

汎用CFD技術による河川内に設置された取水構造物周辺の流況再現

中国電力（株） エネルギア総合研究所 正会員 ○井上智子，中本健二，及川隆仁
中国電力（株） 流通事業本部 小畑大作，土江真吾

1. 目的

水力発電所では、発電に必要な取水構造物が河川内に設置され、安定的に取水を行う必要がある。その取水構造物は、河川流量が大きく変化した場合も安定した取水を維持出来るように設計・運転され、電力の安定供給に貢献している。河川流量の増減に伴い、取水口入口に設置したスクリーンを經由して取水される流況も変化する。河川流量が多くなる出水時に河川から取水口への流況は複雑となるが、中小規模の取水設備については、その設備規模のため詳細に検討した事例は少ない。

近年、ソフトウェア・ハードウェアの急速な進歩に伴い、流体解析（Computational Fluid Dynamics）技術が広範囲な領域で活用されている。著者らは、河川流量に伴う取水構造物周辺の流況を汎用的なCFD技術を用いて広範囲に再現し、定量的に評価する手法に関する研究に取り組んでいる。本報告では、定常時および出水時における河川上流域を含めたモデル取水口周辺の流況解析による再現結果について紹介する。

2. モデル河川と取水口

解析対象としたモデル河川と取水口の諸元を表-1に示す。河川は幅約60m、取水堰上流約400mを数値モデル化（図-1）した。モデル取水口は、取水量 $31\text{ m}^3/\text{s}$ 、取水口幅21m、典型的な流れ込み式のものである。（図-2）取水口のスクリーンは幅9mmのスクリーンバーを34mm間隔で配置されている。

表-1 モデル河川と取水口諸元

解析ケース	河川流量 (m^3/s)	取水量 (m^3/s)	魚道・維持流量 (m^3/s)	放流量 (m^3/s)
非出水時	33	31	2	-
出水時①	100	31	4.6	64.4
出水時②	150	31	4.6	114.4

3. 解析条件

解析条件を表-2に示す。流況は定常解析とし、乱流モデルは非線形低レイノルズ数 $k-\epsilon$ を適用した。壁面や底面には静止壁条件を水面部分は壁面抵抗がないフリースリップ条件を与えた。水面変動は考慮しないため解析では常に流入量=流出量という条件が満足される。計算格子は0.1mに設定した。またスクリーンバーは圧力損失条件としてモデル化した。

表-2 モデル河川と取水口解析条件

条件項目	設定内容
解析方法	定常解析
乱流モデル	非線形低レイノルズ数 $k-\epsilon$
壁面条件	壁面・底面：静止壁(対数則条件を適用)
水面条件	固定水面とし水面変動考慮せず
計算格子	10cmメッシュ
モデル条件	平常時設定水位：取水口前面水深4.91m 出水時設定水位：取水口前面水深5.39m

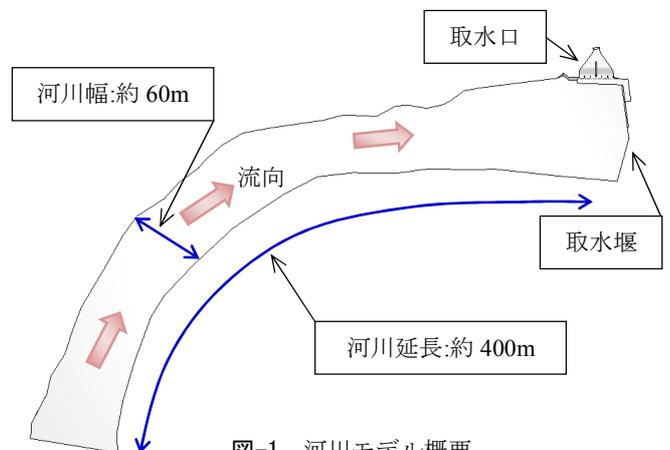


図-1 河川モデル概要

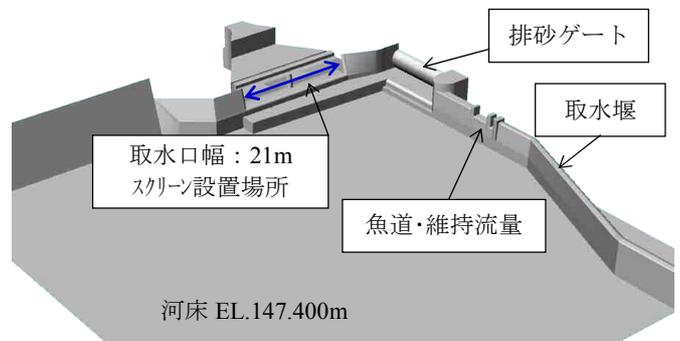


図-2 取水口モデル概要

キーワード 流況解析，取水口，水力発電所，スクリーン，CFD 技術

連絡先 〒739-0046 東広島市鏡山3丁目9番1号 中国電力（株） エネルギア総合研究所 TEL 082-420-0700

4. 解析結果と考察

(a) 非出水時の流況解析特性

非出水時の流況解析結果を図-3, 4に示す。図中の矢印は流速ベクトルを表している。河川平均流速は0.2 m/s程度である。河川流速は、湾曲部内岸で周辺より若干速くなっている。取水口前面の平均流速は0.3 m/s程度となり、魚道・維持流量2.0 m³/s以外は、取水口に安定的に取水されている。これより非出水時における大まかな河川および取水口の流況が再現出来ていると考察する。

