

2. 植生・粗度乱流研究のアプローチ

Vegetated open-channel flow

実験研究

PIV, LDA

- Turbulence characteristics
- Flow resistance
- **Instantaneous turbulence structure**
- **Visualization of coherent vortex**

LIF

- **Turbulent diffusion**
- **Instantaneous concentration field**
- Visualization of dye plume

数値計算研究

LES

- 3-D velocity dynamics
- **3-D Instantaneous velocity vectors**
- Turbulence structure
- **Mass transport**

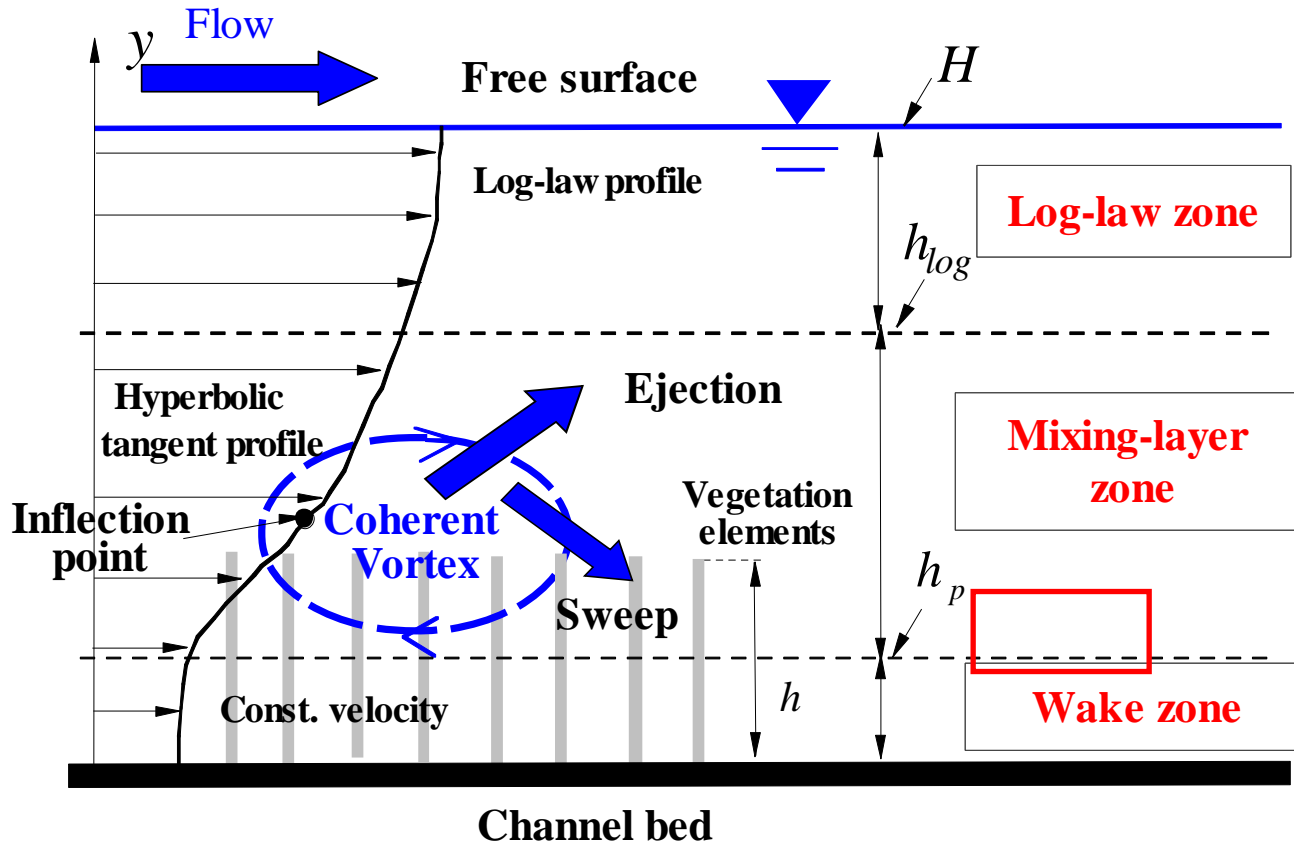
Okamoto et al.
(2010) JHER

Okamoto et al.
(2012) JHER

当研究室では実験研究をメインに行っているが、流れの3次元構造を知るために数値計算も併用している

植生流れの領域分け

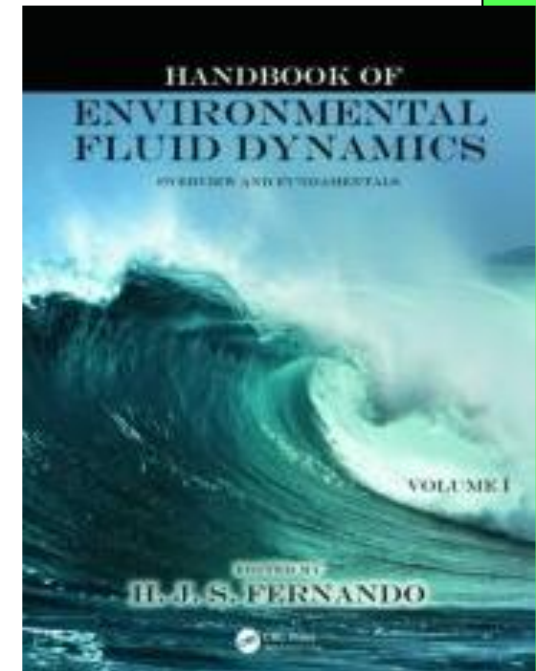
十分に発達した植生流れでは



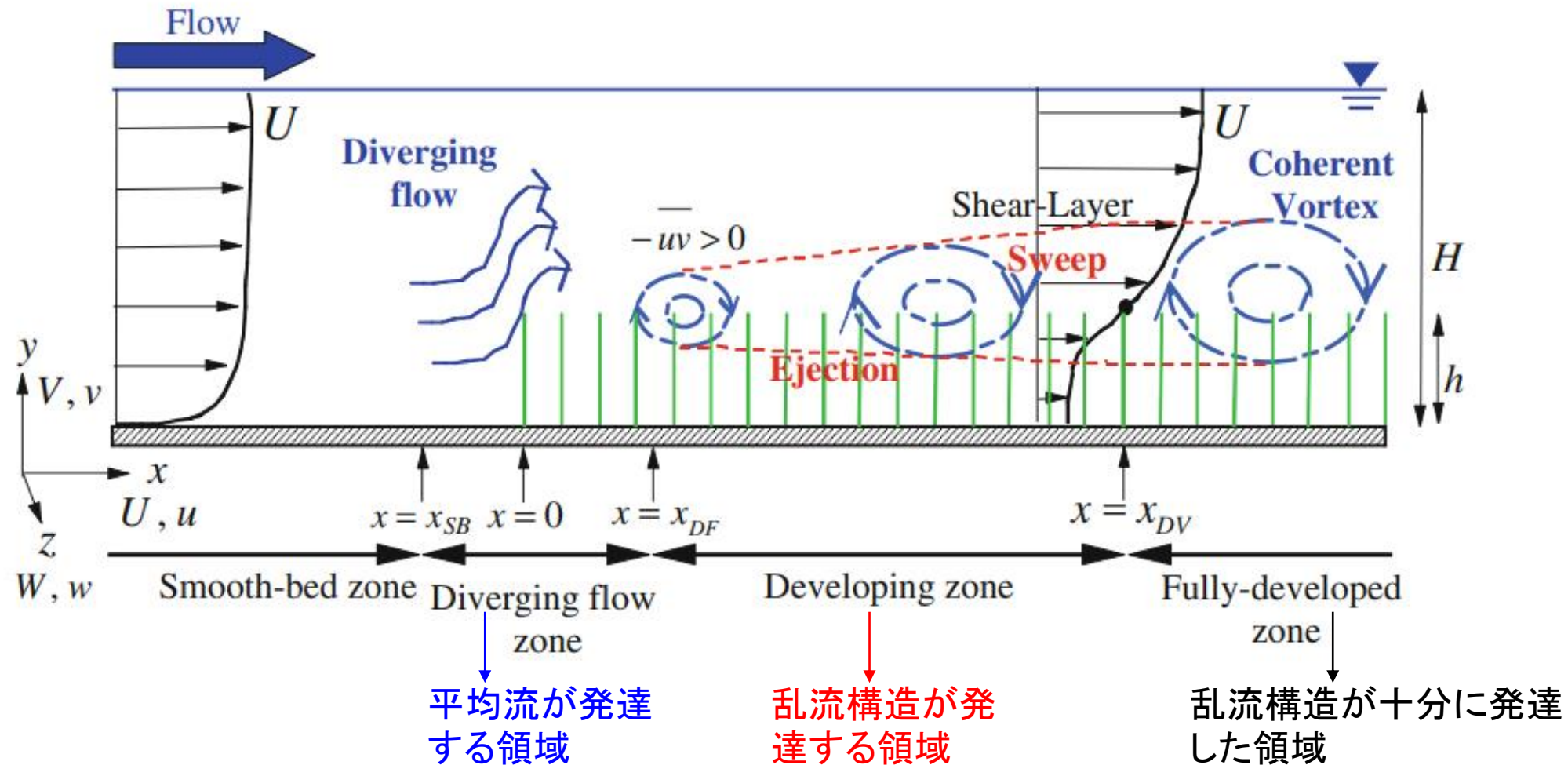
○ Nezu, I. and Okamoto, T. (2012)

