

第 2 専 門 技 術 群 (システム・計測系)

京都大学技術職員研修（第2専門技術群：システム・計測系）実施要項

1. 目的 大学における教室系技術職員の職務の多様性に鑑み、各教室系技術職員に対し、より専門的な高度の知識及び技術等を習得させるとともに、その資質の向上と応用能力の開発を図ることを目的とする。今回、第2専門技術群研修では上記目的を達成するため、京都大学工学研究科教授に講演を行っていただき、河川工学についての知識を深め、また施設見学を行うことにより、実際の治水・利水の現場とそのはたらき・仕組みを理解し、今後の職務の遂行に資する機会を提供する。
2. 受講者 教室系技術職員で部局長（他機関にあっては機関の長）が推薦し、総合技術部長が受講を認めた者とする。
3. 受講人員 7名
4. 実施日 平成24年3月29日（木）
5. 開催場所 午前：京都大学桂キャンパスBクラスター3F桂ラウンジ
午後：施設見学（瀬田川洗堰・水のめぐみ館アクア琵琶）
6. 受講方法 ○所属する専門技術群の系に関わらず、受講できるものとする。
○受講希望者が予定人員を超過する場合は、調整することがある。
7. 日程表 別表日程表のとおり
8. 経費 研修に伴う旅費などは、総合技術部の負担とする。
但し、他機関の受講者については派遣元の負担とする。
9. 備考 ○開講式、閉講式は行わない。
○修了証書の交付及び人事記録への記載は行わない。

京都大学技術職員研修（第2専門技術群：システム・計測系）日程表

実施日時：平成24年3月29日（木）

開催場所：京都大学桂キャンパス

集合場所：桂キャンパスBクラスター3F（桂ラウンジ）

<プログラム>

9：00～9：30 受付

9：30～11：00 講義

題目：河川・人工水路の流れと河床変動の事例の解説

講師：京都大学工学研究科都市社会工学専攻

河川流域マネジメント工学講座

細田 尚教授

11：00～11：10 休憩

11：10～12：00 討論会

題目：専門技術群の在り方について

12：00～13：00 昼食休憩

13：00～14：00 移動（借り上げバスにて移動）

14：00～15：00 国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所（瀬田川洗堰）

流水調整課長 奥知久幸氏 より施設説明

施設見学

所在地：大津市黒津4丁目5-1

15：00～16：00 水のめぐみ館（アクア琵琶）見学

16：00～ 研修終了

移動（借り上げバスにて移動・帰学）

京都大学技術職員研修(第2専門技術群:システム・計測系)受講者名簿

No	機 関	所 属	氏 名	フリガナ	所属専門技術群	備考
1	舞鶴工業高等専門学校	教育研究支援センター	西村 良平	ニシムラ リョウヘイ		
2	京都大学	工学研究科	平野 裕一	ヒラノ ユウイチ	第2専門技術群	
3	京都大学	工学研究科	有馬 博人	アリマ ヒロト	第2専門技術群	
4	京都大学	工学研究科	矢野 隆夫	ヤノ タカオ	第2専門技術群	
5	京都大学	工学研究科	原田 治幸	ハラダ ハルユキ	第3専門技術群	
6	京都大学	工学研究科	仙波 秀治	センバ ヒデハル	第2専門技術群	
7	京都大学	工学研究科 附属桂インテックセンター	西崎 修司	ニシザキ シュウジ	第1専門技術群	

河川流と河床・河道変動の水理解析法*

Hydraulic Analysis on River Flows and River Channel Processes

京都大学大学院工学研究科
都市社会工学専攻
細田 尚 (Takashi HOSODA)

(2004 年 5 月 11 日受理)

