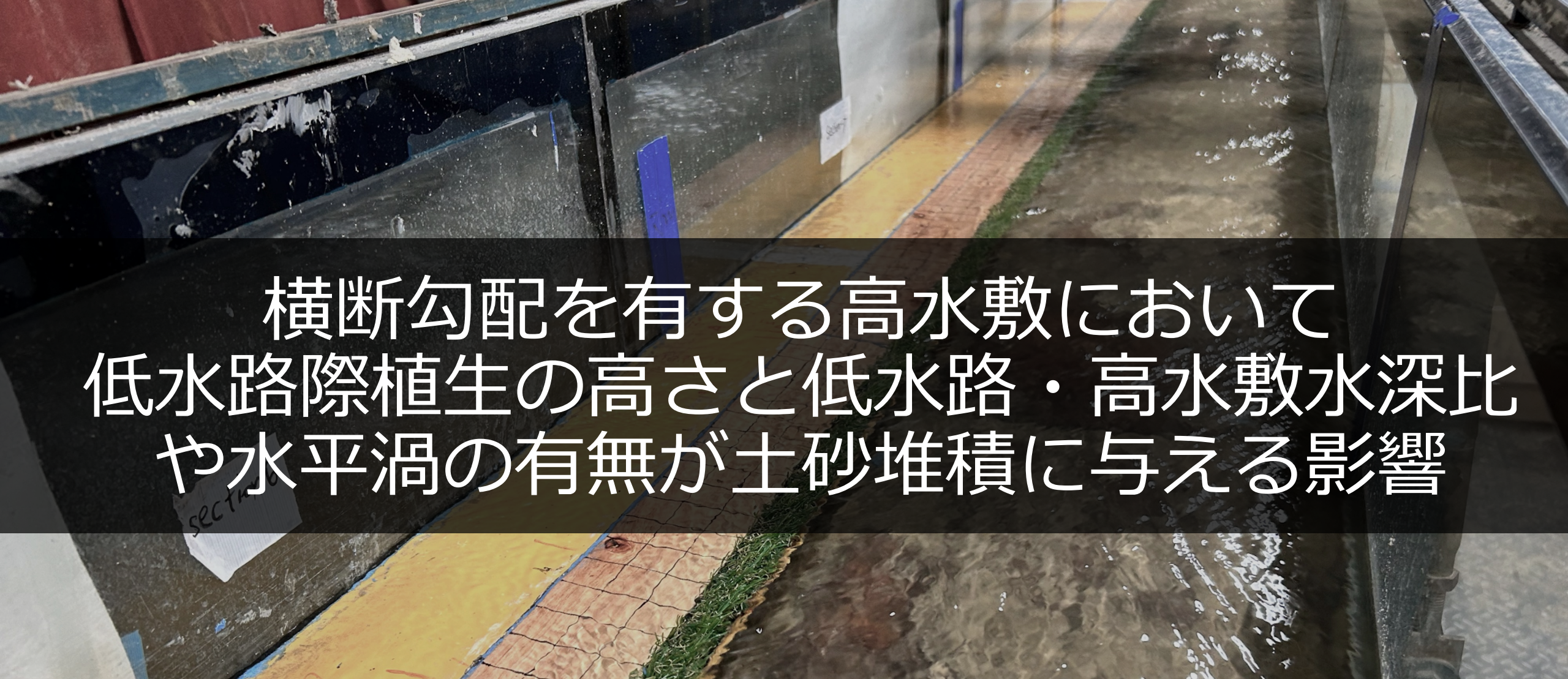




横断勾配を有する高水敷において 低水路際植生の高さと低水路・高水敷水深比 や水平渦の有無が土砂堆積に与える影響

○久澄伸太郎¹・田中規夫²・五十嵐善哉³
八條陸¹・中山尚⁴・松本敬之⁴・坂本雄司⁴

¹ 埼玉大学大学院理工学研究科

² 埼玉大学大学院教授 理工学研究科

³ 埼玉大学大学院助教 理工学研究科

⁴ 株式会社建設環境研究所

研究背景：掘削地盤面への土砂再堆積

気候変動による水災害の激甚化

→河道の流下能力の確保が重要

高水敷掘削は、流下能力の向上のみならず生物の生育環境の創出ができる機会と捉えることができる

出水による流下能力低下

土砂堆積

植生繁茂

対応策

河道掘削

伐採など

治水

植生は
少ない方がよい

多自然川づくり

生物多様性の回復

流下能力を確保しつつ
生物の生育環境を創出できるような
河川の掘削手法を検討する必要がある

土砂堆積と切り下げ形状

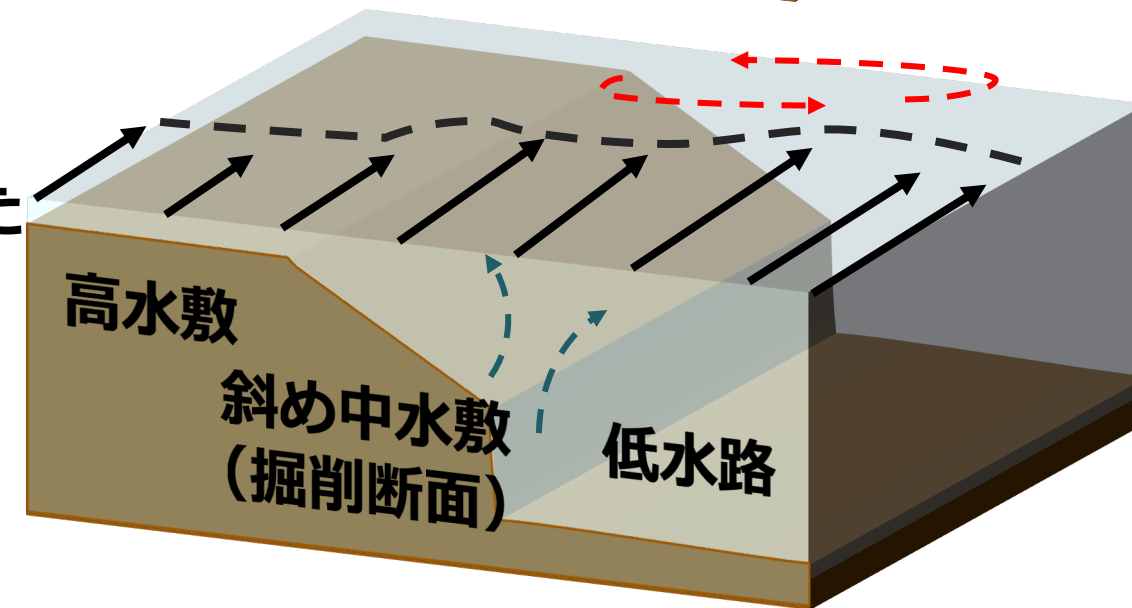
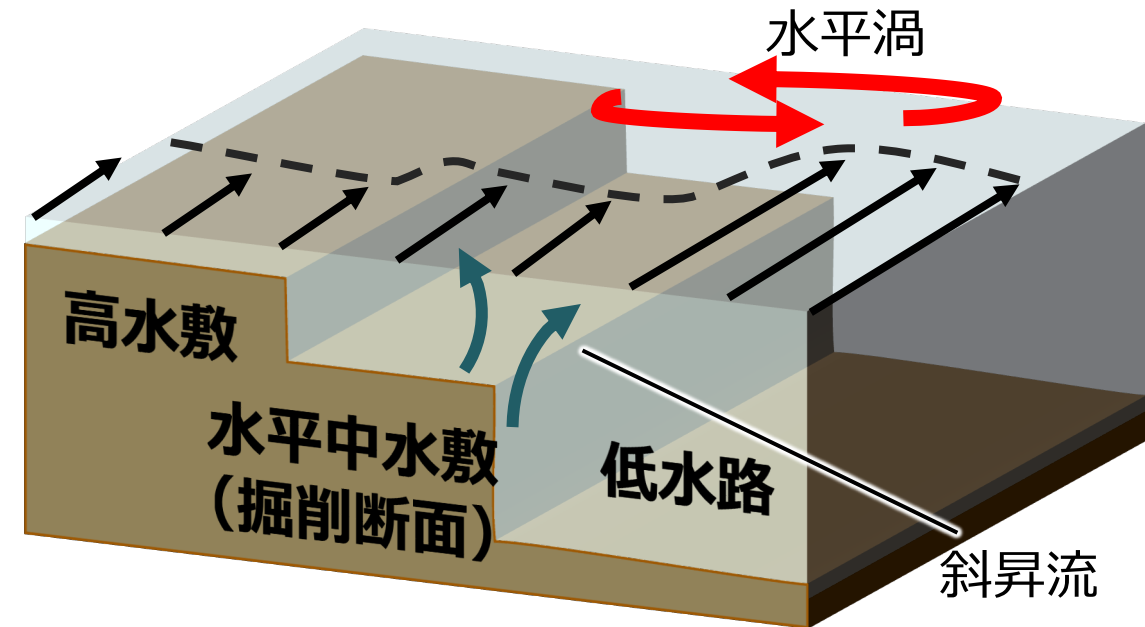
掘削地盤面への土砂堆積

