

資 料 番 号	1
新技術の名称 官 民 連 携	取水堰及び洪水吐用ラビリンスゲートユニットの開発

研究開発の概要（取水堰及び洪水吐用ラビリンスゲートユニットの開発）

1. 研究開発の概要

ラビリンス堰の放流能力の高さに着目し、水源・取水施設の低コスト化等を図るため、ラビリンス堰の開発を行う。

2. 導入効果

- ・かんがい用の貯水池であるため池、フィルダムにおいて洪水流量をダム下流へ安全に流下させるための構造物である洪水吐きの低コスト化
- ・洪水吐き設備建設の工期短縮

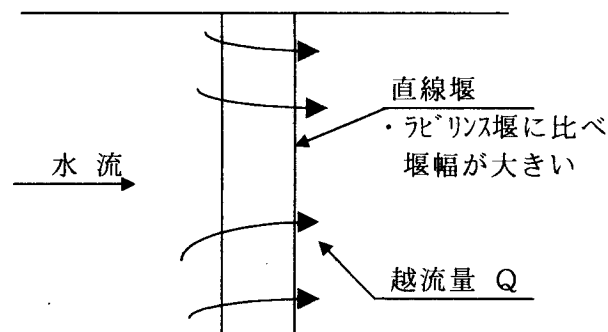
3. 今年度研究成果

- ・ラビリンス堰の放流能力の把握
- ・ラビリンス堰最適形状の決定
- ・洪水吐き用ラビリンスユニット概略設計終了
- ・成果に基づく特許出願申請

4. 従来技術との比較

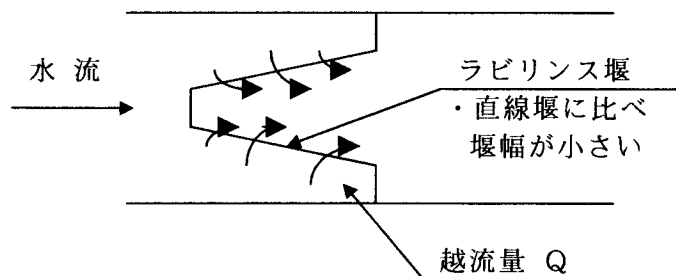
従来技術

ラビリンス堰と比較して、同一堰幅当りの放流能力が低いため、同流量の水を流すときの堰幅が大きくなる。



新技術

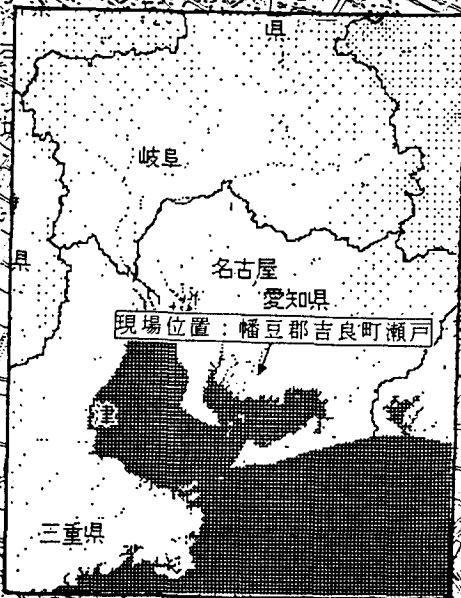
従来の直線堰と比較して、同一堰幅当りの放流能力が高いため、同流量の水を流すときの堰幅が小さくて済む。