1. はじめに	2
2. 河川流のモデリング	2
2. 1 流れの積分型モデルの分類	2
2. 2 水深または断面積分型モデルの適用例	2
2. 3 3次元解析モデル	16
3. 河床・河道変動の数値解析	19
3. 1 土砂輸送及び河床・河道変動に関わる素過程	19
3. 2 河床・河道変動の数値解析	20
4. おわりに	25
付録	
A. 1次元非定常流解析の基礎式の誘導	31
B. 1次元ダム破壊流れの数値解析法	33
C. 洪水流の理論	42
D. ブシネスク方程式原型の誘導	49
E. 平面2次元水深積分モデルの誘導	50
F. 開水路流れ混合層の線形せん断不安定解析	52
G. 湾曲の2次流の取り扱い	60
H. 蛇行を繰り返す水路の高速流の水面の形	65
I. 川の中の砂の波	72

*) 本稿は、編集部の方から特にお願ひして執筆していただいた記事である。

鴨川チドリの動態と砂州地形の関連について

京都大学大学院工学研究科

都市社会工学専攻 細田 尚

1. はじめに

京都市を流れる鴨川において、鴨川チドリ（イカルチドリ：環境省絶滅危惧Ⅱ類）の姿をほとんど見ることができなくなってから久しいと言われている。たとえば、京都市木屋町通三条下ルの瑞泉寺には昭和42年に図-1のような千鳥碑が建立されており、裏の碑文には以下のような記述がある。

[瑞泉寺千鳥碑の碑文]

鴨川流域に棲息し清楚な姿と可憐な声は遊子都人に愛され、詩歌に俳諧に、又、画材ともなって名鳥の聞こえが高かったが、近來都塵に絶えて見ることを得なくなった。

ここ先斗町はその形を紋章とし鴨川をどりのマークに名残りを止めている。今秋鴨川をどり百回記念の事業として先斗町歌舞会に依って由縁のこの地に千鳥の碑を建立し永く鳥の雅名と情緒を伝えることになった。幸いに鴨涯散歩のせつ一瞥して鴨川千鳥の風流を偲ばれんことを。

昭和四十二年仲秋 林 悌三

碑文に記述の先斗町の紋章を図-2に示す。この紋章は鴨川の飛び石のデザインとしても用いられている。後述するように、現在、鴨川千鳥は賀茂大橋から二条橋の間の2, 3箇所の中州において数羽確認される程度であり、植生が発達する7月から9月頃には姿を全く見ることができないこともある。「加茂の河原に千鳥が騒ぐ」景観は絶滅してから遠く久しいと考えられる。

本研究は、上記のように危機的な状況にあるイカルチドリの動態と生息場である砂州の関連について考察したものである。

まず、イカルチドリの生息状況について、砂州の状況や植生の繁茂状況との関連に注意しながら周年の調査を行い、最近の動態を明らかにする。次に、高野川、賀茂川合流点付近（出町柳地区）から四条大橋付近までの全体的な砂州形態について数値シミュレーションを用いた検討を行い、基本的な特性を明らかにする。さらに、上記のシミュレーション結果には、イカルチドリの現在の生息場である落差工直下流の中州が再現されていないことから、落差工付近の河岸平面形状を考慮した詳細な数値シミュレーションを行い、中州の再現解析を試みた。また、中州の形成過程をより詳細に検討するために、落差工部の河川形状を定性的に模擬した水路を作成して基礎水理実験を実施した。

なお、本研究は文献1,2)に記載のAl-Hinai Saif氏、音田慎一郎氏、重光亮太氏との共同研究として行われたことをここに付記する。



図-1 瑞泉寺（木屋町三条下ル）の千鳥碑



図-2 先斗町の紋章

2. イカルチドリの生息状況と砂州地形の関連に関する調査

まず、イカルチドリの年間を通じた生息状況について記述する。鴨川の場合、近年、賀茂大橋から二条橋間の2、3箇所の中州において生息を確認することができる。図-3に2009年4月に丸太町橋下流の砂州で観察されたイカルチドリの写真を示した。一羽は抱卵しているようである。砂州全体の様子を図-4に示す。よく知られているように、イカルチドリはこのような中州の上流側に新たに堆積した植生のない砂礫上に生息していることが多い。

通常は、砂州全面が植生で覆われる7月以降から9月上旬頃までこの区間では確認できなくなり、10月頃、上記のような直近の出水によって新たに堆積した中州の砂礫上に出現するようになる。

