

令和7年度ダム水路主任技術者会議

沼ノ倉発電所 導水路越水事象に伴う 水槽余水路ラビリンス堰設計概要について

2026/2/18

報告：東京電力リニューアブルパワー株式会社

目次

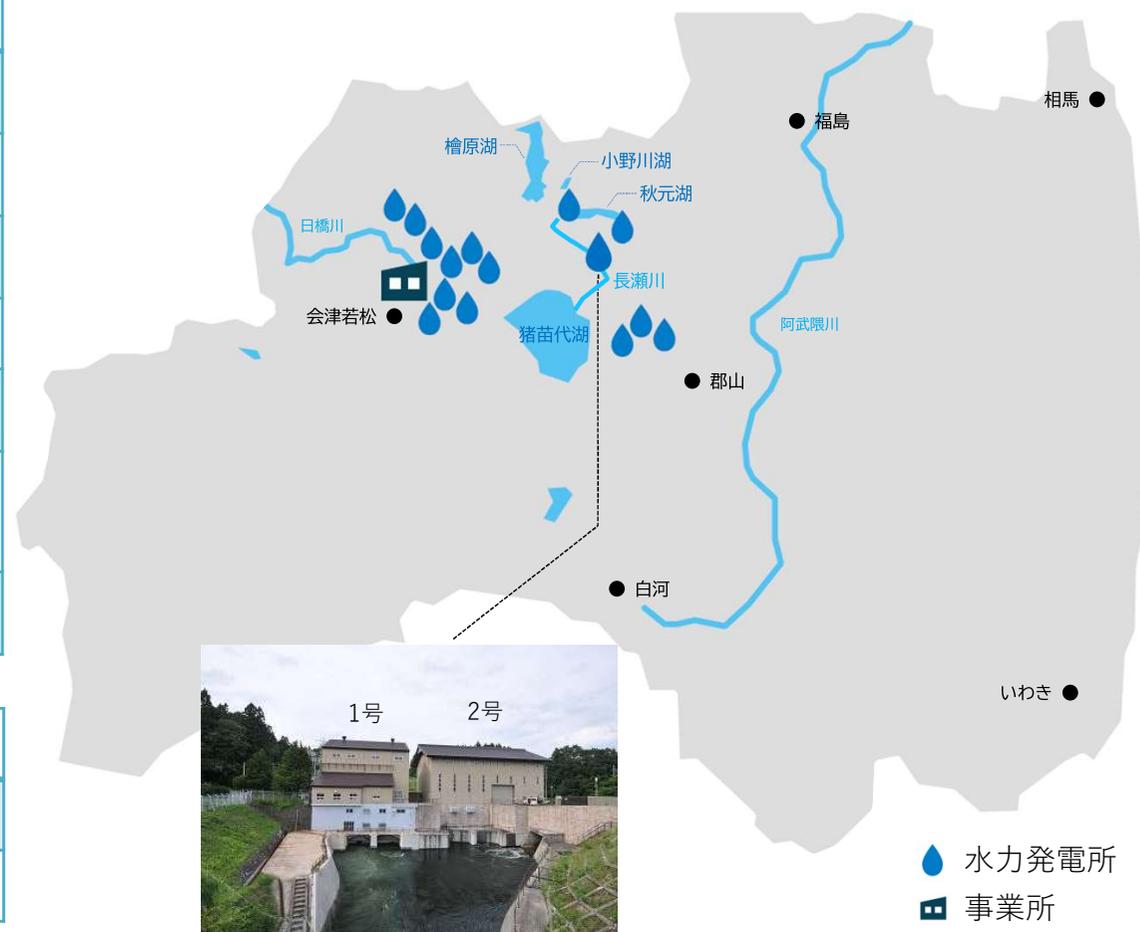
1. 発電所の概要
2. 工事目的
3. 越水事象の概要
4. 対策工検討
5. ラビリンズ堰の設計概要
6. 水理模型実験
7. 総括
8. 工事状況

1.発電所の概要

- 裏磐梯三湖から猪苗代湖に注ぐ長瀬川水系の最下流に位置している
- 2台の水車発電機で構成され、**昭和21年12月に1号機運転開始**、その後、平成10年7月に2号機を増設
- 1号機から起算し約80年間運転を継続してきた
- 合計出力18,900kW 貯水池式の安定電源として活躍

	単位	1号機	2号機	
運開年度	-	昭和21年	平成10年	
出力	kW	10,353	9,216	
使用水量	m ³ /s	40.45	36.40	
有効落差	m	27.61	27.75	
水圧鉄管	延長	m	250.602	246.882
	内径	m	3.504~ 3.800	3.100~ 3.800
	厚さ	mm	8~12	12~22

