

露出高の簡易予測モデル（宮川モデル）β版 マニュアル

1. 露出高の簡易予測モデルを開発した理由

(1) 露出高について

露出高とは、河床中の石礫の天端から砂面までの高さ（下図参照）を表しています。この露出高は、河床に堆積した土砂の流出で増加し、上流から流下した土砂の堆積で減少すると推定され、現場で土砂供給による河床環境への効果を定量的に捉えることのできる指標の一つになりうるものとして注目されています^{1),2)}。

この露出高の過度の減少は、石礫に付着する藻類（付着藻類）の生育可能な面積の減少および付着藻類を主な餌資源とするアユの摂食環境にも影響を及ぼすおそれがあります。一方、露出高の過度の増加は、大型糸状藻類等、アユの摂食環境に不適な種が繁茂しやすくなるおそれがあります。このため、石礫の露出高を指標として用いることで、アユの採餌環境の保全の観点から、土砂供給による河床環境の変化に伴う影響や効果を予測・評価できるので、ダム下流の定量的な河床環境評価に寄与できます。

(2) 簡易予測モデルを開発した理由

露出高を現場で測定する場合、水深の浅い箇所を除いて、潜水目視が必要となります。潜水目視は潜水用具を必要とするうえ、長時間を要する高コストの観測方法であり、広範囲にわたって個々の石礫の露出高を測定する作業は膨大なため、現実的な手法とはいえません。また、これまで露出高は一般的な定量指標として用いられてこなかったため、ダム管理所でも、露出高を測定・蓄積したデータが少ないのが現状です。この課題を解決するために、広範囲にわたって調査された別のパラメータ（具体的には、河床表面の土砂の粒径情報、詳細は後述）を用いて露出高を簡易に予測できる手法を開発することで、露出高を現場で広域的に捉え、水生生物の生息場を定量把握できる指標として活用できることを目指しました。

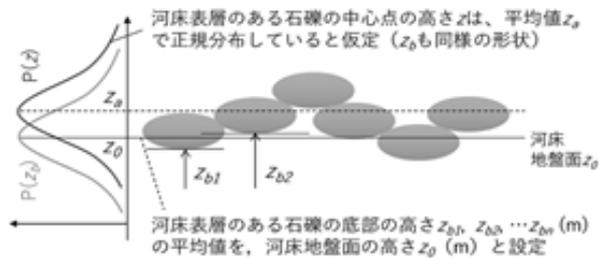
今回のエクセルデータは、現場の技術者のどなたでも本モデルを活用できるよう、β版として自然共生研究センターのHPにて公開するものです。次の2. ではモデルにおける数値入力の方法、3. では出力値に関する説明、4. では本モデルについて補足説明します。本モデルの詳細な仕組みについて更に知りたい方は、末頁の参考文献を参照願います^{1),3)}。



2. データの入力方法

本モデルは、汎用性が高く、ダム管理所でも多くのデータが蓄積されている河床粒径分布をもとに、石礫の露出高を簡易的に予測するものです。

本モデルでは、現場の河床材料の粒径および中心点の位置が一様でないことから生じる河床の凹凸、すなわち露出高の分布を再現しています。具体的には、河床材料をその粒径の大きさ毎にいくつかに分け、各粒径区分において露出高が正規分布になると仮定した上で⁴⁾、各粒径区分の正規分布を重ね合わせることで⁵⁾、混合粒径における露出高の分布および平均値を予測しています。このとき、砂利以下の細かい粒径（16mm 以下目安）については、露出高にカウントしておりません。以下に、データの入力方法について記載します。



河床表層の石礫の鉛直方向の分布の設定に関するイメージ (村上ら⁴⁾ の図をもとに作成)