1. 植生抵抗や**比高差**により流速差が生じる
2. 流速差によって**水平渦や斜昇流が生じる**
3. 掘削地盤面に土砂が輸送・堆積する

斜め切り下げで土砂堆積の軽減（既往研究）

斜め切り下げにすることで堆積重量が28%減少
（水平渦が発生する条件での結果）

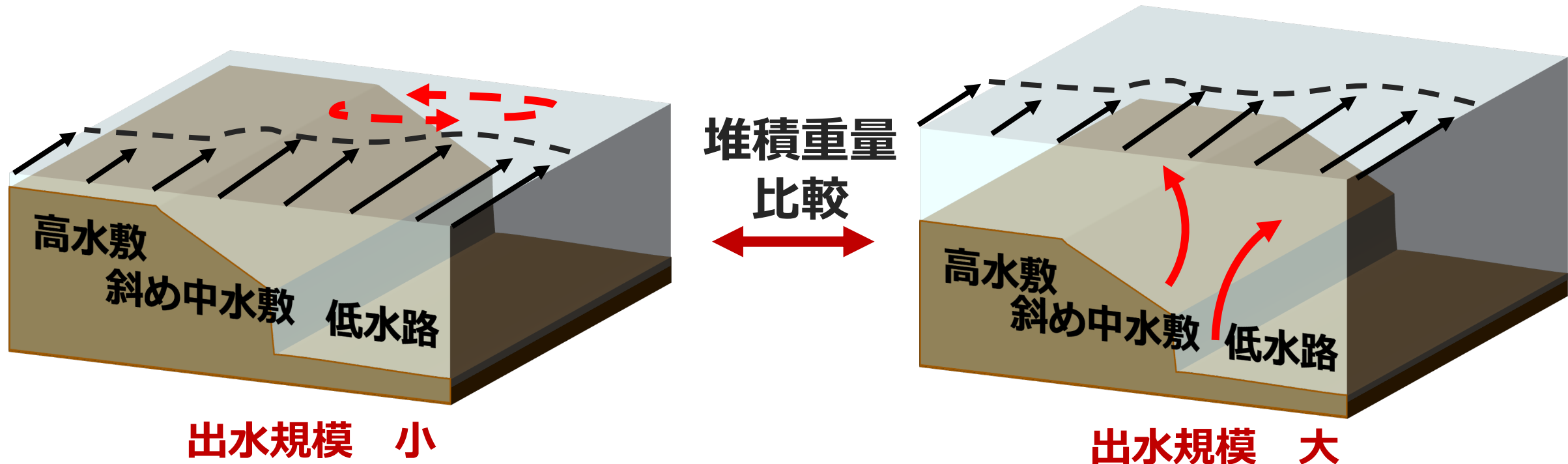
斜昇流が発生する場合には検討されていなかった



- ・中川博次, 禰津家久, 阿部崇, 志村拓也: 低水路・高水敷間の法面勾配が流速分布および二次流分布に及ぼす影響, 水工学論文集, 第39巻, pp.417-422, 1995.
- ・K. De Silva & N. Tanaka: Effect of Transverse Slope on Sedimentation and Turbulent Flow Structure in Vegetated Floodplain of Compound Water Channels, 20th Congress of the Asia Pacific Division of the IAHR, Colombo, Sri Lanka
- ・久澄伸太郎, 田中規夫, 五十嵐善哉, Adiningrum Cita, Painda, Fazalhaq, 中山尚, 松本敬之, 坂本雄司: 高水敷の横断勾配と低水路際植生の密生度が水平渦の発生と高水敷への土砂堆積に与える影響, 河川技術論文集, 第30巻, pp.323-328, 2024.

河川環境に定量的な指標を導出することが求められている
どのような条件で多量の土砂堆積が起きるのかを
植生高さと水平渦の発生状況の関連で明らかにしたい

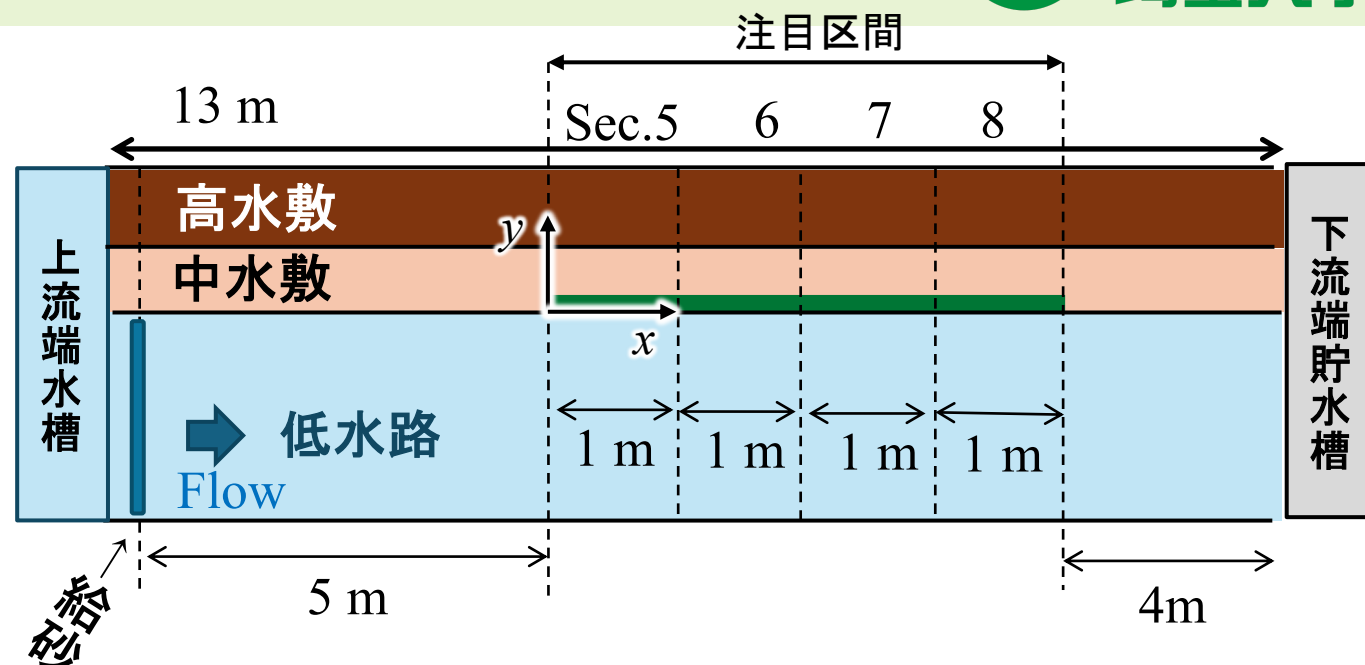
土砂再堆積を抑制しつつ、エコトーンを考慮した
生物多様度の高い空間の創出に役立てたい



実験手法(概要)

【実験概要】

- 草本高さと水深を系統的に変化させて、中水敷における土砂堆積重量を量った.
- おがくずを散布して渦の可視化
- ADVによる流速の計測



実験スケール

1/30

勾配

1/500

砂 (珪砂 7号)