	単位	
合計出力	kW	18,900
合計使用水量	m ³ /s	76.85



沼ノ倉発電所（福島県猪苗代町）

1.発電所の概要

- 平成10年に実施した長瀬川水系三発電所の再開発により合計最大出力を20%増加
- 沼ノ倉発電所は2号機を増設し、導水路拡幅、水槽余水路の改造を実施



再開発前

秋元発電所
66.85m³/s

21.55m³/s
無効放流

沼ノ倉発電所
#1 : 45.30m³/s



再開発前

再開発後

秋元発電所
76.85m³/s

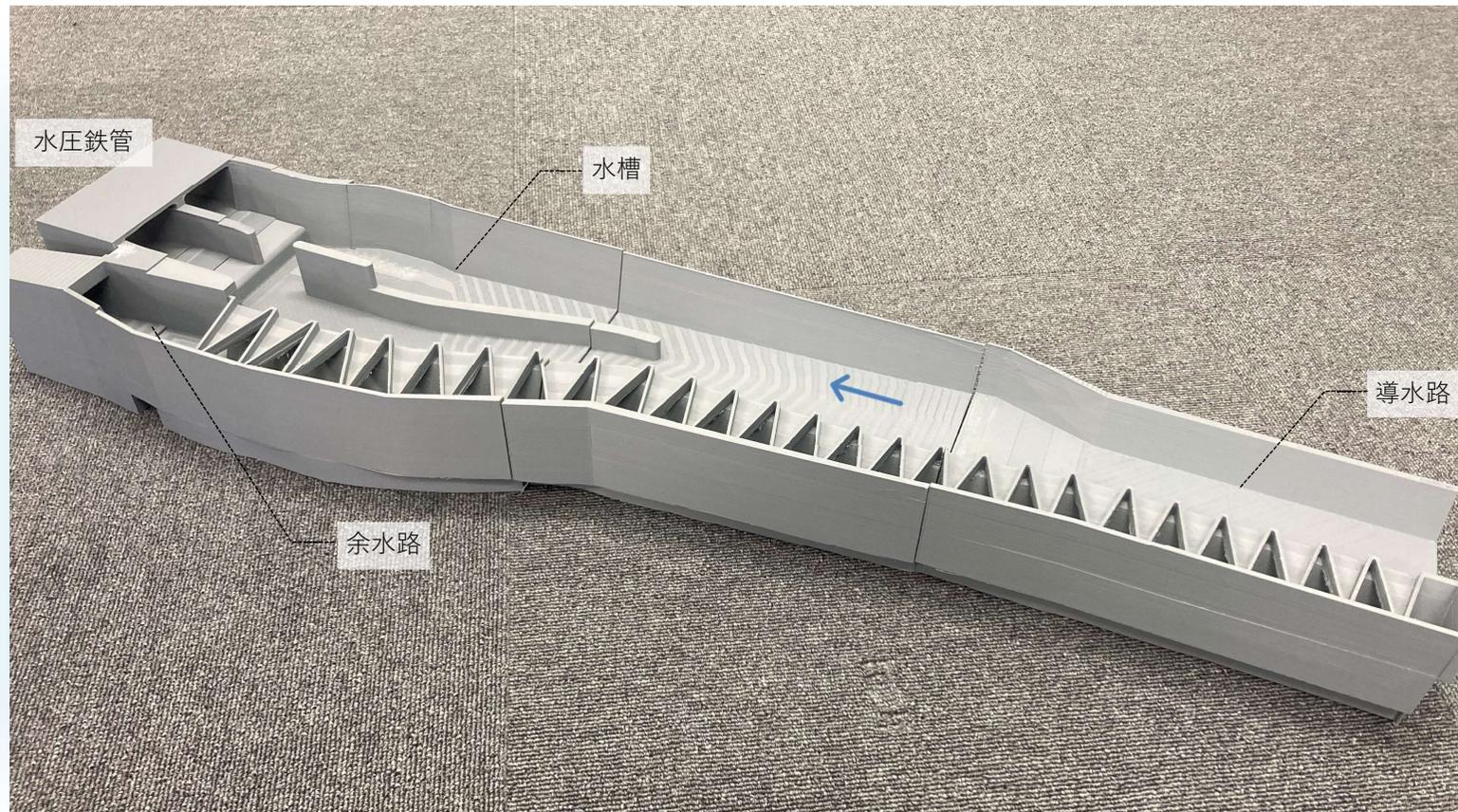
沼ノ倉発電所
#1 : 40.45m³/s
#2 : 36.40m³/s
計 : 76.85m³/s



再開発後

2.工事目的

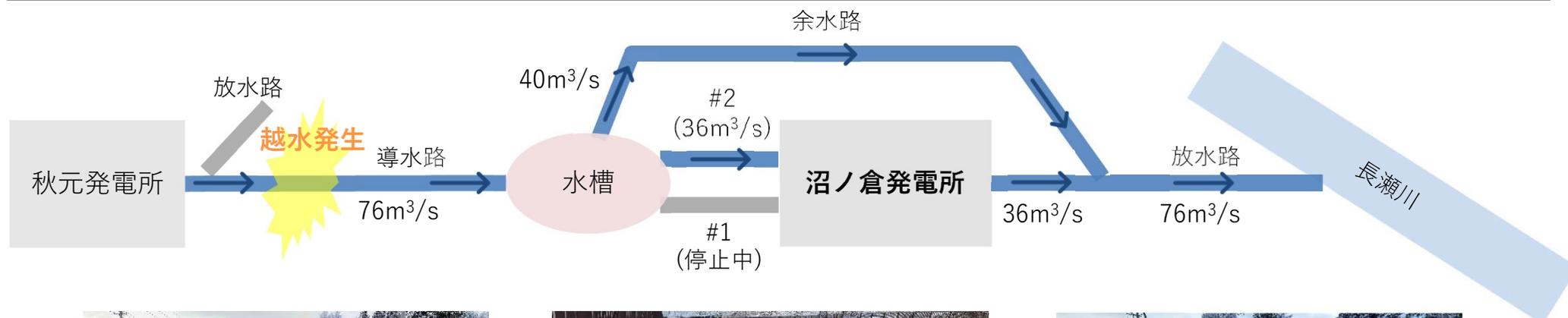
- 2022年3月に発生した、導水路開渠から越水する事故（電気事故報告件名）の対策を行うもの
- 越水事故の要因は、水槽越流水深が上昇し、バックウォーターの影響を受けたこと、導水路水位が上昇したところに、段波が発生したと推定
- ラビリンズ堰を設置し、余水路の流下能力を向上させ越流水深の低減と段波の抑制が目的



ラビリンズ堰模型(1/20)