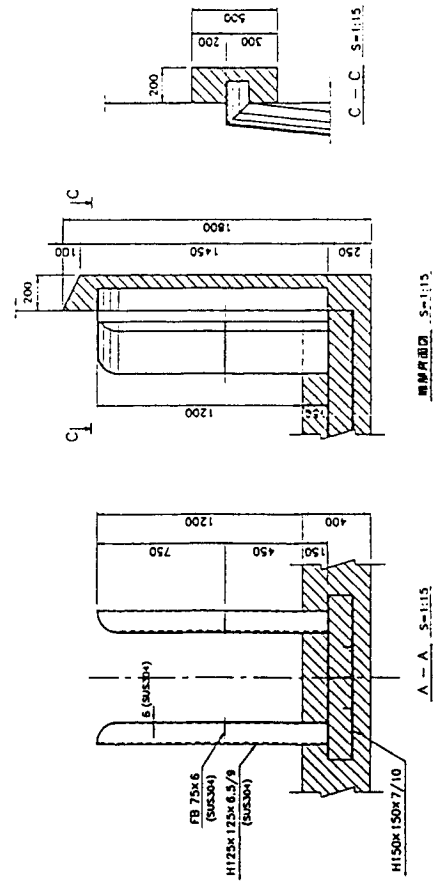
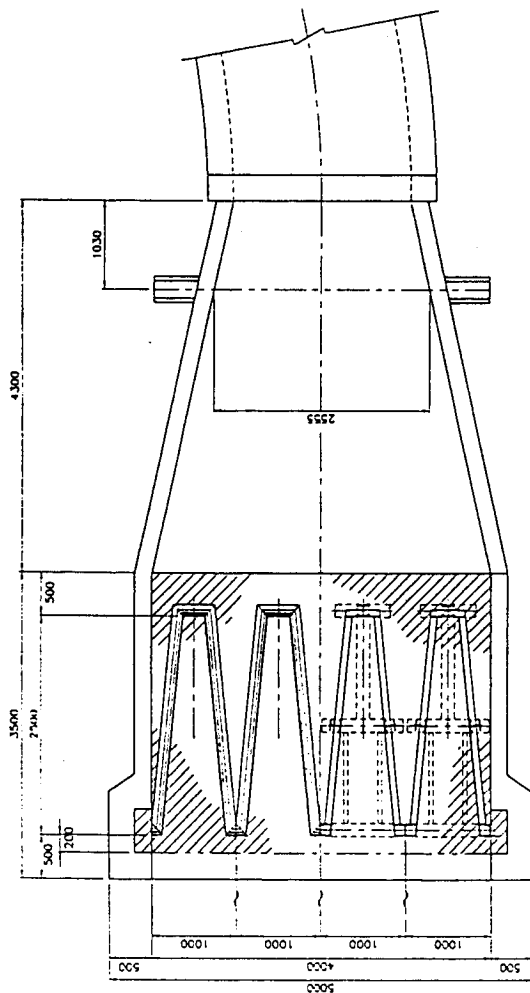
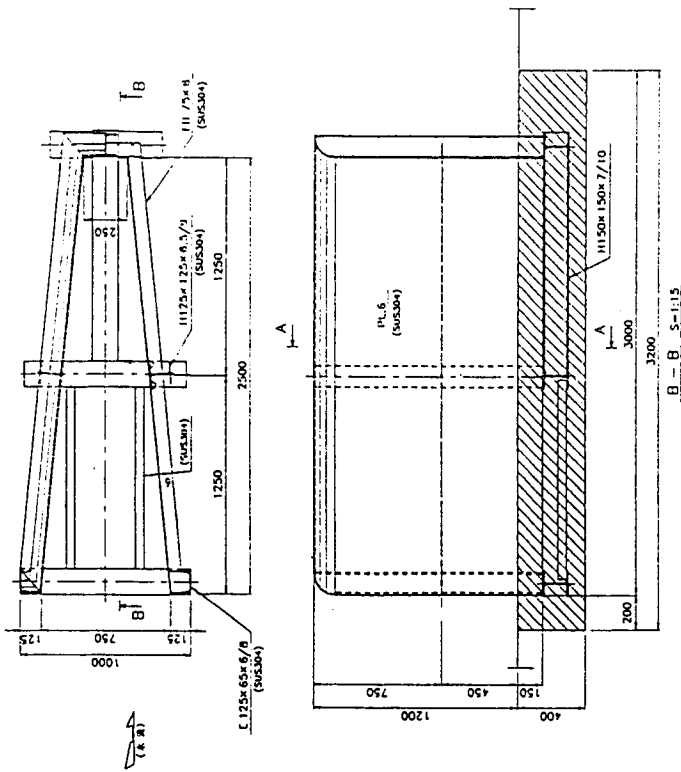
5. 参加研究組合

