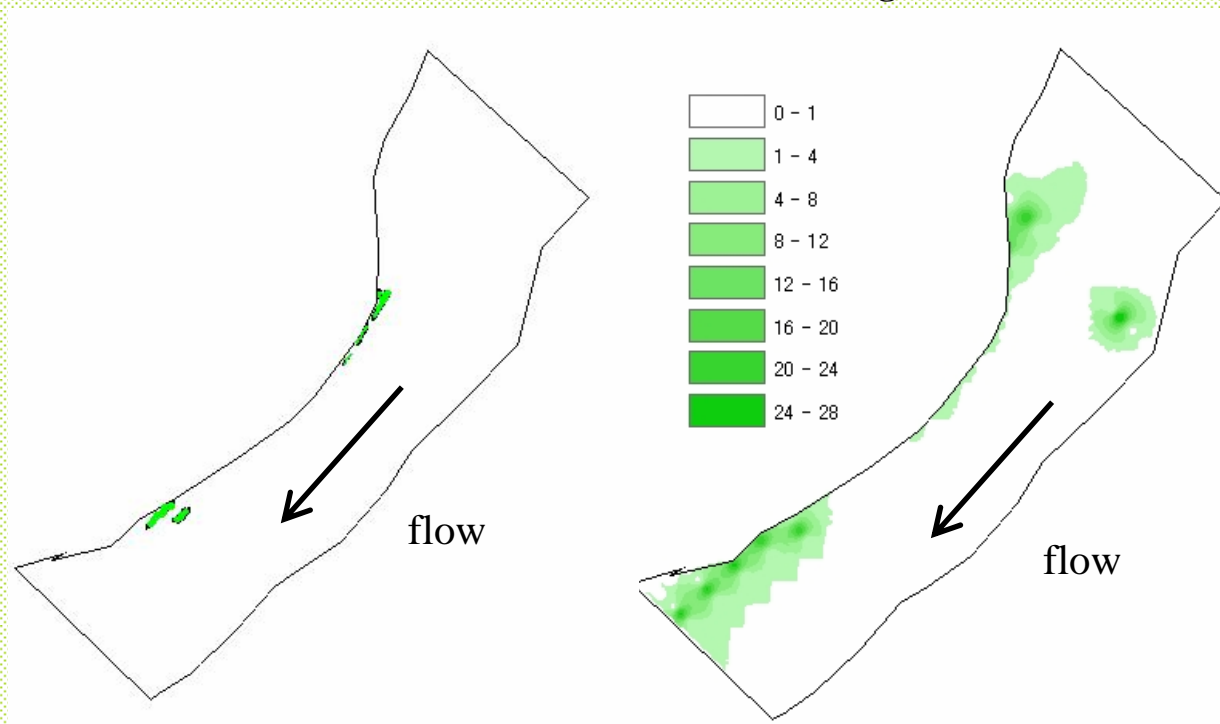
大規模出水の役割

粒径集団別移動特性が重要

数値解析1：藻類繁茂域の空間分布予測モデル

計算結果 2005/10/31

付着藻類量(mg/m²)