(1) ファイルを開く

はじめに、エクセルファイル「rosyutsudaka Miyagawa-Model ver1.0 β 」を開きます。ファイルは3つのシートに分かれており、この中の「入力部分」シートを開きます。以下の画面が出ます。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	露出高推定モデル(混合粒径対応)				バージョン1.0 β						
2	ファイル名 rosyutsudaka miyagawa-model ver1.0 β										
3	黄色く塗った箇所を入力してください										
4	入力値に基づく粒径加積曲線 →										
5											
6	i	粒径範囲	各区分の存在割合F(i)	←この部分は入力必須です							
7	F(1)	256mm~	0.3								
8	F(2)	64~256mm	0.2								
9	F(3)	16~64mm	0.2								
10	F(4)	2~16mm	0.1								
11	F(5)	~2mm	0.1								
12	計		1	ok.							
13	青く塗った箇所は自分で設定したい場合に入力してください										
14	計算で使う部分(自分で設定しない場合は、自動で設定されます)										
15	i	粒径範囲	各区分の代表粒径							i 各区分の代表粒径 mm	
16	F(1)	256mm~	←巨礫(目安:280mm)							F(1) 280	
17	F(2)	64~256mm	←大礫(目安:160mm)							F(2) 160	
18	F(3)	16~64mm	←中礫(目安:90mm)							F(3) 40	
19	F(4)	2~16mm	←砂利(目安:10mm)	←露出高にカウントしない						F(4)	
20	F(5)	~2mm	←砂(目安:1mm)	←露出高にカウントしない						F(5)	
21											
22	i	粒径範囲	各区分の代表高さSi	←代表粒径の0.5倍が目安						i 各区分の代表高さSi mm	
23	F(1)	256mm~	←巨礫							F(1) 140	
24	F(2)	64~256mm	←大礫							F(2) 80	
25	F(3)	16~64mm	←中礫							F(3) 20	
26	F(4)	2~16mm	←砂利	←露出高にカウントしない						F(4)	
27	F(5)	~2mm	←砂	←露出高にカウントしない						F(5)	
28											
29	i	粒径範囲	各区分の標準偏差 σ	←代表粒径の0.3倍が目安						i 各区分の標準偏差 σ	
30	F(1)	256mm~	←巨礫							F(1) 106	
31	F(2)	64~256mm	←大礫							F(2) 48	
32	F(3)	16~64mm	←中礫							F(3) 15	
33	F(4)	2~16mm	←砂利	←露出高にカウントしない						F(4)	
34	F(5)	~2mm	←砂	←露出高にカウントしない						F(5)	
35											
36	※ Wentworthの粒径区分を参照										
37	boulders 257mm~										
38	cobblestones 64~256mm										
39	pebbles 16~64mm										
40	↑露出高にカウントした範囲										
41	gravel 2~16mm										
42	sand ~2mm										
43											
44											
45											
46											
47											
48											
49											
50											

(2) 必須項目の入力

①画面左上、セル D7~D11 (黄色く塗った部分) を入力します。

この各区分の存在割合 $F(i)$ は、Wentworth の論文 (1922) にて定義された粒径区分⁶⁾を参考に、河床材料の

- F(1) : 256mm 以上の粒径の存在割合
- F(2) : 64mm 以上 256mm 未満の粒径の存在割合
- F(3) : 16mm 以上 64mm 未満の粒径の存在割合
- F(4) : 2mm 以上 16mm 未満の粒径の存在割合
- F(5) : 2mm 未満の粒径の存在割合

で設定しておりますので、各割合を入力します (全割合が 1 となるように入力)。

F(1)~F(5)の値は、ペブルカウント法⁷⁾等による河床材料調査データから作成した粒径加積曲線をもとに入力します。これ以外には、面格子法による陸域観測データ、河床表層の被度割合 (目視) 等で代用して値を出力することも可能です (この場合、現状、精度が保証されている手法ではない点、予めご理解の上実施願います)。

②入力しますと、右上に数値に基づく粒径加積曲線のイメージ図が表示されます。

F(1)~F(5)の 5 つの数値からの推定値のため、正確な粒径加積曲線を表しているわけではありませんのでご注意願います。

The screenshot shows a spreadsheet with the following data tables:

i	粒径範囲 ^①	各区分の存在割合F(i)	注
F(1)	256mm~	0.3	←この部分は入力必須です
F(2)	64~256mm	0.3	
F(3)	16~64mm	0.3	
F(4)	2~16mm	0.1	
F(5)	~2mm	0.1	
計		1.0	