$D_{50}=0.16\text{mm}$

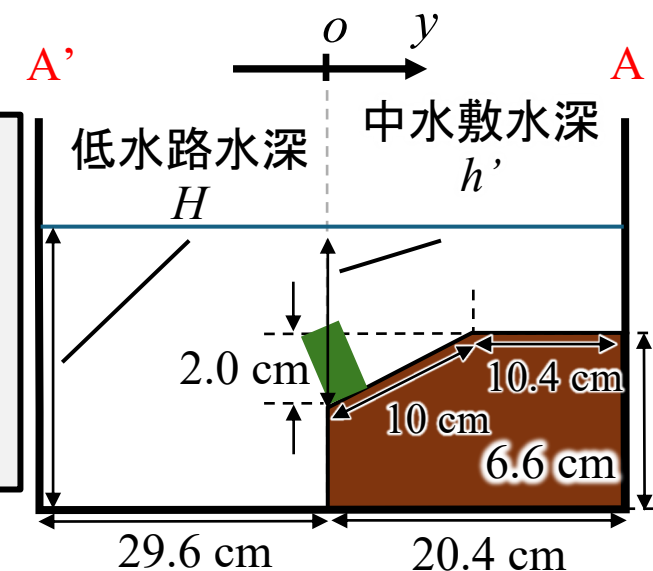
給砂時間

30min

高水敷水深

1.4cm, 2.4cm, 3.3cm

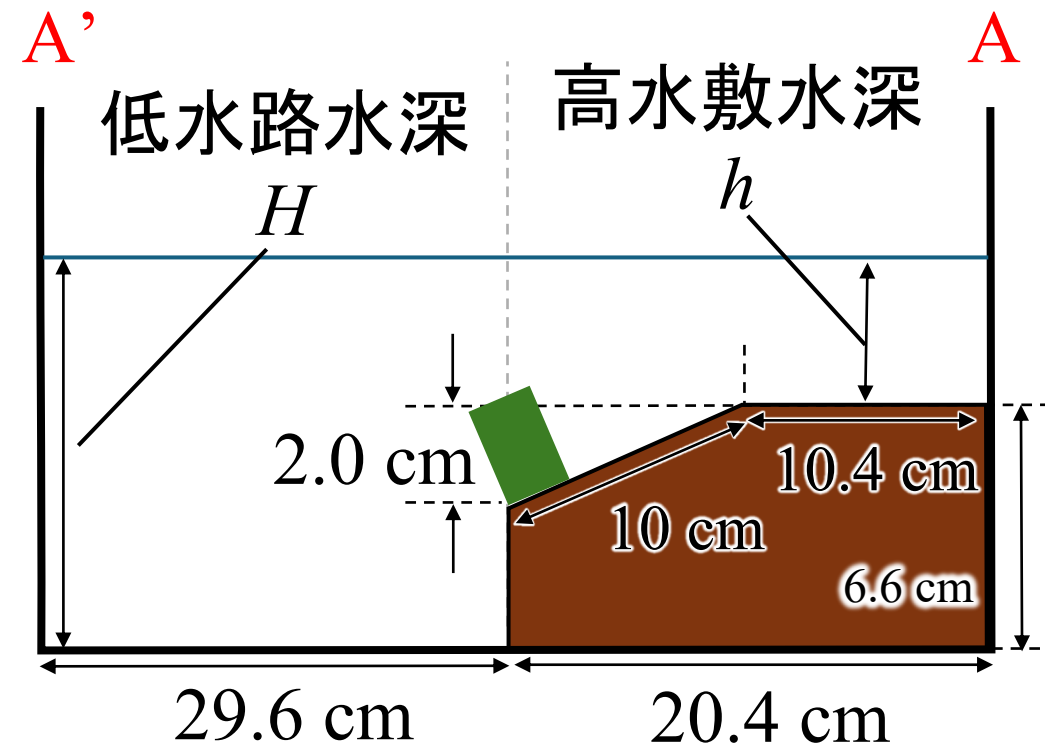
本実験の実スケールは小畔川（八幡橋）において、20年間にそれぞれ13回、8回、3回程度発生するような出水と類似している



実験手法(詳細)

- 植生模型は先駆的な植生であるツルヨシをモデルとし、空隙率が95%の人工芝を用いた
- 植生模型高さは0.5cmと2.0cmの2種類、高水敷低水路水深比は3種類の計6ケースを実施
- 植生設置位置は、**注目区間の低水路際から2.5cm以内の領域のみ**
- 水深に対する植生の高さは、9%～59%（全て沈水）

実験ケース名	植生模型高さ(cm)	h/H
Case S0.18	0.5	0.18
Case S0.27	0.5	0.27
Case S0.33	0.5	0.33
Case L0.18	2.0	0.18
Case L0.27	2.0	0.27
Case L0.33	2.0	0.33