3.越水事象の概要

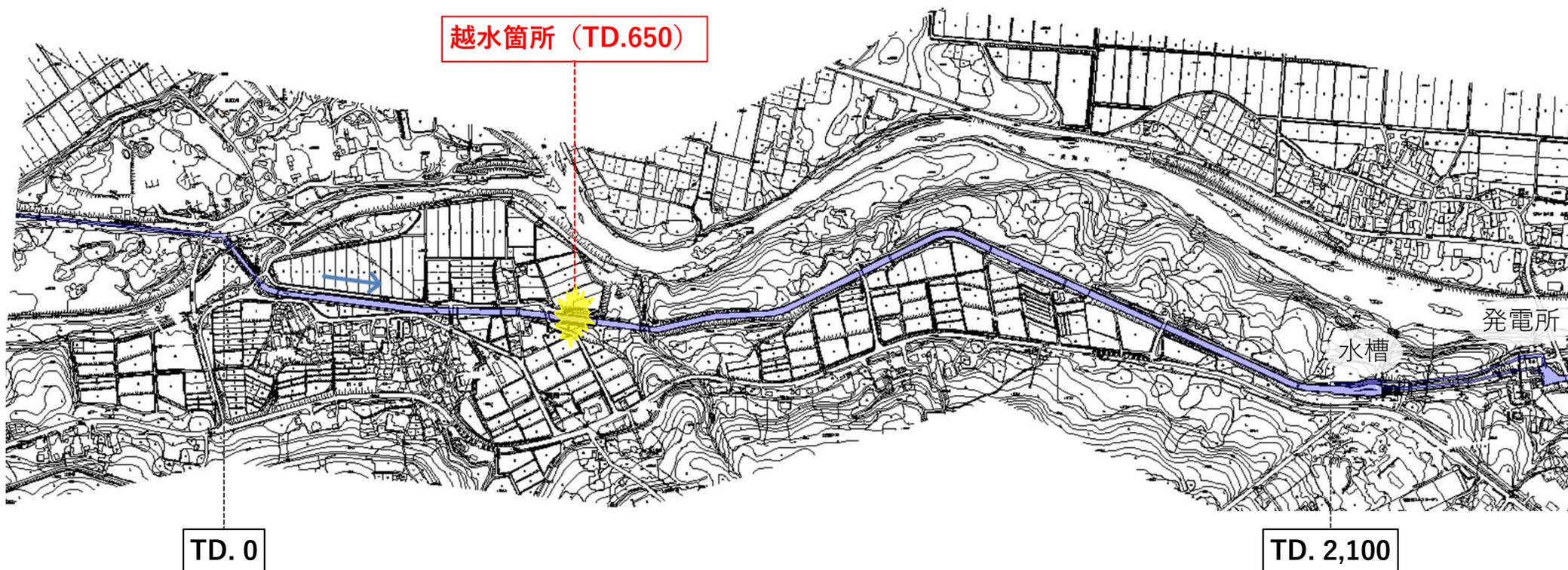
- 2022年3月需給逼迫に対応するため、急遽、沼ノ倉発電所の上流に位置する秋元発電所で段階的に出力を増加させ発電所出力を最大出力付近まで増加
- 沼ノ倉発電所では、1号機主機停止中であったため余水（ $40\text{m}^3/\text{s}$ ）は水槽越流堤を越流させ下流へ流下
- 水槽越流を長時間継続したため、バックウォーターの影響で導水路水位も上昇
- 秋元発電所の増出力に伴い増放流した水が段波として水路を流下
- 導水路左岸より越水が発生



越水後の導水路および周辺状況

3.越水事象の概要

- 側壁天端高さが、設計値より若干低い箇所が存在（東日本大震災の影響と推定）
 - 水路勾配が均一ではなく一部逆勾配となっている範囲あり（建設当時との測量精度の違いと推定）
 - 水路（コンクリート）表面の悪化（粗度係数0.014→0.0175）（水路清掃を行い即時改善）
- ⇒通常運転時（水槽非越流時）における通水能力は十分確保されているものの、発電機トリップ等で**水槽越流が長時間継続した場合**は、バックウォーターの影響で**上流まで水路水位が上昇**することから**水槽越流能力を改善**する対策を行うこととした



4.対策工検討

- 水槽越流能力を増加させ越流水深を低減
- 急激な流水の遮断により発生する段波の抑制
- 維持管理性
- コスト

水槽越流水深の低減と段波抑制効果が期待できる
「ラビリンズ堰案」を採用

比較案	ラビリンズ堰案	SRゲート案	余水路延伸案
概要	<ul style="list-style-type: none"> 水槽越流堤をラビリンズ堰に改造 越流長を長くすることで越流能力を向上 	<ul style="list-style-type: none"> 越流堤の一部をSRゲートに改造 SRゲート部の放流量が大きいいため越流水深の低減が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 越流堤を上流側に延伸するよう改造 越流長を長くすることで越流能力を向上
図	<p>ラビリンズ堰1スパン平面図 ラビリンズ堰設置断面図 ラビリンズ堰設置断面図 ラビリンズ堰設置断面図</p>	<p>SRゲート設置断面図 SRゲート設置断面図 SRゲート設置断面図</p>	<p>余水路延伸断面図 余水路延伸断面図 余水路延伸断面図</p>
評価	<p>既存の余水路を改良し拡大することなく越流長を確保できる 品質管理等、施工監理が多く発生</p>	<p>機械物のため定期的な維持管理が必要 ゲートが倒伏するまでに時間を要し、段波抑制に効果なし</p>	<p>用地確保、用水供給用水管橋の移設等が必要 工事費高騰</p>

・導水路の嵩上げも候補にあったが、水路を横断する橋梁等の移設・嵩上げが必要であり長期間公道を閉塞するため採用不可と判断

5.ラビリンス堰の設計概要

- ラビリンス堰は、平面形状をジグザグ（迷路状）に折り曲げた堰
- 直線堰に比べ、同じ設置幅で越流長を大きく確保できることが最大の特徴
⇒ 限られたスペースで越流長を確保する必要がある現場では非常に有効
- 不等流計算の結果、水槽越流水深が35cm以下であれば水路から越水しない結果となったことから、目標越流水深35cm以下として設計