(b) 出水時の流況解析特性

出水時の流況解析のうち100 m³/sの解析結果を図-5(b), 150 m³/sの解析結果を図-5(c)に示す。100 m³/sの解析は非出水時と比べ取水口前面の流速が0.6m/s程度となっている。取水口への流入は、非出水時と比較し排砂ゲートから放流される流れが支配的になるため流速ベクトルが取水口流入方向に対し40°程度傾斜している。

150 m³/sの場合は、取水口前面の流速が0.6 m/s～1.5 m/s程度にみだれ100 m³/s同様、ゲート放流による流れが支配的で流速ベクトルが取水口へ55°程度まで傾斜している。これより出水時においてはゲート放流に伴い取水口流入角度が定常時に比べ大きくなる傾向が再現された。実際の取水口で同様の現象が観察されており、この現象が再現されていると考察される。

5. 結論

河川流量に伴う取水構造物周辺の流況を汎用的なCFD技術を用いて広範囲に再現した。河川上流域を含めたモデル取水口において非出水時および出水時における取水口周辺の流況解析を実施し以下の知見を得た。

非出水時および出水時の河川流況を解析的に再現することで流速や流況を定量的に評価できた。また出水時においても取水庭にみだれはあるが取水口へ安定的に取水できていることが確認できた。取水口への流入角度が、河川流量により変化し、その変化量を定量的に評価することが可能である。

汎用CFD技術の活用により、これまで解析対象とされなかった河川構造物についても容易に解析が実現可能になると考えられる。

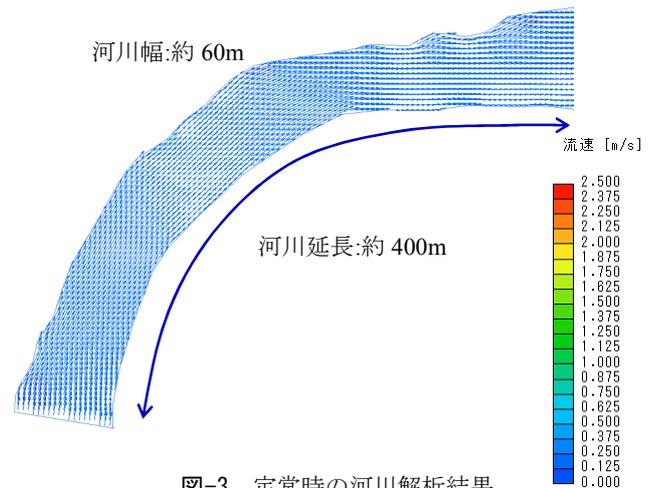


図-3 定常時の河川解析結果

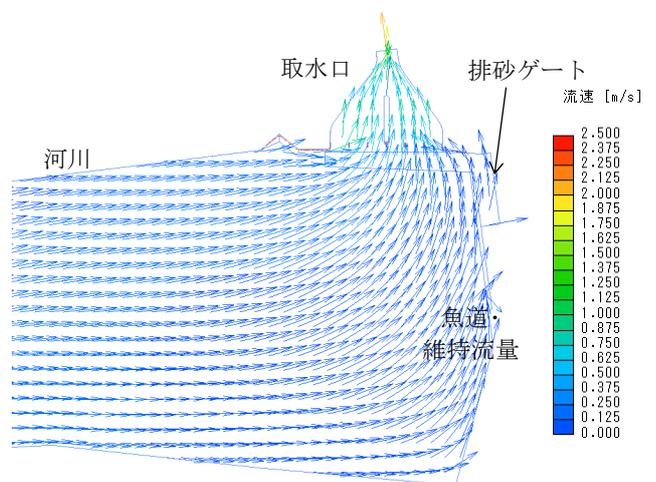


図-4 定常時の取水口解析結果

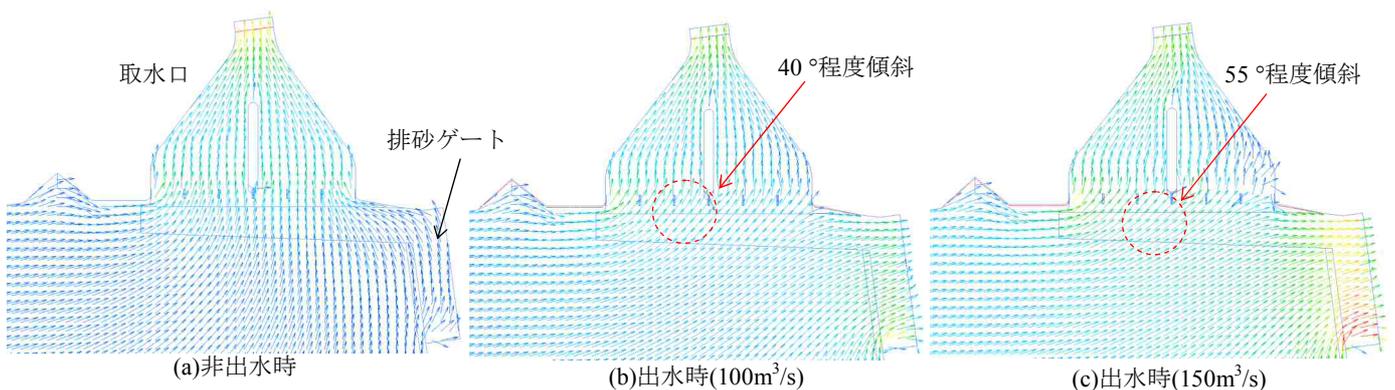


図-5 各条件における取水口周辺解析結果