図-5は5月に孵化した幼鳥と親鳥の様子である。また、図-6は流水断面積の確保を目的として行われた最近の掘削後の新たな環境に出現したコチドリの写真（荒神橋上流）である。図-7、図-8には同様の砂州で確認されたシギ類の写真を示した。

このように、

- ・鴨川ではイカルチドリは賀茂大橋から二条橋の区間内2、3箇所の砂礫で構成される中州を生活場所として利用していること、特に中州の上流側に新たに堆積した砂礫地を利用することが多いこと、
 - ・2月頃から6月頃まで繁殖活動を行うこと、
 - ・6月以降、砂州上の植生の繁茂状態によっては鴨川から一時期（砂州が前面植生に覆われる7月頃から9月頃の間）いなくなること、
 - ・河川工事により一時的に出現した生活に適した人工的盛土や砂州を生息場所として利用する場合があります、コチドリも出現すること、
- が分かった。

生活の場として利用している砂州は、河川工事により一時的に出現した砂礫地を除けば、例外なく落差直下流部において川幅急拡や水脈の自由落下などの河川の局所的特性に応じて形成された中州である。すなわち、人工構造物によって形成された狭小な砂州地形がイカルチドリの数少ない生息場となっているのが現状である。

3. 砂州地形の再現解析

図-9に、1946年(10月)と近年の賀茂川と高野川の合流点付近（出町柳地点）から丸太町橋付近までの砂州地形の写真を示した。賀茂川、高野川合流点付近では、合流する両河川の左右岸が合流のため湾曲しており、左右の内岸に固定砂州が形成されている。さらに、両岸の固定砂州の下流には左右交互に砂州が形成されている。ただし、この砂州は後述の数値シミュレーション結果から、直線水路で発生する交互砂州ではなく固定砂州の影響を受けた空間変動であることが示唆された。

また、図-4と同様に、若干の急拡を伴う段落部直下流には中央に中州が形成されていることが分かる。1947年の航空写真から、砂州上の植生が近年の状況よりも疎らであり、交互に形成されている砂州の形状が明瞭であるが、全体的な砂州形態には現在と大きな違いは見られないように思われる。

賀茂川と高野川の合流点付近から四条大橋付近までの全体的な砂州地形の形成過程を検討するために、流れと河床変動の平面2次元解析を行なった。本解析では河岸満杯流量以下を考慮し、低水路部分のみを河道として取り扱った。また、河床標高は、落差工部分を考慮せず、初期条件として落差工建設後の河床勾配(1/300)を与えた。さらに、試みに賀茂川と高野川にそれぞれ160(m³/sec)、120(m³/sec)の流量を与えて流れと河床変動のシミュレーションを行った。河床材料の粒径は簡単のため5(cm)の一様粒径とした。

図-10に河床形状の時間変化を示した。図-11は図-10の賀茂大橋から下流部を拡大した図である。賀茂川、高野川合流点付近では、河岸の湾曲によって左右の内岸に固定砂州が形成されている。さらに、両岸の固定砂州の下流から左右交互に砂州が形成されている。ただし、この交互の砂州は時間的に移動しないことから、交互砂州ではなく固定砂州の影響を受けた空間変動であると考えられる。

このように、シミュレーション結果は、図-9に示した鴨川のグローバルな砂州地形をおおよそ再現していると考えられる。ただし、2.で述べたイカルチドリが生息場所として利用している落差工直下流の中州は再現されていない。次にこの中州の形成について考察する。

