

# 室生ダム管理用水力発電設備の障害復旧と 早期異常検知に向けた取り組み

舟瀬 周太<sup>1</sup>・牧野 浩二<sup>2</sup>

<sup>1</sup>水資源機構 木津川ダム総合管理所 室生ダム管理所 (〒633-0315奈良県宇陀市室生大野3846)

<sup>2</sup>水資源機構 木津川ダム総合管理所 室生ダム管理所所長 (〒633-0315奈良県宇陀市室生大野3846) .

室生ダム管理用水力発電設備は、令和2年9月に増速機の異音が確認され、異常検知システムに保存された振動データを確認したところ増速機の振動値が増大していたことが判明した。

振動値の増大は、ギアの摩耗による噛み合わせ不良が原因だったが、平成28年度より導入した異常検知システムの監視機能では、異常な振動と判定できず警報発報するまでには至らなかった。

本稿では、今回の増速機障害時における異常検知システムの振動データ分析、監視機能の見直し及び増速機更新後の振動状況等について報告するものである。

キーワード 水力発電設備, 異常検知, 振動, 早期発見

## 1. はじめに

室生ダムでは昭和61年に管理用水力発電設備の運用を開始し、余剰電力売電による発電収入をダム管理予算の一部に充ててきた。

平成28年度には障害発生未然防止及び早期対応による被害の軽減を目的として、異常検知システムを導入し①水車、②増速機、③発電機の各装置毎にX軸（回転軸方向）、Y軸（上下流方向）、Z軸（垂直方向）の振動を遠方にて計測・監視する環境を構築した。（写真-1）

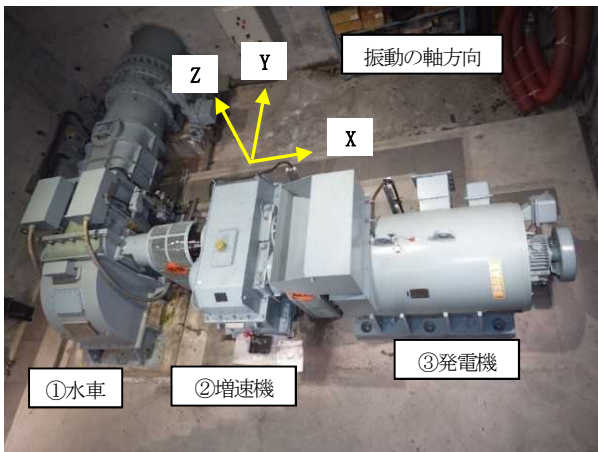


写真-1 室生ダム水力発電設備

## 2. 増速器障害と復旧

### (1) 障害状況

令和2年9月頃より増速機の振動増と異音が確認され、原因調査を行ったところ、増速機軸受けのずれから歯車

が片当たりとなり大きな振動が発生していることが確認された。また、増速機内部の歯面の崩れや軸受け付近から金属片が確認され、突発的なギア等の破損による事故で増速機本体が運転不可に陥る可能性が高まっている状況であった。

### (2) 復旧作業と経過措置

復旧には増速機を更新する必要がある。しかしながら更新完了まで水力発電設備を停止させた場合、売電収入が得られなくなるため、運転をこのまま継続できないか検討を行った。

検討の結果、小流量での運転であれば振動も比較的小さいことから増速機の更新が完了するまでは発電流量0.3~0.4m<sup>3</sup>/sで運転を継続することとした。

## 3. 増速機障害時の振動分析

### (1) 障害の確認方法

各装置の振動の変化は発電流量だけでなく利水バルブ流量の影響も受けるため、振動と関連性がある流量に条件（発電流量1.75m<sup>3</sup>/s、利水バルブ流量0m<sup>3</sup>/s）を設定しその条件下での振動値の変化を図-1にまとめた。

