

砂防堰堤を活用した小水力発電の検討事例

国際航業株式会社 ○宇野沢剛・坂本洋二・藤原賢也・佐伯博人・五十嵐剛
 中央大学理工学研究所 土屋十圀
 川場村 宮内好美・宮田重雄・瀧田忍

1 はじめに

砂防堰堤の落下流のエネルギーを利用した小水力発電は、既存ストックの有効活用、再生可能エネルギーによる電力の地産地消の観点から、その導入・推進が望まれている。

しかし、砂防堰堤が設置される比較的上流域の河川は、一般に流量の季節変動が大きいことから、水力発電の事業リスクを高めている。また、十分な流量観測資料がないとき、長期的に安定した流況・流量が得られるかを確認するには、長期間の流量観測が必要（一般に10年間の観測）であり、小水力発電導入の足かせになっていると考えられる。

本稿では比較的短期間の雨量・流量データと、対象流域の地形・地質特性を反映したモデルを用いた流出解析により、砂防堰堤地点のピンポイント且つ長期的な流量を予測し、小水力発電事業の実現性を評価する基礎資料とした川場村の調査・研究事例を紹介する。

2 流出解析の概要

2.1 対象河川

対象河川は群馬県川場村内を流れる利根川水系薄根川、田代川、桜川であり、群馬県所管の砂防堰堤が複数整備されている。本流出解析の結果を基に、各砂防堰堤の発電可能性を算定することを目的とする。



図-1 対象とする河川と流域

2.2 流出解析モデル

中上流域の河川の低水流特性は、地形条件・土壌構成に強い影響を受けるため、本調査ではこれらの空間的な分布を細かく反映できる分布型流出モデルを採用した。

表-1 斜面・河道の区分と計算理論

モデル名		計算理論
斜面	地表	1次元キネマティックモデル
	地下3層	ダルシー-則モデル
河道		河道一次元キネマティックモデル

分布型斜面モデルは流域を斜面メッシュ（世界測地系の250mメッシュ）に分割し、各斜面メッシュに降った雨が順次地形勾配方向へ流下し、最終的には河川へと流出する過程を物理的に順次計算するため、流域は多数メッシュと河川を組み合わせて構成する。

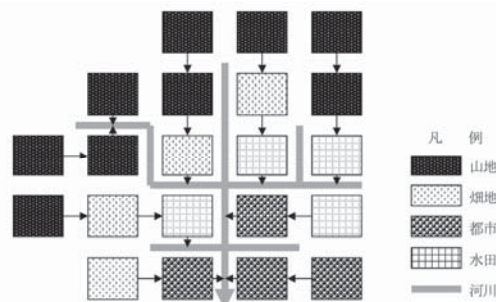


図-2 分布型メッシュによる流域構成模式図

斜面メッシュの地下層は、各斜面メッシュ毎に地表面と同一勾配、層厚一定、均質成分で複数層が構成されていると想定する。地表に降った雨は、地下に浸透し、地下水は傾斜方向及び鉛直方向に流れるものとする。表流水が出現した場合には、地表流も斜面勾配に従って流下すると想定する。

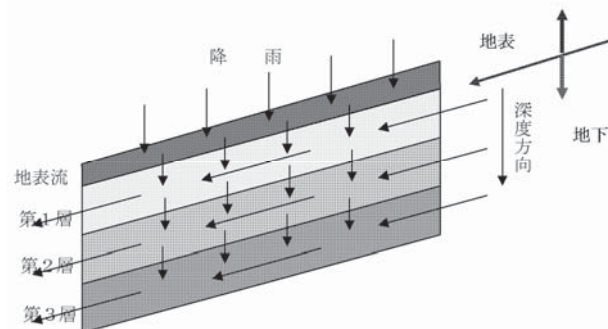


図-3 分布型メッシュ地下構造

2.3 モデル検証

薄根川流域を対象流域として各種の実測データを整理し、分布型流出計算モデルにより再現計算を行った。この検討過程及び計算結果から判断すると、本研究で構築した分布型流出計算モデルとモデル定数は検証実測値

を再現しており、信頼性の高いモデルを構築できたと判断する。なお、検討過程及び計算結果から判明した内容を以下に示す。

表-2 検討過程及び計算結果から判明した内容

検討項目	検討種別	地点	検討により判明した内容
検証実測値	雨量	全地点	9 雨量観測所の雨量データは年間水収支的にも正しく信頼性高い
		流量	薄根橋地点 2002 年 7 月以降は河床変化したためか 1 桁大きな流量となるが、流量変化波形は概ね正しい
	上発知地点	全期間で流量の信頼性無し	
	谷地橋地点	2002 年、2006 年～2008 年 8 月の信頼性高い	
	大舟橋地点	全期間で流量の信頼性無し	
	蒸発量	林内観測地点	全期間で蒸発量の信頼性無し
	土壌浸透量	林内観測地点	2001 年～2002 年の 2 年間は概ね正しい
融雪量計算値	融雪量	全地点	流出計算値が融雪期間でも実測値に近いことから、概ね再現している（流域内の数箇所に積雪深観測所を設置すれば精度向上可能）
		流出計算値	2002 年～2011 年の 10 年間計算値は年間水収支的にも正しく信頼性高い
流出計算値	流量	全地点	2002 年～2011 年の 10 年間計算値は年間水収支的にも正しく信頼性高い
		土壌水分量	林内観測地点 2011 年 1 月～8 月の 8 ヶ月間計算値は実測した土壌水分量の変化と近似し信頼性高い
流出計算値	行ル・定数	全地点	流出計算値が低水流況も洪水流量も実積値に概ね一致し、土壌水分量も概ね一致することから、流出計算モデルとモデル定数の信頼性高い

