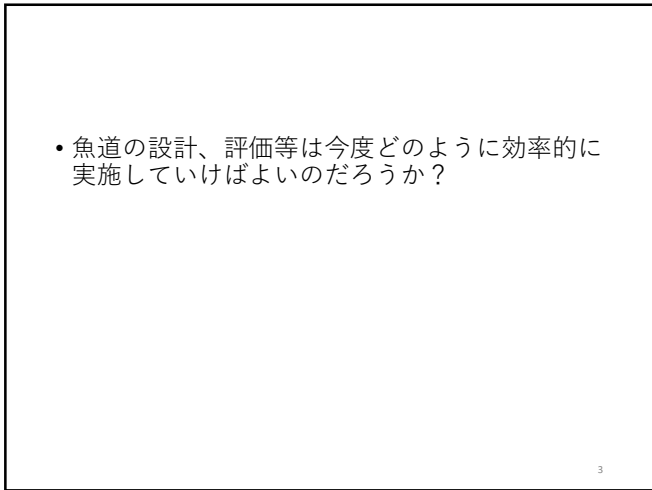


1



2



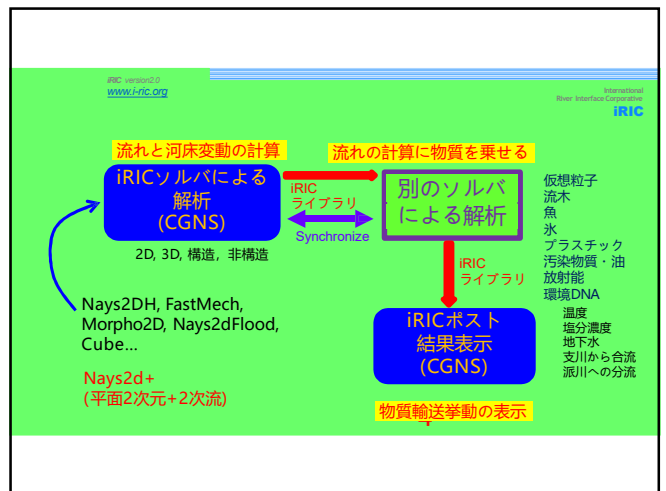
3



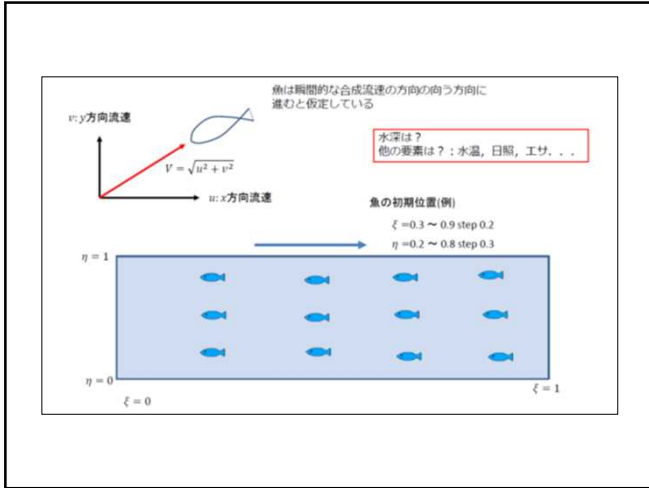
4



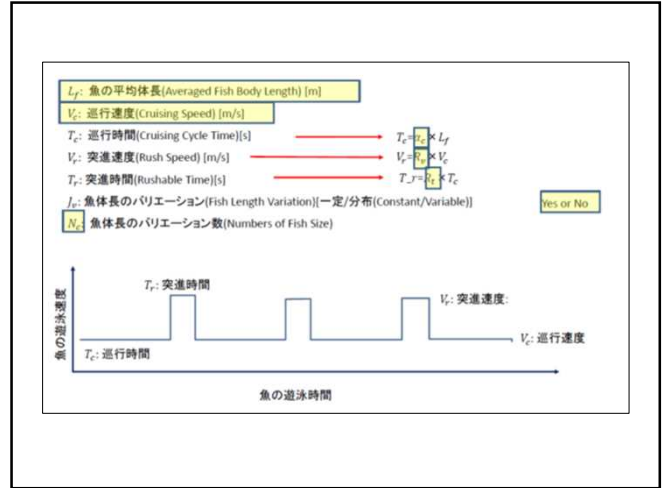
5



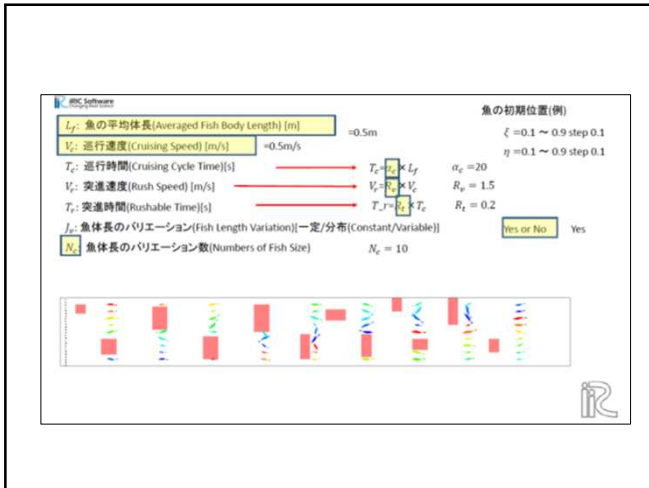
6



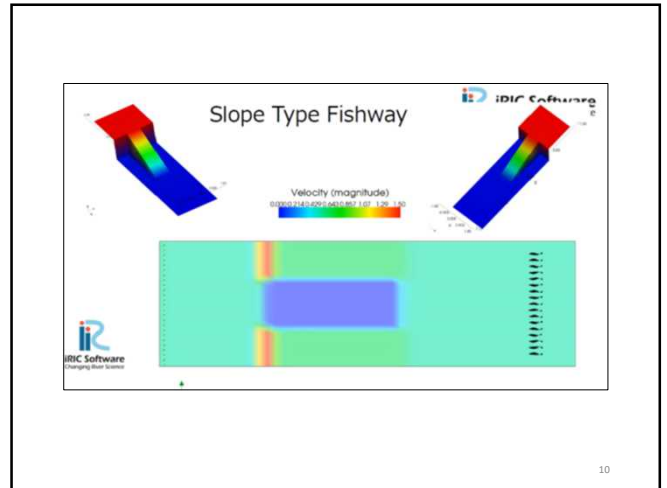
7



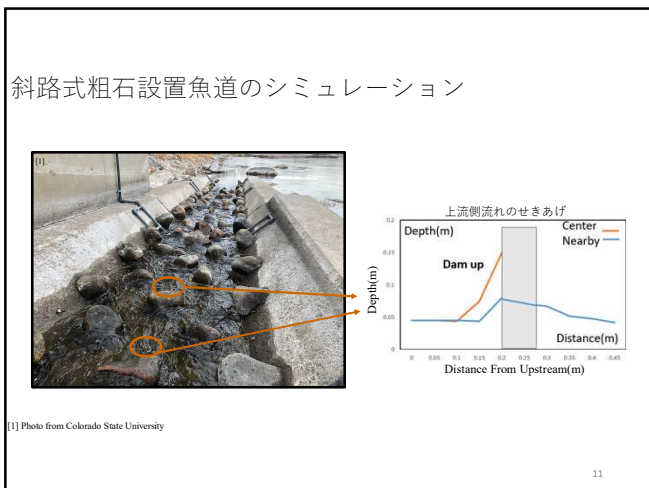
8



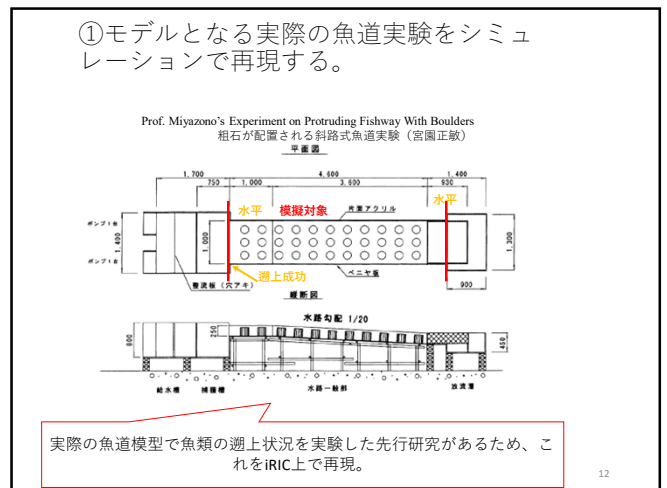
9



10



11



12

②モデルとなる実際の魚道の実験をシミュレーションで再現するための条件設定

Experimental Conditions For Real Scale
実物水路模型水路実験ケース

実験 case	粗石の配置	備 考
A	粗石なし	流速測定 (流量 Q=0.033, 0.077, 0.095 m ³ /s)
B	両側 2 列配置	水深 h=20 cm Q=0.063 m ³ /s