実験結果（水平渦の発生状況）

【 $h/H=0.18$ 】

植生模型高さに関係なく水平渦が発生

【 $h/H=0.27$ 】

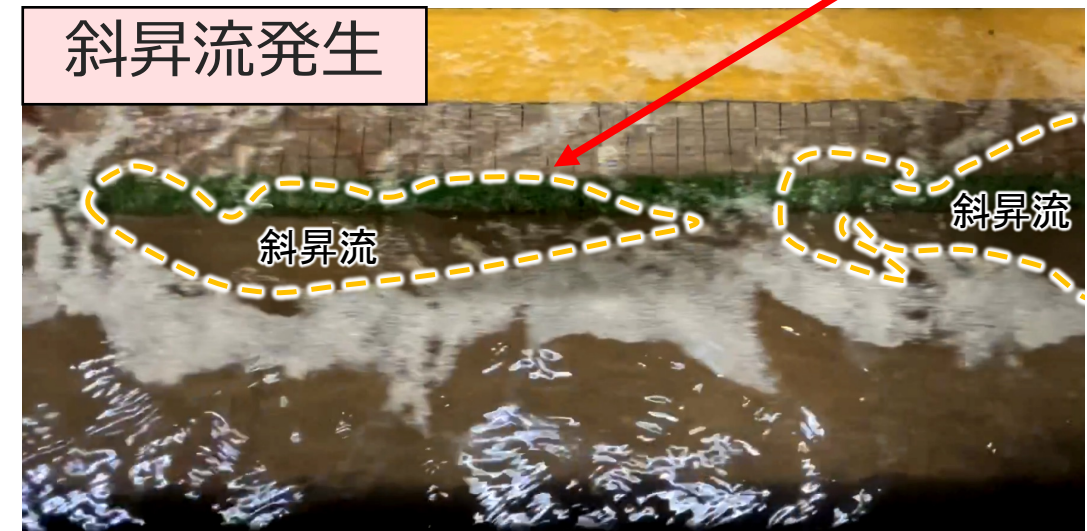
植生が大きい場合のみ水平渦が発生

→植生抵抗により，高水敷と低水路の流速差が大きかった

【 $h/H=0.33$ 】

植生模型高さに関係なく水平渦は発生せず

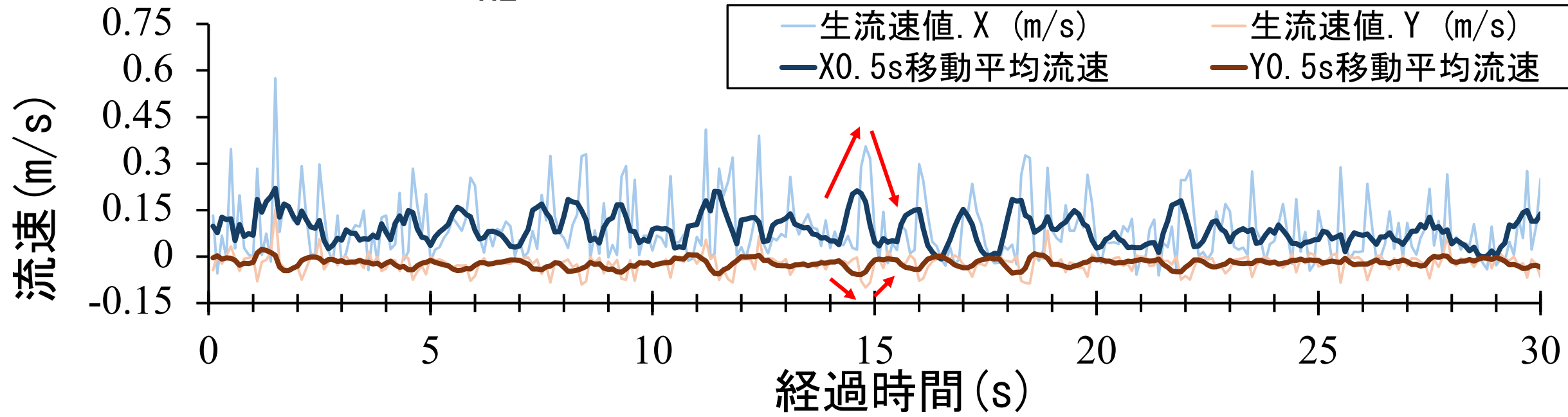
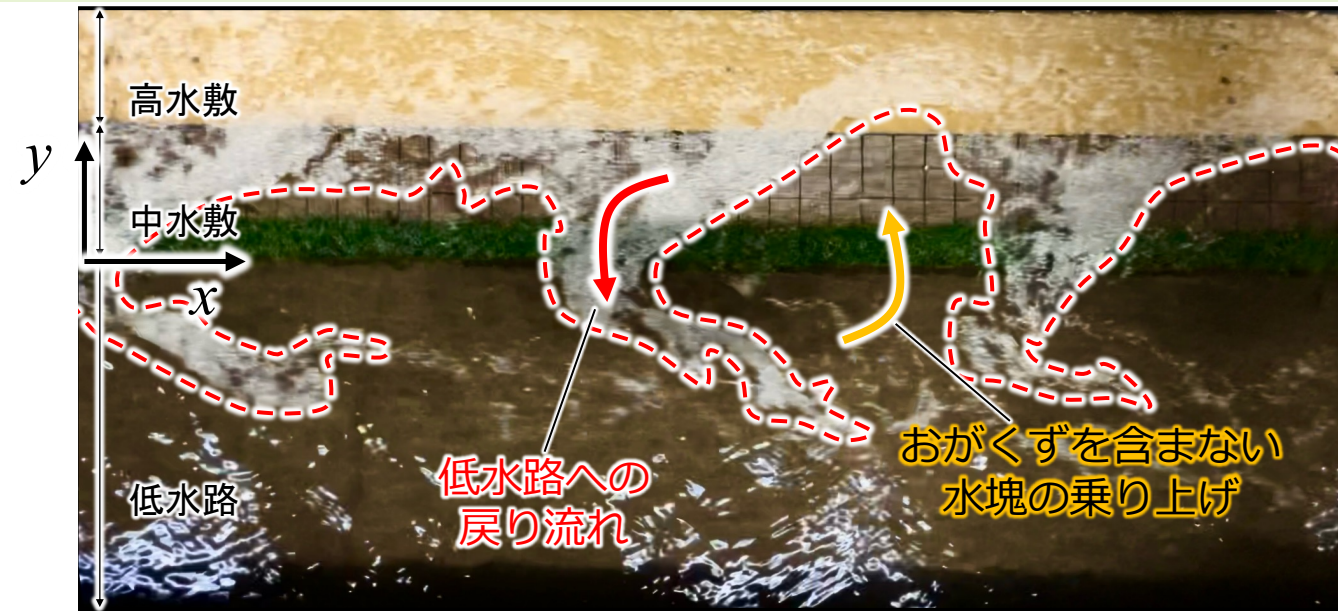
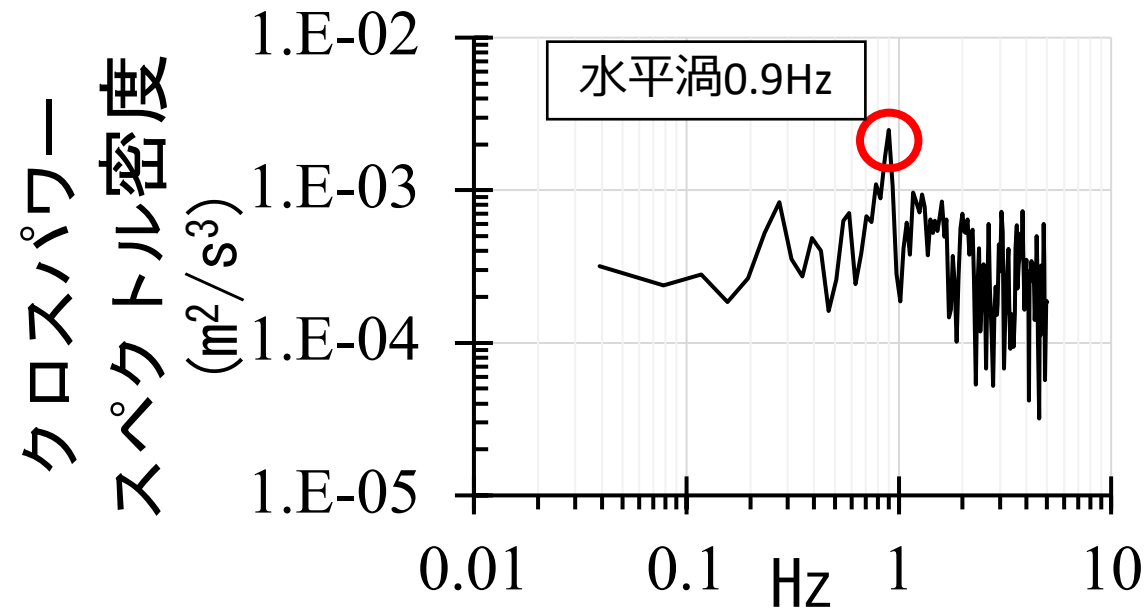
植生模型高さ(cm)	h/H	流れパターン
0.5	0.18	水平渦
0.5	0.27	斜昇流
0.5	0.33	斜昇流
2.0	0.18	水平渦
2.0	0.27	水平渦
2.0	0.33	斜昇流



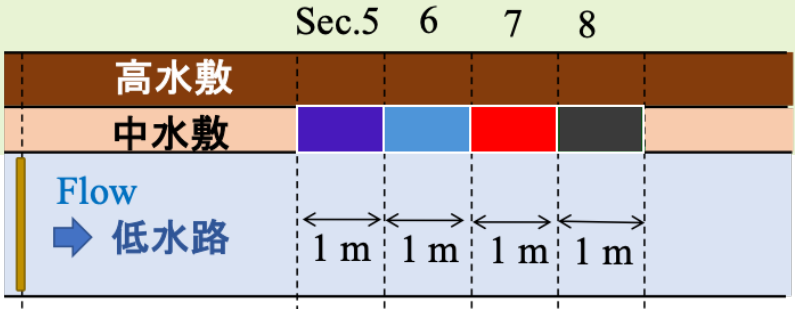
実験結果 1 (水平渦発生-草本2cm, Sec.7, $h/H=0.18$)



実験結果 1 (水平渦発生-草本2cm, Sec.7, $h/H=0.18$)

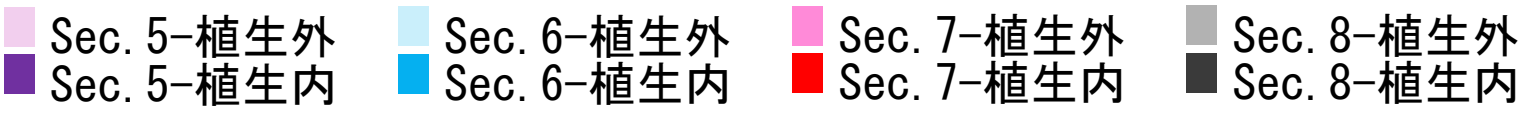


実験結果 2 (土砂堆積と水平渦)