Hydraulics of Vegetated Canopies

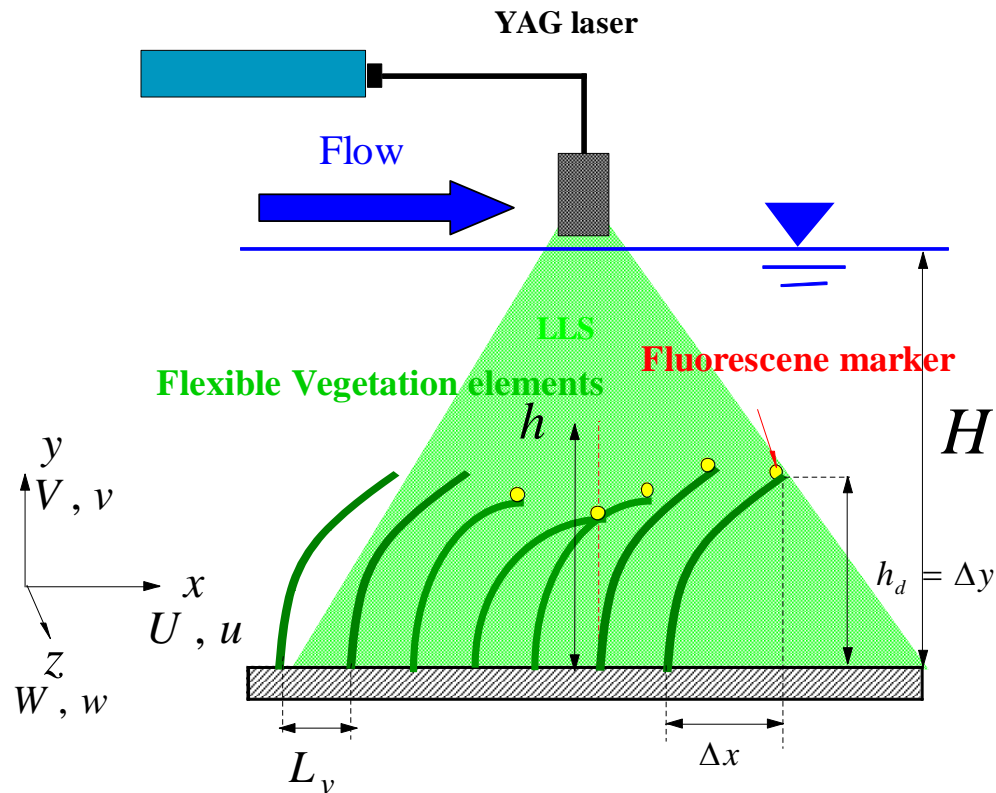
Hand book of Environmental Fluid Dynamics, Taylor & Francis Books