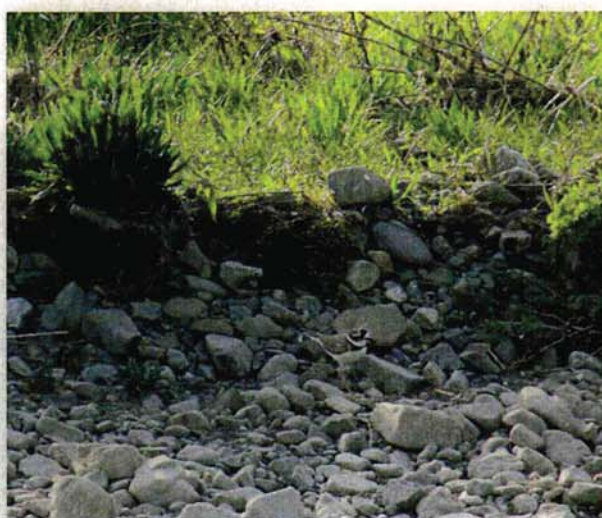


図-3 砂礫上のイカルチドリの様子



図-4 イカルチドリが生息する中州の全体写真



図-5 孵化した幼鳥と親鳥（2011年5月賀茂大橋下流の中州）



図-6 最近の砂州掘削後の環境に出現したコチドリ



図-7 イカルチドリと同様の環境に生息するイソシギ（留鳥）



図-8 旅鳥のキアシシギ



(a) 1947 年(10 月)の様子 (国土地理院)



(b) 近年の様子 (Google Earth)