【水平渦が発生した条件】

下流側の堆積量が多い
→水平渦の発達が原因

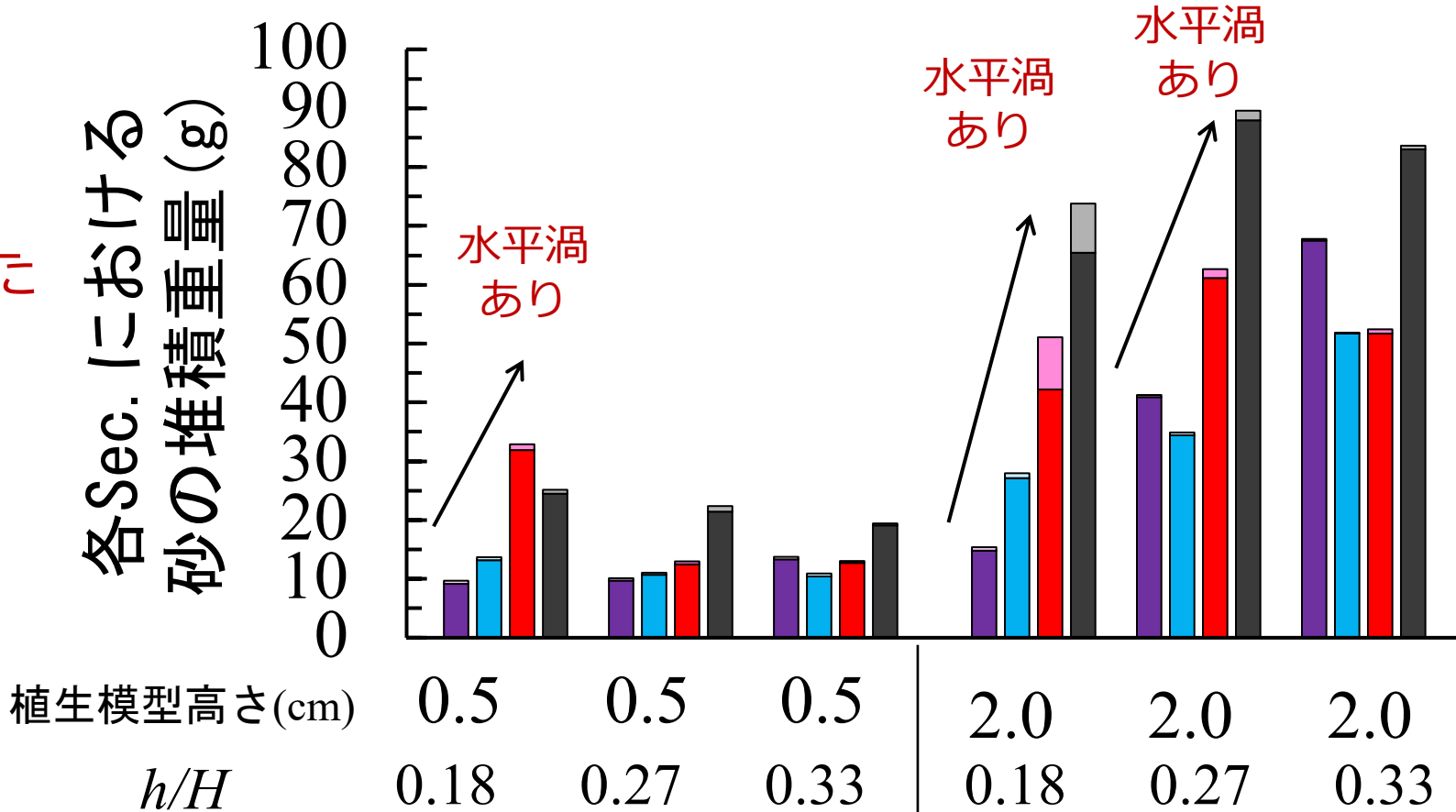


【植生模型高さ0.5cm】

h/H が大きくなると
下流側の堆積重量のみ減少した
→水平渦発達の影響がなくなった

【植生模型高さ2.0cm】

h/H が大きくなると
上流側の堆積重量のみ増加
→砂がトラップされやすかった
低水路際の斜昇流が原因



実験結果 4 土砂堆積位置

【植生模型高さ0.5cm】

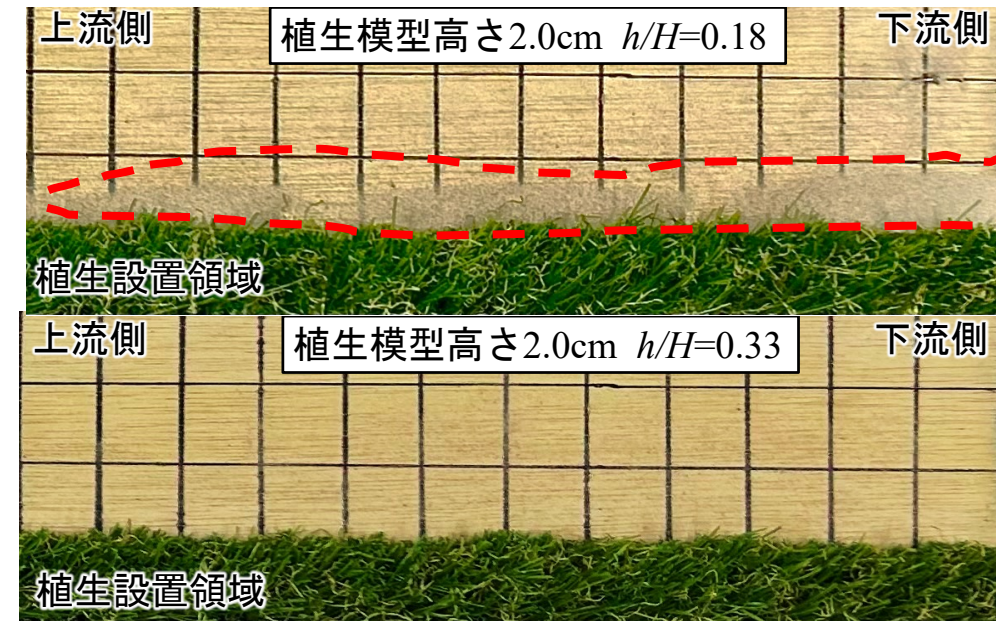
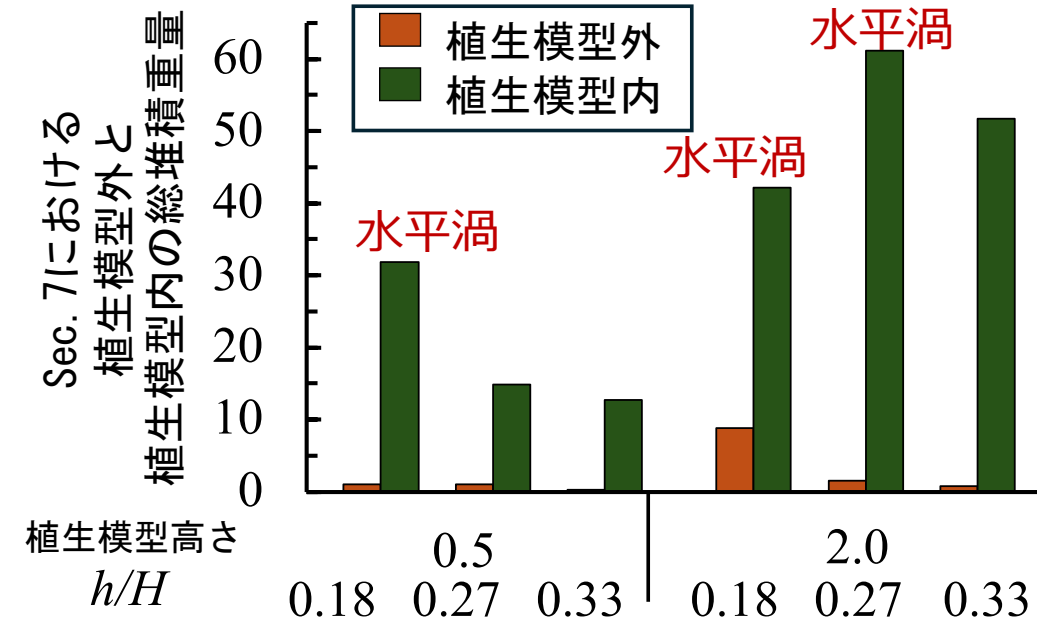
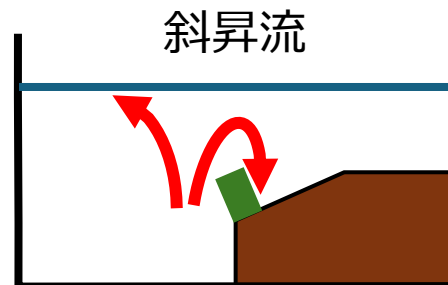
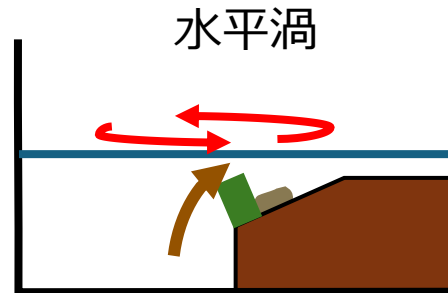
どのケースも植生外の堆積量は小さかった

【植生模型高さ2.0cm】

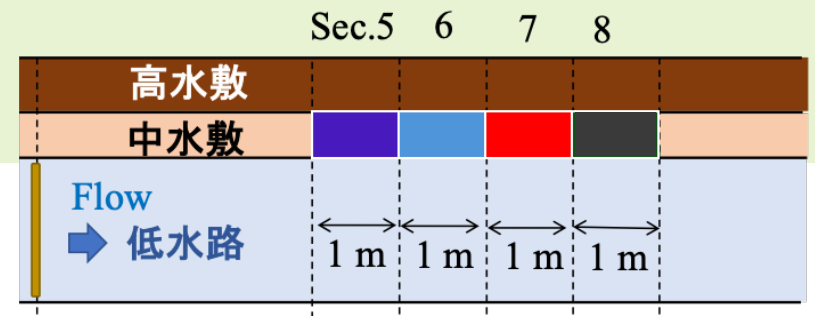
- ・ 水平渦が発生したケース
→ 植生模型外にも土砂が堆積した
- ・ 斜昇流が発生したケース
→ 植生模型外には土砂が堆積せず

-水平渦-
中水敷の広い範囲に土砂を輸送

-斜昇流-
低水路際だけに土砂を輸送？



実験結果 3 (注目区間全体の土砂堆積)