土村第一発電所 水槽ラビリンス堰



土村第一発電所 水槽ラビリンス堰（通水試験）

【越流量の算出】

以下に越流量を算出する公式を示す。

$$Q = CBH^{3/2} \dots \text{式 (1)}$$

ここに、

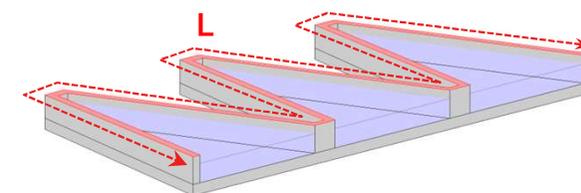
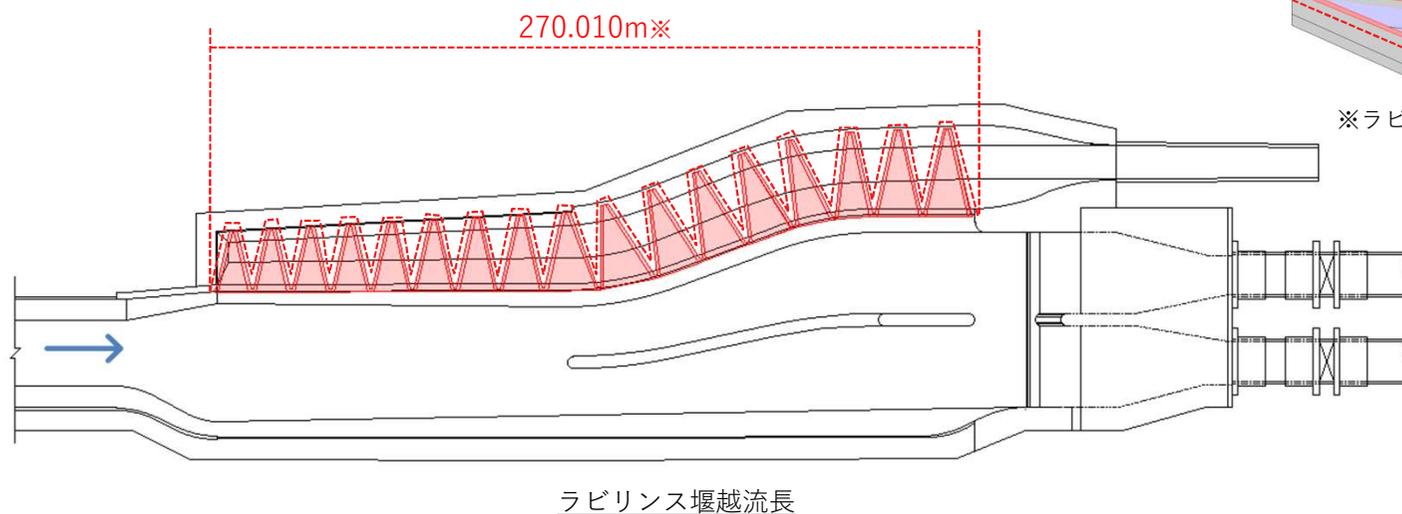
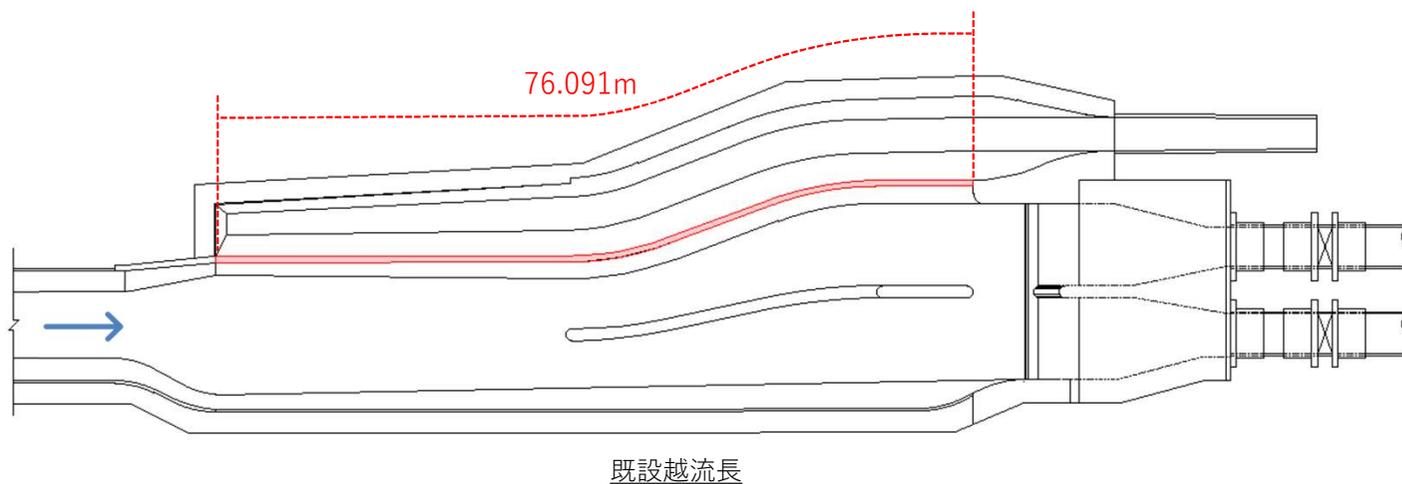
Q：越流量　：76.85(m³/s)　C：流量係数：1.496
B：越流堤長：X(m)　　H：越流水深：0.35 (m)