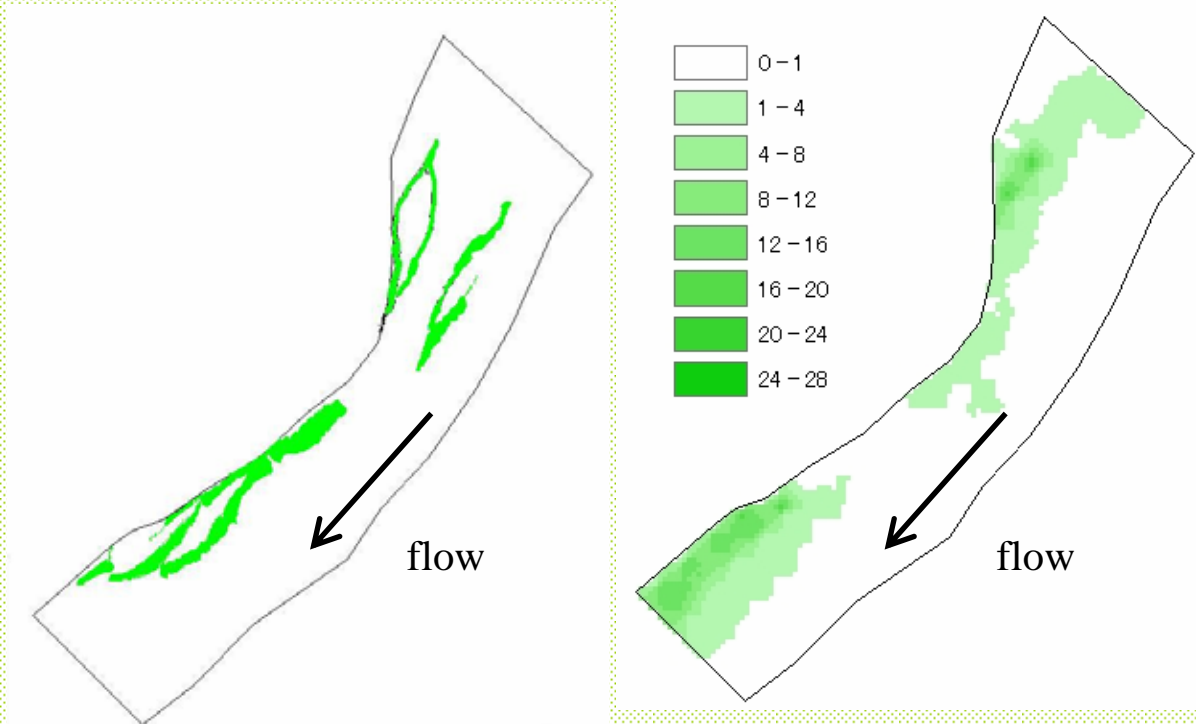
現地観測結果

計算結果

数値解析1：藻類繁茂域の空間分布予測モデル

計算結果 2005/11/16

付着藻類量(mg/m²)