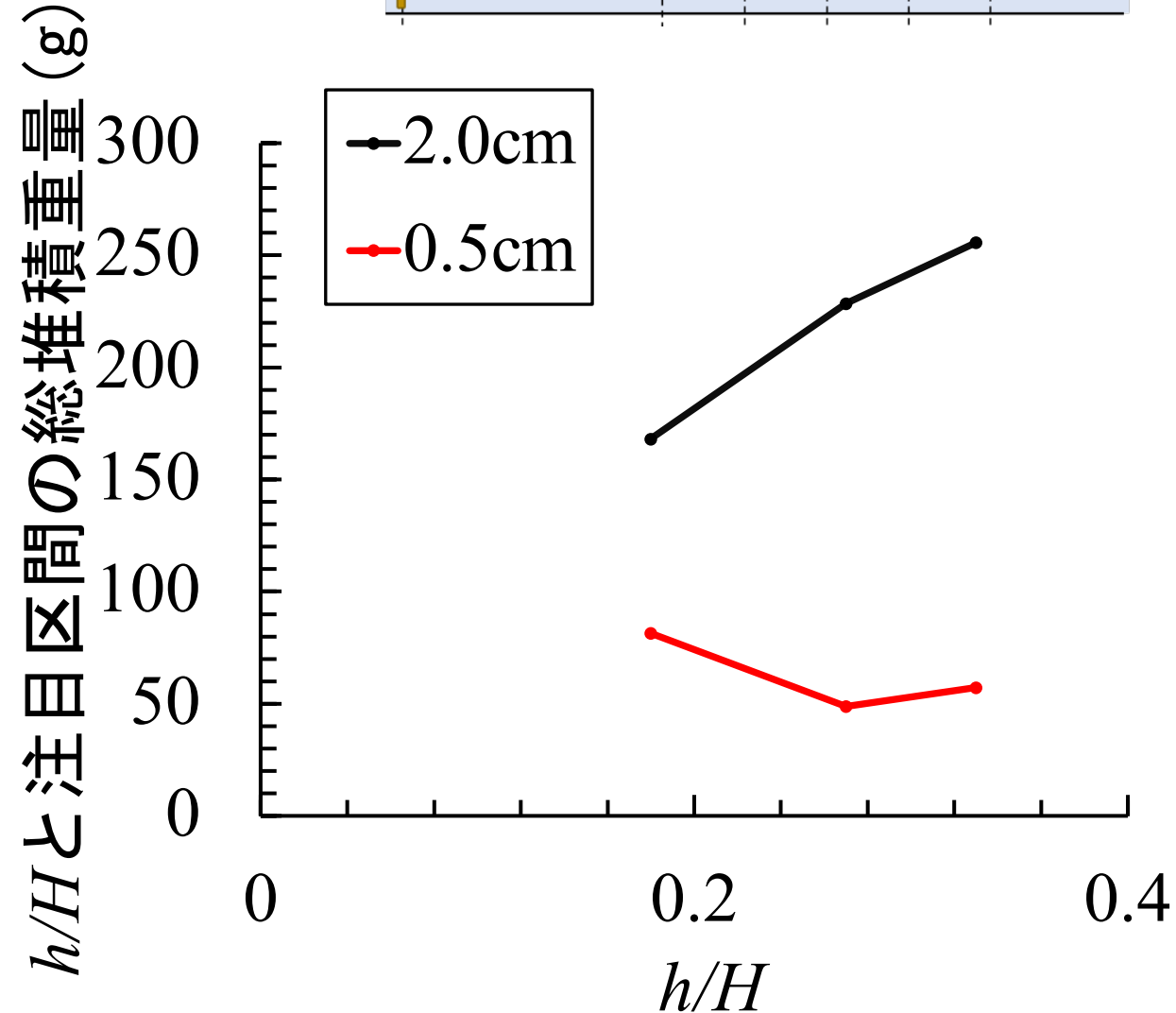
【植生模型高さ2.0cm】

h/H の増加で、堆積重量が増加傾向

【植生模型高さ0.5cm】

h/H の増加で、堆積重量が減少傾向

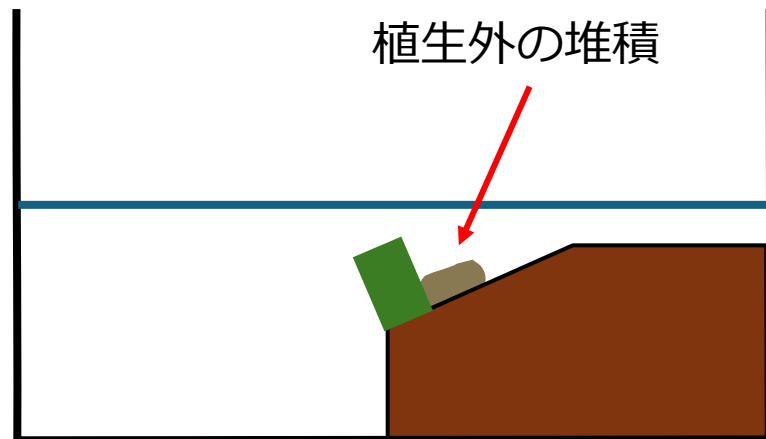
植生高さの違いで逆の傾向が見られた
河川管理上、植生高さと h/H は重要な
指標になりうると考えられる



本堆積実験の結果を、過去20年分のデータを元に小畔川（八幡橋）に適用すると、実スケールの堆積厚は、**植生が大きい場合4.6 cm/年**、**小さい場合で、2.2 cm/年**である。

中水敷は実スケールで60 cm切り下げており、**植生が大きい場合13年**、**小さい場合は27年**で切り下げ部分が埋め戻される試算になる。

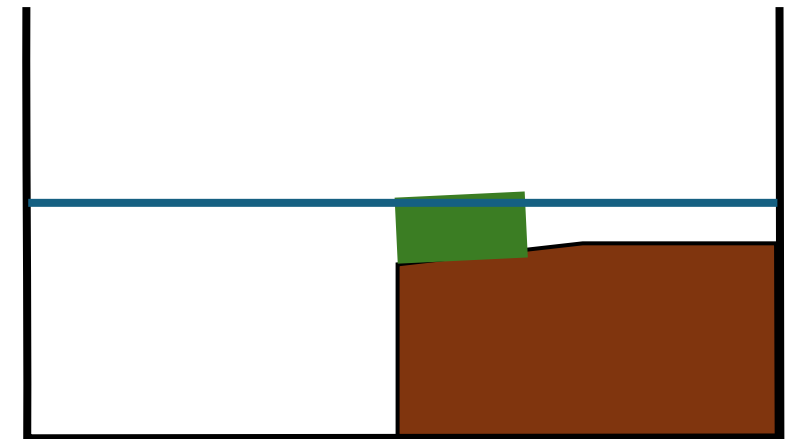
植生高が大きい場合は外にも土砂堆積しやすい傾向がある。
実際には土砂堆積により**横断勾配が水平に近づいたり植生域が拡大するため**、より短期間で埋め戻されると考えられる。



植生高が大きい場合は、
斜め切り下げが
水平に戻りやすく
更なる土砂堆積を招く



植生が小（実スケール50cm） 27年
植生が大（実スケール200cm） 13年以内



本研究では、横断勾配を有する高水敷模型を用いた水理実験により、高水敷水深・低水路水深比（ h/H ）や植生模型高さが中水敷への土砂堆積に与える影響について検討した

本実験条件の範囲で得られた知見を以下に示す

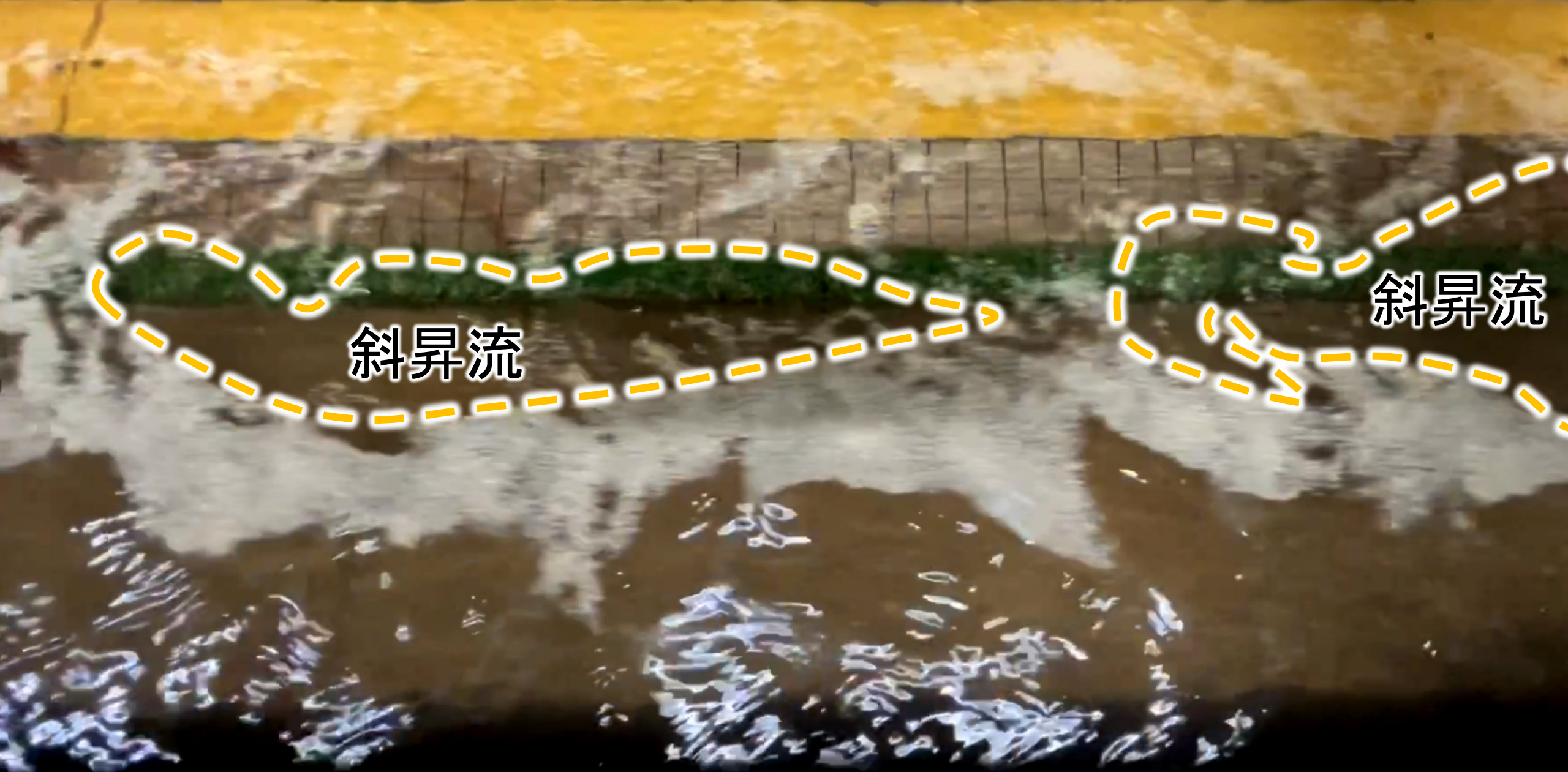
- 1) **$h/H=0.18$ （大規模水平渦が発生）** のとき、大規模水平渦が十分に発達しないような植生域の流下方向長さであれば土砂堆積量に与える影響は小さい。
- 2) **$h/H=0.33$ （大規模水平渦が発生しない）** のとき、植生高さが小さい条件であれば、土砂堆積量は限定的である。一方で、植生高さが大きい条件では、斜昇流によって巻き上げられた砂が土砂堆積をもたらす