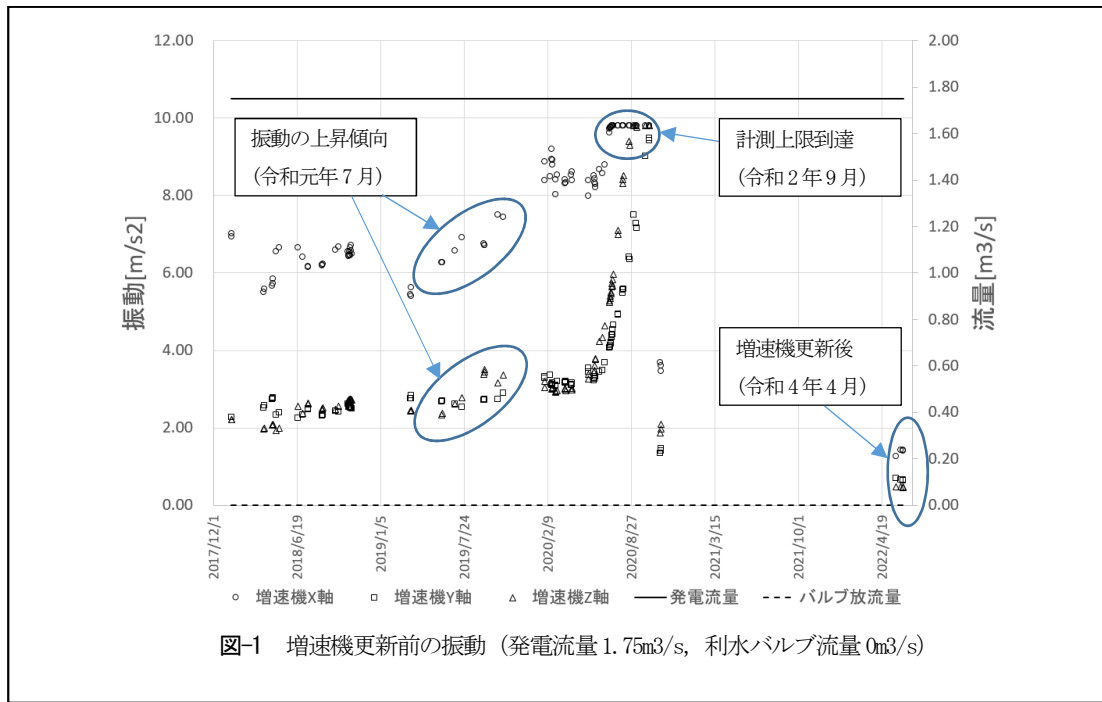


図-1 増速機更新前の振動（発電流量1.75m³/s、利水バルブ流量0m³/s）

(2) 増速機障害時における振動データの分析

増速機の異常振動は令和2年9月に発生したが、過去のデータを遡って確認したところ、令和元年7月頃から増速機の振動が上昇傾向であったことが確認された。以降、緩やかに上昇を続け、令和2年7月には増速機振動X軸、9月には増速機振動Z軸が計測上限である 9.80m/s<sup>2</sup> に到達し、それ以上の振動値変動が確認できない状況となっていた。

4. 異常検知システムの見直し

(1) 当初の監視機能

平成28年度システム導入時の監視機能は、基準値からの変化量を警報値として監視するものであり、基準値は水力発電設備の起動又は発電流量の変更操作毎にその時点の振動値に自動的に再設定していた。

結果として緩やかな振動の変化は異常値として検出されない状態にあった。警報判定イメージを図-2に示す。また、振動の計測上限が 9.80m/s<sup>2</sup> であったために実際の振動値が大幅に計測上限を超えていたにもかかわらず異常振動としての検知が出来ていなかった。