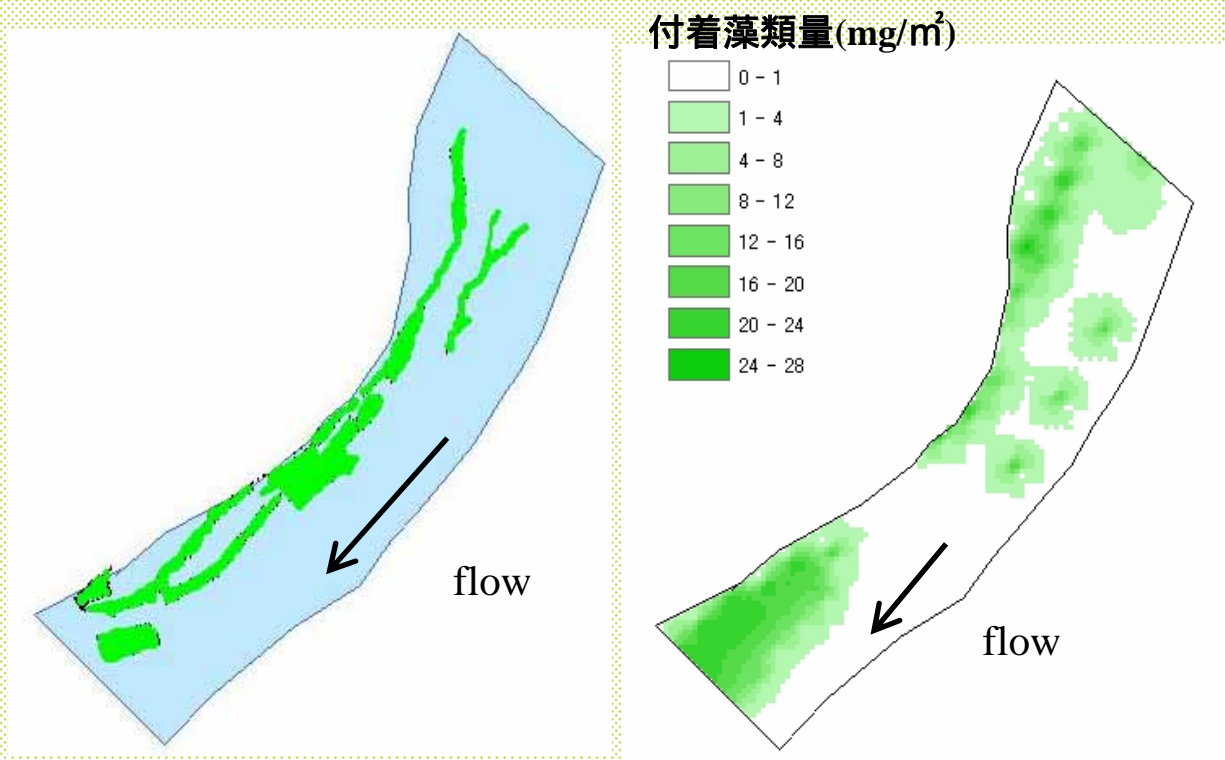


現地観測結果

計算結果

数値解析1：藻類繁茂域の空間分布予測モデル

結果の比較 2005/12/12



現地観測結果

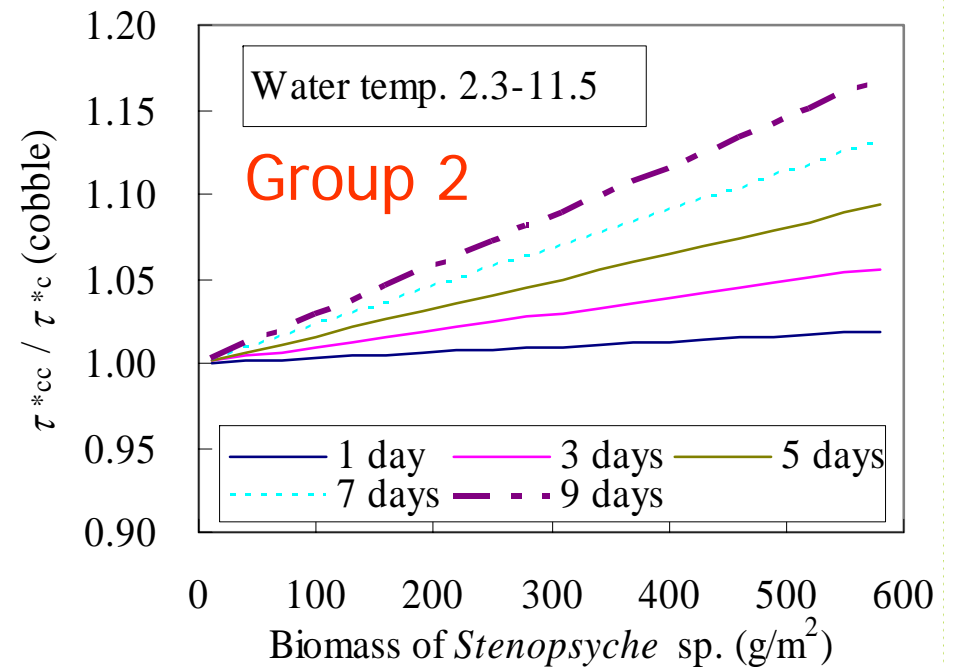
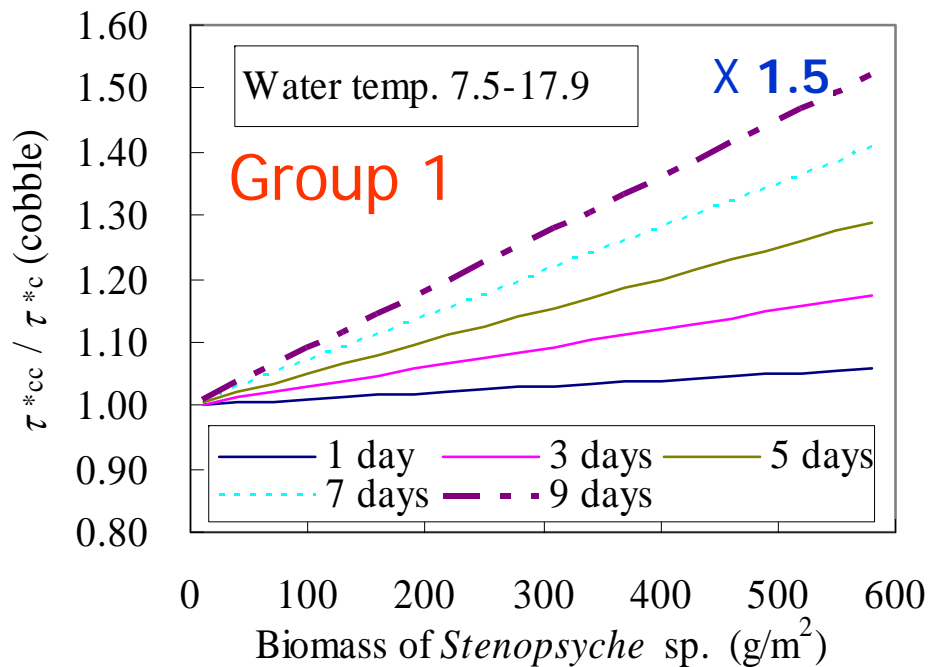
計算結果