植生流れの発達メカニズム



植生乱流計測：実験装置図



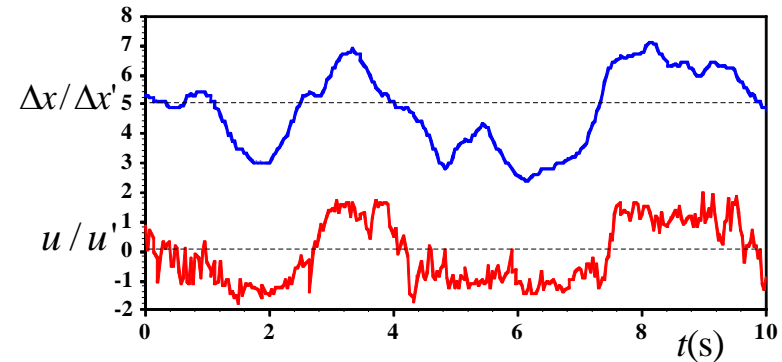
柔軟植生モデルはOHP
シート

長さ $h=70\text{mm}$, 幅 $b=8\text{mm}$,
厚さ $t=0.1\text{mm}$

流速: PIV計測

植生変位: PTV計測

PIV-PTV同時計測システム



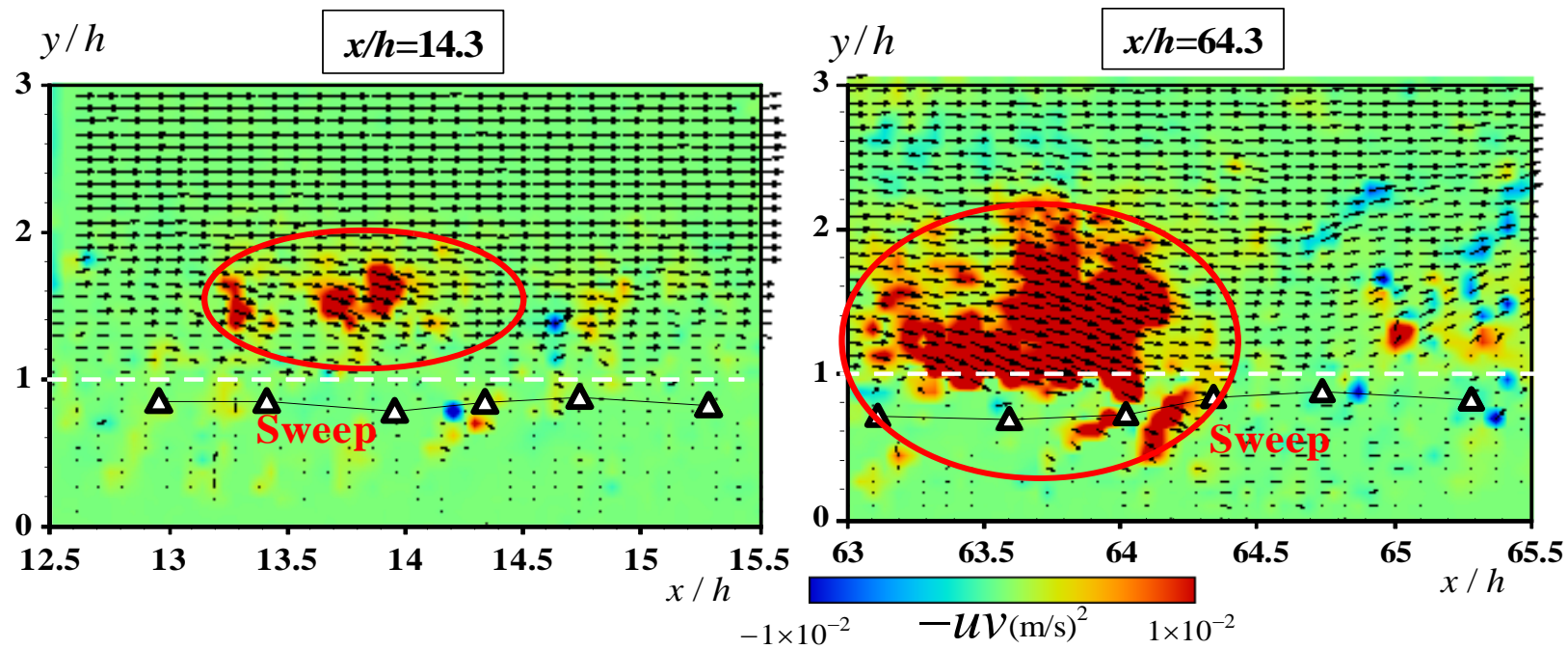
Okamoto, T. and Nezu, I.: Turbulence structure and “Monami” phenomena in flexible vegetated open-channel flows, *J. of Hydraulic Res.*, Vol.47, pp.798-810, 2009

Okamoto et al.: Flow-vegetation interactions: length-scale of the “monami” phenomenon, *J. of Hydraulic Res.*, Vol.54, pp.251-262, 2016