石川島播磨重工業株式会社、株式会社栗本鐵工所、株式会社丸島アクアシステム

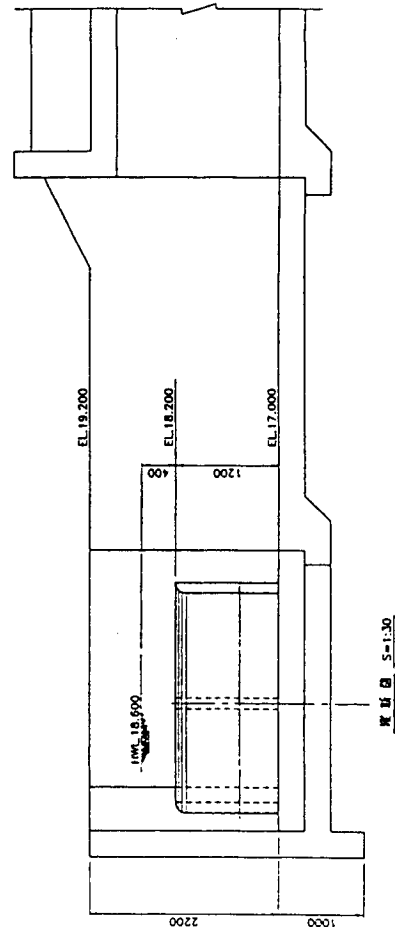
位置図



施工位置 (雨池)