本研究の一部に科学研究費補助金基盤C(24K07677:代表・田中規夫)を使用した。記して謝意を表します。

実験結果(水平渦発生-草本2cm, Sec.7, $h/H=0.18$)

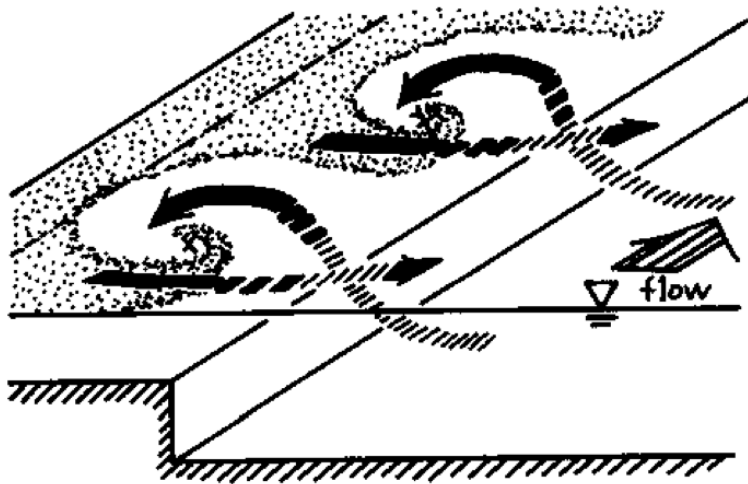


実験結果(斜昇流-草本2.0cm, Sec.7, $h/H=0.33$)



水平渦の発生条件と既往研究

高水敷水深が小さいとき
水平渦が発生する



福岡捷二, 藤田光一: 複断面河道の抵抗予測と河道計画への応用, 土木学会論文集, 989巻, 411号, p.63-72, 1989.

高水敷水深が大きいとき
斜昇流が発生する

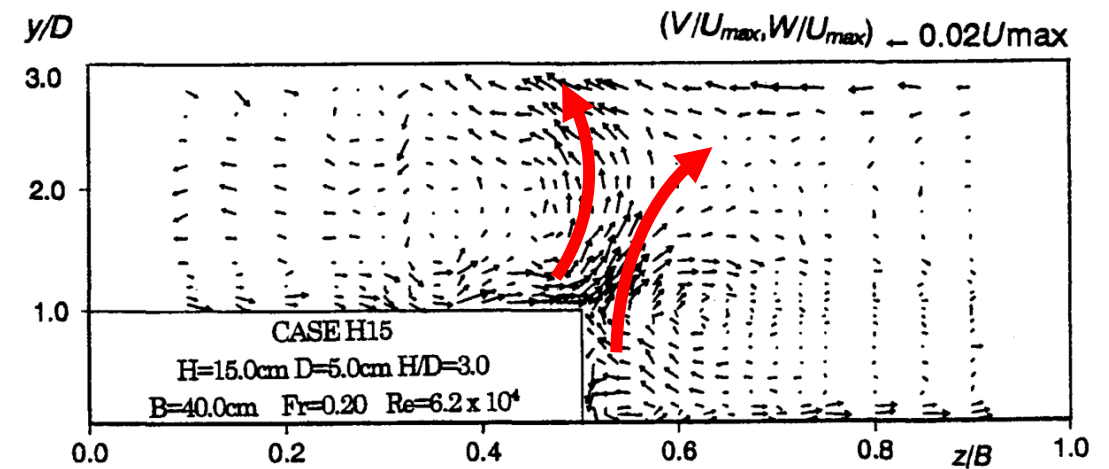


図-3 2次流ベクトル

禰津家久, 鬼束幸樹, 相良幸輝, 池谷和哉, かぶり水深の変化が複断面開水路流れの組織渦に及ぼす影響に関する研究, 土木学会論文集, No. 649/II-51, p. 1-15, 2000.

久澄ら（2024）は，模型実験により水平渦が発生する条件においては水平渦の発達とともに土砂堆積重量が増加するという知見を得た
一方で，水平渦が発生しにくい条件における土砂堆積特性については，知見が少ない

既往研究概要（久澄ら河川技術2024）

河道模型実験において，上流側から砂を供給し中水敷への土砂堆積重量を計量する実験を行った。

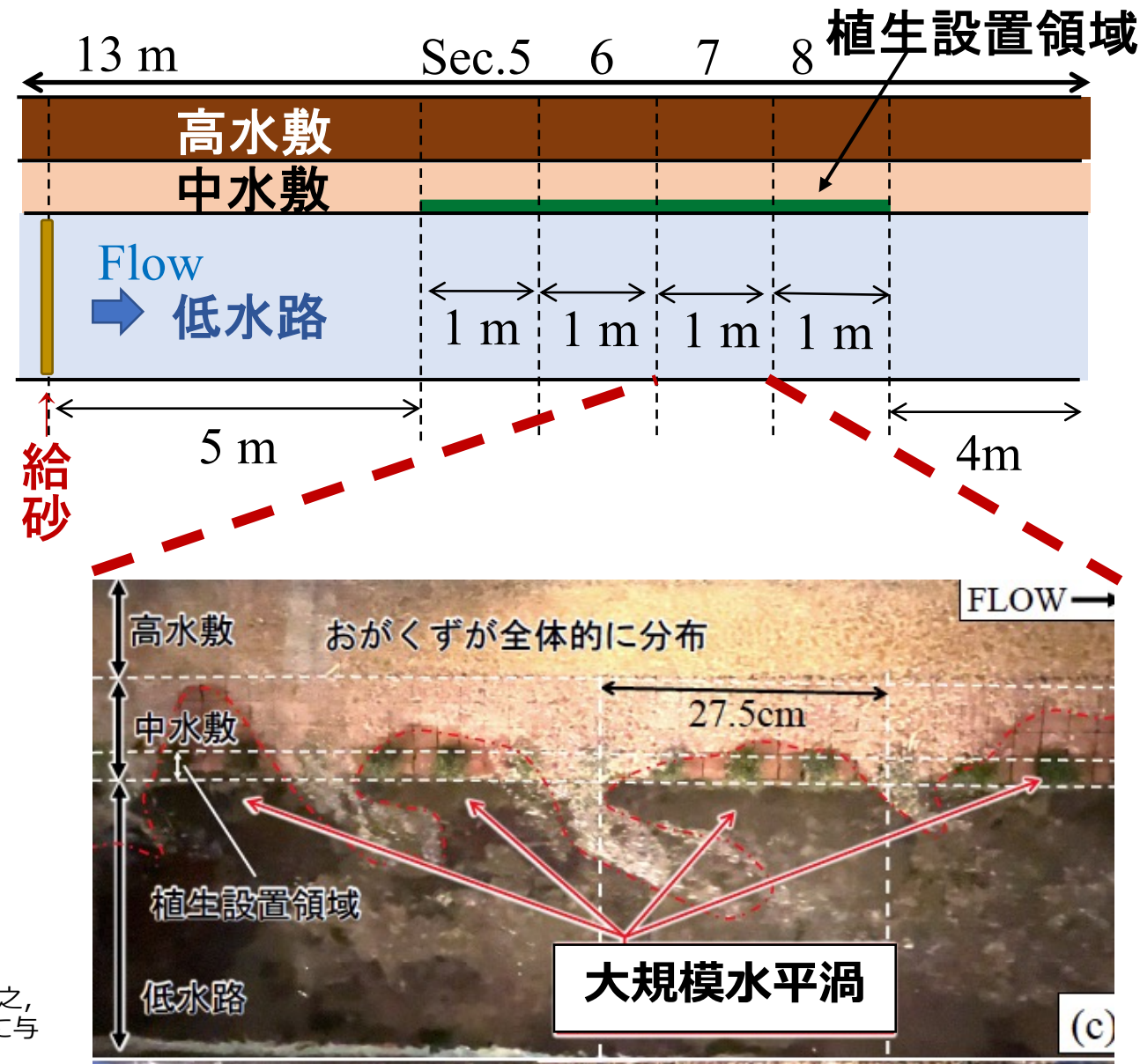
注：水平渦が発生する高水敷・低水路水深比で実験を実施した。

【実験結果】

- ・ 斜め切り下げにすることで土砂堆積重量が28%減少する
- ・ 水平渦が明瞭に形成されるには，流下方向距離が必要である
- ・ **水平渦が発達している下流側で土砂が多量に堆積した**