大規模組織渦と柔軟植生変位

流速:PIV計測

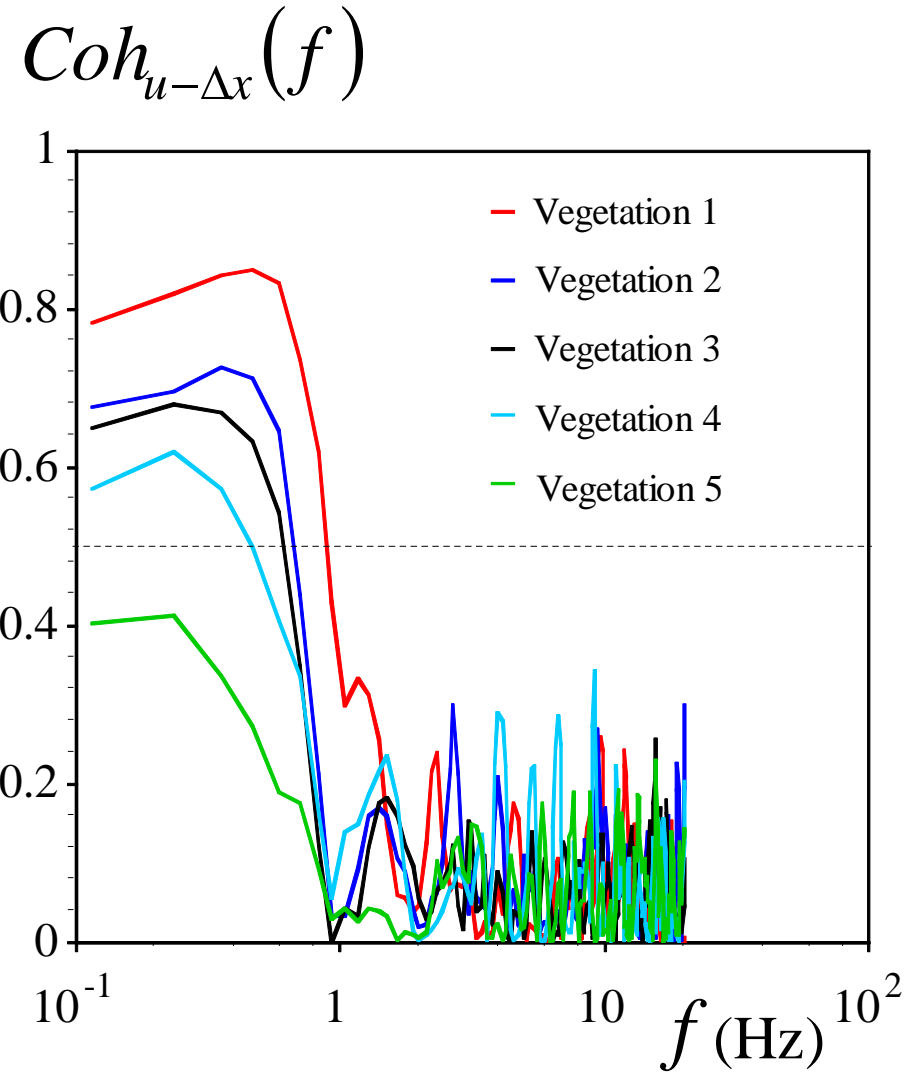
植生変位:PTV計測



瞬間レイノルズ応力カウンター

- ・組織渦スケールと植生揺動本数には相関がある

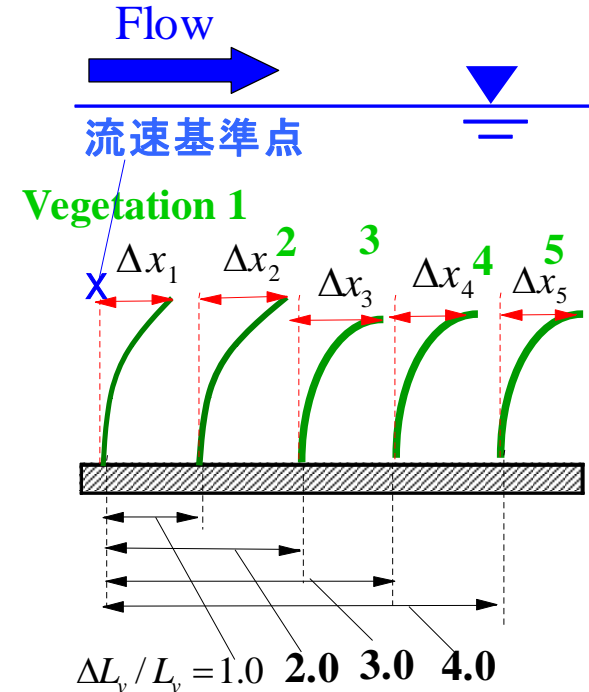
流速一植生揺動のコヒーレンス解析



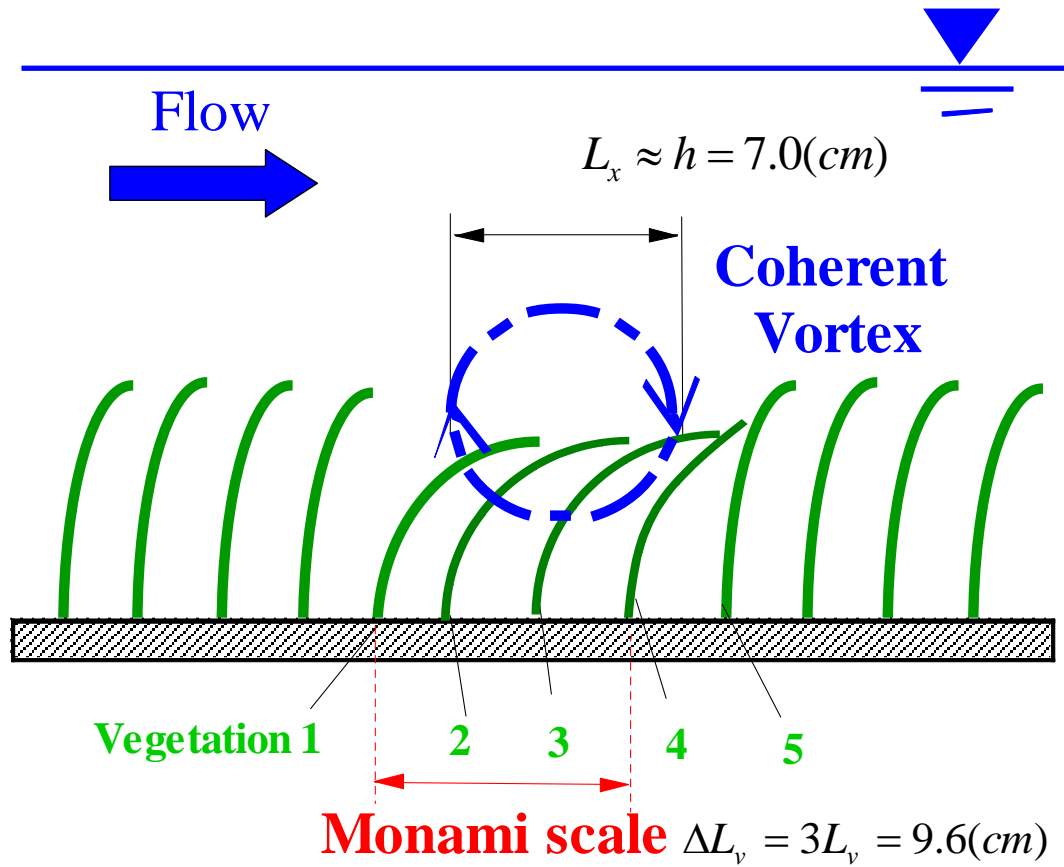
・流速変動と植生揺動の相関を示す

・4本の植生が同時に揺動していることがわかった

$$Coh^2_{xy}(f) = \frac{|S_{xy}(f)|^2}{S_{xx}(f)S_{yy}(f)}$$



Monami現象の模式図



・PIV計測から評価した組織渦の流下方向の長さスケールとPTV計測から得られた藻波の長さスケールはほぼ一致している

礫床での種子捕捉

愛知県木曾川の事例

洪水直後(2011年)