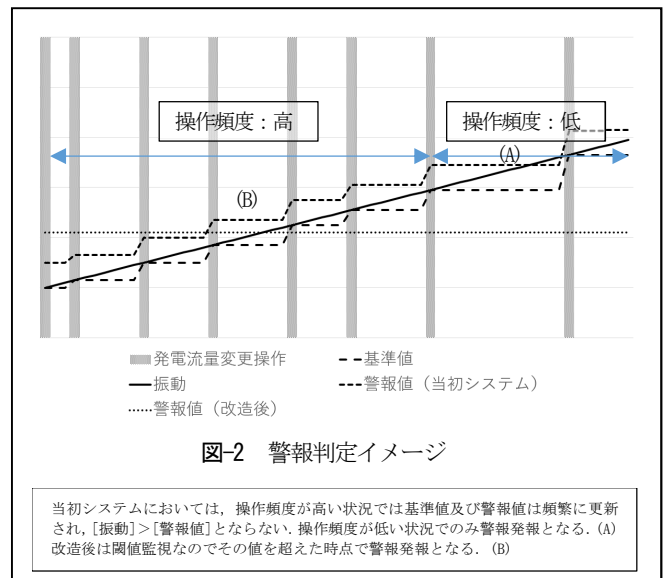


図-2 警報判定イメージ

当初システムにおいては、操作頻度が高い状況では基準値及び警報値は頻繁に更新され、[振動]>[警報値]とならない、操作頻度が低い状況でのみ警報発報となる。(A) 改造後は閾値監視なのでその値を超えた時点で警報発報となる。(B)

この改造により、同様の事象が発生しても早期に異常検知ができるように対応した。

5. 増速機更新後の状況

(1) 振動値の改善

増速機更新後の振動データを図-3に示す。増速機更新後の各振動値は発電および利水バルブの様々な流量条件においてもおおむね 2.00m/s<sup>2</sup> 以下の値に改善され、記

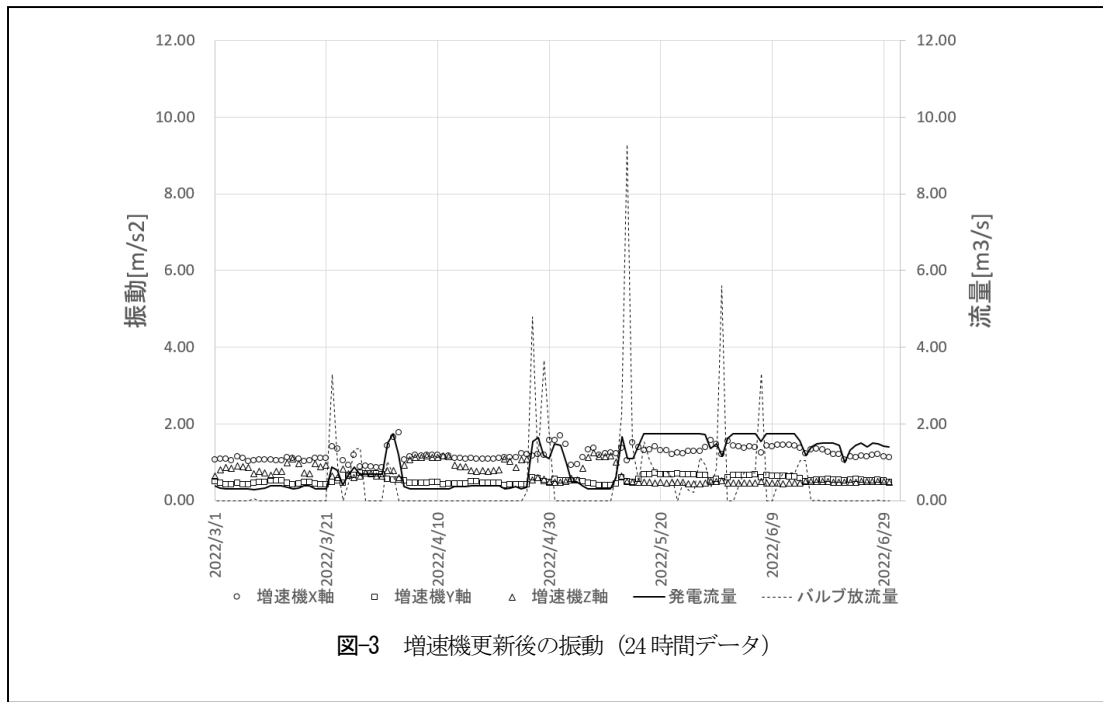


図-3 増速機更新後の振動 (24時間データ)

録が残っている平成29年7月以降、最も低い水準で安定したものとなっている。

## (2) 通常時における振動データの分析

ここでは増速機更新後に得られたデータを基に、発電流量及び利水バルブ流量の変動に対して最も顕著な変化が現れた水車Z軸の振動について次の2つの面からデータの分析を行った。