平面図 S=1:30



断面図 S=1:30

実証試験 雨池ラビンス写真

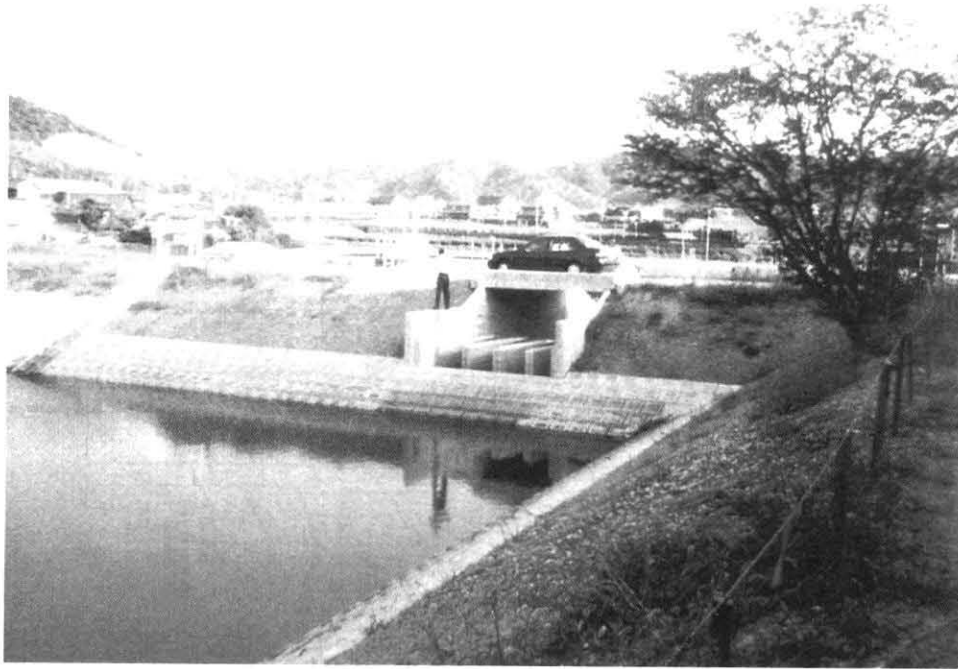


写真 現地完成写真（運用中：遠景）

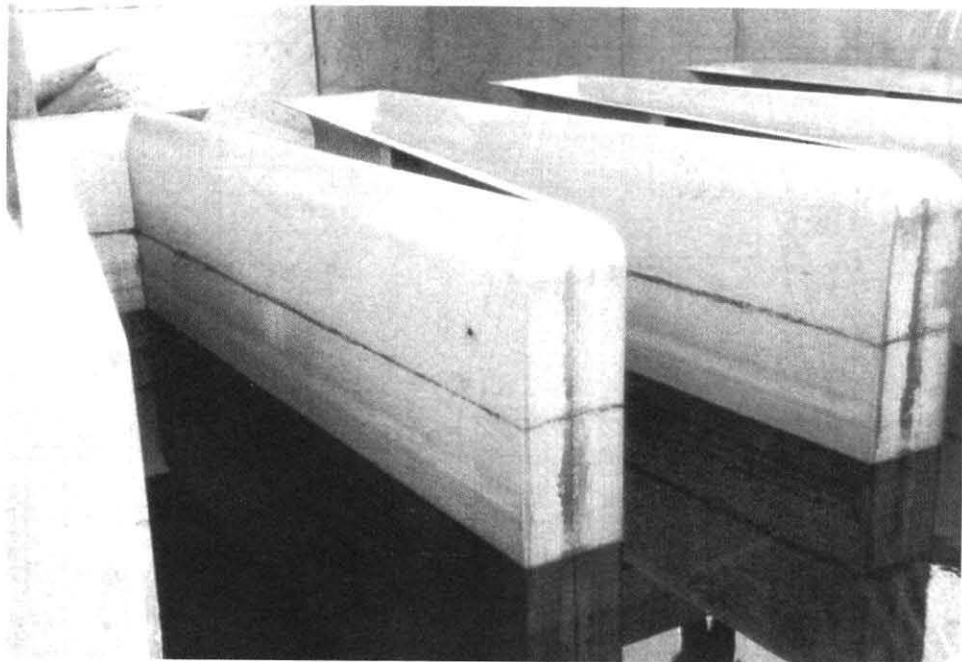


写真 現地完成写真（運用中：近景）



写真一 締結完了



写真一 製品セット後全景 1

[設計参考資料]

1. ラビリンス堰

1-1 ラビリンス堰の効果

ラビリンス堰は、図-1. 1に示すように越流部がジグザグ形状をした越流堰で、単位堰幅当たりの越流長さが従来の直線堰と比較して長く取れることより、格段の放流能力を有している。

よって、この特性を利用することにより次の効果を得ることができる。

1) 堰幅縮小効果

越流幅（堰幅）を小さくすることができる。

2) 越流水深低減効果

越流水深を小さくすることができる。

3) 放流能力増大効果

従来と同堰幅の設備において、放流量を大きくすることができる。

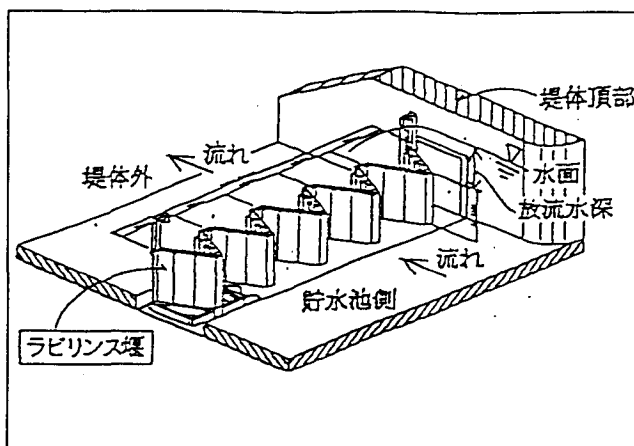


図-1. 1 ラビリンス堰 概要図

1-2 効果の応用

前項の効果をため池、調整池等の洪水吐改修や新設に応用することで、以下に述べるメリットが得られる。

1) 設備の小規模化 堰幅縮小効果 の応用

設備を小規模にすることができるということは、新設設備においては地山掘削土工費や基礎処理費、法面 施工費、法面維持管理費を縮減できるということである。おおよそラビリンス堰を適用することで図-1. 2に示すように条件によっては堰幅を直線堰の1/2程度以下にすることができる。

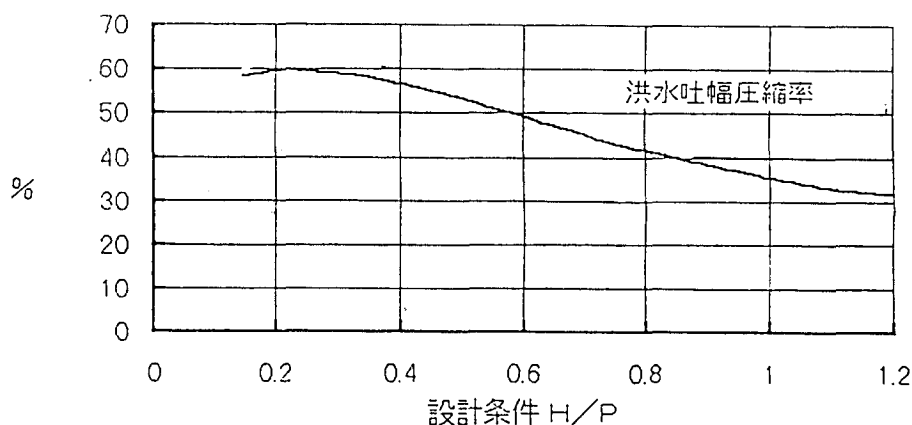


図-1. 2 ラビリンス堰の堰幅縮小効果の一例

($R/T=2/3$ $T/P=0.3$ $A/W=0$ $L/W=4$)