洪水発生から4年後(2015年)



大石哲也「洪水に伴う砂礫内への種子供給と土砂移動特性との関係性の解明」(2017)より引用

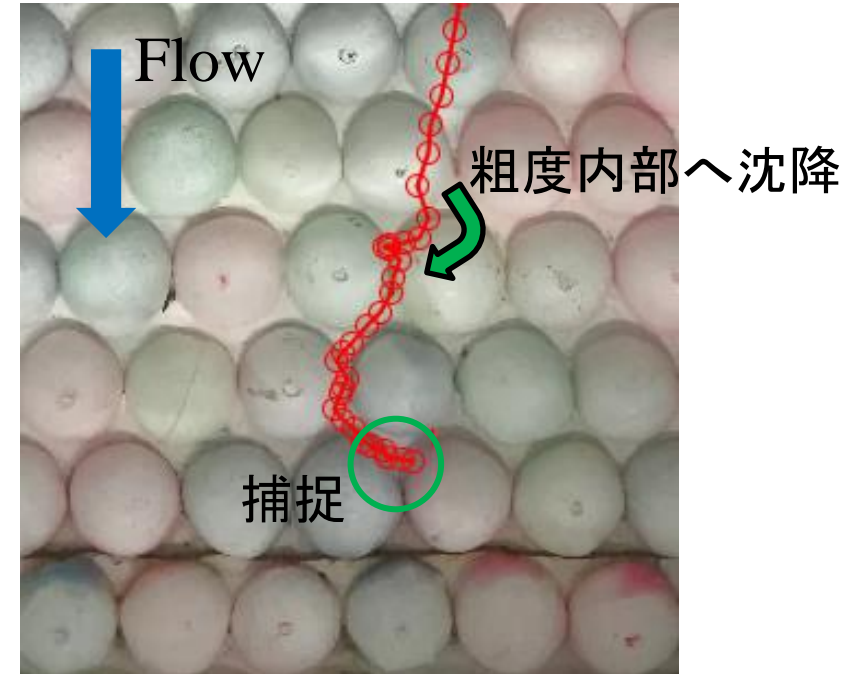
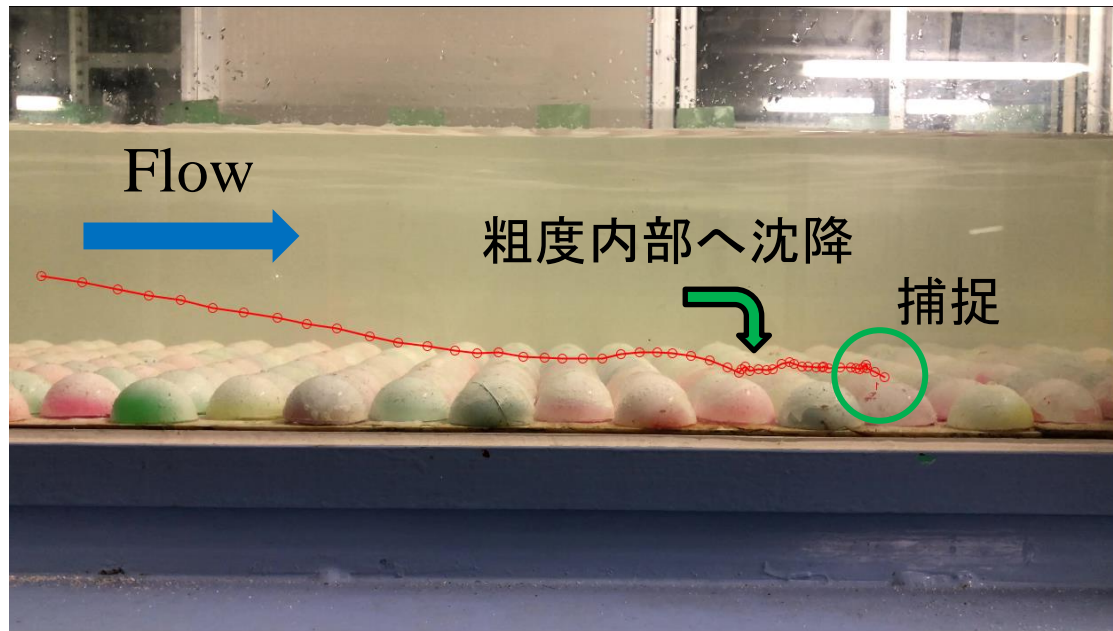
河道内で観察された植物の特徴