C	3 列配置	水深 h=20 cm L=400 mm 間隔 Q=0.043 m ³ /s
D	3 列配置	水深 h=20 cm L=800 mm 間隔 Q=0.045 m ³ /s
E	3 列配置	水深 h=20 cm L=1200 mm 間隔 Q=0.044 m ³ /s
F	千鳥配置	水深 h=20 cm Q=0.044 m ³ /s

水理条件、魚に関する情報が比較的充実なケースをシミュレーションで検証

13

Experimental Conditions For Real Scale
実物水路模型遊上実験ケース

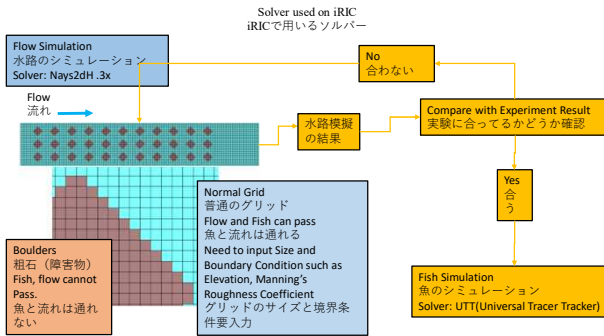
実験 case	粗石の配置	実 験 条 件				実験魚と遡上率		
		天候	水温 (℃)	照度 (ルクス)	流量 (m ³ /s)	対象魚	供試魚数 (尾)	遡上率 (%)
1	両側に粗石配置	晴れ	20.3	101,000	0.0063	底生魚	493	15.0
2	千鳥に配置	晴れ	21.0	100,000	0.0044	底生魚	141	6.4
3	3列配置, L=400 mm	晴れ	20.0	89,500	0.0043	底生魚	90	27.8
4	3列配置, L=800 mm	晴れ	22.2	85,000	0.0045	底生魚	96	20.8
5	3列配置, L=1200 mm	晴れ	22.0	105,000	0.0044	底生魚	190	21.1
6	両側に粗石配置	晴れ	21.6	93,900	0.0063	アマゴ	24	16.7
7	千鳥に配置	晴れ	23.0	99,000	0.0044	アマゴ	25	80.0
8	3列配置, L=400 mm	晴れ	22.5	102,000	0.0043	アマゴ	20	80.0
9	3列配置, L=800 mm	曇り	23.5	33,000	0.0045	アマゴ	26	73.1
10	3列配置, L=1200 mm	曇り	22.0	105,000	0.0044	アマゴ	19	47.4
11	3列配置, L=400 mm	晴れ	11.0	78,700	0.0043	イワナ	65	76.9
12	3列配置, L=800 mm	晴れ	11.0	38,700	0.0045	イワナ	74	77.0
13	3列配置, L=1200 mm	曇り	12.0	14,400	0.0044	イワナ	54	79.6

Success rate = $\frac{\text{Amount of Success Fish}}{\text{Amount of Tested Fish}}$ 遡上率 = 遡上尾数/供試魚数*100%