図-9 賀茂川と高野川の合流点付近から丸太町橋付近までの砂州地形

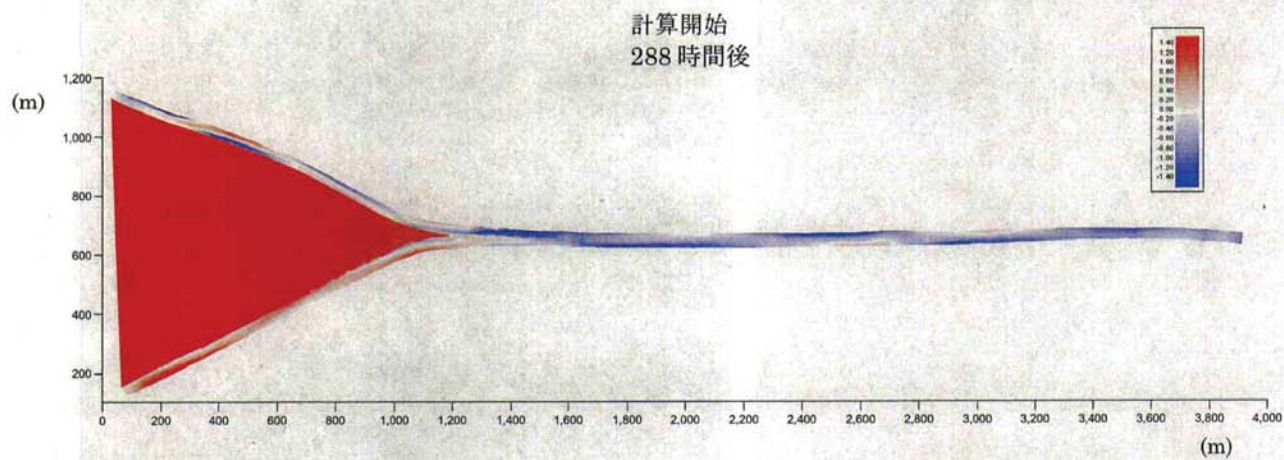


図-10 鴨川の砂州地形シミュレーション結果

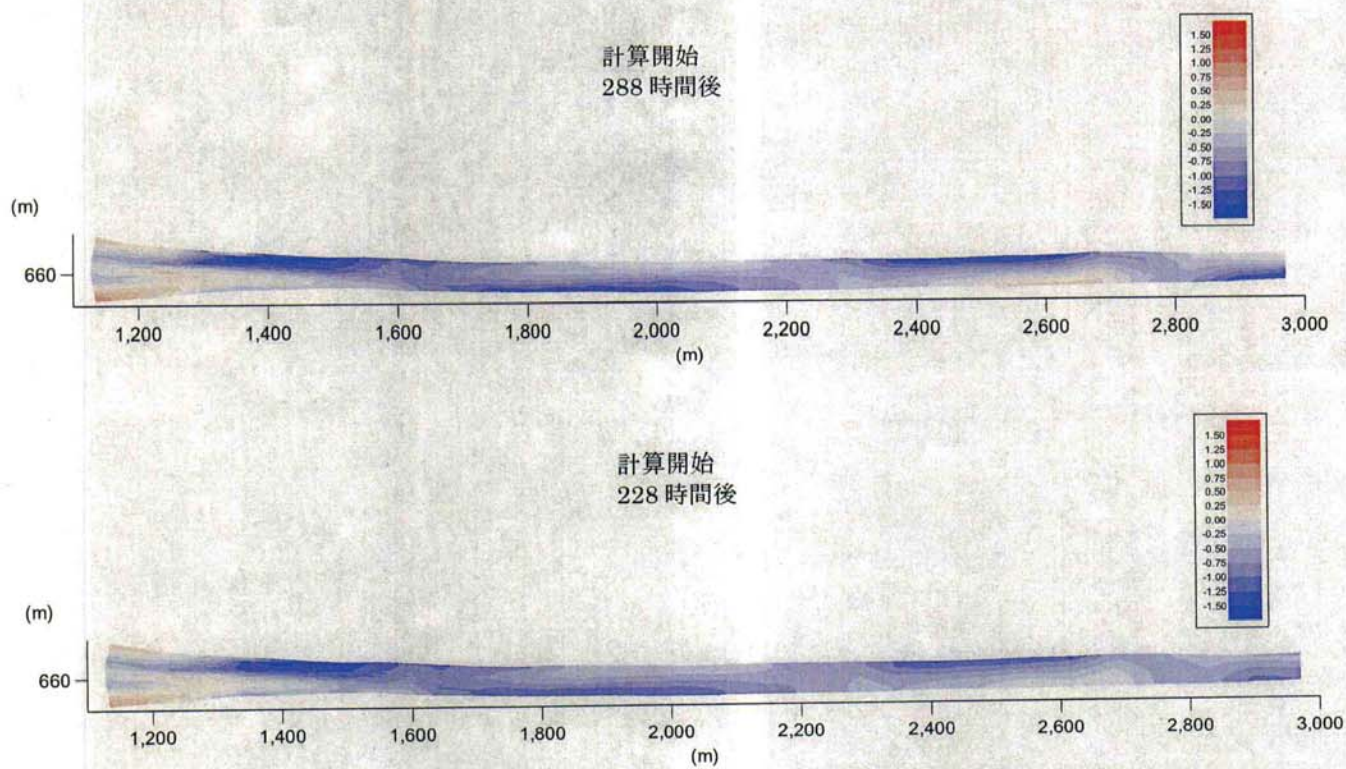


図-11 鴨川の砂州地形シミュレーション結果の拡大図

4. 落差工近傍の流れと中州形成メカニズムに関する検討

図-4 に示したように、落差工直下流には出水時の流れの構造に起因すると考えられる中州が形成されている。また、左右両岸沿いにも砂礫が堆積している。

図-12 に示した小出水時の落差工周辺の流れを見ると、自由落下水脈の下流では流れは射流になり、中央で跳水が発生しているだけでなく、落差工部の急拡により斜め衝撃波が発生し、衝撃波は左右岸から中央の跳水方向に向かって射出していることが分かる。

中央の跳水発生位置より下流部は中州が形成される位置に対応しており、急拡部直下流で逆流が生じていると領域は左右両岸沿いの砂礫の堆積部に対応している。

このように、現在イカルチドリが生息場所として利用している落差工部下流の中州は、治水のための河川改修によって施工された落差工によって創出されたと考えられる。

4. 1 基礎水理実験による検討

このことを確認するために、落差工部を有する実験水路を作成し落差工部の上流側に砂を置いて通水することで、その後の砂の堆積状況を観察した。

図-13 に実験水路落差工部の平面形状を示した。また、実験の水理諸量を表-1 に示した。

落差工部上流に図-14 のように中央粒径 0.53mm の砂を置土し通水した後の堆積状況が図-15 である。落差工下流部の流れに応じて、中央の跳水部下流部において中州の形成が確認されるとともに、左右岸の逆流域に細長い砂礫の堆積部が存在していることが分かる。