### a) 時間的な変化

年月日を横軸として発電流量・利水バルブ流量・水車Z軸振動をグラフ化したものを図-4に示す。流量の変動に伴い振動も変動すると概ね想定していたとおりであった。しかし、流量がほぼ変化していないにもかかわらず振動が上昇することがあることも確認された。一時的なものであり、設備の異常等ではないものと判断できる。

### b) 時間的な変化

利水バルブ流量が0m<sup>3</sup>/sのときに限定して発電流量に応じた振動をグラフ化したものを図-5に示す。グラフ上では振動はある程度の塊となって表示されているが、これは発電流量及び利水バルブ流量の同一条件下における振動で概ね近い値になることを示している。また、流量の変動に比例して振動が小さくなる箇所も存在することが確認された。発電流量1.1m<sup>3</sup>/s及び1.3m<sup>3</sup>/sでは塊が2つ現れているが、これはガイドベーンの開閉状況が異なるため発生したものである。当該水車は1/3GVと2/3GVの2つのガイドベーンを有するクロスフロー水車であり、各ガイドベーンの開度によって水量を制御している。発電流量が同じであってもガイドベーン開度が異なる状況が存在し、結果として振動も異なることが確認された。

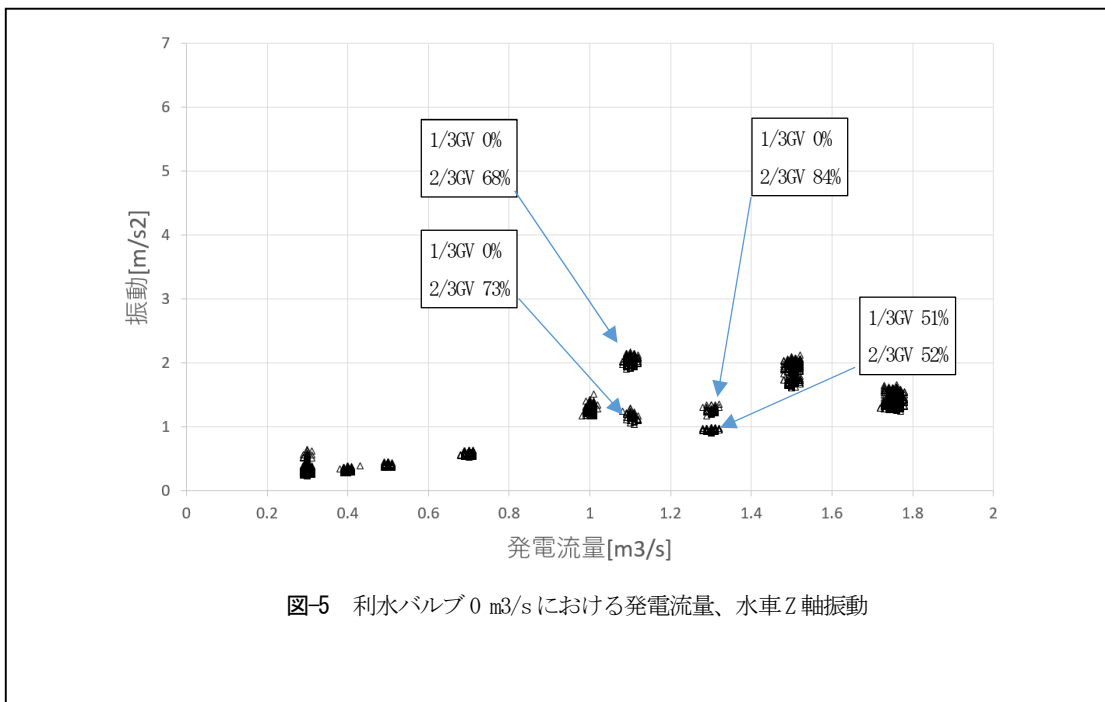
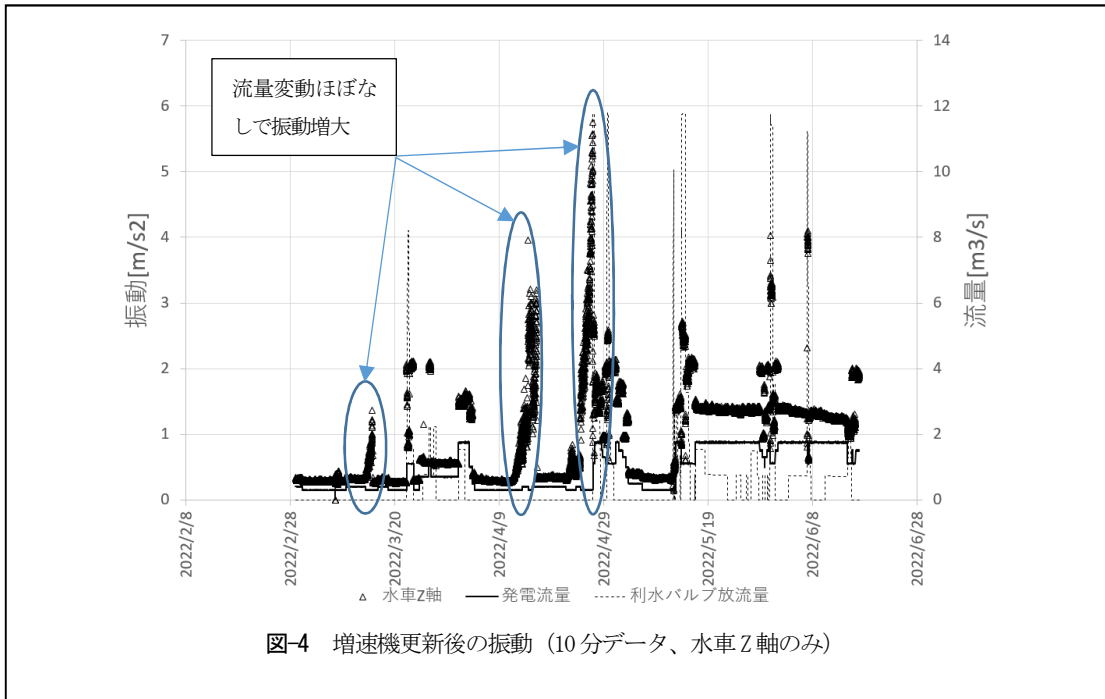
## (3) 警報値の設定