- 種子に棉毛をもたない(風によって広域に散布されない)
- 河道内に広く分布している

→ 洪水流によって種子が運搬され、礫河床に供給されたと考えられる。

粗度流れでの種子捕捉

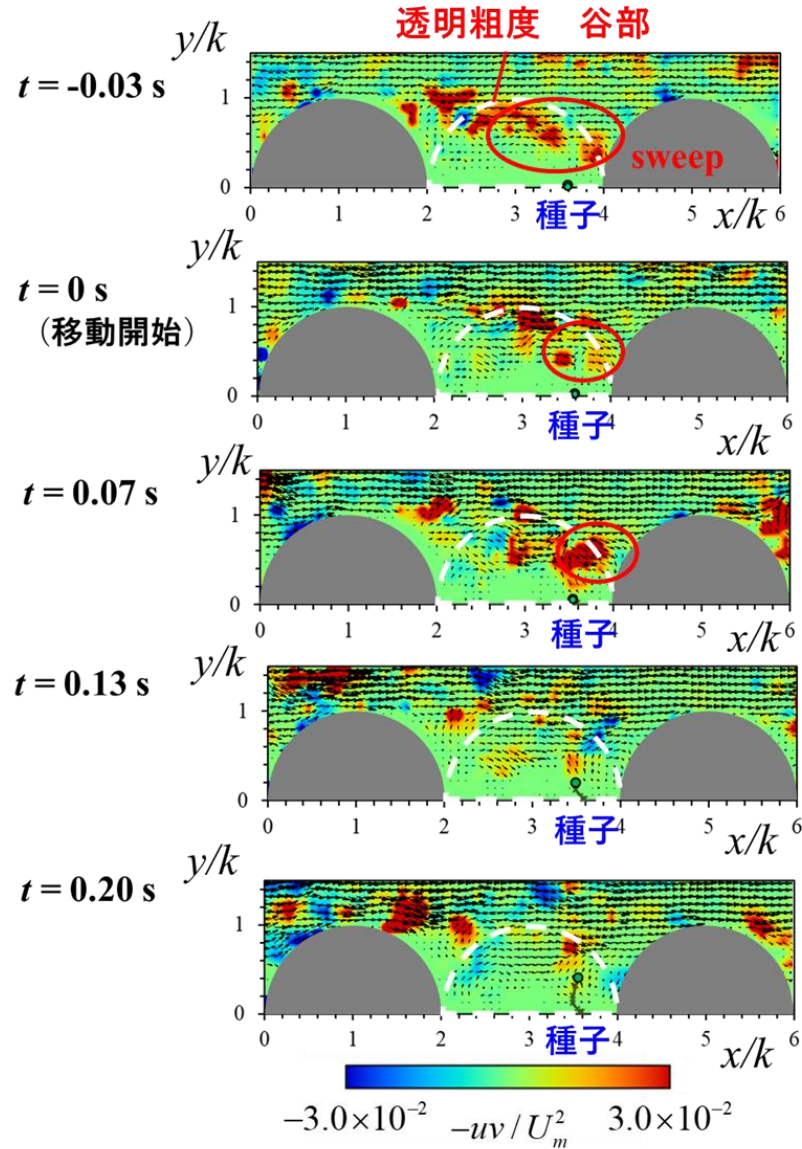
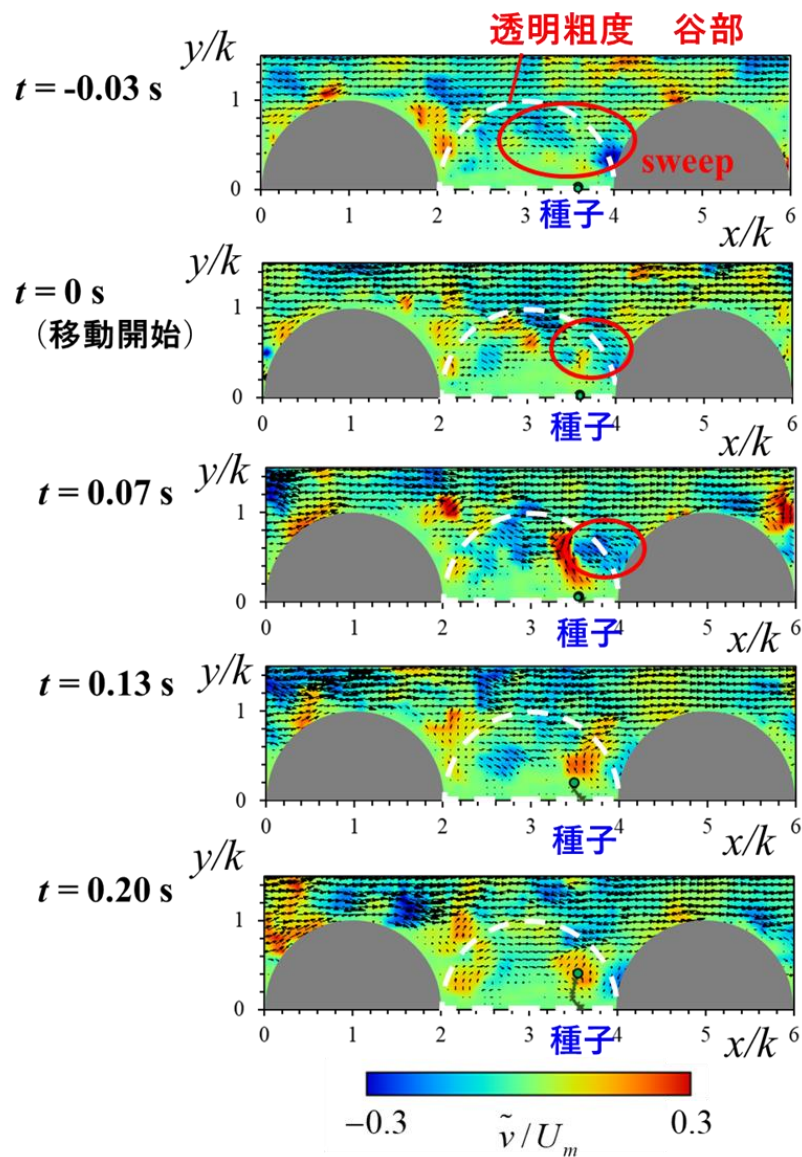
Case30 ($U_m = 30 \text{ cm/s}$)