最も良い再現条件を検討、抽出していく。

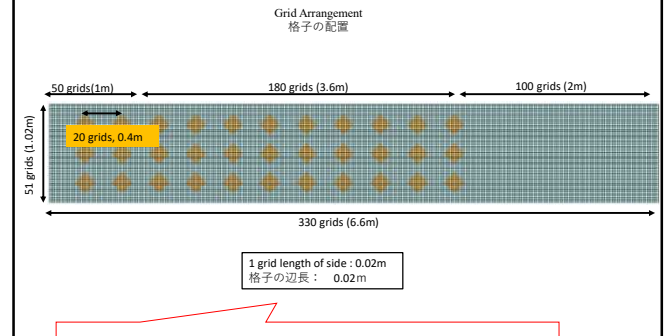
14

③iRIC上でのシミュレーションの考え方



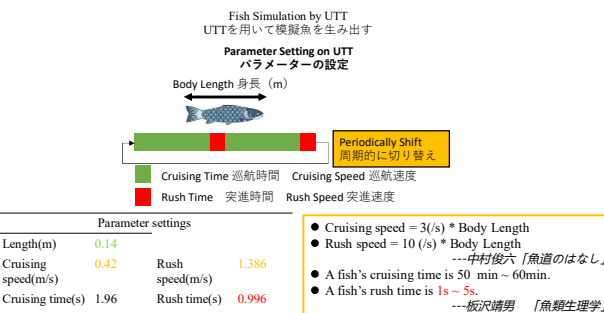
15

④斜路式粗石設置魚道の再現



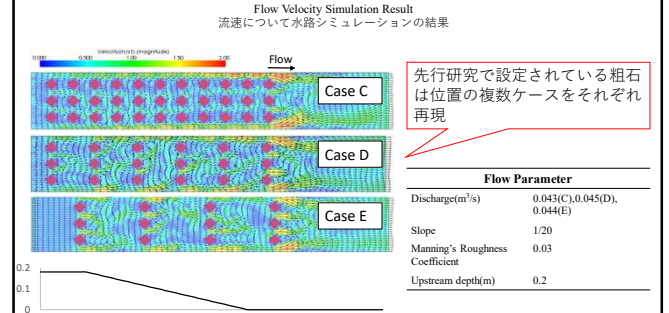
16

⑤魚類の遡上条件の設定



17

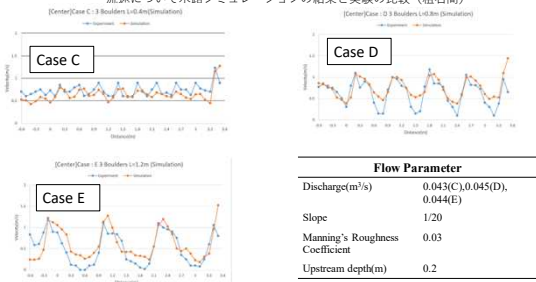
⑥シミュレーション上で魚道流況の再現性を検討



18

⑥シミュレーション上で魚道流況の再現性を検討

Flow Velocity Result Comparison Between Simulation And Experiment (Between the Boulders)
 流速について水路シミュレーションの結果と実験の比較 (粗石間)



Flow Parameter	
Discharge(m ³ /s)	0.043(C),0.045(D), 0.044(E)
Slope	1/20
Manning's Roughness Coefficient	0.03
Upstream depth(m)	0.2

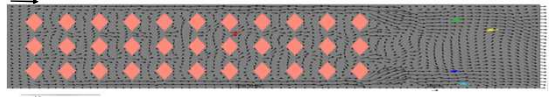
Case Eで良好な再現性。グラフの波形が近似

19

19

⑦結果その1: Case C

Fish Simulation Result
 魚シミュレーションの結果



Rest point of fish on experiment
 実験で魚の定置位置の撮影

Experiment	Simulation
Success Rate: 76.9%	Success Rate: 60%
粗石が密に配置されるので周囲全体流速は遅くなる 魚は粗石の下流側休憩	一番下流の粗石の下流側流速が早すぎて通りにくい 粗石が密に配置されるので迷くなる魚がある 壁沿いに流速は速い、一気に流される可能性ある

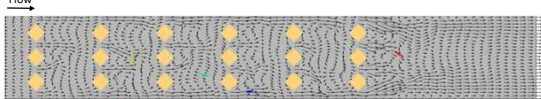
When grid length of side is 0.045m
 グリッド辺長0.045mの場合