増速機の更新によりギアの噛み合わせ不良は解決し異常振動も改善された。増速機が更新されたことから振動の警報設定値も改めて見直す必要があるが、振動に関する明確な安全数値基準がないため実運用にて振動データの検証をしながら警報設定値を求めていく。現時点においては試行的に警報の閾値を上限値1.70～3.00m/s<sup>2</sup>と4.22m/s<sup>2</sup>の2段階に設定して運用しているが、令和4年3月1日から6月15日までに得られた結果によって、発電流量及び利水バルブ流量に対する各箇所振動の大まかな傾向は見えてきており、最適な警報設定値の決定に向けて検証を継続している。

## 6. 状況まとめと今後の課題等

### (1) まとめ

振動の変化によって異常の判断又は兆候を発見することは可能であるが、予め平常時の状態を把握しておくことが重要である。振動への影響には様々な要素・条件が存在するが、現段階ではすべての状況を把握できていない。今後も様々な条件下でのデータ検証を続けながら、今回得られたデータを基に適切な警報値を設定し障害発生の未然防止又は障害被害の軽減を図っていく。今回分析したデータより、振動データを用いた異常検知システムにより、初期障害の段階でも振動データに変化が見られることが確認できた。また、当初想定していた監視機能では不十分なことがわかり、監視機能を改造すること



により今後は同様の障害が発生しても確実に検知ができるシステムへ見直しを行うことができた。

**(2) 今後の検討課題**

今回は増速機更新後に得られた振動データを基に関連性がある発電及び利水流量のみで検証したが、他にも影響を受けると考えられるガイドベーン開度やダム貯水位、軸受温度などがあり、異常検知精度を上げるにはこれら

の条件下での検証を行う必要がある。検証には長期に渡るデータの蓄積が必要となってくるため継続して検証していく体制を構築して行かなければならない。

**参考文献**

- 1) 石渡俊弘・市川彰浩：水力発電異常検知システムについて，平成30年度近畿地方整備局研究発表会，一般部門（安心・安全） I No.12