4. 2 数値シミュレーションによる検討

さらに、鴨川のスケールの落差工を含む河道を設定して数値シミュレーションを実施した。シミュレーションの結果を図-16 に示す。水理実験ほど明確ではないが、河道中央部に中州が形成されるとともに、左右岸沿って細長い砂州が形成されていることを確認することができる。

5. おわりに

本報は、鴨川に生息するイカルチドリの動態と砂州の関係を周年の観察により明らかにするとともに、イカルチドリが現在生息場として利用している砂州の形成メカニズムを明らかにした。

イカルチドリの動態についてまとめれば以下ようになる。

- ・鴨川ではイカルチドリは賀茂大橋から二条橋間の2, 3箇所の砂礫で構成される中州を生息場として利用している。特に、中州の上流側に新たに堆積した砂礫地を利用することが多い。
- ・繁殖活動は2月頃から6月頃まで行われる。
- ・砂州上の植生の繁茂状態によって、鴨川から一時期（砂州が前面植生に覆われる7月頃から9月頃の間）いなくなる。
- ・河川工事により一時的に出現した生活に適した人工的盛土部分を生息場所として利用する場合がある。

また、現在の主な生息場である落差工直下流の中州の形成に関して、鴨川全体の砂州地形の再現解析、落差工周辺の流れと砂州形成に関する水理実験及びシミュレーションを行い、形成メカニズムを考察した。

すなわち、

- ・落差工周辺の流れを見ると、自由落下水脈の下流で流れは射流になり、中央で跳水が発生するだけでなく、落差工部の急拡部から斜め衝撃波が発生し、左右岸から中央の跳水方向に向かって射出する。
- ・中央の跳水発生位置より下流部は中州が形成される位置に対応しており、急拡部直下流の逆流が生じていると領域は左右両岸沿いの砂礫の堆積部に対応している。
- ・よって、現在イカルチドリが生息場所として利用している落差工部下流の中州は、治水のための河川改修によって施工された落差工によって創出されていると考えられる。



図-12 小出水時の落差工近傍の流れの様子
(丸太町橋下流)

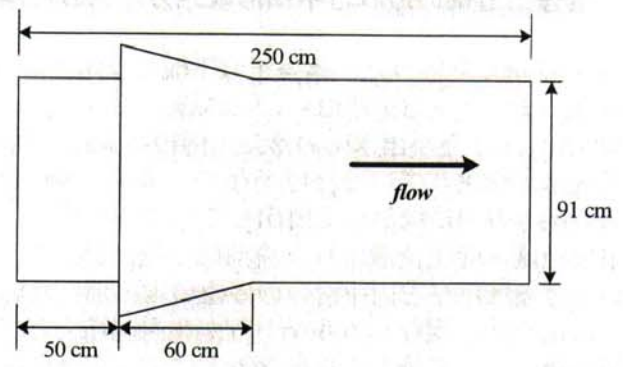


図-13 実験水路落差工部の平面形状

Table 1 Hydraulic parameters in the laboratory test

L (cm)	B (cm)	Q (cm ³ /s)	WL_u (cm)	WL_d (cm)	T (°C)
250	91	4051	13.4	1.80	16.5

where L = length of flow domain; B = channel width; Q = discharge; WL_u = upstream water level; WL_d = downstream water level; and T = water temperature.