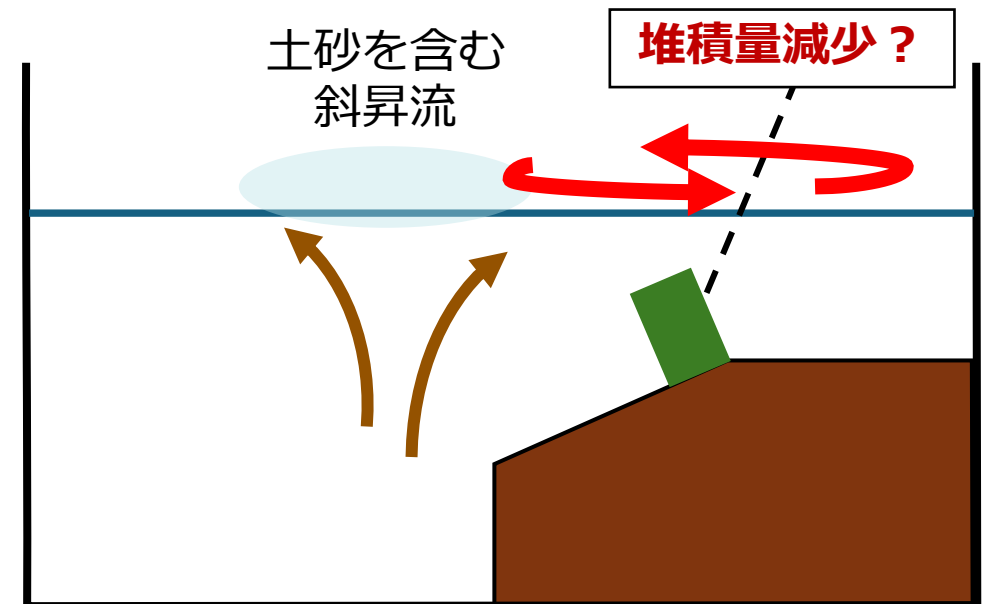
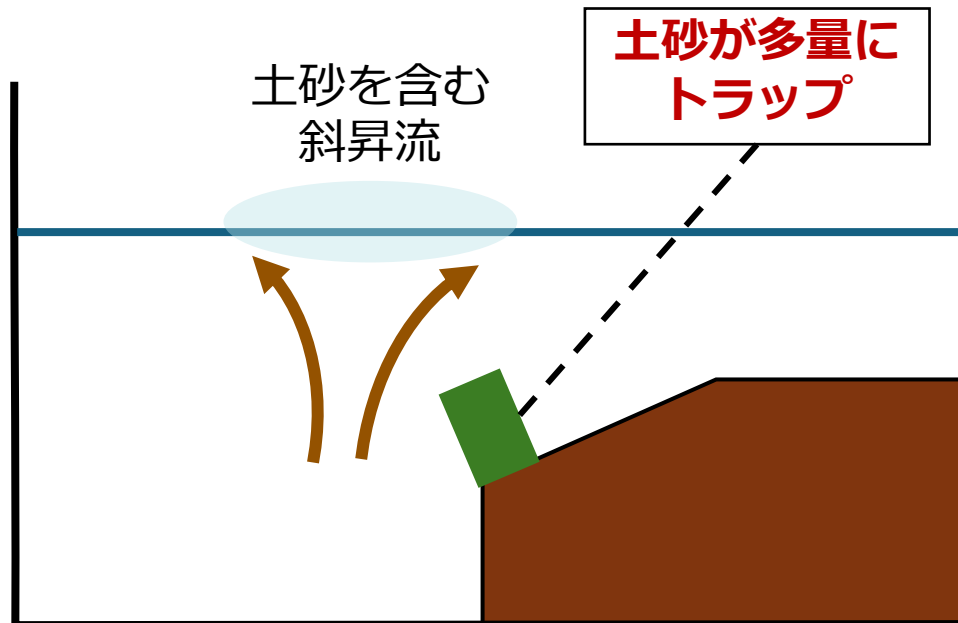
【参考文献】

久澄伸太郎，田中規夫，五十嵐善哉，Adiningrum Cita, Painda, Fazalhaq, 中山尚，松本敬之，坂本雄司：高水敷の横断勾配と低水路際植生の密生度が水平渦の発生と高水敷への土砂堆積に与える影響，河川技術論文集，第30巻，pp.323-328, 2024.



植生模型高さが2.0cmでは、水平渦が発生しにくい条件であっても土砂堆積重量が増加した。これは、模型が砂をトラップさせやすかったことや、**低水路際に発生する斜昇流が多量に土砂を巻き上げた**ことが原因であると考えられる。

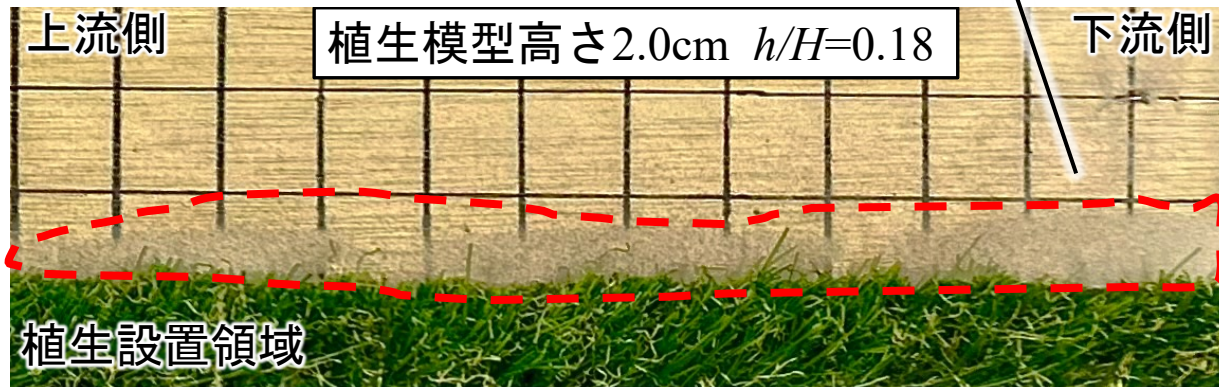
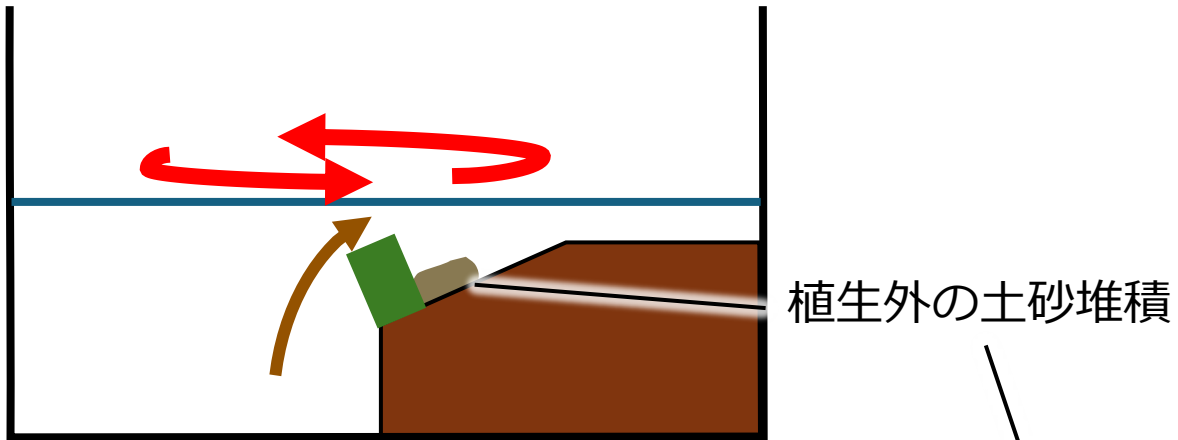
この結果は、植生帯の位置が低水路際から離れていれば土砂堆積量が減少する可能性を示唆している。→今後の研究で明らかにしたい



実験結果 4

植生模型高さが2.0cmで $h/H = 0.18$ のとき、
植生帯の高水敷側に土砂が多量に堆積した。

水深の59%程度の草本高さで、水平渦が発生する
ような条件においては、植生外にも土砂がよく堆積
することがわかった。



高水敷	Sec.5	6	7	8
中水敷				
Flow				
低水路	1 m	1 m	1 m	1 m