解説 H：越流水深 P：堰 高 R：堰上端のR

T：堰厚み W：1周期当たりの幅 L：1周期当たりの越流長さ

A：水流に対して直角な越流長さの半分

圧縮率60%とは10mの堰ならば4mにすることができるということ

2) 貯水容量の増大 **越流水深低減効果** の応用

$\text{設計洪水位} - \text{堰天端標高} = \text{越流水深}$ であることより、越流水深が小さくなるということは堰天端標高が高くなるということである。（注：設計洪水位は一定）通常、堰天端標高が常時満水位であるので、このことは貯水容量が増大するということに他ならない。既設貯水池においては、堤防の嵩上げなしに貯水容量を増大させることができる。

3) 堤高の低減 **越流水深低減効果** の応用

$\text{設計洪水位} - \text{堰天端標高} = \text{越流水深}$ において、天端標高（＝貯水容量）が不変のものとして越流水深が小さくなると、設計洪水位が下がる。堤防の高さは設計洪水位において決定されるものであるので、設計洪水位が下がるということは堤防の高さを抑え、築堤コストを大幅にダウンすることができるということになる。

4) 安全性の向上 **放流能力増大効果** の応用

ラビリンス堰を適用することで設備規模を変えずに放流量を増やすことができ、これにより設備の安全性を容易に高めることができる。

設備の設置目的、既設であるか、新設であるかによって当然ながら狙いは違ってくるが、いずれの場合もラビリンス堰の適用ということで、従来とは異なるアプローチの仕方ができるということが重要である。