※流量係数(C)は土村第一発電所水理模型実験結果より引用

式 (1) 変式 $B = \frac{Q}{C \cdot H^{3/2}}$ より、ラビリンス堰の必要延長は「**248.1m**」となる。

6.水理模型実験

- 既設越流部へ17基のラビリス堰を設置し、越流堤長を76.091mから270.010mへ延長し越流水深低減効果を確認する



※ラビリス堰越流長は朱書き部の合計となる

6.水理模型実験

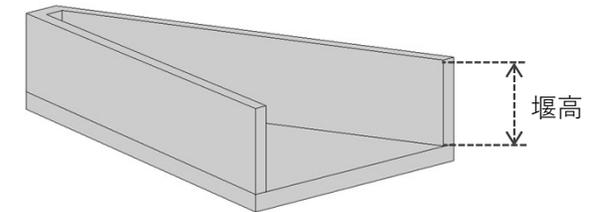
- 模型のスケールは1/20、木製ペンキ仕上げ（底部モルタル仕上げ）
- 水槽より上流100m区間をまで再現
- 既設越流堤およびラビリンズ堰設置後の形状で、 $Q = 5.00\text{m}^3/\text{s} \sim 76.85\text{m}^3/\text{s}$ の範囲で最も厳しい条件となる発電機2台同時トリップを再現
- ラビリンズ堰は、堰高※1.0m、2.0mの2パターンで実験、目標越流水深35cm以下



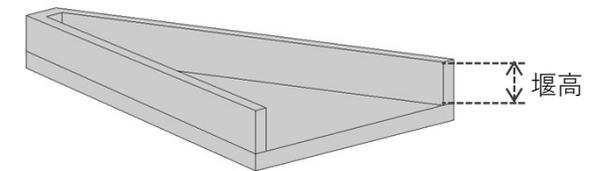
既設堰水理模型



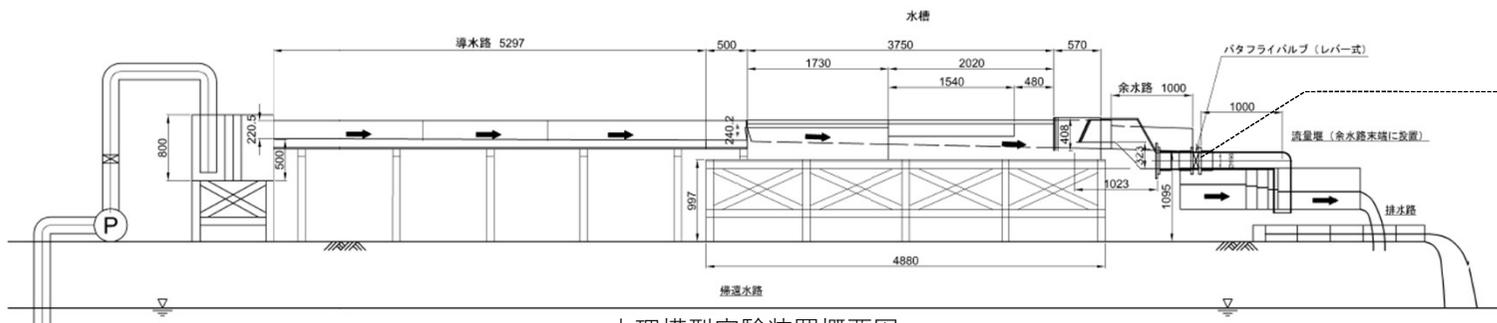
ラビリンズ堰水理模型



(堰高2.0m)



(堰高1.0m)



水理模型実験装置概要図



バタフライバルブ

6.水理模型実験

実験結果一覧

- 既設堰では流量30m³/sを超えるあたりから目標値0.35mを超過した
- ラビリンス堰2パターンでは越流水深低減効果はみられたものの目標値は達成せず
- 検討ケース1, 3では段波の発生を確認

case1	流量 (m ³ /s)	越流水深 (m)	case2	流量 (m ³ /s)	越流水深 (m)	case3	流量 (m ³ /s)	越流水深 (m)
既設堰	5.0	0.118	ラビリンス堰 (堰高2.0m)	5.0	0.092	ラビリンス堰 (堰高1.0m)	5.0	0.084
	10.0	0.198		10.0	0.112		10.0	0.102
	15.0	0.250		15.0	0.134		15.0	0.118
	20.0	0.302		20.0	0.148		20.0	0.142
	30.0	0.386		30.0	0.186		30.0	0.184
	40.0	0.462		40.0	0.220		40.0	0.224
	50.0	0.528		50.0	0.254		50.0	0.264
	60.0	0.588		60.0	0.296		60.0	0.304
	70.0	0.646		70.0	0.448		70.0	0.344
	76.85	0.686		76.85	0.824		76.85	0.506

6.水理模型実験

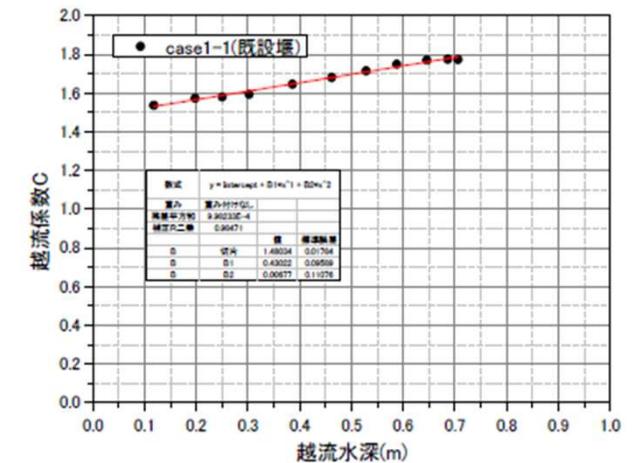
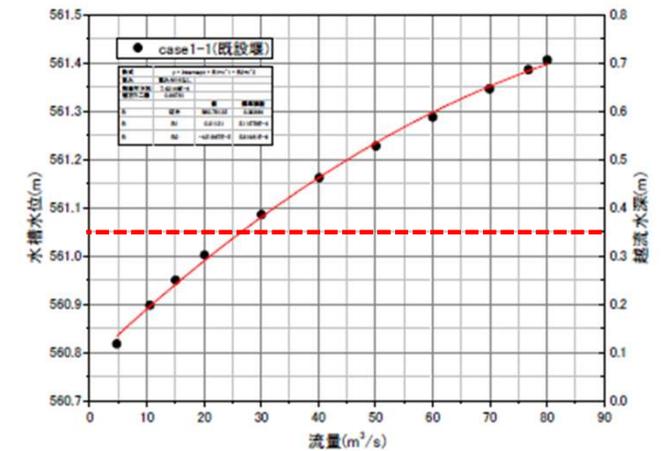
【既設堰実験結果】