20

20

⑦結果その2: Case D

Fish Simulation Result
 魚シミュレーションの結果



Rest point of fish on experiment
 実験で魚の定置位置の撮影

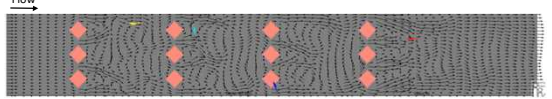
Experiment	Simulation
Success Rate: 77.0	Success Rate: 60%
せきあげによって魚は粗石の上流側休憩 その代わりに粗石間流速速くなる	粗石間を通ろうとする場合を除いて同じく粗石の上流側定置する場合は多い 同じく一番下流の流速は速い

21

21

⑦結果その3: Case E

Fish Simulation Result
 魚シミュレーションの結果



Rest point of fish on experiment
 実験で魚の定置位置の撮影

Experiment	Simulation
Success Rate: 79.6	Success Rate: 85%
魚は粗石の上流側及び壁沿い定置することが多い	粗に配置されるので4つの粗石間を通すのに時間かかった しかし通ったら流される可能性低い

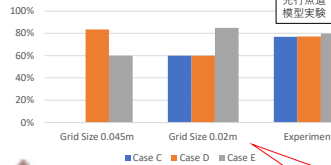
22

22

⑦グリッドサイズの評価

Fish Simulation Result
 魚シミュレーションの結果

Success Rate



When grid length of side is 0.045m
 グリッド辺長0.045mの場合

グリッドサイズが小さい方が再現性高し。

23

23

⑦まとめ

今のところ、Nays2DHとUTTで、実験に近づく結果を出すことは可能。
 ただし、UTTのパラメータ設定はより改善すべき。

24

24

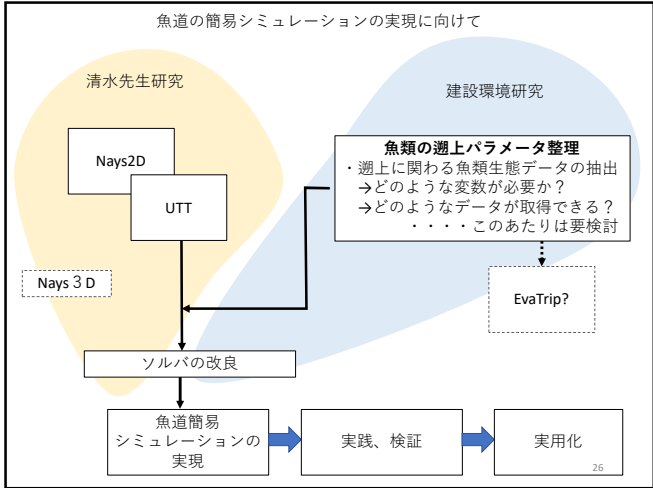
提案：

魚類の情報、条件を整理し、iRIC-UTT上で反映させれば、より正確なシミュレーションが実現できるのではないかと？

そうすれば魚道の評価、検証がより省力化できる（気軽に、たくさんできる）のではないかと？

25

25



26

**魚類の遡上パラメータ
高精度化の必要性**

27

27

**魚の泳ぎは
種によってバラバラ**

28

28

魚道の遡上を予測する場合、魚類にいくつかのパラメータが必要になる。

項目	内容
魚種	種による遡上能力（突進速度）の違い 種の持つ能力、体のつくり（骨格、神経、筋肉）、スタミナ
体サイズ	体サイズによる違い（一般的には突進速度＝体長×10/s） 種による違い、発生段階（季節）による違い
遡上方法	泳ぐ→アユ、サケ、コイ科、ナマズ 跳ねる→アユ、サケ、コイ科、ナマズ、ドジョウ くぐる（潜孔）→ドジョウ、コイ科（底生） 這う？→カジカ よじのぼる→ウナギ、ボウズハゼ、ヨシノボリ類、甲殻類
地域	北海道→サケ、カジカ 本州→アユ、コイ科、ナマズ、ウナギ、ハゼ
季節	春→アユ（未成魚）、アユカケ（未成魚）、フナ（成魚） 夏→カジカ（未成魚）、ナマズ（成魚） 秋→サケ（成魚） →成長のためor繁殖のため
その他	水深、照度、潮汐、月、水温、水質、農薬、捕食者、農作業、、、

