

流れ込み式水力発電所における流入土砂の特性について

中部電力(株) 正会員 内藤 斉
中部電力(株) 正会員 依田 眞

1. はじめに

流れ込み式発電所は、洪水時の流入土砂（掃流砂・浮遊砂）が水路内に流入することによる、水圧鉄管や水車の摩耗等の予防措置として限界流量（増水・減水）を設定し、増水限界以上の河川流量になると取水停止（発電停止）し、減水限界以下の河川流量になると取水復旧（発電復旧）している。

限界流量の設定根拠は、洪水時の取水口前面の堆砂状況、沈砂池の堆砂状況等から経験的に決定されていることが多い。しかし、設備および資源の有効利用の観点から、経験的ではなく、定量的な観点により限界流量を見直す必要があり、また、それに伴い沈砂池機能等の設備的な検討も必要となる。

自然河川における洪水時の掃流・浮遊土砂については既往研究成果¹⁾等があるが、水力発電所等の水路工作物を対象にしたものは殆ど無い。

本稿では、上記の課題を検討するために実施している当社発電所での現場調査の内、洪水時の河川および水路内の掃流砂・浮遊砂について報告する。

2. 調査概要

調査対象は天竜川水系 A 発電所（取水量 $14.0\text{m}^3/\text{s}$ 、出力 $20,500\text{kW}$ ）であり、取水堰堤（図 - 1）の流域面積は 233.9km^2 で比較的上流域に位置する。また、流域内には中央構造線が走り、土砂流出が著しい河川である。平成 11 年 9 月 15 日（1 回目）および 9 月 21・22 日（2 回目）の 2 洪水について濁水を採集し、それに含まれる土砂を分析した。採水のタイミングは、図 - 2 のように限界流量前後とした。当発電所の限界流量は、増水限界 $50.0\text{m}^3/\text{s}$ 、減水限界 $30.0\text{m}^3/\text{s}$ である。

採水時の状況は、1 回目は、前線により時間雨量 $1\sim 5\text{mm}$ の雨が断続的に降り、総雨量 46mm で堰堤地点での最大流量が $52\text{m}^3/\text{s}$ の洪水であり、取水停止時間は 5 時間であった。2 回目は、移動速度の速い低気圧の影響で、上流山間部での集中豪雨による洪水であり、総雨量は 74mm 、最大流量は $127\text{m}^3/\text{s}$ であった。



図 - 1 A 堰堤全景図

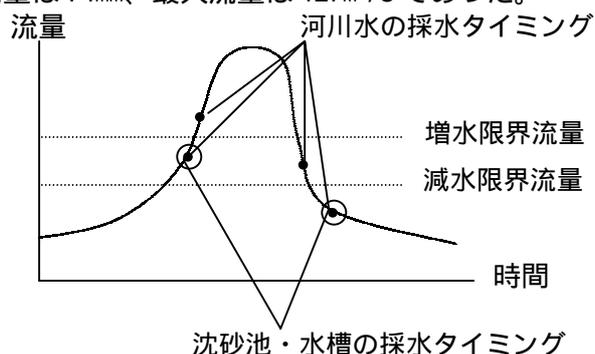


図 - 2 採水のタイミング

3. 調査結果

採水した試料に含まれる土砂の粒度行い、各採水地点ごとに重ね合ね合わせたものを図 - 3（1 回目増水限界時採水）、図 - 4（2 回目増水限界時採水）に示す。

1 回目の粒度分布（図 - 3）を見ると、各採水地点とも $5\sim 10\mu\text{m}$ 、 $50\sim 100\mu\text{m}$ 、 $500\sim 1,000\mu\text{m}$ の三山型

キーワード 水力発電所、洪水、掃粒砂、浮遊砂、限界流量
連絡先 〒459-8522 名古屋市緑区大高町字北関山 20-1、TEL052-621-6101、FAX052-623-5117

の分布を示しており、特に 500～1,000 μm の頻度が高くなっている。また、採水地点が河川水から沈砂池、水槽と進むに連れて、粒径が細くなる傾向であるが、最下流の水槽においても 500～1,000 μm の土砂が確認され、沈砂池の機能は十分とは言えない。

2 回目の洪水の粒度分布 (図 - 3) を見ると、1 回目と異なり、沈砂池と水槽は、5 μm を頂点とする一山型で、1 回目に見られた 20 μm 以上の土粒子は見られない。これは、採水時期が取水停止後であることから、沈砂池、水槽に流れはなく、粒径の細かい浮遊砂のみが観測されたと判断できる。