- ・ 流量30m³/s時点で目標越流水深を超過し、最大取水量では0.686mに到達
- ・ 段波が発生し模型水路より越水を確認



項目	結果
越流水深	0.686m
段波の有無	あり（模型水路より越水あり）
流量係数（C）	1.775
判定	×

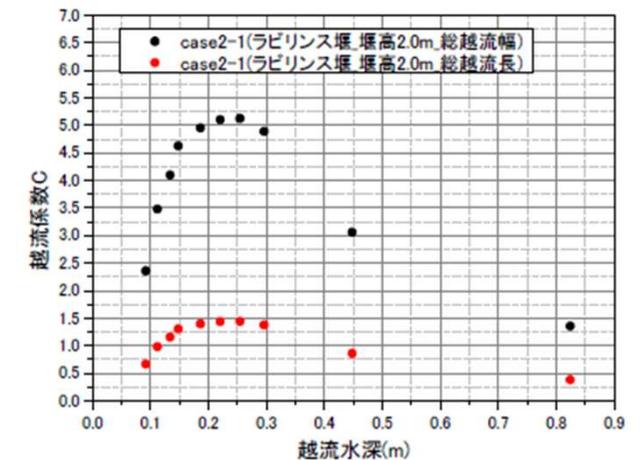
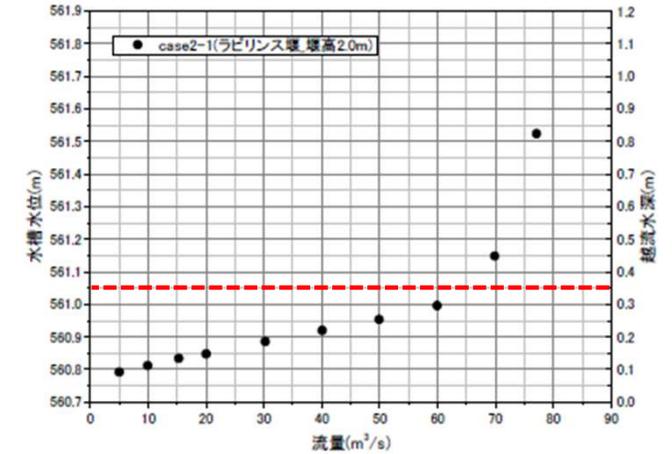
最大取水量(76.85m³/sでの実験結果)



6.水理模型実験

【ラビリンス堰（堰高2.0m）実験結果】

- ・流量70m³/s時点で目標越流水深を超過し、最大取水量では0.824mに到達、既設堰よりも水深が高くなった。上流側のラビリンス堰が水没し、余水路の水位が高くなることが確認された



項目	結果
越流水深	0.824m
段波の有無	なし
流量係数 (C)	0.382
判定	× (越流水深超過ただし段波の抑制に効果あり)

最大取水量(76.85m³/sでの実験結果)

6.水理模型実験

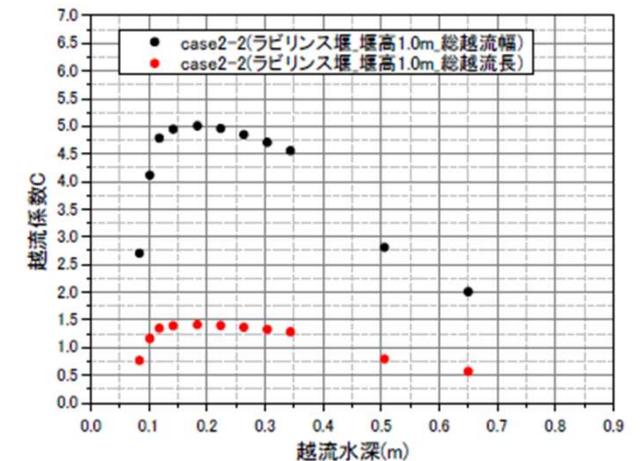
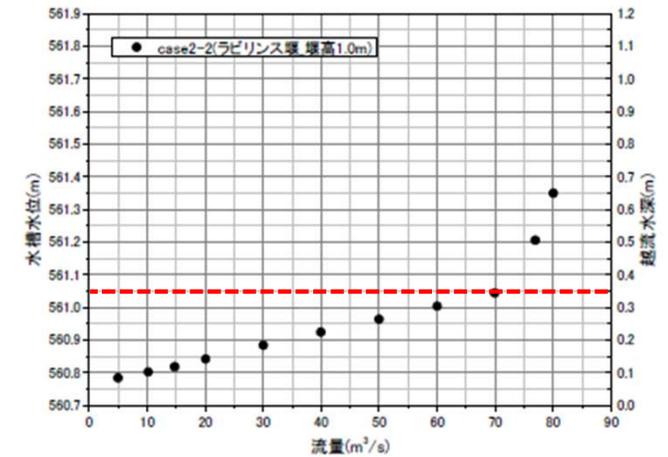
【ラビリンス堰（堰高1.0m）実験結果】

- ・最大取水量で目標越流水深を超過し、0.506mに到達、越水には至らないが段波の発生を確認。依然、上流側のラビリンス堰が水没する状況



項目	結果
越流水深	0.506m
段波の有無	あり（模型水路からの越水はなし）
流量係数（C）	0.566
判定	×（越流水深超過、若干の段波の抑制効果あり）

最大取水量(76.85m³/sでの実験結果)