i	粒径範囲 ^①	各区分の代表粒径	注
F(1)	256mm~	←巨礫 (目安: 280mm)	
F(2)	64~256mm	←大礫 (目安: 160mm)	
F(3)	16~64mm	←中礫 (目安: 60mm)	
F(4)	2~16mm	←砂利 (目安: 10mm)	←露出高にカウントしない
F(5)	~2mm	←砂 (目安: 1mm)	←露出高にカウントしない

i	粒径範囲 ^①	各区分の代表高さSi	注
F(1)	256mm~	←代表粒径の0.5倍が目安	
F(2)	64~256mm	←巨礫	
F(3)	16~64mm	←大礫	
F(4)	2~16mm	←中礫	←露出高にカウントしない
F(5)	~2mm	←砂利	←露出高にカウントしない

i	粒径範囲 ^①	各区分の標準偏差σ	注
F(1)	256mm~	←代表粒径の0.3倍が目安	
F(2)	64~256mm	←巨礫	
F(3)	16~64mm	←大礫	
F(4)	2~16mm	←中礫	←露出高にカウントしない
F(5)	~2mm	←砂利	←露出高にカウントしない

i	粒径範囲 ^①	各区分の代表高さSi	注
F(1)	256mm~	140	
F(2)	64~256mm	80	
F(3)	16~64mm	20	
F(4)	2~16mm	20	
F(5)	~2mm	20	

i	粒径範囲 ^①	各区分の標準偏差σ	注
F(1)	256mm~	105	
F(2)	64~256mm	48	
F(3)	16~64mm	15	
F(4)	2~16mm	15	
F(5)	~2mm	15	

i	粒径範囲 ^①	各区分の標準偏差σ	注
F(1)	256mm~	26.25	
F(2)	64~256mm	-3.75	
F(3)	16~64mm	-33.75	↑露出高にカウントした期間
F(4)	2~16mm		
F(5)	~2mm		

i	粒径範囲 ^①	各区分の代表高さSi	注
F(1)	256mm~	26.25	
F(2)	64~256mm	-3.75	
F(3)	16~64mm	-33.75	
F(4)	2~16mm		
F(5)	~2mm		

The graph on the right shows a cumulative distribution curve with the x-axis labeled '河床材料の粒径' (Riverbed material particle size) on a logarithmic scale from 1 to 1000, and the y-axis labeled '累積割合' (Cumulative ratio) from 0 to 1.0. A red box highlights the graph area.

(3) 設定項目の補足

①F(1)~F(5)について、各区分の代表粒径（セル I17~I21）、粒径の代表高さ（セル I25~I29）、標準偏差（セル I33~I37）について、モデル上で既に設定しておりますが（肌色に塗った部分）、こちらをご自身で設定される場合は、D17~D21、D25~D29、D33~D37（青く塗った部分）に入力願います。肌色に塗った部分の値が、青く塗った部分の値に自動的に差し変わります（肌色に塗った部分の直接入力は不要です）。

②露出高予測に使うのは、F(1)~F(3)に関連する値のみとなります。これは F(4)、F(5)の粒径が非常に小さいため露出高にカウントしないためです。このため、(3)①の F(4)、F(5)関連の値は空欄になっております。