トビケラによる礫の掃流限界の変化

田代・渡邊・辻本(2004)河技論

$$\tau_{*cc} = \tau_{*c} \left\{ 1 + \frac{s_* A_2}{\mu_f A_3} \cdot \frac{f_c}{\rho(\sigma/\rho - 1)gd} \right\} \quad \text{芦田ら(1982)}$$

τ_{*c} : 無次元限界掃流力, μ_f : 静止摩擦係数, s_* : 接着面積率 (ここでは, 0.5), A_2/A_3 : 2/3次元形状係数, f_c : 単位面積当たりの粘着強度



Photos of Field Measurements

Installation

Fixed Sand
Plates

Temporal Variation of Plates

After one week



After two weeks



After three weeks

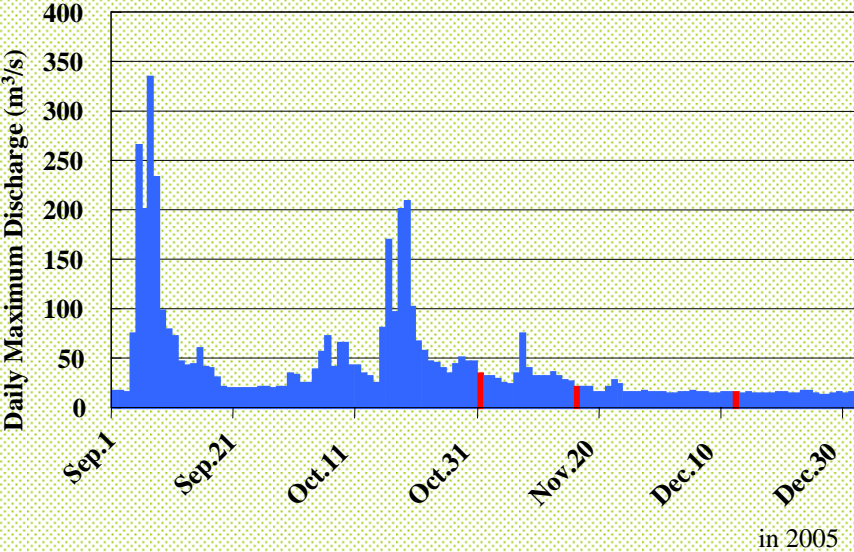


After seven weeks

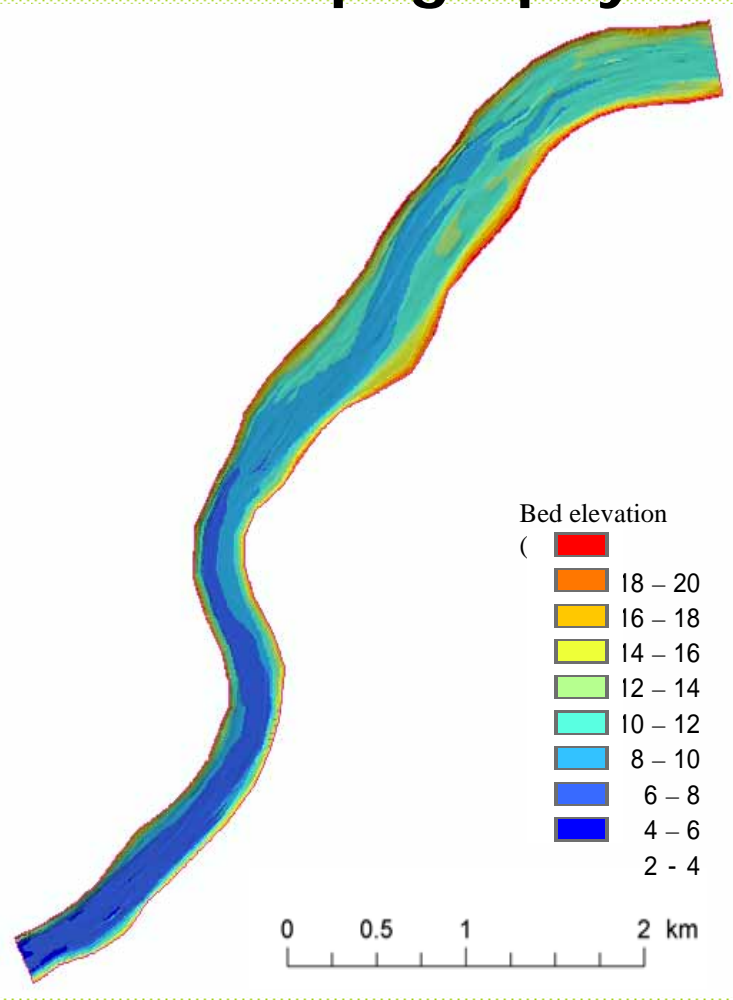


Computational Conditions

River Discharge



Bed Topography

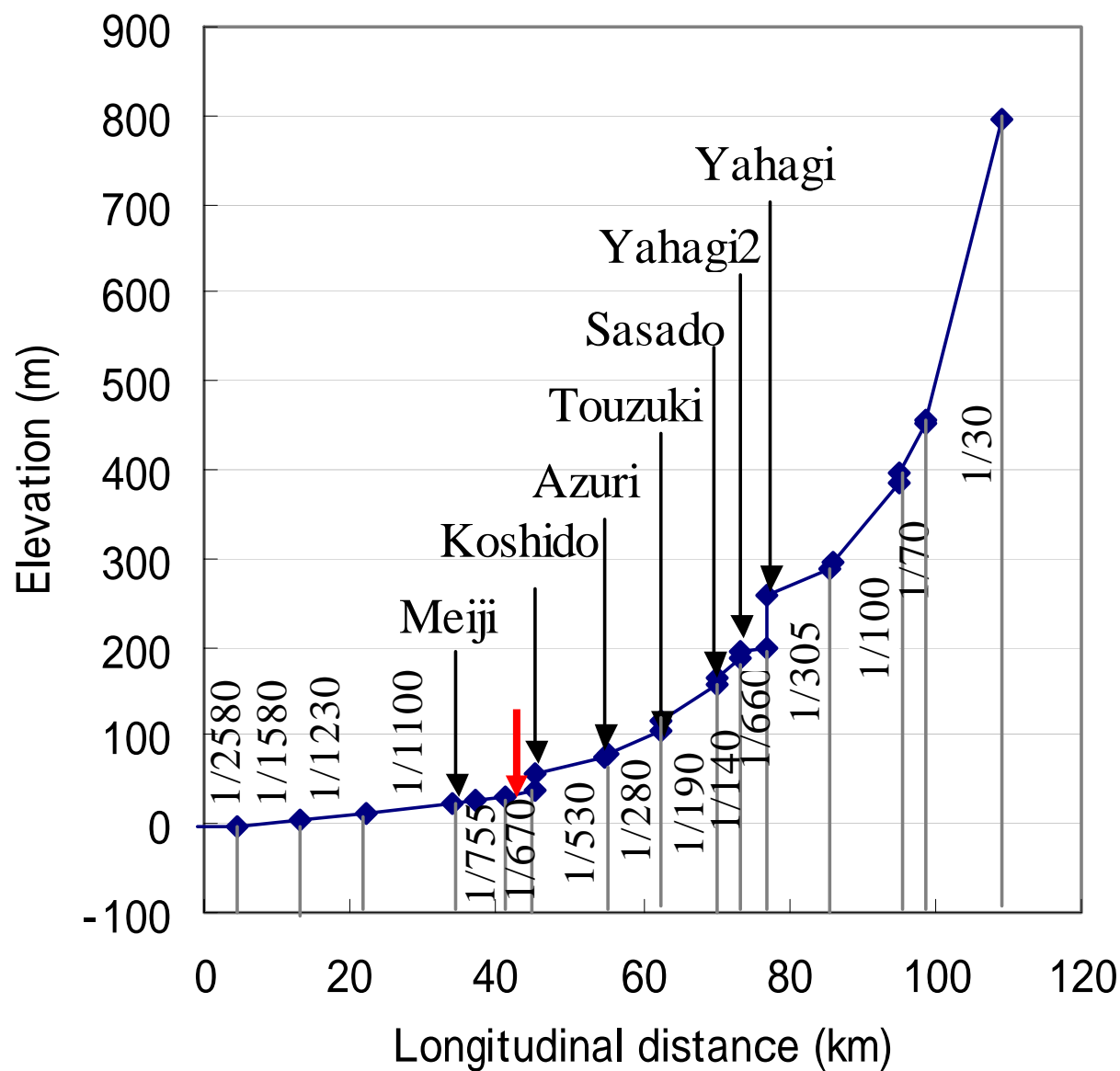


Environmental Conditions

- Solar radiation
- Water Temperature