2.4 長期流出解析

(1) 年間水収支

薄根川流域平均（薄根橋上流域）の年間水収支を求め、薄根橋計算年間流出量と比較すると、2001 年を除き概ね一致することから、先に採用した流出モデルと定数は、年間水収支から判断しても妥当であると判断する。

表-3 薄根川流域年間水収支・薄根橋計算年間流出高の比較

西暦年	薄根川流域平均			薄根橋計算 年流出高 mm/yer	備考
	年雨量 mm/yer ①	年融雪量 mm/yer ②	年蒸発量 mm/yer ③		
2000	1368.9	164.1	395.9	1137.1	
2001	1348.1	253.9	480.0	1122.0	異常値
2002	1310.7	237.7	458.5	1089.9	
2003	1335.5	280.0	440.6	1174.9	
2004	1391.1	235.4	477.3	1149.2	
2005	1356.3	351.9	436.5	1271.7	
2006	1487.6	394.0	407.6	1474.0	
2007	1308.8	174.5	517.0	966.3	
2008	1612.3	262.6	507.7	1367.2	
2009	1215.2	276.4	472.5	1019.1	
2010	1469.8	317.2	450.8	1336.2	
2011	1424.8	173.0	506.3	1091.5	

3 砂防堰堤の発電可能量算定および概略発電検討

3.1 砂防堰堤地点の流況予測

妥当性が確認されたモデルに 10 ヶ年雨量を与えて連続計算を行い、有望と考えられる任意の砂防堰堤地点の 10 ヶ年日流量を算定し、平均的な流況を予測した。有力な堰堤の抽出基準は以下のとおりとした。

- 落差が比較的大きいこと
- 周辺に公共の電力需要施設があること
- 環境教育的な効果が見込めること
- 維持管理が容易な立地条件にあること

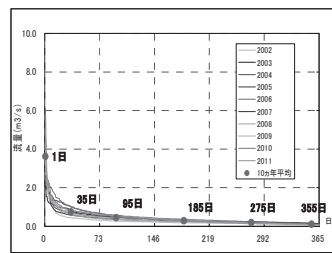


図-4 A 砂防ダム地点の平均的な流況予測

3.2 概略発電検討

とくに有望と考えられる 5 基の砂防堰堤の発電可能量と利活用について概略検討した結果を以下に示す。

図-5 現地調査カルテ

表-4 概略発電検討

地域名	堰堤名称	川場村				
		A 砂防ダム	B 砂防ダム	C 砂防ダム	D 砂防ダム	E 砂防ダム
川場村	流況 (m³/s)	豊水 0.45 平水 0.29 低水 0.19	0.39 0.25 0.10	0.19 0.12 0.07	0.62 1.30 0.91	0.62 0.43 0.28
	使用水量 (m³/s)	最大(豊水) 0.45 常時(平水) 0.29 常時(低水) 0.19	0.39 0.25 0.17	0.19 0.12 0.07	0.62 1.30 0.91	0.62 0.43 0.28
	有効落差 (m)	20.0	3.9	6.0	8.0	5.0
	出力 (Kw)	最大(豊水) 53.0 常時(平水) 34.0 常時(低水) 22.6 常時(豊水) 12.8	9.0 5.6 3.8 2.2	6.6 4.1 2.5 1.4	89.8 61.0 42.8 28.5	18.2 12.6 8.2 4.7
	年間発電量 (kWh)	310,020	82,076	37,484	548,817	108,562
	設置可能	有	有	有	有	有
	設置可能性	○	○	○	○	○
	常時経流の有無	有	有	有	有	有
	アクセス	旧工専用道路からアクセス可能	堰堤下流左岸側の緩傾斜面からアクセス可能	宮田農園脇道路からアクセス可能	橋りょう脇からアクセス可能	道路からアクセス可能
	堰体の劣化や破壊	少	○	少	少	少
宮前斜面	危険小	危険小	危険小	危険小	危険小	
土砂流出による被災・障	可能性小	可能性小	可能性小	可能性?	可能性小	
他への取水	無	無	無	有	有	
下流河川への影響	無	無	無	有	無	
近隣の施設への電力需要	有	有	有	△	有	
主な需要施設 (直線距離 1km 以内)	金山平浄水場	キャンプ場管理棟	中野ビレッジ、てんく山運動公園	田園プラザ、村役場、小学校	富士山ビレッジ	

4 まとめ

本研究の成果と今後の課題をまとめると次のようになる。

- ① 長期間の流量観測データがない河川に存在する砂防堰堤について、天候・時期に応じた流量と発電可能量を推定するには、本手法は有効と考えられる。
- ② 今回の概略発電検討は机上検討に近い精度である。今後は有力な砂防堰堤に小水力発電設備を設置する概略設計を行い、概算工事費の算出により経済性を評価する必要がある。
- ③ 自家消費を考える場合、需要施設の電力使用量と時期変動を把握し、上記①と照らして適切な規模の発電設備を選択すべきであり、設備設計には需要と供給のバランス検討を盛り込むことが望ましい。

【参考文献】循環型水資源による小水力エネルギー開発 研究報告書（群馬県川場村・中央大学理工学研究所）