③ゼロ点補正の項目はモデル計算上で自動考慮されるので、変更しないように願います。

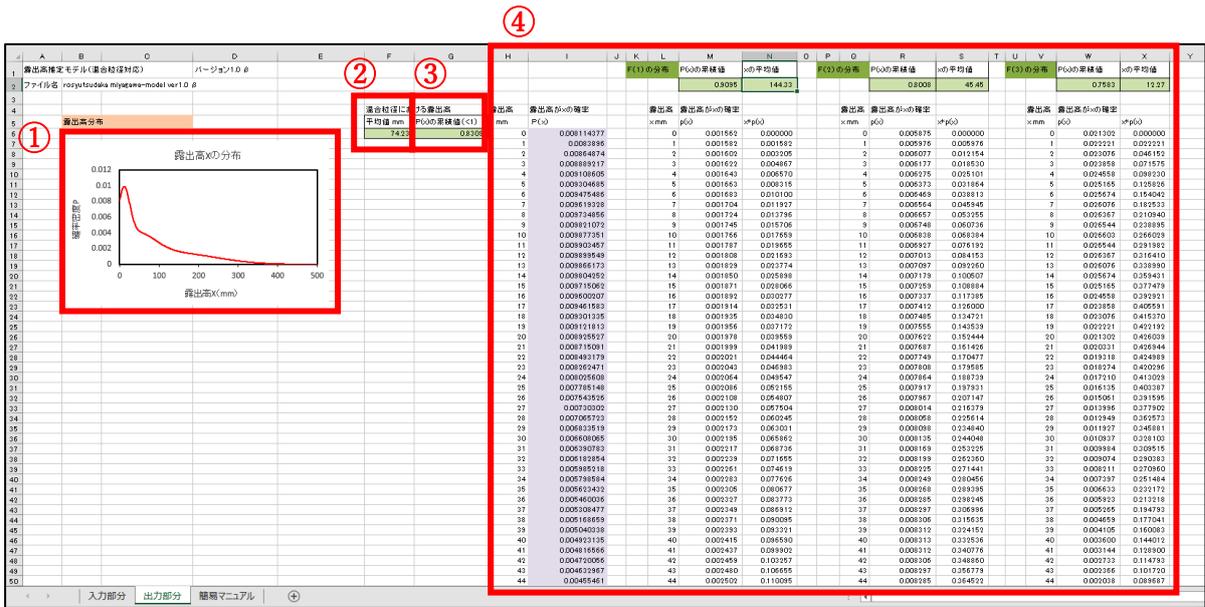
The screenshot shows a spreadsheet with columns A through J. The main data area is divided into three sections: '入力部分' (Input part), '出力部分' (Output part), and '簡易マニュアル' (Simple manual). A graph on the right shows a curve of relative frequency (y-axis, 0 to 1) versus riverbed material grain size (x-axis, 1 to 1000 mm). Three red boxes highlight specific settings:

- Box 1 (①):** A table with columns 'i', '粒径範囲' (Grain size range), and '各区分の代表粒径' (Representative grain size for each section). It lists F(1) to F(5) with ranges like 256mm~ and 64~256mm. To the right, a list of material types (巨礫, 大礫, 中礫, 砂利, 砂) is shown with their respective grain sizes (e.g., 巨礫: 280mm).
- Box 2 (②):** A table with columns 'i', '粒径範囲', and '各区分の代表高さSi' (Representative height Si for each section). It lists F(1) to F(5) with the same ranges as Box 1. To the right, a list of material types is shown with their representative heights (e.g., 巨礫: 140mm).
- Box 3 (③):** A table with columns 'i' and 'ゼロ点補正' (Zero-point correction). It lists F(1) to F(5) with values like 26.25, -3.75, and -33.75.

Additional notes in the spreadsheet include: '黄色く塗った箇所を入力してください' (Please input the yellow-shaded area), 'この部分は入力必須です' (This part is mandatory input), '青く塗った箇所は自分で設定したい場合に入力してください' (Please input the blue-shaded area if you want to set it yourself), and '計算で使う部分(自分で設定しない場合は、自動で設定されます)' (Calculation part (if not set by yourself, it will be set automatically)).

3. 出力値について

- ①必須項目を入力後、「出力部分」シートに2. で情報を入力した河床における露出高の分布が、グラフで表示されます。
- ②モデルによる露出高の予測結果として、分布のグラフに加え、平均値がセル F5 に表示されます。
- ③露出高の分布のグラフの全累積値は通常 1 となりますが、鉛直方向の配置上、露出高が 0 以下で計算される石礫分は除いており、その除いた分の累積値がセル G5 に表示されます（参考値です）。
- ④グラフの数値情報は H, I 列に表示されます。このグラフは F(1)~F(3)の確率密度関数を F(1)~F(3)の存在割合で重み付けして足し合わせたものであり、F(1)~F(3)の確率密度関数は K~X 列に表示されます。



4. 付記

(1) 設定した仮定

本モデルは、簡易予測のため、現場の石礫の状態について、ある程度の一般化・簡略化を目的に、2. の各粒径区分において露出高が正規分布になるという仮定のほか、2つの仮定を設定しています。ひとつは、現場では多様な形状を有する石礫を一律の扁平率を有する楕円体と仮定しています（モデルでは、この扁平率を0.5に設定しています）⁸⁾。もうひとつは、現場の石礫の長軸と河床地盤との間の傾斜角は様々で覆瓦構造をなしていますが⁹⁾、本研究ではこの傾斜角を一律0°（石礫の長軸が概ね河床面と平行）と仮定しています。