6.水理模型実験

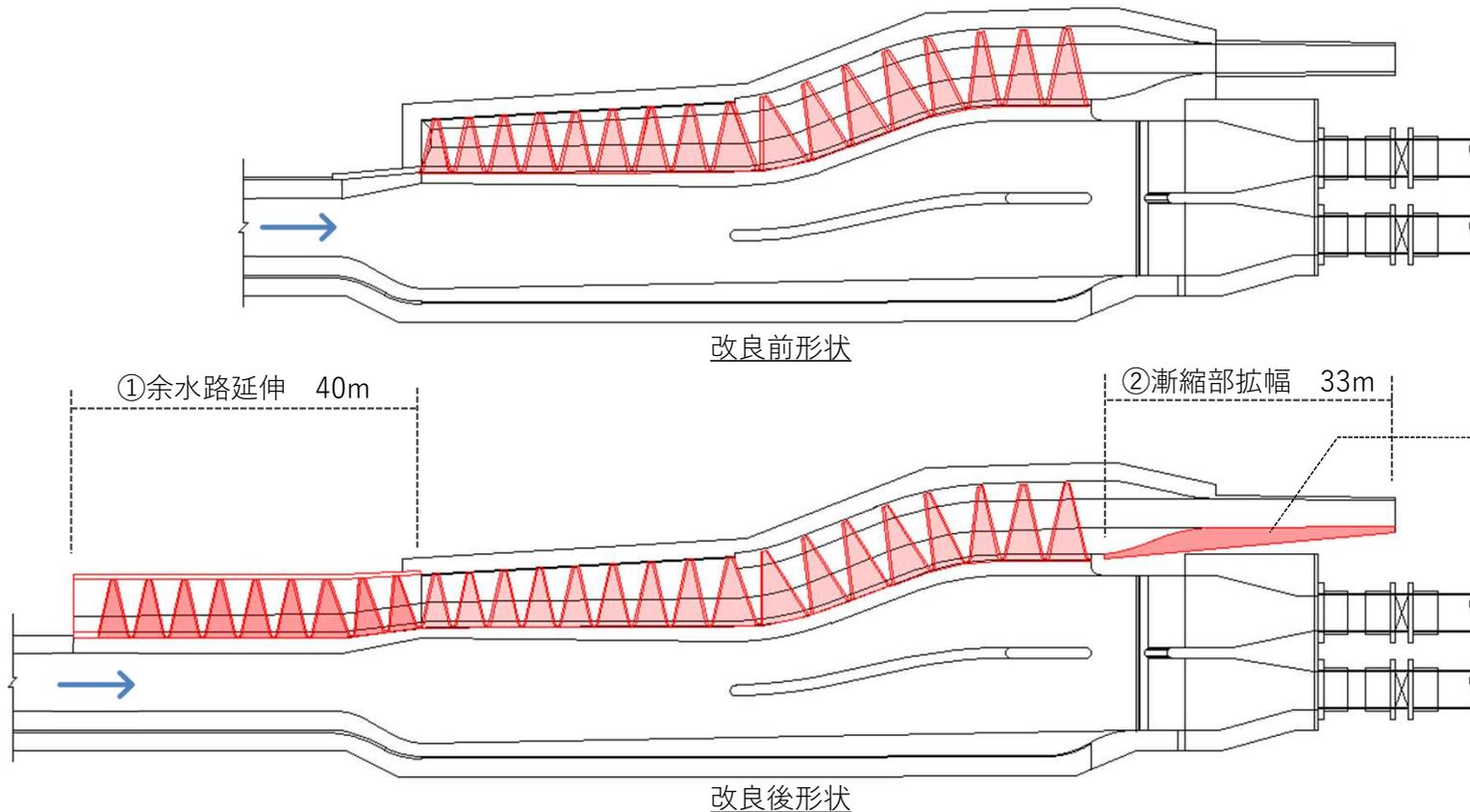
- 水理模型実験の結果、目標水深を達成しないことから次の通り改良を計画した。なお、各改良の効果を確認するため、①、①+②の順に試験を行った

①上流40m区間延伸、ラビリンス堰増設

→越流能力を向上させ、トリップ時の瞬間的な水位上昇を抑え段波の低減を図る

②下流漸縮部拡幅

→既設水路水位がせり上がりラビリンス堰が水没するため、水の流れが阻害されている漸縮部の拡幅を行い水路水位の低減を図る

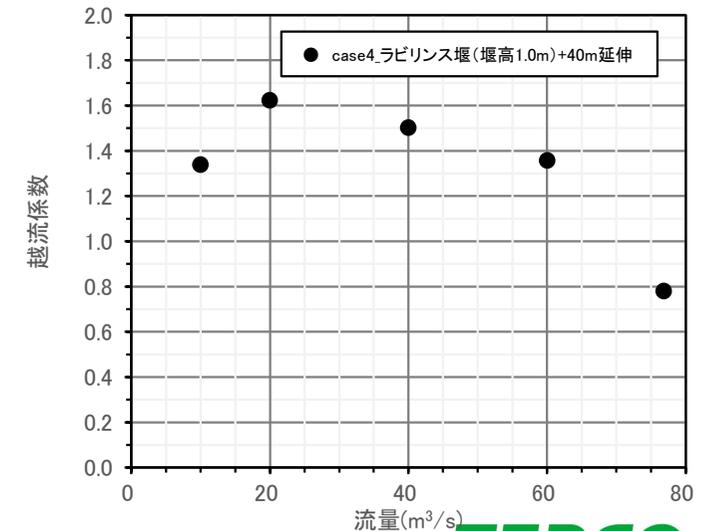
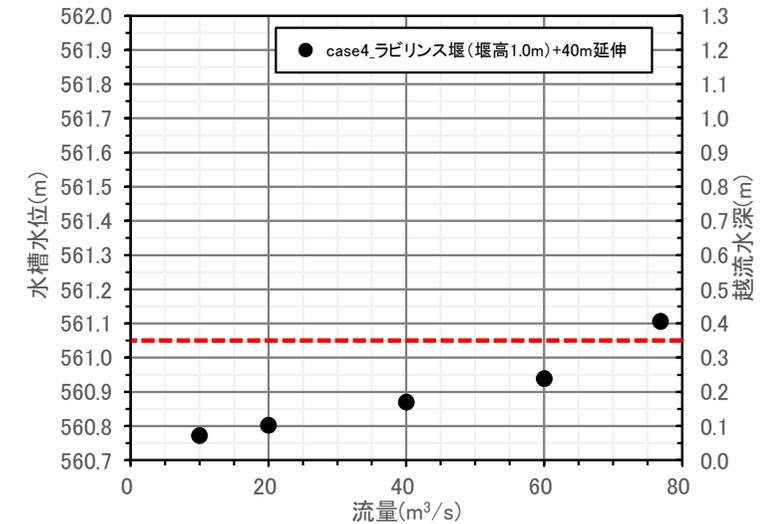