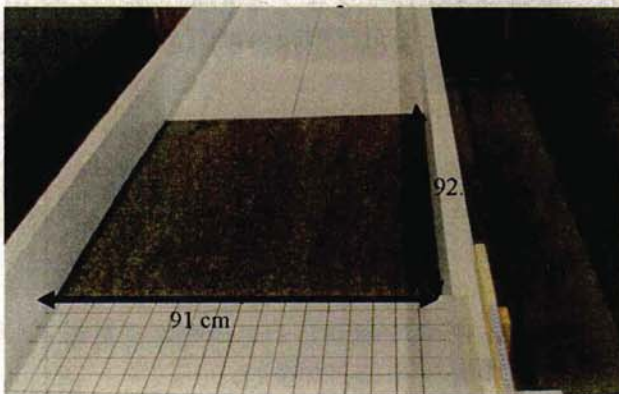


図-14 落差工上流部での砂の設置状況

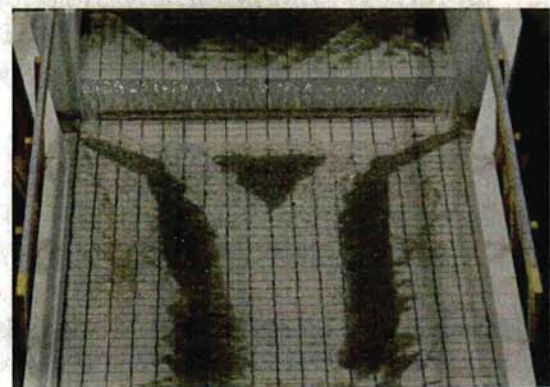


図-15 通水後の落差工下流部での砂の堆積状況

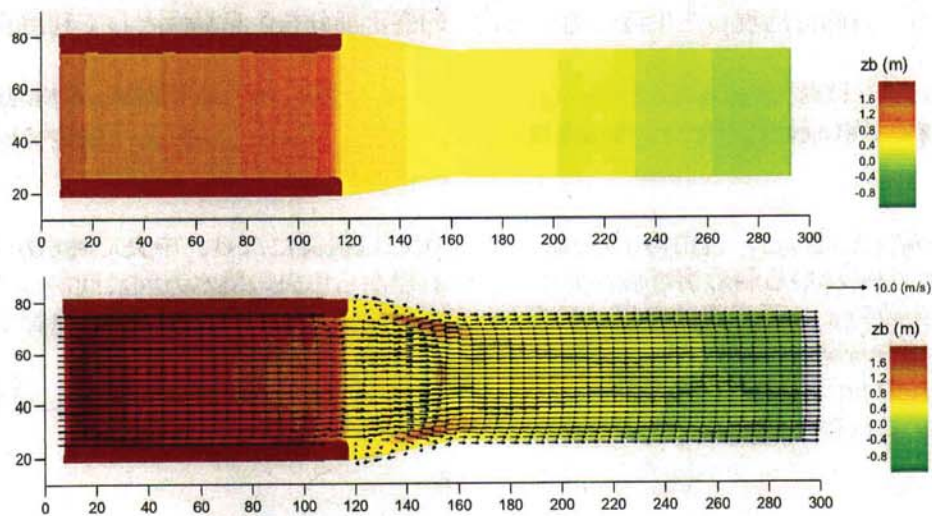


図-16 落差工周辺の流れと河床変動の数値シミュレーション (上: $t=0$ 時間, 下: 3.5 時間後)

このような考察結果から、イカルチドリの生息場を回復させるためには、鴨川の土砂輸送や河床変動をより活発にして砂州地形や植生の破壊・再生頻度を増加させることで裸地の砂礫河原を持続的に維持し、河川環境の動的平衡を取り戻す必要があると考えられる。このためには、数か所の落差工を系統的に撤去するか、落差を減少させるなどして河床勾配を現状より増大させ、土砂輸送能力を増加させる必要がある。

落差工の撤去や改修については、下流への影響など治水・利水上の制約が多く存在するため、数値シミュレーションや水理実験を用いた慎重な検討が必要になる。また、鴨川チドリを保全することの意義に関する住民意識調査等、自然環境保全・回復のための事業を行う必要性についても同時に検討していくことが重要である。このような検討は、鴨川チドリだけでなく、天然アユの遡上や遡上したアユの良好な生息場の創生とも密接に関連しており、幅広い観点からの検討が必要と考えられる。

参考文献：

- 1) Al Hinai Saif Said Salam, Practical Analysis of River Flows around Selected Hydraulic Structures, PhD Thesis, Graduate School of Engineering, Kyoto University, 2011.
- 2) Saif, S., Hosoda, T., Onda, S. and Shigemitsu, R., Relation between sand bar formation and the habitat of "Kamogawa Chidori" in the Kamo River, Kyoto, River, Coastal and Estuarine Morphodynamics, RCEM2009, Santa-Fe, Argentina, pp.549-554, 2009.9.