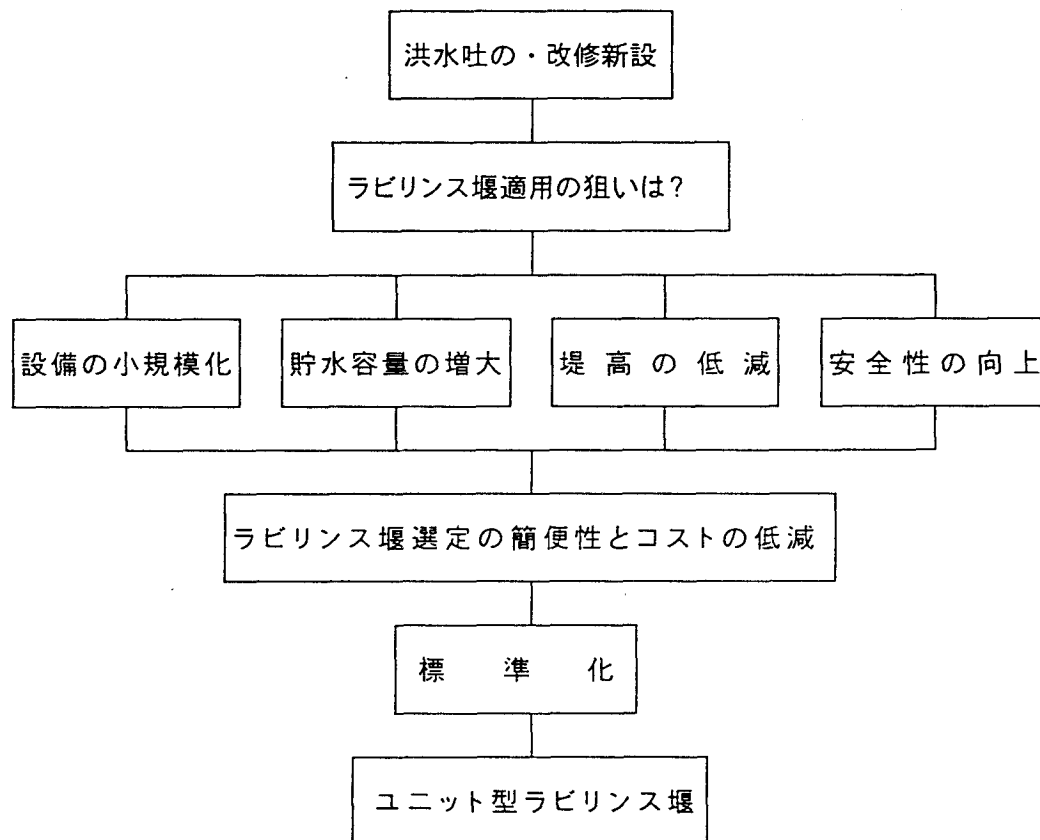
2. ユニット型ラビリンス堰

2-1 ユニット型ラビリンス堰の考え方

ラビリンス堰を現場に適用する形としてはコンクリート製、鋼製が考えられるが、ため池や調整池規模の設備においては”省スペース”ということが重要なポイントとなる。すなわち、ギザギザの数を多く（＝高密度）するためには、堰の厚みを薄くせざるを得ないということになり、鋼製でなければ造ることが難しいことになる。

鋼製ということになれば工場で製作することになり、現地作業は製品をセットするだけとなるのですみやかな現場施工が可能となる。

さらに、設備毎に特性試験を行い設計を行うこという手間を省くために、「ユニット化」という概念を導入し、あらかじめ特性を検証した形状で量産し、選定の簡便性とコストの低減を図ったものが「ユニット型ラビリンス堰」である。



図ー2. 1 ユニット型ラビリンス堰の流れ

2-2 標準ユニット

標準ユニットとしては下記の前提条件をもとに、2タイプのユニットを決定している。

- ・搬送、据え付けに適した大きさ、重量であること。
- ・入手が容易な材料であること。
- ・設置後のメンテナンスが不要となるようにすること。

	I 型 ユ ニ ッ ト	II 型 ユ ニ ッ ト																	
形 状 図	堰高 P=1000	堰高 P=1000																	
使 用 区 分	上下流にスペースがないような比較的小規模な設備向け	スペースに余裕がある比較的大規模な設備向け																	
放 流 量 計 算 式	$Q = n \cdot C_{wr} \cdot W1 \cdot H^{1.5}$ ここに Q : 放流量 (m^3/s) n : ユニット個数 C_{wr} : 越流幅当たりの越流係数 (下表参照) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>条 件</th><th>C_{wr} 算 定 式</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">I 型</td> <td>$H/P=0.190 \sim 0.373$</td> <td>$C_{wr}= 26.99(H/P)^2 - 27.07(H/P) + 11.31$</td> </tr> <tr> <td>$H/P=0.373 \sim 0.733$</td> <td>$C_{wr}= 5.627(H/P)^2 - 10.39(H/P) + 8.033$</td> </tr> <tr> <td>$H/P=0.733 \sim 1.049$</td> <td>$C_{wr}= 1.768(H/P)^2 - 4.971(H/P) + 6.131$</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">II 型</td> <td>$H/P=0.210 \sim 0.294$</td> <td>$C_{wr}= 17.03(H/P)^2 - 18.94(H/P) + 10.80$</td> </tr> <tr> <td>$H/P=0.294 \sim 0.561$</td> <td>$C_{wr}= 6.473(H/P)^2 - 12.45(H/P) + 9.790$</td> </tr> <tr> <td>$H/P=0.561 \sim 1.070$</td> <td>$C_{wr}= 3.271(H/P)^2 - 8.253(H/P) + 8.440$</td> </tr> </tbody> </table> H : 越流水深 (m) W1 : ユニット一個の実越流幅 (= 0.75m : I 型) (= 1.752m II 型) P : 堰高 (= 1.0 m : 共通) W : ユニット幅 (サイクル幅)			条 件	C_{wr} 算 定 式	I 型	$H/P=0.190 \sim 0.373$	$C_{wr}= 26.99(H/P)^2 - 27.07(H/P) + 11.31$	$H/P=0.373 \sim 0.733$	$C_{wr}= 5.627(H/P)^2 - 10.39(H/P) + 8.033$	$H/P=0.733 \sim 1.049$	$C_{wr}= 1.768(H/P)^2 - 4.971(H/P) + 6.131$	II 型	$H/P=0.210 \sim 0.294$	$C_{wr}= 17.03(H/P)^2 - 18.94(H/P) + 10.80$	$H/P=0.294 \sim 0.561$	$C_{wr}= 6.473(H/P)^2 - 12.45(H/P) + 9.790$	$H/P=0.561 \sim 1.070$	$C_{wr}= 3.271(H/P)^2 - 8.253(H/P) + 8.440$
	条 件	C_{wr} 算 定 式																	
I 型	$H/P=0.190 \sim 0.373$	$C_{wr}= 26.99(H/P)^2 - 27.07(H/P) + 11.31$																	
	$H/P=0.373 \sim 0.733$	$C_{wr}= 5.627(H/P)^2 - 10.39(H/P) + 8.033$																	
	$H/P=0.733 \sim 1.049$	$C_{wr}= 1.768(H/P)^2 - 4.971(H/P) + 6.131$																	
II 型	$H/P=0.210 \sim 0.294$	$C_{wr}= 17.03(H/P)^2 - 18.94(H/P) + 10.80$																	
	$H/P=0.294 \sim 0.561$	$C_{wr}= 6.473(H/P)^2 - 12.45(H/P) + 9.790$																	
	$H/P=0.561 \sim 1.070$	$C_{wr}= 3.271(H/P)^2 - 8.253(H/P) + 8.440$																	