- Nutrient Concentration

Observed Data

対象地の概要 ~ 矢作川42.0km地点 ~



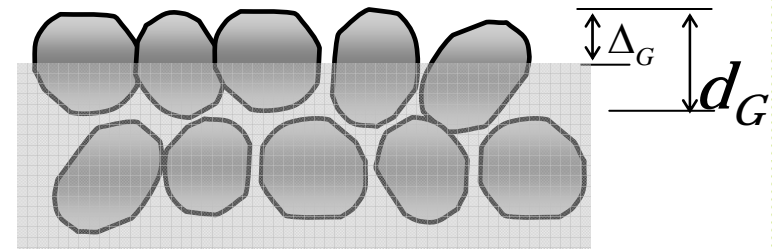
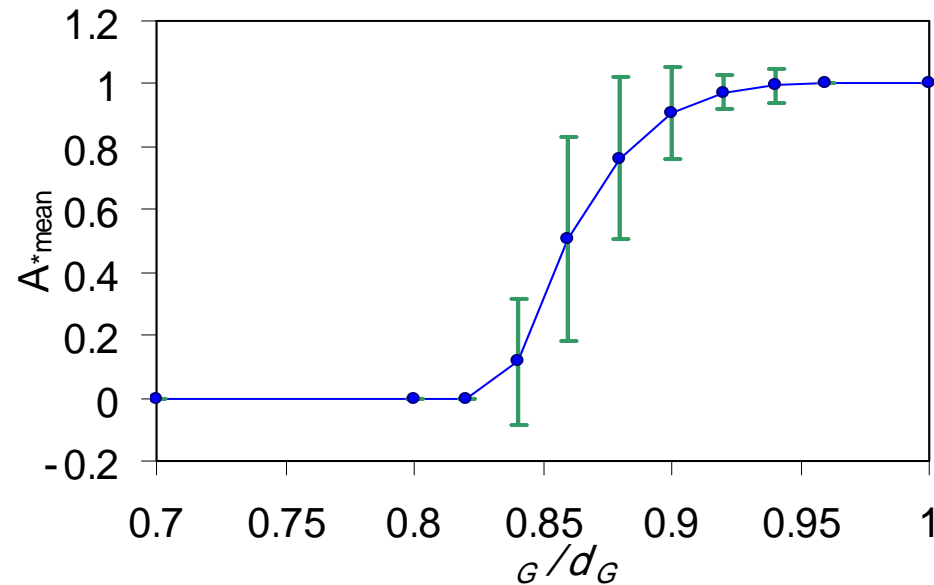
本川に7つのダム・低堰堤が存在。矢作ダム(1971年完成)が最大。

< 矢作川におけるダム・低堰堤 >

底質による付着藻類繁茂の違い

辻本ら(2002)河技論

付着藻類無次元植被率の変化



礫の露出率 = g/d_G

- $\Delta_G/d_G=0.90$ の時は，植被率がほとんど飽和状態であった．
- $\Delta_G/d_G=0.84$ の時は，出水によりすぐ剥離が生じた．