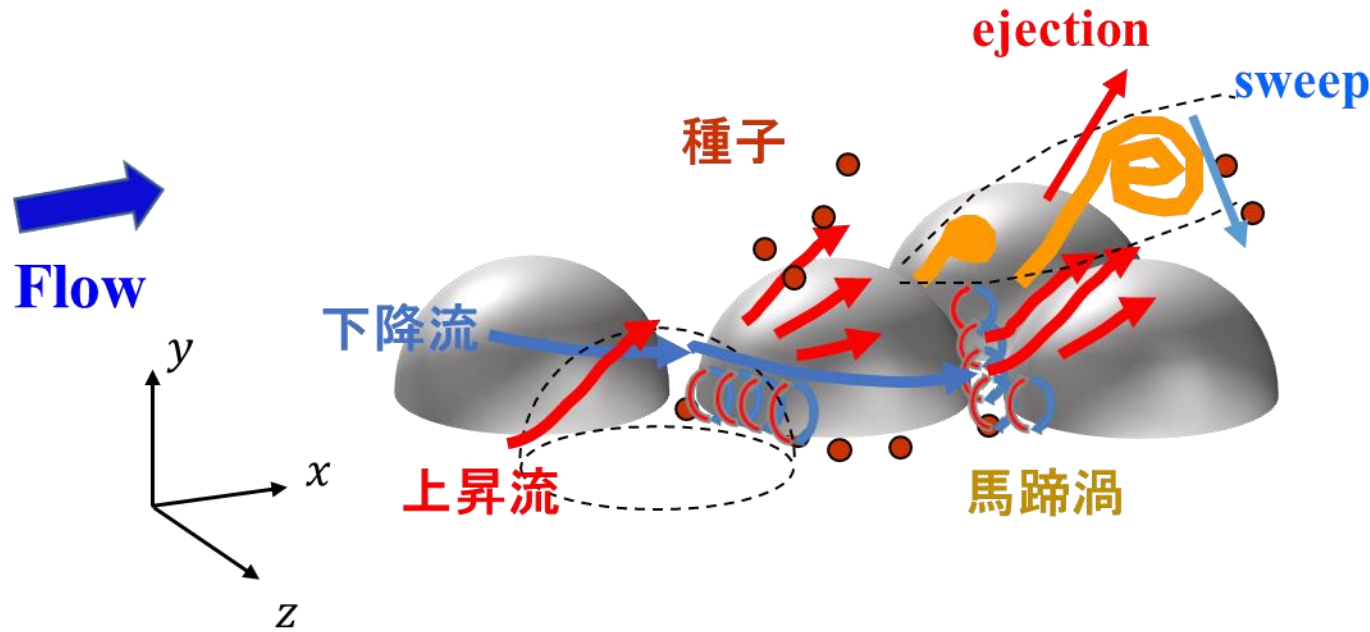
粗度上流側側面に衝突し、粗度側面より粗度の中に沈降する挙動
平均的に発生する下降流・粗度高さ付近で瞬間的に発生する sweep による影響

他の種子が捕捉される例でも同様の傾向がみられた

粗度内部からの乱流構造による種子流出過程



粗度近傍の乱流構造と種子輸送の現象モデル



粗度頂部付近では上昇流が発生し，粗度頂部を通過すると粗度の形状に沿って下降流が発生している．粗度頂部付近で粗度にぶつかった種子は浮上と沈降を繰り返す．

これに対し，粗度高さより下の領域($y/k \leq 0.67$)では粗度の上流側で粗度表面に沿って下降流が発生する．粗度高さより下の領域で粗度にぶつかった種子は粗度内部に沈降し，粗度表面に沿って粗度側方に輸送される．