使 用 材 質	接水面：ステンレス鋼（SUS304） 埋設部：一般構造用圧延鋼材（SS400）
準 拠 基 準	水門鉄管技術基準
留 意 点	1) 選定の際のサイクル数は（ユニットの数）は正数倍 2) 貯水池凍結により荷重は見込んでいない。凍結する場合は別途検討が必要。 3) 越流水深によっては不安定流況が発生する領域がある。 I 型：越流水深 0.37～0.73 m II 型：越流水深 0.29～0.56 m 対 策 ・ 下流水深を堰天端程度まで堰上げる。 ・ 堰直下流を急流水路とする。 ・ スポイラーを取り付ける。 4) 薄層越流の場合水脈振動を起こす可能性がある。 対 策 ・ スポイラー、乱流板を状況を見て取り付ける。 （トルクチューブ式起伏ゲート技術の応用） 5) 放流能力が高い分、接近流速が速くなることを考慮すると、接近水路を極力短くすることが（可能ならば無くして）望ましい。 6) 流入水路始端～ラビリンス堰末端は水平水路床とする。 7) 強度的には越流水深 1.00 mまでを適用範囲とする。それ以上の場合は別途検討が必要。

2-3 選定の例

次に示す与件に基づいてユニット型ラビリンス堰を選定する。

○与 件

放流量	4.0 m ³ /s
越流水深	0.3 m

(1) ユニットタイプの選定

越流水深が0.3 m であるので、不安定領域問題を考慮しⅠ型を選定する。

(2) ユニット個数の算定

下式を変形しユニット個数を求める。

$$Q = n \cdot C_{wr} \cdot W1 \cdot H^{1.5}$$

ここに

Q：放流量 (m³/s)

n：ユニット個数

C_{wr}：越流幅当たりの越流係数

H/P=0.3/1.0=0.3 より

$$C_{wr} = 26.99(H/P)^2 - 27.07(H/P) + 11.31$$

$$= 5.618$$

H：越流水深(m)

W1：ユニット一個の実越流幅 (= 0.75m:Ⅰ型)

P：堰高(= 1.0 m : 共通)

$$n = Q / (C_{wr} \cdot W1 \cdot H^{1.5})$$

$$= 4.0 / (5.618 \cdot 0.75 \cdot 0.3^{1.5}) = 5.78 \text{ 個}$$

よってⅠ型ユニットを6個使用する。

2-4 直線堰との比較

前項の与件と同じ直線堰との比較を行い比較する。

	放流量 (m ³ /s)	越流水深(m)	堰 幅(m)	ユニット数
直 線 堰	4. 0	0. 3	17. 4	———
Ⅰ型標準ユニット			6. 0	6 個

※直線堰に関しては下式による

$$Q = C \cdot L \cdot H^{1.5}$$

C：流量係数 1.397

L：堰 幅

H：越流水深(m)