29

29

これら魚類の遡上能力のパラメータをUTTに組み込むことができれば、リアルな遡上モデルが作れるのではないかと？

例えばこんなDBで整理

種名	体サイズ (mm)	遡上段階	遡上時期	遡上方法	ジャンプ力 (mm)	分布
アユ	100-150	未成魚	春～初夏	泳ぐ/跳ねる	500	北海道南以南
フナ	150-200	成魚	早春	泳ぐ/跳ねる	300	全国
ヨシノボリ	30-50	未成魚	春～夏	泳ぐ/よじのぼる	—	全国

季節や地域でパッケージできるデータセットなら使いやすい

30

30

現在の課題・チャレンジ①

魚類の遡上パラメータの再検討、最適化

31

31

実は一般的に用いられている定理も、再検討すべき項目が多い。
→こういったところも改善していきたい！

遡上遊泳魚の遊泳定理として、一般的には以下の値が用いられる。

- 1：魚はその体長相当分の流れしか認識できない← *異論も多い
- 2：巡行速度は体長の2~4倍/秒、突進速度は体長の10倍/秒← *実際には10倍以上の流速を突破できる論文多数
- 3：魚の尾の振り幅は体長の1/2を超えないので、通路の幅は体長の1/2あれば十分

32

32

●現在の進捗：以下に、サクラマス(ヤマメ)の遡上パラメータを整理した。

項目	値	備考	文献
突進速度 <small>※体長で大きく変わる！シミュレーションの時期設定が必要</small>	230cm/s ※体長の50倍	体長4~6cm	泉ほか(2009)
	142(75~183)cm/s ※10倍	体長7.6~15.3cm	許士(1999)
	165(113~195)cm/s ※10~20倍	体長9.5~10.6cm ※養殖個体	許士(1999)
跳躍条件	70%(20ℓ/分)	プール幅20cm	真山(1987)
	5%(65ℓ/分)	プール幅20cm	真山(1987)
遡上可能落差 <small>跳躍する場合の高さ限界として入れる？</small>	30cm 未満程度	垂直式	久保田ほか(2004)
	40cm 未満程度	斜路式	久保田ほか(2004)
必要水深	15cm程度		真山(1987)など
臨界遊泳速度	16~41cm/s	60分間 ※シミュレーションのタイムリミット？長すぎ！	泉・加藤(2011)

33

33

現在の課題・チャレンジ②

魚道構造のNays2DH上での再現

34

34

- 最も単純な階段型魚道でも、流れは水平 & 鉛直方向に生じる。プールでは乱流も生じる。
- 魚は泳いでも遡上するし、跳ねても遡上する。

どこまで再現できるか？
そもそも2Dで階段は再現できるか？

35

35

・どんな魚道ならiRICNays2DHで再現できるか・・・？

階段式魚道
現在の目標。2Dで再現を目指す

アイスハーバー式魚道
潜孔が作られる場合が多い。2Dで再現は困難。

ハーフコーン型魚道
関東に多い。2Dで再現できそう？

デニール式魚道
ヨーロッパに多いサケマス特化型。構造上2Dで再現は困難か。

→当面は階段式魚道の再現を目指す

36

36

今後の対応

●シミュレーションの検証

・現在、豊平川の魚道におけるサクラマス遡上調査事例等を対象として、モデルケースの再現を目標としている。

・そのため、シミュレーションのモデルケースとしてこれらの事例を用いることにより、シミュレーションの検証を実際の遡上データを用いて検証する。

・現在も情報集積中であるが、サクラマス(ヤマメ)のパラメータについてはある程度整理することができ、またそれらが一般定理とも異なることも明らかになっている。引き続き情報を集めパラメータの整理を行っていく。

43

43

●魚道シミュレーションが実現すると・・・

①魚道設計図面があれば、遡上評価、予測ができる

- 1) 魚道評価の低コスト化
- 2) 日本中でできる

★「現地調査せずに簡易的な遡上シミュレーションを(安価に)実施し、魚道を評価して維持・改善に役立てる」

②魚道の弱点が分かる

- 1) 改善箇所がピンポイントで分かる。魚がどこを遡上できないかがわかる。
※これは一般的な遡上調査ではわからないので、シミュレーションのアドバンテージ。
- 2) 最も効率的な改善提案ができる。

44

44