漸縮部状況

6.水理模型実験

【ラビリンス堰（堰高1.0m）+40m延伸 実験結果】

- ・ 上流延伸の効果は確認できるが、最大取水量で目標越流水深を超過し0.406mに到達、越水には至らないが段波の発生を確認。依然、上流側のラビリンス堰が水没する状況



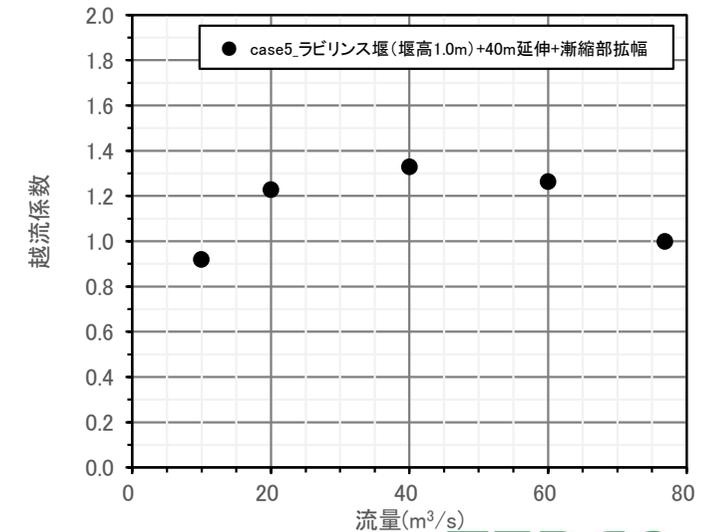
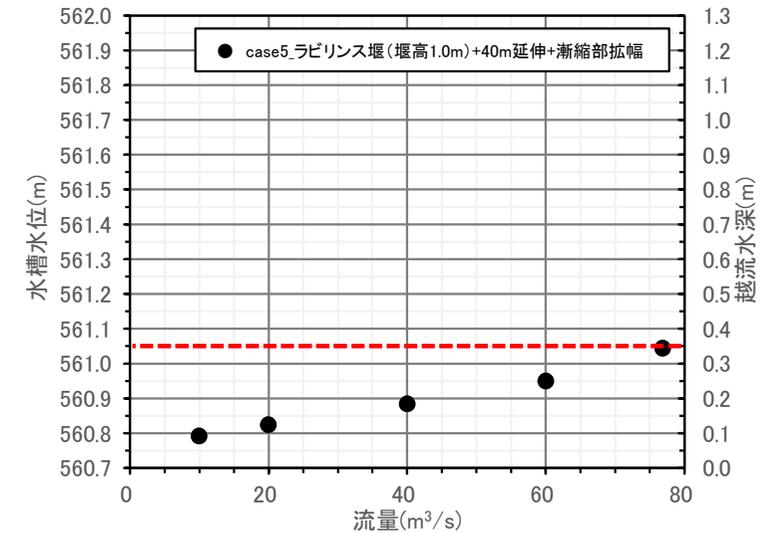
項目	結果
越流水深	0.406m
段波の有無	ほとんどなし
流量係数 (C)	0.779
判定	× (越流水深超過、若干の段波の抑制効果あり)

最大取水量(76.85m³/sでの実験結果)

6.水理模型実験

【ラビリンス堰（堰高1.0m）+40m延伸+漸縮部拡幅 実験結果】

- ・最大取水量で越流水深0.344mとなり目標値を下回る。また、段波の発生を大幅に抑制することを確認
上流側のラビリンス堰は水没するが、水の流れは確保できている状況



項目	結果
越流水深	0.344m
段波の有無	ほとんどなし
流量係数 (C)	0.999
判定	○ (目標水深達成、段波の抑制効果あり)

最大取水量(76.85m³/sでの実験結果)

7.総括

- 上流延伸の効果として「段波の抑制」、下流漸縮部拡幅の効果として「越流水深の低減」が確認でき、目標越流水深を達成したことからラビリンス堰改良形状を決定した
- 今回の実験では、ラビリンス堰の堰高を変化させ段波に与える影響を確認した。堰高が高いと、余水路側に張り出すラビリンス堰の容量も大きいため、トリップ時にヘッドタンクの当該部分で吸収される段波の量が増加する。また、越流係数が大きいため、越流時に堰からの越流量が増加する。以上の影響より、堰高が大きい方が導水路を遡上する段波を減衰させる効果があることが確認できた

case4	流量 (m ³ /s)	越流水深 (m)
ラビリンス堰 (堰高1.0m) +40m延伸	10.0	0.072
	20.0	0.102
	40.0	0.170
	60.0	0.238
	76.85	0.406

case5	流量 (m ³ /s)	越流水深 (m)
ラビリンス堰 (堰高1.0m) +40m延伸+漸縮部拡幅	10.0	0.092
	20.0	0.124
	40.0	0.184
	60.0	0.250
	76.85	0.344

8.工事状況

既設越流堤、側壁等の除却工事を施工中
2026年度中の運転再開を目標に安全第一で進めてまいります