なお、河川水の粒径分布において、2 回目の洪水時に 500 μm 以上の土砂が見られない点については、取水停止後は堰堤の洪水吐ゲートから放流されており、河川の流心が取水口から離れていたためと思われる。

4. 考察

代表的な粒径についてストークスの式²⁾により、沈降速度：v を計算する。

$$v = \frac{1}{18} \left(\frac{\rho_p - \rho_f}{\mu} \right) g d^2$$

：粒子の密度：2.65g/cm³

：水の密度：0.9982g/cm³ (水温 20)

g：重力加速度：980cm/s²

：水の動粘性係数：0.0101 cm²/s (水温 20)

d：粒子の直径 (cm)

計算結果を、表 - 1 に示す。沈砂池の水深 3 m の沈降時間を考慮すると、取水停止後 30 分以内に 50 μm 以上の土粒子は沈降することになり、図 - 4 を説明することができる。

5. まとめ

- (1) 同一地点において流水中と静水時に濁水採取と分析を実施することにより、掃流砂・浮遊砂を効果的に評価することができた。
- (2) 当発電所においては、増水限界時流量付近では、最大粒径 1,000 μm までの土砂が流入しており、その内、500～1,000 μm の土砂が多い。
- (3) 20 μm 以下の土粒子は沈降することなく、水圧鉄管、水車を流下すると思われる、これによる設備の摩耗劣化の程度を知ることが設備保守上重要である。
- (4) 取水口からの流入土砂の内、比較的粒径の大きい (500～1,000 μm) ものは、堰堤の洪水吐ゲートの開度と関連性が高く、運用面での効果的な対応が可能と思われる。

参考文献

- 1) 久保田稔、高木不折、河村三郎：出水時における土砂の浮遊実態、土木学会論文集、pp.35-44、1985
- 2) 土木学会編：水理公式集昭和 60 年版、pp.76-77

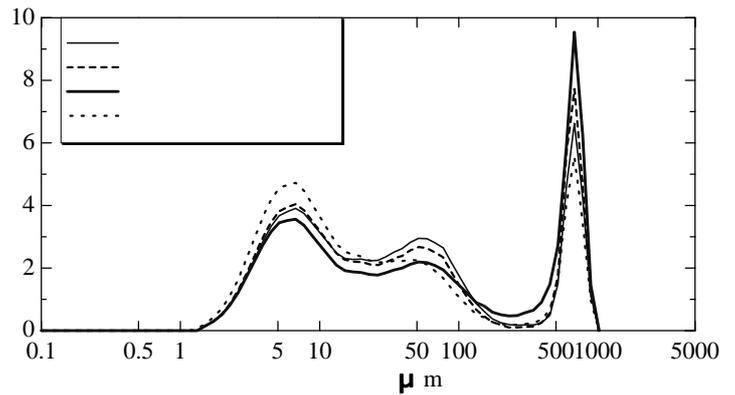


図 - 3 各採水地点流量分布の変化 (1 回目)

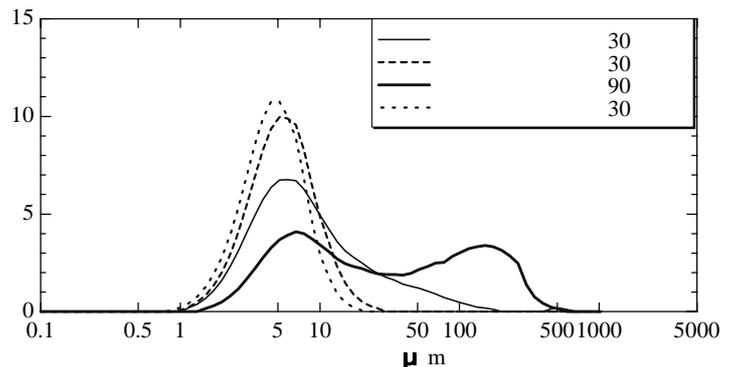


図 - 4 各採水地点粒度分布の変化 (2 回目)

d (μm)	v (cm/s)	T
5	0.002	13.9時間
10	0.009	3.1時間
20	0.036	46分
50	0.223	7.5分
100	0.892	1.9分

T：1m 当たりの沈降時間

表 - 1 土粒子沈降時間一覧表