(2) モデルの精度検証について

本モデルの精度は、現状、矢作川上流域、矢作第2ダム直下の現場データにて確認されております¹⁾。また、小野田らにより、矢作川水系の更に多くの地点で調査が行われ、モデルの適用範囲に関する検証が実施されているところです¹⁰⁾。今後は、上記の検証および別の複数の水系の河川でも調査・検証を行い、精度の向上および適用範囲の確認を行う予定です。

(3) モデルのバージョンアップ

本モデルは精度の向上、適用範囲の拡大を目的として、随時バージョンアップ予定です。これに伴い、本モデルおよびマニュアルを予告なく更新することがある旨、予めご了承の上、ご使用願います。

(4) モデル開発者および連絡先

本モデルに関するご意見、ご質問、改善案等がありましたら、下記開発者宛までぜひお寄せ下さい。

土木研究所 水環境研究グループ 自然共生研究センター 主任研究員

宮川 幸雄

〒501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町官有地無番地

電話番号 : 0586-89-6035~6036 FAX : 0586-89-6039

E-Mail : y-miyagawa@pwri.go.jp

(5) 謝辞

本モデルの公開にあたり、お世話になった方々への謝辞を記載いたします。

本モデルの基礎的な仕組みに関する研究を進めるにあたり、京都大学防災研究所水資源環境研究センター 社会・生態環境研究室の皆様からは多くの助言をいただきました。そして、本モデルの作成は土木研究所のプロジェクト研究の中で進められておりますが、その中で露出高について研究を行っている小野田専門研究員をはじめ、自然共生研究センターの皆様には多くの知見および助言をいただきました。本モデルの検証において、国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所様には、矢作ダムの河床に関するデータを提供いただく等、ご協力を頂きました。また、本研究の一部は、公益財団法人河川財団の河川基金助成事業によって実施いたしました。これらのご協力のもと、本モデルの公開の実現まで至りましたことについて、ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1)宮川幸雄, 小野田幸生, 萱場祐一, 角哲也, 竹門康弘: 土砂供給で変動する河床の石礫の露出高を予測する方法の提案, 河川技術論文集, Vol.24, pp. 83-88, 2018.
- 2)小野田幸生, 堀田大貴, 萱場祐一: 土砂供給に伴う河床寛容評価の評価に向けた露出高による石礫の埋没度の定量化, 河川技術論文集, Vol.24, pp.343-348, 2018.
- 3)宮川幸雄, 小野田幸生, 末吉正尚, 中村圭吾: ダム下流の環境評価を目的とした石礫の露出高の簡易予測手法の開発, ダム技術, No.396, pp.24-31, 2019.
- 4)村上正吾, 辻本哲郎, 中川博次: 河床砂礫の pick-up rate 推定式について, 土木学会論文集, Vol.443(2), pp.9-16, 1992.
- 5)長田健吾, 福岡捷二: 石礫河川の河床変動機構と表層石礫の凹凸分布に着目した二次元河床変動解析法, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.68(1), pp.1-20, 2012.
- 6)Wentworth C. K.: A scale of grade and class terms for clastic sediments, The Journal of Geology, Vol.30(5), pp.377-392, 1922.
- 7)Wolman M.G.: A method of sampling coarse river-bed material, EOS Transactions American Geophysical Union, Vol.35 (6), pp.869-1020, 1954.
- 8)中島重旗, 小田泰史, 松並裕子: 河床礫の状態と底生動物相指標の相関, 陸水学雑誌, Vol.45(3), pp.220-230, 1984.
- 9)福留脩文, 有川崇, 西山穩, 福岡捷二: 石礫河川に組む自然に近い石積み落差工の設計, 土木学会論文集 F, Vol.66(4), pp.490-503, 2010.
- 10)小野田幸生, 宮川幸雄, 中村圭吾, 萱場祐一: 石礫の露出高の簡易予測モデルの適用とその予測精度の検証, 応用生態工学会 第23回研究発表会, 2019.

更新履歴

2020.3.31 自然共生研究センターHPに β ver1.0を公開